

**Методичні вказівки**  
**до виконання лабораторних робіт з дисципліни**  
**«Моделювання в електроніці»**  
**для студентів спеціальності**  
**171 – «Електроніка»**

Міністерство освіти і науки України  
Вінницький національний технічний університет

**Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни «Моделювання в електроніці»  
для студентів спеціальності 171 – «Електроніка»**

---

Вінниця  
ВНТУ  
2017

Рекомендовано до друку Методичною радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 5 від 19.01.2017 р.).

Рецензенти:

**С. Т. Барась**, кандидат технічних наук, професор

**О. С. Городецька**, кандидат технічних наук, доцент

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Моделювання в електроніці» для студентів спеціальності 171 – «Електроніка» / Уклад. Б. П. Книш. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 50 с.

В методичних вказівках наводяться теоретичні відомості за темами дисципліни «Моделювання в електроніці», а також порядок виконання лабораторних робіт та оформлення звітів.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. Лабораторна робота №1. Ознайомлення з САПР OrCAD. Створення та редагування проекту, налаштування під вітчизняні стандарти, розробка умовних графічних позначень елементів ..... .....	5
2. Лабораторна робота № 2. Створення електричної принципової схеми в OrCAD CAPTURE.....	14
3. Лабораторна робота № 3. Налаштування програми OrCAD Layout під вітчизняні стандарти. Створення корпусів елементів в програмі OrCAD Layout.....	17
4. Лабораторна робота № 4. Створення топології друкованої плати в програмі OrCAD LAYOUT.....	22
5. Лабораторна робота № 5. Огляд OrCAD PSPICE.....	27
6. Лабораторна робота № 6. Аналогове моделювання в програмі PSPICE.....	34
7. Лабораторна робота № 7. Цифрове моделювання в програмі PSPICE.....	43
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	49

## ВСТУП

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Моделювання в електроніці», що викладається на кафедрі електроніки та наносистем, охоплюють ознайомлення з САПР OrCAD, створення та редагування проекту, створення електричної принципової схеми, корпусів елементів, топології друкованої плати, аналогове та цифрове моделювання.

Ця дисципліна є однією з базових дисциплін при підготовці інженерів та науковців в галузі електроніки. Проектування в електроніці зводиться до розв'язання групи задач синтезу і задач аналізу. При цьому під структурним синтезом розуміють створення (інтуїтивне або формалізоване) якогось варіанта схеми, не обов'язково остаточного. В процесі проектування синтез, як задача, може виконуватися багато разів, чергуючись з розв'язанням задач аналізу. До задач аналізу входить вивчення властивостей схеми за заданою в результаті синтезу її структурою, характером вхідних компонентів і їх параметрів.

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт розраховані на студентів, які навчаються за спеціальністю 171 – «Електроніка».

Лабораторні роботи виконуються на ПК в програмному середовищі OrCAD. В методичних вказівках наведено інструкції з синтезу та моделювання електронних схем в програмному середовищі.

Основу методичних вказівок становлять 7 лабораторних робіт, в яких необхідно синтезувати та змодельовати електричні елементи, зробити висновки щодо отриманих результатів.

Роботи оформлені доступно для сприйняття і відтворення з відповідними детальними інструкціями та ілюстраціями, тому студенти зможуть їх виконати без особливих зусиль й отримати задоволення від здобутих знань та практичних навичок.

**ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1**  
**ОЗНАЙОМЛЕННЯ З САПР ORCAD.**  
**СТВОРЕННЯ ТА РЕДАГУВАННЯ ПРОЕКТУ, НАЛАШТУВАННЯ**  
**ПІД ВІТЧИЗНЯНІ СТАНДАРТИ, РОЗРОБКА УМОВНИХ**  
**ГРАФІЧНИХ ПОЗНАЧЕНЬ ЕЛЕМЕНТІВ СХЕМИ**

**Мета роботи.** Ознайомитись з САПР OrCAD, навчитися створювати і редагувати проекти, а також ознайомитись з основними налаштуваннями програми OrCAD Capture. Навчитися створювати основні графічні позначення.

### **Теоретичні відомості**

Пакет програм OrCAD призначений для створення електронних схем, а також їх моделювання.

Основними складовими пакета OrCAD є нижченаведені програми:

- OrCAD Capture – програма для розробки електрично принципівих схем;
- OrCAD Layout – програма для розробки за даними Capture друкованих плат;
- модулі PSpice і Simulate – призначені для моделювання цифрових і аналогових схем.

На рис. 1.1 наведено вікно програми OrCAD Capture. Основними компонентами якого є рядок меню і рядок «швидких кнопок». В рядку меню є такі групи меню, як: File, View, Edit, Options, Window, Help.

Коротко про призначення найбільш важливих меню:

1. File:

- New – дозволяє створювати нові проекти, бібліотеки;
- Open – відкриває існуючі проекти і бібліотеки;
- Save – зберігає поточний проект;
- Save as... – зберігає поточний проект із новим ім'ям;
- Print Preview – дозволяє визначити розташування схеми на сторінці, не друкуючи її;
- Print... – друк;
- Print Setup – налаштування друку;

2. Edit – режим редагування;

3. View – дозволяє чи забороняє відображення елементів вікна Capture, а також збільшувати чи зменшувати зображення у вікні;
4. Place – дозволяє розміщувати у вікні компоненти і графічні зображення (текст, прямокутники, еліпси тощо);
5. Options:
  - Preferences... – меню налаштувань;
  - Design Template – альтернативне меню налаштувань;
6. Window – налаштування відображення вікон проекту;
7. Help – допомога.

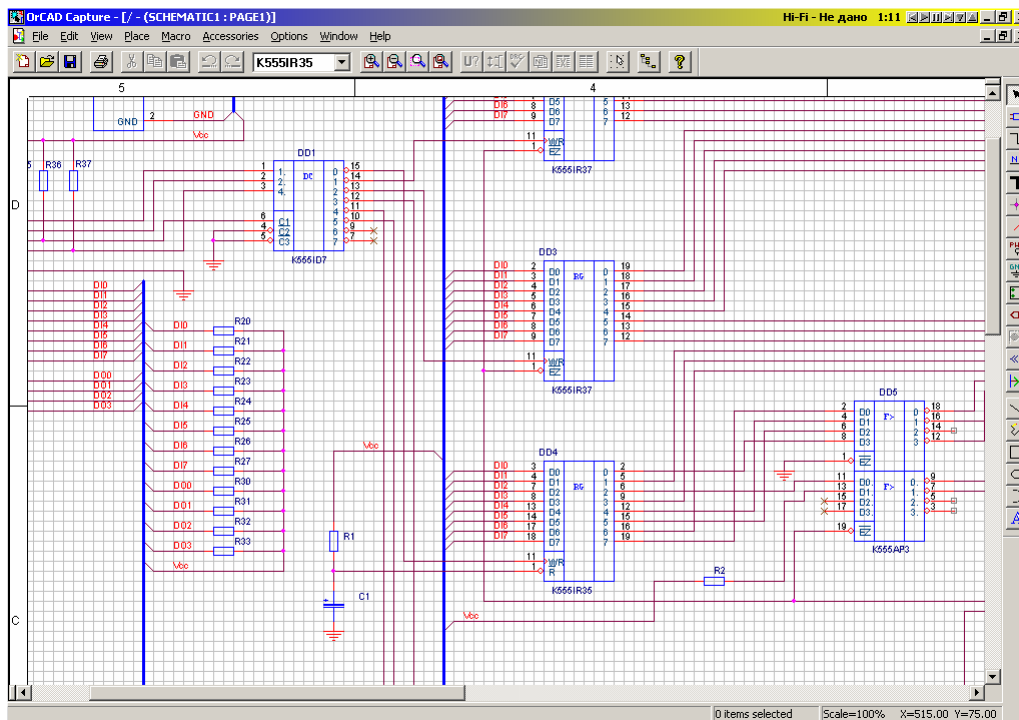


Рисунок 1.1 – Вікно програми Capture

Детальніше розглянемо меню Preferences... і Design Template.

Натисканням на Preferences... відкриваємо відповідне вікно налаштувань (рис. 1.2).

На його закладках містяться налаштування проекту, основними з яких є:

- Colors/Print – де можна виставляти кольори відображення елементів проекту, а також виставляти ці елементи на друк (галочка дозволяє друк);
- Grid Display – налаштування параметрів відображення сітки;
- Pan and Zoom – налаштування автоцентрування і коефіцієнта збільшення.

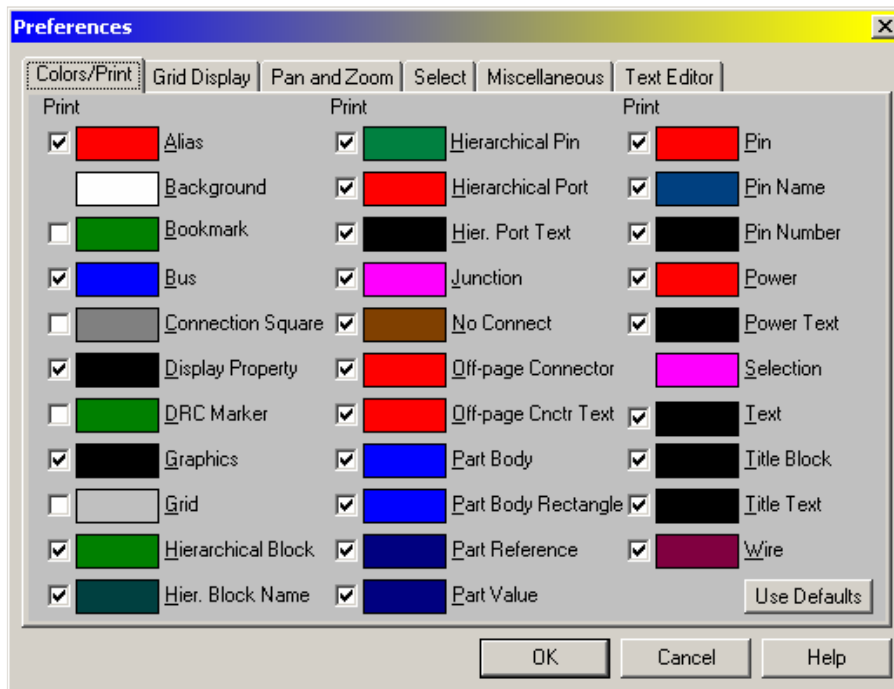


Рисунок 1.2 – Вікно меню Preferences

Меню Design Template зображено на рис. 1.3.

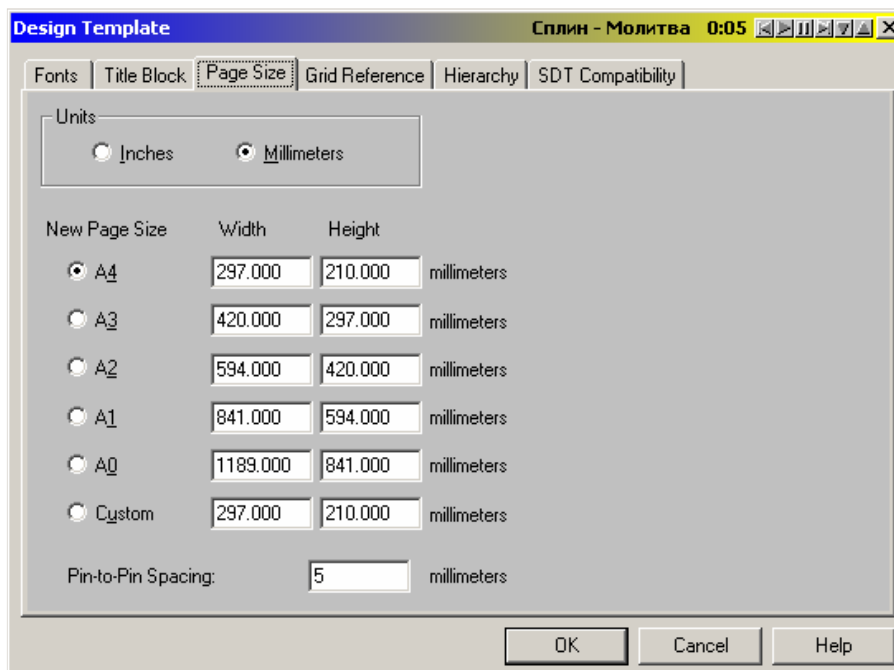


Рисунок 1.3 – Вікно Design Template




















Основними закладками є:



- Page Size – дозволяє встановити метричну чи дюймову систему вимірювання, розміри сторінки і розмір решітки елементів схеми;


- Grid Reference – налаштування решітки відображення.

Ще одним важливим елементом програми OrCAD Capture є панель інструментів, яка дозволяє виконувати такі дії:

-  Вибір;
-  Встановлення елемента;
-  Рисування зв'язків;
-  Встановлення назв зв'язків;
-  Рисування шин;
-  Встановлення з'єднувальних вузлів;
-  Встановлення з'єднувачів між шинами і лініями зв'язків;
-  Встановлення елемента «Живлення»;
-  Встановлення елемента «Земля»;
-  Встановлення елемента «Ієрархічний блок»;
-  Встановлення елемента «Порт»;
-  Встановлення елемента «Міжсторінковий з'єднувач»;
-  Встановлення виводу, що не використовується;
-  Рисування прямих ліній (довільні кути);
-  Рисування багатогранників;
-  Рисування прямокутників;
-  Рисування овалів;
-  Рисування дуг;
-  Введення тексту.

Більшість елементів має «гарячі клавіші», якими дуже зручно користуватись. Їх можна знайти у меню Place.

Необхідно відмітити, що для рисування схеми за вітчизняними стандартами потрібно встановити параметр «Pin-to-Pin Spacing» відповідно 5 мм, оскільки відстань між виводами мікросхем за стандартом має бути саме 5 мм.

Якщо потрібно нарисувати лінії на відстані, меншій 5 мм, то потрібно відключити прив'язку до сітки, натиснувши кнопку , при цьому вона стане червоною. Зробивши відповідні зображення потрібно натиснути її ще раз для переходу у режим прив'язки до сітки. Важливо всі елементи

встановлювати у режимі прив'язки до сітки, оскільки тільки тоді всі з'єднання будуть виконані правильно.

Коротко розглянемо основні принципи створення зображень елементів. Насамперед командою File → New → Library створюємо бібліотеку елементів. Зазначимо, що можна створювати бібліотеку окремо від проекту, разом з проектом, а також підключати до проекту створені раніше бібліотеки. Також можна всі елементи зберігати в одній бібліотеці або, для зручності пошуку, у різних. Це потрібно враховувати, бо з часом бібліотеки збільшуються і пошук необхідних елементів ускладнюється. На рис. 1.4 можна побачити, який вигляд має менеджер проекту.

