

**АППАРАТУРА**

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

Кафедра біотехнічних систем



**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання лабораторних робіт  
з дисципліни

**ОСНОВИ КОНСТРУЮВАННЯ  
БІОМЕДИЧНОЇ АПАРАТУРИ**

для студентів напряму підготовки  
6.051402 – Біомедична інженерія

**НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА**

ТЕРНОПІЛЬ 2017

Шадріна Г.М., Дедів Л.Є., Дозорський В.Г. Методичні вказівки до проведення лабораторних занять з дисципліни «Основи конструювання біомедичної апаратури» для студентів за напрямом підготовки 6.051402 “Біомедична інженерія” // Г.М.Шадріна, Дедів Л.Є., Дозорський В.Г – Тернопіль:ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. – 106 с.

Укладачі: к.т.н., доц. Шадріна Г.М., к.т.н., доц. Дедів Л.Є., к.т.н., доц. Дозорський В.Г.

Рецензент:

Методичні вказівки розглянуто та затверджено на засіданні кафедри біотехнічних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2017 р.

Методичні вказівки схвалено та рекомендовано до друку на засіданні методичної ради факультету контрольно-вимірювальних та радіокомп'ютерних систем Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя, протокол № \_\_\_\_ від \_\_\_\_\_ 2017 р.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
Лабораторна робота № 1. Програмний пакет моделювання електронних схем Multisim.....	5
Лабораторна робота № 2. Система автоматизованого проектування P-CAD .....	23
Лабораторна робота № 3. Створення символічного опису радіоелектронних компонентів (РЕК) з допомогою САПР P-CAD-2002.....	29
Лабораторна робота № 4. Робота з графічним редактором Schematic.....	50
Лабораторна робота № 5 Робота з графічним редактором РСВ.....	59
Лабораторна робота № 6. Побудова принципової електричної схеми з допомогою модуля P-CAD Schematic.....	69
Лабораторна робота № 7. Система автоматизованого проектування «КОМПАС» .....	86
Лабораторна робота № 8. Застосування зовнішньої графіки при оформленні схеми електричної в середовищі Компас.....	94

## ВСТУП

Лабораторні роботи виконуються для закріплення теоретичних знань, отриманих студентами під час лекційних занять та самопідготовки. Метою виконання лабораторних робіт є вироблення у студентів навичок та вмінь самостійної роботи при проектуванні радіоелектронних засобів.

Метою посібника є допомога студентам при підготовці та виконанні лабораторних робіт за 7 темами, які ввійшли до цього видання. На початку збірника подані основні вимоги техніки безпеки при виконанні лабораторних робіт. Ознайомлення з ними студентів проводиться на вступному лабораторному занятті з обов'язковим підписом кожного студента у відповідному журналі. Далі наведено опис кожної лабораторної роботи.

Навчальний посібник забезпечує можливість студентам самостійно підготуватись до виконання лабораторної роботи.

## Лабораторна робота №1

# ПРОГРАМНИЙ ПАКЕТ МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРОННИХ СХЕМ Multisim

## МЕТА РОБОТИ

Ознайомлення із програмою моделювання електронних схем Multisim-11

## ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Розробка будь-якого електронного пристрою супроводиться фізичним або математичним моделюванням. Фізичне моделювання пов'язане з великими матеріальними витратами, оскільки вимагає виготовлення макетів і їх трудомісткого дослідження. Часто фізичне моделювання просто неможливе через високу складність пристрою, наприклад, при розробці великих і надвеликих інтегральних мікросхем. В цьому випадку вдаються до математичного моделювання з використанням засобів і методів обчислювальної техніки.

Програмний продукт Multisim компанії Electronics Workbench дозволяє будувати і аналізувати будь-які електронні схеми, від найпростіших до складних, будувати топології друкованих плат, їх об'ємні зображення тощо. Особливістю програми є наявність контрольно-вимірювальних приладів, що за виглядом і характеристиками наближаються до їх промислових аналогів.

Інтерфейс користувача складається з декількох основних елементів, які представлені на рис. 1.1.

Вікно розробки (Design Toolbox). У вікні розробки знаходяться засоби керування різними елементами схеми. Закладка Доступність (Visibility) дозволяє приховати або відображувати шари схеми робочої області. Закладка Иерархия (Hierarchy) відображує взаємозв'язок між файлами відкритого проекту у вигляді деревовидної структури. Закладка Проект (Project) містить

інформацію про відкритий проект. Користувач може додати файли в теки відкритого проекту, змінити доступ до файлів і створити архів проекту.

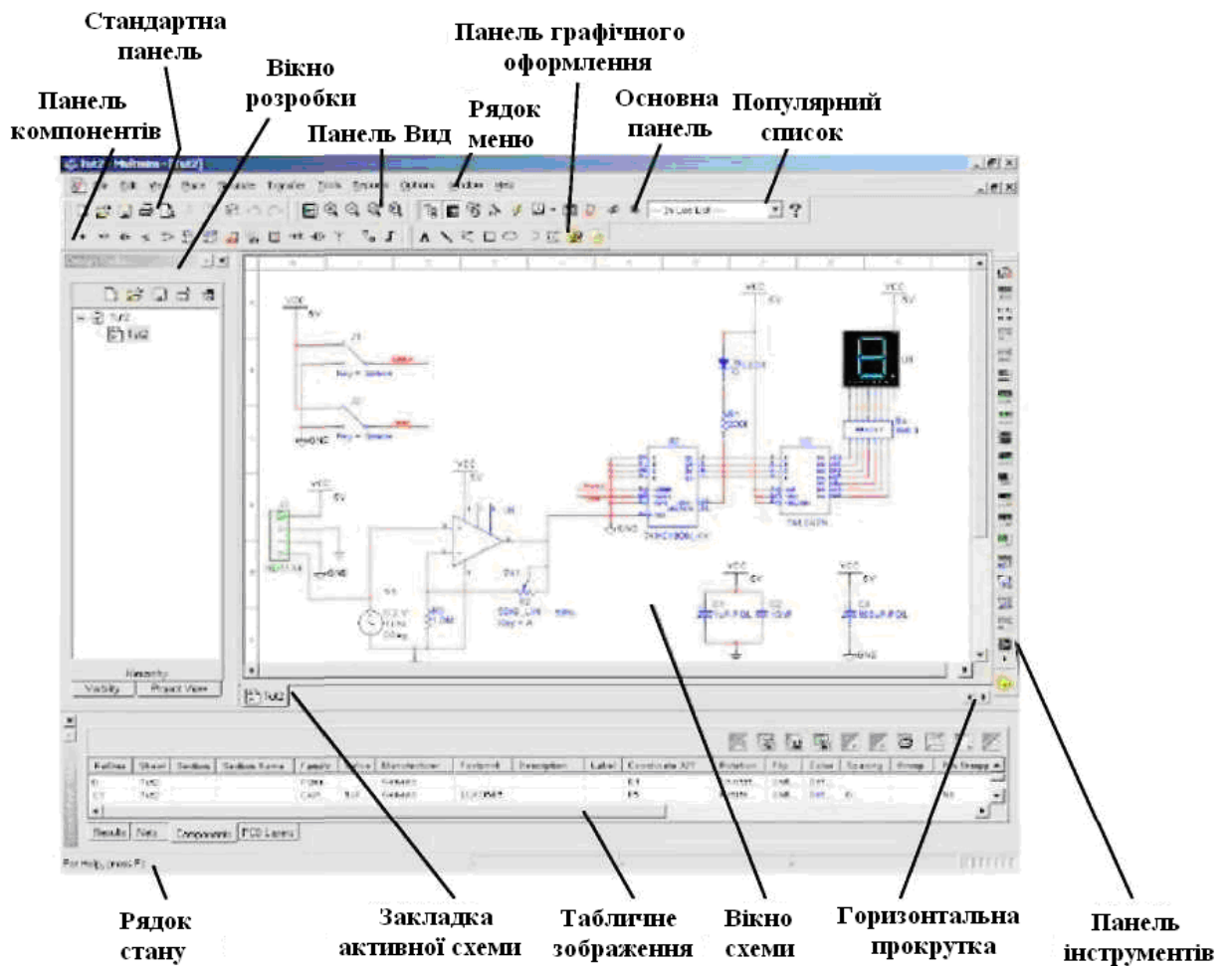


Рисунок 1.1. Робоче вікно програми Multisim

Глобальні налаштування. Глобальні налаштування керують властивостями середовища Multisim. Доступ до них відкривається з діалогового вікна "Свойства" (Preferences). Виберіть пункт Опции/Глобальные настройки (Options/Global Preferences), відкриється вікно "Свойства" з наступними закладками:

Paths (Шлях) – дає можливість вказати шлях до файлів баз даних і інші Налаштування;

Save (Зберегти) - дає можливість налаштувати період автоматичного збереження.

Parts (Компоненти) - дає можливість вибрати режим розміщення компонентів і стандарт символів (ANSI або DIN). Також тут знаходяться налаштування емуляції за умовчанням.

General (Загальні) - дає можливість змінити поведінку прямокутника вибору, колеса миші і інструментів з'єднання і автоматичного з'єднання.

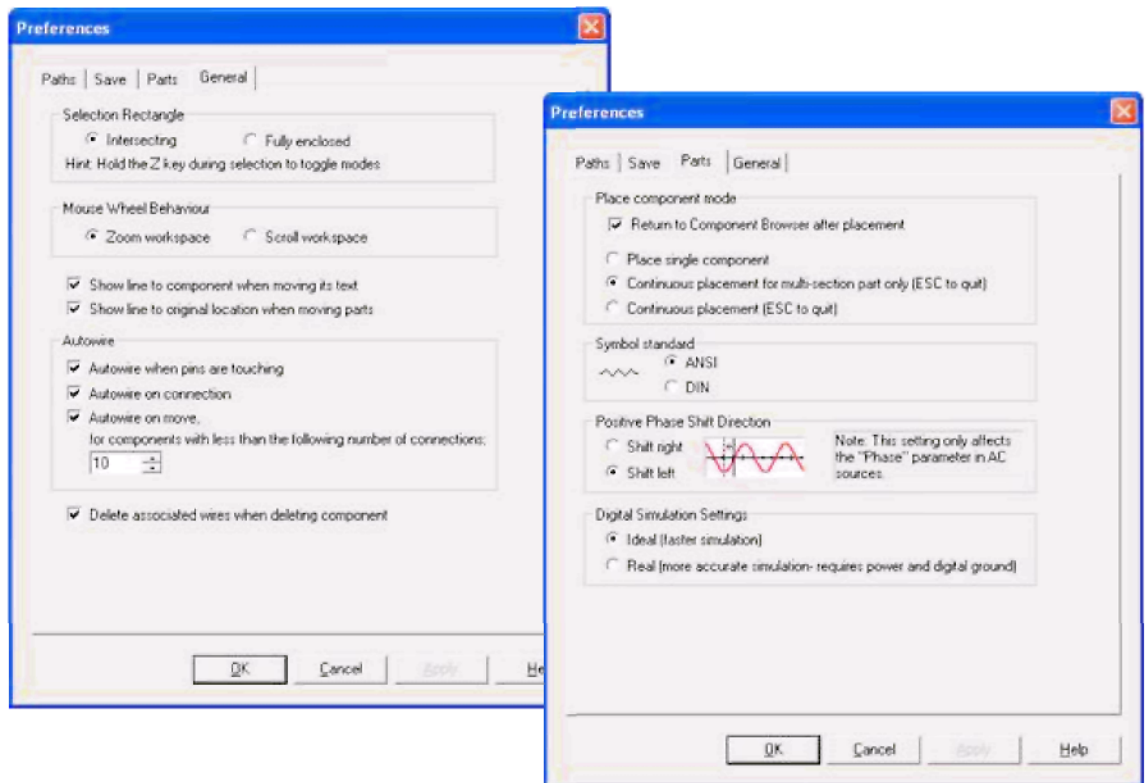


Рисунок 1.2. Різні глобальні налаштування

Налаштування листа. Діалогове вікно налаштування властивостей листа (Sheet Properties) використовується для зміни властивостей кожного листа. Ці властивості зберігаються з файлом схеми, тому якщо проект відкривається на іншому комп'ютері, налаштування не змінюються.

Налаштування листа згруповані в наступні закладки:

Circuit (Схема) - дає можливість вибрати колірну схему і зовнішній вигляд тексту робочої області.

Workspace (Робоча область) - дає можливість налаштувати розмір листа і його властивості.

Wiring (З'єднання) - тут знаходяться налаштування з'єднань і шини.

Font (Шрифт) - дає можливість вибрати шрифт, його розмір і зображення для текстових елементів схеми.

PCB (Друкована плата) - тут знаходяться налаштування друкованої плати.

Visibility (Доступність) - дає можливість приховати або відображувати додаткові шари коментарів.

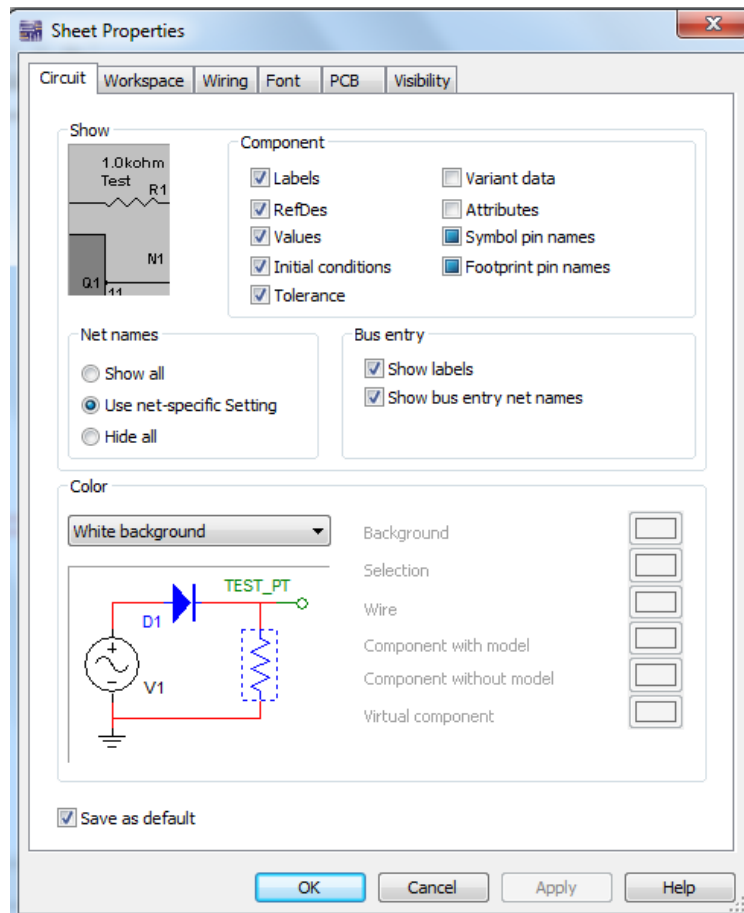


Рисунок 1.3. Налаштування листа

Налаштування інтерфейсу користувача. Інтерфейс користувача Multisim можна налаштувати на свій смак. Панелі інструментів можна закріпити в будь-якому місці і змінити їх форму. Інструменти всіх панелей також можна змінювати і створювати нові панелі. Система меню також повністю налаштовується, аж до контекстних меню різних об'єктів.

Гарячі клавіші клавіатури теж можна налаштувати. Будь-якій команді меню або панелі інструментів можна призначити свою клавішу.

Для налаштування інтерфейсу користувача виберіть пункт Опции/Настроить пользовательский интерфейс (Options/Customize User Interface). За допомогою діалогового вікна "Настройки" (Customize) можна створювати і змінювати панелі інструментів, призначити гарячі клавіші,



налаштовувати і створювати нові меню, а також змінювати стиль інтерфейсу користувача.

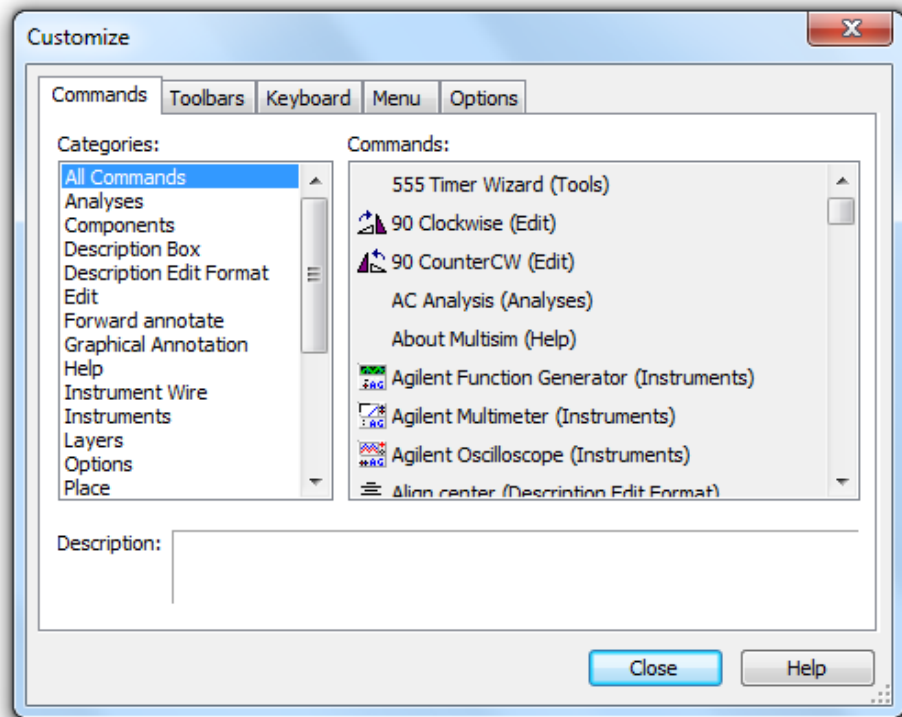


Рисунок 1.4. Діалогове вікно “Налаштування”

Компоненти. Компоненти - це основа будь-якої схеми, це всі елементи, з яких вона складається. Multisim оперує з двома категоріями компонентів: реальними (real) і віртуальними (virtual). Необхідно ясно розуміти відмінності між ними, аби повною мірою скористатися їх перевагами.

В реальних компонентів, на відміну від віртуальних є певне, незмінне значення і своя відповідність на друкованій платі.

Віртуальні компоненти потрібні лише для емуляції, користувач може призначити їм довільні параметри. Наприклад, опір віртуального резистора може бути довільним, навіть 3,86654 Ом. Віртуальні компоненти допомагають розробникам при перевірці за допомогою схем з відомими значеннями компонентів.

У Multisim є і інша класифікація компонентів: аналогові, цифрові, змішані, анімовані, інтерактивні, цифрові з мультिवибором, електромеханічні і радіочастотні.

Інтерактивні компоненти. Деякі елементи схеми Multisim можуть реагувати на дії користувача. Зміна цих елементів відразу відбивається на результатах емуляції. Компоненти керуються за допомогою клавіш, вказаних під кожним елементом.

Наприклад, на рис. 1.5 приведено декілька компонентів: клавіша A збільшить опір потенціометра до 100% від вказаної величини (1 кОм). Аби зменшити опір, необхідно натиснути Shift і клавішу A. Пробіл вмикає або вимикає перемикач на правому малюнку.

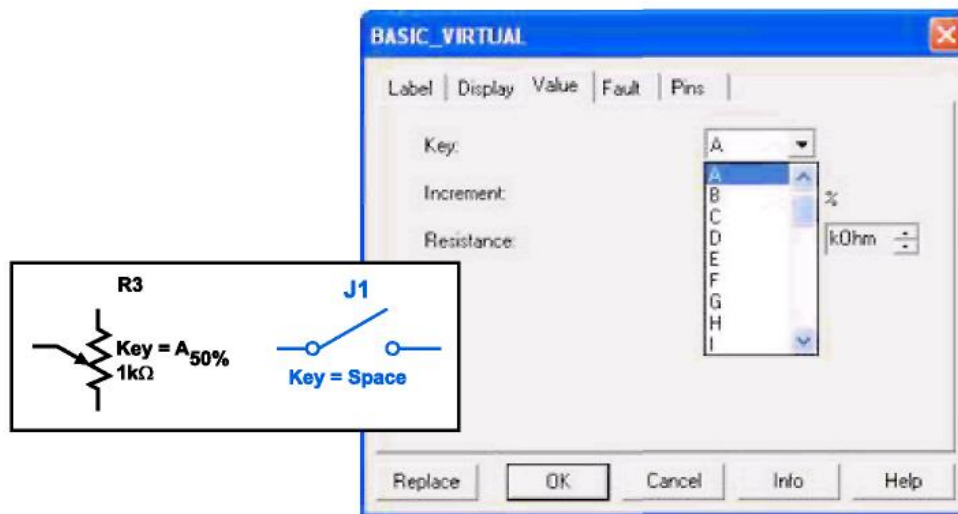


Рисунок 1.5. Приклади інтерактивних компонентів

В провіднику компонентів відображаються наступні поля:



Рисунок 1.6. Вкладка Елементи (Parts) або панель інструментів “Компоненти” (Components)

Провідник компонентів. Провідник компонентів (Component Browser) - це місце, де можна вибрати компоненти для розміщення їх на схемі. Гаряча клавіша для розміщення компонента по замовчуванню - CTRL-W або подвійне клацання мишею. Курсор миші набуде форми компонента.

Для пошуку потрібно почати набирати назву компонента і провідник автоматично підбере відповідні елементи. Кнопка Пошук (Search) відкриває розширений пошук.

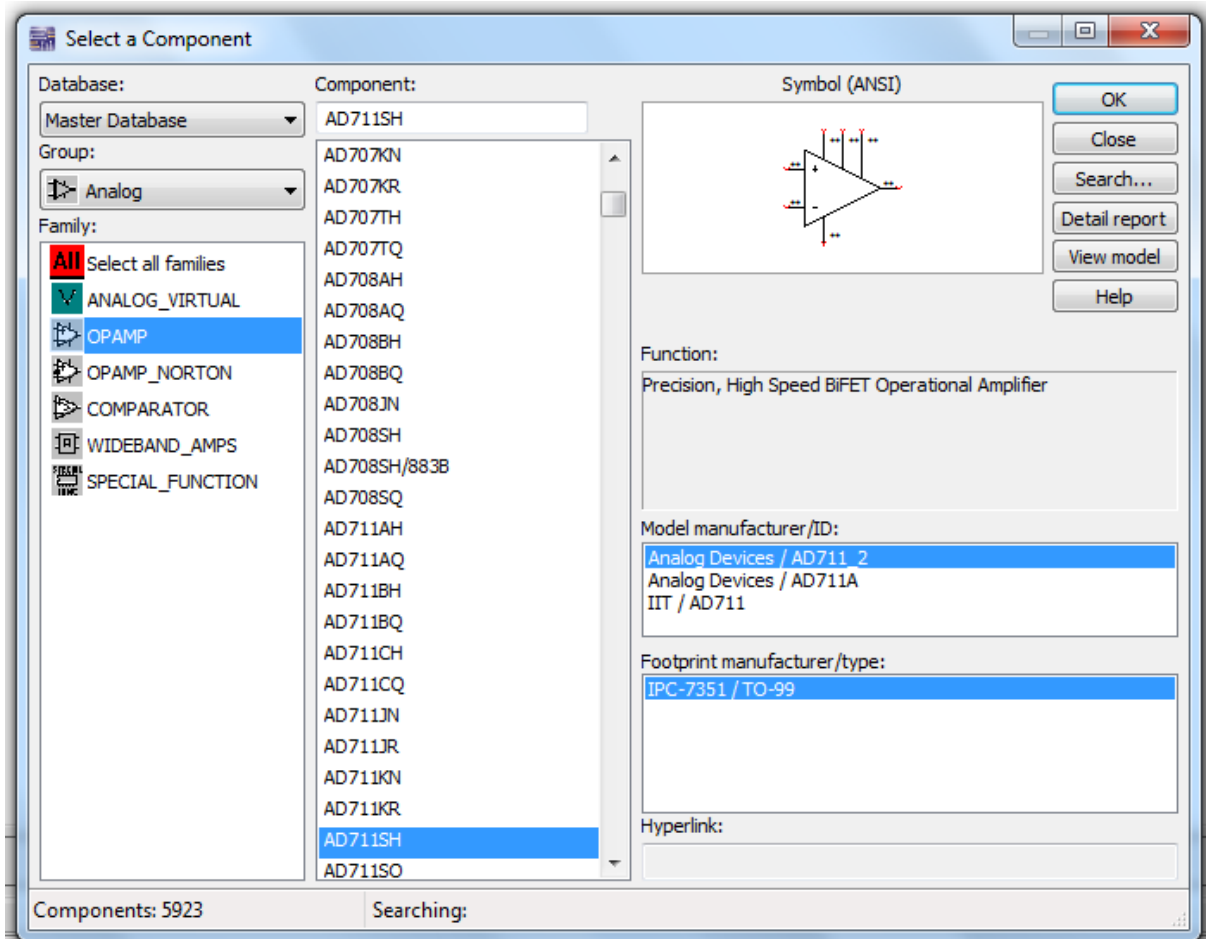


Рисунок 1.7. Провідник компонентів

В провіднику компонентів відображується поточна база даних, в якій зберігаються елементи. В Multisim вони організовані в групи (groups) і сімейства (families). Також в провіднику відображується опис компонента (поле Назначение Function), модель і друкована плата або виробник.

Символ зірочки ("\*") замінює будь-який набір символів. Наприклад, серед результатів запити "LM\*AD" будуть "LM101AD" і "LM108AD".

Будь-якому компоненту відповідає безліч моделей. Кожна модель може посилатися на різні фізичні характеристики компонента. Наприклад, в операційного підсилювача LM358M зовні 5 контактів, але в цій моделі з них використовується лише 3, контакти живлення не задіяні. Детальнішу інформацію про моделі можна знайти, вибравши модель в полі Производитель/Идентификатор (Model Manuf.\ID) і клацнувши по кнопці Модель (Model).

Бази даних. В Multisim є бази даних трьох рівнів

1) Головна база даних (Master Database), з якої можна лише прочитати інформацію, в ній знаходяться компоненти Electronics Workbench.

2) Користувацька база даних (User Database) відповідає поточному користувачеві комп'ютера. Вона призначена для зберігання компонентів, які небажано надавати в загальний доступ.

3) Корпоративна база даних (Corporate Database) призначена для тих, компонентів, які мають бути доступні іншим користувачам по мережі.

Засоби керування базами даних дозволяють переміщувати компоненти, об'єднувати дві бази в одну і редагувати їх. Всі бази даних розділяються на групи, а вони, у свою чергу, на сімейства. Коли користувач вибирає компонент і поміщає його в схему, створюється нова копія. Всі зміни з нею ніяк не зачіпають інформацію, що зберігається в базі даних.

Якщо змінити компонент в базі даних, то вже існуючі копії компонентів залишаться такими ж, як і були. При збереженні схеми вся інформація про компоненти зберігається у файлі Multisim. При завантаженні користувач може залишити завантажені елементи в тому вигляді, як вони є або відновити компоненти даними з бази з аналогічними іменами.

Переміщення, поворот, вибір і з'єднання компонентів. Після вибору компонентів з бази даних вони розміщуються на схемі і з'єднуються між собою. Подвійне клацання по компоненту в провіднику прикріпить його до курсору. Після цього можна помістити елемент на схему, просто кликнувши в бажаному місці.

В цей час і після встановлення компоненти можна обернути. Щоб це зробити в першому випадку, потрібно натиснути CTRL-R. Щоб обернути встановлений компонент, потрібно його виділити і натиснути CTRL-R або вибрати в контекстному меню пункт обернути на 90° за або проти годинникової стрілки.

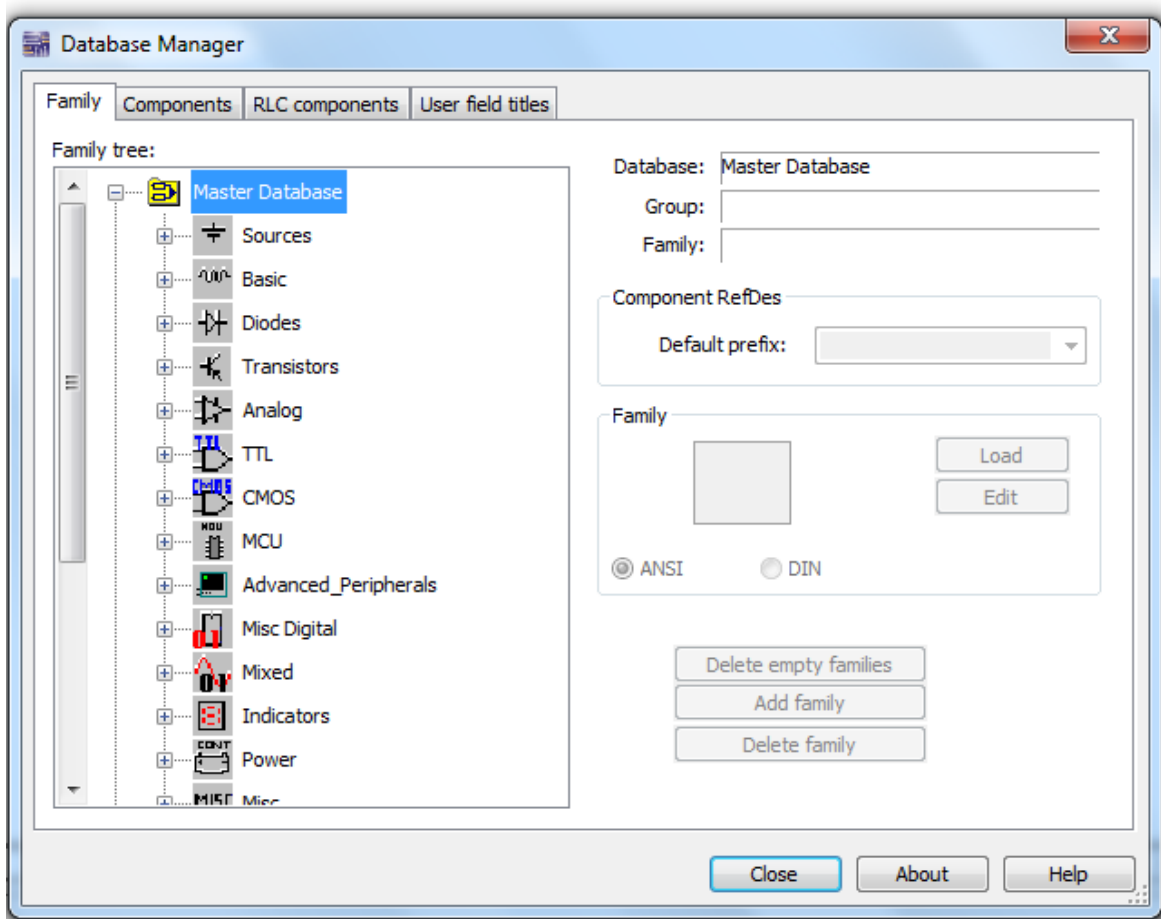


Рисунок 1.8. Провідник баз даних

Щоб вибрати компонент, потрібно просто клацнути по ньому мишею. Для вибору декількох компонентів потрібно натиснути кнопку миші і переміщати її, малюючи прямокутник вибору навколо потрібних компонентів. Вибрані компоненти позначаються пунктирною лінією. Можна вибрати окремі елементи, наприклад значення або мітку компонента. Вибір здійснюється одинарним клацанням миші по потрібному елементу.

Клавіша Shift дозволяє додавати або знімати виділення з декількох компонентів. Компоненти можна замінювати на інші за допомогою їх контекстного меню, пункту Замінити компонент(и) (Replace Component(s)). Нові компоненти вибираються в додатковому вікні провідника компонентів, що відкрилося. Multisim відновить з'єднання компонентів після заміни.

З'єднання. У Multisim використовується безрежимний принцип роботи: дія мишею залежить від положення курсора, немає необхідності вибирати інструмент або режим при роботі в Multisim.

