

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ  
ЩОДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ  
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
**«ТЕХНОЛОГІЇ ПРОЕКТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ»**  
ДЛЯ СТУДЕНТІВ ДЕННОЇ ТА ЗАОЧНОЇ ФОРМ НАВЧАННЯ  
ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 123 – «КОМП'ЮТЕРНА ІНЖЕНЕРІЯ»  
ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «БАКАЛАВР»

КРЕМЕНЧУК 2020

Методичні вказівки щодо виконання курсового проекту з навчальної дисципліни «Технології проектування комп'ютерних систем» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 123 – «Комп'ютерна інженерія» освітнього рівня «бакалавр».

Укладачі: старш. викл. О.П. Міхальчук,  
старш. викл. А.Л. Юдіна

Рецензент к.т.н., доц. В. М. Сидоренко

Кафедра комп'ютерних та інформаційних систем

Затверджено методичною радою Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського

Протокол \_\_\_\_ від “ \_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р.

Голова методичної ради

проф. В. В. Костін

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| Вступ.....   | 4  |
| 1.Теоретичні відомості .....   | 6  |
| 1.1. Склад програмного пакету P-CAD 2001.....                            | 6  |
| 1.2. Порядок створення елементів символної бібліотеки .....              | 7  |
| 1.3.Функціональне проектування .....                                     | 9  |
| 1.4. Порядок створення елементів технологічної бібліотеки. ....          | 10 |
| 1.5.Конструкторське проектування .....                                   | 14 |
| 1.6.Теоретичні відомості, щодо проектування друкованих плат .....        | 15 |
| 1.7. Розрахунок типорозміру друкованих плат .....                        | 16 |
| 2. Склад курсового проекту .....   | 17 |
| 3. Рекомендації щодо виконання та оформлення курсового проекту .....     | 19 |
| 4. Перелік текстового та графічного матеріалу .....                      | 20 |
| 5. Захист курсових проектів.....   | 20 |
| 6. Критерії оцінювання курсового проекту.....                            | 21 |
| Список літератури .....  | 23 |
| Додаток. Зразок оформлення титульної сторінки пояснювальної записки..... | 24 |

## ВСТУП

Дисципліна «Технології проектування комп'ютерних систем» входить до кваліфікаційних вимог для бакалаврів спеціальності 123 – «Комп'ютерна інженерія», узагальненим об'єктом діяльності яких є технічні засоби та системне програмне забезпечення комп'ютерних систем і мереж універсального та спеціального призначення і їх компонент.

**Мета дисципліни** – набуття та засвоєння студентами теоретичних засад інженерного та автоматизованого проектування, яке використовується для розробки комп'ютерних систем, ознайомлення з принципами побудови сучасних САПР, набуття навичок при рішенні інженерних задач проектування складних технічних систем за допомогою САПР.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:**

- сучасні засади автоматизованого проектування комп'ютерних систем та технічних об'єктів, засоби машинної графіки;
- основні етапи проектування, типові структури САПР, алгоритми та програмні засоби, що використовуються під час проектування цифрових елементів комп'ютерних систем;
- основні принципи системного підходу до проектування технічних об'єктів.

**вміти:**

застосовувати технології автоматизованого проектування і розробки комп'ютерних систем, використовуючи принципи системного підходу, системного і функціонального проектування та прийоми роботи з інструментальними засобами, що підтримують життєвий цикл проектування комп'ютерних систем.

Під проектуванням слід розуміти процес створення необхідного пакета схемотехнічної, конструкторсько-технологічної та робочої документації на систему чи пристрій, котрий ще не існує.

Під час розроблення сучасних цифрових пристроїв широке використання знаходять великі інтегральні схеми (ВІС). Для скорочення термінів та підвищення

якості їх проектування створено різні типи промислових систем автоматизованого проектування (САПР).

Широкомасштабне використання САПР дозволяє в 2-3 рази скоротити терміни розроблення та реалізації інженерно-технічних проектів, в 1,5-2 рази скоротити терміни технологічної підготовки виробництва, водночас підвищуючи якість проектів та знижуючи приблизно в 1,5 рази витрати на проектування та виготовлення виробів.

Виконання курсового проекту дозволить закріпити знання щодо наскрізного проектування, розпочинаючи від технічного завдання та закінчуючи випуском цілого пакета схемотехнічної та конструкторсько-технологічної документації.

# 1. ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

## 1.1. Склад програмного пакету P-CAD 2001

Система P-CAD 2001 являє собою інтегрований пакет програм, призначений для проектування багатопшарових друкованих плат (ДП) радіоелектронних засобів (РЕЗ). Вона адаптована до операційного середовища Windows і використовує всі настройки і можливості останньої.

P-CAD 2001 містить у собі наступні програмні модулі: P-CAD Library Executive, P-CAD Schematic, P-CAD PCB, P-CAD Autorouters, Symbol Editor, Pattern Editor, InterPlace PCS, Relay, Signal Integrity.