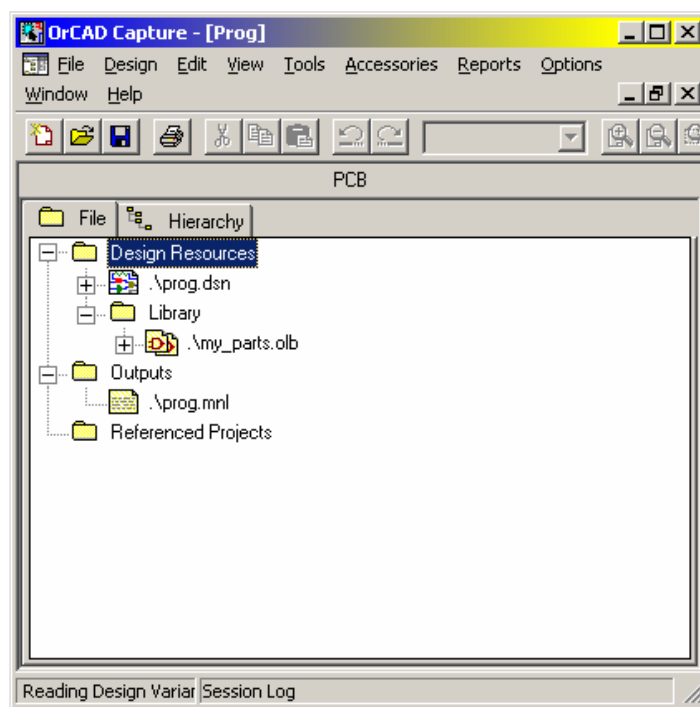


Рисунок 1.4 – Менеджер проекту

Створити новий проект можна командою File → New → Project.

У діалоговому меню, що з'явиться, потрібно вказати назву та тип схеми, що буде створюватись.

Потім необхідно створити бібліотеку(и) компонентів, використавши команду File → New → Library.

Покажемо створення нового компонента на прикладі резистора.

Викликаємо меню, як показано на рис. 1.5 та 1.6, скориставшись правою кнопкою миші. При натисканні ОК з'явиться вікно створення елемента, яке показано на рис. 1.7.

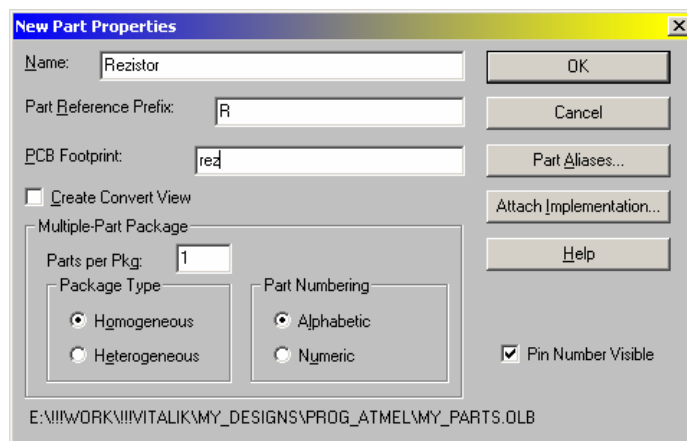
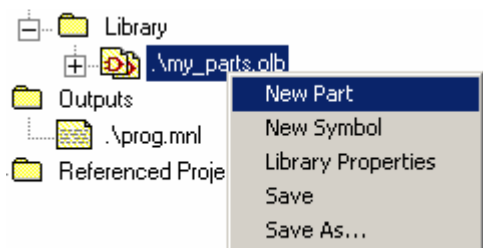


Рисунок 1.5 – Меню

Рисунок 1.6 – Створення компонента

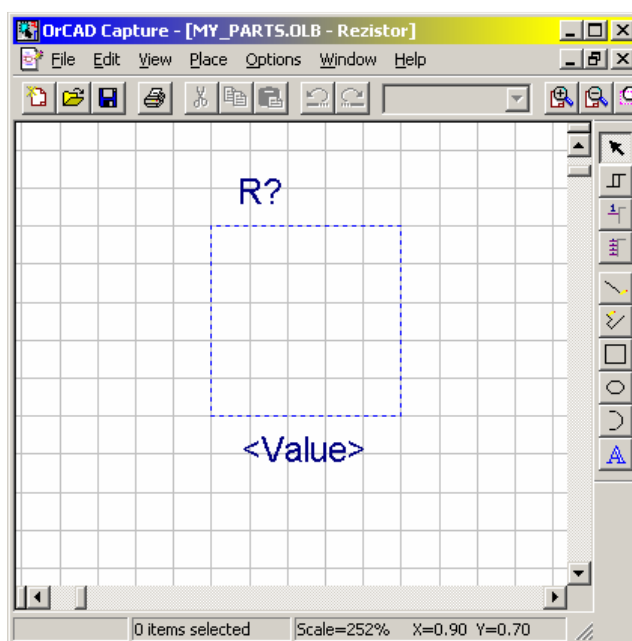






Рисунок 1.7 – Вікно створення елемента

Побудова елемента складається з двох етапів: по-перше, потрібно створити графічне зображення; по-друге, встановити відповідні виводи.

Розглянемо панель інструментів, що призначена для створення графічного зображення елемента і встановлення виводів:

-  Вибір;
-  Встановлення IEEE елементів;
-  Встановлення одиночного виводу;
-  Встановлення групи виводів.

Нарисуємо прямокутник 10 на 4 мм. Нарисувати лінію 4 мм можна, відключивши прив'язку до сітки (рис. 1.8). Далі, натиснувши кнопку встановлення виводу, з'явиться вікно, показане на рис. 1.9.

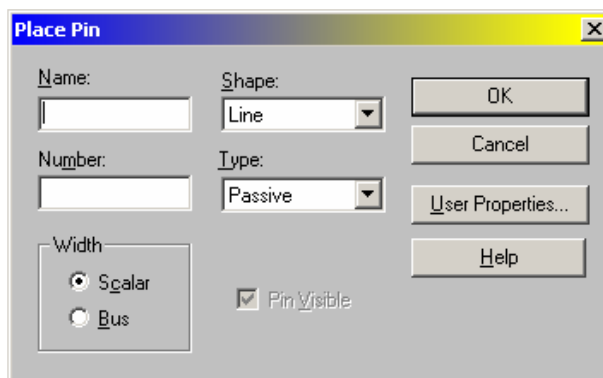
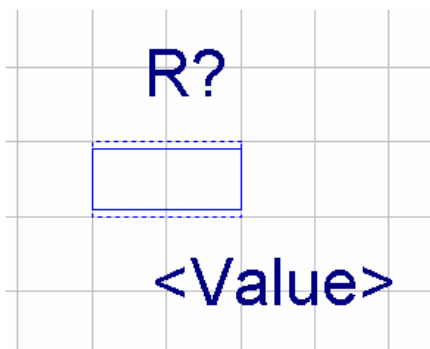


Рисунок 1.8 – Графічне зображення резистора

Рисунок 1.9 – Вікно встановлення виводу

У першому полі потрібно ввести назву виводу (особливо це актуально при розробці зображень мікросхем), потім вказати номер виводу, що буде відповідати номеру виводу корпусу. Вказавши вид і тип корпусу, натиснути ОК і встановити вивід у потрібному місці. Аналогічно встановити другий вивід. Після цього «клікнути» два рази на вільному місці, після чого з'явиться вікно налаштувань, у якому потрібно відключити зображення номерів і назви виводів. Результат роботи зображений на рис. 1.10. Останнім кроком буде збереження готового елемента (рис. 1.11) у відповідній бібліотеці.

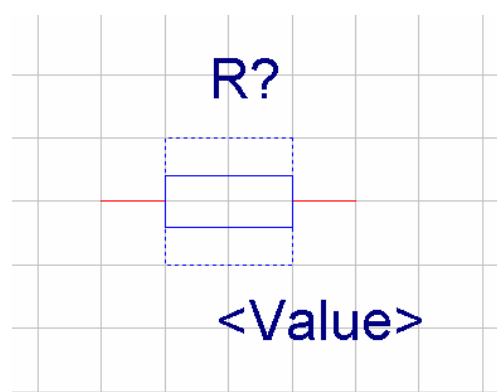
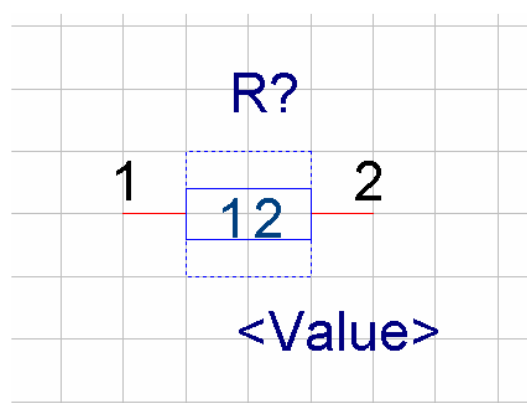


Рисунок 1.10 – Зображення готового резистора

Рисунок 1.11 – Остаточний варіант резистора

При встановленні у мікросхемах декількох однотипних виводів можна скористатись кнопкою встановлення групи виводів. При натисненні з'являється вікно, показане на рис. 1.12.

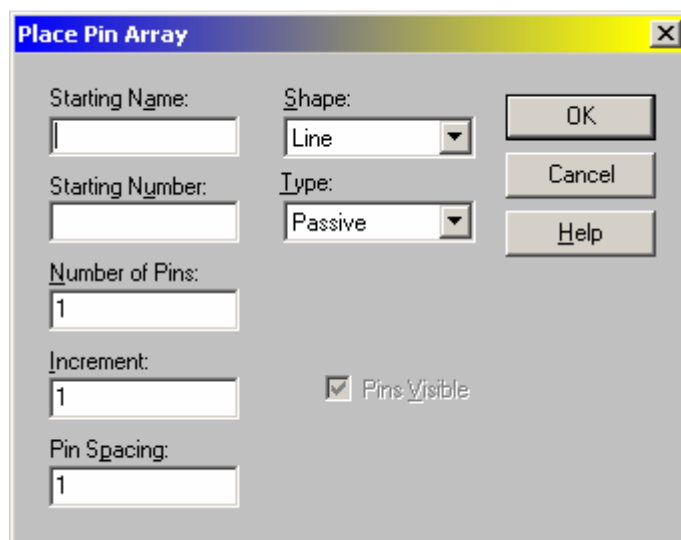


Рисунок 1.12 – Встановлення групи виводів

Так, наприклад, вказавши ім'я D, початковий номер 2 і кількість номерів 8 отримаємо виводи з 2 по 9 з назвами відповідно D0-D7. При цьому тип виводів буде однаковий. Якщо необхідно змінити тип, вид, назву чи номер виводу, то потрібно лише «клікнути» на відповідному виводі і у вікні, що з'явилося, зробити відповідні зміни.

Для мікросхем не потрібно відключати зображення номерів і назви виводів, оскільки це в подальшому полегшує рисування схеми.

Для встановлення у мікросхемах виводів живлення і землі потрібно обирати тип виводу – Power і назву, щоб збігалася з назвою шини живлення і землі (наприклад Vcc і GND). Можна також зробити їх невидимими, знявши галочку «видимість виводу». В схемі вони приєднуються до живлення автоматично при появі зв'язку з відповідною назвою.

Для того щоб видалити елемент з бібліотеки, потрібно виділити його і видалити командою Design Delete.

## Хід роботи

### 1. Створення власного проекту.

1.1. За допомогою команди File → New → Project викликаємо діалогове меню, в якому вказуємо тип проекту, його назву і місцезнаходження.

2. За допомогою команд Options → Design Template і Options → Preferences Template викликати відповідні меню і налаштувати одиниці вимірювань, розміри листа та інші параметри для досягнення максимальної зручності. Зміна одиниць вимірювань з дюймової системи на метричну є обов'язковою. Встановити прив'язку до сітки (Pin-to-Pin Spacing) рівною 5 мм.

3. Створення зображення елемента.

3.1. За допомогою команди File → New → Library створюємо в проекті нову бібліотеку.

3.2. Натиснувши на ім'я створеної бібліотеки правою кнопкою мишки, відкриваємо діалогове вікно, у якому потрібно вибрати пункт New Part.

3.3. У діалоговому вікні потрібно вказати назву компонента, його схематичне позначення (відповідно до стандарту (наприклад, R, C, DD тощо)) і натиснути кнопку ОК.

3.4. Нарисувати відповідно до стандарту графічне позначення, використовуючи можливість відключення прив'язки до сітки.

3.5. Максимально зменшити область графічного зображення елемента і встановити виводи відповідної форми і типу.

3.6. За допомогою команди Save зберегти елемент у бібліотеці.

Можна використовувати одну чи декілька бібліотек.

Кількість і тип створюваних елементів визначає викладач, враховуючи, що ці елементи можуть бути використані у лабораторній роботі № 2.

### **Питання для перевірки**

1. Створення проекту.
2. Редагування проекту.
3. Налаштування проекту під вітчизняні стандарти.
4. Розробка умовних графічних позначень елементів схеми.

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2







### СТВОРЕННЯ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ В ORCAD CAPTURE


**Мета роботи.** Ознайомитись з САПР OrCAD, навчитися створювати принципові схеми і редагувати їх.

#### Теоретичні відомості

В пакеті програм OrCAD принципові схеми рисуються за допомогою програми OrCAD Capture.

Розглянемо основні команди панелі інструментів, які будуть потрібні для рисування принципової схеми:

-  Встановлення елемента;
-  Рисування зв'язку між елементами;
-  Встановлення назви з'єднання;
-  Рисування шини;
-  Рисування точки перетину зв'язків;
-  Рисування з'єднання між зв'язком і шиною.

Для встановлення елемента потрібно натиснути на кнопку , після чого у діалоговому вікні потрібно задати бібліотеку елементів і потрібний елемент, відповідно. Діалогове вікно показано на рис. 2.1. Кнопки Add Library... і Remove Library слугують для підключення або відключення непотрібних бібліотек, відповідно. Part Search... слугує для пошуку елемента в бібліотеці за іменем.

Обравши відповідний елемент, його слід встановити на схемі, як це показано на рис. 2.2. В програмі Capture рисування схеми можна проводити по-різному. Наприклад, схему можна рисувати за такою методикою:

- встановлення всіх елементів схеми;
- рисування шин;
- рисування з'єднань;
- рисування елементів і з'єднань.

Під'єднання виводу елемента до шини відбувається так. Спочатку від виводу елемента до шини потрібно провести зв'язок, але не приєднувати його.