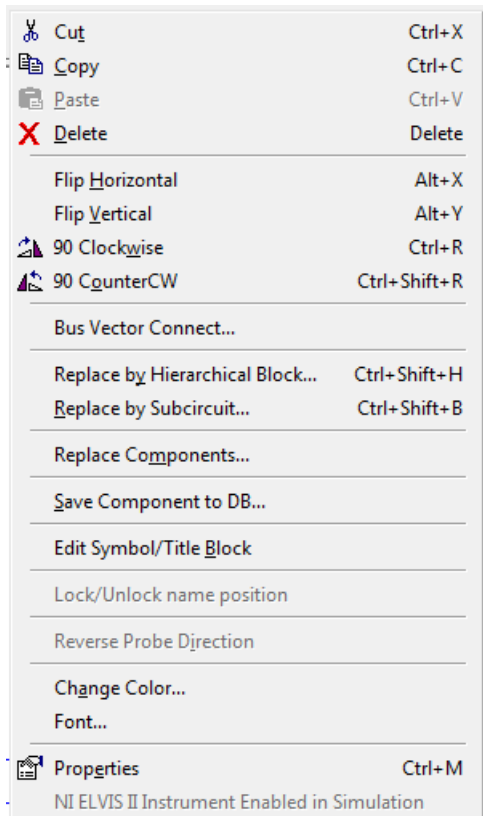


Рисунок 1.9. Поворот  
компонента

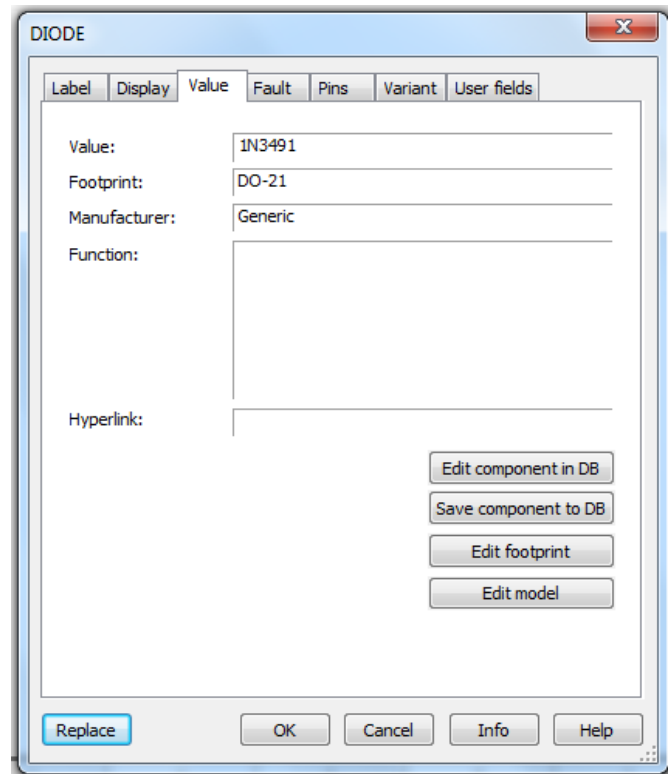


Рисунок 1.10. Заміна компонента

Курсор змінює свій вигляд залежно від того, на який об'єкт він наведений. Різні види курсора приведені на рис. 1.11.

Коли курсор розташований над роз'ємом (pin) або терміналом (terminal) компонента, лівим клацанням миші можна його з'єднати. Коли курсор розташований над існуючим провідником і поряд з роз'ємом або терміналом, з'єднання можна легко змінити.

Поб почати вести з'єднуючий провідник потрібно клацнути мишею по роз'єму, щоб завершити з'єднання, потрібно клацнути мишею по кінцевому терміналу.

Після появи провідника Multisim автоматично привласнить йому номер в мережі. Номери збільшуються послідовно, починаючи з 1. Заземлюючі дроти завжди мають номер 0 - ця вимога пов'язана з роботою прихованого емулятора SPICE. Щоб змінити номер з'єднання або привласнити йому логічне ім'я, потрібно двічі клацнути по провідникові.

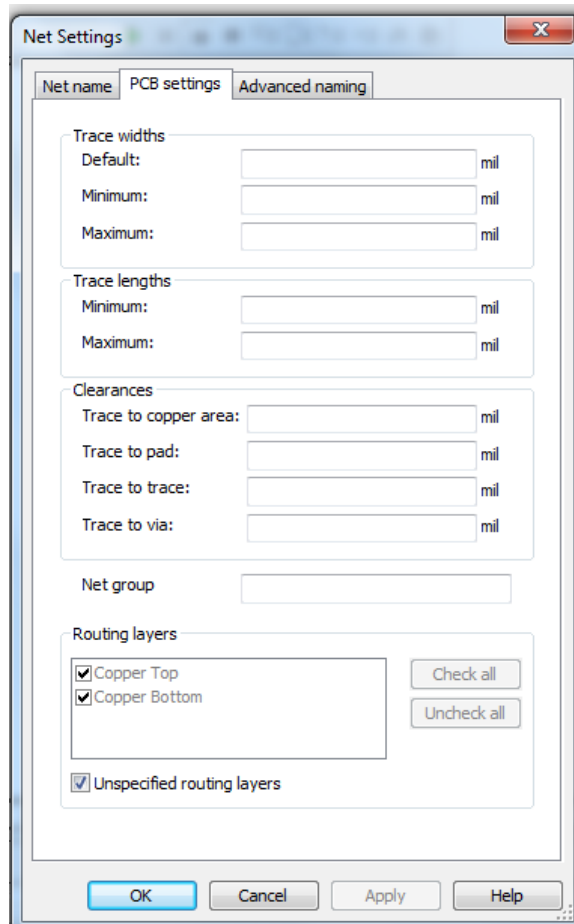


Рисунок 1.11 – Властивості з'єднання

У Multisim є функція автоматичного з'єднання роз'ємів між собою. Щоб додати компонент в існуючу сітку з'єднань потрібно, щоб його роз'єми дотикались до існуючої сітки

Віртуальні прилади. Віртуальні прилади - це модельні компоненти Multisim, які відповідають реальним приладам. Наприклад, серед віртуальних приладів в Multisim є осцилографи, генератори сигналів, мережеві аналізатори і плотери Боде.

Також, в Multisim є можливість вставити компонент всередину існуючої сітки з'єднань. Для цього потрібно розмістити елемент паралельно провіднику.

Віртуальні прилади - це простий і зрозумілий метод взаємодії з схемою, що майже не відрізняється від традиційного при тестуванні або створенні прототипу.

Віртуальні прилади Lab VIEW можуть реєструвати реальні дані, користуватися ними під час емуляції, відправляти дані на виведення

аналоговими приладами. Таким чином, дані емуляції можуть керувати реальними приладами.

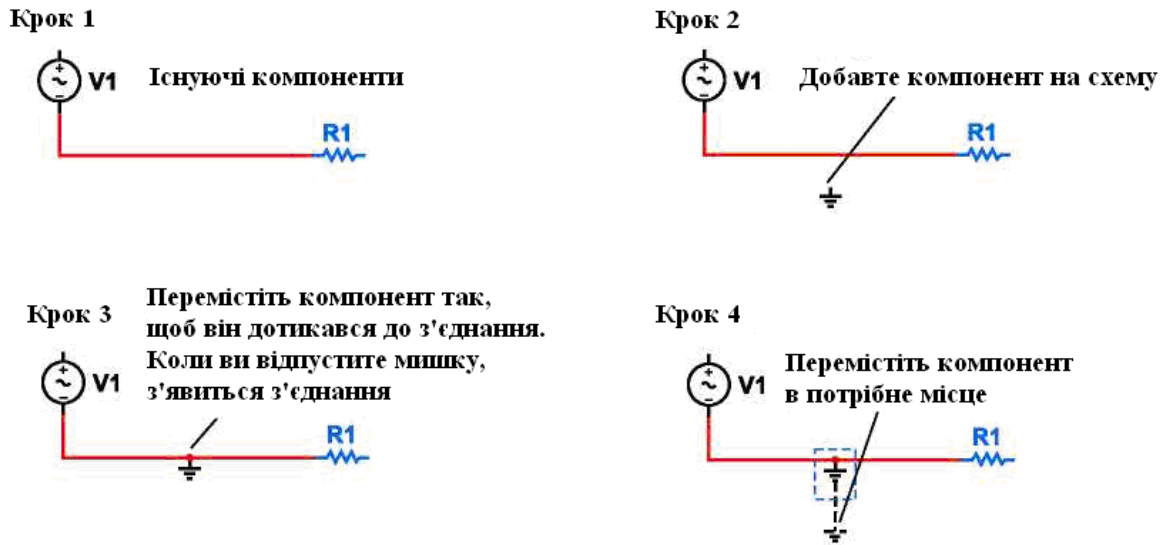


Рисунок 1.12. Автоматичне з'єднання дотиком

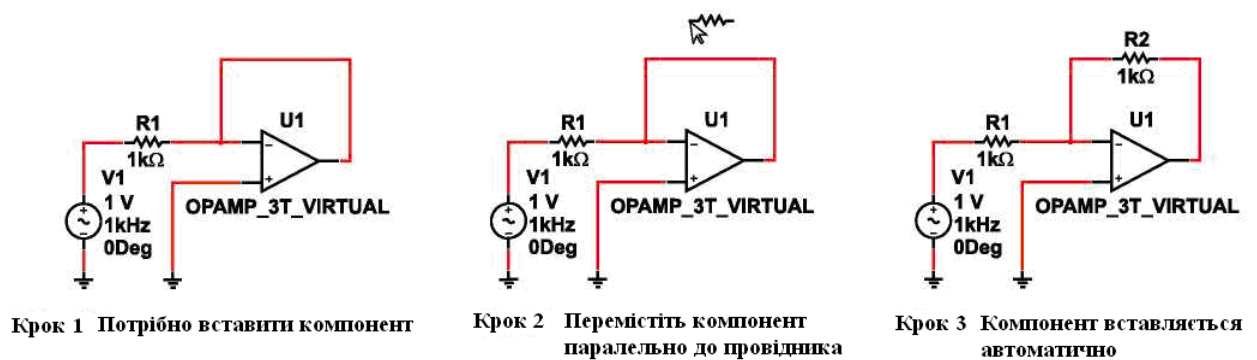


Рисунок 1.13. Автовставлення компонентів

Щоб додати віртуальний прилад, необхідно вибрати його з панелі Приладів (Instruments), рис. 1.14. Щоб поглянути лицьову панель приладу, потрібно двічі клацнути мишею на іконці приладу. Термінали приладу з'єднуються з елементами схеми так само, як і інші компоненти.

У Multisim також є емульовані реально-існуючі прилади. До таких приладів відноситься Tektronix TDS 2024 Oscilloscope. Вони виглядають і діють відповідно до технічного опису виробника.



Рисунок 1.14. Панель приладів



У кожній схемі може бути використано багато приладів, включаючи і копії одного приладу. Крім того, біля кожного вікна схеми може бути свій набір приладів. Кожна копія приладу налаштовується і з'єднується окремо.

Розглянемо основні прилади середовища Multisim.

Мультиметр. Мультиметр призначений для вимірювання змінного або постійного струму чи напруги, опору. Діапазон вимірювання мультиметра підбирається автоматично. Його внутрішній опір і струм близькі до ідеальних значень, але їх можна змінити. Вигляд символічного позначення мультиметра та його лицевої панелі зображено на рис. 1.15 та рис. 1.16.

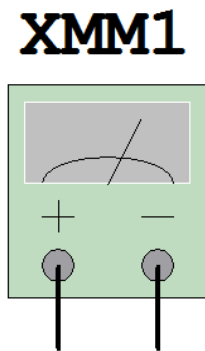


Рисунок 1.15. Символьне позначення мультиметра

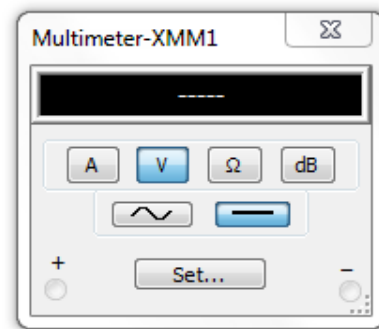


Рисунок 1.16. Вигляд лицевої панелі мультиметра

Генератор сигналів. Генератор сигналів (function generator) - це джерело напруги, яке може генерувати синусоїдальні, пилкоподібні і прямокутні імпульси. Можна змінити форму сигналу, його частоту, амплітуду, коефіцієнт заповнення і постійний зсув. Діапазон генератора достатній, аби відтворити сигнали з частотами від декількох герц до аудіо і радіочастотних. Вигляд символічного позначення генератора сигналів та його лицевої панелі зображено на рис. 1.17 та рис. 1.18.

Осцилографи. В Multisim є декілька модифікацій осцилографів, якими можна керувати як справжніми.

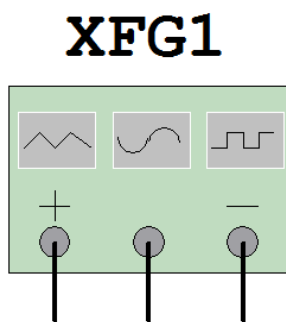


Рисунок 1.17. Символьне позначення генератора сигналів

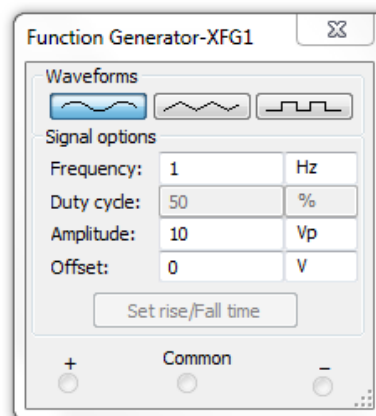


Рисунок 1.18. Вигляд ліцевої панелі генератора сигналів

Вони дозволяють встановлювати параметри часової розгортки і напруги, вибирати тип і рівень запуску вимірювань. Вигляд символічного позначення двоканального осцилографа та його ліцевої панелі зображено на рис. 1.19 та рис. 1.20.

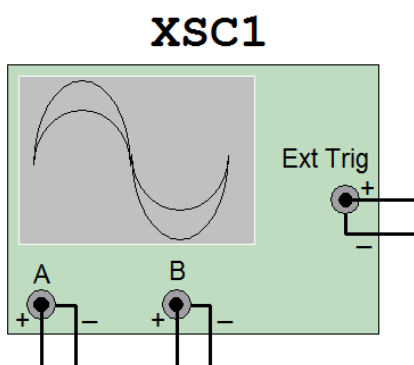


Рисунок 1.19. Символьне позначення двоканального осцилографа

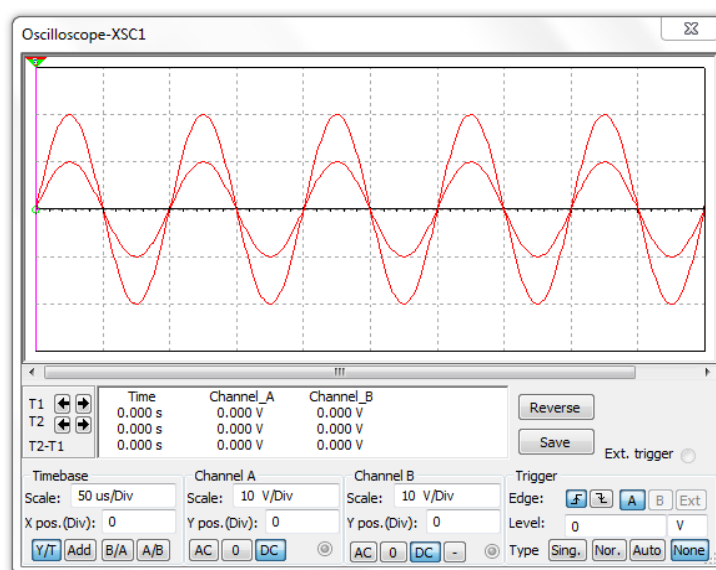


Рисунок 1.20. Вигляд ліцевої панелі двоканального осцилографа

В Multisim є наступні осцилографи:

- 2-х каналний
- 4-х каналний

- Осцилограф змішаних сигналів Agilent 54622D.
- 4-х каналний цифровий осцилограф із записом Tektronix TDS 2024.

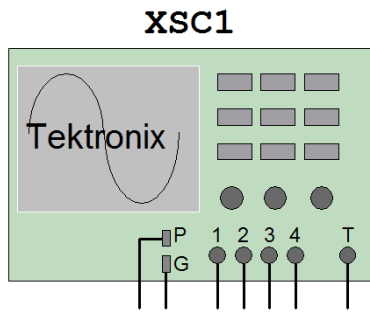


Рисунок 1.21. Символьне позначення осцилографа Tektronix

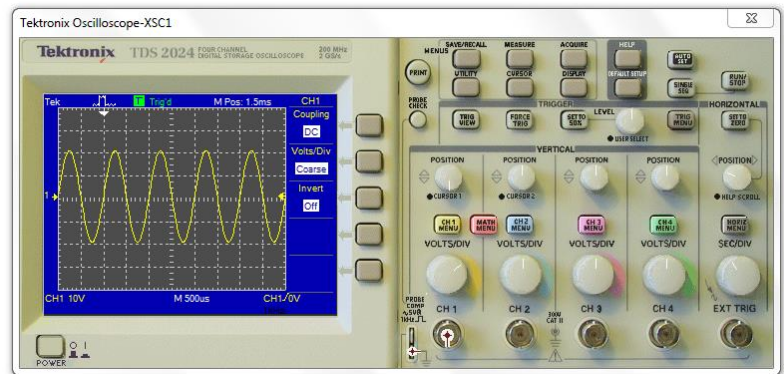


Рисунок 1.22. Вигляд лицевої панелі осцилографа Tektronix

Плотер Боде. Плоттер Боде відображає відносний фазовий або амплітудний відгук вхідного і вихідного сигналу. Це особливо зручно при аналізі властивостей смугових фільтрів.

Спектральний аналізатор. Спектральний аналізатор (spectrum analyzer) призначений для вимірювання амплітуди гармоніки із заданою частотою. Також він має можливість виміряти потужність сигналу і частотних компонент, визначити наявність гармонік в сигналі. Вигляд символічного позначення спектрального аналізатора та його лицевої панелі зображено на рис. 1.23 та рис. 1.24.

Результати роботи спектрального аналізатора відображуються в спектральній області, а не часовій. Зазвичай сигнал - це функція часу, для її вимірювання використовується осцилограф. Інколи очікується синусоїдальний сигнал, але він може містити додаткові гармоніки. В результаті, неможливо виміряти рівень сигналу.

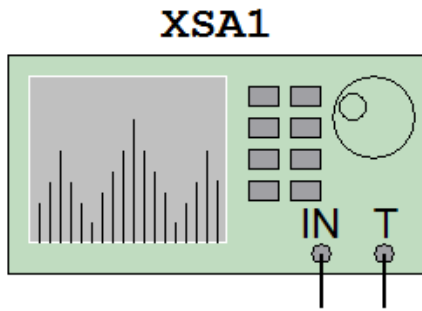


Рисунок 1.23. Символьне позначення спектрального аналізатора

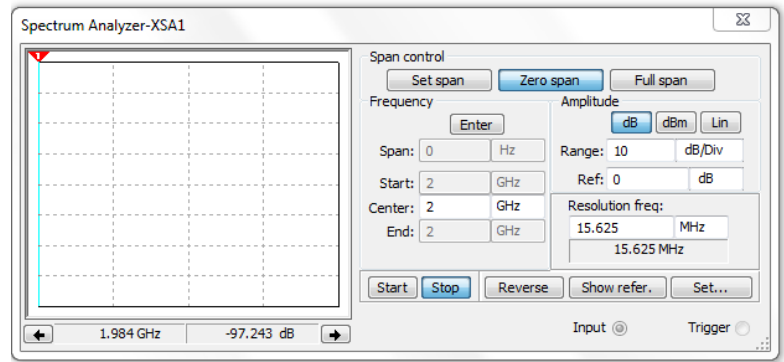


Рисунок 1.24. Вигляд лицевої панелі спектрального аналізатора

Якщо ж сигнал вимірюється спектральним аналізатором, одержується частотний склад сигналу, тобто амплітуда основної і додаткових гармонік.

### 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

У роботі необхідно в середовищі Multisim-11 з'єднати між собою вимірювальні прилади так, як це показано на рис. 1. Подільник напруги являє собою R-R ланку із однаковим опором резисторів (наприклад, 1 кОм).

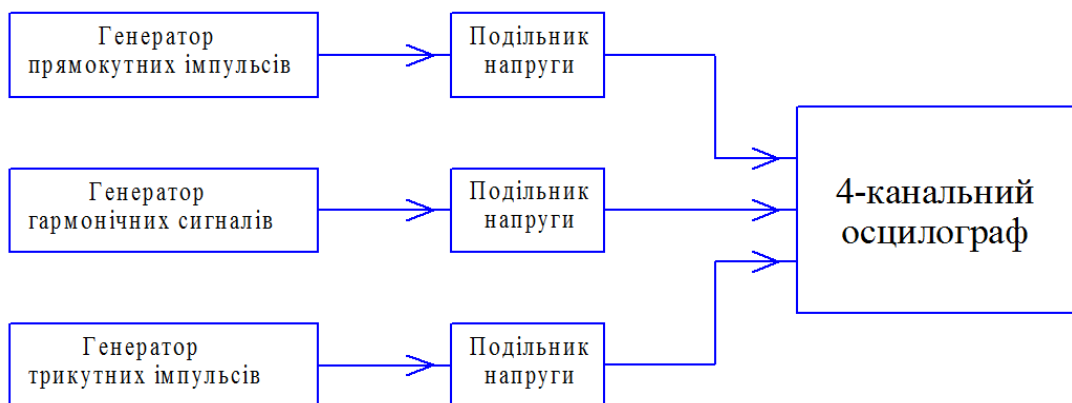


Рис. 1 – Схема проведення експерименту

Встановити на генераторах параметри сигналів, наведені в таблиці 3.1 відповідно до варіанту.

Налаштувати осцилограф таким чином, щоб на екрані було видно чіткі зображення всіх сигналів в межах 4-10 періодів.

Натиснути клавішу Print Skreen на клавіатурі комп'ютера.

Вставити зображення в звіт по виконанню роботи. Приклад вікна програми Multisim-11 із зображенням результатів експерименту наведено на рис. 2.

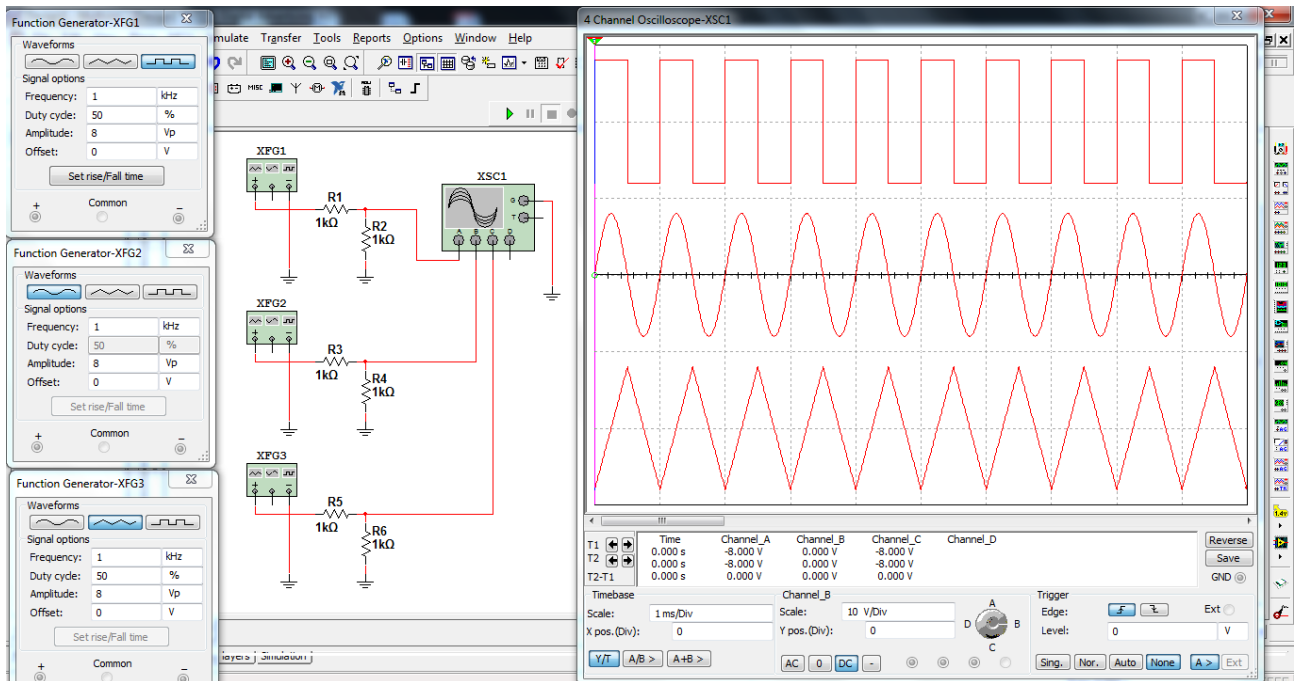


Рис. 2 – Приклад вікна програми Multisim-11 із зображенням результатів експерименту

Таблиця 1

Варіанти завдань до виконання лабораторної роботи

№ варіанту	Параметри сигналів генераторів		№ варіанту	Параметри сигналів генераторів	
	$f$	$A$		$f$	$A$
1	142 Гц	1 В	11	14 Гц	19,6 В
2	589 МГц	16,2 В	12	4,3 Гц	2,3 В
3	43 кГц	34 В	13	1 Гц	48,8 В
4	891 кГц	18 В	14	53 ТГц	81 мкВ
5	12 Гц	72 мкВ	15	14 ГГц	92,3 В
6	1,2 Гц	6,8 В	16	142 МГц	102.8 В
7	12 ТГц	11,9 В	17	3,6 Гц	580 В
8	421 ГГц	0,52 В	18	832 ГГц	321,5 В
9	12,3 МГц	22,7 В	19	43 МГц	143 В
10	13 кГц	35,1 В	20	1 ТГц	0,015 В

## 4 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт повинен містити:

1. Титульний лист
2. Мету роботи
3. Схему проведення експерименту.
4. Вигляд вікна програми Multisim-11 із зображенням результатів експерименту.
5. Висновки

# СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ P-CAD

## МЕТА РОБОТИ

Ознайомлення із системою автоматизованого проектування P-CAD.

## ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

### 2.1. Загальні відомості про технологію виробництва друкованих плат

Конструктивною основою сучасних електронних пристроїв служить друкована плата. Ця назва вказує на те, що провідники, які з'єднують виводи встановлених на ній електронних компонентів, виготовляються методом друку. Заготовкою для плати служить покритий фольгою діелектрик, на який певним чином наноситься малюнок із зображенням провідників. Наступна технологічна операція травлення розчиняє незахищену малюнком поверхню фольги, утворюючи на поверхні діелектрика потрібну мережу з'єднань.

#### 2.1.1 Типи плат

За типом монтажу розрізняють однобічні, двобічні та багатошарові плати.

**Односторонні плати** є найбільш простими за технологією виготовлення. Вони мають друковані провідники лише по один бік плати. Електронні компоненти вставляються на плату зі зворотного, непокритого фольгою боку. Зрозуміло, що друковані провідники не можуть перетинатися, не з'єднуючись між собою. Тому схема з'єднань, що ними реалізується, має бути "плоскою". Оскільки не кожену схему можна представити в плоскому вигляді, то деяку кількість з'єднань доводиться виконувати за допомогою перемичок, тобто не друкованих, а звичайних провідників, що вставляються на плату так само, як і компоненти. Це, а також низька ефективність використання поверхні плати є суттєвим недоліком односторонніх плат.

**Двосторонні плати** мають друковані провідники з обох боків. У порівнянні з односторонніми, їх виготовлення потребує лише однієї додаткової технологічної операції - металізації отворів. Металізовані перехідні отвори забезпечують з'єднання друкованих провідників протилежних боків плати. У результаті проблема уникнення перетину друкованих провідників вирішується дуже легко, бо з кожного боку плати траси прокладки провідників паралельні між собою. Переважним є напрямок трас з одного боку плати, який можна умовно назвати північ-південь, з іншого схід-захід. Наприклад, для прокладки траси у південно-західному напрямку, її можна провести спочатку на південь, потім через перехідний отвір перейти на зворотний бік плати і далі - на захід. Це правило не є абсолютним, бо там, де інші провідники цьому не заважають, доцільніше проводити зв'язок по найкоротшій лінії, уникаючи зайвих перехідних отворів. Отже, двосторонні плати забезпечують можливість

з'єднання без перемичок будь-яких точок на платі. Обмеження залишається тільки на кількість провідників, які можуть бути прокладені через певну ділянку плати. Визначається воно шириною цієї ділянки, шириною друкованих провідників та зазорів між ними.

**Багатошарові плати** за своєю будовою нагадують сандвіч, складений із окремо виготовлених тонких двосторонніх плат. Отже крім двох зовнішніх, вони мають ще певну кількість внутрішніх шарів друкованих провідників. Звичайно, технологія виготовлення таких плат є складнішою (найбільші складнощі викликає створення перехідних отворів між шарами плат, що виготовлялися окремо), проте їх перевага полягає, по-перше, у більш щільному монтажі, а отже у зменшенні габаритів плати, по-друге, у можливості прокладки поряд з друкованими провідниками також і друкованих екранів, що захищають друковані провідники від різноманітних завад, наприклад, електромагнітних полів, що випромінюються сусідніми провідниками.

### 2.1.2 Формування малюнка з'єднань

На рис. 2.1 показано фрагмент малюнка з'єднань друкованої плати. Основними його елементами є контактні площинки (1, 2, 3) та друковані провідники (4). Контактні площинки розміщуються навколо монтажних отворів, у які вставляються виводи компонентів (1), перехідних отворів (2), що служать для з'єднання друкованих провідників у різних шарах плати, а також у місцях припаювання до плати виводів планарних компонентів (3).

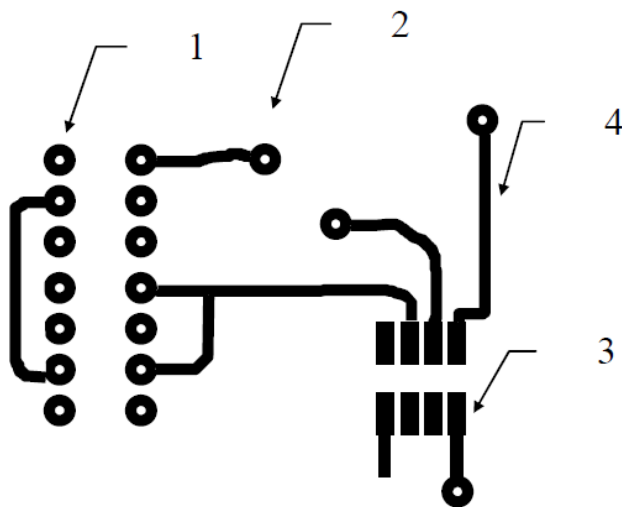


Рисунок 2.1 Малюнок з'єднань друкованої плати

Для побудови зображень провідників і контактних площадок найчастіше використовують фотокоординатограф. Це пристрій виводу векторного типу, який відрізняється від звичайного плотера тим, що зображення формується ним на світлочутливому матеріалі за допомогою променя світла, який проходить через спеціальний отвір, що називається апертурою. Наприклад, контактні площадки 1 і 2 можна сформувати апертурою, що має форму кільця, а контактну площадку 3 – прямокутною апертурою.

Елемент зображення відноситься до типу *flash* (спалах, проблеск), якщо під час його формування промінь не рухається по поверхні малюнка. До типу



*line* (лінія) належать елементи, зображення яких формуються при переміщенні променю. Наприклад, зображення провідників 4 можна прокреслити круглою апертурою, діаметр якої дорівнює товщині провідника, а при відсутності прямокутної апертури для *площадки 3*, її зображення можна побудувати переміщенням квадратної апертури, що має таку ж, або меншу ширину. У останньому випадку це доведеться виконувати більше, ніж за один прохід. Форми і розміри апертур дуже різноманітні. Існують навіть апертури з зображенням букв і цифр. Нажаль, загальних стандартів відповідності між кодом апертури і її формою не існує. Координатографи різних марок мають різні набори і різне кодування апертур. Те саме можна сказати й про кодування діаметрів свердел у верстаті з числовим програмним управлінням, що використовується для свердління отворів у платі. Тому файли, отримані в результаті автоматизованого проектування, потребують певного узгодження з характеристиками конкретного технологічного обладнання, настройки драйверів фотокоординатографа, свердлильного верстата тощо. Зрозуміло, що ці та інші специфічні питання технології виготовлення друкованих плат не розглядаються в рамках даного навчального курсу.

Спосіб формування зображення за допомогою фотокоординатографа не забезпечує і не потребує точної фотографічної відповідності між малюнком плати на екрані комп'ютера і на реальній платі, виготовленій за цим малюнком. Бо замість справжніх зображень елементів малюнка на екрані комп'ютера відображаються лише їх умовні позначення, тобто позначення центру та номеру апертури, якою виконується даний елемент зображення.

Останнім часом для нанесення малюнка з'єднань на поверхню плати застосовують також спеціальні фрезерні верстати, які, зрізуючи ділянки металізованого покриття плати, перетворюють суцільний шар металізації на окремі металізовані провідники. Звісно, така технологія набагато простіша, бо не потребує застосування хімічної обробки та світлочутливих матеріалів. Однак за якістю плат вона поки що поступається традиційній. Тому метод фрезерування застосовують здебільшого там, де треба швидко виготовити невелику кількість не дуже складних плат.

