

027/32  
Ф17

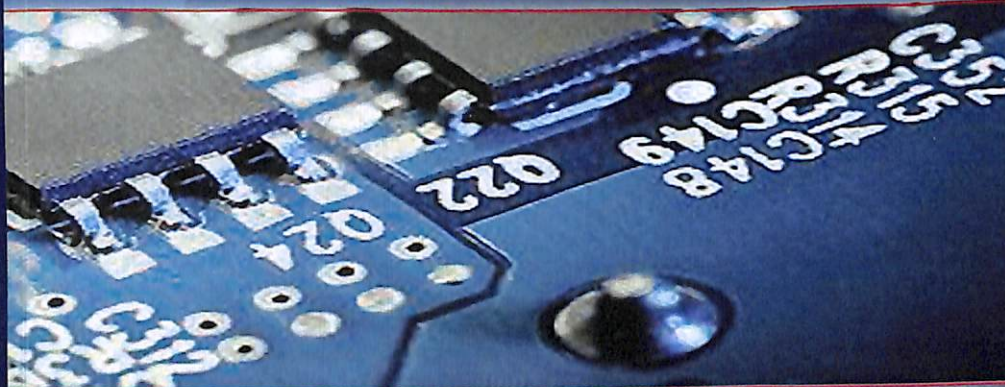
**МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ПОВІТРЯНИХ СИЛ імені ІВАНА КОЖЕДУБА**

**А. І. Файнер, Є. А. Жидко**



# ПОСІБНИК

**для комп'ютерних лабораторних робіт**  
**з дисципліни**  
**«Компонентна база РЕЗ»**



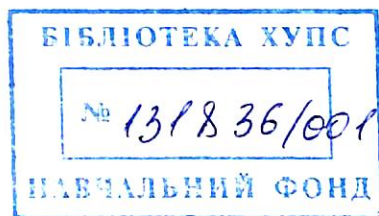
**Харків**  
**2019**

621.38  
9017

МІНІСТЕРСТВО ОБОРОНИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПОВІТРЯНИХ СИЛ імені ІВАНА КОЖЕДУБА

А. І. Файнер, Є. А. Жидко

**ПОСІБНИК  
ДО КОМП'ЮТЕРНИХ  
ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ  
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
“КОМПОНЕНТНА БАЗА РЕЗ”**



Харків  
2019



УДК 621.396.6:004.4(076.5)  
Ф17

*Затверджено до видання вченою радою  
Харківського національного університету  
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба  
(протокол № 15 від 26.09.2017 р.)*

**Рецензенти:** К. В. Садовий, заступник начальника кафедри озброєння радіотехнічних військ ХНУПС, кандидат технічних наук, доцент;

В. Ю. Вдовьонков, доцент кафедри фізики та радіоелектроніки, кандидат технічних наук, доцент.

**Файнер А. І.**

Ф17 Посібник до комп'ютерних лабораторних робіт з навчальної дисципліни "Компонентна база РЕЗ" / А. І. Файнер, Є. А. Жидко. Х. : ХНУПС, 2019. – 120 с.

Містить загальні методичні рекомендації з виконання лабораторних робіт, порядок виконання лабораторного завдання, оформлення звіту і отримання заліку з роботи, описи шести лабораторних робіт разом із короткими теоретичними відомостями з дискретних радіокомпонентів дисципліни "Компонентна база РЕЗ". Посібник можна використовувати при проведенні лабораторних робіт з дисциплін "Промислова електроніка", "Основи електроніки", "Основи мікроелектроніки".

Розраховано на студентів другого курсу факультету ІТС ХНУПС.