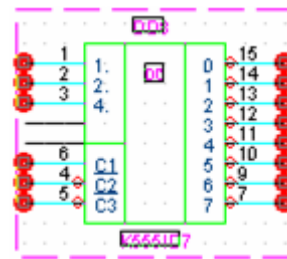
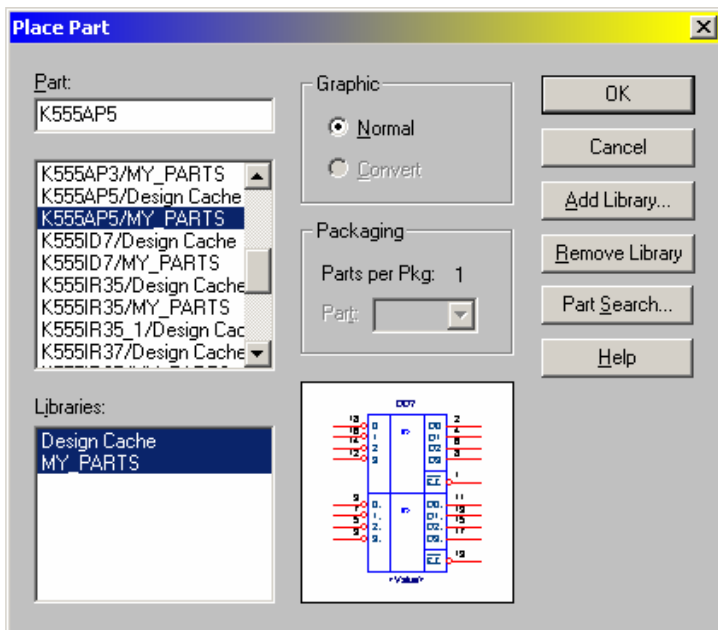




Рисунок 2.1 – Діалогове вікно встановлення елемента

Рисунок 2.2 – Встановлений елемент

Натиснувши на кнопку  встановити з'єднувач на шині і під'єднати зв'язок до шини, як це показано на рис. 2.3. Для встановлення назви з'єднання потрібно скористатись кнопкою  (рис. 2.4).

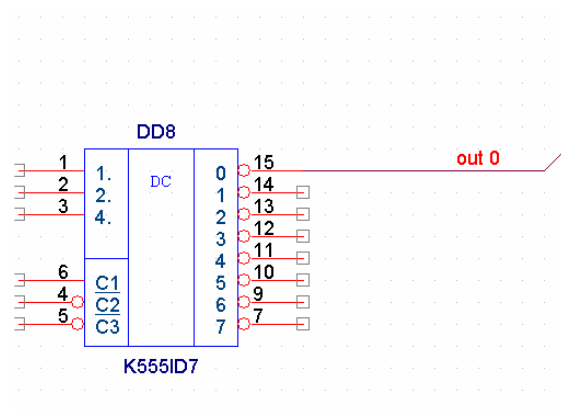
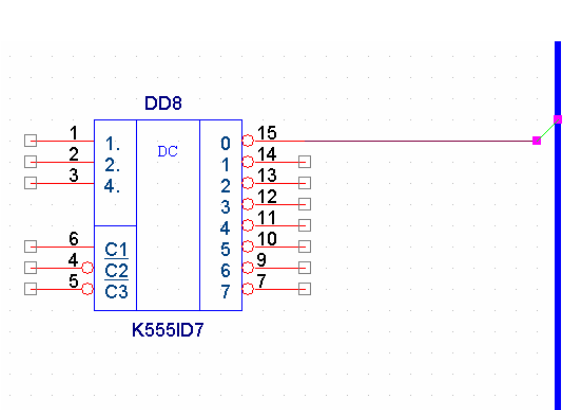


Рисунок 2.3 – Під'єднання виводу елемента

Рисунок 2.4 – Встановлення назви до шини з'єднання

Натиснувши на неї у діалоговому меню, потрібно вказати назву з'єднання і, натиснувши ОК, встановити елемент біля відповідного з'єднання. Назва присвоюється автоматично. Після того, як схема буде намальована повністю, необхідно скласти лист з'єднань, який буде



використаний у подальшому програмою Layout. Це робиться за допомогою команди Tools → Create Netlist... Потрібно врахувати те, що це можливо зробити лише при активному вікні редактора проекту. Після чого, вибравши закладку Layout, необхідно вказати назву списку з'єднань і натиснути ОК. Після цього робота над проектом в програмі Capture закінчена.

### **Хід роботи**

1. Запустити програму Capture.
2. Створити проект і виконати відповідні налаштування.
3. Встановити на схемі елементи, які були створені в попередній лабораторній роботі.
4. Зробити з'єднання згідно з отриманим завданням.
5. Вказати на схемі імена зв'язків і нумерацію елементів на схемі.
6. Створити список з'єднань, який буде використовуватись у програмі Layout.

### **Питання для перевірки**

1. Види схем.
2. Що таке «електрична принципова схема»?
3. Які принципи створення електричної принципової схеми в OrCAD CAPTURE?
4. Як створити список з'єднань?

# ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3

## НАЛАШТУВАННЯ ПРОГРАМИ ORCAD LAYOUT ПІД ВІТЧИЗНЯНІ СТАНДАРТИ.

### СТВОРЕННЯ КОРПУСІВ ЕЛЕМЕНТІВ В ПРОГРАМІ ORCAD LAYOUT

**Мета роботи:** Ознайомитись з САПР OrCAD, навчитися створювати корпуси елементів та редагувати їх.

#### Теоретичні відомості

Для створення нових корпусів потрібно запустити редактор корпусів за допомогою команди Tools → Library Manager. З'явиться вікно редактора, показане на рис. 3.1.

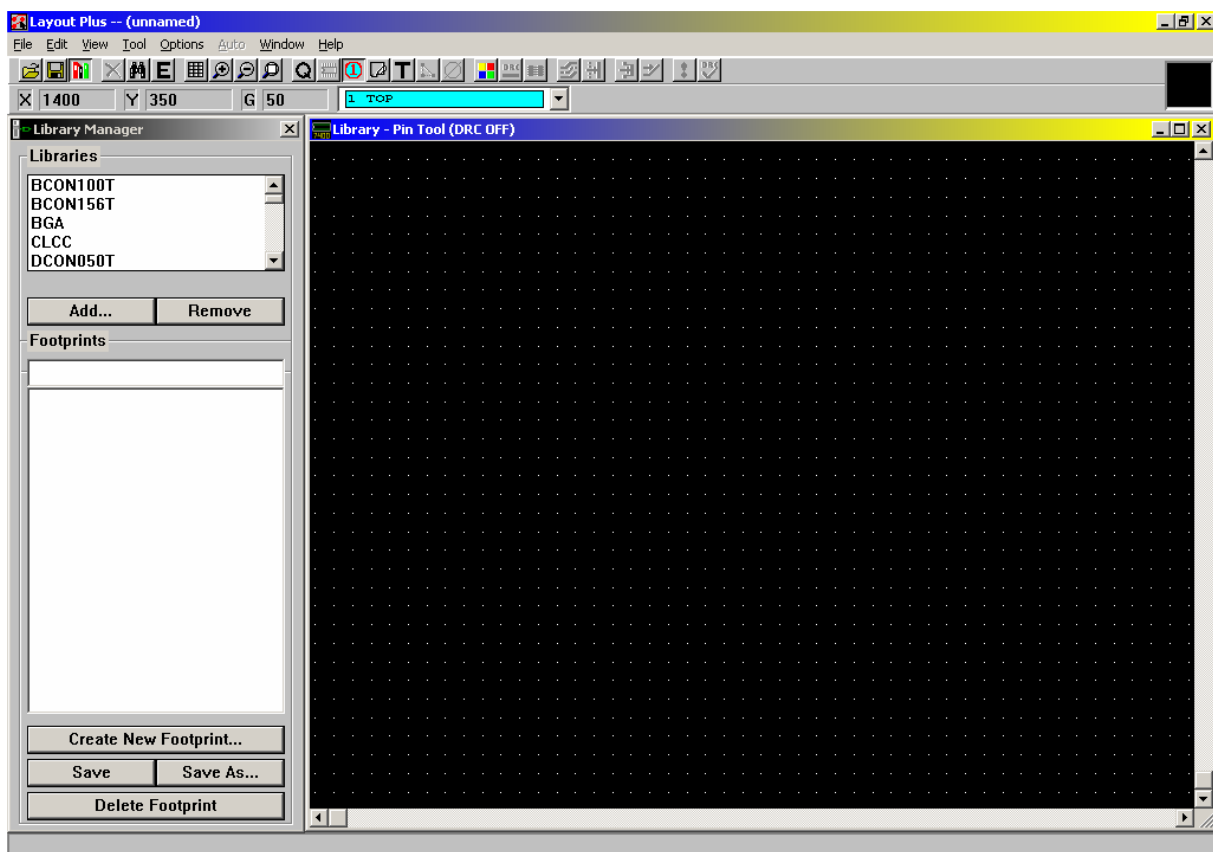


Рисунок 3.1 – Редактор корпусів

В лівому верхньому кутку знаходяться підключені до редактора бібліотеки. Їх можна відключати, підключати, створювати нові і видаляти непотрібні. Створимо корпус резистора, натиснувши кнопку Create New Footprint. В діалоговому вікні, що з'явиться, потрібно вказати назву нового елемента і одиниці вимірювання (метрична система). Після натиснення кнопки ОК з'явиться вікно редактора елемента. Перед тим, як почати рисувати корпус, потрібно зробити відповідні налаштування. Всі необхідні налаштування містяться в меню, яке викликається командою Options → System Settings. Ці налаштування показано на рис. 3.2.

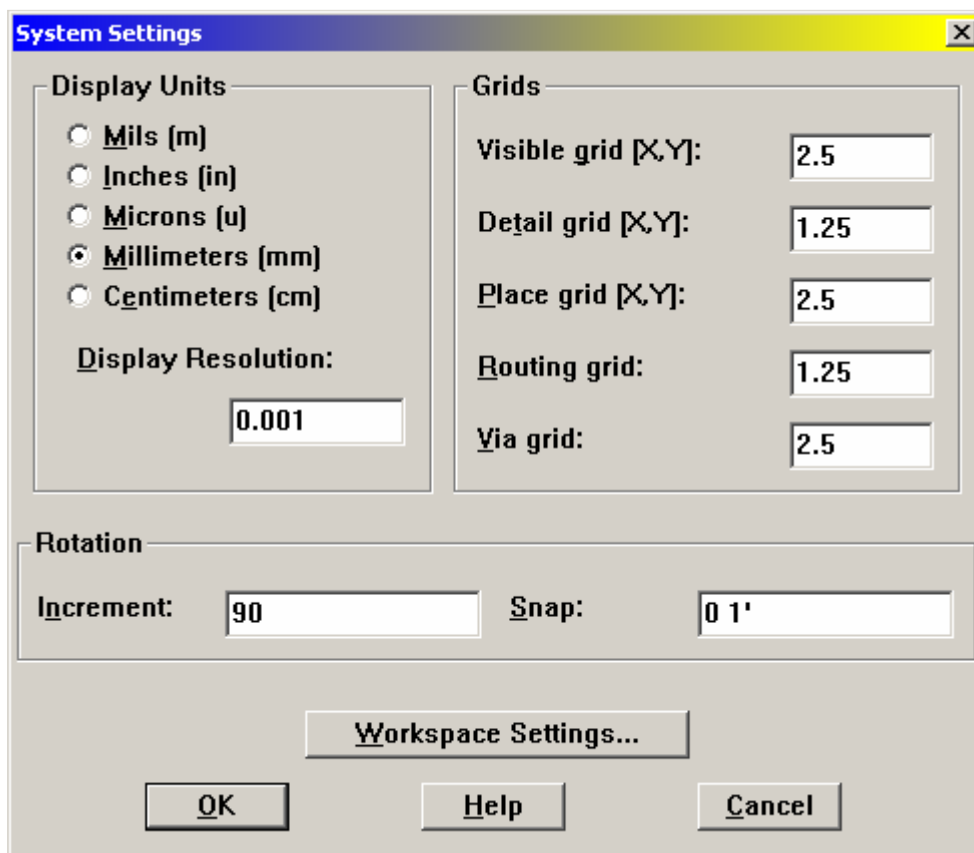



Рисунок 3.2 – Вікно налаштувань редактора

Особливу увагу потрібно звернути на сітку трасування, оскільки за невідповідності трасувальної сітки компонента і проекту система видасть помилку. Робоче поле відразу містить перший вивід елемента з прив'язкою, тому, встановлюючи інші, потрібно відштовхуватись саме від нього. Для того, щоб встановити інші виводи, потрібно натиснути кнопку , і, підводячи стрілку миші до потрібного місця, клацнути правою кнопкою і у низхідному меню вибрати NEW.


Для резистора це показано на рис. 3.3.



Рисунок 3.3 – Встановлення нового виводу

Для переміщення виводу його потрібно, утримуючи мишкою, пересунути на потрібне місце. Для видалення непотрібної контактної площадки його необхідно виділити, і, натиснувши правою кнопкою у низхідному меню, вибрати команду UNDO.

Встановивши всі контактні площадки, потрібно нарисувати корпус елемента з дотриманнями габаритних розмірів. Вони потрібні для точного компонування.

Для переходу в режим рисування корпусу слід натиснути на кнопку  на панелі. Необхідно знати те, що корпуси елементів потрібно рисувати в шарі SST. Для переключення між шарами використовують меню, показане на рис. 3.4.

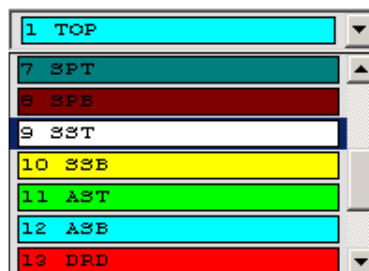


Рисунок 3.4 – Переключення шарів

Для того, щоб намалювати коло, потрібно натиснути на праву кнопку миші і у низхідному меню вибрати команду NEW, а потім, знову натиснувши праву кнопку, вибрати команду ARC. Далі, рухаючи кнопку

вправо чи вліво, встановити необхідний діаметр і натиснути ліву кнопку миші для фіксації.

Перейшовши в режим встановлення виводів і клацнувши двічі на одній з контактних площадок у діалоговому вікні (рис. 3.5.), можна вибрати тип контактної площадки і її розміри.