### **2.1.3. Встановлення компонентів**

Компоненти зі штирковими виводами вставляються в отвори на платі по один її бік, так, що з іншого боку кінці виводів виступають над поверхнею плати на 1-2 мм. В умовах масового виробництва цю операцію виконує робот-маніпулятор. Потім кінці виводів припаюються до контактних площадок. Найвищу якість забезпечують технологічні установки для паяння хвилею. Вони мають спеціальний резервуар, в якому циркулює розплавлене олово. Нижній бік плат, що рухаються на конвеєрній лінії над поверхнею резервуару, омивається хвилею розплавленого металу. У результаті краплинки олова затримуються на кінцях виводів і контактних площадках навколо них, що й забезпечує надійний контакт між ними.

Планарні компоненти мініатюрніші за штиркові, бо мають меншу відстань між виводами, до того ж вони можуть встановлюватися з обох боків плати. Однак процес виготовлення плат з планарними компонентами гірше піддається автоматизації. Найбільш сучасними і доскональними є компоненти, що випускаються у корпусах без виводів. Роль зовнішніх контактів виконують у

них металізовані ділянки поверхні корпусу, до яких прикріплені краплинки олова. Такі компоненти набагато мініатюрніші і дешевші за звичайні. Випускаються вони прикріпленими до довгої паперової стрічки, намотаної на бобіну. Це полегшує взяття компонента роботом-маніпулятором. Спочатку ці компоненти фіксуються на платі за допомогою клею. Потім плату поміщають у спеціальну піч. Там краплинки олова розплавляються і, стікаючи вниз, змочують поверхню контакту на корпусі компонента і контактну площадку плати під ним. В результаті, після охолодження між компонентом і друкованою платою встановлюється надійне механічне і електричне з'єднання. У корпусах без виводів випускаються поки що компоненти, які мають невелику кількість зовнішніх електричних зв'язків.

## **2.2. Система автоматизованого проектування P-CAD**

Система P-CAD1 за статистикою залишається одним з найпоширеніших у світі засобів розробки друкованих плат. Більш того, з моменту своєї появи в 1989 році ця система стала в нашій країні фактично єдиним промисловим стандартом у даній галузі. Найбільш поширеною була версія для DOS – P-CAD 4.5, яка ще й досі застосовується багатьма підприємствами. Таке тривале застосування цієї версії програми пояснюється тим, що у пізніших версіях стали використовуватися інші формати вихідних файлів, а це ускладнювало застосування існуючого технологічного обладнання і робило перехід на нові версії програми економічно невиправданим. З часом відбувається технічне переоснащення вітчизняної промисловості і з'являються нові версії програм, однак новіші програми (P-CAD 2002, 2004, 2006 та Altium Designer) є складнішими у встановленні й використанні. Тому для наших навчальних потреб оптимальним є використання P-CAD 2001.

### **2.2.1. Структура і склад системи P-CAD 2001**

Система P-CAD 2001 створена для роботи у середовищі Windows, тому в порівнянні з версіями для DOS вона має не тільки більш зручний і звичний для користувача інтерфейс, а й значно меншу кількість програм, які доводиться використовувати під час роботи з системою.

До складу P-CAD 4.5 входив не один десяток програм, кожна з яких виконувала свою специфічну функцію, формуючи на виході файли, які потім використовувались іншими програмами в якості вхідних. Наприклад, щоб надрукувати малюнок, створений в одному з графічних редакторів, треба було спочатку сформувати в цьому редакторі відповідний файл, а вже потім виводити його на друк за допомогою спеціальної програми PCPRINT.

P-CAD 2001 також має чимало утиліт, наприклад тих, що виконують перетворення форматів даних, імпортованих з інших програм, проте всю роботу зі створення принципів схем і розробки друкованих плат можна виконати, застосовуючи всього дві чи три програми, а саме:

- *Schematic* – графічний редактор для створення і редагування принципів схем;
- *PCB* – графічний редактор для створення і редагування друкованих плат;
- *Library Executive* – програму для роботи з бібліотеками компонентів, що дозволяє з використанням програм *Symbol Editor* і *Pattern Editor* створювати і

редагувати їх позначення на принциповій схемі та зображення їх корпусів на платі.

Графічні редактори *Schematic*, *PCB*, та їх спрощені варіанти *Symbol Editor* і *Pattern Editor* мають чимало спільних рис, які ми й розглянемо спочатку.

### 2.2.2. Графічні редактори P-CAD 2001

Графічні редактори системи P-CAD 2001 мають традиційну для застосувань Windows організацію та інтерфейс: у верхній частині вікна програми розташоване основне меню, під ним – кнопки найбільш вживаних операцій, знизу – статусний рядок (рис. 2.2), куди виводяться системні повідомлення та інформація про стан редактора.

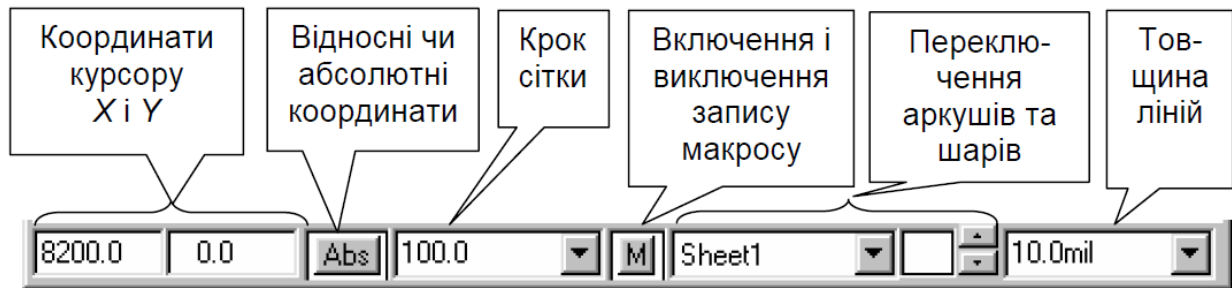


Рисунок 2.2. Статусний рядок

У перших двох полях статусного рядка відображається інформація про поточні координати курсору  $X$  і  $Y$ . Далі розташована кнопка **Abs | Rel**, в залежності від стану якої в попередніх полях відображаються абсолютні чи відносні координати. У першому випадку вони відраховуються від лівого нижнього кута аркуша, в другому – від довільної точки, абсолютні координати якої можна задати у вікні, що викликається командою *Options > Grids...2*.

Справа від вказаної кнопки відображається крок координатної сітки. Він визначає дискретність переміщення курсору, а отже й щільність розташування елементів на створюваному малюнку. Значення кроку можна вводити в це поле з клавіатури або вибирати зі списку раніше введених значень. Вводити числові значення можна також і в поля координат  $X$  і  $Y$ . Тоді курсор автоматично переміститься у відповідну точку аркуша.

Координати можуть відображатися в міліметрах (*mm*), дюймах (*inch*) або мілах (*mil*). Один міл дорівнює 0,001 дюйма. Зображення у P-CAD 2001, в залежності від обраної системи одиниць, виконуються з точністю 0,01 мм або 0,1 міла. Змінити одиницю виміру можна на будь-якому етапі роботи з проектом, відкривши вікно конфігурації командою *Option > Configure* (рис. 2.3).

Праворуч від поля кроку координатної сітки (рис. 2.2) знаходиться кнопка **M**, натискання якої розпочинає або закінчує запис команд у макрос. Це робиться для того, щоб потім можна було швидко повторити всі записані в макрос команди. Для цього достатньо натиснути клавішу *E*.

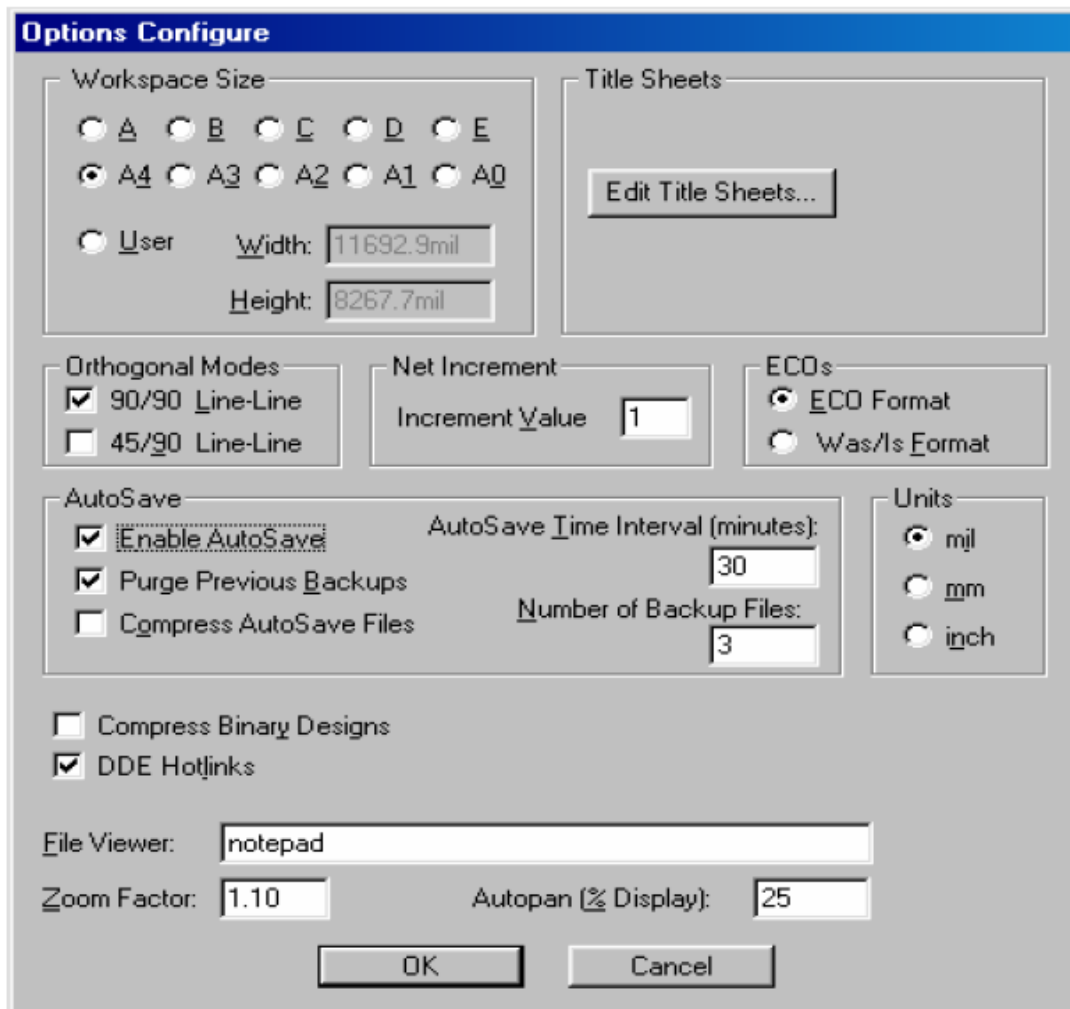


Рисунок 2.3. Вікно конфігурації

Далі в статусному рядку йдуть два поля, які дозволяють вибрати аркуш схеми в редакторі *Schematic* чи шар зображення в редакторі *PCB*. У другому полі відображається колір, яким показані елементи, розташовані в даному шарі.

Останнє поле статусного рядка задає товщину ліній. Справа від нього відображається скорочена інформація про виділений на екрані об'єкт. Виділення об'єктів і робота з ними відбувається за загальними правилами, прийнятими у Windows. Щоб отримати детальніші відомості про виділений об'єкт, а при потребі й відредагувати деякі з них, треба клацнути по екрану правою клавшею мишки і вибрати в контекстному меню опцію *Property*.

Для перегляду зображень у графічних редакторах користуються клавішами переміщення курсору, лінійками прокрутки та командами меню *View*. Зокрема команда

- *View > All* відображає у вікні редактора весь аркуш;
- *View > Extent* відображає всю заповнену частину аркуша в максимальному для поточних розмірів вікна масштабі;
- *View > Last* показує попереднє зображення вікна;
- *View > Center* намагається розмістити зображення так, щоб точка, на яку вказує курсор, стала центром вікна. Ця команда виконується також при натисканні клавіші *C*. Нею зручно користуватись для "панорамування" зображення.

## СТВОРЕННЯ СИМВОЛІЧНОГО ОПИСУ РАДІОЕЛЕКТРОННИХ КОМПОНЕНТІВ (РЕК) за допомогою САПР P-CAD-2002

### МЕТА РОБОТИ

Вивчення можливостей та особливостей програми для проектування друкованих плат P-CAD та отримання практичних навиків роботи з модулем Symbol Editor при створенні власної бібліотеки символів компонентів.

### ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

#### 3.1 Створення символічного опису радіоелектронних компонентів

Більшість програм пакета P-CAD 2002 припускає, що перед початком роботи буде зроблений ряд встановлень, що визначають параметри робочого поля, призначеного для рішення конкретної задачі. При цьому можуть бути задані різні початкові встановлення, але на практиці при роботі з визначеним видом електронної техніки ці встановлення приходиться повторювати без істотних змін. Тому, щоб щоразу не виконувати підготовчі роботи, доцільно розробити шаблон (один чи декілька), застосування якого зніме з вас турботу про початкові встановлення.

Створення шаблону для розробки символів елементів.

Для створення першого шаблону запусить програму Symbol Editor (Редактор умовних графічних елементів схем. Рис. 3.1.).

У рядку меню клацніть мишею по напису Options (Встановлення). З'явиться падаюче меню, що дозволяє вибирати елементи настроювання параметрів робочого поля. Послідовність настроювань не має принципового значення, але для зручності ми будемо розглядати і виконувати їх у порядку розташування в цьому меню.

Block Selection (Вибір блоку). У даному діалоговому вікні виконуються встановлення, пов'язані з роботою команди Select (Вибір). Тут можна задати визначений набір об'єктів, що будуть виділятися при роботі з цією командою в режимі "рамка". На практиці необхідність у подібних призначеннях найчастіше виникає при роботі з готовим проектом. При початкових установках необхідно тільки перевірити, щоб у діалоговому вікні Options Block Selection (Встановлення вибору рамкою) прапорці були у всіх вікнах.

Configure (Конфігурація). Після вибору даної команди відкриється діалогове вікно Options Configure (Встановлення конфігурації).

У зоні Workspace Size (Розмір робочого поля) встановить формат, в якому передбачається виконувати роботу. Оскільки за допомогою програми Symbol Editor будуть розроблятися тільки окремі графічні елементи схеми, буде потрібно дуже невелике робоче поле, тому можна обмежитися розміром формату А4.

У зоні Orthogonal Modes (Режими ортогональності) доцільно поставити прапорці у вікнах 90/90 Line – Line і 45/90 Line – Line, тоді при роботі з

командою Place Line (Лінія) ви зумієте використовувати кожний з усіх можливих режимів ортогональності.

У зоні Units (Одиниці виміру) поставте прапорець у вікні mm. При випуску електричних схем і конструкторських документів варто керуватися вимогами ЄСКД, що однозначно вимагають застосування метричної системи.

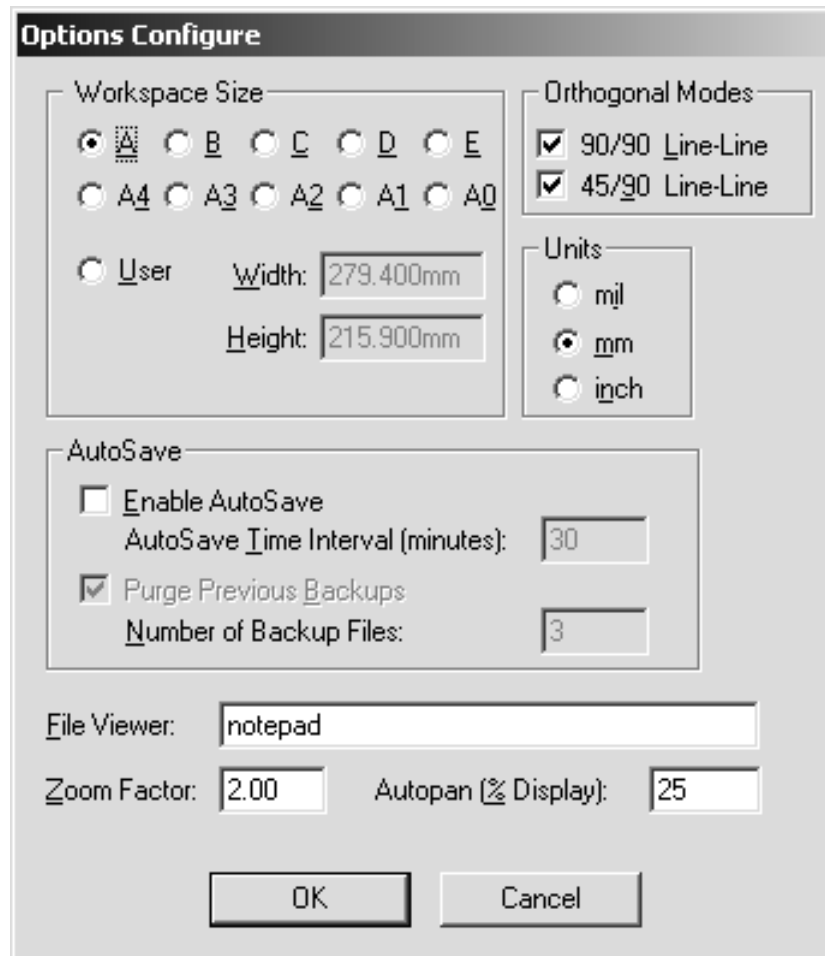


Рисунок 3.1. Вікно налаштування конфігурації середовища Symbol Editor

У зоні Auto Save (Автозбереження) у вікні Enable Auto Save (Необхідність автозбереження) можна прапорець не встановлювати. Справа в тому, що елементи схем, створені в програмі Symbol Editor (Редактор умовних графічних елементів схем), не дуже складні, тривалого часу для їхньої розробки не потрібно, і тому необхідності в автоматичному їхньому збереженні в процесі робіт звичайно не виникає.

Інші встановлення в діалоговому вікні Options Configure (Встановлення конфігурації) можна залишити без змін.

Grids... (Сітки...). Після вибору даної команди розгорнеться діалогове вікно Options Grids (Встановлення параметрів сіток). У вікні Grids (Сітки) ви побачите перелік заданих розмірів сітки. Їх може бути декілька, але звичайно при початковій установці є одна сітка – 2,54 мм. У цьому вікні варто вказати розмір користувальницької сітки, необхідної при кресленні електричних схем. До проектування друкованої плати ця сітка ніякого відношення не має, але, вибираючи і встановлюючи сітку для розробки символів, треба погоджувати її із сіткою, використовуваною при кресленні схеми. Сітки в обох випадках

повинні бути однаковими (чи, у крайньому випадку, кратними). Пропонується в якості основної в обох випадках застосовувати сітку з кроком 2,0 мм.

Для призначення нового кроку сітки (у нашому випадку 2,0 мм) введіть у вікно Grid Spacing (Розмір сітки) відомими прийомами роботи в текстовому редакторі число 2, після чого клацніть по кнопці Add (Додати). Новий розмір сітки з'явиться у вікні Grids (Сітки). Якщо вам доведеться задавати інші розміри сітки, значення яких мають десяткові знаки, то врахуйте, що десяткову частину числа варто відокремлювати від цілої точкою.

Крім основної сітки у вашій роботі можуть знадобитися більш дрібні додаткові сітки, встановлюючи які, варто подбати про їхню кратність основній сітці. Рекомендується для малювання символів електричних схем ввести в шаблон сітки з кроком 0,5 і 0,2 мм. Зверніть увагу, що сітка з кроком 0,2 мм у десять разів дрібніше основної, що дуже зручно в роботі.

Щоб встановлена за замовчуванням сітка 2,54 мм не заважала в роботі, її можна видалити, виділивши її та натиснувши на клавішу Delete (Видалити).

Слід зазначити, що в процесі роботи будь-яку нову додаткову сітку нескладно ввести безпосередньо з робочого вікна програми, а також оперативно переключати встановлені кроки сіток.

Якщо забрати прапорець у вікні Visible (Видима) зони Visible Grid Style (Видимість сітки), то сітка на робочому полі не буде видна, але вся її функції збережуться. При створенні шаблону зробіть сітку видимою.

Поставивши прапорець в одному з вікон – Dotted (Точкова) чи Hatched (Штрихування), можна вибрати варіант відображення сітки. У більшості випадків зручна сітка у виді точок.

Встановлення в зонах Relative Grid Origin (Відносний зсув сітки) і Mode (Режим) при малюванні графічних елементів схеми не мають великого практичного значення, тому їх можна зберегти без зміни.

Display (Екран). Після вибору буде відкрите діалогове вікно Options Display (Встановлення параметрів екрана), що складається з двох вкладок. На першій вкладці Colors (Кольори) можна по своєму бажанню настроїти кольорове оформлення елементів робочого столу програми. В основному дані налаштування носять психологічний (чи естетичний) характер і в цілому на роботу програми не впливають.

У зонах Items Colors (Кольори окремих елементів) і Display Colors (Кольори елементів екрана) можна змінити колір відображення на екрані різних елементів побудови графічного об'єкта і робочого поля.

Для зміни кольору варто клацнути по кнопці з назвою змінюваного елемента, після чого на тлі діалогового вікна Options (Встановлення) розгорнеться додаткове меню Color (Колір). У цьому вікні допускається вибрати будь-як колір як з основної палітри, так і з додаткової, котра відкривається після кліка по кнопці Custom (Додатково). Якщо клацнути мишею по квадратику з потрібним кольором, додаткове меню закриється, а в діалоговому вікні Options Display (Встановлення параметрів екрана) у квадратику поруч із кнопкою буде показаний новий колір.

Зона Item Colors служить для встановлення кольору наступних елементів: Pin (Вивід), Line (Лінія), Text (Текст) та ін. У зоні Display Colors можна встановити колір робочого поля (Background), а також колір відображення сітки

на робочому полі. При цьому кольори основної сітки (1xGrid) і сітки з 10-кратно збільшеним кроком (10xGrid) повинні бути різними, щоб вони відрізнялися одна від одної.

Рекомендується зберегти чорний колір тла чи змінити його на білий, але це справа смаку кожного користувача. Кольори сіток, встановлені в програмі за замовчуванням, погано читаються при роботі з багатобарвними проектами, і тому рекомендується для відображення сітки (1xGrid) задати білий колір, а для 10-кратної (10xGrid) – фіолетовий.

Змініть колір у кнопки з назвою Polygon (Площа) на такий же, як у кнопки з назвою Line (Лінія), звичайно блакитний.

Якщо відкрити вкладку Miscellaneous (Різне), то в зоні Cursor Style (Стиль покажчика миші) вибирається один із трьох пропонуванних варіантів виду покажчика миші: Arrow (Стрілка), Small Cross (Маленьке перехрестя) чи Large Cross (Велике перехрестя). Вкажіть Small Cross, але при бажанні ви можете задати будь-яке інше.

Інші встановлення не мають принципового значення при розробці символів, тому їх можна зберегти без змін.

Виконавши всі встановлення в даному діалоговому вікні, закінчіть роботу кліком по кнопці ОК.

Майте на увазі, що встановлення в діалоговому вікні Options Display (Встановлення параметрів екрана), на відміну від усіх попередніх, поширюються на всю програму і зберігаються при будь-яких виконуваних роботах доти, доки вони не будуть знову змінені в діалоговому вікні Options Display. Іншими словами, дані встановлення до створюваного шаблону прямого відношення не мають.

Preferences (Предвстановлення). Це діалогове вікно дозволяє настроїти клавіші на клавіатурі для виконання команд програми. Деякі часто виконувани команди зручно запускати кліками по визначених клавішах на клавіатурі, але, оскільки розробка графічних елементів схеми здійснюється епізодично, великої користі від подібного призначення в даній програмі немає.

Current Line (Поточна лінія). Якщо клацнути по цьому рядку, то відкриється діалогове вікно Options Current Line (Установка поточної лінії). Тут можна задати ряд різновидів ліній по ширині і дві по конструкції (пунктирна чи ланцюжок точок). У вікні постійно присутні дві лінії з назвами Thick (Товста) і Thin (Тонка). Перша з них має ширину 0,762 мм, друга – 0,254 мм. Для лінії Thin (Тонка), крім суцільної можна вказувати різновиди лінії по конструкції: пунктирну чи ланцюжок точок. Для цього достатньо поставити прапорець в одному з вікон Dashed (Пунктирна) чи Dotted (Ланцюжок точок). Крім того, у діалоговому вікні ви можете встановити лінії будь-якої іншої ширини.

Нагадаємо, що ширина ліній, якими виконуються електричні схеми, у тому числі і всі графічні елементи, повинна відповідати ДСТ 2.303-68, ДСТ 2.701-84 і ДСТ 2.271-74. Електричні зв'язки, згідно ДСТ, зображуються лініями шириною 0.2...1.0 мм. З огляду на високу спроможність, сучасних друкувальних пристроїв і множинної техніки, можна викреслювати електричні зв'язки лінією шириною 0,254 мм.

Для виділення важливих ланцюгів, наприклад силового живлення, ДСТ допускає використання стовщеної лінії. Для цієї мети можна скористатися



лінією шириною 0,762 мм. Тому в даному діалозі ніякі встановлення можна не робити. Єдине, що варто зробити, так це встановити прапорець у вікні Thin (Тонка). Тоді ця лінія стане в проєкті поточною. При відкритті шаблону саме ця лінія буде встановлена для роботи. Але це не виключає можливість оперативно переключати ширину лінії безпосередньо з робочого вікна програми у вікні Line Width (Ширина лінії), розташованому в Рядку стану.

Text Style (Стиль тексту). Після кліка по ньому відкриється діалогове вікно Options Text Style (Встановлення текстового стилю). Тут у вікні Current Text Style (Поточний стиль тексту) представлені стилі, встановлені за замовчуванням. Назви (англійською мовою) цих стилів відповідають їх призначенню. Висота шрифту Pin Style дорівнює 2,3 мм, висота шрифтів Part Style і Wire Style складає 3,5 і 1,5 мм, відповідно.

Варто враховувати, що ці шрифти відтворюють тільки латинські букви, хоча при необхідності їх можна змінити для роботи з кирилицею, але краще цього не робити, а розробити додаткові текстові стилі, що забезпечують роботу з кирилицею й відповідають вимогам ДСТ 2.304-81.

Щоб встановити додатковий шрифт, відкрийте кліком по кнопці Add (Додати) діалогове вікно Add Text Style (Додавання текстового стилю). Введіть у вікні Style Name (Ім'я стилю) назву нового стилю. Ви можете привласнити стилю будь-яке ім'я, але для зручності роботи рекомендується призначити всім текстовим стилям, що вводяться знову, просту цифрову назва, причому цифри повинні відповідати висоті шрифту. Якщо ви хочете створити стиль шрифту з нахилом (курсив), то в назву введіть букву "К". Наприклад, "3,5К".

Нагадаємо, що, відповідно до держстандарту 2.304-68 для креслень (і відповідно електричних схем) встановлюються розміри шрифту: 2,5; 3,5; 5,0; 7,0 мм та ін., більшого розміру. Для першого створюваного шрифту введіть у вікні Style Name цифри 2,5 і клацніть по кнопці ОК. З'явиться наступне діалогове вікно: Text Style Properties (Властивості текстового стилю).

У діалоговому вікні, що відкрилося, буде зазначене ім'я розроблювального текстового стилю, і ви можете ввести для нього всі необхідні параметри.

Програма, працюючи зі шрифтами, оперує двома групами текстових стилів: Stroke Font (Штриховий шрифт) і True Type Font – TTF (Об'ємний шрифт). Принципова відмінність цих шрифтів у товщині ліній, якими ці шрифти виконуються. У першому випадку шрифт виконується лініями постійної ширини. В дРУГПму випадку елементи шрифту мають змінну ширину. Саме це робить шрифт "об'ємним", але це ж і не дозволяє відтворювати його на фотшаблонах. Шрифти типу Stroke Font можуть бути з успіхом використані для виконання написів на друкованих платах, але ті, що входять до складу програми P-CAD 2002, не відтворюють кирилицю. Однак усі ці проблеми виникають при проєктуванні друкованих плат; а при випуску електричних схем ви вправі використовувати будь-як шрифти, і, більш того, шрифти типу True Type у даному випадку кращі, тому що серед них можна підібрати такі, що відповідають вимогам ДСТ 2.304-81.

Ще кілька слів про висоту шрифтів, що повинна вводиться в діалозі Options Text Style (Встановлення текстового стилю). Ця висота ніяк не відповідає поняттю висоти шрифту, обговореному в ДСТ 2.304-81, відповідно

до якого вона дорівнює висоті малих літер (крім Д и Щ). У програмі P-CAD 2002 висота шрифту відповідає відстані між суміжними рядками тексту, тому якщо ви хочете точно дотриматися розмірів за ДСТ, то вам необхідно збільшувати висоту приблизно на 35 %.

Розробляючи шаблон для символів елементів, ми задамо параметри шрифту тільки в зоні True Type Font Properties (Параметри шрифту типу True Type). Для цього встановіть прапорець у вікні Allow True Type (Дозвіл на установку шрифту типу True Type), після чого стають активними всі інші вікна в діалозі, і клацніть по кнопці Font (Шрифт). Відкриється діалогове вікно Вибір шрифту, у якому можна вибрати й встановити кожний зі шрифтів, показаних у вікні Font Шрифт. У цьому вікні представлені шрифти типу TT (True Type), встановлені в операційній системі Windows, більшість з яких не відтворюють кирилицю.

Вибираючи шрифт для написів на електричних схемах, не слід забувати, що вони повинні бути виконані креслярськими шрифтами за ДСТ 2.304-81. Самими прийнятними в даному випадку є шрифт ISOCPUR, що максимально відповідає ДСТ. Виберіть цей шрифт, у сусідньому вікні Начертание встановіть Курсив (чи Обычный, якщо ви хочете встановити прямий шрифт), і у вікні Набор символів встановіть варіант "Кириллица". У вікні Размер введіть цифри 13 (висота шрифту в пунктах), але можна в цьому вікні нічого не змінювати, і трохи пізніше встановити висоту шрифту в звичних міліметрах у діалоговому вікні Text Style Properties (Властивості текстового стилю). У вікні Образец ви побачите накреслення обраного шрифту.

Завершивши введення параметрів у діалоговому вікні Выбор шрифта, клацніть по кнопці ОК, ви повернетесь в діалогове вікно Text Style Properties (Властивості текстового стилю). Тут при необхідності у вікні Size (Розмір) можна ввести необхідну висоту. У зоні Display (Екран) встановіть прапорець у вікні True Type Font (Об'ємний шрифт), цим ви призначите в якості поточного саме цей шрифт. Клацніть по кнопці ОК, і на цьому установку першого текстового стилю буде завершено. Ви повернетесь в діалогове вікно Options Text Style (Встановлення текстового стилю), з якого можна встановити інші текстові стилі з висотою 3,5 і 5 мм.

Якщо у вас будуть труднощі з установкою рекомендованих вище шрифтів, то можна використовувати шрифти Arial і Times New Roman. У цьому випадку в діалозі Выбор шрифта необхідно у вікні Набор символів встановити варіант "Кириллица". Шрифт буде відтворювати кирилицю, але він буде помітно відрізнятися від запропонованого ДСТ 2.304-81.

Закінчивши встановлення, клацніть по кнопці Close (Закрити) у діалоговому вікні Options Text Style (Встановлення текстового стилю).

На цьому встановлення по усім командам випадаючого меню Options (Встановлення) закінчуються. На екрані буде чисте робоче поле, на якому можна почати роботу, але, як відзначалося вище, всі встановлення варто зберегти у вигляді шаблону і використовувати цей шаблон при малюванні УГП.

Для запису шаблону виконаєте: MH→Symbol (Символ)→Save To File (Зберегти як файл). Відкриється діалогове вікно Save As (Зберегти як), у якому необхідно знайти папку для збереження шаблонів. Якщо така папка ще не

створена, то зробіть це на даному етапі роботи. Новій папці привласніть ім'я Шаблони. Відкрийте папку Шаблони і збережіть створений файл з ім'ям Шаблон1.

Тепер, маючи шаблон, ви можете починати роботу над створенням будь-якого умовних графічних позначень з виведення його на екран.

Прийоми розробки умовних графічних позначень.

Перша лабораторна робота при освоєнні програми P-CAD 2002 пов'язана з розробкою власної бібліотеки УГП, з яких будуть будуватися електричні схеми.

У складі програми P-CAD 2002 є велика готова бібліотека елементів, але всі ці елементи виконані за американськими стандартами і не відповідають вимогам вітчизняних ДСТ. Тому скористатися ними не вдасться, і вам доведеться розробити необхідні символи самостійно.

Приступимо до креслення першого елемента схеми. Запустіть програму Symbol Editor (Редактор умовних графічних елементів схем). Коли з'явиться вікно програми, клацніть по кнопці Symbol Open (Відкрити символ), знайдіть і відкрийте файл Шаблон1. Шаблон буде завантажений, але істотних змін на робочому полі ви не помітите, тому що всі початкові встановлення, записані в шаблоні, залишаться невидимими, як би "за кадром".