Утиліта **Library Executive** (Адміністратор бібліотек) складається з програми **Library Manager** (Менеджер бібліотек), редактора символів елементів **Symbol Editor** і редактора посадкових місць **Pattern Editor** елементів на ДП.

**P-CAD Schematic** — графічний редактор електричних схем. Він призначений для розробки електричних принципових схем і може застосовуватися для створення умовних графічних позначень окремих елементів (файли \*.sch).

**P-CAD PCB** — графічний редактор ДП. Призначений для проектування конструкторсько-технологічних параметрів ДП. До них відносяться: завдання розмірів ДП, ширина провідників, величина зазорів, розмір контактних площадок, діаметр перехідних отворів (ПО), завдання екранних шарів, маркірування, розміщення елементів, неавтоматичне трасування провідників і формування керуючих файлів технологічним устаткуванням.

**P-CAD Autorouters** призначений для автоматичного трасування провідників ДП. Включає два автотрасувальника: програму **Quick Route** для проектування малюнка ДП не дуже складних електричних схем і програму **Shape-Based Router**, призначену для проектування багатопшарових ДП із високою щільністю розташування елементів.

**Symbol Editor** — редактор символів елементів (файли \*.sym). Призначений для створення умовних графічних позначень символів електричних схем.

**Pattern Editor** — редактор посадкових місць (файли \*.pat). Призначений для

розробки посадкових місць для конструктивних елементів на ДП.

**InterPlace PCS** — програма інтерактивного розміщення елементів.

**Relay** — програма перегляду ДП, розміщення ЕРЕ на ній, завдання основних атрибутів, контролю технологічних обмежень.

**Signal Integrity** — програма аналізу електричних параметрів ДП.

**SPECSTRA** — програма розміщення елементів на ДП, ручного, інтерактивного й автоматичного трасування провідників.

## 1.2. Порядок створення елементів символної бібліотеки

Створення умовного графічного позначення розглянуто на прикладі мікросхеми 133ЛА6.

У мікросхему 133ЛА6 входять два логічних елементи «4І-НІ». Необхідно створити УГЗ елемента «4І-НІ».

• Запустити програму Symbol Editor. Налаштувати конфігурацію програми Symbol Editor. Для цього:

- Виконати команди **Options/Configure** і у вікні, що з'явилося, установити розмір формату А4.

- В області **Units** вибрати міліметри (mm) як одиницю виміру.

- В області Orthogonal Modes виділити обидва пункти.

• Прив'язати курсор до вузлів сітки, для чого виконати команди **View/Snap to grid.**

• Установити сітки з кроком 2,5 мм і 1 мм, виконавши команди **Options/Grids.**

Після цього у вікні Options Grids в області Grids Spacing ввести крок сітки 2,5, натиснути «Add». Потім аналогічно ввести крок сітки 1,0 і натиснути «Add».

• Установити поточну лінію малювання. Для цього командами **Options/Current Line** в однойменному діалоговому вікні в поле Width вибрати User і задати ширину 0,2 мм. Натиснути на кнопку ОК.

• Намалювати прямокутний контур УГЗ логічного елемента «4І-НІ» розміром 15x20 мм. Для цього виконати команду **Place Line.** Задати необхідний масштаб збільшення натисканням на клавішу «сірий плюс». Установити курсор у точку з координатами (15; 15) і натиснути ЛК. Перевести курсор у точку з координатами

(30; 15) і натиснути ЛК. Переставити курсор у точку з координатами (30; 35) і знову натиснути ЛК. Знову перевести курсор у точку з координатами (15; 35) і натиснути ЛК. І, нарешті, перемістивши курсор у точку з координатами (15;15) натиснути спочатку ЛК, а потім ПК. Одержали прямокутник.

- Позначити виводи логічного елемента. Вхідні виводи установити ліворуч, вихідні — праворуч. Для цього виконати команду **Place Pin**. Відкриється діалогове вікно **Place Pin**. У ньому в поле **Length** установити прапорець у вікні **User** і задати довжину виводів 5 мм. В областях **Inside Edge**, **Outside Edge**, **Inside**, **Outside** установити значення **None**. У поле **Default Pin Name** ввести ім'я виводу — **In**. У поле **Default Pin Des** ввести номер виводу — 1. Натиснути на кнопку **ОК**. Поставивши курсор у точку з координатами (15; 32,5), натиснути ЛК, а потім ПК.

- Знову натиснути ЛК, відкриється діалогове вікно **Place Pin**. Тепер у поле **Default Pin Name** ввести ім'я виводу — **In**, а в поле **Default Pin Des** ввести номер виводу — 2. Натиснути на кнопку **ОК**. Установивши курсор у точку з координатами (15; 27,5), натиснути ЛК, а потім ПК. Аналогічним чином сформувати вхідні виводи **In (№ 4)**, **In (№ 5)**.