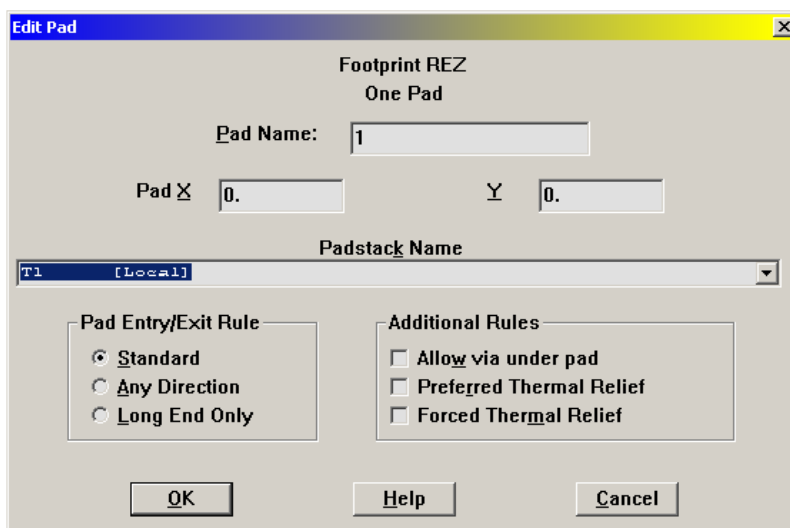


Рисунок 3.5 – Редагування контактної площадки

Кнопка R означає, що площадка має круглу форму, а S – прямокутну.

### Хід роботи

1. Запустити програму Layout.
2. За допомогою команди Tools → Library Manager викликати редактор корпусів.
3. Налаштувати редактор згідно з метричною системою вимірювання.
4. Створити корпуси усіх елементів, що містяться у схемі, створеній в Capture (згідно з варіантом викладача).
5. Зберегти корпуси у бібліотеці.

### Питання для перевірки

1. Призначення корпусів електричних елементів.
2. Як створити новий корпус електричного елемента в OrCAD LAYOUT?

3. Як створити контактну площадку?
4. Як редагувати контактну площадку?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4

### СТВОРЕННЯ ТОПОЛОГІЇ ДРУКОВАНОЇ ПЛАТИ В ПРОГРАМІ ORCAD LAYOUT


**Мета роботи:** Вивчити основні особливості створення друкованих плат програмою Layout з пакета програм OrCAD.

#### Теоретичні відомості

Для створення друкованої плати у САПР OrCAD слід скористатись програмою Layout. Для створення проекту в Layout потрібно скористатись меню File → New. Система автоматично запитає, яким шаблоном потрібно скористатись. Потрібно вибрати шаблон METRIC.TCH, який міститься в директорії OrCAD\DATA\. Після цього система запитає, який лист з'єднань відкрити. Потрібно вказати лист з'єднань, що був створений в лабораторній роботі № 2. Перед цим потрібно переконатись, що для кожного графічного зображення елемента є його корпусне зображення. Відкривши відповідний лист з'єднань, система попросить ввести ім'я нового файлу, а потім почне встановлювати елементи на робочий лист програми Layout. Якщо системі не вдасться знайти відповідний корпус, вона запропонує вручну знайти його.

Після знаходження всіх елементів система встановить їх на робоче поле (рис. 4.1).

Наступним кроком створення схеми буде встановлення розмірів друкованої плати. Розміри друкованої плати залежать від кількості і типу елементів, їх габаритних розмірів і кількості виводів, електричної і температурної сумісності, складності розведення і кількості шарів. При збільшенні кількості шарів складність розведення і розміри плати, як правило, зменшуються. Але вартість виготовлення суттєво збільшується. Тому при проектуванні друкованих плат потрібно обирати, яким методом виготовляти друковану плату.

Нарисувати друковану плату можна у будь-якому шарі. Визначення області дозволу трасування потрібно робити у шарі Global Layer. Це можна зробити, натиснувши кнопку  і нарисувавши відповідні рамки.

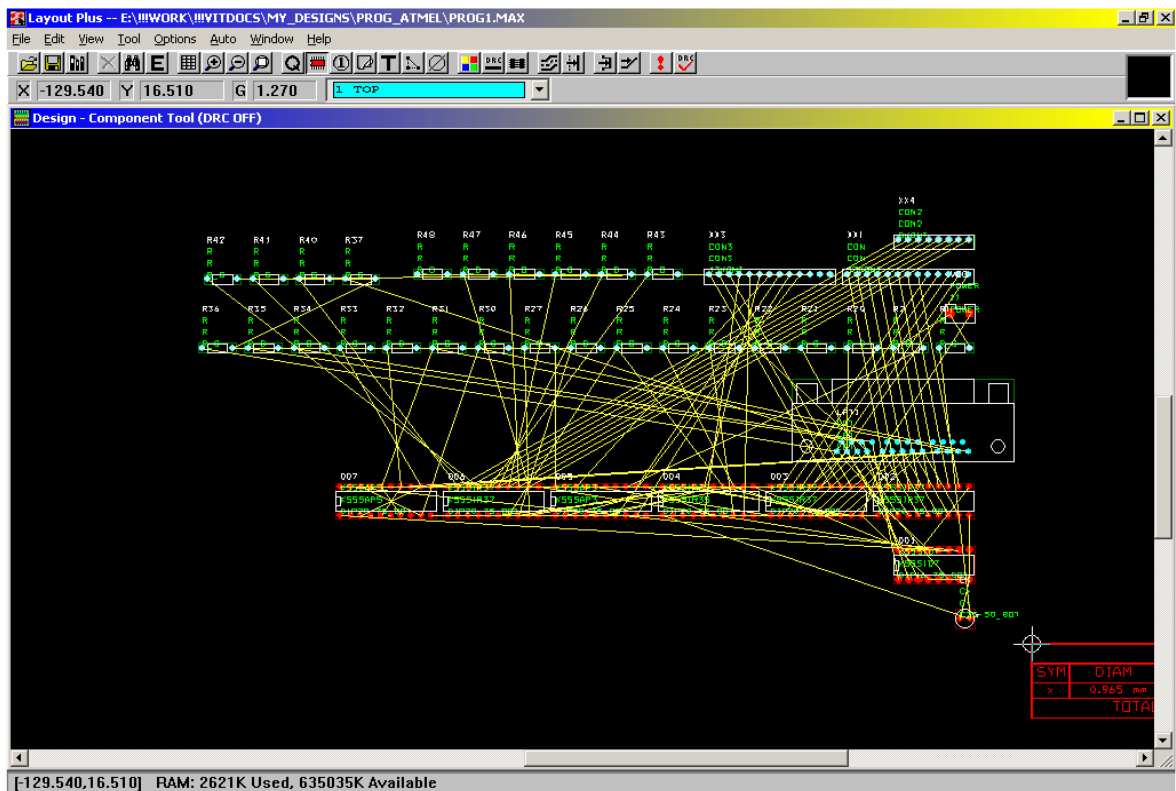


Рисунок 4.1 – Робоче вікно програми Layout

Наступним кроком у виготовленні друкованої плати буде розміщення на ній корпусів компонентів. При розміщенні потрібно враховувати взаємне розміщення елементів, щоб при трасуванні програма розводила зв'язки найкоротшим шляхом.

На рис. 4.2 наведено розміщені елементи схеми. Для того, щоб здійснити трасування, потрібно скористатись командою Auto → Autoroute → Board. Після цього система буде трасувати плату.

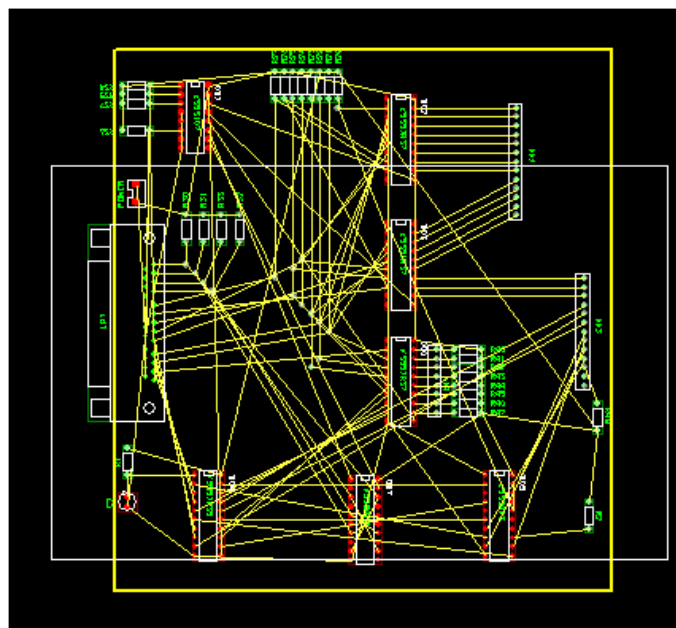


Рисунок 4.2 – Розміщення на платі корпусу



Результат роботи програми видно на рис. 4.3.

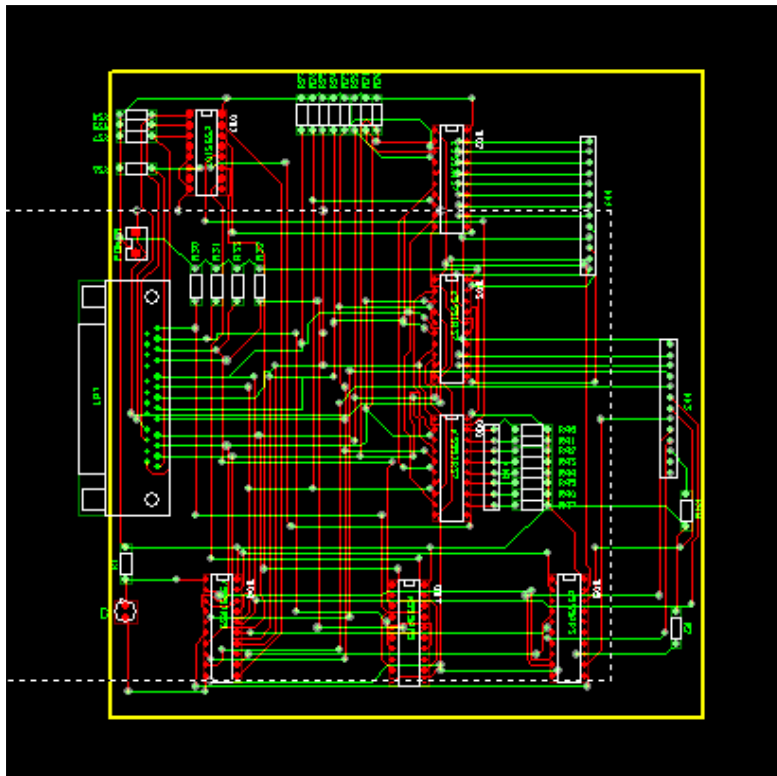




Рисунок 4.3 – Розведена друкована плата

За замовчуванням програма Layout здійснює трасування у чотирьох шарах. Для редагування параметрів при трасуванні потрібно натиснути на кнопку  і вибрати необхідний параметр для його зміни. Розглянемо основні з них:

- Layers – параметр, який дозволяє визначити кількість шарів, призначених для трасування. Для задання лише двох шарів трасування треба навпроти INNER1 і INNER2 встановити значення Unused, а для задання лише одного шару треба, у такий спосіб, заборонити трасування верхнього шару (TOP) або нижнього (BOTTOM);

- Nets – за допомогою цього параметра можна задати ширину провідників, поставити заборону на розведення деяких зв'язків, змінити колір зв'язку для зручності ручного розведення.

Іноколи виникає необхідність ручного трасування схеми. Це можна зробити, натиснувши на кнопку . Встановити потрібний шар, скориставшись командами Alt + 1 для верхнього шару чи Alt + 1 для нижнього (зміну активного шару можна візуально спостерігати на панелі інструментів). Після цього потрібно встановити стрілку миші на зв'язок,

який необхідно розвести. Він при цьому змінить свій колір на відповідний колір шару. Потім, проводячи по точках, по яких має проходити доріжка, натискати ліву кнопку миші для фіксації змін. Якщо під час трасування змінити шар, то програма автоматично поставить перехідний отвір і продовжить працювати у заданому шарі до моменту нових змін.

Якщо розведення зробити неправильно, можна видалити розведення командою Auto → Unroute → Board – для видалення всього розведення або Auto → Unroute → Component – для видалення розведення з одного компонента.

### **Хід роботи**

1. Створити власний проект у програмі Layout.
2. Завантажити список з'єднань і підібрати до кожного елемента відповідний корпус.
3. Створити зображення друкованої плати.
4. Розмістити елементи на платі враховуючи їх сумісність.
5. Нарисувати область трасування.
6. Здійснити трасування плати у автоматичному, ручному та змішаному режимах.

### **Питання для перевірки**

1. Призначення корпусів електричних елементів.
2. Як створити зображення друкованої плати?
3. Що таке «сумісність електричних елементів»?
4. Що таке трасування?
5. Як проводити трасування плати у автоматичному режимі?
6. Як проводити трасування плати у ручному режимі?
7. Як проводити трасування плати у змішаному режимі?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 5 ОГЛЯД ORCAD PSpICE

**Мета роботи.** Ознайомитись з OrCAD PSpICE.

### Теоретичні відомості

OrCAD PSpice моделює тільки аналогові схеми. Після того, як підготовлено проект до моделювання, OrCAD Capture робить набір файлів схем. Набір файлів схем, що містить список схем і команди аналізу, зчитується PSpice для моделювання. PSpice формулює їх у графічні об'єкти, які можна виділяти і безпосередньо переносити на схематичну сторінку, використовуючи маркери.

Вибравши Search for Help On з меню Help, відкриємо велику систему вбудованої підказки. Вбудована підказка містить:

- покрокові команди щодо того, як застосовувати Pspice для моделювання й аналізу результатів моделювання;
- довідкову інформацію відносно PSpice;
- інформацію Technical Support (технічної підтримки).

За допомогою OrCAD Capture можна створити просту схему, наприклад, діодного обмежувача, показаного на рисунку 5.1.

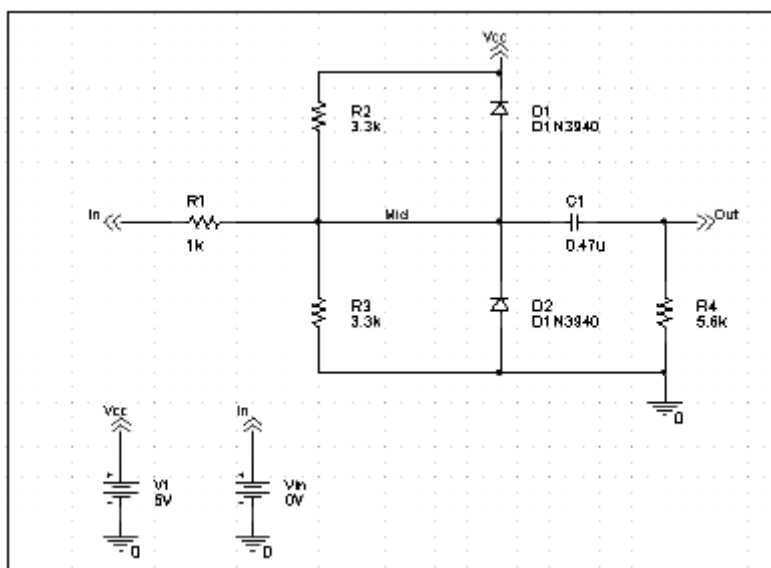


Рисунок 5.1 – Діодний обмежувач

З меню Windows ПУСК вибрати OrCAD Release 9 – запуститься Capture.