Малювання ліній.

Для малювання ліній призначена команда Place Line (Лінія), що дозволяє викреслювати прямі відрізки ліній як ортогонально, так і під різними кутами. Кінці ліній завжди розташовуються у вузлах сітки, тому довжина і можливий нахил ліній визначаються діючим кроком сітки. Лінії можуть викреслюватися як одиночні відрізки чи у вигляді нерозривних ламаних ліній. Точки перегину цих ліній також можуть знаходитися тільки у вузлах сітки. Набір ліній по ширині був встановлений раніше і записаний у шаблоні. У даному випадку необхідно тільки вибрати необхідну в Рядку стану у вікні Line Width (Ширина лінії), наприклад, 0,254 мм.

Клацніть по кнопці Place Line (Лінія) і змістіть покажчик миші на робоче поле. Але перш ніж малювати лінії, познайомимося з режимами ортогональності.

Режими ортогональності.

Режими ортогональності включаються тільки під час роботи з командою Place Line (Лінія), тобто коли покажчик миші прийме вид косоного хрестика. При цьому в Рядку стану з'являється повідомлення, який режим ортогональності включений у даний момент. Вибір, чи точніше переключення, режиму ортогональності виконується послідовністю кліків по клавіші O (буква латинського алфавіту, незалежно від переключення алфавіту на клавіатурі), причому в Рядку стану виводиться повідомлення про встановлений режим. Режим ортогональності допускається переключати на будь-якій стадії малювання лінії. Тому іноді частина лінії (ламана чи багатоелементна лінія) малюється в одному режимі ортогональності, потім цей режим переключується, робота продовжується в іншому режимі і т.д.

Кількість і варіанти встановлюваних режимів ортогональності залежать від початкових призначень у діалоговому вікні Options Configure (Встановлення

конфігурації). У Рядку стану ці режими позначаються так: Ortho=Any, Ortho=90 і Ortho=45. Дані режими забезпечують наступні можливості малювання ліній:

- Ortho=Any – відрізок лінії викреслюється як пряма, що проходить між точками по найкоротшій відстані;
- Ortho=90 – відрізки ліній малюються паралельно осям координат (під кутом  $90^\circ$  один до одного);
- Ortho=45 – дві точки з'єднуються ламаною лінією, утвореною двома відрізками, один із яких йде паралельно осі координат, а інший під кутом  $45^\circ$ .

Приклади трасування для всіх трьох варіантів ортогональності представлені на рис.3.2.

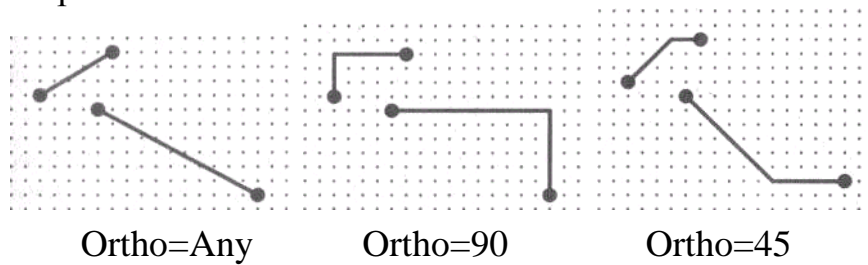


Рисунок 3.2. Варіанти ортогональності

При малюванні умовних графічних елементів схеми немає необхідності обмежувати себе твердими вимогами до ортогональності, тому встановіть в рядку стану режим Ortho=Any.

Режими малювання ліній.

Малювання по точках. У даному випадку покажчиком миші задаються початкова і кінцева точки лінії. Щоб намалювати окремих відрізок, підведіть покажчик до місця початку лінії і клацніть ЛК (це перша точка, початок лінії), змістіть покажчик до другої точки, клацніть ЛК і ПК. Лінія буде накреслена.

Для малювання ламаної лінії, як нерозривної послідовності прямих відрізків, варто багаторазово повторювати кліки ЛК, обходячи всі точки перегину даної лінії. Процес закінчується кліком ПК.

Малювання з відстеженням. Даний варіант малювання ліній дуже схожий на попередній, але після першого кліка ЛК треба утримувати кнопку натиснутою. Після цього покажчик миші змістіть до наступної точки. За ним потягнеться тимчасова лінія, що буде відслідковувати ваші дії, показуючи можливий результат, куди б ви не вели покажчик. Позиція, де ви відпустите кнопку, стане другою точкою лінії, що викреслюється. Якщо не клацати ПК, то можна продовжити малювання, наприклад, малювати ламану лінію.

Введення нової сітки.

Якщо в процесі роботи вам буде потрібно сітка з іншим кроком, то її легко вибрати з числа встановлених раніше, чи встановити нове значення. Причому все це можна робити безпосередньо в робочому вікні програми.

Підведіть покажчик миші до вікна Grid Select (Вибір сітки) у Рядку стану і розкрийте список у цьому вікні. Розгорнеться меню зі списком усіх раніше встановлених кроків сітки, а останній крок сітки, що був у вікні, буде виділений кольором. Ви можете або вибрати новий крок зі списку, клацнувши по ньому покажчиком миші, або якщо потрібний крок відсутній, відразу ввести його з

клавіатури, при цьому він з'явиться у вікні Grid Select. Введення нового кроку сітки закінчується кліком по клавіші Enter.

Малювання площ.

Під поняттям площа мається на увазі замкнута фігура, що має суцільну заливку. Вони характерні для конструкцій друкованих плат (контактні площадки, екрани чи масиви міді). В електричних схемах такі площі зустрічаються рідко.

Клацніть по кнопці Place Polygon (Площа), підведіть покажчик миші до однієї з вершин і клацніть ЛК. Перемістите покажчик миші до другої і третьої вершин, і клацайте ЛК. На екрані з'явиться трикутник (чи багатокутник, якщо клацати ЛК далі), причому на малюнку завжди буде присутня замикаюча лінія. Тому, для завершення контуру немає необхідності повертатися у вихідну точку. Після того як ви нанесли останню точку, клацніть ПК.

У процесі креслення контуру фігура (у даному випадку трикутник) зображується прозорою світлою лінією, а після кліка ПК буде заповнена суцільним заливанням.

Колір заливки задається в діалоговому вікні Options Display (Установка екрана). Нагадаємо, що раніше в цьому вікні ми рекомендували установити однаковий колір для заливання і для ліній.

Малювання кіл.

Клацніть по кнопці Place Arc (Дуга), підведіть покажчик миші до кожної з двох точок, розташованих на окружності, що малюється, у місцях, що відповідають цифрам 3 чи 9 на циферблаті годин, і клацніть ЛК, потім пересуньте покажчик миші по горизонталі в центр окружності і ще раз клацніть ЛК. Окружність буде накреслена.

Покажчик миші при другому кліку, коли відзначається центр кола, не обов'язково повинен знаходитися строго в центрі зображуваного кола – він може бути поміщений у будь-яку точку на вертикальній лінії, що проходить через центр.

Якщо коло виявилася не там, де потрібно, то його нескладно змістити куди завгодно. Виділіть коло, наприклад рамкою, клацніть ЛК по обраному об'єкту і, не відпускаючи кнопку миші, перетягніть на нове місце.

Якщо вас не влаштовує діаметр кола, то виберіть це коло. На виділеному кольором колі на місці цифри 3 циферблату годин з'явиться "Ручка" у вигляді світлого квадрата. Клацніть по квадратику ЛК і, утримуючи кнопку натиснутою, змістіть покажчик миші. Ви побачите, як змінюється розмір кола. Відпустіть кнопку миші – і новий розмір кола буде зафіксований. Не забувайте, що переміщення і зміна розміру кола виконується тільки кратно діючій сітці.

Малювання дуг (рис.3.3).

Дуга, як частина кола, малюється за допомогою команди Place Arc (Дуга). Параметри дуги, тобто її положення і розміри, задаються двома точками початку і кінця дуги і радіусом.

Клацніть мишею по кнопці Place Arc (Дуга), підведіть покажчик до першої точки на кінці зображуваної дуги, натисніть і утримуйте клавішу Alt і клацніть ЛК. Потім клавішу Alt відпустіть, змістіть покажчик до другої точки на кінці дуги. При цьому за покажчиком потягнеться світла лінія, що є хордою

дуги. Встановіть покажчик на другу точку на кінці дуги і клацніть ЛК. На екрані з'явиться тимчасове зображення дуги разом з хордою, виконане світлою

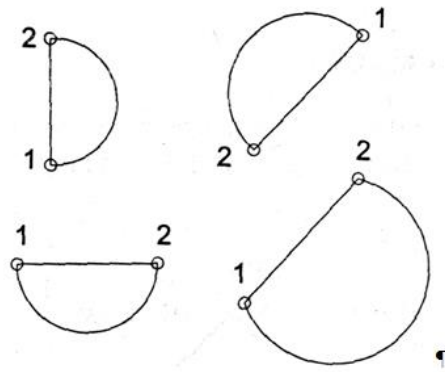


Рисунок 3.3. Малювання дуг

лінією. Наступні дії визначають радіус вигину дуги. Якщо підвести покажчик миші до будь-якої точки на хорді, то кут охоплення дуги буде складати  $180^\circ$ , а якщо зрушити покажчик у яку-небудь сторону від хорди, то більше чи менше  $180$ . При переміщенні покажчика можна спостерігати на екрані, як змінюється форма (і розміри) дуги. Рухайте покажчик, поки не одержите бажану дугу, потім клацніть ЛК. Дуга буде накреслена, про що свідчить зміна її кольору, наприклад, на жовтий.

При малюванні дуги має значення, яка точка буде відзначена першою, а яка другою. Щоб уявляти собі, з якої сторони від хорди буде розташована дуга, що малюється, запам'ятаєте, що дуга завжди з'являється праворуч від хорди, якщо дивитися уздовж хорди в напрямку від початкової точки до кінцевої (рис.3.3).

Креслення виводів символів.

Виводи елементів схеми виконуються за допомогою команди Place Pin (Вивід). Дана команда дозволяє зобразити на УГП (у тому числі і мікросхем) виводи і забезпечити ці зображення необхідною цифровою, текстовою чи графічною інформацією.

Довжина виводів і розмір шрифту (текстовий стиль) для супровідних написів визначаються користувачем.

Щоб нанести вивід, клацніть по кнопці Place Pin (Висновок), зруште покажчик миші на робоче поле і клацніть ЛК. Відкриється однойменне діалогове вікно (рис.3.4), за допомогою якого конструюються будь-які виводи елементів схеми. У цьому вікні мається маленький екран, у якому будуть відображатися усі ваші дії, і ви зможете безпосередньо спостерігати за процесом творення. Частина призначень даного вікна потрібна для формування умовних позначок мікросхем, про що мова йтиме перед, тому при розробці найпростішого УГП в цих вікнах повинні залишатися встановлення None (Немає).

Найпростіші елементи схем, такі як резистори, конденсатори і багато інших, не вимагають видимої нумерації виводів та іншої текстової інформації (ім'я, позначення), тому зніміть у зоні Display (Екран) прапорці в рядках Name (Ім'я висновку) і Pin Des (Позначення виводів). У вікні Length (Довжина) пропонуються виводи різної довжини: Normal (Нормальна) – 7,62 мм, Long

(Довга) – 12,7 мм і Short (Коротка) – 2,54 мм. Крім того, встановивши прапорець у вікні User (Користувач), ви можете задати будь-яку довжину виводу. Оскільки в наших розробках використовується метрична система, прийдеться вказувати довжину виводів, кратну встановленій сітці 2 мм, наприклад, коротка – 4 мм (для резисторів, конденсаторів і т.д.) і довга – 6 мм (для мікросхем).

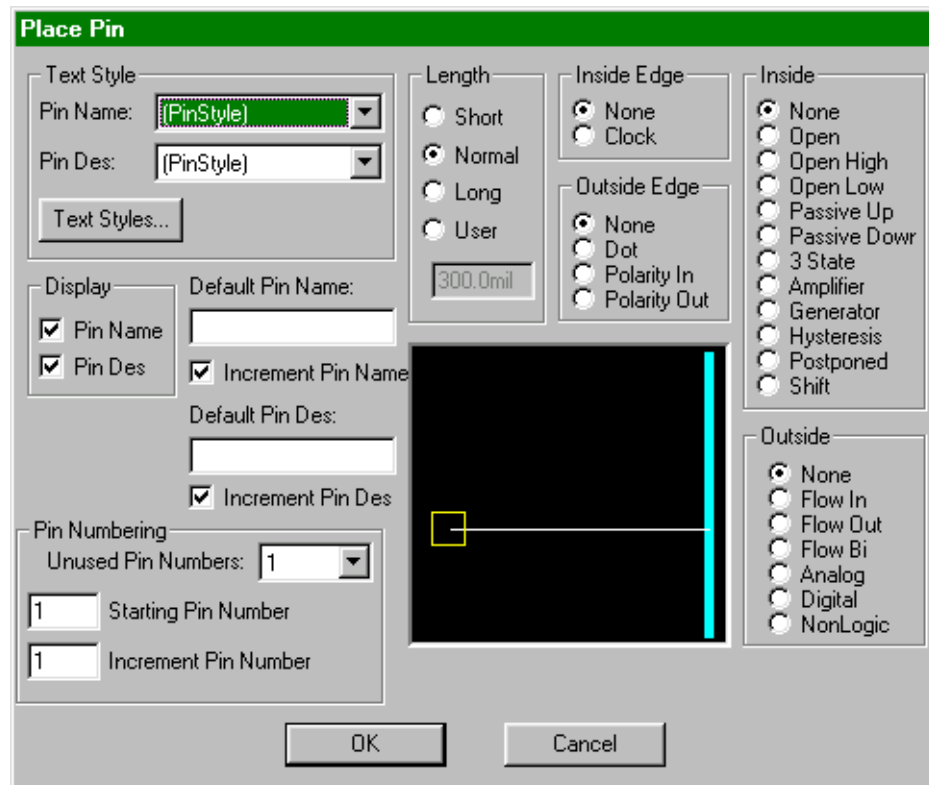


Рисунок 3.4. Діалогове вікно Place Pin

Інші встановлення в діалоговому вікні в даному випадку не вимагаються, тому клацніть по кнопці ОК, вікно згорнеться, і можна буде приступити безпосередньо до нанесення виводів.

Підведіть покажчик миші до місця "виходу" виводу з умовної позначки і клацніть ЛК. Вивід з'явиться на необхідному місці.

Перевертається вивід кліком по клавіші F – при кожному кліку відбувається переворот на 180°. Якщо ж вам потрібно не перевернути, а повернути вивід, то клацайте по клавіші R. Зображення при кожному кліку буде повертатися на 90° проти годинникової стрілки. Щоб правильно орієнтувати вивід, багаторазово клацайте по кнопках R і F, спостерігаючи за зміною положення висновку.

Повторимо, що всі ці дії можна робити доти, доки ви не відпустите ліву кнопку миші. Більш того, поки ви не відпустили кнопку миші, можна перемішувати зображення виводу по робочому полю. Таким чином, ви маєте можливість точно встановити вивід на потрібне місце в бажаній орієнтації. Після того, як ви відпустите кнопку миші, зображення виводу буде зафіксовано. Подальші зміни можливі тільки прийомами коректування, про які буде розказано нижче.

Точка прив'язки.

Точка прив'язки наноситься за допомогою команди Place Ref Point (Точка прив'язки). Клацніть по цій кнопці, підведіть покажчик миші до базової точки зображення, у якості якої найчастіше використовують один з виводів елемента. Але можна цю точку розмістити й у "оптичному" центрі графічного зображення. Останній варіант для багатьох елементів кращий, тому що надалі при розміщенні елементів на робочому полі їх приходится розвертати і перевертати, що програма робить навколо базової точки. Саме тоді можна переконатися, що ці повороти і розвороти, виконувати навколо "оптичного" центра, зручніше, оскільки елемент при цьому залишається в межах того місця, де він був розміщений спочатку.

Позиційне позначення.

Наступна обов'язкова складова частина УГП – позиційне позначення елемента, що, відповідно до держстандарту 2.702-75 і ДСТ 2.710-81, складається з коду позначення (одна чи дві букви) і наскрізної цифрової нумерації. Оскільки на етапі створення УГП привласнити елементу точне позиційне позначення неможливо, то воно замінюється "пустишкою", що у даному випадку визначає місце і шрифт майбутнього позначення.

Щоб нанести "пустишку" позначення елемента, клацніть по кнопці Place Attribute (Ознака). У поняття "ознака" входить велика група даних, що визначають параметри елементів схеми. Цей термін відноситься також і до елементів друкованої плати (до провідників, контактних площадок і т.д.). Однак у даному випадку ми введемо тільки одну ознаку, а саме позиційне позначення елемента на схемі.

Після кліка по кнопці Place Attribute переведіть покажчик миші на робоче поле і там ще раз клацніть ЛК. Відкриється діалогове вікно Place Attribute (Ознака).

У вікні Attribute Category (Категорія ознаки) перераховані розділи, на які розділені всі ознаки. Якщо в цьому вікні вибрати конкретний розділ, то в сусідньому вікні Name (Ім'я) з'явиться список відповідних ознак.

Виділіть у вікні Attribute Category (Категорія ознаки) рядок Component (Компонент), а у вікні Name (Ім'я) – RefDes (це скорочення від Reference Designator, що можна перевести як "позиційне позначення").

Відзначивши рядок RefDes, у рядку Text Style (Текстовий стиль) і вкажіть у списку стиль 3,5. Це стиль тексту висотою 3,5 мм, створений і записаний у шаблон. Інші встановлення збережіть без змін і клацніть ОК. Діалогове вікно згорнеться.

Додаткові тексти.

При розробці УГП в його склад можна ввести крім позиційного позначення ще додаткову інформацію. Найчастіше це номінальне значення елемента – Value (Значення) і тип елемента – Type (Тип). Але в зв'язку з тим, що ця інформація при розробці УГП найчастіше не має конкретного значення, то вона також вводиться у вигляді "пустишок", причому в схемі ці параметри можуть бути присутніми або явно, або сховано.

Написи Value і Type наносяться аналогічно написам RefDes.

Перенумерація виводів.



Для перенумерації виводів виконаєте: МН→Utils (Службові програми)→Renumber (Перенумерація). Відкриється однойменне діалогове вікно, у якому збережіть прапорець у вікні Pin Number (Нумерація), а в рядках Starting Pin Number (Початковий номер) і Increment Pin Number (Збільшення нумерації) збережіть встановлені цифри 1 (одиниці), і клацніть ОК. Після цього послідовно підводьте покажчик до виводів елемента і клацайте ЛК. Перенумеровані виводи будуть змінювати колір. Завершивши перенумерацію, клацніть ПК.

Тепер УГП цілком готовий і його варто записати в бібліотеку. Приклад готового УГП показаний на рис.3.5.

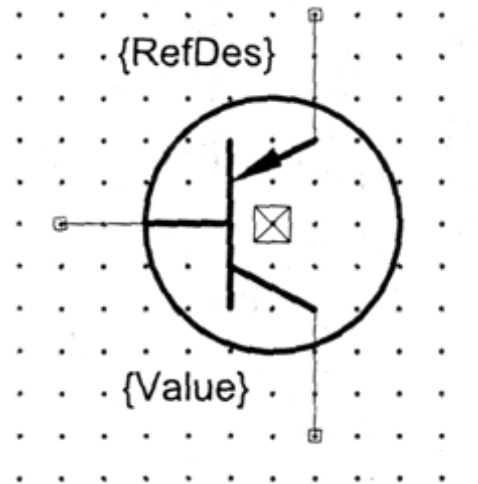


Рисунок 3.5. УГП транзистора

## 3.2. Робота з бібліотеками в P-CAD

Перш за все, слід відзначити, що, хоча P-CAD 2001 постачається з великою кількістю бібліотек, що містять описи тисяч компонентів багатьох виробників, завжди існує потреба в їх поповненні новими компонентами. Крім того, деякі особливості використання компонентів в конкретних схемах інколи потребують внесення змін до опису існуючих компонентів у бібліотеках.

### 3.2.1. Структура бібліотек компонентів в P-CAD та програми для роботи з ними

Бібліотека P-CAD являє собою файл, що має розширення *lib* і може містити в собі об'єкти трьох типів:

1. *Symbols* – це умовні графічні позначення компонентів на принциповій схемі;
2. *Patterns (корпуси)* – це графічні зображення корпусів компонентів на платі;
3. *Components* – це текстові описи компонентів, де серед іншого є й посилання на зображення їх символів та корпусів.

Для створення і редагування зображень символів і корпусів застосовуються графічні редактори *Symbol Editor* і *Pattern Editor*, які є спрощеними і пристосованими саме для цієї роботи варіантами розглянутих вище редакторів *Schematic* і *PCB*. Ці редактори можна запускати або

безпосередньо з Windows, або з програми *Library Executive*, що застосовується для редагування текстових даних компонента та виконує загальні функції управління бібліотеками.

Як відомо, чимало компонентів, що позначаються на принципових схемах однаковим символом, можуть розміщуватися в різних корпусах. Ще більше існує компонентів, що упаковані в однакові корпуси, хоча вони виконують абсолютно різні функції й позначаються на принципових схемах абсолютно різними символами.

Звісно, для економії пам'яті, в бібліотеках не доцільно повторювати однакові зображення символів і корпусів.

Переглядати зміст бібліотек, зображення символів, корпусів та описи компонентів можна за допомогою вікна *Source Browser* (рис. 3.6), що зазвичай відкривається при запуску програми *Library Executive*, або при виконанні в ній команди *View > Source Browser*. Набори бібліотек (*Library Set*), що відображаються в цьому вікні, та перелік бібліотек, які входять до кожного набору, встановлюються командою *Library > Setup*.

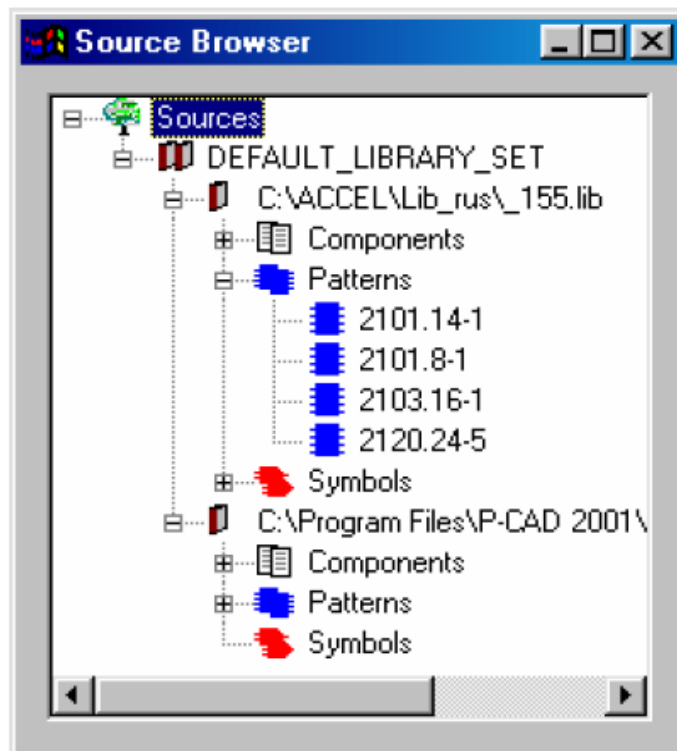


Рисунок 3.6. Вікно *Source Browser*

### 3.3. Приклад створення нового компонента

Створити повний опис нового компонента можна декількома способами. У розглянутому нижче прикладі, ми спочатку створимо і запишемо в бібліотеку зображення символу – двохходового елемента I-HE та корпусу DIP14, що має 14 штиркових виводів. Потім програмою *Library Executive* створимо і запишемо в бібліотеку й сам компонент – мікросхему K155ЛАЗ, де в такому корпусі містяться чотири секції двохходових елементів I-HE.

#### 3.3.1. Створення символу компонента в редакторі *Symbol Editor*

Запустимо програму *Symbol Editor* безпосередньо із Windows та виберемо в її статусному рядку крок сітки, що дорівнює відстані між виводами символу новостворюваного компонента. Її треба обирати такою ж, якою вона є в інших символах, бо дуже незручно працювати зі схемою, де різні компоненти мають різні відстані між виводами. Зазвичай відстань між виводами символів на цифрових схемах дорівнює 100 міл.

Малювати зображення символів компонентів можна користуючись звичайними засобами панелі інструментів: - вивід, - лінія, - дуга, - точка прив'язки тощо. Проте простіше й швидше це робиться за допомогою команди *Symbol > Symbol Wizard*, що відкриває вікно діалогу, показане на рис. 3.7. Це вікно можна відкрити також із програми *Library Executive* командою *Symbol > New*.

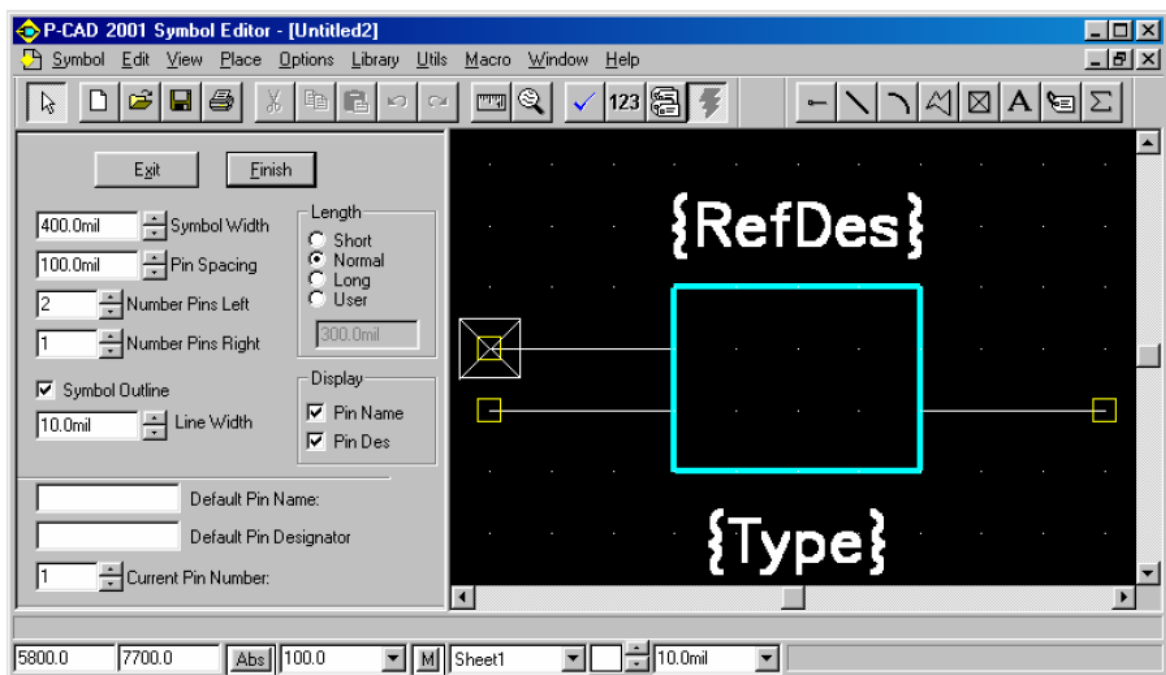


Рисунок 3.7.

В цьому вікні задаються такі параметри:

- - *Symbol Width* – ширина символу, її також треба обирати кратною кроку сітки;
- Точка прив'язки позначається на рисунку квадратом з діагоналями. Коли ви розміщуєте символи на схемі чи компоненти на платі, то точка прив'язки розміщується саме там, де ви клацнули мишкою.
- - *Pin Spacing* – відстань між виводами;
- - *Number Pin Left* – кількість виводів зліва;
- - *Number Pin Right* – кількість виводів справа;
- - *Symbol Outline* – зображати лінію контуру символу;
- - *Line Width* – ширина ліній контуру символу;
- - *Length* – довжина виводів (*Short* - короткі, *Normal* - звичайні, *Long* - довгі, *User* – визначені користувачем у розташованому нижче полі);
- - *Display* – відобразити: *Pin Name* – імена (мітки) виводів, *Pin Des* – позиційні позначення виводів, що зазвичай співпадають з їх номерами;
- - *Default Pin Name*, *Default Pin Designator* – поля для вводу імен та позиційних позначень виводів;

- *Current Pin Number* – поточний номер виводу. Виводи нумеруються, починаючи з лівого верхнього, проти стрілки годинника.

Можливий варіант заповнення полів для прикладу, що розглядається, показаний на рис. 3.7. Заповнивши всі поля та натиснувши кнопку *Finish*, ми відкриємо створене зображення символу в звичайному вікні, де виконується решта роботи з його редагування. В нашому прикладі залишається, скориставшись кнопкою **A** - (введення тексту), розмістити на символі знак & та зробити вихід символу інверсним. Для виконання останньої операції треба виділити цей вивід (можна також виділяти групу виводів), клацнути правою кнопкою мишки і вибрати в контекстному меню опцію *Property*. В результаті відкриється вікно властивостей виводу, яке треба заповнити так, як показано на рис. 3.8.

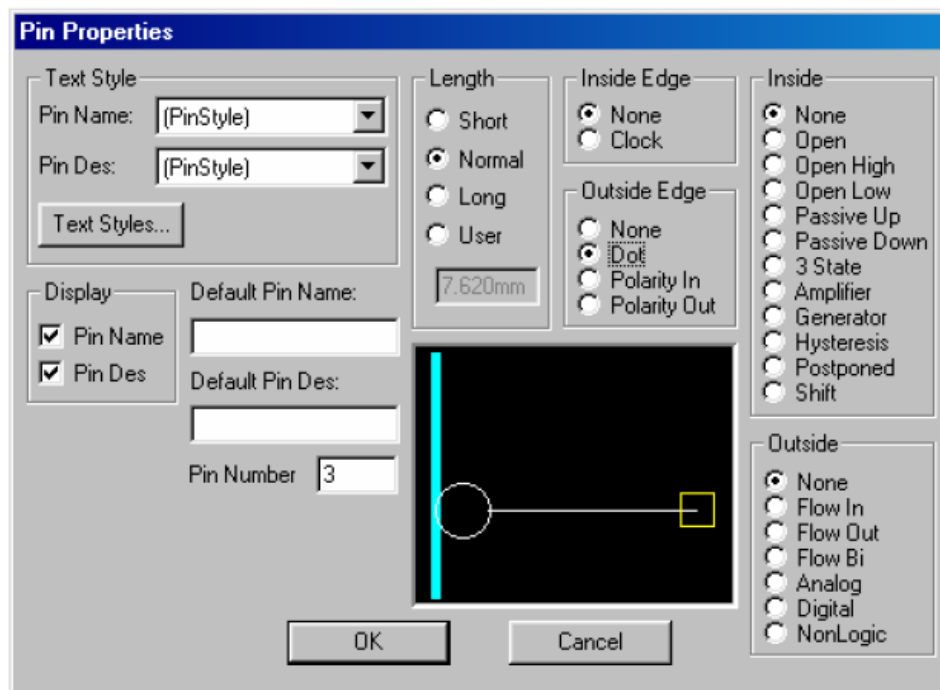


Рисунок 3.8.

Частина полів цього вікна повторює поля попереднього (рис. 16), тому нижче пояснимо призначення лише нових.

Поля *Text Style* задають стилі шрифту для імен і номерів (позначень) виводів.

- *Inside Edge* – тип виводу (позначається всередині): *None* – статичний, *Clock* – динамічний,

- *Outside Edge* – тип виводу (позначається зовні): *None* – прямий, *Dot* – інверсний,

- *Polarity In* – вхід з позначкою полярності (логічній одиниці відповідає менш позитивний потенціал),

- *Polarity Out* - вихід з позначкою полярності;

- *Inside* – тип вихідного каскаду:

- *None* – звичайний,

- *Open* – відкритий вивід (загальне позначення),

- *Open High* – відкритий вивід: колектор *PNP*- або емітер *NPN*-транзистора, стік *P* каналу чи витік *N* каналу уніполярного транзистора,

- *Open Low* – відкритий вивід: колектор *NPN*- або емітер *PNP*-транзистора, стік *N* каналу чи витік *P* каналу уніполярного транзистора,
  - *Passive Up* – пасивний високий, · *Passive Down* – пасивний низький,
  - *3 State* – тристабільний (з трьома станами),
  - *Amplifier* – підсилювач, · *Generator* – генератор, · *Hysteresis* – з гістерезисною характеристикою,
  - *Postponed* – вихід, зміна значення якого не відбувається доти, доки сигнал, що спричинив цю зміну, не повернеться в початковий стан, · *Shift* – зсув.
- Outside* – направленість виводу:
- *None* – звичайний (вхід або вихід, в залежності від розташування),
  - *Flow In* – вхід, · *Flow Out* – вихід, · *Flow Bi* – двонаправлений,
  - *Analog* – аналоговий, · *Digital* – цифровий, · *NonLogic* – вивід, що не несе логічної інформації.