- Сформувати вихідний вивід. Для цього треба натиснути ЛК. Відкриється діалогове вікно **Place Pin**. В області **Outside Edge** вибрати значення **Dot**, а в інших областях залишити **None**. У поле **Default Pin Name** ввести ім'я виводу — **Out**. У поле **Default Pin Des** ввести номер виводу б. Натиснути на кнопку **ОК**. Поставити курсор у точку з координатами (30, 25), натиснути ЛК і, утримуючи її, двічі натиснути на клавішу букви **R** для розвороту виводу на 180° (чи один раз клавішу букви **F**). Відпустити ЛК. Натиснути ПК.

- Ввести позначення елемента. Для цього виконати команду **Place Text**. Перевести курсор у точку з координатами (20, 32,5) і натиснути ЛК. Відкриється діалогове вікно **Place Text**, у ньому в поле **Text** набрати символ **&**. У зоні **Justification** установити точку в центр по осях **X** і **У**. У списку стилів тексту **Text Style** вибрати стиль **PartStyle**. Натиснути кнопку **Place**

- Ввести атрибути елемента. Як атрибути введемо місце для розміщення позиційного позначення і надпис типу елемента. Для цього треба виконати команду **Place Attribute**. У результаті з'явиться діалогове вікно **Place Attribute**. У



цьому вікні в області Attribute Category вибрати Component. В області Name вибрати RefDes. У списку, що відкрився, Text Style вибрати PartStyle. Установити в поле Justification по вертикалі — низ, а по горизонталі — центр. Натиснути кнопку ОК. Установити курсор у точку з координатами (22,5, 35) і натиснути ЛК.

•Знову вибрати команду Place Attribute. У вікні, що з'явилося, в області Attribute Category виділити кольором Component, а в сусідній області Name — Type. Встановити стиль тексту PartStyle. Вирівнювання Justification вибрати по вертикалі — верх, а по горизонталі — центр. Натиснути кнопку ОК. Установити курсор у точку з координатами (22,5, 15) і натиснути ЛК.

•Установити точку прив'язки елемента в центр УГЗ. Для цього виконати команду Place Ref Point. Перемістити курсор у точку з координатами (10; 32,5) і натиснути ЛК.

•Записати створене УГЗ логічного елемента в бібліотеку. Для цього виконати команду **Save**. У вікні, що з'явилося, натиснути по кнопці Library і у вікні, що відкрилося, вибрати створену раніше бібліотеку ЭРЭ.lib. У поле Symbol набрати ім'я елемента «4И-НІ» і натиснути кнопку ОК.

### **1.3.Функціональне проектування**

На етапі функціонального проектування при виконанні завдання необхідно виконати наступні операції:

1. Створити бібліотеки графічних зображень компонентів (Див.п.1.2. даних методичних вказівок), якщо це необхідно. Можливе використання існуючих стандартних бібліотек УГЗ P-CAD.

3. Сформувати схему електричну принципову в редакторі P-CAD Schematic.

4. Зробити перевірку схеми на помилки, створивши текстовий файл \*.erc.

5. Виконати витяг списку електричних з'єднань із графічного образу схеми електричної принципової.

6. Вивести схему електричну принципову до друку.

7. Підготовка файлів для конструкторського проектування.

*Створення бібліотеки графічних зображень компонентів.*

Графічне зображення компонента створюється за допомогою графічного редактору **Symbol Editor** на підставі технічних вказівок на компонент, що вводиться. Крім зображення вводиться інформація про імена і номери контактів.

Графічне зображення компонента записується у файлі \*.LIB із розширенням. SYM, що використовується для побудови електричної схеми.

*Формування схеми електричної принципової.*

Схема електрична принципова створюється графічним редактором **Schematic**, використовуючи зображення компонентів SYM.

Схема електрична принципова, записується у файл із розширенням \*.SCH.

*Перевірка схеми на помилки.*

Перевірка проводиться автоматично за допомогою утиліти ERC. Сформований текстовий файл помилок аналізується і грубі помилки виправляються.

*Витяг списку електричних зв'язків із графічного образу принципової схеми.*

Витяг списку електричних зв'язків з графічного образу принципової схеми здійснюється за допомогою програми NETLIST, яка входить до складу **Schematic**. Результатом роботи є текстовий файл із розширенням \*.NET, який містить інформацію про корпуси елементів та перелік зв'язків схеми E3.

Випуск ескізу схеми електричної принципової. Випуск ескізу схеми електричної принципової здійснюється на принтері з вказівкою певного масштабу.

*Підготовка файлів для конструкторського проектування.*

Після проведення функціонального проектування схема електрична принципова (файл .SCH) передається на етап конструкторського проектування.

#### **1.4. Порядок створення елементів технологічної бібліотеки.**

Розглянемо алгоритм творення посадкового місця для мікросхеми 133ЛА6 з планарними виводами.

Для створення ПМ мікросхеми необхідно виконати наступні операції.

- Завантажити редактор Pattern Editor.
- Налаштувати конфігурацію графічного редактора.