У проектному менеджері з меню File вказати на New і вибрати Project.  
Вибрати Analog Circuit Wizard.

У текстовому полі Name ввести назву проекту.

Клацнути ОК, потім – Finish.

Нова сторінка буде відображена в Capture і новий проект буде відкритий у проектному менеджері.

У Capture перейти на схематичний редактор сторінки.

У меню Place вибрати Part, щоб відобразити діалогове вікно Place Part (рис. 5.2).

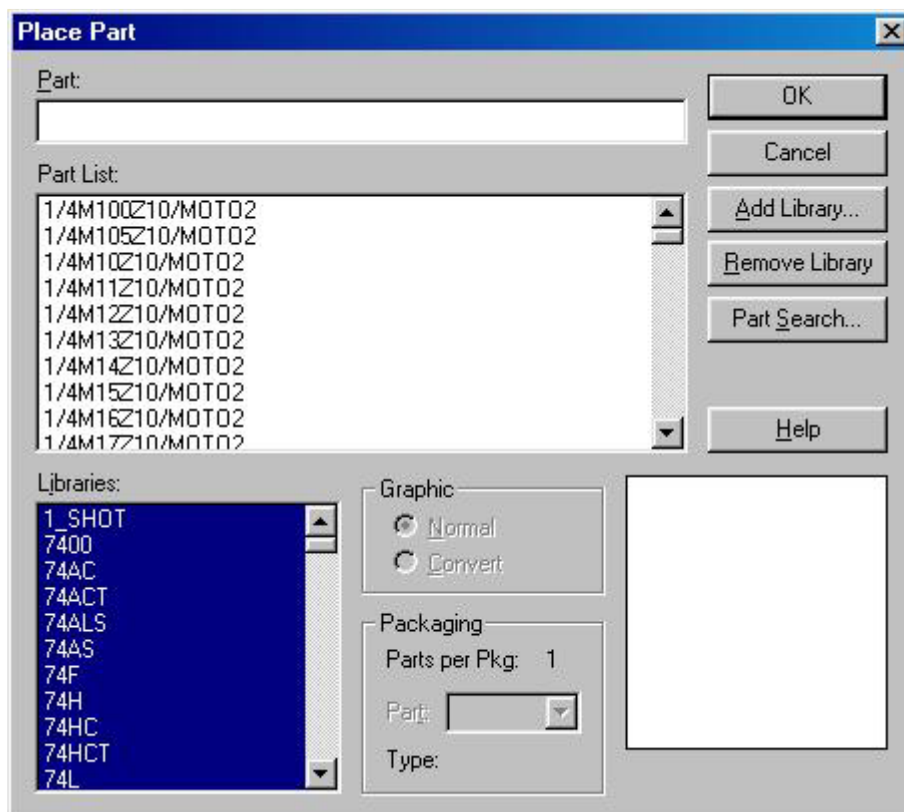


Рисунок 5.2 – Діалогове вікно Place Part

Додати бібліотеку для елементів:

- клацнути кнопку Add Library;
- вибрати SOURCE.OLB і клацнути Open.

У текстовому полі Part надрукувати VDC.

Клацнути ОК (рис. 5.3).

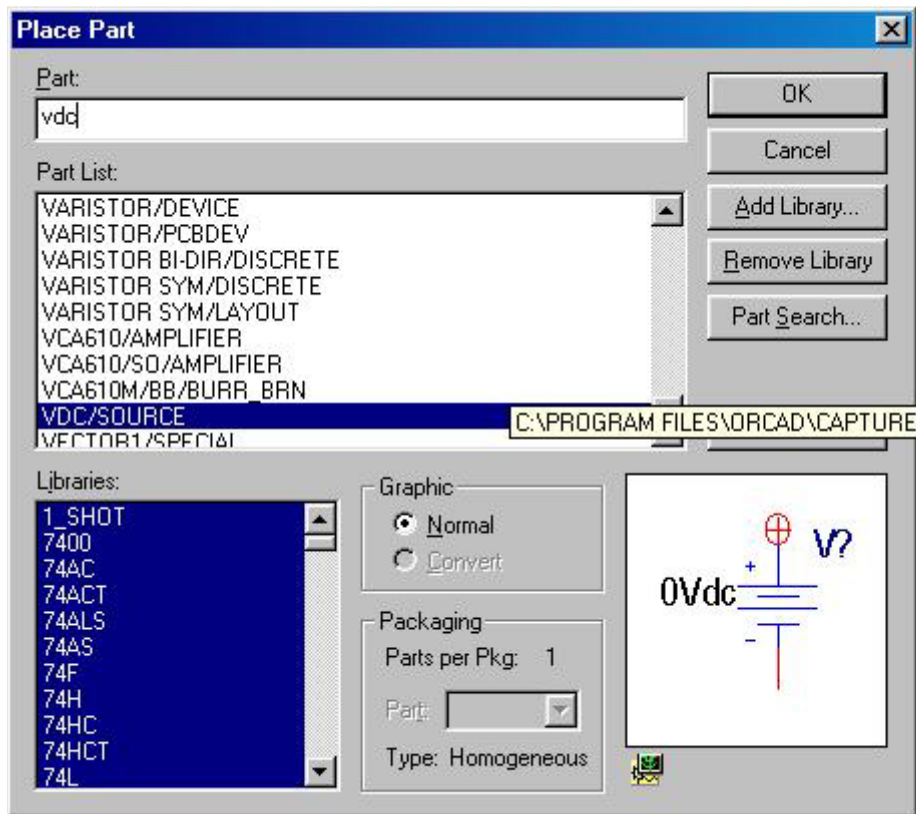


Рисунок 5.3 – VDC в діалоговому вікні Place Part

Перемістити покажчик на потрібну позицію на схематичній сторінці (рис. 5.1) і клацнути, щоб розмістити перший елемент.

Перемістити курсор і клацнути знову, щоб розмістити другий елемент.

Клацнути правою кнопкою миші і вибрати End Mode, щоб припинити розміщати елементи.

З меню Place вибрати Part, щоб відобразити діалогове вікно Place Part.

Додати бібліотеку для елементів:

- клацнути кнопку Add Library;
- вибрати DIODE.OLB (від PSpice library) і клацнути Open.

У текстовому полі Part надрукувати D1N39, щоб відобразити список діодів.

Вибрати D1N3940 і клацнути ОК (рис. 5.4).

Натиснути R на клавіатурі, щоб повернути діод у потрібному напрямку.

Клацнути, щоб розмістити перший діод (D1), потім клацнути, щоб розмістити другий діод (D2).

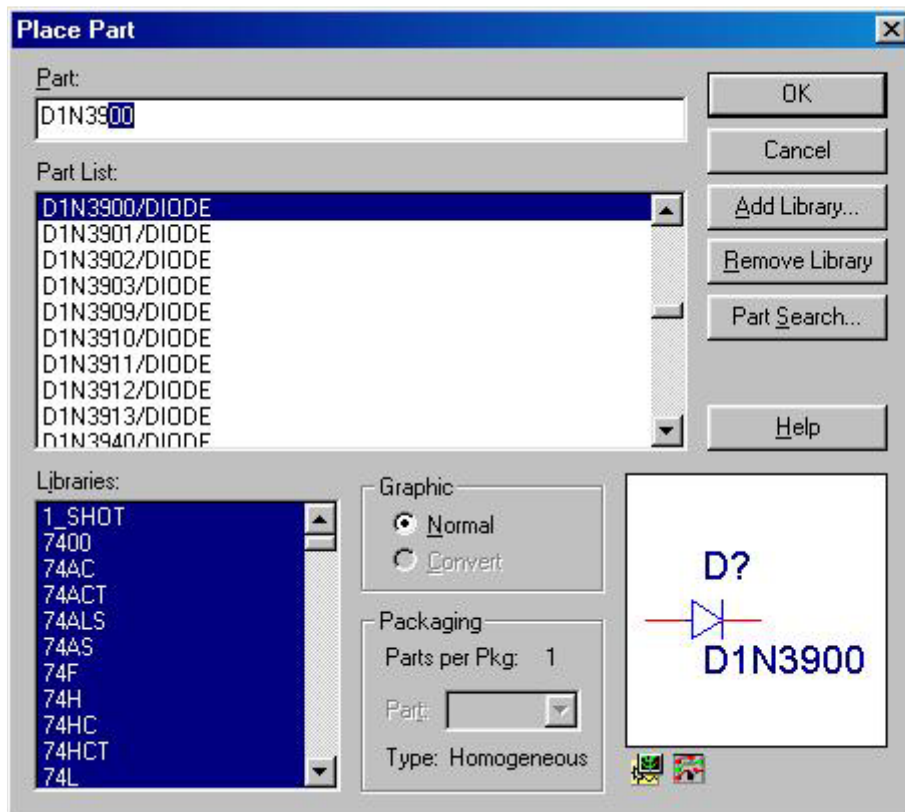


Рисунок 5.4 – D1N3940 в діалоговому вікні Place Part

Клацнути правою кнопкою миші і вибрати End Mode, щоб закінчити будувати елементи.

При розміщенні елементів:

- залишати місце, щоб з'єднати елементи з проводами;
- можна змінити назви і значення елементів, показаних на рис. 5.1.

Клацнути на тексті, щоб виділити його, потім перенести текст до нового місця розташування.

З меню Place вибрати Part, щоб відобразити діалогове вікно Place Part.

Додати бібліотеку для елементів:

- клацнути кнопку Add Library;
- вибрати ANALOG.OLB (від PSpice library) і клацнути Open.

Назву потрібного елемента надрукувати в текстовому полі Part name у діалоговому вікні Place Part як показано в круглих дужках:

- резистор (R);
- %C- конденсатор (C).

Щоб розмістити символ землі (0), потрібно клацнути кнопку GND на палітрі інструмента.

Додати бібліотеку для елементів:

- клацнути кнопку Add Library;
- вибрати SOURCE.OLB (від PSpice library) і клацнути Open.

Розмістити символи землі відповідно до рис. 5.1.

З меню Place вибрати Wire, щоб почати з'єднувати елементи.

Клацнути точку підключення виводу схеми (рис. 5.5).

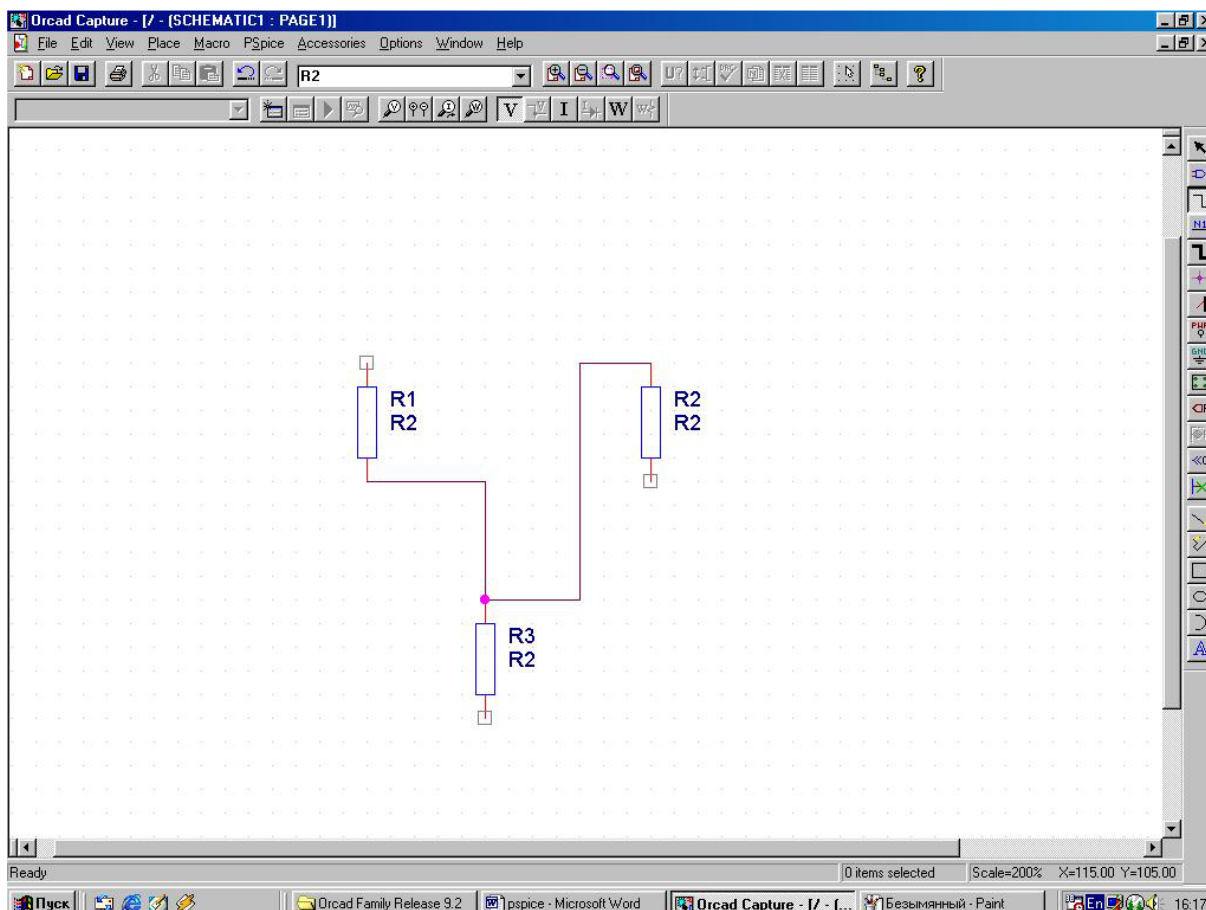


Рисунок 5.5 – З'єднання елементів

Клацнуть найближчу точку підключення виводу резистора R1.

Підключити інший кінець R1 до виводу конденсатора.

З'єднати діоди один з одним.

Продовжувати з'єднувати елементи, поки схема не буде з'єднана так, як показано на рисунку 5.1.

З меню Place вибрати Net, щоб відобразити діалогове вікно Place Net Alias.

У текстовому полі Alias надрукувати Mid.

Клацнути ОК (рис. 5.6).

