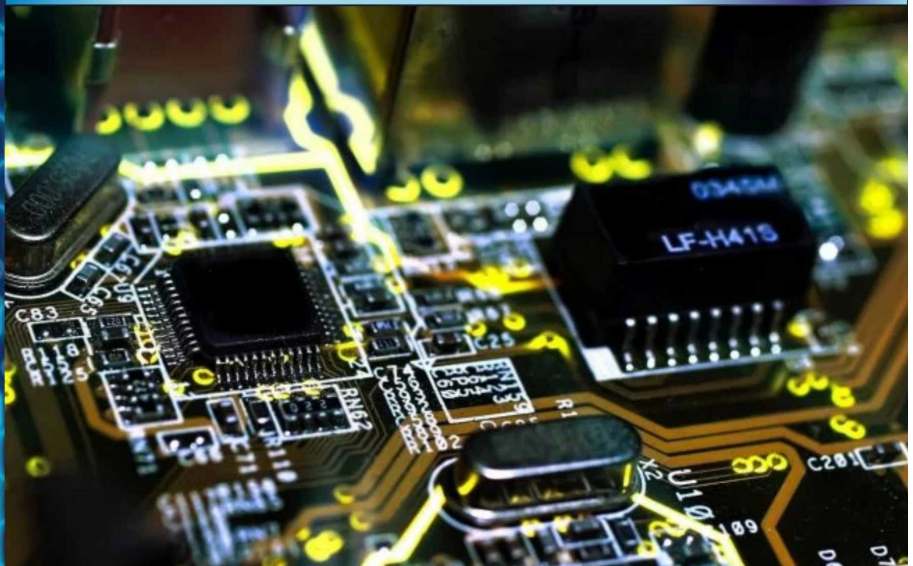


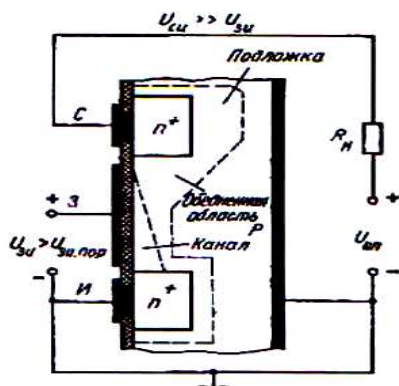
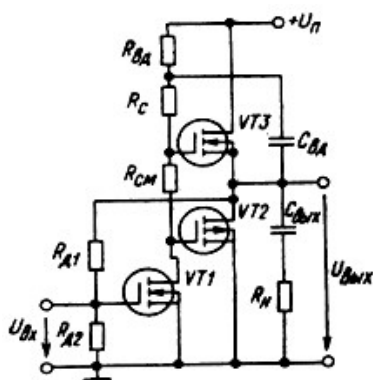


Заболотний О. В.  
Марчук В. І.  
Караченцев В. Є.

# ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ



## **ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОНИХ ПРИСТРОЇВ**



**НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК ДЛЯ СТУДЕНТІВ  
ВИЩИХ НАВЧАЛЬНИХ ЗАКЛАДІВ**

РВВ ЛУЦЬКОГО НТУ

ЛУЦЬК – 2018

УДК 621.37/39  
ББК з 973.2 – 04 я 73-05  
3 12

Рекомендовано вченою радою  
Луцького національного технічного університету  
(протокол № 2 від 27 вересня 2017 року)

**Рецензенти:**

**Гераїмчук М.Д.** – завідувач кафедри приладобудування Національного технічного університету України “Київський політехнічний інститут” доктор технічних наук, професор.

**Коломієць Л.В.** – ректор Одеської державної академії технічного регулювання та якості, заслужений працівник сфери послуг України доктор технічних наук, професор.

**Пилипець М.І.** – завідувач кафедри Комп’ютерних технологій у машинобудуванні Тернопільського національного технічного університету ім. Івана Пулюя, доктор технічних наук, професор.

**312 Заболотний О.В., Марчук В.І., Караченцев В.С.**

Проектування електронних пристроїв: навчальний посібник –  
Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2018 – 360с.

У навчальному посібнику розглядаються необхідні відомості для проектування електронних пристроїв. Описано структуру і етапи курсового проектування, вимоги до оформлення матеріалів курсових проектів (робіт). Теоретичні положення проектування електронних пристроїв підкріплено прикладами виконання практичних завдань. Подані методики розрахунку електронних пристроїв. Наведені приклади розрахунку курсових проектів (робіт) та необхідні додаткові дані для проведення розрахунків.