1. Для цього виконати команди Options/Configure. З'являється діалогове вікно Options Configure. У цьому вікні в області Units (Одиниці) вибрати mm — міліметри як основну систему одиниць, в області Workspace Size (Розмір робітника полючи) задати значення ширини Width, рівне 210 мм, і висоти — Height, рівне 297 мм. .

2. Установити нову сітку графічного редактора з кроком, рівним 1,25 мм. Для чого виконати команди Options/Grids.

3. Установити курсор у точку з координатами (10; 10) і натиснути на клавішу

«сірий плюс» клавіатури, що наближає область малювання.

4. Установити поточну лінію малювання. Виконати команди Options/Current Line. У діалоговому вікні, що відкрилося, Options Current Line (установка використовуваної лінії) у поле Line Width (ширина лінії) набрати нову ширину лінії 0,2 мм і натиснути кнопку Add, а потім кнопку ОК.

### *Порядок створення посадкового місця*

•Виконати команди Options/Pad Style (Установка параметрів монтажного отвору).

В однойменному вікні в списку Current Style звичайно знаходиться лише один стиль Default (За замовчуванням). Для формування своїх власних стилів натиснути кнопку Copy (Копіювання). У діалоговому вікні, що відкрилося, Copy Pad Style (Копіювання монтажного отвору) у поле Pad Name (Ім'я КП) набрати ім'я нового стилю S-type і натиснути кнопку ОК.

У діалоговому вікні Copy Pad Style у списку Current Style вибрати стиль, що з'явився S-type і натиснути кнопку Modify (Complex) (Складна модифікація). У діалоговому вікні, що відкрилося, Modify Pad Style (Complex) у списку Layers (Шари) вибрати шар Top (Верхній) і установити для нього прямокутну форму контактної площадки. Для цього в поле Pad Definition (Опис контактної площадки) у списку, що відкривається, Shape (Форма) вибрати значення Rectangle (Прямокутник), установити розміри прямокутника, рівні по висоті

(Height) 0,8 мм і по ширині (Width) 2,1 мм і натиснути кнопку Modify

(Модифікувати).

Задати параметри свердління контакту. В області Hole установити діаметр свердління (Diameter), дорівнює нулю.

У списку Layers вибрати нижній шар (Bottom) і установити для нього нульові розміри по висоті (Height) і по ширині (Width) і натиснути кнопку Modify. Аналогічно виконати налаштування нульових розмірів контактної площадки для сигнального шару (Signal) і для шарів внутрішньої провідності (Plane — землі і живлення і Non Signal — допоміжних). Натиснути кнопку ОК.

У діалоговому вікні Options Pad Style настроїти стиль S-type по умовчання (робочим стилем). Для цього потрібно двічі натиснути ЛК на імені стилю S-type у списку.

• Установити контактні площадки посадкового місця мікросхеми. Для цього виконати команду Place Pad. Спочатку установити курсор у точку з координатами (10, 17,5) і натиснути ЛК. У результаті з'явиться перша контактна площадка прямокутної форми.

Потім аналогічно установити інші тринадцять КП. Для цього поставити курсор у точку з координатами (10, 16,25) і натиснути ЛК. Перевести курсор у точку (10, 15) і натиснути ЛК. І так далі в точках з координатами: (10; 13,75), (10;12,5), (10; 11,25), (Ю; 10), (21,25; 10), (21,25; 11,25), (21,25; 12,5), (21,25; 13,75), (21,25; 15), (21,25; 16,25) і (21,25; 17,5).

• У рядку параметрів відкрити список шарів і призначити поточним шар Top Silk (Верхній маркуючий).

• Накреслити контур мікросхеми. Для цього виконати команду **Place Line**. Установити курсор у першу точку п'ятикутника (координати (11,25; 17,5)) і натиснути ЛК. Перевести курсор у другу точку (11,25; 8,75) і натиснути ЛК. Перевести курсор у третю точку (20; 8,75) і натиснути ЛК. Потім у четверту точку (20; 18,75) і ЛК, далі в п'яту точку з координатами (12,5; 18,75) і ЛК. І знову перевести курсор у першу точку (11,25; 17,5) і натиснути ЛК, а потім ПК.

• У рядку параметрів відкрити список шарів і призначити поточним шар Top.

• Перенумерувати контакти. Для цього виконати команди **Utils/Renumber**. У результаті відкриється діалогове вікно Utils Renumber. У цьому вікні встановити

режим перенумерації контактів (у поле Type вибрати Pad Number). Перевірити, щоб початковий номер контакту (Starting Pad Number) і збільшення нумерації (Increment Value) були рівні одиниці. Після цього по черзі натиснути клавішу ЛК у центрі кожної КП.

- Ввести точку прив'язки елемента. По команді **Place Ref Point** перемістити курсор у точку з координатами (10; 17,5) і натиснути ЛК, а потім ПК.