УДК 621.396.6:004.4(076.5)

© Файнер А. І., Жидко Є. А., 2019  
© Харківський національний університет  
Повітряних Сил імені Івана Кожедуба, 2019

## ЗМІСТ

ПЕРЕДМОВА .....	6
ВСТУП .....	7
Лабораторна робота № 1	
ДОСЛІДЖЕННЯ НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ДІОДІВ .....	8
1.1. Підготовка до виконання лабораторної роботи .....	8
1.2. Короткі теоретичні відомості .....	8
1.2.1. Статичні характеристики діодів .....	8
1.2.2. Випрямні діоди .....	12
1.2.3. Стабілітрони (опорні діоди) .....	13
1.2.4. Бар'єрна ємність переходу .....	15
1.3. Контрольні питання .....	17
1.4. Засоби і способи проведення експерименту .....	17
Експеримент 1. Спостереження ВАХ напівпровідникового діода .....	18
Експеримент 2. Вимірювання ВАХ діодів при прямому включенні .....	18
Експеримент 3. Дослідження впливу температури на пряму вітку ВАХ діода .....	20
Експеримент 4. Вимірювання ВАХ діодів при зворотному включенні і при різних температурах їх роботи .....	22
Експеримент 5. Вимірювання ВАХ стабілітрона при зворотному включенні .....	25
1.5. Тести .....	27
Варіант 1 .....	27
Варіант 2 .....	28
Лабораторна робота № 2	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЇВ НА НАПІВПРОВІДНИКОВИХ ДІОДАХ .....	29
2.1. Підготовка до виконання лабораторної роботи .....	29
2.2. Короткі теоретичні відомості .....	29
2.2.1. Розподіл напруги в колі з діодом .....	29
2.2.2. Випрямні діоди у випрямлячах .....	31
2.2.3. Випрямні діоди в імпульсних випрямлячах .....	34
2.3. Контрольні питання .....	35
2.4. Засоби і способи проведення експерименту .....	36
Експеримент 1. Дослідження випрямних пристроїв .....	36
Експеримент 2. Використання діода для випрямлення гармонічної напруги .....	37
Експеримент 3. Використання діода для захисту від перенапруг .....	38
Експеримент 4. Використання діодів як електронних ключів .....	41
2.5. Тести .....	42
Лабораторна робота № 3	
ДОСЛІДЖЕННЯ БІПОЛЯРНИХ ТРАНЗИСТОРІВ .....	44
3.1. Підготовка до виконання лабораторної роботи .....	44

3.2. Короткі теоретичні відомості .....	44
3.2.1. Струми в транзисторі .....	44
3.2.2. Статичні характеристики транзистора .....	46
3.2.3. Система $h$ -параметрів .....	50
3.3. Контрольні питання .....	53
3.4. Засоби і способи проведення експерименту .....	54
Експеримент 1. Дослідження роботи біполярного транзистора у активному режимі .....	54
Експеримент 2. Дослідження роботи біполярного транзистора у режимі насичення .....	57
Експеримент 3. Дослідження роботи біполярного транзистора у режимі відсічки .....	60
3.5. Тести .....	61
Лабораторна робота № 4	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЇВ НА БІПОЛЯРНИХ ТРАНЗИСТОРАХ .....	64
4.1. Підготовка до виконання лабораторної роботи .....	64
4.2. Короткі теоретичні відомості .....	64
4.2.1. Розподіл напруг у вихідному колі біполярного транзистора .....	64
4.2.2. Робоча точка у вхідному колі біполярного транзистора .....	67
4.2.3. Робоча точка біполярного транзистора, в якому установка робочої точки у вхідному колі здійснюється за допомогою подільника напруги .....	69
4.2.4. Електронний ключ на біполярному транзисторі .....	69
4.3. Контрольні питання .....	70
4.4. Засоби і способи проведення експерименту .....	71
Експеримент 1. Вимірювання струмів та напруг у схемах із біполярним транзистором, що працює в активному режимі .....	71
Експеримент 2. Дослідження схем установки робочої точки підключеного до одного джерела ЕРС біполярного транзистора, що працює в активному режимі .....	73
Експеримент 3. Дослідження схеми найпростішого підсилювача електричного сигналу за потужністю на біполярному транзисторі .....	76
Експеримент 4. Дослідження роботи біполярного транзистора як ключа .....	79
4.5. Тести .....	81
Лабораторна робота № 5	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПОЛЬОВИХ ТРАНЗИСТОРІВ .....	83
5.1. Підготовка до виконання лабораторної роботи .....	83
5.2. Короткі теоретичні відомості .....	83
5.2.1. Польові транзистори (ПТ) з керуючим переходом .....	83
5.2.2. Метал – діелектрик – напівпровідник (МДН) – транзистори .....	88
5.3. Контрольні питання .....	93
5.4. Засоби і способи проведення експерименту .....	94