Для забезпечення можливості формування завдань до проектів, посібник містить варіанти завдань на курсові проекти (роботи).

Навчальний посібник призначений для студентів технічних спеціальностей «Електроніка», «Мікро- та наносистемна техніка», «Телекомунікації і радіотехніка», «Метрологія та інформаційно-вимірювальні технології» та інженерно-технічних працівників і науковців пов’язаних із питаннями дослідження та проектування електронних пристроїв.

**УДК 621.37/39**

**ISBN 978-617-672-196-3**

**© Заболотний О.В., Марчук В.І., Караченцев В.С.**

---

## Зміст

Передмова	9
<b>Розділ 1. Загальні питання проектування</b>	
1.1. Організація і загальні вимоги до курсового проектування	11
1.2. Склад курсового проекту (роботи)	13
1.3. Пояснювальна записка	14
1.4. Креслення в курсовому проекті (роботі)	15
1.5. Порядок виконання і захисту курсового проекту (роботи)	16
<b>Розділ 2. Загальні правила оформлення креслень</b>	
2.1. Формати й основні написи	19
2.2. Масштаби	21
2.3. Лінії	22
2.4. Шрифт	23
2.5. Плата друкована	25
<b>Розділ 3. Схеми електричні</b>	
3.1. Схеми електричні принципів	30
3.2. Елементи електричних схем	31
3.3. Характеристики вхідних і вихідних кіл	32
3.4. Оформлення переліку елементів	33
3.5. Умовності та спрощення на схемах	34
3.6. Схема структурна	34
<b>Розділ 4. Виконання принципів електричних схем</b>	
4.1. Правила побудови і виконання принципів електричних схем	41
4.2. Нумерація елементів принципів схем	43
4.3. Додаткова інформація на принципів схем	44
<b>Розділ 5. Оформлення текстової документації.</b>	
5.1. Текстова частина креслення	46
5.2. Специфікація	47
5.3. Позначення креслень	53
5.4. Пояснювальна записка	54

**Розділ 6. Загальні положення електричних розрахунків**

6.1. Послідовність і типи розрахунку	58
6.2. Розрахунок електронних схем	60
6.3. Вибір електрорадіоелементів	61
6.4. Розрахунок розкиду вихідних параметрів ЕП	67

**Розділ 7. Методики розрахунку електронних пристроїв**

7.1. Методика розрахунку джерела опорної напруги і параметричного стабілізатора напруги	68
7.2. Методика розрахунку згладжуючих фільтрів типу LC	73
7.3. Методика розрахунку компенсаційного стабілізатора послідовного типу	77
7.4. Методика розрахунку емітерного повторювача	88
7.5. Методика розрахунку підсилювального каскаду на біполярному транзисторі за схемою із спільним емітером	91
7.6. Методика розрахунку мультівібраторів на операційних підсилювачах в автоколивальному й очікувальному режимах	97

**Розділ 8. Розрахунок підсилювачів низької частоти**

8.1. Загальні відомості	104
8. 1.1. Типові схеми підсилювальних каскадів на біполярних транзисторах	111
8. 1.2. Режими роботи підсилювальних каскадів	115
8. 1.3. Технічні умови на проектування ПНЧ	117
8. 1.4. Порядок попереднього розрахунку ПНЧ	118
8. 1.5. Загальні відомості про остаточний розрахунок ПНЧ	123
8. 2. Розрахунок вихідних каскадів ПНЧ на біполярних транзисторах	124
8.2.1. Розрахунок одноктного вихідного каскаду	124
8.2.2. Розрахунок двотактного вихідного каскаду	133
8.2.3. Розрахунок вихідного безтрансформаторного	139