На завершення треба натиснути кнопку *OK* та записати створений символ в бібліотеку. Для цього треба виділити весь створений символ і виконати команду *Symbol > Save As*. В діалоговому вікні вказують файл бібліотеки, та ім'я символу. Поля *Match Default Pin Designators to Pin Numbers* та *Create Component* в даному випадку треба залишити пустими.

### 3.3.2. Створення опису компонента в програмі *Library Executive*

Запустіть програму *Library Executive*, виконайте в ній команду *Component > New* та виберіть файл бібліотеки, куди буде записано новостворюваний компонент. В результаті ви перейдете до вікна діалогу, показаного на рис. 3.9.

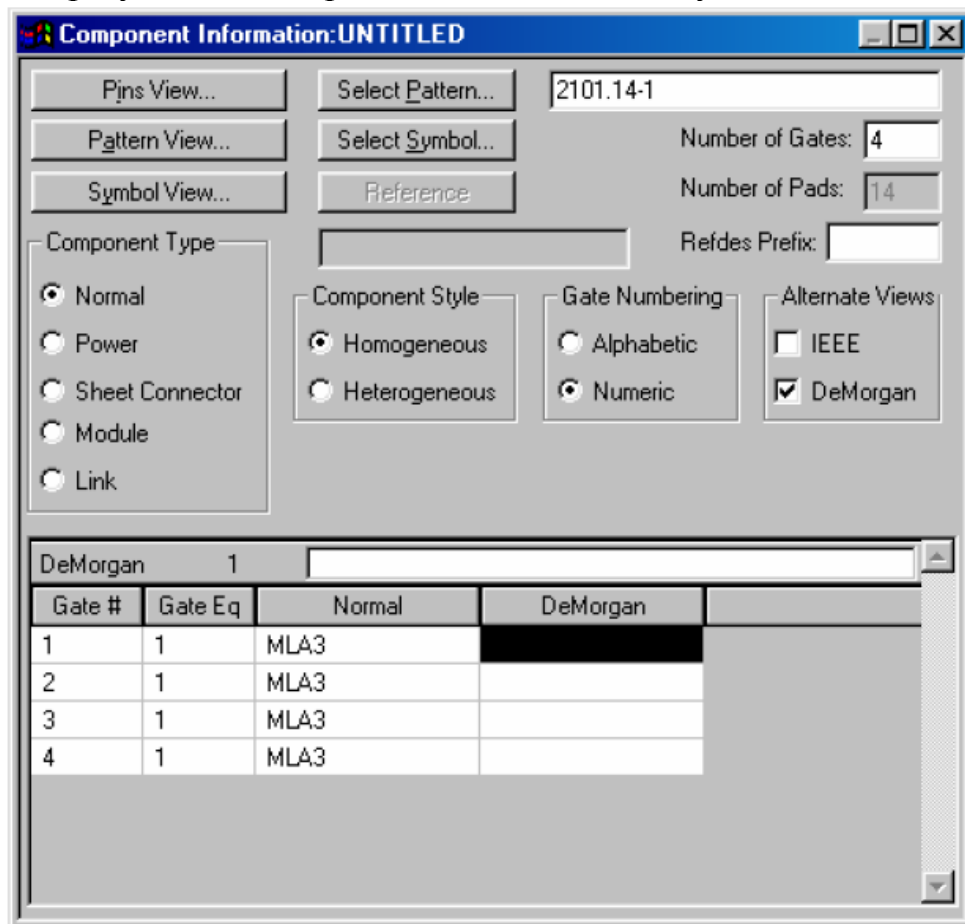


Рисунок 3.9.

Перш за все потрібно натиснути кнопку *Select Pattern* та вибрати тип корпусу, в якому знаходиться даний компонент. Потім у поле *Number of Gate* ввести кількість секцій у ньому. Після цього можна буде заповнити наступні поля:

- *Refdes Prefix* – початкові літери позиційного позначення компонента;
- *Component Type* – тип компонента, тут завжди обираємо *Normal* – звичайний;
- *Component Style* – з яких секцій складається компонент.

В колонці *Pad #* вказується номер, а в колонці *Pin Des* – позиційне позначення виводу, яке для переважної більшості компонентів співпадає з його номером (в деяких компонентах позначення виводів може складатися, наприклад, з літери, що позначає ряд, і числа, що позначає стовпець).

Колонка *Gate #* показує номер секції, з яким зв'язаний даний вивід.

Колонка *Sym Pin #* задає відповідність між номерами виводів у межах секції і номерами виводів у межах корпусу.

В колонці *Pin Name* вказуються імена виводів. В даному прикладі імена мають тільки виводи для підключення живлення: *GND* (земля) і *+5V* (5 вольт). Імена виводам живлення треба надавати такі самі, як і в інших компонентах схеми, бо в P-CAD існує правило, що лінії з однаковими іменами вважаються з'єднаними.

В колонках *Gate Eq* і *Pin Eq* вказуються дані про логічну еквівалентність секцій і виводів. Поняття логічної еквівалентності розглядається в наступному пункті.

Остання колонка *Elec.Type* містить дані про електричний тип виводу. Пояснення більшості типів дані в переліку *Inside* на рис. 3.8. Крім них тут використовуються такі типи як: *Unknown* – невідомий, *Input* – вхід, *Output* – вихід, *Power* – вивід живлення.

Для вводу типу можна або вибрати його зі списку, або ввести першу літеру його назви: *I* – *Input*, *O* – *Output* тощо. Якщо даною літерою починається декілька назв, то її треба натискати доти, доки не встановиться потрібна вам назва типу. Наприклад, для вводу типу *Power* клавішу *P* доведеться натиснути декілька разів. Створення компонента завершуються командою *Component > Save As* з меню програми *Library Executive*, якою цей компонент записується у бібліотеку. Але перед цим доцільно перевірити компонент на наявність помилок, виконавши команду *Component > Validate*.

### 3.3.3. Логічна еквівалентність секцій і виводів

Дві чи більше секцій компонента називаються логічно еквівалентними, якщо вони можуть замінити одна одну. Врахування логічної еквівалентності дозволяє оптимізувати прокладку друкованих провідників. P-CAD може замінити секції, показані на принциповій схемі, іншими секціями, логічно еквівалентними даним, якщо така заміна дозволяє спростити трасування (зменшити довжину друкованих провідників чи кількість перехідних отворів тощо). Те саме стосується логічної еквівалентності виводів.

Наприклад входи елемента І-НЕ, розглянутого в попередньому прикладі, є логічно еквівалентними. Отже заміна одного входу іншим також може сприяти спрощенню трасування плати. Нагадаємо, що оптимізація з'єднань на платі за рахунок перестановки логічно еквівалентних секцій і виводів,



виконується в редакторі *PCB* командою *Utils > Optimize Nets* після розміщення компонентів, перед трасуванням плати.

В таблиці виводів інформація про логічну еквівалентність секцій і виводів вводитьься так. Нулями або пустими клітинками в стовпці *Gate Eq* позначають унікальні секції, які не можна замінити ніякими іншими, а в стовпці *Pin Eq* те саме роблять з выводами. Відмінне від нуля значення в цих стовпцях означає, що дану секцію чи даний вивід можна замінити іншою секцією чи іншим выводом з таким самим значенням логічної еквівалентності. В розглянутому вище прикладі, всі чотири секції логічних елементів І-НЕ позначені одиницею в полі *Gate Eq* (див. рис. 19 і 20), бо вони можуть замінити одна одну. Навіть, коли компонент складається лише з однієї секції, її виводи треба позначати відмінною від нуля цифрою в полі *Gate Eq*. В межах секції виводи, що можуть замінити один одного, також позначені одиницями в полі *Pin Eq* (рис. 3.10).

Pad #	Pin Des	Gate #	Sym Pin #	Pin Name	Gate Eq	Pin Eq	Elec. Type
1	1	1	1		1	1	Input
2	2	1	2		1	1	Input
3	3	1	3		1		Output
4	4	2	1		1	1	Input
5	5	2	2		1	1	Input
6	6	2	3		1		Output
7	7	PWR		GND			Power
8	8	3	3		1		Output
9	9	3	1		1	1	Input
10	10	3	2		1	1	Input
11	11	4	3		1		Output
12	12	4	1		1	1	Input
13	13	4	2		1	1	Input
14	14	PWR		+5V			Power

Рисунок 3.10

В практиці розробки плат трапляються, наприклад, такі ситуації, коли деякі сигнали необхідно виводити на контакти роз'єму з задалегідь визначеними номерами, тоді як номери контактів роз'єму для інших сигналів можуть обиратися довільно.

Щоб скористатися цією свободою вибору для спрощення трасування плати, можна задати для фіксованих контактів роз'єму логічну еквівалентність 0, для решти контактів – 1.

Останній приклад засвідчує, що вміння працювати з бібліотеками P-CAD потрібне не тільки для їх поповнення новими компонентами.

### 3.4. Інші операції з бібліотеками

Вище було розглянуто створення нового компонента "з нуля" і його запис в існуючу бібліотеку.

Внесення змін до існуючих компонентів, корпусів і символів виконується в програмі *Library Executive* аналогічним чином, тільки замість команд *Component > New*, *Pattern > New* і *Symbol > New* виконуються команди *Component > Open*, *Pattern > Open* і *Symbol > Open*, що відкривають відповідні об'єкти для редагування. Команди *Pattern > Open* і *Symbol > Open* можна також виконати з меню редакторів *Pattern Editor* і *Symbol Editor*.

Результат редагування корпусу чи символу у відповідних графічних редакторах можна записати як в поточну, так і в іншу бібліотеку, виконавши команду *Pattern > Save As* чи *Symbol > Save As*. Однак командою *Component > Save As* результат редагування компонента можна зберегти тільки в поточній бібліотеці.

Щоб переписати компонент, корпус чи символ з однієї бібліотеки до іншої, потрібно виконати команду *Library > Copy*, в результаті відкриється вікно (рис. 3.11), де кнопками *Source Library* і *Destination Library* задають з якої бібліотеки і в яку відбуватиметься копіювання.

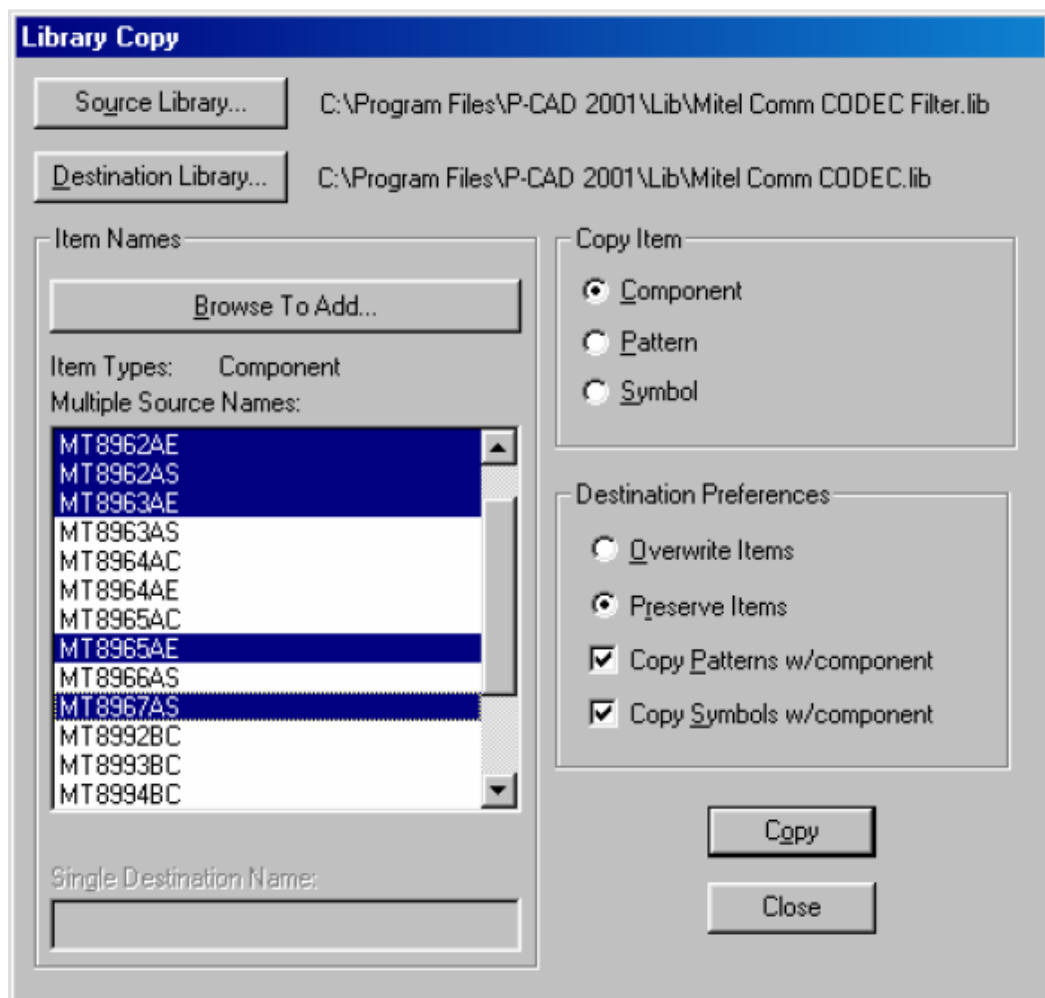


Рисунок 3.11.

В полі *Copy Item* вказують тип об'єктів, що копіюватимуться: *Component*, *Pattern* чи *Symbol*, а в графі *Multiple Source Names* вибирають їх перелік, виділяючи потрібні об'єкти мишкою при натиснутій клавіші *Ctrl*.

Якщо відмітити поля *Copy Patterns w/component* і *Copy Symbols w/component*, то разом з компонентами копіюватимуться й корпуси та символи,



на які посилаються ці компоненти. Вибираючи список об'єктів для копіювання, можна переглянути зображення їх корпусів та символів за допомогою кнопки *Browse To Add*. Саме копіювання відбувається при натисканні кнопки *Copy*. При цьому треба мати на увазі, що зміни в складі бібліотек інколи не зразу відображаються у вікні *Source Browse*. В такому випадку треба заново завантажити бібліотеку в вікно *Source Browse* або заново запустити саму програму *Library Executive*.

Звісно, зручність роботи в P-CAD залежить від того наскільки продуманою й зручною є структурна організація його бібліотек.

Пусту бібліотеку створюють командою *Library > New*. Також нову бібліотеку можна створити шляхом копіювання існуючої з наступним внесенням до неї потрібних змін.

### 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

1. Виконайте настроювання *Symbol Editor* та збережіть ці настроювання у власному шаблоні.
2. Створіть бібліотеку радіоелементів рис. 3.12.

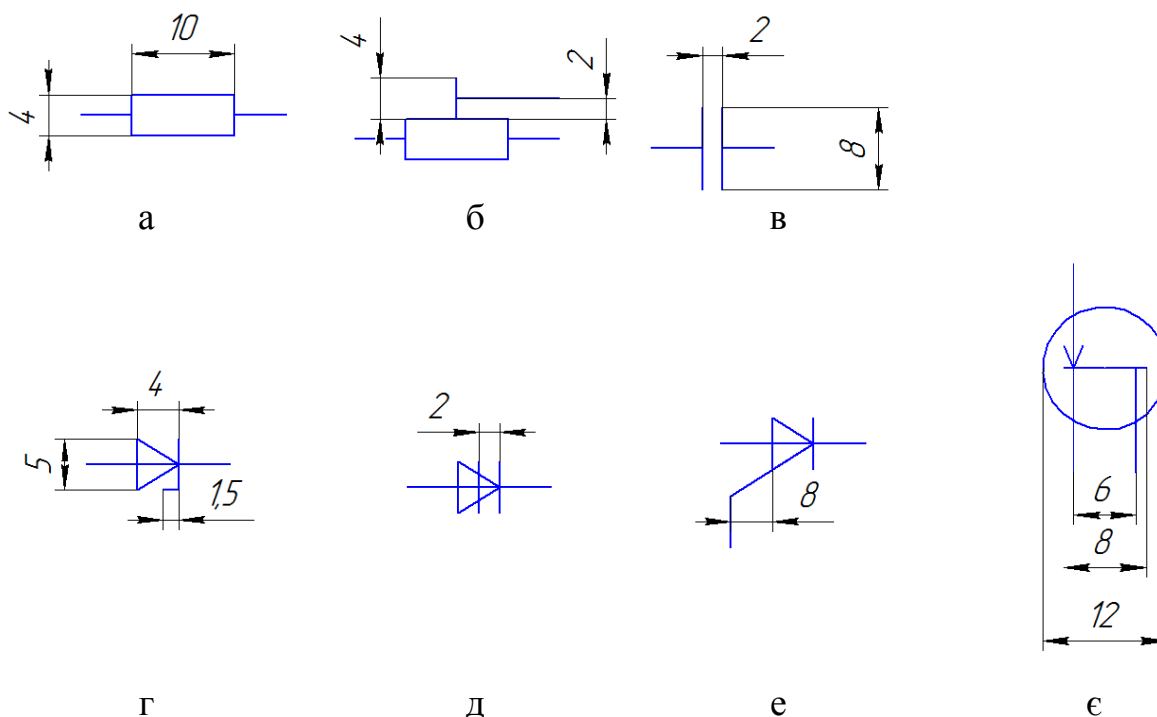


Рис. 3.12 – Умовні графічні позначення деяких радіоелементів

### 4 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт повинен містити:

1. Мету роботи.
2. Короткі теоретичні відомості.
3. Графічну частину у вигляді додатків – видрукований на форматі A4 вигляд умовних графічних позначень радіоелементів, що наведені на рис. 3.12.
4. Висновки.

## Лабораторна робота № 4

### РОБОТА З ГРАФІЧНИМ РЕДАКТОРОМ Schematic.

#### МЕТА РОБОТИ

Вивчення можливостей та особливостей програми для проектування Schematic.

#### ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

##### 4.1. Встановлення конфігурації

Перед початком створення принципової схеми виконайте команду *Option > Configure* (рис. 4.1) та виберіть формат аркуша в європейській (A4, A3, ...A0) чи американській (A, B, ... E) системі. Майте на увазі, що аркуш у зазначених вище стандартних форматах завжди орієнтується так, що його довша сторона розташована горизонтально. Можна також задати аркуш довільних розмірів і орієнтації, вибравши радіо кнопку *user* та заповнивши поля *Width* (ширина) і *Height* (висота).

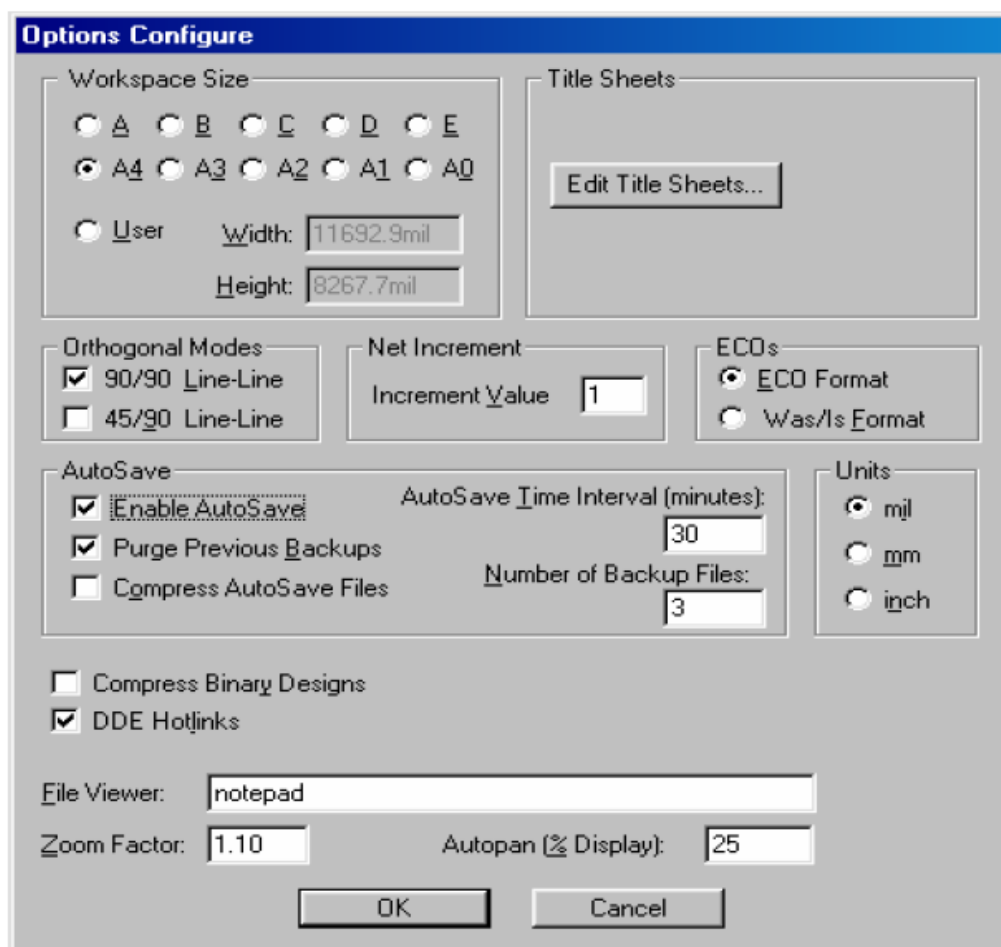


Рисунок 4.1. Вікно для встановлення конфігурації

Аркуш, формат якого перевищує можливості вашого принтера, друкуватиметься на декількох сторінках, які потім можна склеїти.

Альтернативою цьому є побудова схеми на декількох окремих аркушах (сторінках), що зберігаються в одному файлі.

Створення, вилучення та перейменування аркушів виконується за допомогою кнопок *Add*, *Delete*, *Modify*, розташованих на закладці *Sheets* у вікні, що відкривається командою *Option > Sheets*. Аркуш, що відображається у вікні редактора, вибирається кнопками статусного рядка (рис. 4.2). Провідники переходять з аркуша на аркуш за допомогою ліній групового зв'язку.

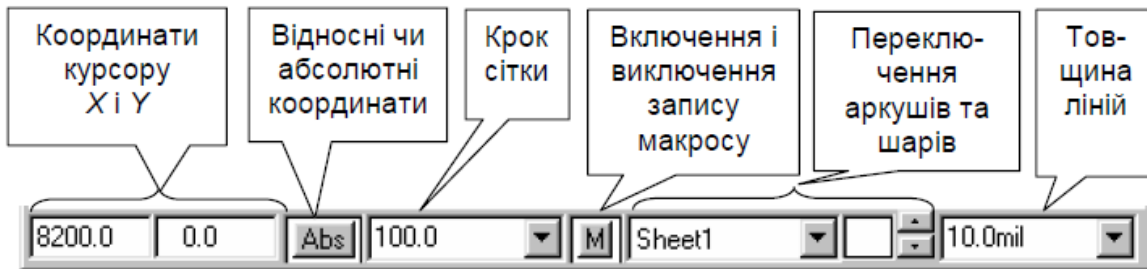


Рисунок 4.2. Статусний рядок

У вікні *Option > Configure* задають інші важливі параметри, зокрема:

- *Orthogonal Modes* визначає кути, під якими можна проводити лінії на схемі: 90/90, дозволяє проводити лінії тільки під кутами, кратними 90°, а 45/90 – також під кутами, кратними 45°. Обмеження, що задаються цим параметром, можна включати і виключати клавішею *O*.

- *Net Increment* задає величину, на яку змінюватиметься позиційне позначення компонента, при розміщенні на схемі його наступного екземпляра. Наприклад, якщо *Increment Value = 1*, то після розміщення резистора *R1* його наступним екземпляром автоматично надаватимуться позиційні позначення *R2*, *R3* і т.д.

- *Auto Save* дозволяє задати параметри автоматичного зберігання файлів на диску для запобігання втрати інформації при раптовому виключенні живлення чи зависанні комп'ютера.

- *Units* задає одиниці виміру: міли (*mil*), міліметри (*mm*) або дюйми (*inch*). Один міл дорівнює 0,001 дюйма, один дюйм дорівнює 2,54 мм.

- *DDE Hotlinks* встановлює "гарячий зв'язок" між редакторами *Schematic* і *PCB* так, що виділення кольором (*Highlight*) певних компонентів чи провідників в одному з редакторів відразу робить з ними те саме в іншому.

- *Zoom factor* – це коефіцієнт збільшення чи зменшення масштабу зображення при натисканні клавіш "+" і "-" на цифровій (сірій) клавіатурі або відповідних кнопок на панелі інструментів. Щоб забезпечити можливість плавного регулювання масштабу зображення рекомендуємо встановити *Zoom factor = 1,1*.

- *Autopan (% Display)* показує на скільки відсотків свого розміру прокручуватиметься зображення аркуша, якщо курсор переміщувати клавіатурою за межі видимої частини вікна.

Внесення змін до конфігурації завершується натисканням кнопок *OK* або *Modify* і *Close*. Натискання лише кнопки *Close* закриває вікно без фіксації внесених змін.


Щоб працювати з принциповою схемою було зручно, встановіть в статусному рядку (рис. 4.2) крок сітки, що дорівнює відстані між виводами її компонентів.

Для виділення кольором компонентів чи провідників, треба спочатку просто їх виділити, а потім скористатися командою *Highlight* чи *Highlight Attached Net*. Остання виділяє кольором всі провідники зв'язані з даним компонентом. Для зняття виділення кольором використовуються відповідно команди *Unhighlight* та *Unhighlight Attached Net*, а також команда *Unhighlight all*, яка знімає всі виділення кольором. Вказані команди знаходяться в контекстному меню виділеного об'єкта та в меню *Edit*.

## 4.2. Розміщення символів

Умовні зображення компонентів (мікросхем, резисторів, роз'ємів тощо) називають ся в P-CAD символами. Символи компонентів зберігаються в спеціальних бібліотеках. Отже, щоб розмістити на схемі потрібні символи, треба підключити бібліотеки, в яких вони описані. Для цього виконайте команду *Library > Setup* і за допомогою кнопок *Add...* (додати) і *Delete* (вилучити) сформуєте потрібний вам список бібліотек.

Для виконання лабораторних і курсових робіт ми рекомендуємо використовувати бібліотеки, записані в папку *Lib\_Course*, де ім'я бібліотеки здебільшого відповідає позиційним позначенням зібраних в ній компонентів (*R.lib* – резистори, *C.lib* – конденсатори, *VD.lib* – діоди) або серії інтегральних мікросхем (*\_555.lib* – серія 555) тощо.

Щоб переключитися в режим розміщення символів, натисніть кнопку  або виберіть в меню *Place > Part* і клацніть мишкою по екрану. В результаті відкриється вікно діалогу (рис. 4.3), де в полі *Library* ви можете вибрати бібліотеку, а в полі *Component Name* – компонент цієї бібліотеки. Якщо натиснути кнопку *Browse*, то вибраний компонент відобразатиметься в правій частині вікна діалогу. Перш ніж розмістити компонент на схемі, можна заповнити поля *RefDes* і *Value*, що визначають позиційне позначення компонента і його номінал. Поле *RefDes* можна використати для того, щоб замінити американські позначення вітчизняними. Наприклад у нас мікросхеми прийнято позначати літерою *D*, а в США – *U*. В полі *Value* вказують номінали резисторів, конденсаторів, кварцових резонаторів, марки діодів, транзисторів тощо. Після натискання кнопки *OK* вікно діалогу закривається, а курсор набуває форми літери *X*. Екземпляри вибраного компонента вставлятимуться скрізь, де ви клацнете цим курсором (компонент не розміститься, якщо клацнути мишкою по краю аркуша, де для компонента бракує місця.). При цьому їх позиційні позначення нумеруватимуться автоматично. Наприклад, якщо ви дали транзисторові позиційне позначення VT1, то клацнувши вдруге, ви розмістите транзистор з позиційним позначенням VT2 і т.д.

Якщо компонент складається з декількох секцій (наприклад у мікросхемі 555ЛА3 розміщені чотири двовходові елементи I-HE), то спочатку змінюватимуться позначення секцій: U1:A, U1:B, U1:C і U1:D, і тільки після

розміщення останньої секції даного компонента розміщуватимуться секції наступного: U2:A, U2:B і т.д.

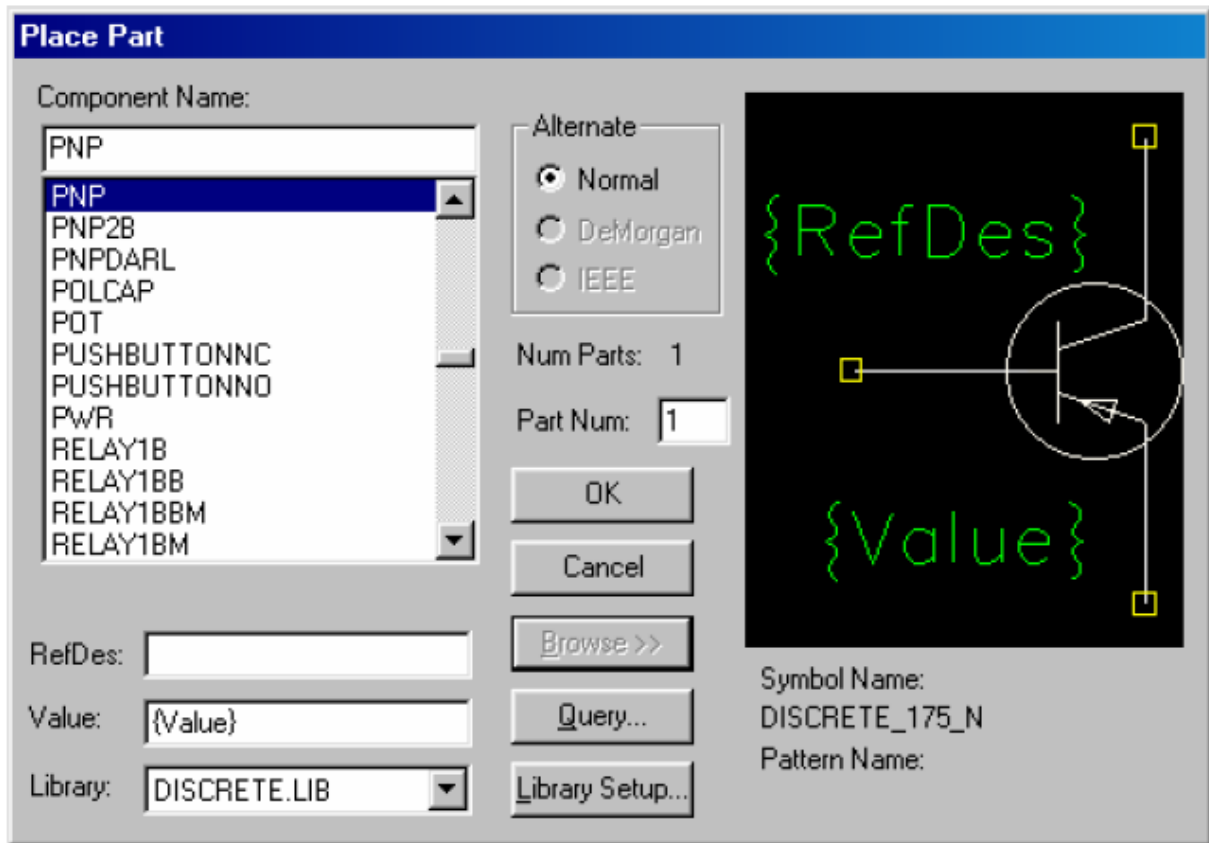


Рисунок 4.3. Вікно діалогу для розміщення символів

Зазначимо, що вказаним вище способом позначаються секції компонентів у стандарті США. За вітчизняними стандартами вони позначалися б D1.1, D1.2, D1.3 та D1.4, потім: D2.1, D2.2 і т.д. Позиційне позначення D можна задати за допомогою поля *RefDes*. Що ж до цифрової нумерації секцій, то її можна забезпечити відповідними настройками програми (див. роботу з бібліотеками).

Для деяких компонентів в бібліотеці передбачено можливість альтернативних варіантів їх графічного відображення, які можна обирати в полі *Alternate*. Наприклад, згаданий вище елемент І-НЕ в варіантах *Normal*, *DeMorgan* та *IEEE* відображається так, як показано на рис. 4.4: перший – це звичайне зображення І-НЕ, другий (згідно з правилом де Моргана) – у вигляді елемента НЕ-АБО, третій – у відповідності до стандартів IEEE.