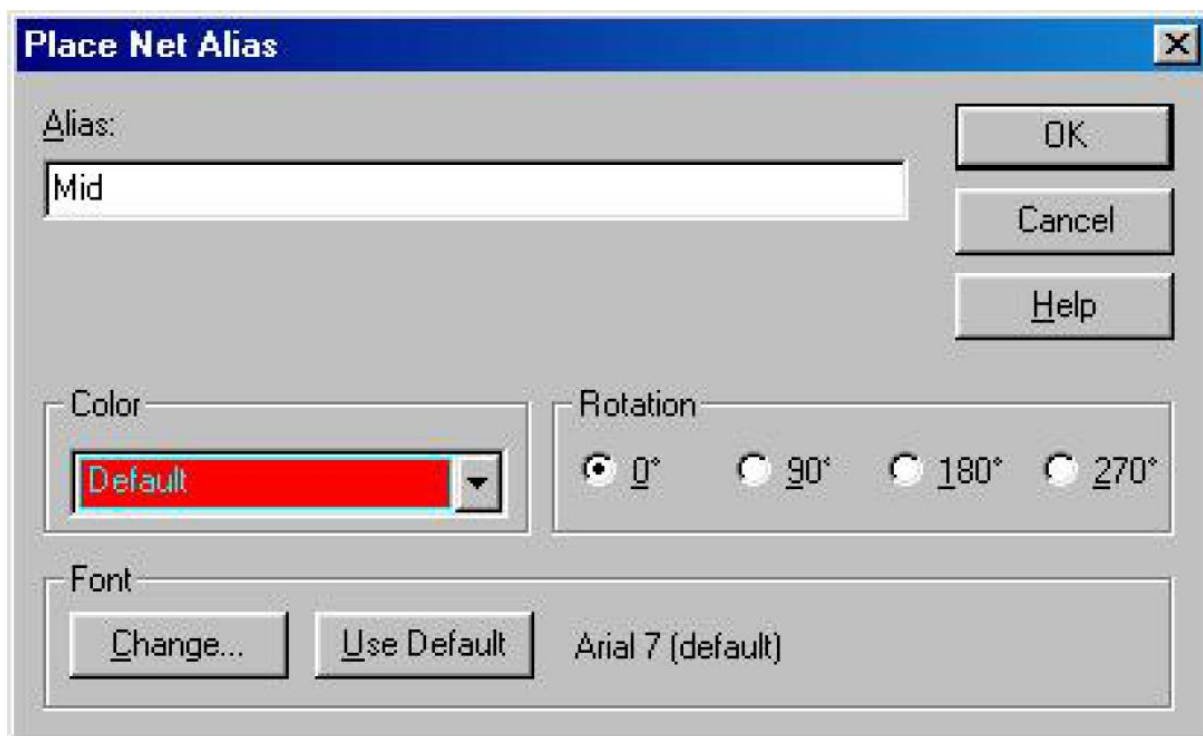


Рисунок 5.6 – Mid в Place Net Alias

Розмістити назву проводу в будь-якій частині цього проводу.

Клацнути правою кнопкою миші і вибрати End Mode, щоб вийти з функції Net Alias.

Двічі клацнути елемент, щоб відобразити електронну таблицю елемента.

Клацнути у першій комірці під стовпцем Reference.

Написати нову назву.

Клацнути Apply, щоб змінити назву елемента.

Закрити електронну таблицю.

Продовжувати називати елементи, що залишаються.

Двічі клацнути мітку напруги (0V) на V1, щоб відобразити діалогове вікно Display Properties.

У текстовому полі Value надрукувати 5V.

Клацнути OK.

Продовжувати змінювати властивості елементів відповідно до рис. 5.1.

Більш ефективний спосіб змінити назви, величини й інші властивості декількох елементів проекту – це використання Property Editor у такий спосіб:



1. Виділити всі елементи, що будуть змінюватися, натиснувши Ctrl і клацаючи кожен елемент.

2. З меню Edit вибрати Properties.

З'явиться електронна таблиця елементів. Замінити вхідні величини в комірках за потреби і потім клацнути Apply, щоб оновити всі зміни відразу.

### **Хід роботи**

1. Створити новий PSpice проект.
2. Розмістити джерела напруги.
3. Розмістити діоди.
4. Перемістити текст, пов'язаний з діодами.
5. Розмістити інші елементи.
6. З'єднати елементи.
7. Призначити назви мережі.
8. Призначити назви елементів.
9. Змінити величини елементів.

### **Питання для перевірки**

1. Створення схеми.
2. Як створити новий PSpice проект?
3. Як розміщати джерела напруги?
4. Як розміщати електричні елементи?
5. Як переміщувати текст, пов'язаний з електричними елементами?
6. Як розміщати інші елементи схеми?
7. Як з'єднувати елементи схеми?
8. Як призначати назви мережі?
9. Як призначати назви елементів?
10. Як змінювати величини елементів?

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 6

### АНАЛОГОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ПРОГРАМІ PSpICE

**Мета роботи.** Вивчити основні особливості проведення аналогового моделювання в програмі PSpice з пакета програм OrCAD.

#### Теоретичні відомості

Для даної лабораторної роботи використаємо схему діодного обмежувача, створену у попередній роботі (рис. 6.1).

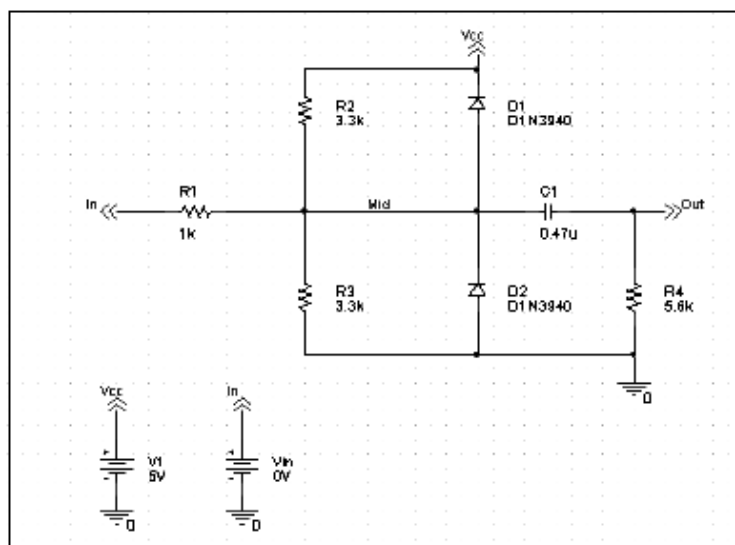


Рисунок 6.1 – Діодний обмежувач

#### I. DC SWEEP аналіз.

Встановлення і запуск DC sweep аналізу.

1. В Capture з меню PSpice вибрати New Simulation Profile. З'явиться діалогове вікно New Simulation (рис. 6.2).

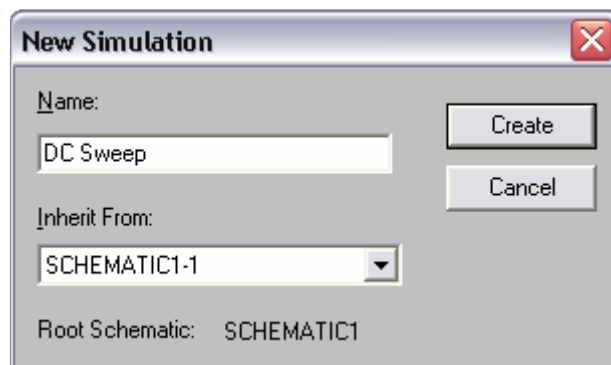




Рисунок 6.2 – Діалогове вікно New Simulation

2. У текстовому полі Name надрукувати DC Sweep.
3. Зі списку Inherit From вибрати Schematic1-Bias та натиснути Create. З'явиться діалогове вікно Simulation Settings.
4. Вибрати вкладку Analysis.
5. Зі списку Analysis type вибрати DC Sweep і ввести значення.
6. Клацнути ОК, щоб закрити діалогове вікно Simulation Settings.
7. З меню File вибрати Save.
8. З меню PSpice вибрати Run, щоб виконати аналіз, або натиснути  з панелі інструментів Capture.

При виконанні DC-аналізу виникає необхідність визначення струмів в частинах кола, спад напруги на елементах та потужності, що споживається елементами кола.

З панелі інструментів Capture  можна вибрати відображення всіх напруг в гілках кола (відносно землі) кнопкою V, струмів в колах – кнопкою I, та потужності, що споживається елементами схеми – кнопкою W. Всі ввімкнені параметри з'являться на схемі (рис. 6.3).

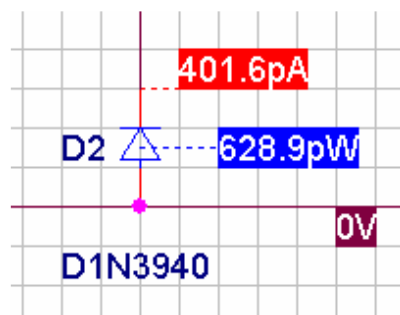



Рисунок 6.3 – Схема з параметрами

Якщо вибрати з панелі інструментів маркер напруги чи маркер струму  та встановити його у будь-яку гілку електричного кола, то буде відбуватися зміна даного параметра у вікні PSpice.

Складання графіка напруг у мережах In і Mid:

1. У PSpice меню Trace вибрати Add Trace.
2. У діалоговому вікні Add Traces вибрати V (In) і V (Mid).
3. Натиснути ОК.

II. TRANSIENT (перехідний) аналіз.

Запуск і виконання Transient аналізу.

1. З меню PSpice Capture вибрати New Simulation Profile. З'явиться діалогове вікно New Simulation.
2. У текстовому полі Name надрукувати Transient.

3. Зі списку Inherit From вибрати Schematic1-DC Sweep, потім клацнути Create. З'явиться діалогове вікно Simulation Settings .

4. Натиснути Analysis.

5. Зі списку Analysis вибрати Time Domain (Transient) і ввести параметри налаштування: Options – General Settings, Run to time – 2 ms, Print values in the output file every – 20 ns.

6. Клацнути ОК, щоб закрити діалогове вікно Simulation Settings.

7. З меню PSpice вибрати Run, щоб виконати аналіз.

PSpice використовує свої власні внутрішні кроки часу для обчислення. Внутрішній крок часу відкоректований відповідно до вимог перехідного аналізу. PSpice зберігає дані для кожного кроку внутрішнього часу.

Відображення вхідної синусоїди й вихідної хвилі V (Out).

1. З меню PSpice's Trace вибрати Add Trace.

2. У списку trace вибрати V (In) і V (Out), натискаючи на них.

3. Клацнути ОК, щоб відобразити графіки.

4. З меню Tools вибрати Options, щоб відобразити діалогове вікно Probe Options (рис. 6.4).

5. У рамці Use Symbols клацнути Always, якщо ця команда ще недоступна.

6. Клацнути ОК.

З'являться графіки, які ілюструють відсікання вхідного сигналу.

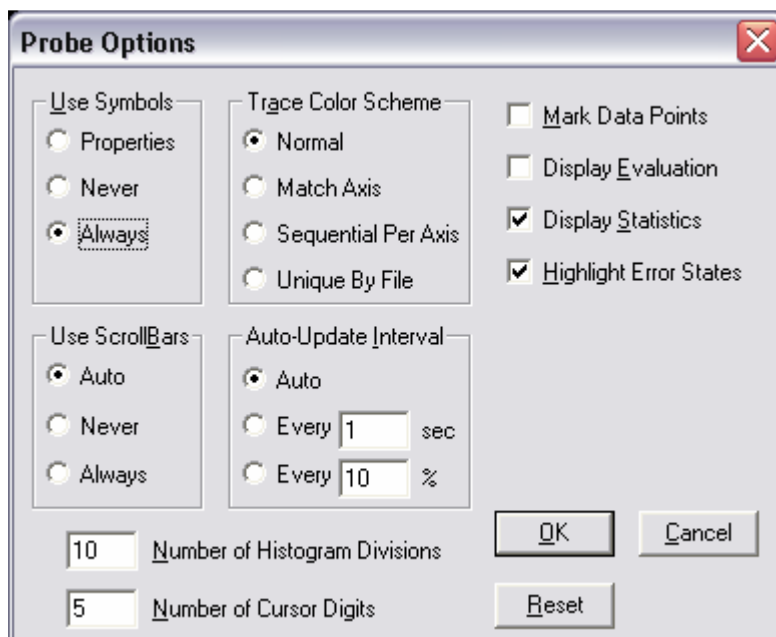


Рисунок 6.4 – Діалогове вікно Probe Options

### III. AC SWEEP аналіз.

Використаємо схему діодного обмежувача з попереднього аналізу. Додамо AC джерело напруги для генерації сигналу (рис. 6.5).

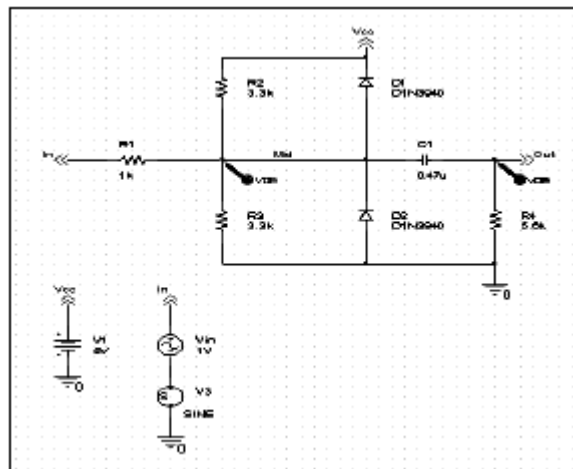


Рисунок 6.5 – Діодний обмежувач з AC джерелом напруги

Створення сигналу AC генерації.

1. У Capture відкрити CLIPPER.OPJ.
2. Вибрати DC voltage source (джерело напруги) Vin і натиснути Delete, щоб видалити елемент зі схематичної сторінки.
3. З меню Place вибрати Part.
4. У текстовому полі Part надрукувати VAC (з PSpice бібліотеки SOURCE.OLB) і натиснути OK.
5. Розмістити AC джерело напруги на схематичній сторінці, як показано на рисунку 6.5.
6. Двічі клацнути VAC елемент (0V), щоб відобразити електронну таблицю Parts.
7. Змінити комірку Reference на Vin і змінити комірку ACMAG на 1V.
8. Натиснути Apply, щоб застосувати зміни і закрити електронну таблицю.

Виконання AC sweep моделювання.

1. З меню PSpice Capture вибрати New Simulation Profile.
2. У текстовому полі Name ввести AC Sweep, потім натиснути create (створити). З'явиться діалогове вікно Simulation Settings.
3. Натиснути Analysis.