- Задати розмір шрифту. Для цього виконати команди **Options/Text Style**. У діалоговому вікні натиснути кнопку Add і ввести новий стиль 3 5. Для цього стилю змінити настроювання: виділити ім'я в списку і натиснути клавішу Properties. У діалоговому вікні, що відкрилося, Text Style Properties поставити прапорець біля Allow True Type. Потім натиснути кнопку Font. У діалоговому вікні, що відкрилося, в області «Шрифт» вибрати «GOST type». В області «Набір символів» у списку, що випадає, вибрати «Кирилиця». В області

«Накреслення» вибрати «Курсив». Натиснути кнопку ОК. В області «Size» ввести з клавіатури значення 3,5 мм. Натиснути кнопку ОК. Натиснути два рази по імені стилю (3 5).

- Ввести атрибути елемента. Як атрибути введемо місце для розміщення позиційного позначення і надпис типу елемента.

Виконати команду Place Attribute. Відкриється діалогове вікно Place Attribute (Ознака) У ньому в області Attribute Category (Категорія ознаки) призначити Component (Компонент). В області Name (Ім'я) вибрати RefDes (Позиційне позначення).

Встановити курсор у точку з координатами (13,75; 18,75) і натиснути ЛК, а потім ПК. Знову натиснути ЛК, у результаті знову з'явиться діалогове вікно Place Attribute. Вибрати в ньому в області Attribute Category призначення Component. В області Name — True. У списку, що відкривається, Text Style задати стиль 3.5.

- Зберегти посадкове місце в бібліотеку. Для цього виконати команди Pattern/Save As. У результаті відкриється діалогове вікно Pattern Save As. Тут натиснути по кнопці Library, у вікні, що відкрилося, вибрати бібліотеку ЭРЭ.lib. Виключити мітку занесення інформації в бібліотеку як окремого елемента (Create Component). У поле Pattern набрати ім'я елемента 14dip300.

## 1.5.Конструкторське проектування

На етапі конструкторського проектування виконуються наступні дії:

1. Створення бібліотеки компонентів
2. Зв'язування бібліотек використовуваних компонентів.
3. Розміщення EPE на платі.
4. Автоматичне трасування електричних з'єднань.
5. Перевірка БД ДП на технологічні параметри.
6. Випуск ескізу складального креслення плати з EPE і ескізу креслення

плати.

*Створення бібліотеки компонентів.*

Бібліотека компонентів повинна створюватися за допомогою редактору **Pattern Editor**. Файли, що містять опис компонентів, повинні мати розширення .PAT.

*Зв'язування бібліотек використаних компонентів.*

Виконується за допомогою програми **Library Executive** (Адміністратора бібліотек)

*Розміщення EPE на платі.*

Можливо виконати в редакторі **PCB**, після завантаження файлу зв'язків \*.NET.

*Автоматичне трасування електричних з'єднань.*

Проводиться в редакторі **PCB** за допомогою команди Route/Autorouters. Після її активізації відкривається вікно, де вибирається програма трасувальника і режими трасування.

*Перевірка БД ДП на технологічні параметри.*

Можливо провести за допомогою програми **Relay**.

*Випуск ескізу складального креслення плати з EPE та ескізу креслення плати.*

Вивести до друку підготовленні завдання можливо безпосередньо по команді Print чи після натискання на кнопку Generate Printouts (Друкувати) після встановлення необхідних параметрів друку.

## 1.6. Теоретичні відомості, щодо проектування друкованих плат

Проектування друкованих плат являє собою процес створення конструкторського документа.

Проектувальник - конструктор повинен чітко знати розміри фізичних корпусів всіх радіоелементів схеми електричної принципової.

Розрахунок необхідного типорозміру друкованої плати здійснюється з урахуванням наступних основних вимог:

а) визначається кількість корпусів радіоелементів (за їх фізичними розмірами);

б) визначається топологія розміщення корпусів на друкованій платі.

При цьому з однієї сторони - необхідно враховувати особливості функціонування, як окремих частин схеми так і окремих її елементів (наприклад, схема підсилювача вимагає розміщення деяких елементів на відстані, що упереджує виникнення збудження підсилювача, або наприклад, частини схеми з малим струмом, повинні бути певним чином відособлені від силових частин даної схеми і т.д.); з іншого боку - корпуса елементів слід розташовувати таким чином, щоб лінії зв'язку провідного малюнка на друкованій платі були як можна коротшими, оскільки друковані провідники володіють опором

При розміщенні корпусів на друкованій платі слід керуватися схемою електричною принциповою (наприклад, якщо ІМС DD2 великою кількістю ліній пов'язана з ІМС DD5, то необхідно і їх корпуси розташовувати на друкованій платі поруч з урахуванням номерів виводів цих мікросхем. Нумерація виведення виконується проти годинникової стрілки від ключа (спеціальна мітка на корпусі ІМС (вивід 1)).