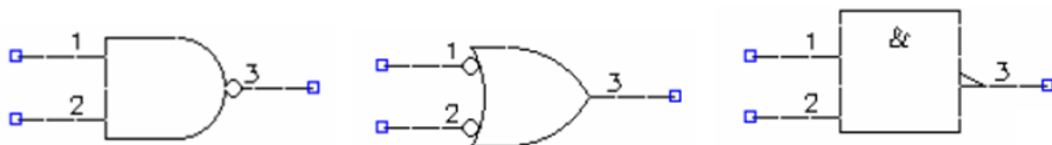




Рисунок 4.4. Відображення одного елемента у різних варіантах

Розміщення екземплярів вибраного компонента завершується натисканням правої кнопки мишки або клавіші *Esc*. Після цього опишемо вище

способом можна вибирати і розміщувати на схемі наступні компоненти. Зображення компонента можна повернути або дзеркально відобразити. Для цього треба виділити компонент і натиснути відповідно клавішу *R* чи *F*.


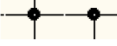

### 4.3. Розміщення ліній електричного зв'язку (провідників)

Для розміщення ліній електричного зв'язку (провідників) треба натиснути кнопку  або вибрати в меню: *Place > Wire*. Зазначимо, що ніякі інші лінії, наприклад ті, що розміщуються за допомогою кнопки , не утворюють електричних зв'язків між точками, які вони сполучають.

Щоб розмістити провідник, треба клацнути лівою кнопкою мишки у точці, де він починається, в точках, де він перегинається або з'єднується з іншими провідниками, а також у точці, якою закінчується цей провідник.

Можна також натиснути ліву кнопку мишки в початковій точці та утримувати її протягом всього процесу прокладки провідника, відпускаючи і знову натискаючи кнопку мишки в точках, де провідник перегинається або з'єднується з іншими провідниками. Цей спосіб дозволяє зразу бачити трасу провідника, що прокладається.

Можна прокладати провідник, поєднуючи обидва способи. Але, в будь-якому випадку, після завершення прокладки даного провідника і перед початком прокладання наступного, треба натиснути праву кнопку мишки або клавішу *Esc*. Тобто, як ви вже, певно, помітили, натискання правої кнопки мишки чи клавіші *Esc* використовується в P-CAD як ознака завершення "багатоходової" команди.

В P-CAD кінці ні з чим не з'єднаних провідників відображаються квадратами , а місця з'єднання провідників – точками . Завдяки цим позначенням, можна легко пересвідчитись у наявності електричних контактів там, де вони потрібні, та їх відсутності там, де вони не потрібні. Якщо провідник прокладено не так, як ви хотіли, то можна добудувати чи перебудувати його або, скориставшись кнопкою  чи командою *Edit > Undo*, відмінити останню команду й побудувати провідник заново.

За деякими винятками, всі провідники в цифровій техніці прийнято проводити тільки горизонтально або вертикально. Тому в полі *Orthogonal Modes* вікна конфігурації треба відмітити *90/90 Line-Line*. Однак слід пам'ятати, що дане обмеження на кути прокладання ліній можна включати й виключати клавішею *O*. Якщо це обмеження виключене, то в правій частині статусного рядка, відображається *Ortho=Any*, якщо воно включене, то *Ortho=90*.

В останньому випадку, якщо, натиснувши ліву клавішу мишки, провести курсором по діагоналі з точки *A* в точку *B* (рис. 4.5), то на екрані замість гіпотенузи *AB* відобразатимуться два катети: *AC* і *CB* або *AD* і *DB*. Натисканням клавіші *F* ви можете обирати, через яку точку *C* чи *D* пройде провідник.

Відпустивши мишку в точці *B*, ви зафіксуєте точку перегину: *C* або *D* (але не *B*!) і продовжите прокладання провідника.



Наприклад, найпростіший спосіб з'єднати точки  $K$  і  $N$  відрізками  $KL$ ,  $LM$  і  $MN$  (рис. 4.6) – це натиснути ліву кнопку мишки в точці  $K$ , відпустити її у довільній точці, що належатиме відрізку  $LM$ , знову натиснути її і відпустити в кінцевій точці  $N$ .

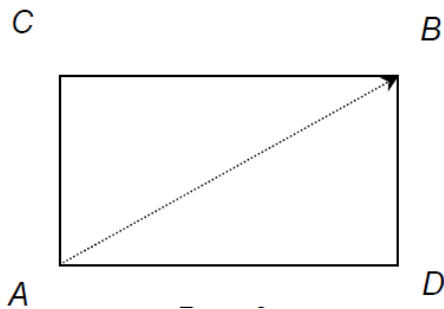


Рисунок 4.5

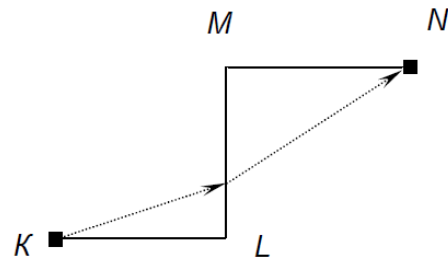



Рисунок 4.6

Якщо в подальшому виникне необхідність наприклад, змінити місце проходження відрізка  $LM$ , то для цього достатньо натиснути піктограму , виділити відрізок  $LM$ , клацнувши по ньому мишкою, та перетягнути його ліворуч чи праворуч. Отже при редагуванні траєкторії прокладання провідника ключову роль відіграють його вузлові точки. Можна переміщувати їх разом з відрізками, якими вони сполучаються, чи розривати зв'язки між виділеними вузловими точками за допомогою клавіші *Delete*. В складніших випадках може знадобитися встановлення додаткових вузлових точок на існуючих відрізках.


Для цього використовується кнопка .

Щоб прокладати провідники було зручно, встановіть в статусному рядку крок координатної сітки рівним відстані між виводами компонентів. Тоді не можна промахнутися мимо виводу компонента. Також, натискаючи клавішу  $X$ , можна встановлювати зручну для користувача форму курсору: стрілку, мале перехрестя чи перехрестя на весь екран.

За замовчуванням провідникам надаються імена  $NET00001$ ,  $NET00002$  і т.д. При бажанні, можна змінити ім'я провідника чи відобразити його на схемі. Для цього треба виділити провідник, вибрати в контекстному меню опцію *Property*, та заповнити відповідні поля в вікні діалогу.

Якщо дати провідникам однакові імена, то вони вважатимуться з'єднаними. Але в даній версії P-CAD це можна зробити лише для провідників, імена яких є глобальними, зокрема тих, що підключені до ліній групового зв'язку.

#### 4.4. Розміщення ліній групового зв'язку (шин)

Лінії групового зв'язку (шини) розміщуються на схемі за допомогою кнопки  чи команди *Place > Bus*. Це робиться аналогічно описаному вище процесу прокладання провідників. Потім прокладаються й самі провідники. Кінець провідника, що заходить в шину чи виходить з неї, автоматично згинається (рис. 4.7) способом, вибраним в полі *Bus Connection Mode* вікна

діалогу, що відкривається командою *Options > Display*. В цьому вікні можна задати й інші параметри зображення, зокрема кольори різних елементів схеми.

Як відомо, відповідність між провідниками, що входять і виходять в лінію групового зв'язку, встановлюється за іменами провідників, які в даному випадку називаються портами. Щоб задати ці імена використовують кнопку



або команду *Place > Port*. Якщо після цього клацнути мишкою по екрану, то відкриється вікно діалогу *Place Port* (рис. 4.7), де можна задати наступні параметри.

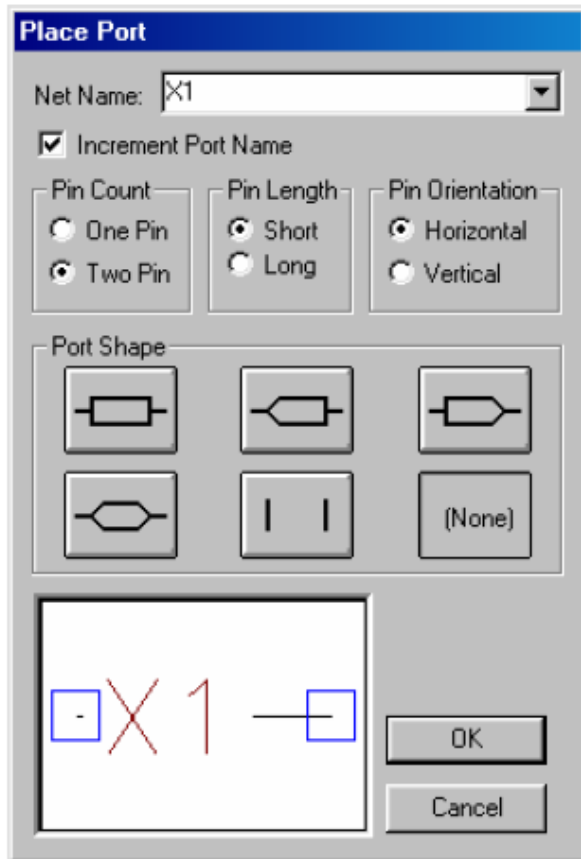


Рисунок 4.7. вікно діалогу *Place Port*

- Ім'я провідника. Його можна або ввести в поле *Net Name*, або вибрати зі списку раніше введених імен.

- *Increment Net Name*. Відмітка в цьому полі забезпечує автоматичне збільшення номеру в імені провідника. Наприклад після введення імені *X1* наступним провідникам автоматично надаватимуться імена *X2*, *X3* і т.д.

- Спосіб графічного відображення імені. Доцільно обирати *Two Pin*, *Horizontal*, *None*. Тоді ім'я провідника відобразиться без рамки в розриві горизонтальної лінії (рис. 4.8).

Після натискання кнопки *OK* це вікно закривається і курсор набуває форми літери *X*. Клацаючи цим курсором по провідниках, ми надаємо їм імена. Щоб пришвидшити побудову великої групи підключених до шини провідників, що мають однотипні імена, можна скористатися

звичними правилами копіювання об'єктів, прийнятими у Windows.



Рисунок 4.8.

Наприклад, група провідників, показаних на рис. 4.8, будувалася так. Спочатку був прокладений верхній провідник, якому було надано ім'я *AD0*. Потім були виділені імена та всі фрагменти цього провідника, – від контактної площадки мікросхеми до шини.

Провідники *AD1*, *AD2* і т.д. створювалися за допомогою перетягування мишкою виділеного фрагменту схеми при постійно натиснутій клавіші *Ctrl*. Цю роботу бажано виконувати при збільшеному масштабі зображення. Тип і розмір шрифту, яким відображаються імена портів, можна вибрати, якщо виділити будь-який зразок такого імені, та вибрати в контекстному меню: *Property > Port > Text Styles > Port Style > Properties*. Внесені зміни стосуватимуться всіх імен портів даної схеми, в тому числі тих, що були побудовані раніше.



Так само можна змінювати стилі тексту, що використовується для позначень інших елементів схеми.

#### 4.5. Друк схемних файлів

Перш за все слід відзначити, що друк в P-CAD не зводиться до простого перенесення зображення з екрана монітора на аркуш паперу. Під час друку воно може зазнавати значних трансформацій. Це потребує відповідних налаштувань програми, які ми й розглянемо нижче.

Спочатку, по команді *File > Print Setup*, як і в інших програмах Windows, треба виконати звичайні налаштування принтера. Якщо в системі встановлено декілька драйверів принтерів, то виберіть той, що використовуваватиметься в P-CAD, а також задайте формат і орієнтацію аркуша, виберіть лоток подачі паперу тощо.

При виконанні команди *File > Print* або натисканні відповідної кнопки панелі інструментів на екран виводиться вікно діалогу, показане на рис. 4.9.

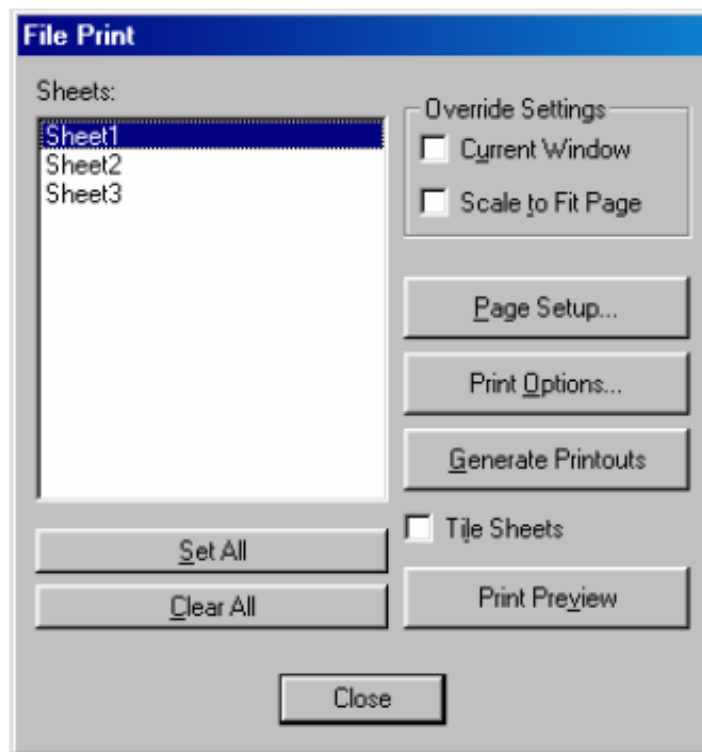


Рисунок 4.9. Вікно друку схемних файлів

У графі *Sheets* виділяють один чи декілька аркушів схеми, які треба надрукувати. Кнопки *Set All* і *Clear All* виділяють чи знімають виділення з усіх аркушів схеми. Позначки в полях цього вікна означають:

*Current Window* – друкувати не весь аркуш, а тільки ту його частину, яку видно в вікні редактора.

*Scale to Fit Page* – привести масштаб зображення у відповідність до розмірів сторінки, що виводиться на принтер.

*Title Sheets* – друкувати рамку зі штампом (форматку).

Кнопкою *Page Setup* задаються параметри, пов'язані з масштабом і орієнтацією зображення, а кнопкою *Print Option* – визначають елементи зображення, що друкуються, та їх кольори при виводі на принтер. Вони відрізняються від кольорів на екрані. Кнопка *Print Preview* дозволяє переглянути на екрані підготовлене для друку зображення, а кнопка *Generate Printouts* видає його безпосередньо на принтер.

#### **4.6. Створення файлу зв'язків**

Схеми, побудовані в редакторі *Schematic*, зберігаються в файлах з розширенням *sch*. Вони відкриваються і записуються на диск звичайними командами *File > Open*, *File > Save*, *File Save As...*

Однак передача інформації з графічного редактора *Schematic*, де була створена принципова схема пристрою, в графічний редактор *PCB*, де розроблятиметься його друкована плата, здійснюється не через схемні файли, а через файли зв'язків, що зазвичай мають розширення *net* чи *alt* і містять перелік розташованих на схемі компонентів та опис зв'язків між їх выводами.

Для створення файлу зв'язків в графічному редакторі *Schematic* треба вибрати в меню: *Utils > Generate Netlist*. В результаті відкриється вікно діалогу, в якому вибирається ім'я файлу зв'язків та його формат. Ім'я файлу та папку для його розміщення, запропоновані за замовчуванням, можна змінити за допомогою кнопки *Netlist Filename*.

Вибір формату файлу зв'язків залежить від вибору роутера – програми, що прокладатиме траси друкованих провідників. Для плат невеликого рівня складності, до яких належать студентські роботи, ми радимо користуватися форматом *Tango*.

### РОБОТА З ГРАФІЧНИМ РЕДАКТОРОМ РСВ

#### МЕТА РОБОТИ

Вивчити можливості та особливості програми РСВ та отримати практичні навички роботи з нею.

#### ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

##### 5.1. Встановлення конфігурації








Основні параметри конфігурації редактора *PCB* задаються командою *Option > Configure*. Хоча вікно конфігурації в цьому редакторі й відрізняється від показаного на рис. 3, основні параметри, які тут вводяться, приблизно ті самі, що й описані в розділі 3.1. Це одиниця виміру довжини, розмір аркуша (його треба вибирати дещо більшим за розмір плати) тощо. У вікні *Option Configure* та інших вікнах конфігурації встановлюються також багато інших параметрів, які ми тут не розглядатимемо, бо детальне вивчення особливостей технології виробництва друкованих плат виходить за рамки нашого навчального курсу.

При роботі з редактором *PCB* важливе значення мають настройки екрана, що встановлюються командою *Option > Display*. Вона відкриває однойменне вікно діалогу, що містить таблицю, де стовпцям відповідають різні елементи зображення (*Items*), а рядкам – його шари (*Layers, cloi*). Наприклад, червоним кольором за замовчуванням, відображаються такі елементи зображення як лінії, полігони й тексти, розташовані в шарі *Top*, тобто в верхній частині плати (з боку встановлення компонентів), а ті самі елементи з протилежного боку плати (шар *Bottom*) – зеленим.

Перелік назв і призначень елементів зображення та шарів зображення, що за замовчуванням встановлюється при створенні нової плати, приведений в додатку 1. Цей набір шарів описує двобічну плату (див. розділ 1.1). Інші шари, в тому числі додаткові шари провідників для створення багатошарових плат, можуть додаватися (*Add*) чи вилучатися (*Delete*) користувачем у вікні діалогу *Options Layers*, де в графі *Layers* інформація про призначення, стани і номери шарів відображається так. Літерою *S (Signal)* позначають сигнальні шари, в яких прокладаються друковані провідники, літерою *P – (Plane)* суцільні шари металізації для екранування та підведення живлення, а літерою – *N (Non signal)* інші не сигнальні, допоміжні шари. Стан шару (виключений чи включений) позначається літерами *D* і *E* відповідно. Виключити чи включити відображення будь-якого виділеного шару, крім поточного (*Current*), можна за допомогою кнопок *Disable* і *Enable*, а кнопки *Disable All* і *Enable All* виключають і включають відображення всіх шарів плати. Переважний напрямок прокладки провідників у сигнальних шарах позначається літерами: *H* – горизонтальний, *V* – вертикальний, *A* – той, що обирається автоматично (за замовчуванням).

На завершення слід зазначити, що вказані вище настройки редактора зберігаються у створюваних ним файлах друкованих плат і завантажуються разом з ними. Тому, для економії часу, потрібні настройки можна записати в порожній файл, з відкриттям якого встановлюватимуться ці настройки.

## 5.2. Способи розробки друкованих плат

В принципі, редактор *PCB* дозволяє розробляти друковані плати й без принципових схем. Для цього можна, скориставшись кнопкою  чи командою *Place > Component*, розмістити на платі необхідні компоненти, а кнопкою  або командою *Place > Connection* встановити зв'язки між їх выводами. Після цього можна запускати програму роутер, яка належним чином прокладе траси друкованих провідників. Можна взагалі від початку до кінця розробити друковану плату вручну. Для цього потрібно вручну розмістити на платі контактні площадки компонентів  (*Place > Pad*), і знову ж таки вручну з'єднати їх друкованими провідниками в формі ліній  (*Place > Line*), дуг  (*Place > Arc*) та полігонів  (*Place > Polygon*). Звісно, провідники доведеться прокладати в різних шарах, з'єднуючи їх де потрібно перехідними отворами  (*Place > Via*).

Однак зрозуміло, що така технологія створення друкованих плат придатна лише для найпростіших схем, до яких мікропроцесорні пристрої аж ніяк не належать. Тому далі ми розглядатимемо тільки автоматизовану розробку друкованих плат, виходячи з принципових схем, побудованих в редакторі *Schematic*. Однак, наведені вище засоби, при потребі, можуть використовуватися для ручного внесення певних коректив у друковані плати, розроблені засобами автоматизованого проектування.

Як вже відзначалося, передача інформації з графічного редактора *Schematic*, де була створена принципова схема пристрою, в графічний редактор *PCB*, де розроблятиметься його друкована плата, здійснюється за допомогою файла зв'язків. Але, перед завантаженням цього файла, в редакторі *PCB* треба обов'язково підключити бібліотеки всіх компонентів, розташованих на принциповій схемі, інакше при завантаженні файла зв'язків виникнуть помилки.

Підключення бібліотек виконується так само, як це робилося в редакторі *Schematic*. Треба виконати команду *Library > Setup* і за допомогою кнопок *Add* (додати) і *Delete* (вилучити) сформувати потрібний список бібліотек. На відміну від попередніх версій, P-CAD 2001 має спільні бібліотеки для редакторів *Schematic* і *PCB*.

Завантаження файла зв'язків здійснюється командою *Utils > Generate Netlist*. В результаті відкривається вікно діалогу, де можна обрати ім'я і тип файла. Застосування імені файла за замовченням тут, як і в редакторі *Schematic*, дозволяє економити час, бо передачу даних з редактора *Schematic* в редактор *PCB* доводиться виконувати досить часто. При цьому треба поставити позначку в полі *Optimize Nets*, що забезпечить передачу інформації потрібної для оптимізації мережі зв'язків.


Після успішного завантаження файлу зв'язків, на екрані відображається зовнішній вигляд компонентів схеми, а зв'язки між їх виводами відображаються відрізками прямих.

### 5.3. Розміщення компонентів на платі

Перед розміщенням компонентів на платі, в статусному рядку або в меню *Options > Grids* встановлюють крок сітки, що дорівнює відстані між виводами компонентів. Зверніть увагу, що у вітчизняних компонентів ця відстань здебільшого прив'язана до міліметра, а в імпортних – до дюйма. Зокрема для компонентів зі штирковими виводами вона становить відповідно 2,5 мм та 0,1 дюйма = 100 міл = 2,54 мм.

При розробці друкованих плат дуже важливим є оптимальне розміщення компонентів на платі. Від нього залежить довжина друкованих провідників, кількість перехідних отворів, інші характеристики, що визначають показники якості й надійності плати, а інколи й саму можливість її реалізації в заданих габаритах. P-CAD 2001 має в своєму складі програму SPECCTRA, яка вирішує задачу оптимального розміщення компонентів на платі й подальшої прокладки провідників (трасування). Однак ця програма не проста в застосуванні, а її можливості дещо обмежені. Бажаючи можуть самостійно вивчити правила її використання, а ми обмежимося застосуванням ручного розміщення компонентів.

Після завантаження файлу зв'язків на екрані відображаються всі компоненти схеми. З'єднання виводів компонентів показуються відрізками прямих. Якщо розміри плати задані, то побудуйте контури плати в шарі *Board* поруч з компонентами чи навколо них. Якщо розміри плати можуть бути довільними, то її контури можна побудувати пізніше, по завершенні розміщення компонентів, а деякі роутери, наприклад *QuickRoute*, дозволяють зробити це й після трасування.

Щоб вручну змінити розташування компонента на платі, треба в режимі  (*Select*) виділити цей компонент, клацнувши на ньому мишкою, і відбуксирувати його мишкою в потрібне місце. При переміщенні компонента разом з ним виділяються і його зв'язки з іншими компонентами. Розташування компонентів треба обирати так, щоб довжина зв'язків і кількість точок, в яких вони перетинаються, були мінімальними. Наприклад з двох варіантів розміщення мікросхеми, показаних на рис. 5.1, кращим є варіант *b*, бо його реалізація потребуватиме меншої кількості перехідних отворів.

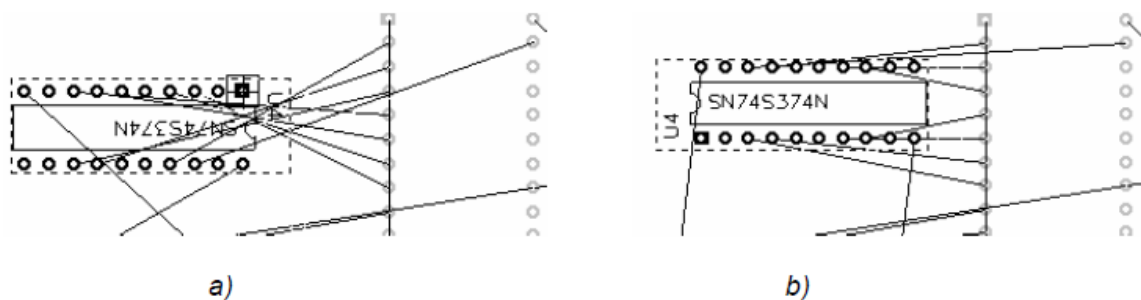


Рисунок 5.1. Варіанти розміщення мікросхеми

Варіант *b*) був отриманий з варіанту *a*) шляхом повороту мікросхеми *U4* на 180°. Поворот виділеного компонента навколо своєї осі здійснюється за допомогою клавіші *R*.

Клавіша *F* виконує дзеркальне відображення компонента, що фактично означає його перенесення на протилежний бік плати. Як відомо, розміщення компонентів по обидва боки плати застосовується лише для компонентів з планарними выводами.

Щоб, під час розміщення компонентів, було зручно відслідковувати проходження певних ліній електричного зв'язку, в команді *Edit > Nets* передбачена можливість включати і виключати відображення кожної з них. Для цього можна встановити чи зняти позначку біля назви лінії зв'язку в графі *Nets* або виділити потрібну групу ліній та скористатися кнопками *Hide Conns* (приховати зв'язки) і *Show Conns* (показати зв'язки). Там же є кнопки *Highlight*, *Unhighlight*, що застосовуються для виділення обраних ліній кольором, а також інші корисні функції. Наприклад, виділивши в графі *Nets* лінію зв'язку, в графі *Nodes* можна побачити перелік выводів компонентів, до яких вона підключена, а виділивши вивід в графі *Nodes* і натиснувши кнопку *Jump to Node*, можна встановити курсор на цей вивід.

Не слід забувати, що місце розміщення на платі певних компонентів диктується не тільки вимогами зручності прокладання провідників, а й функціональним призначенням цих компонентів. Наприклад, для уникнення перешкод у лініях живлення, на платі завжди встановлюють фільтруючі конденсатори. Так для мікросхем, виконаних за технологією TTL, бажано встановити по одному конденсатору ємністю 1-2 нФ між входами живлення мікросхеми у безпосередній близькості до них. Ці конденсатори нейтралізують високочастотну складову перешкод, що поширюються по лініях живлення в момент, коли переключення в інший стан однієї чи декількох мікросхем спричиняє різку зміну струму їх живлення. Для поглинання низькочастотної складової цих завад, встановлюють електролітичні конденсатори з розрахунку 1 мкФ на кожні 5-10 мікросхем, причому не менше половини цієї ємності треба зосередити у безпосередній близькості біля контактів роз'єму, через які живлення подається на плату.

Завершивши розміщення компонентів на платі, бажано провести оптимізацію мережі з'єднань шляхом перестановки логічно еквівалентних секцій і выводів<sup>5</sup>, що виконується командою *Utils > Optimize Nets*. В меню команди оберіть опцію *Auto* (автоматична оптимізація).

Після цього слід зберегти створений файл на диску. Результуючий файл має стандартне розширення *pcb*, але може мати як двійковий (*Binary File \*.pcb*), так і текстовий (*ASCII File \*.pcb*) формат. Двійковий формат компактніший, проте він сприймається не всіма зовнішніми програмами. Для сумісності з ними застосовують текстовий формат.

#### **5.4. Автоматичне трасування плати**

Трасуванням називають процес прокладки трас друкованих провідників, що виконується спеціальною програмою – роутером.

Щоб виконати трасування, треба відкрити файл *pcb*, в якому виконано розміщення компонентів на платі. Якщо передбачається використання роутерів *PRO Route* чи *SPECCTRA*, то в шарі *Board* обов'язково мають бути проведені контури плати.

Якщо плата має певні ділянки, які не повинні пересікатися друкованими провідниками, то контури цих ділянок, що називаються бар'єрами трасування, мають бути нанесені на плату з використанням команди *Place > Keepout* або піктограми. Нанесенню бар'єру передують команди *Options > Current Keepout*, яка визначає його параметри: що являє собою бар'єр: лінію чи полігон, а також чи поширюється даний бар'єр тільки на поточний шар провідників чи на всі шари, як, наприклад, у випадку отвору в платі.

Вікно роутера (рис. 5.2) відкривається командою *Route Autorouter*. Перш за все в полі *Autorouter* треба вибрати тип роутера. Ми радимо обрати *Quick Route* – просту програму, що дозволяє трасувати плати з числом шарів металізації не більше чотирьох. Її можливостей цілком достатньо для виконання студентських робіт. Нижче у вікні *Route Autorouters* вказуються імена за замовчуванням для файлу стратегії трасування, а також вхідного і вихідного файлів.

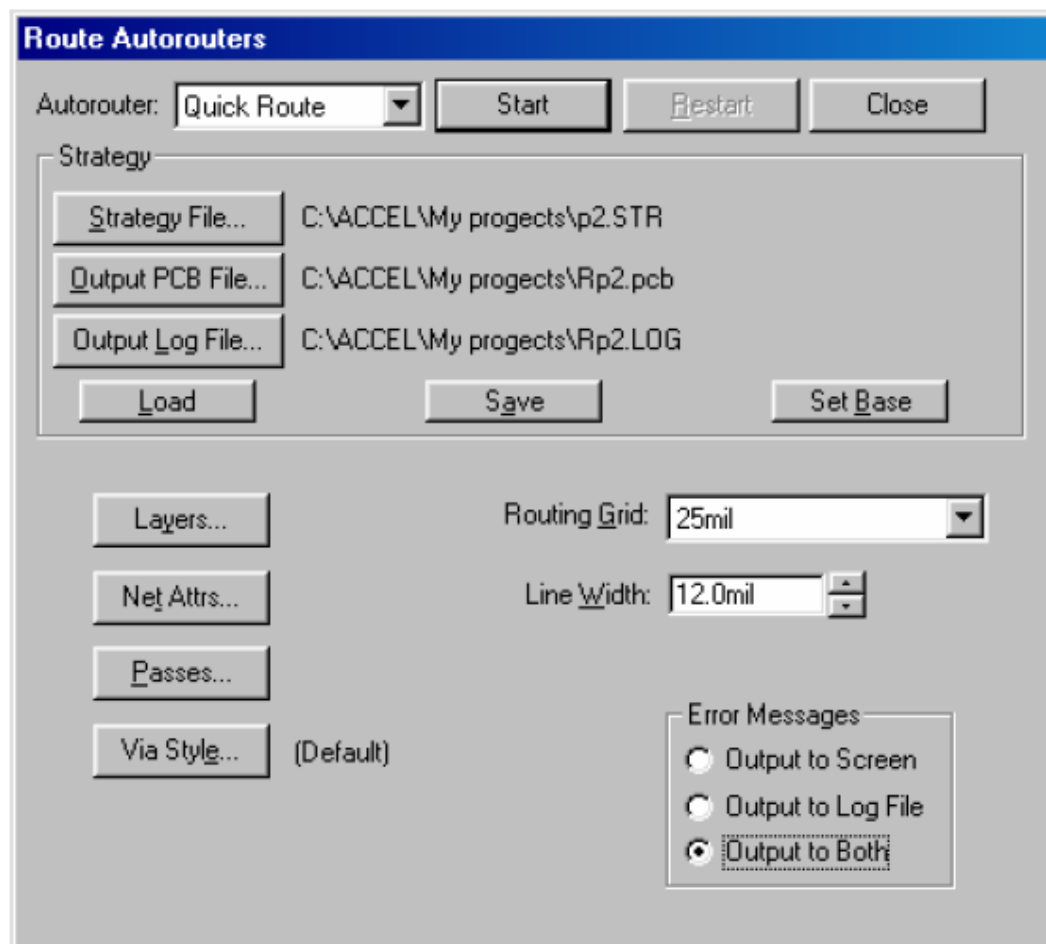


Рисунок 5.2. Вікно роутера

Файл стратегії описує правила, за якими відбувається трасування. Недосвідченим користувачам не бажано вносити змін до стратегії, що

використовується за замовчуванням, а якщо це випадково сталося, то відновити стандартні настройки можна, натиснувши кнопку *Set Base*.

Вхідним файлом роутера *Quick Route* може бути *pcb*-файл, у якому певна кількість провідників вже прокладена. Тоді роутер, не вносячи змін до вже прокладених провідників, виконує трасування решти. Така особливість цього роутера дозволяє при потребі виконувати тасування поетапно. Цьому сприяє й те, що вихідний файл має той самий формат і те ж саме розширення, що і вхідний – *pcb*. За замовчуванням ім'я вихідного файла формується з імені вхідного шляхом додавання попереду літери *R*. Звісно, роутер не може заново створити вихідний файл, якщо його попередня версія, що має те саме ім'я і розташована в тій самій папці, відкрита редактором *PCB* чи іншою програмою. В такому випадку роутер видає повідомлення з проханням закрити цей файл в інших вікнах.

В нижній частині вікна *Route Autorouters* розташовані кнопки, що застосовуються для внесення змін до параметрів шарів (*Layers*), провідників (*Net Attrs*), проходів трасування (*Passes*) та перехідних отворів (*Via Style*), а також поля, що дозволяють вибирати крок сітки трасування (*Routing Grid*), ширину провідника (*Line Width*) та місце виведення інформації про помилки (*Error Messages*).