Експеримент 1. Дослідження роботи польових транзисторів із затвором у вигляді <i>p-n</i> -переходу .....	94
Експеримент 2. Дослідження роботи польових транзисторів з ізольованим затвором .....	96
5.5. Тести.....	97
Варіант 1 .....	97
Варіант 2 .....	98
Варіант 3 .....	100
Варіант 4 .....	101
Варіант 5 .....	101
Варіант 6 .....	102
Лабораторна робота № 6	
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРИСТРОЇВ НА ПОЛЬОВИХ ТРАНЗИСТОРАХ.....	104
6.1. Підготовка до виконання лабораторної роботи .....	104
6.2. Короткі теоретичні відомості.....	104
6.2.1. Розподіл напруг у вихідному колі біполярного транзистора .....	105
6.2.2. Робоча точка у вхідному колі польового транзистора.....	109
6.2.3. Посилення сигналу за допомогою польового транзистора.....	110
6.3. Контрольні питання.....	112
6.4. Засоби і способи проведення експерименту.....	112
Експеримент 1. Дослідження схем установки робочої точки польового транзистора, підключеного до одного джерела ЕРС ....	112
Експеримент 2. Дослідження схем установки робочої точки польового транзистора з ізольованим затвором й індукованим каналом .....	113
Експеримент 3. Дослідження роботи польового транзистора як ключа..	115
Експеримент 4. Дослідження роботи польового транзистора як аналогового ключа.....	117
6.5. Тести.....	118
ЛІТЕРАТУРА .....	119

## ПЕРЕДМОВА

Даний посібник є керівництвом до лабораторних робіт, які виконуються на комп'ютері, із дисципліни "Компонентна база РЕЗ". Його можна використовувати для проведення лабораторних робіт з дисциплін "Промислова електроніка", "Основи мікроелектроніки" і "Основи електроніки".

У посібнику містяться описи комп'ютерних лабораторних робіт, присвячених дослідженню напівпровідникових приладів діодів, біполярних і польових транзисторів, а також пристроїв на напівпровідникових діодах, біполярних та польових транзисторах.

Автори вдячні викладачам кафедри за допомогу в роботі, доцентам К. В. Садовому та В. Ю. Вдов'янкову за ряд цінних зауважень, зроблених при рецензуванні рукопису.

## ВСТУП

Метою посібника до лабораторних робіт, що виконуються на комп'ютері, із дисципліни "Компонентна база РЕЗ" є формування у студентів різних спеціалізацій професійних умінь і компетентностей з роботи з сучасною компонентною базою електроніки, з перспективними приладами та виробами мікро- і наноелектроніки, широко використовуючи сучасні комп'ютерні методи подання та аналізу електронних пристроїв – систему математичного комп'ютерного моделювання електронних компонент Electronics Workbench.

У складі циклу дисципліни 6 лабораторних робіт тривалістю по 4 години кожна.

Лабораторні роботи проводяться в навчальних комп'ютерних класах факультету. Кожна лабораторна робота структурно складається з п'яти частин. У першій та другій із них подані короткі теоретичні відомості. Теоретичний матеріал викладено стисло і розраховано на тих, хто вперше вивчає цей предмет. Четверта частина безпосередньо стосується методики виконання лабораторної роботи.

У третій частині даються контрольні питання, а у п'ятій – описується тестування. Студент повинен відповісти на ряд теоретичних питань до лабораторних робіт. Контроль знань проводиться за допомогою тестів. За результатами відповідей той, хто навчається, отримує оцінку. При отриманні оцінки "задовільно" і вище надається допуск до виконання четвертої частини.

Лабораторна робота виконується кожним студентом індивідуально. Для цього він отримує одне із завдань зі вказаним варіантом. Для захисту роботи необхідно подати результати комп'ютерного тестування, письмову і комп'ютерну частину роботи, відповіді на питання викладача.