в) визначається щільність провідного малюнка. При цьому розрізняють три класи щільності: 1- й характеризується найменшою щільністю провідного малюнка, 2-й та 3-й - підвищеною і високою щільністю відповідно (див. таблицю 1.7).

Ширина провідників і відстань між ними у вільних місцях не повинні бути менше: 0,7 мм - для першого класу щільності, 0,4 мм - для другого, 0,25 мм - для третього. Ширина провідників і відстань між ними визначає паразитну ємність

г) Згідно ЄСКД сторона друкованої плати розміром до 100 мм повинна бути кратна 2,5 мм (наприклад, 22.5, 50, 77.5 ); понад 100 мм і до 350 мм - кратна 5 мм; 10 мм при довжині більше за 350 мм. Максимальний розмір будь-якої з сторін повинен бути не більше за 470 мм. Співвідношення лінійних розмірів сторін друкованої плати повинно бути не більше за 3:1

### 1.7. Розрахунок типорозміру друкованих плат

Враховуючи всі вимоги, щодо проектування ДП необхідно визначити розміри корпусів елементів, які будуть використані, знайти їх площу, занести всі дані в таблицю, приклад якої наведено нижче:

| Назва корпусу елемента | Розмір, мм | Кількість елементів | Площа одного елемента, мм <sup>2</sup> | Площа корпусів однакових елементів, мм <sup>2</sup> |
|------------------------|------------|---------------------|--|---|
| 14 dip 300             | 7.5x20     | 1                   | 150                                    | 150   |
| КТ 3102 Г              | 6x6        | 1                   | 36                                     | 36  |
| Роз'єм                 | 3,5x10     | 1                   | 35                                     | 35  |

Згідно отриманих даних знайти сумарну площу корпусів елементів на ДП, помножити її на коефіцієнт 1,5 – 1,8 (вибрати з цього діапазону), який би урахував ширину з'єднань та відстань між елементами і обчислити сторони ДП.

$$S_{др.пл.} = S_{sum} \times K,$$

Співвідношення лінійних розмірів сторін друкованої плати повинно бути не більше за 3:1.

Для роздрукування графічних документів, необхідно знаходячись в редакторі РСВ.ЕХЕ, виконати перетворення файлу типу \*.рсв в три зображення плати - монтажна схема, вигляд зверху та вигляд знизу (при двосторонньому розведенні). Для цього за допомогою команди Options (Layers)

-редагування шарів – сформувати зображення трьох малюнків плати, а саме використати - TOP, BOTTOM, BOARD. Роздрукування цих документів



виконується на форматах А4, які потім додаються до пояснювального тексту завдання.

## 2. СКЛАД КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Складовими частинами комплексу технічної документації курсового проекту, які студент повинен розробити, є пояснювальна записка (далі в тексті – ПЗ) і графічна частина.

ПЗ – текстовий документ проекту, який виконується на форматах А4 і повинен мати об'єм до 25 сторінок машинописного тексту. В ПЗ викладають сутнісну частину проекту, у якій потрібно подати:

- а) титульний лист;
- б) завдання на проектування;
- в) зміст;
- г) вступ ;
- д) основну частину;
- е) конструкторську частину;
- ж) висновок;
- з) список використаних джерел;
- и) додатки.

**ВСТУП** повинен містити обґрунтуванням теми завдання проекту, короткий огляд аналогічних пристроїв та їх використання..

**ОСНОВНА ЧАСТИНА** (розділ 1) пояснювальної записки повинна містити наступні підрозділи:

- Аналітичний огляд;
- Функціональне проектування;
- Опис основних створених компонентів бібліотек;
- Опис принципової схеми пристрою

В Аналітичному огляді необхідно навести опис роботи пристрою, зовнішній вигляд, технологічні характеристики та принцип роботи основних елементів.

**Опис основних створених компонентів бібліотек** повинен містити УГЗ, посадкові місця та пакувальні таблиці компонентів пристрою.

**Принципова схема** є найбільш повною електричною схемою виробу, на якій зображують всі електричні елементи і пристрої, необхідні для здійснення і контролю в виробі заданих електричних процесів, усі зв'язки між ними, а також елементи підключення (з'єднувальні роз'єми, затиски), якими закінчуються вхідні і вихідні кола. Дані про елементи, що входять в склад принципової схеми пристрою - мікросхеми, резистори, конденсатори і т.п., повинні бути записані в перелік елементів, який виконується у вигляді таблиці.

**КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА** (розділ 2) пояснювальної записки повинна містити наступні підрозділи:

- Компоновка елементів на друкованій платі;
- Розробка топології друкованої плати;
- Опис виконання процедур трасування.

**Компоновку елементів на друкованій платі** виконують на основі розробленої принципової електричної схеми та вибраних у відповідності до електрорадіоелементів – резисторів, конденсаторів, напівпровідникових виробів і мікросхем. У цьому підрозділі повинні висвітлюватися наступні питання – визначення габаритних розмірів друкованої плати, вибір типу друкованої плати, матеріал друкованої плати, визначення діаметрів отворів контактних площадок, габаритні розміри і варіанти установки елементів на друкованій платі, компоновка елементів на друкованій платі.