каскаду	
8.3. Розрахунок попередніх каскадів ПНЧ на біполярних транзисторах	143
8.3.1. Розрахунок резистивного каскаду попереднього підсилення	143
8.3.2. Розрахунок вхідного каскаду підсилювача (емітерного повторювача)	148
<b>Розділ 9. Розрахунок генераторів синусоїдних коливань</b>	
9.1. Генератори типу LC	151
9.1.1. Вибір енергетичного режиму генератора	155
9.1.2. Стабілізація частоти LC-генераторів	158
9.1.3. Порядок розрахунку LC-генератора на транзисторі	161
9.1.4. Генератори типу LC на інтегральних мікросхемах	168
9.2. Генератори типу RC	170
9.2.1. Теоретичні відомості	170
9.2.2. Розрахунок генератора типу RC з фіксованим налаштуванням	176
9.2.3. Розрахунок діапазонного генератора типу RC з негативним зворотнім зв'язком	179
9.2.4. Генератори типу RC на інтегральних мікросхемах	183
<b>Розділ 10. Генератори імпульсів</b>	
10.1. Генератори імпульсів	186
10.1.1. Загальні відомості	186
10.2. Мультивібратори	188
10.2.1. Розрахунок мультивібратора на біполярних транзисторах	191
10.2.2. Розрахунок мультивібраторів на польових транзисторах	197
10.3. Блокінг-генератори	202
10.3.1. Загальні відомості	202
10.3.2. Розрахунок блокінг-генератора	205
10.4. Генератори пилкоподібної напруги	211
<b>Розділ 11. Операційні підсилювачі</b>	
11.1. Функціональні можливості операційних	220

підсилювачів	
11.2. Аналогові схеми на базі ОП	222
11.2.1. Масштабні інвертувальні підсилювачі	222
11.2.2. Масштабовані неінвертувальні підсилювачі	223
11.2.3. Масштабні суматори	223
11.2.4. Інтегратори	225
11.2.5. Компаратори	226
<b>Розділ 12. Аналіз та синтез перетворювачів сигналів</b>	
12.1. Цифро-аналогові перетворювачі	230
12.1.1. Загальна характеристика цифро-аналогових перетворювачів	230
12.1.2. Схеми цифро-аналогових перетворювачів	230
12.1.3. Двійкові коди, використовувані у цифро-аналогових перетворювачах	233
12.1.4. Перемножуючі цифро-аналогові Перетворювачі	234
12.1.5. Основні параметри і характеристики цифрово-аналогових перетворювачів	235
12.2. Аналого-цифрові перетворювачі	237
12.2.1. Загальна характеристика аналого-цифрових перетворювачів	237
12.2.2. Основні параметри і характеристики аналого-цифрових перетворювачів	242
<b>Розділ 13. Логічне проектування тригерної схеми. Вибір принципової схеми логічного елемента</b>	
13.1. Вибір принципової схеми логічного елемента	245
<b>Розділ 14. Застосування інтегральних стабілізаторів напруги</b>	
14.1. Вихідні дані для вибору інтегрального стабілізатора	268
14.1.1. Теоретичні пояснення	270
14.2. Вихідні дані при застосуванні універсального стабілізатора КР142ЕН12А	272
14.2.1. Вихідні дані при застосуванні універсального стабілізатора КР142ЕН12А	272

---

14.3. Порядок розрахунку	273
<b>Розділ 15. Приклад розрахунку багатокаскадного підсилювача низької частоти</b>	
15.1. Літературний огляд електронного пристрою данного класу	276
15.1.1. Основні визначення	276
15.1.2. Класифікація підсилювачів	277
15.2. Аналіз технічного завдання і синтез структурної схеми електронного пристрою	279
15.3. Розробка принципової схеми електронного пристрою	286
15.4. Електричний розрахунок електронної схеми	288
15.5. Компоновка електронного вузла	299
<b>Завдання на курсові проекти (роботи)</b>	302
<b>Додатки</b>	316
<b>Список рекомендованої літератури</b>	358



Навчальне видання

*Заболотний Олег Васильович*  
*Марчук Віктор Іванович*  
*Караченцев Віктор Єгорович*

## **ПРОЕКТУВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ ПРИСТРОЇВ**

**Навчальний посібник**

Редактор: О.В.Заболотний

Комп'ютерний набір та верстка: В.С.Караченцев

Підписано до друку 22.10.2018. Формат 60x84 1/16  
Ум.друк.арк. 22,5. Обл.-вид. арк. 22,0  
Тираж 200 пр. Зам. № 1-90

Редакційно-видавничий відділ  
Луцького національного технічного університету  
43018, м. Луцьк, вул. Львівська, 75  
Свідоцтво Держкомінформу України ДК № 4123 від 28.07.2011 р.

Віддруковано ПП Івановським В.М.  
45000, м.Ковель, вул. Черняхівського, 14  
Свідоцтво про державну реєстрацію ВОО № 981325 від 18.02.2008 р.

**Заболотний О.В., Марчук В.І., Караченцев В.Є.**

**З 12** Проектування електронних пристроїв: навчальний посібник –  
Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2018 – 360с.

**ISBN 978-617-672-196-3**

**УДК 621.37.39**  
**ББК з 973.2 – 94 я 73-05**