4. Зі списку Analysis type вибрати AC Sweep/Noise і ввести такі параметри: Options – General Settings, AC SweepType – Logarithmic, Decad, Start Frequency – 10, End Frequency – 100Meg, Points/Decad – 11 (рис. 6.6).

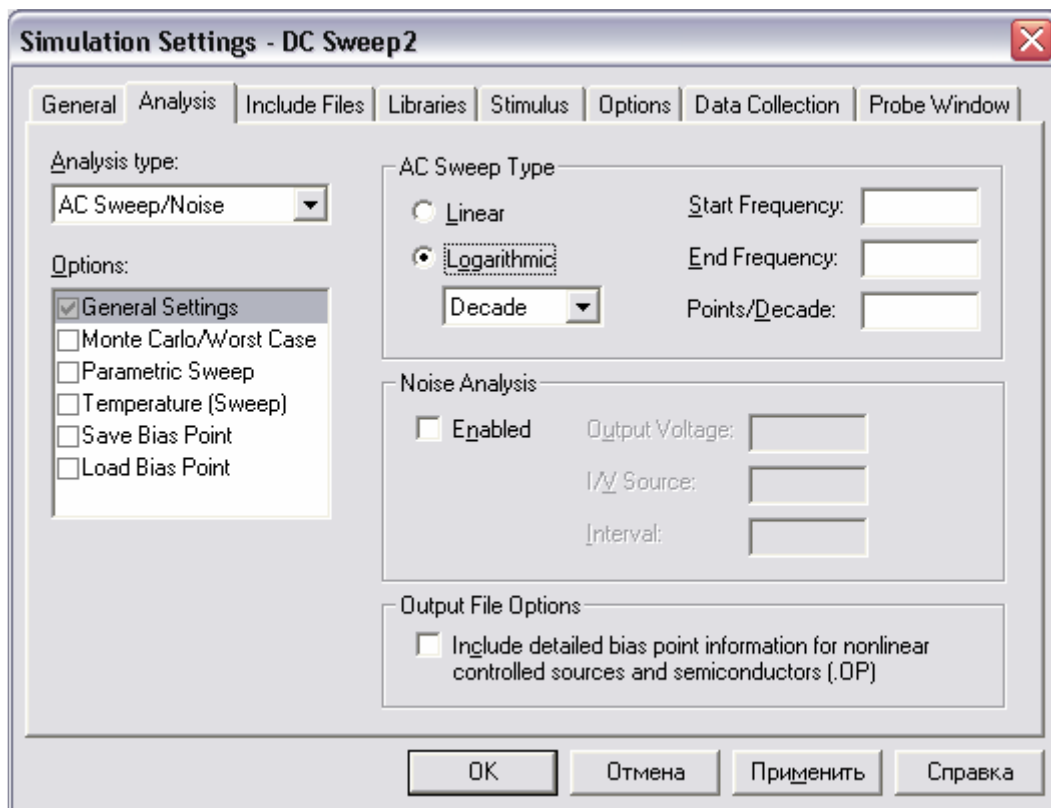


Рисунок 6.6 – Діалогове вікно Simulation Settings

5. Натиснути ОК, щоб закрити діалогове вікно Simulation Settings.

6. З меню PSpice вибрати Run, щоб запустити моделювання. PSpice виконає AC аналіз.

PSpice відображає величину напруги у dB ( $20\log_{10}$ ) у відзначених мережах Out і Mid у вікні Probe. Оскільки AC – лінійний аналіз і вхідна напруга була встановлена в 1 V, вихідна напруга така сама, як і підсилення (чи ослаблення) схеми.

#### IV. Амплітудно-частотна характеристика.

1. В меню Capture PSpice вибрати Markers, Advanced і активізувати Phase of Voltage.

2. Розмістити Vphase маркер на виводі поруч з Vdb маркером.

3. Виправити Vdb маркер на Mid.

4. Переключитись на PSpice.

У вікні Probe з'являться графіки амплітуди і фази одночасно на тому самому полі і з тим самим масштабом.

5. Натисніть trace name VP(Out), щоб вибрати графік.
  6. З меню Edit вибрати Cut.
  7. З меню Plot вибрати Add Y Axis.
  8. З меню Edit вибрати Paste.
- З'явиться сподіваний графік.

## V. Параметричний аналіз (PARAMETRIC ANALYSIS).

### 1. Установлення і виконання параметричного аналізу:

- у Capture відкрити CLIPPER.OPJ;
- двічі клацнути значення елемента R1, щоб відобразити діалогове вікно Display Properties;

- у текстовому полі Value замінити 1 на {Rval};
- клацнути ОК.

### 2. Додавання PARAM елемента та оголошення параметра Rval:

- з меню Place Capture вибрати Part;
- у текстовому полі Part надрукувати PARAM (з Pspice бібліотеки SPECIAL.OLB), потім клацнути ОК;
- розмістити один PARAM елемент на будь-якій відкритій області в схематичній сторінці;
- двічі клацнути PARAM елемент, щоб відобразити електронну таблицю Part, потім клацнути New;
- у текстовому полі Name ввести Rval (без усякої фігурної дужки, тому що PSpice сприймає текст у фігурних дужках як вираз, який оцінює як числове значення), потім клацнути ОК (рис. 6.7);

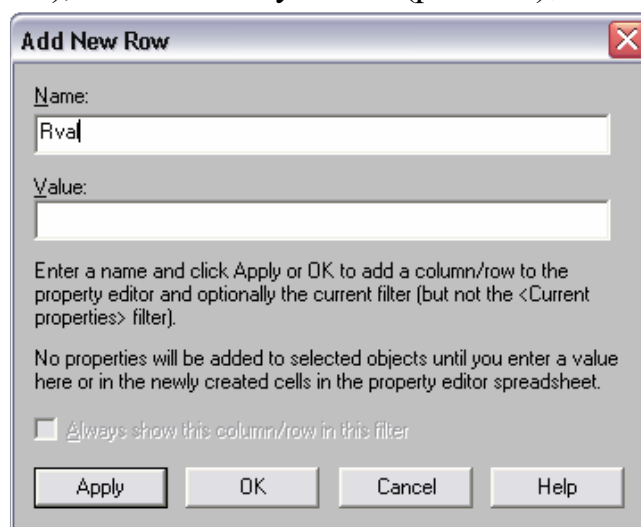


Рисунок 6.7 – Текстове поле Add New Row

- клацнути в комірці нижче Rval і ввести 1к як початкове значення параметричного аналізу;
- у той час як ця комірka ще виділена, клацнути Display;
- у рамці Display Format вибрати Name and Value, потім клацнути ОК;
- клацнути Apply, щоб застосувати всі зміни до PARAM елемента;
- закрити електронну таблицю Parts;
- вибрати VP маркер і натиснути Delete, щоб видалити маркер зі схематичної сторінки;
- з меню File вибрати Save, щоб зберегти проект.

3. Виконання параметричного аналізу значення R1, використовуючи Rval:

- з меню PSpice Capture вибрати New Simulation Profile. З'явиться діалогове вікно New Simulation (рис. 6.8);
- у текстовому полі Name надрукувати Parametric;
- зі списку Inherit From вибрати AC Sweep, потім натиснути Create. З'явиться діалогове вікно Simulation Settings;
- клацнути Analysis;

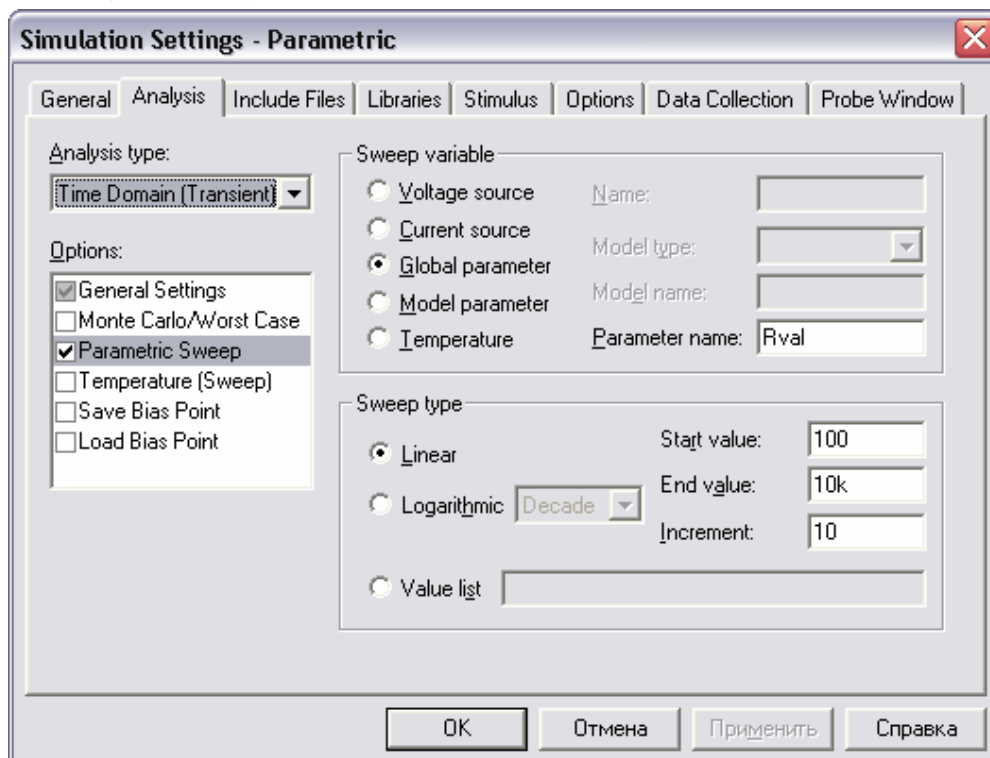


Рисунок 6.8 – Діалогове вікно New Simulation

- в Options вибрати Parametric Sweep і ввести параметри налаштування: Analysis type – Time Domain (Transient), Sweep variable –



Global parameter, Parameter name – Rval, Sweep type – Linear, Start value – 100, End value - 10k, Increment – 10;

- клацнути ОК;

- з меню PSpice вибрати Run, щоб запустити аналіз.

Аналіз виконується для кожного значення Rval. Оскільки значення R1 визначене як {Rval}, аналіз виконується для кожного значення R1 при логарифмічному зростанні від 100 Ом до 10 кОм за 20 кроків. В кінцевому результаті загальна кількість 21.

4. Відображення всіх кривих:

- у діалоговому вікні Available Sections клацнути ОК. Усі 21 криві (повна група кривих) для VDB (Out) з'являться у вікні Probe;

- клацнути назву кривої, щоб вибрати її, потім натиснути Delete, щоб видалити показані криві.

### **Хід роботи**

1. Виконати DC Sweep аналіз.

2. Виконати перехідний аналіз:

- відобразити вхідну синусоїду та вихідну хвилю V (Out).

3. Виконати AC Sweep аналіз:

- навести результати аналізу AC sweep.

4. Відобразити АЧХ досліджуваної схеми.

5. Виконати параметричний аналіз досліджуваної схеми.

- встановити PARAM-елемент;

- присвоїти PARAM-елементу необхідні властивості;

- відобразити всі отримані криві.

6. Виконати Performance-аналіз.

### **Питання для перевірки**

1. DC SWEEP аналіз.

2. TRANSIENT (перехідний) аналіз.

3. AC SWEEP аналіз.

4. Амплітудно-частотна характеристика.

5. Параметричний аналіз (PARAMETRIC ANALYSIS).

## ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 7

### ЦИФРОВЕ МОДЕЛЮВАННЯ В ПРОГРАМІ PSpICE

**Мета роботи.** Вивчити основні особливості проведення цифрового моделювання в програмі PSpice з пакета програм OrCAD.

#### Теоретичні відомості

Для проведення дослідження цифрового моделювання складемо схему дешифратора розмірністю  $3 \times 8$ , де 3 – кількість входів дешифратора, 8 – кількість виходів.

Даний дешифратор буде виконувати перетворення вхідного трибітового двійкового сигналу у восьмибітовий вихідний позиційний сигнал. Так, наприклад, вхідному значенню «010» (210 ) повинен відповідати вихідний набір «01000000», а значенню «111» (810) – «00000001». Для складання схеми дешифратора використаємо логічні елементи «І», котрі входять до складу мікросхеми серії 74LS11, та логічне «НЕ» на базі мікросхеми 74LS04.

Для побудови схеми дешифратора потрібно створити в Orcad Capture нову схематичну сторінку (або новий проект) та назвати її «Decoder». Далі, з меню Place → Part Orcad потрібно вибрати Add library та додати бібліотеку 74LS. В даній бібліотеці обрати елемент 74LS11, котрий є мікросхемою, що містить у своєму корпусі 3 тривходових логічних елементи «І». Вказівка в списку Part значення А дозволить обрати першу частину мікросхеми (рис. 7.1).

Після встановлення цього елемента на схематичну сторінку, потрібно повернутися до вибору елемента (Place → Part) та вибрати зі списку Part частину «В» мікросхеми, після чого встановити останню частину – «С».

Повторити виконані операції та встановити ще один корпус мікросхеми 74LS11 (частини А, В, та С).

Далі, обрати у Place → Part елемент 74LS04 з бібліотеки 74LS (логічне «НЕ») та встановити на схематичну сторінку три його частини (А, В, та С).

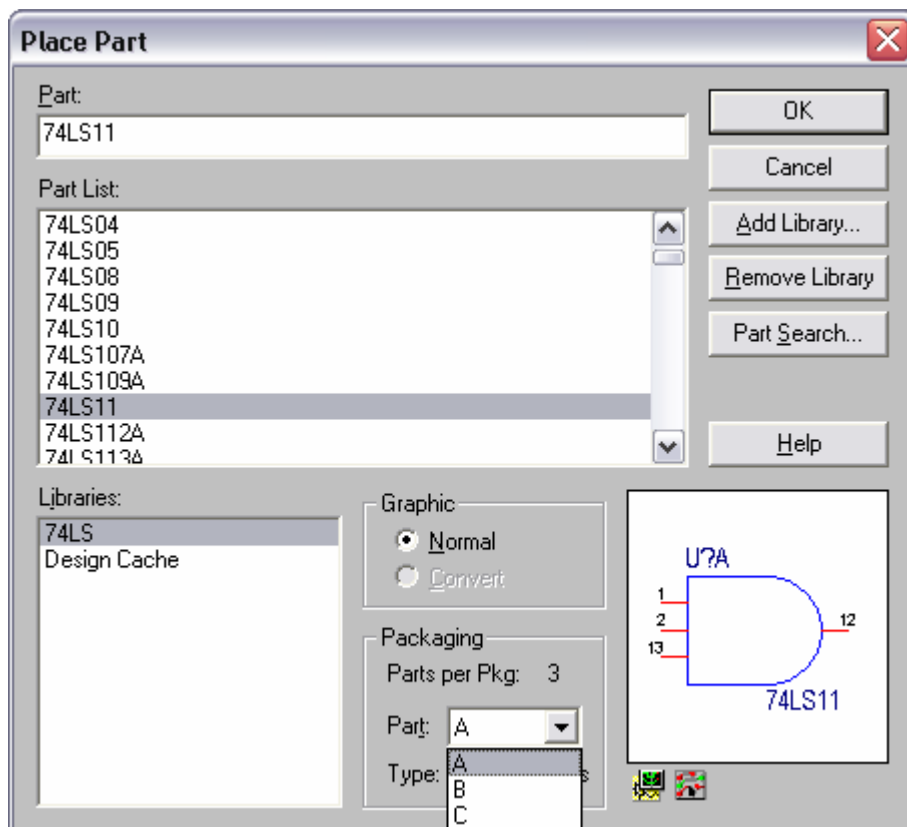



Рисунок 7.1 – Вибір логічного елемента, який є частиною мікросхеми

Виконати з'єднання елементів, як показано на рисунку 7.2.