Якщо живлення на мікросхеми подається за допомогою друкованих провідників, а не суцільних шарів металізації, то ці провідники виконують товщими за інші, бо через них проходить більший струм. До того ж зменшення опору ліній живлення сприяє зниженню рівня перешкод, що поширюються по них внаслідок зміни струму, що споживається мікросхемами. Щоб збільшити товщину цих провідників треба у вікні *Route Autorouters* натисніть кнопку *Net Attrs* або виконайте команду *Edit > Nets*. В графі *Nets* виділіть імена ліній живлення: *GND*, *+5V* тощо. Потім у вікні *Edit > Nets* натисніть кнопку *Edit Attrs*, у вікні *Attributes* – кнопку *Add*, а у графі *Name* вікна *Place Attributes* виберіть *Width* (ширина) та введіть в поле *Value* (значення) бажану ширину цих провідників, – не менше 20 міл.

Автоматичне трасування плати розпочинається натисканням кнопки *Start* у вікні *Route Autorouters*. Хід і результати трасування можна спостерігати у вікні редактора *PCB*, де автоматично закривається вхідний і відкривається вихідний файл.

## 5.5. Друк файлів PCB

Як вже відзначалось, друк в P-CAD не зводиться до простого перенесення зображення з екрана монітора на аркуш паперу. Під час друку воно може зазнавати значних трансформацій. Особливо це стосується саме редактора *PCB*, що працює зі складними багатшаровими зображеннями.

При виконанні команди *File > Print* або натисканні відповідної кнопки панелі інструментів на екран виводиться вікно діалогу, показане на рис. 5.3.

Якщо даний файл раніше не друкувався, то графа *Print Jobs* (завдання для друку) буде пустою. В цьому випадку можна або, поставивши позначку в полі *Current Display*, просто надрукувати всі елементи зображення, що відображається у поточному вікні редактора, або сформувати одне чи декілька



завдань *Print Jobs*, в яких детально задаються всі параметри друку.

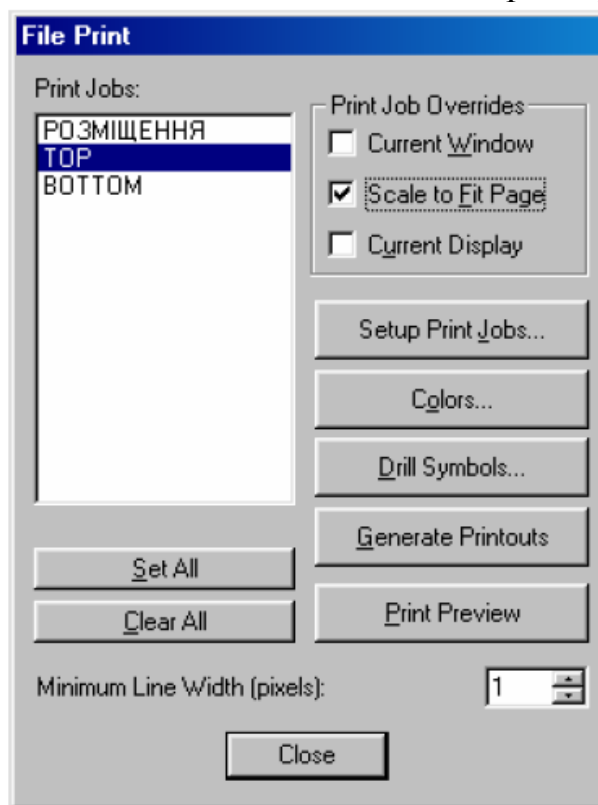


Рисунок 5.3 Параметри друку.

Для створення завдання треба натиснути кнопку *Setup Print Jobs* і перейти в вікно діалогу, показане на рис. 5.4.

Кнопки *Add*, *Modify*, *Delete* дозволяють відповідно додати завдання, ім'я якого вказується в полі *Print Job Name*, змінити або вилучити його. Кожне завдання характеризується списком шарів, зображення яких воно друкуватиме. Щоб виділити чи зняти виділення шару у графі *Layers*, треба клацнути по ньому мишкою при натиснутій клавіші *Ctrl*. Можна також робити це одразу для певних груп шарів, користуючись розташованими нижче кнопками.

Праворуч від графі *Layers* розташовані групи полів *Print Adjustment*, що дозволяють встановити масштаб (*Scale*) та зміщення зображення від краю аркуша (*X offset*, *Y offset*), а також група полів *Print Region*, що дозволяють задати координати точок, які обмежують фрагмент зображення, що друкуватиметься. Позначка в полі *Scale to Fit Page* приводить масштаб зображення у відповідність до розмірів аркуша, на якому воно буде надруковане, а позначка в полі *Design Extent* автоматично виділяє для друку тільки заповнену частину аркуша, відсікаючи його порожні ділянки.

Файл *pcb*, одержаний в результаті автоматичного трасування, друкується у вигляді:

- 1) схеми розміщення компонентів на платі;
- 2) вигляду плати з боку встановлення компонентів (шар *Top*);
- 3) вигляду плати з її протилежного боку (шар *Bottom*).

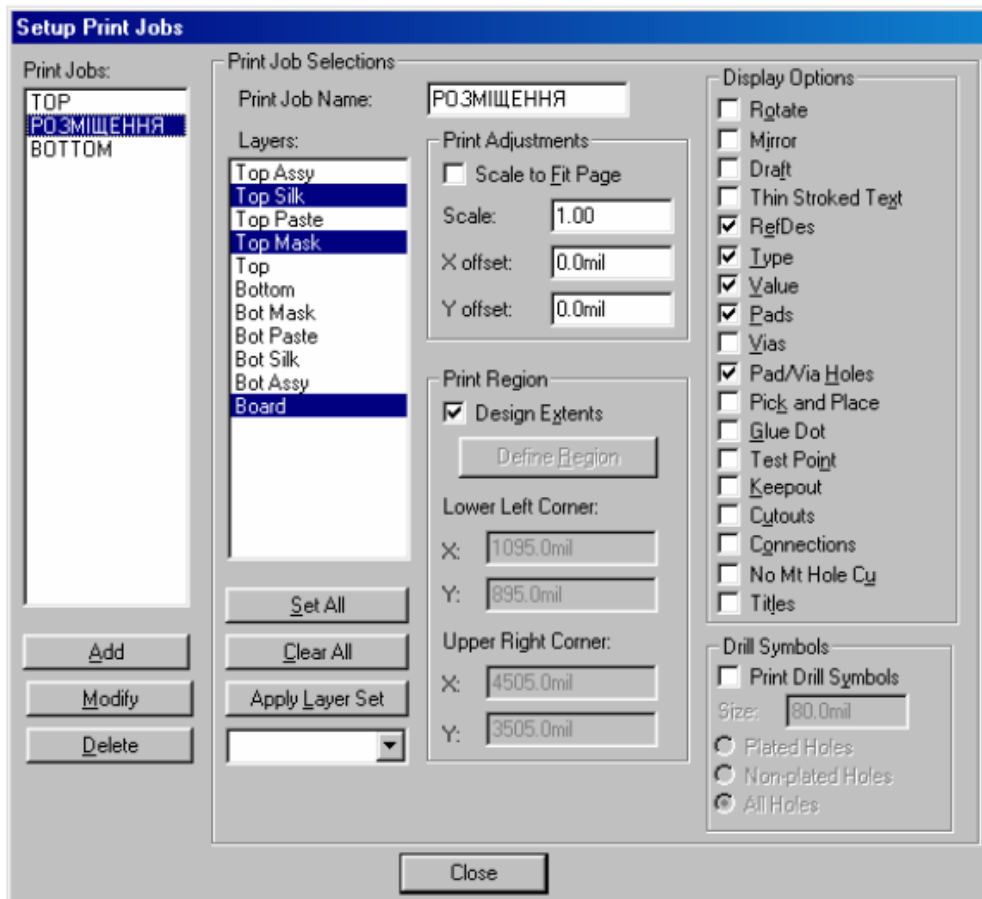


Рисунок 5.4

У відповідності до цього, в графі *Print Jobs* треба створити три завдання. Перелік шарів, які в них друкуватимуться, та їх настройки *Display Option* наведені в колонках 1 – 3 таблиць додатків 1 і 2. Завдання для друку файла зберігаються в його складі. Після внесення до завдання будь-яких змін, не забувайте натискати кнопку *Modify*. Потім кнопкою *Close* закрийте вікно *Setup Print Jobs* та поверніться до вікна *File Print* (рис. 5.3). У графі *Print Jobs* цього вікна можна вибрати одне чи декілька завдань для друку. Кнопки *Set All* і *Clear All* встановлюють чи знімають виділення з усіх завдань.

Позначки в полях вікна *File Print* означають:

- *Current Window* – друкувати не весь аркуш, а тільки ту його частину, яку видно у вікні редактора.
- *Scale to Fit Page* – привести масштаб зображення у відповідність до розмірів сторінки, що виводиться на принтер.

Вікно також має кнопку *Colors*, що служить для вибору кольорів, якими друкуватимуться різні елементи зображення в різних шарах, кнопку *Drill Symbols* для вибору графічних символів, якими позначаються отвори різного діаметру, а також поле *Minimum Line Width (pixels)*, що задає мінімальну товщину ліній в пікселях.

Кнопка *Print Preview* дозволяє переглянути на екрані підготовлене для друку зображення, а кнопка *Generate Printouts* видає його безпосередньо на принтер.

## Додаток 1

### Елементи та шари зображень

<i>Ім'я елемента зображення</i>	<i>Призначення елемента зображення</i>
Via	Перехідні отвори
Pad	Виводи компонентів
Line	Провідники та лінії
Poly	Полігони
Text	Текст

### Шари зображення

<i>Ім'я шару</i>	<i>Призначення шару</i>	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Top	Верхня сторона плати (бік встановлення компонентів)		+	
Bottom	Нижня сторона плати			+
Board	Контур плати	+	+	+
Top Mask	Маска пайки на верхній стороні плати	+		
Bot Mask	Маска пайки на нижній стороні плати			
Top Silk	Шовкографія (контури компонентів тощо) на верхній стороні плати	+		
Bot Silk	Шовкографія на нижній стороні плати			
Top Paste	Вставка пайки на верхній стороні плати			
Bot Paste	Вставка пайки на нижній стороні плати			
Top Assy	Допоміжні дані (атрибути) на верхній стороні плати			
Bot Assy	Допоміжні дані (атрибути) на нижній стороні плати			

В колонках 1 – 3 символом "+" відмічені шари, які треба включити для друку:

- 1 – схеми розміщення компонентів,
- 2 – вигляду плати з боку встановлення компонентів,
- 3 – вигляду плати з її протилежного боку.

## Додаток 2

### Опис друку файлів РСВ

Опція	Призначення	1	2	3
Rotate	Повернути зображення на 90° за стрілкою годинника	?	?	?
Mirror	Друкувати зображення в дзеркальному відображенні			+
Draft	Друкувати тільки контури товстих ліній і полігонів			
Thin Stroked Text	Друкувати текстові написи на платі	+	+	+
RefDes	Друкувати позиційні позначення компонентів	+		
Type	Друкувати назви компонентів	+		
Value	Друкувати номінали компонентів	+		
Pads	Друкувати контактні площадки	+	+	+
Vias	Друкувати перехідні отвори		+	+
Pad/Via Holes	Друкувати отвори всередині контактних та перехідних площадок	+	+	+
Pick and Place	Друкувати точки прив'язки для автоматичного монтажу компонентів			
Glue Dot	Друкувати точки приклеювання			
Test Point	Друкувати контрольні точки			
Keepout	Друкувати бар'єри трасування			
Cutout	Друкувати вирізані ділянки			
Connections	Друкувати з'єднання			
Titles	Друкувати заголовки			

В колонках 1 – 3 символом "+" відмічені опції, які треба включити для друку:

- 1 – схеми розміщення компонентів,
- 2 – вигляду плати з боку встановлення компонентів,
- 3 – вигляду плати з її протилежного боку.

### ПОБУДОВА ПРИНЦИПОВОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ З ДОПОМОГОЮ МОДУЛЯ P-CAD Schematic

#### МЕТА РОБОТИ

Вивчити можливості та особливості програми P-CAD Schematic та отримати практичні навички роботи з нею, створивши власну принципову схему.

#### ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Розробка електричних схем виконується засобами програми P-CAD 2002 Schematic із застосуванням сформованих раніше бібліотек. При цьому можливі два варіанти, коли накреслена схема не використовується при розробці друкованої плати і навіть не оформляється як схема по ЕСКД чи коли створення схеми передує розробці друкованої плати і комплекту документації на неї. У першому випадку при малюванні схем можна разом із типовими компонентними модулями (ТКМ) використовувати умовні графічні позначення (УГП). В другому випадку кожен елемент схеми повинний нести інформацію, необхідну при проектуванні друкованих плат для випуску конструкторської документації (КД).

Перший варіант в основному використовується для креслення електричних схем, використовуваних як ілюстративний матеріал для книг, журналів і т.д. Такі схеми з не меншим успіхом можуть розроблятися засобами будь-яких графічних редакторів. Другий варіант варто розглядати як один з етапів розробки друкованої плати, з чого випливає, що основне призначення програми Schematic – розробка електричних схем, що є прологом для конструювання друкованих плат. Тому випуск схем, що не несуть конструктивних параметрів, варто розглядати, як початковий етап роботи, що вимагає доробки, із введенням у неї конструкторської й іншої інформації, що буде використано при розробці друкованої плати.

Перед початком роботи програма припускає виконання ряду початкових установок і настроювань, що є подібні до настроювань модуля Symbol Editor.

Після відповідних настроювань можна приступити до складання електричної схеми, для чого треба мати досить повне представлення про створювану схему, що буває далеко не завжди. Зокрема, розроблювач може на початковій стадії роботи не мати точного представлення про використовувану елементну базу. Це може відноситися до типів елементів, їх номіналів і т.д. Але все це в цілому не заважає малювати схему, щоб надалі ввести в схему відсутню інформацію, довести її до "робочого" стану, придатного для конструювання друкованої плати.

Запустіть програму P-CAD 2002 Schematic.

## Установка бібліотек.

Робота над більшістю проектів починається з установки бібліотек. Справа в тому, що в пам'яті комп'ютера, на його вінчестері, можуть зберігатися десятки і сотні різних бібліотек, але програма працює тільки з деякими встановленими (записаними) у програму. При першому запуску програми в ній немає жодної бібліотеки, і тому, починаючи роботу з програмою, у неї необхідно записати потрібні бібліотеки, а зайві (при наявності) можна видалити. Причому склад записаних бібліотек залишається незмінним незалежно від того, з яким проектом ви працюєте, тобто, який би проект ви не вивели на робоче поле, набір бібліотек при цьому буде незмінним, поки ви не зробите нові встановлення. Склад в установлених бібліотек можна змінювати на будь-якому етапі роботи над будь-яким проектом.

Для установки бібліотек виконаєте: МН→Library (Бібліотека)→Setup (Установка). Відкриється відповідне діалогове вікно. Клацніть у ньому по кнопці Add (Додати), після чого відкриється діалогове вікно Library File Listing (Підбор бібліотек); тут ви можете відомими прийомами знайти папку і необхідну бібліотеку. Вибравши бібліотеку, клацніть по кнопці Відкрити. Але в даному випадку бібліотека не відкривається, а записується в список встановлених у програмі. Це буде відбито в списку бібліотек у діалоговому вікні Library Setup (Установка бібліотек). Повторивши описані дії, можна установити інші бібліотеки.

Щоб видалити бібліотеку, досить у діалоговому вікні Library Setup (Установка бібліотеки) виділити її і клацнути по кнопці Delete (Видалити). Бібліотека без додаткових попереджень буде вилучена. У даному випадку вона тільки виводиться з програми, і це видалення ніяк не впливає на бібліотеки, що зберігаються в комп'ютері на вінчестері.

рисування схеми кварцового генератора.

Створення схеми починається з розміщення на робочому полі необхідних УГП. Для цього існують різні способи, що на практиці можуть сполучатися в будь-яких варіаціях, що визначається конкретною ситуацією:

- вивести елементи з бібліотеки поштучно і відразу розмістити їх на потрібних місцях схеми;
- вивести всі елементи і розмістити їх осторонь від схеми, що малюється. Потім, у міру виконання роботи, перемістити їх на потрібні місця;
- вивести з бібліотеки по одному екземпляру кожного елемента і тимчасово розташувати їх осторонь від схеми, що малюється. В міру малювання схеми використовувати ці резервні копії, копіюючи їх і розміщуючи на відповідних місцях;
- вивести з бібліотеки і розмістити відразу на свої місця тільки перші екземпляри елементів, а для повторного використання зробити копії з уже розміщених на схемі. Такий варіант можна застосовувати навіть у тому випадку, якщо елемент з'єднаний провідниками з іншими елементами, має позиційне позначення і визначений номінал.

Клацніть по кнопці Place Part (Розміщення елемента). Виведіть покажчик миші в будь-яке місце робочого поля і клацніть ЛК. Відкриється однойменне діалогове вікно. Звичайно в цьому діалоговому вікні відкрита бібліотека, з якою ви працювали останнього разу. Ім'я цієї бібліотеки показано в рядку Library (Бібліотека). Якщо вам для роботи потрібна інша бібліотека, то клацніть у вікні Library (Бібліотека) і розгорнеться список встановлених бібліотек, у якому виберіть потрібну.

Якщо потрібної бібліотеки в списку не виявилось, то її можна встановити безпосередньо з діалогового вікна Place Part (Розміщення елемента). Для цього клацніть по кнопці Library Setup (Установка бібліотеки). На екрані з'явиться однойменне діалогове вікно, про яке говорилося вище.

Коли в діалоговому вікні Place Part (Розміщення елемента) у вікні Library зазначена необхідна бібліотека, то у вікні Component Name (Ім'я компонента) будуть показані імена усіх її елементів. Якщо ви хочете попередньо переглянути символ компонента, то виберіть його мишею і клацніть по кнопці "Browse" (Перегляд). У цьому випадку відкриється додаткове вікно, у якому ви побачите умовне графічне позначення обраного елемента. Трохи нижче, під вікном, з'явиться інформація про імена символу і посадкового місця (якщо, звичайно, останнє є у складі компонента).

На даному етапі роботи, перш ніж вивести елемент на робоче поле, ви маєте можливість:

- замінити "пустишку" {RefDes} на конкретне позиційне позначення, наприклад VD17;
- ввести тільки буквенний код елемента, наприклад XS, але не вводити цифру позиційного позначення;
- змінити буквенний код позиційного позначення, введений в УГП при його розробці;
- замінити "пустишку" {Value} на конкретне значення;
- змінити встановлений номінал елемента.

Якщо компонент не має конкретного позиційного позначення (цифрової частини), то перша копія цього елемента, виведена на робоче поле, одержить автоматично позиційне позначення, причому кожна наступна копія буде одержувати черговий номер. Якщо в елемента немає буквенного коду, то програма для всіх подібних елементів використовує єдиний код U (перша буква слова Untitled – без імені) і наскрізну нумерацію.

Повторимо, що заміна "пустишок" виконується в діалоговому вікні Place Part (Розміщення елемента) у вікнах RefDes (Позиційне позначення) і Value (Значення), хоча таку заміну на даному етапі роботи робити не обов'язково чи ви можете виконати її частково.

Забігаючи вперед скажемо, що при розміщенні елементів на робочому полі немає необхідності піклуватися про правильність позиційних позначень елементів. На заключному етапі всі позиційні позначення елементів можна буде упорядкувати автоматично чи вручну.

Ще одне зауваження: текст {Type}, що входить в опис елемента, зміні не підлягає. Цей текст відповідає імені елемента в бібліотеці і встановлюється автоматично.

Завершивши всі необхідні призначення в діалоговому вікні Place Part (Розміщення елемента), клацніть по кнопці ОК. Вікно згорнеться, а покажчик миші буде готовий до нанесення на робочому полі обраного елемента.

Для малювання пробної схеми викличте з бібліотеки елемент ТРАНЗ Р-Н-Р. Підведіть покажчик миші до місця розміщення елемента. При цьому майте на увазі, що там, де ви поставите покажчик, буде знаходитися точка прив'язки даного елемента. Це варто враховувати, щоб правильно розміщувати елемент на робочому полі. Саме тому при розробці умовного графічного позначення (УГП) рекомендувалося точку прив'язки розташовувати в середині зображення (оптичний центр).

У місці розміщення елемента клацніть лівою клавішею (ЛК): елемент з'явиться на обраному місці в тому положенні, що було показано у вікні при попередньому перегляді.

Якщо в процесі розміщення елемента ви хочете відразу змінити його орієнтацію, то, підвівши покажчик миші до позначки "дислокації" цього елемента, натисніть і не відпускайте ЛК, потім клацніть по клавіші R. У результаті зображення елемента при кожному щиглику по клавіші R буде повертається на 90° проти годинникової стрілки. Досягши необхідної орієнтації об'єкта, відпустіть ліву кнопку миші.

Деякі УГП при їхньому розміщенні необхідно перевернути, тобто, одержати дзеркальну копію. Це робиться аналогічно, поки не відпущена ліва кнопка, але при цьому варто клацати по клавіші F.

Не виключено, що після різних маніпуляцій з УГП написи, що входять у їх склад, виявляться невірні поверненими або будуть знаходитися в невдалих місцях. Усі такі графічні помилки нескладно виправити, про що буде розказано нижче.

Малюючи схему кварцового генератора описаними прийомами, одержите необхідну орієнтацію транзистора, як це показано на рис.5.1. Тепер можна зайнятися другим транзистором, що одержимо методом копіювання.

Встановіть режим Select (Вибір), клацніть ЛК по об'єкту – він разом із супровідними написами змінить колір. Після цього натисніть і утримуйте клавішу Ctrl на клавіатурі. Схопіть мишкою обраний об'єкт і, не відпускаючи кнопку, перетягніть копію на необхідне місце і там відпустіть кнопку.

Тепер необхідно вивести на робоче поле резистор. Повторіть всі дії, починаючи з щиглика по кнопці Place Part (Розміщення елемента), і викличте на робоче поле тільки один резистор, при цьому змініть його орієнтацію на вертикальну. Потім скопіюйте його чотири рази (усього вийде п'ять резисторів), по можливості розміщуючи копії там, де вони повинні бути на схемі.

Створюючи будь-яку схему, практично неможливо розставити всі елементи в потрібних місцях. Так чи інакше їх прийдеться пересувати по робочому полю, причому робити це можна на будь-якій стадії роботи зі схемою і багаторазово.

Для переміщення компонента (елемента) встановіть режим Select (Вибір), клацніть по елементу – він буде виділений кольором. Потім клацніть по ньому ЛК і, утримуючи її натиснутою, пересуньте обраний об'єкт на нове місце.

Коли елементи піддаються повороту чи перевертоту, то відповідно змінюється положення всіх супровідних текстів (RefDes і ін.), тому їхне



положення варто упорядкувати. Для цього включіть режим Select (Вибір), натисніть і утримуйте клавішу Shift і клацніть ЛК по тексту, що потрібно перемістити чи повернути. Потім, не відпускаючи ЛК, перетягніть напис на нове місце, а натискаючи на клавішу R, розверніть його.

Нагадаємо, що, згідно ДСТ, позиційне позначення елемента і його тип повинні бути розташовані обов'язково горизонтально. Вертикально дозволяється наносити тільки номінал елемента, те, що в УГП і ТКМ позначається "пустишкою" {Value}.

Коли елементи схеми будуть розміщені на потрібних місцях, усі зайві і невикористані УГП потрібно видалити, інакше при автоматичному призначенні позиційних позначень елементів схеми програма включить і ці, зайві елементи в загальну послідовність позначень.

Для видалення об'єктів перейдіть у режим Select (Вибір) і виберіть один чи декілька об'єктів, після чого клацніть по клавіші Delete (Видалити).

Після того як ви виведете і розмістите на робочому полі транзистори і резистори можна приступати до креслення зв'язків і провідників, причому ці з'єднання виходять або за допомогою малювання ліній, що зображують електричні колоди, або шляхом сполучення висновків розташованих поруч елементів.

Пересуньте зображення резисторів R3, R4 і R5 так, щоб збіглися жовті квадратики на кінцях виводів, і ви побачите, що при точному сполученні ці квадратики зникають – між даними виводами елементів утворився зв'язок чи з'єднання. Програма зафіксувала у своїй пам'яті дане з'єднання.

Більшість з'єднань в електричних схемах будується лініями. Причому варто мати на увазі, що в програмі є команда Place Line (Розміщення ліній), що дозволяє малювати лінії як елементи графічних об'єктів, але до креслення електричних кіл і зв'язків вона відношення не має.

Для креслення електричних кіл клацніть по кнопці Place Wire (Провідник). Починаючи роботу з цією командою, зверніть увагу на Рядок стану – там відображений режим ортогональності. При малюванні схеми встановіть Ortho=90. Якщо в цьому рядку зазначений інший режим, змініть його натисканням на клавішу O (латинська літера).

Підведіть покажчик миші до початку кола, що малюється, (наприклад, до виводу елемента) і клацніть ЛК. Подальші дії залежать від конкретної ситуації. Якщо коло коротке, то після клацання по початковій точці кола відразу клацніть по його кінцевій точці. Коло буде накреслено, причому, якщо точки початку і кінця контуру розташовані по діагоналі, то коло буде складено з двох частин, по осях координат.

Якщо коло довге чи припускає наявність декількох точок перегину (поворотів), то друге клацання миші можна зробити в проміжній точці, що звичайно є точкою бажаного місця перегину контуру. І так кілька разів по шляху проходження кола, поки не підведете до точки, у якій воно повинно закінчитися, наприклад з'єднатися з вільним виводом іншого елемента. Після кожного клацання ЛК на схемі буде з'являтися черговий фрагмент кола. Якщо клацнути ЛК і не відпускати кнопку миші, то черговий фрагмент буде показаний у попередньому виді (світлі лінії на темному тлі), і тоді ви зможете видозмінити цей фрагмент, клацаючи по клавіші F. Таким чином, прокладаючи

коло по "листу" схеми, ви можете бачити результат і відразу "по гарячих слідах" вносити зміни, клацаючи по клавіші F. Коли варіант прокладки кола буде обраний, відпустіть кнопку миші, коло чи його фрагмент буде зафіксований на схемі.

При точному сполученні початку чи кінця кола з виводом елемента (чи кінцем іншого кола) відбувається автоматичне їхнє з'єднання. Наочно це відображається на екрані зникненням жовтих квадратиків на кінцях незадіяних (висячих) виводів елементів чи інших кіл.

Якщо коло, що знову малюється, підвести до раніше накресленого і там клацати ЛК, то в місці з'єднання буде автоматично нанесена точка їхнього з'єднання, і в результаті утвориться єдине електричне коло.

Якщо ж при кресленні провести коло над уже наявним, то з'єднання таких кіл не відбувається. Однак, коли коло проходить над відкритим кінцем кола чи виводу елемента (жовтим квадратиком), він підключається до цього виводу незалежно від вашої волі. У подібних ситуаціях, якщо з'єднання в даній точці не потрібне, то коло варто прокладати осторонь від "жовтих квадратиків".

В усіх випадках прокладка кола закінчується клацанням ПК, а клацання ЛК відновлює дію команди малювання, і ви можете почати креслення чергового кола з будь-якої нової точки чи продовжити малювати незакінчене.

Якщо тільки що накреслене коло виявиться невдалим, то можна видалити його клацнувши по кнопці Undo (Повернення). Докладно про всі прийоми редагування кіл буде розказано нижче.

Після закінчення креслення кола пробна електрична схема повинна стати схожою на представлену на рис.б.1.

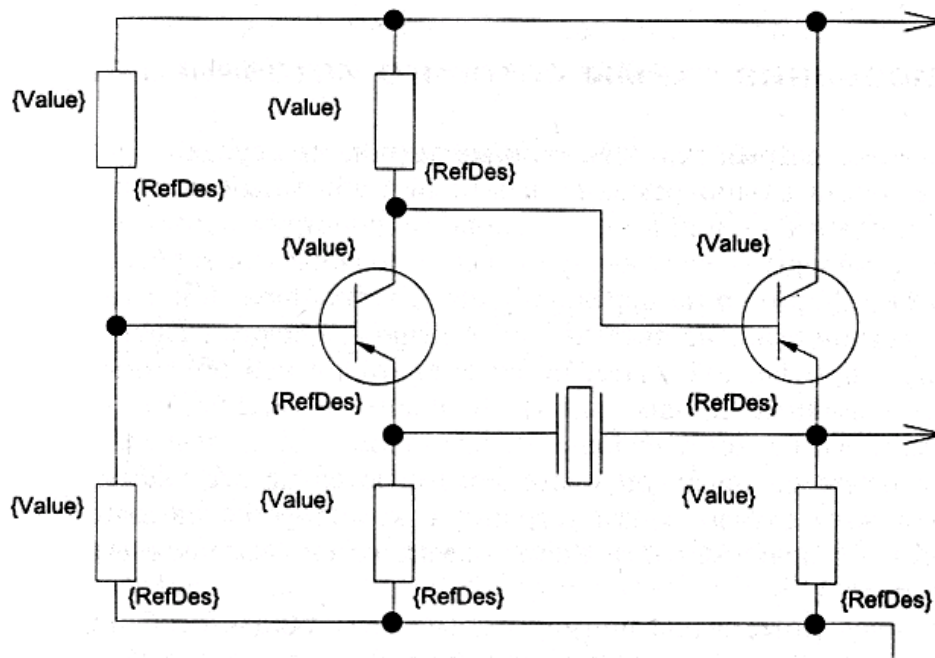


Рисунок 6.1. Схема кварцового генератора

Робота зі схемою.

Термін "робота" у даному випадку включає широкий спектр дій, пов'язаних зі зміною графіки і "композиції" схеми, із введенням конкретних

параметрів (номіналів), типів і позиційних позначень складових частин схеми, з формуванням технологічних і конструктивних вимог до друкованої плати, і багато інших дій зі схемою.

Робота зі схемою може включати:

- коректування кола, що включає зміну форми чи траси його прокладання, повторне прокладання кола іншим чином і зміну місць підключення компонентів;

- зміна положення компонентів (УГП);

- упорядкування позиційних позначень;

- зміна графіки символів;

- уведення номінальних значень;

- уведення типів елементів і зв'язаних з ними конструктивних параметрів;

- уведення додаткових ознак компонентів;

- групову заміну однотипних елементів;

- установку конструктивних параметрів друкованої плати, що поширюються на весь проект;

- установку класів кіл і прив'язку конкретних кіл до цих класів;

- установку конструктивних параметрів для класів кіл;

- установку конструктивних зазорів між різними колами;

- перевірку схеми на помилки логічного типу;

- розподіл схеми;

- створення таблиці елементів (напівфабрикат для переліку елементів);

- створення таблиці кола (проміжний файл для зв'язку з програмою P-CAD PCB).

#### Команди контекстного меню.

Більшість прийомів роботи зі схемою (чи з друкованою платою) включають вибір елемента (чи групи елементів) і наступне включення чи запуск необхідної команди. Причому це можуть бути команди, що ведуть до видозміни обраного об'єкта, але можуть бути команди введення чи зміни параметрів чи об'єкта супровідної інформації. Іншими словами, над обраним (виділеним) об'єктом може відбуватися широкий спектр дій усілякого призначення і характеру, причому більшість цих дій може бути виконано (запущено чи задіяно) за допомогою ПК.

Отже, коли елемент (чи група) обраний, ви можете клацнути ПК. Причому положення покажчика миші на робочому полі не має значення. У результаті буде відкрите контекстне меню. Склад (зміст) цього меню прямо залежить від обраного об'єкта (чи групи об'єктів). Нижче приведений узагальнений перелік команд, що запускаються "з-під правої кнопки" у програмах P-CAD Schematic і PCB.

- Add Vertex (Додати вершину чи точку зламу). Обраний окремий фрагмент друкованого провідника (прямолінійна ділянка) буде розділений на дві рівні частини, причому одна з частин залишиться в обраному виді, і з нею можна відразу продовжити роботу, як із самостійним фрагментом. Друга частина також може коректуватися окремо.

- Align (Вирівнювання). Дублює команди: Edit – Align Parts. У результаті дії цієї команди компоненти (група ТКМ чи посадкові місця) будуть

розташовані строго на одній лінії. Ця лінія буде проходити через базові крапки компонентів. Вирівнювання може бути по горизонталі чи по вертикалі. Якщо буде уведена відповідна установка, то компоненти можуть бути розміщені також на рівних відстанях. Крім того, можна вибрати варіант, при якому буде виконане вирівнювання по сітці, при якому елемент (чи група) буде зміщений, і крапки прив'язки потраплять у вузли встановленої сітки. Спочатку варто вибрати усі компоненти, що підлягають вирівнюванню, запустити "з-під правої кнопки" команду Selection Point і вказати базову крапку, щодо якої буде зроблене вирівнювання. Потім необхідно повторити запуск команди, з-під правої кнопки, і вибрати Align. У діалозі, що відкрився, варто встановити умови вирівнювання.