**Розробка топології друкованої плати.** У цьому підрозділі повинні висвітлюватися наступні питання – привести порядок розробки топології шарів друкованої плати та вимоги, які потрібно задовольнити для забезпечення надійної роботи пристрою, реалізованого на друкованій платі. Розробка топології монтажних з'єднань друкованої плати – це завдання геометричної побудови на платі всіх ланцюгів, координати початку і кінця яких визначені при розміщенні елементів. При цьому необхідно враховувати різні конструктивно-технологічні обмеження (допускаються перетини чи ні, чи можливий перехід із шару на шар, скільки шарів відводиться для трасування, допустимі ширина провідників і відстані між ними і т.д.). Для однієї принципової схеми можна побудувати кілька варіантів топології друкованої плати, тобто друкованого монтажу

### 3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИКОНАННЯ ТА ОФОРМЛЕННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Завдання на курсовий проект розраховане на роботу в системі САПР із використанням програмного забезпечення P-CAD 2001(2006). Проектування передбачає послідовне виконання наступних дій:

1. Здійснення аналізу схеми електричної принципової, згідно індивідуального завдання варіанту.
2. Здійснення пошуку необхідних бібліотечних елементів, типу .LIB, у базі даних.
3. Створення необхідних бібліотечних елементів у випадку їх відсутності в базі даних засобами редактору символів **Symbol Editor**.
4. Розробка посадкових місць для всіх конструктивних електрорадіоелементів (ЕРЕ) електричної принципової схеми за допомогою редактору корпусів P-CAD **Pattern Editor**.
5. Упакування виводів конструктивних елементів засобами програми P- CAD **Library Executive**.
6. Створення схеми ЕЗ за допомогою графічного редактору **Schematic**.
7. Перевірка створеної схеми на помилки (утилітою ERC). Їх виправлення при необхідності.
8. Створення списку з'єднань схеми ЕЗ з розширенням \*.net.
9. Здійснення розрахунку типорозміру ДП.
  - а) чітко знати розміри фізичних корпусів всіх елементів схеми, б) їхню кількість;
  - в) врахувати особливості функціонування, як окремих частин схеми так і окремих елементів;
  - г) згідно ЄСКД сторона друкованої плати до 100 мм повинна бути кратна 2,5 мм; понад 100 мм і до 350 мм – кратна 5 мм; при довжині більш 350 мм – кратна 10 мм. Максимальний розмір кожної зі сторін повинний бути не більш 470 мм. Співвідношення лінійних розмірів сторін друкованої плати повинно бути не більш 3:1.
10. Створення конструктиву ДП за допомогою редактору P-CAD **PCB**

і розміщення конструктивних елементів на ній.

11. Здійснення автоматичного трасування ДП, з використанням утиліти

**Quick-Route.**

12. Друк схеми електричної принципової і креслень друкованої плати (складальне креслення, вид зверху, вид знизу).

13. Оформлення пояснювальної записки та креслень з дотриманням стандартів ЄСКД на листах формату А4.

#### **4. ПЕРЕЛІК ТЕКСТОВОГО ТА ГРАФІЧНОГО МАТЕРІАЛУ**

- Специфікація – аркуш формату А4 (КП.ФЕКІ.18.123.<номер зал.кн.>.00);
- Пояснювальна записка – (КП. ФЕКІ.20.123.<номер зал.кн.>.01.ПЗ);
- Схема електрична принципова ЕЗ – аркуш формату А4 (КП.ФЕКІ.20.123.<номер зал.кн.>.02.ЕЗ);
- Перелік елементів – аркуш формату А4 (КП.ФЕКІ.20.123.<номер зал.кн.>.03.ПЕ);
- Креслення складальне – аркуш формату А4 (КП.ФЕКІ.20.123.<номер зал.кн.>.04.СК);
- Плата друкована (вид зверху) – аркуш формату А4 (КП.ФЕКІ.20.123.<номер зал.кн.>.05.ПД.1);
- Плата друкована (вид знизу) – аркуш формату А4 (КП.ФЕКІ.20.123.<номер зал.кн.>.05.ПД.2).

#### **5.ЗАХИСТ КУРСОВИХ ПРОЕКТІВ**

Захист курсових проектів є особливою формою перевірки якості виконання роботи і знань у даній області.

Захист проводиться перед спеціальною комісією за безпосередньої участі керівника проекту.

Захист передбачає коротку доповідь студента (5 – 8 хв) з виконаної роботи і відповіді на питання. Студент повинен дати всі пояснення по суті роботи.

Якщо в конструкторській документації проекту будуть виявлені грубі порушення ЄСКД, або виявиться, що спроектований пристрій принципово

непрацездатний, роботу оцінюють незадовільно і повертають на доопрацювання.