До входів 1, 3, 5 мікросхеми 74LS04 потрібно приєднати генератори імпульсних сигналів, котрі забезпечать формування вхідного двійкового коду.

Для цього потрібно вставити digStim1 з бібліотеки SOURCSTM та приєднати до кожного зі входів дешифратора, як показано на рисунку 7.2.

Для формування виходів дешифратора потрібно встановити вихідні роз'єми. Для цього потрібно натиснути на панелі інструментів кнопку  (Place off-page connector), обрати OFFPAGELEFT-R та встановить 8 вихідних роз'ємів, як показано на рис. 7.2. За необхідності можна розвернути роз'єм (клавіша R).

Для проведення аналізу даного дешифратора потрібно сформувати на його входах відповідні цифрові комбінації. Для цього потрібно виконати налаштування параметрів генераторів DSTM1, DSTM2 та DSTM3.

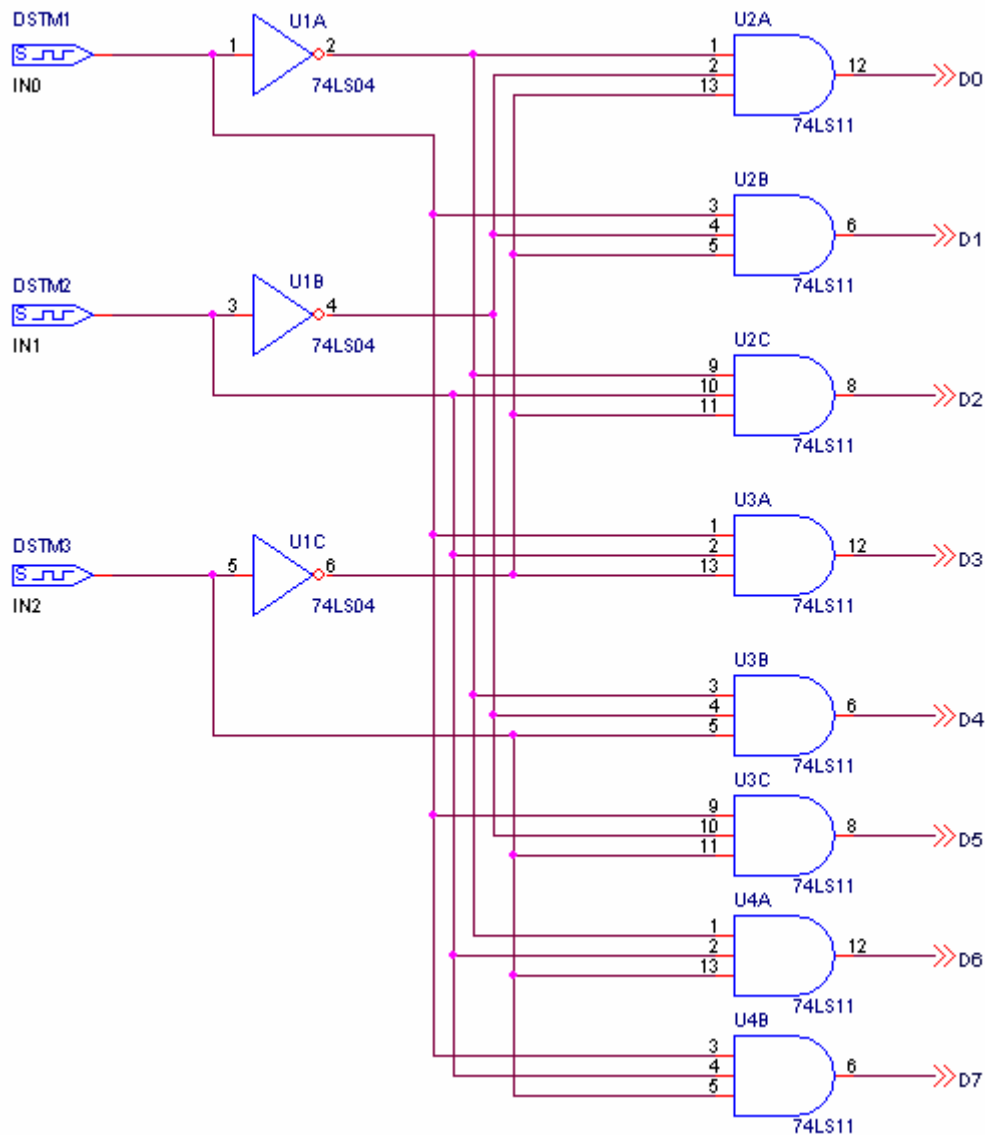


Рисунок 7.2 – Схема дешифратора 3×8

Потрібно виділити DSTM1, правою клавішею миші викликати контекстне меню та вибрати Edit Pspice Stimulus, після чого відкриється редактор сигналів. Тут потрібно задати необхідні параметри вхідних сигналів – частоту, тривалість імпульсу тощо. У відкритому вікні, де відображається графік вхідних сигналів, потрібно встановити зручний для роботи масштаб. Для цього потрібно зробити подвійний клік на нижній осі графіка, після чого з'явиться вікно налаштування параметрів осі (рис. 7.3). В ньому потрібно встановити такі параметри: Displayed Range for Time → 0 to 800ns; Timing Resolution → 100ns.

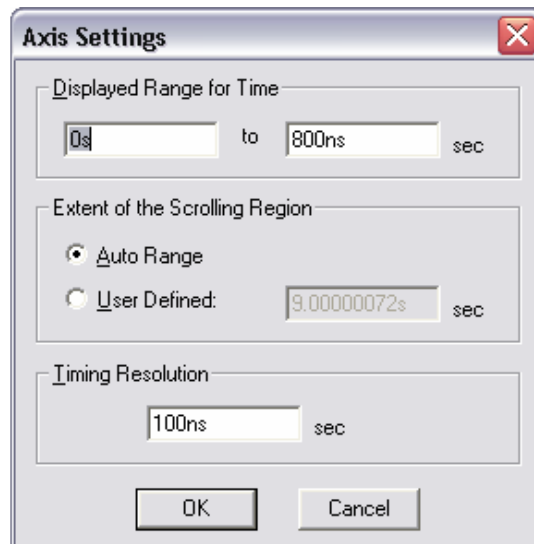


Рисунок 7.3 – Вікно налаштування параметрів осі

За допомогою інструмента  потрібно задати такі вхідні сигнали, як показано на рисунку 7.4.

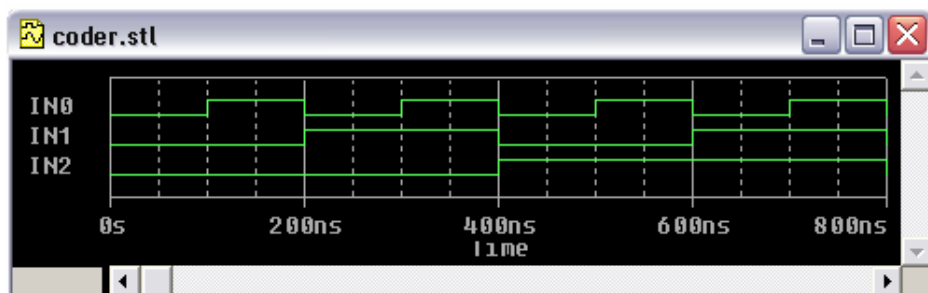



Рисунок 7.4 – Задання вхідних сигналів

Використовуючи панель інструментів Capture, потрібно встановити маркери напруги  на всіх вхідних та вихідних роз'ємах (рис. 7.5).

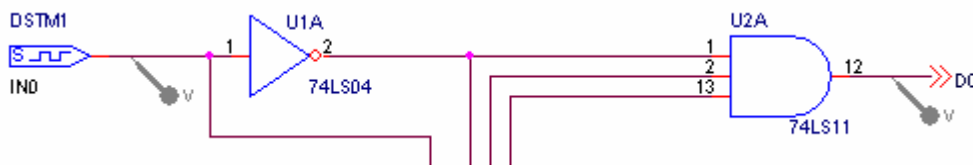


Рисунок 7.5 – Задання вхідних сигналів

Для редагування властивостей вхідного сигналу в PSpice потрібно зробити подвійний клік на його графічному зображенні, після чого має з'явитися вікно (рис. 7.6), в якому Start Time – початок формування елементарного сигналу, Duration – тривалість сигналу, Value – значення

сигналу («0», «1», «X» – невизначений стан, «Z» – високоімпедансний стан).

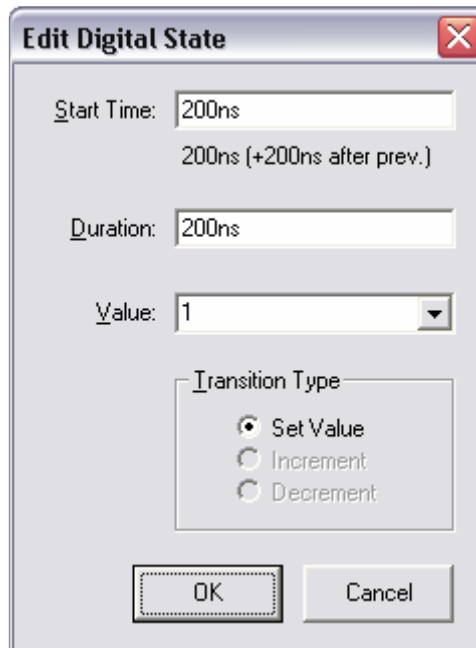


Рисунок 7.6 – Вікно редагування властивостей вхідного сигналу

### Хід роботи

1. Створити нову схематичну сторінку в Orcad Capture.
2. Підключити необхідні бібліотеки: 74LS, SOURCSTM.
3. Розмістити на схематичній сторінці елементи 74LS04, 74LS11, OFFPAGELEFT-R та генератор цифрових сигналів digStim1, після чого виконати їх з'єднання згідно із завданням.
4. Задати за допомогою PSpice Stimulus параметри сигналів цифрових генераторів DSTM1, DSTM2, та DSTM3.
5. Виконати моделювання роботи дешифратора.
6. Зробити висновки.

### Питання для перевірки

1. Як створити нову схематичну сторінку в Orcad Capture?
2. Як здійснюється підключення бібліотек?
3. Як задати за допомогою PSpice Stimulus параметри сигналів цифрового генератора?

4. Як проводиться моделювання роботи дешифратора?

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Семеренко М. М. Автоматизоване моделювання елементів електронної техніки : навчальний посібник / Семеренко М. М. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 85 с.
2. Кеон Дж. OrCAD Pspice. Анализ электронных цепей / Кеон Дж. – М. : ДМК Пресс, 2008. – 640 с.
3. Норенков И. П. САПР в радиоэлектронике : справочник / Норенков И. П. – М. : Радио и связь, 2002. – 480 с.
4. Ильин В. Н. Автоматизация схемотехнического проектирования : учебник для вузов / Ильин В. Н. – М. : Радио и связь, 2001. – 360 с.
5. Корячко В. П. Теоретические основы САПР / Корячко В. П., Курейчик В. М., Лоренков И. П. – М. : Энергоатомиздат, 1999. – 380 с.
6. Разевиг В. Д. Система проектирования OrCAD / Разевиг В. Д. – М. : Солон-Р, 2000. – 366 с.
7. Красилькова Г. А. Автоматизация инженерно-графических работ : учебник для вузов / Красилькова Г. А., Самсонов В. В., Тарелкин С. М. – СПб. : Питер, 2001. – 256 с.
8. Поляков А. К. Язык VHDL в САПР цифровых схем / Поляков А. К. – М. : МЭИ, 1999. – 342 с.
9. Грошев Д. Е. Применение пакета OrCad для компьютерного проектирования электронных схем : уч. пособие / Д. Е. Грошев, В. К. Макуха. – Новосибирск : НГТУ, 1999. – 426 с.
10. Болотовский Ю. С. OrCAD. Моделирование. «Поваренная» книга / Болотовский Ю. С. – М. : Солон-Пресс, 2013. – 200 с.
11. Кузнецова С. А. OrCad 10. Проектирование печатных плат / Кузнецова С. А., Нестеренко А. В., Афанасьев А. О. – М. : Телеком, 2005. – 454 с.
12. Осадчук О. В. Проектування цифрових пристроїв на основі САПР QUARTUS II / Осадчук О. В., Кофанов В. Л., Гаврілов Д. В. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 163 с.
13. Осадчук О. В. Лабораторний практикум з дослідження цифрових пристроїв на основі САПР MAX+PLUSII / Осадчук О. В., Кофанов В. Л., Гаврілов Д. В. – Вінниця : ВНТУ, 2008. – 200 с.
14. Осадчук О. В. Основи комп'ютерного проектування та моделювання PEA / Осадчук О. В., Звягін О. С., Гаврілов Д. В. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 99 с.



*Навчальне видання*

Методичні вказівки  
до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни «Моделювання в електроніці»  
для студентів спеціальності  
171 – «Електроніка»

Редактор Т. Старічек

Укладач: Книш Богдан Петрович

Оригінал-макет підготовлено Б. Книшом

Підписано до друку .....  
Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman.  
Друк різнографічний. Ум. друк. арк. ....  
Наклад .... пр. Зам. № 2017-

Видавець та виготовлювач  
інформаційний редакційно-видавничий центр.  
ВНТУ, ГНК, к. 114.  
Хмельницьке шосе, 95,  
м. Вінниця, 21021.  
Тел. (0432) 59-85-32, 59-87-38.  
**press.vntu.edu.ua;**  
*E-mail:* kivc.vntu@gmail.com.  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.