Студент, який не подав в установлені строки курсовий проект та не захистив його з неповажної причини, вважається таким, що має академічну заборгованість.

## **6. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

Загальна оцінка, яку може отримати студент, за виконання курсового проекту становить 100 балів та складається із чотирьох основних частин:

- зміст та оформлення пояснювальної записки,
- представлений на захист ілюстративний матеріал,
- захист проекту,
- відповіді на додаткові запитання під час захисту.

Пояснювальна записка повинна містити детальний опис ходу виконання всіх пунктів, зазначених у п.2 даних методичних вказівок, з дотриманням діючих норм та стандартів на оформлення технічної документації.

Представлений на захист ілюстративний матеріал повинен достатньою мірою відображати хід виконання курсового проекту та результати проектування.

У доповіді під час захисту студент повинен продемонструвати теоретичні та практичні знання в галузі розробки цифрових пристроїв.

У разі успішної відповіді студента на додаткові питання, що виявляють його поглиблені знання щодо проектування цифрових автоматів, студент може отримати додаткові бали під час захисту. Розподіл балів за відповідними складовими частинам наведено у табл. 6.1.

Загальна оцінка за виконання курсового проекту виставляється за шкалою оцінювання, наведеною у табл. 6.2.

Таблиця 6.1 – Нарахування балів для оцінювання курсового проекту

|                      |                      |               |                                |      |
|----------------------|----------------------|---------------|--------------------------------|------|
| Пояснювальна записка | Ілюстративна частина | Захист роботи | Відповіді на додаткові питання | Сума |
| До 40                | до 20                | до 30         | до 10                          | 100  |

Таблиця 6.2 – Шкала оцінювання: національна та ECTS

| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка ECTS | Оцінка за національною шкалою   |  |
|--|-------------|---|--|
|  |             | Для іспиту, курсового проекту (роботи), практики                      | Для заліку   |
| 90–100                                       | A           | Відмінно  | Зараховано   |
| 82–89  | B           | Добре   |  |
| 74–81  | C           |   |  |
| 64–73  | D           | Задовільно  |  |
| 60–63  | E           |   |  |
| 35–59  | FX          | Незадовільно з можливістю повторного складання                        | Не зараховано з можливістю повторного складання                        |
| 0–34   | F           | Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням навчальної дисципліни | Не зараховано з обов'язковим повторним вивченням навчальної дисципліни |

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Уваров А.С Проектирование печатных плат. 8 лучших программ : учеб. пособие. М.: ДМК ПРЕСС, 2009. 288 с.
2. Уваров А.С. PCAD 2000, ACCEL EDA. Конструирование печатных плат : учеб. пособие. М. : ДМК Пресс, 2000. 331 с.
3. Динц К.М., Куприянов А.А., Прокди Р.Г. P-CAD 2006. Схемотехника и проектирование печатных плат: самоучитель. Санкт-Петербург: Наука и Техника, 2009. 245 с.
4. Ёлшин Ю.М. Инновационные методы проектирования печатных плат на базе САПР P-CAD 200X : учебник. М: Солон-Пресс, 2016. 464 с.
5. Норенков И.П. Основы автоматизированного проектирования: учеб. пособие. М: МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2002. – 385 с.
6. Усатенко С.Т., Каченюк Т.К., Терехова М.В. Выполнение электрических схем по ЕСКД. М.: Издательство стандартов, 1989. 325 с.
7. Будя А.П., Кононюк А.Е., Куценко Г.П. и др. Справочник по САПР. К.: Техника, 1988. 375 с.

Зразок оформлення титульної сторінки пояснювальної записки

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ МИХАЙЛА ОСТРОГРАДСЬКОГО

КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

КУРСОВИЙ ПРОЕКТ  
з навчальної дисципліни  
«Технології проектування комп'ютерних систем»  
на тему: «Проектування друкованої плати електронного пристрою»

Студента 4 курсу групи КІ–ХХ–Х  
зі спеціальності 123

«Комп'ютерна інженерія»

Іванова І. І.

Керівник старш. викладач каф. КІС

Петров П. П.

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів: \_\_\_ Оцінка: ECTS \_\_\_

Члени комісії \_\_\_\_\_

(підпис)

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

м. Кременчук - 2020



Методичні вказівки щодо виконання курсового проекту з навчальної дисципліни «Технології проектування комп'ютерних систем» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 123 – «Комп'ютерна інженерія» освітнього рівня «бакалавр».

Укладачі: ст.викл.О.П. Міхальчук,  
ст.викл. А. Л. Юдіна

Відповідальний за випуск зав. каф. КІС М. І. Гученко

Підп. до др. \_\_\_\_\_. Формат 60x84 1/16. Папір тип. Друк ризографія.

Ум. друк. арк. \_\_\_\_\_. Наклад \_\_\_\_\_ прим. Зам. № \_\_\_\_\_. Безкоштовно.

Редакційно-видавничий відділ  
Кременчуцького національного університету  
імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600