- Ascend (Перейти на більш високий рівень). Дублює команди: View – Ascend. При роботі з листом схеми, на якому показана розгорнута схема модуля, і ви вибрали елемент зв'язку модуля (це символ чи вивід, що еквівалентно відповідає виводу на спрощеному зображенні модуля), то програма покаже табличку з переліком модулів, застосованих у даній схемі. Вам необхідно вибрати той, з яким ви хочете працювати, після чого програма відкриє лист схеми, на якому показаний обраний модуль, причому покажчик миші буде знаходитися на обраному елементі зв'язку модуля.

- Copy (Копіювати в буфер). Дублює команди: Edit – Copy. Команда дозволяє записати в буфер обміну копію обраного об'єкта.

- Copy Matrix (Мультиплікація). Дублює команди: Edit – Copy Matrix. Команда дозволяє багаторазово відтворити обраний об'єкт. Копіювання об'єкта може вироблятися по двох осях (вертикальній і горизонтальній) чи, як окремий випадок, по одній осі. Кількість вертикальних стовпців і горизонтальних рядів встановлюється в діалозі, що відкривається. У цьому ж діалозі окремо встановлюються відстані між стовпцями і рядами.

- Cut (Вирізати і відправити в буфер). Дублює команди: Edit – Cut. Команда дозволяє вирізати (видалити) обраний об'єкт і відправити його в буфер обміну.

- Delete (Видалити). Дублює команди: Edit – Delete. Команда видаляє обраний об'єкт. У випадку помилкових дій повернути об'єкт на колишнє місце можна за допомогою команди Undo (Повернення).

- Descent (Понизити рівень) Дублює команди: View – Descent. Якщо обраний модуль (спрощене зображення у виді прямокутника з виводами) і ви задіяли дану команду, то програма покаже табличку з переліком елементів зв'язку модуля (фактично, це виводи модуля). Вам необхідно вибрати елемент зв'язку, з яким ви хочете працювати, після чого програма відкриє лист схеми, на якому показана схема модуля, причому покажчик миші буде знаходитися на обраному елементі зв'язку модуля.

- Edit Nets (Показати перелік колоів). Дублює команди: Edit – Nets. У результаті буде відкритий відповідний діалог, що містить перелік усіх кіл проекту. Діалогові вікна в різних програмах відрізняються одне від одного. У випадку якщо був обраний один об'єкт (чи група), то у вікні, що відкрилося, усі кола, зв'язані з ним, будуть виділені кольором.

- **Explode (Розчленувати).** Дублює команди: Edit – Explode. Ця команда дозволяє перетворити об'єкт, записаний у виді єдиного блоку, у набір окремих складових частин.

- **Highlight (Підсвічування).** Дублює команди: Edit – Highlight. У результаті дії цієї команди виділений (обраний) об'єкт буде пофарбований у колір підсвічування. Цей колір, єдиний для всіх об'єктів, встановлюється в діалозі Options Display.

Якщо в діалозі Options Configure встановлений прапорець у вікні DDE Hotlinks (Design Date Exchange Hotlinks – Взаємозв'язок зміни даних у проекті), то об'єкт, підсвічений в одній програмі, наприклад у Schematic, буде також підсвічений в іншій, наприклад у P-CAD PCB.

- **Highlight Attached Nets (Підсвічування підключених кіл).** Ця команда фарбує в колір підсвічування всі кола, підключені (приєднані) до обраного об'єкта. Колір підсвічування встановлюється в діалозі Options Display.

- **Net Info (Інформація про коло).** Відкривається діалогове вікно, що несе тільки довідкову інформацію про виділене коло.

- **Properties (Властивості)** Дублює команди: Edit – Properties. Команда відкриває діалогове вікно, вид якого залежить від обраного об'єкта (об'єктів). Вікно містить частину інформації в недоступному для зміни виді, тобто, ця інформація носить довідковий характер. Інша частина інформації доступна для зміни.

Відкрити діалог Properties, крім зазначених вище двох способів, можна подвійним клацанням миші по обраному об'єкту.

У деяких ситуаціях, коли одночасно обрано об'єкти, що сильно відрізняються, діалог Properties може не відкритися, чи, якщо він навіть відкриється, інформація буде показана в недоступному виді, і внести зміни не вдасться. У цьому випадку діалог Properties носить довідковий характер.

Якщо обрано кілька об'єктів і в діалозі Properties є можливість ввести (чи змінити) інформацію, то після клацання по кнопці ОК ця інформація буде записана одночасно для всіх об'єктів.

Для групового коректування важливо правильно вибрати об'єкти, для цього доцільно скористатися установками у вікнах діалогу Options Block Selection, тоді можна буде легко вибрати визначену групу об'єктів, а потім усю групу одночасно відкоригувати.

В усіх випадках, коли не вдається відкрити діалог Properties чи одержати активною необхідну установку, варто змінити варіант вибору об'єктів.

- **Select Contiguous (Вибір зв'язаних об'єктів).** Команда функціонує в програмі Schematic. При цьому, якщо був обраний фрагмент кола, то програма переведе в режим вибору весь коло, але тільки в межах одного листа схеми. Продовження кола на іншому листі після точки розриву чи на виході із шини виділятися не буде.

- **Select Net (Вибір кола).** Команда функціонує в програмі Schematic, при цьому, якщо був обраний фрагмент кола, то програма переведе в режим вибору все коло, у тому числі всі його продовження, навіть розташовані на інших аркушах.

- **Selection Point** (Вибір точки прив'язки). Команда дозволяє змінити положення точки прив'язки обраного об'єкта. Необхідність у цьому може виникнути, наприклад, коли передбачається повернути об'єкт навколо конкретної точки чи в тому випадку, якщо кілька об'єктів повинні бути автоматично розташовані в один ряд за допомогою команди **Align**. В усіх цих випадках програма базується на існуючих точках прив'язки об'єктів, закладених у символі (чи посадковому місці). Після клацання по рядку **Selection Point** варто підвести покажчик миші до нового місця розташування точки прив'язки і клацнути ЛК. Точка прив'язки буде переміщена і показана на новому місці, тобто буде видима. Але після вимикання режиму вибору ця точка буде знову невидима. Нагадаємо, що в звичайному режимі роботи з програмами **Schematic** і **P-CAD PCB** точки прив'язки об'єктів не показуються.

- **Unhighlight** (Відмова від підсвічування). Дублює команди: **Edit – Unhighlight**. Ця команда знімає підсвічування з обраного об'єкта.

- **Unhighlight Attached Nets** (Відмова від підсвічування підключених колоїв). Команда виключить підсвічування з кіл, підключених до обраного об'єкта.

Далі буде розказано про прийоми коректування схеми. Нагадаємо, що усі варіанти редагування схеми зв'язані з процедурою попереднього вибору об'єкта чи групи об'єктів. Якщо необхідно вибрати складову частину УГП, то варто натиснути й утримувати клавішу **Shift** і в цей час зробити відповідний вибір.

#### Переміщення УГП.

Переміщення обраного компонента (об'єкта чи групи об'єктів) здійснюється методом захоплення і перетягування його на нове місце. Для захоплення варто клацнути ЛК по обраному об'єкту і, утримуючи кнопку натиснутою, змістити об'єкт чи групу об'єктів. Усі кола, підключені до переміщуваного компонента (об'єкту), будуть зберігати з'єднання, видозмінюючись і деформуючись при переміщенні.

#### Поверот і переверот УГП.

Обраний компонент може бути повернутий шляхом клацання по кнопці **R** і перевернутий – клацанням по кнопці **F**. Обертання компонента відбувається навколо точки прив'язки (базової точки) проти годинникової стрілки. Переверот об'єкта рівноцінний одержанню дзеркального зображення щодо вертикальної осі. При перевероті написи, що входять в УГП, зберігають нормальну орієнтацію. При обертанні і перевертанні об'єкта підключені кола так само зберігають своє з'єднання.

#### Зміна графіки символів.

Якщо графіка символу вас не влаштовує, то вона може бути змінена. Щоб змінити графіку одного елемента, його варто вибрати, клацнути ПК і в контекстному меню вибрати рядок **Explode** (Розчленувати). Обраний об'єкт перетвориться в набір самостійних частин, і з ним можна зробити будь-які зміни. Але цей елемент втрачає всі властивості бібліотечного елемента, і можливо, що його знову прийдесться записувати в бібліотеку. Тому застосовувати даний прийом коректування дуже небагато.

Більш простий спосіб індивідуального коректування зводиться до вибору клацанням покажчика миші по складовій частині символу при натиснутій

клавіші Shift. Обрана в такий спосіб частина символу може коректуватися окремо. Але в такий спосіб вдається відкоректувати тільки зображення виводів (довжина, орієнтація, і т.д. ) і супровідні тексти.

Щоб змінити графіку символу (в одного чи групи символів), необхідно запустити програму Symbol Editor, вивести звичайним способом на робоче поле потрібний символ і зробити його корекцію. У цьому випадку ніяких обмежень по коректуванню немає. При необхідності символ може бути створений навіть заново. Потім виконайте команди: МН→Symbol (Символ)→Save (Зберегти). У діалозі Symbol Save to Library (Зберегти символ у бібліотеці) у вікні Symbol варто зберегти старе ім'я і клацнути ОК. Тепер у бібліотеці символ видозмінений, і при подальшому його використанні він буде з'являтися з виправленою графікою, але в раніше розроблених схемах він збережеться без змін.

Щоб ввести змінену графіку символу в раніше розроблену схему, включіть режим Select (Вибір) і виконайте: МН→Utils (Службові програми)→Force Update (Примусові зміни). У відповідному діалозі, що відкрився, виберіть у вікні Component, ім'я компонента, що ви хочете змінити (чи відразу групу компонентів). Потім варто вибрати варіант заміни:

- Merge Attributes (Favor Library) – перевага в ознак з бібліотеки;
- Merge Attributes (Favor Design) – перевага в ознак із проекту;
- Replace Attributes In the Design – змінити положення ознак у проекті;
- Ignore Attributes From Library – ігнорувати ознаки з бібліотеки.

Встановлюючи прапорці у відповідні вікна, ви можете настроїти варіант заміни. Зокрема, ви можете змінити тільки графіку символу і не торкати положення і зміст ознак компонентів, що були вами раніше розміщені на схемі в потрібних місцях.

Коли установки в діалозі Force Update зроблені, клацніть по кнопці Update (Змінити). Програма видасть попередження, що дана операція необоротна. З цим прийдеться погодитися.

У результаті відбудеться заміна графіки всіх заявлених (відзначених у списку) символів на електричній схемі.

Робота з колами електричних схем.

У даному розділі розглядаються прийоми внесення змін у кола електричних схем.

#### Переміщення кіл.

Подібне коректування змінює тільки зовнішній вигляд схеми, наприклад робить її більш зрозумілою, і має варіанти, що визначаються тільки вибором:

- переміщення окремих фрагментів кола;
- одночасного переміщення декількох фрагментів кола;
- переміщення всього кола в цілому;
- переміщення фрагментів кола разом з компонентом (елементом).

Для виконання всіх перерахованих вище дій коло (чи його фрагмент) варто вибрати, захопити мишею і, не відпускаючи ліву кнопку, зміщувати на

нове місце. Клацання по клавіші R дозволяють повертати коло на 90°, при цьому електричні зв'язки не порушуються.

#### Деформація кіл.

Якщо коло обране, то на його кінцях з'являться кольорові (чи білі) квадратики, іменовані "ручками". Для коректування кола можна схопитися мишею за кожну з ручок і, зміщуючи мишу, перемістити кінець кола на нове місце, при цьому коло змінить розмір і орієнтацію на площині. Електричний зв'язок при цьому не порушується.

#### Видалення кола.

Будь-який обране коло чи його фрагмент може бути вилучене клацанням по клавіші Delete (Видалити). Один із прийомів видалення кола полягає у виборі тільки одного його фрагмента на будь-якій ділянці. Потім клацніть ПК і в меню виберіть команду Select Net (Вибір кола). У цьому випадку все коло буде обрано, незалежно від його довжини (на декількох аркушах, із точками розриву і т.д. ), після чого можна клацнути на клавіатурі по клавіші Delete (Видалити). Коло буде цілком вилучено.

Слід зазначити, що команда Delete є у контекстному меню, що відкривається ПК, чи може бути виконана як послідовність команд: Edit→Delete.

#### Видалення фрагмента кола.

У будь-якому колі може бути вилучено (вирізано) будь-який окремий його фрагмент. Фрагмент, що видаляється, повинен бути виділений будь-яким прийомом вибору, а потім виконана команда Delete (Видалити), про яку говорилося вище. Якщо коло складається тільки з одного фрагмента, то воно видаляється повністю. Вирізати частину кола на прямолінійній ділянці не можна.

При видаленні фрагмента з кола воно розпадається (розділяється) на дві чи більш частин, що стають самостійними колами. Одна частина (фрагмент) зберігає старе ім'я, а інша автоматично одержує нове, котре залежить від того, як коло піддавалося операції розділення:

- якщо видалення фрагмента виконувалося в звичайному колі, що має ім'я, дане їй програмою (це кола з іменами типу NET 00127), то один із фрагментів кола, що залишилися, збереже старе ім'я, а новому фрагменту програма автоматично привласнить аналогічне нове ім'я;

- розподіл іменного кола, тобто кола, з ім'ям, уведеним користувачем, виконується так само, як описано вище. При цьому один фрагмент збереже ім'я старого кола (буде іменним колом), а друга частина кола одержить автоматично ім'я по типу "NET 00456". Нагадаємо, що розроблювач схеми може сам привласнювати імена колам, а в іншому вони нічим не відрізняються від звичайних, з іменами, привласненими програмою;

- якщо коло, у якому видаляється фрагмент, відноситься до загального (глобального), то фрагменти кола, що залишилися, зберезуть старе ім'я, незважаючи на те що вони на схемі візуально розділені. Наприклад, якщо розділити коло Земля, то частини зберезуть колишнє ім'я;

#### Поділ кола.



Розподіл кола на дві (чи більше) фрагменти здійснюється шляхом видалення (вирізання) фрагмента даного кола прийомами, описаними вище. Місця розриву кола в цьому випадку можуть бути відзначені жовтими квадратами, і вам належить вирішити, як розпорядитися цими висячими кінцями тепер уже різних кіл.

#### Видалення точки з'єднання кіл.

Точка з'єднання кіл видаляється тільки разом з підключеним колом чи прилягаючим його фрагментом. Після цієї операції необхідно відновити вилучені кола, але не допускаючи їхнього з'єднання.

#### Уведення точки з'єднання кіл.

Якщо кола перетинаються і не мають з'єднання, а ви хочете в цьому місці дані кола з'єднати, то необхідно видалити один із фрагментів кола, а потім знову його намалювати, але при цьому обов'язково клацнути ЛК у місці з'єднання.

#### Уведення нового кола.

При коректуванні електричної схеми нові кола додаються звичайними прийомами, як при малюванні схеми. Це можуть бути цілком нові кола, наприклад, що з'єднують раніше не задіяні виводи елементів чи додаткові фрагменти до існуючого кола.

Нові кола одержують автоматично нові імена типу NET00128. Якщо в результаті коректування раніше існуючі кола будуть об'єднані, то вони одержать один загальний номер. Програма поставить запитання, яке ім'я зберегти.

#### Урізання елемента.

Якщо коло намальоване і ви хочете ввести (видалити) елемент у розрив кола, то виведіть елемент з бібліотеки (чи використовуйте копію раніше виведеного елемента) і розташуйте так, щоб він ліг виводами на коло. Тоді коло автоматично розірветься, елемент буде вставлений у розрив, а різні частини кола одержать різні позначення (номера).

#### Параметри кола.

Усі параметри кола зосереджені в діалоговому вікні Edit Nets (Редактор кіл), що відкривається: МН→Edit Nets чи через контекстне меню, що відкривається правою кнопкою. Діалог з аналогічним ім'ям є в програмі P-CAD PCB, але істотно відрізняється від даного.

Діалогове вікно Edit Nets дозволяє вибрати з загального списку кіл проекту один чи кілька кіл, з якими можна виконувати визначені дії, у тому числі вводити чи змінювати ознаки кола (чи шин), зберігати чи видаляти кола чи шини.

У зоні Type (Тип) можна встановити варіант кола, з яким ви хочете працювати. Це може бути Net (Мережа, коло) чи Bus (Шина). Після установки прапорця в одному з цих вікон діалог частково змінюється.

У зоні Net Filter (Добірка кіл) можна вибрати варіант вибірки показуваних кіл (чи шин): All Nets (Усі кола) чи Global Nets Only (Тільки загальні, глобальні кола).

У вікні Net Names (Назви кіл) приведені імена кіл відкритого проекту. Залежно від установки в зоні Net Filter це може бути список абсолютно всіх кіл чи тільки загальних, глобальних.

У вікні Bus Names (Назва шин) наведені імена шин. Вікно відкривається при відповідних установках у зоні Type даного діалогу.

У вікні Nodes (Виводи) показані усі виводи елементів, підключені до обраного кола. Якщо діалог працює в режимі Bus (Шина), то в цьому вікні перераховані всі кола, що проходять через дану шину (підключені до шини). Інформація в цьому вікні з'являється тільки при виборі одного кола у вікні Net Names чи однієї шини у вікні Bus Names.

У вікні Sheets (Аркуші) приводиться список аркушів схеми, на яких є обране коло чи шина.

Робота з діалогом зводиться до вибору необхідного кола (чи шини), що робиться клацанням миші по відповідному рядку у вікні Net Names (чи Bus Names). Якщо необхідно вибрати кілька кіл, розташованих у списку поруч, можна провести покажчиком миші по цих назвах. Усі вони будуть обрані. Групу кіл можна скласти, додаючи їх поштучно при натиснутій кнопці Ctrl.

У випадку, якщо діалог був відкритий після вибору конкретного кола (чи шини) на електричній схемі, це коло (чи шина) буде відразу виділено кольором у загальному списку.

Коли вибір кола чи шини зроблено, усі кнопки діалогу стають активними. Клацання по цих кнопках дозволяє виконувати визначені дії з обраними об'єктами.

- Rename (Перейменувати) дозволяє перейменувати виділений у вікні Net Name коло (чи шину). Перейменування може виконуватися тільки індивідуально (поштучно). Після клацання по цій кнопці відкриється діалог, у якому можна ввести нове ім'я, після чого клацнути по кнопці ОК. Якщо нове ім'я вже існує в списку кіл, то програма поставить запитання, чи хочете ви об'єднати ці кола (шини).

- Edit Attributes (Введення ознак). Після клацання по цій кнопці відкриється діалог Attributes (Ознаки), у якому ви можете переглянути ознаки кіл, додати нові чи видалити зайві. Дії в цьому діалозі поширюються одночасно на всі кола, обрані в діалозі Edit Nets.

Для введення нових ознак клацніть по кнопці Add (Додати), відкриється діалог Place Attribute (Установка ознаки), у якому у вікні Name (Ім'я) показаний стандартний (пропонованою програмою) набір ознак, серед яких: MaxNetLength (Максимальна довжина кола), MinNetLength (Мінімальна довжина кола), ViaStyle (Стиль перехідного отвору) і Width (Ширина).

Щоб встановити конкретне значення для ознаки, що входить у пропонований програмою набір, виберіть його у вікні Name і введіть у вікні Value (Значення) необхідне значення. Наприклад, для ознаки Width може бути введене числове значення "0.4" (нуль, крапка, чотири), а для ознаки ViaStyle – Межсл03(21-22)" чи "Кр0,4/0,7".

Клацніть по кнопці ОК, і ви повернетесь в діалог Attributes (Ознаки), у якому можна продовжити роботу. Зайві ознаки можна виділити в діалозі Attributes і видалити, клацнувши по кнопці Delete (Видалити).

Встановлені ознаки зберезуться в проекті і будуть використовуватися при проектуванні друкованих плат.

- View Attributes (Перегляд ознак). Відкриється сторінка текстового редактора з записом всіх встановлених для обраного кола ознак.

- Highlight (Підсвічування) дозволяє пофарбувати в колір підсвічування обране коло чи шину.

- Unhighlight (Зняти підсвічування) дозволяє зняти підсвічування обраного об'єкта.

- Select (Вибрати). Якщо клацнути по цій кнопці і повернутися до електричної схеми, то коло, обране у діалозі Edit Nets, буде також обраним, тобто відзначене кольором вибору.

- Delete (Видалити) дозволяє видалити відзначений у вікні Net Names об'єкт. Коло видаляється повністю, незалежно від його розгалуженості і способу виконання. Якщо коло має розриви в межах листа чи при переході на інший лист, то вони також видаляються разом зі своїми позначеннями.

У випадку видалення шини видаляється тільки графічне зображення шини. Усі кола, підключені до даної шини, зберезуть у місцях входу кола в шину умовні знаки розриву кола. Команда Delete дозволяє одночасно видаляти кілька кіл (чи шин).

- Set All Nets (Вибрати всі кола) дозволяє зробити вибір усіх кіл (чи шин), показаних у вікні Net Names. В усіх варіантах вибору кіл, у тому числі за допомогою кнопки Set All, можна зняти вибір з окремих кіл, клацаючи по них покажчиком миші при натиснутій кнопці Ctrl.

- Clear All Nets (Зняти вибір із усіх кіл) дозволяє зняти у вікні Net Names вибір з усіх раніше обраних кіл (чи шин).

- Set Nets By Attributes (Вибрати кола з визначеними ознаками). Після клацання по цій кнопці відкривається діалогове вікно Set By Attributes (Установка визначених ознак), в якому можна вибрати ознаку, що хочете використовувати для пошуку кола. У вікні Name=Value (Ім'я – значення) показані усі використані в проекті ознаки. Виберіть потрібну ознаку і клацніть по кнопці Change Value (Вибрати значення). У відповідному діалоговому вікні будуть показані усі використані в проекті значення даної ознаки. Виберіть зі списку необхідну ознаку, і клацніть по кнопці ОК. Наступний діалог закрийте, також клацнувши по кнопці ОК. У результаті у вікні Net Names будуть відзначені всі кола з даною ознакою.

- Set Nets By Node Count (Вибрати коло з визначеною кількістю підключених виводів) дозволяє зі списку кіл вибрати тільки ті, котрі по кількості підключених виводів відповідають встановленим параметрам у вікнах "Min:" і "Max:". Ввівши в ці вікна конкретні числа, можна встановити границі вибору. Якщо потрібно вибрати кола тільки з одним значенням з'єднаних колом контактів (наприклад, 4), то це значення можна ввести в одне (будь-яке) вікно.

- Jump to Node ("Стрибок" до виводу). Якщо у вікні Nodes (Виводи) обраний тільки один вивід, то після щиглика по даній кнопці відкриється лист схеми, на якому розміщено обраний вивід, і при цьому покажчик миші буде розташований на цьому виводі.

- Remove Node (Відключити вивід). Якщо у вікні Net Names обрані коло і у вікні Nodes (Виводи) вибрати один чи кілька виводів, то після клацання по цій кнопці обрані контакти будуть від'єднані від цього кола. Відновити з'єднання в даному діалозі неможливо.

- Print Sheets (Друк аркушів). Після клацання по кнопці відкриється діалогове вікно File Print (Друк), у якому буде відзначено той же лист, який був показаний у вікні Sheets. Діалог дозволяє роздрукувати цей лист.

### Шини.

При складанні електричних схем складних пристроїв, наприклад, таких, що використовують мікросхеми різного ступеня інтеграції, з метою спрощення графіки і полегшення роботи з такою схемою, кола, які прокладаються в одному напрямку, можуть поєднуватися в шини, що представляють собою (графічно) стовщені лінії, до яких підводять (і відводять) електричні кола.

Коло, що проходить через шину, може мати два чи більше виходів із шини, тобто, представляти собою розгалужене коло.

Шина може мати точки розриву, схожі на розриви звичайних кіл, і продовжуватися в будь-якому місці схеми, у тому числі на інших аркушах. Цілісність кіл, що проходять через шину, не залежить від наявності на ній точок розриву. Згідно вимоги ЕСКД, у місцях розриву шини повинні бути нанесені однойменні позначення даної шини і зазначений лист (листи), де дана шина має продовження. Але навіть якщо це не зроблено, однойменні шини вважаються єдиною шиною, і всі однойменні кола, що входять у них, у будь-яких фрагментах є електрично єдиними колами.

Усі кола, що входять і виходять із шини, повинні біля входу (виходу) мати однойменні позначення.

Для малювання шини клацніть по кнопці Place Bus (Шина), підведіть покажчик миші до місця початку шини і клацніть ЛК. Малювання шини нічим не відрізняється від малювання звичайних ліній чи електричних кіл. Завершуючи малювання шини, клацніть ПК, на екрані з'явиться шина і табличка з ім'ям, що програма привласнить шині автоматично по типі Bus=BUS00009. Надалі це ім'я можна буде змінити, для чого виберіть шину (чи будь-який її фрагмент), клацніть ПК в контекстному меню по рядку Properties (Властивості). Далі в однойменному діалозі змініть у вікні Bus Name (Ім'я шини) існуюче (привласнене програмою) ім'я на нове. У такий спосіб можна змінити імена в різних фрагментів шини, намальованих у різних місцях схеми й у різний час. Це буде сприйматися програмою як створення (чи утворення) єдиної шини. У межах однієї схеми може бути кілька шин з різними іменами.

У місцях розриву шин відповідно до вимог ЕСКД, необхідно вказувати позначення (ім'я) і лист схеми, де вона продовжується. Ці позначення і номер листа вводяться "вручну" за допомогою команди Place Text.

Для малювання кіл, що проходять через шину, використовуються ті ж прийоми, що застосовуються для малювання звичайних кіл. Коло може починатися в будь-якій точці схеми (навіть на порожньому місці) і підходити до шини. Заключний клік повинен бути виконаний на шині, цим буде забезпечено "уведення" кола в шину. Роблячи останнє клацання на шині,

стежте, щоб на ній (на шині) не було точок перегину кола, що вводиться, інакше точка уведення буде неприродно деформована. Якщо усе зробите правильно, то програма автоматично виконає "скіс" у місці входу кола в шину. Напрямок "скосу" можна заздалегідь змінити в діалозі Options Display, але на практиці це зручніше робити в готовій схемі методом коректування, коли коло введене у шину, і ви бачите результат. Для цього в режимі Select (Вибір) виберіть тільки "скіс", клацніть ПК і далі відкрийте діалог Properties (Властивості), у якому можна вибрати бажаний варіант "скосу".

Коли коло "уведене" у шину, то вона зберігає своє ім'я (задане програмою чи розроблювачем), і ніякої інформації про це програма не дає.

### 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

1. Виконати налаштування P-CAD Schematic.
2. Побудувати електричну принципову схему згідно варіанту (Додаток 2) з використанням власної бібліотеки УГП елементів.
3. Оформити звіт по виконаній роботі.

### 4 ЗМІСТ ЗВІТУ

Звіт повинен містити:

1. Мету роботи.
2. Короткі теоретичні відомості.
3. Графічну частину у вигляді додатків – відрукований на форматі А4 вигляд вікна програми Schematic із складеною схемою електричною принциповою згідно варіанту (фон робочого вікна програми має бути встановлений білим, всі решта елементи – чорним).
4. Висновки.

## Лабораторна робота № 7

# СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ «КОМПАС»

## МЕТА РОБОТИ

Ознайомлення із системою автоматизованого проектування КОМПАС та з прийомами створення простих об'єктів креслення.

## ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Система КОМПАС, розроблена російською компанією АСКОН. Це універсальний креслярсько-конструкторський редактор, що містить креслярський інструментарій для виконання креслень будь-якого рівня складності за повною підтримкою російських стандартів. Приклад робочого вікна програми КОМПАС наведено на рис. 7.1.

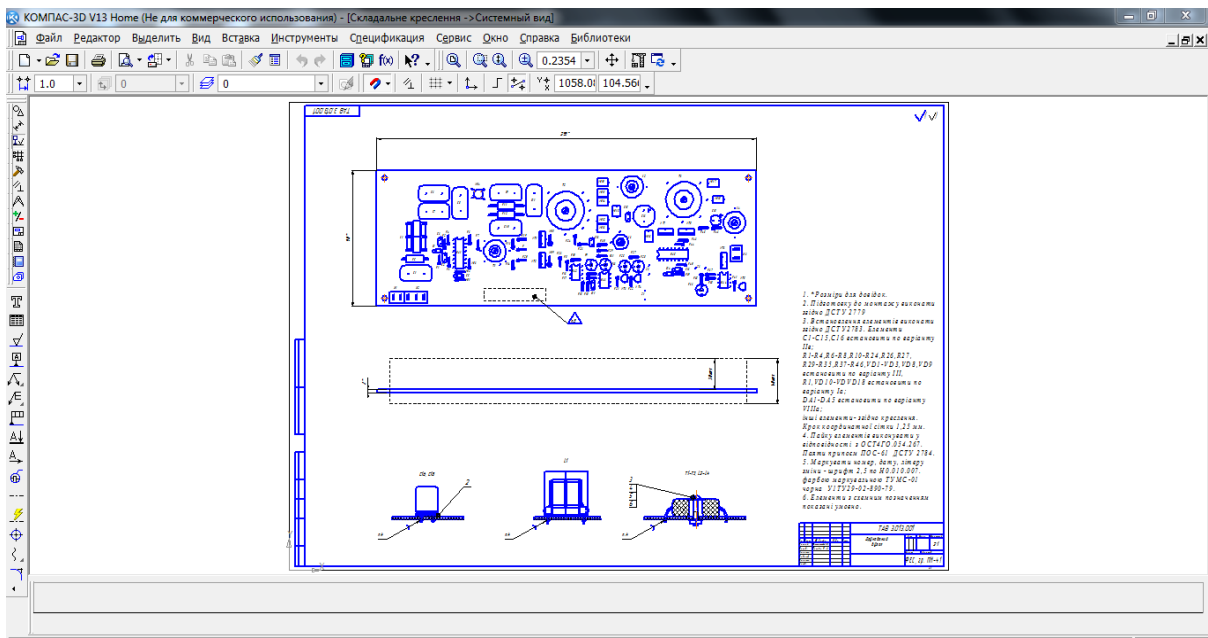


Рисунок 7.1. Робоче вікно програми КОМПАС

Після виклику будь-якої команди необхідно задати різні параметри цих об'єктів на "Панелі властивостей". Для побудови, наприклад, відрізка необхідно задати його довжину. Кожному параметру відповідає свій елемент (вікно, перемикач і т.д.), а для різних об'єктів – різні набори параметрів.

Задати значення геометричних параметрів або координат точок можна наступним чином:

- 1 спосіб - задання точок лівою кнопкою миші (ЛК.) При цьому способі задання геометричних параметрів (координат точок) здійснюється переміщенням курсора і клацанням ЛК миші. Його перевагою є можливість використання прив'язань: локальних, глобальних і клавіатурних.

- 2 спосіб – введенні параметрів з клавіатури. При цьому способі геометричні параметри або координати точок задають введенням значень параметрів у вікна вводу на "Панелі властивостей". Для введення числового

значення в будь-яке вікно “Панелі властивостей” необхідно це вікно активізувати:

- подвійним клацанням миші в даному вікні;

- клавіатурною комбінацією. У цьому випадку натискається клавіша **<Alt>** і одночасно клавіша, яка відповідає підкресленому символу за ім'ям поля, наприклад **<Alt>+<1>**. Далі переміщення до інших вікон “Панелі властивостей” можна здійснювати клавішею **<Tab>**.

- 3 спосіб – комбіноване введення параметрів.

Загальні правила введення параметрів:

- для введення параметрів з клавіатури знайдіть ім'я керування полем (t1, t2, D чи Y). Воно завжди підкреслено в назві;

- введення комбінації **<Alt>** і символу для інших полів на “Панелі властивостей” є загальним. У даному випадку символ – це буква, підкреслена в назві;

- для переходу в аналогічні поля натисніть клавішу **<Tab>**;

- фіксацію параметрів і перехід в наступне поле “Панелі властивостей” здійснюється натисненням клавіші **<Enter>**;

- при неправильному набраному значенні натисніть клавішу **<Esc>** повторіть введення.

**ЗМІНА ФОРМИ КУРСОРА:** Натисніть на клавіатурі **<Ctrl>+<K>** (**<K>** англійської розкладки), форма курсора зміниться на перехрестя, боки якого безмежні. Дану форму курсора доцільно використовувати при побудові декількох видів однієї деталі, але можна використовувати постійно.

**ХАРАКТЕРНІ ТОЧКИ:** У процесі будівництва об'єктів креслення постійно виникає необхідність точно встановлювати курсор у задану характерну точку (вузол) об'єкта, яка визначає геометрію об'єкта і його положення на кресленні, наприклад: кінець відрізка, центр кола, точку початку дуги і т.д. Ці вузли бачимо тільки після виконання операції «Выделить объект». Для виділення об'єкта потрібно підвести курсор до об'єкта і клацнути ЛК миші. Об'єкт змінює колір на зелений (за замовчанням), а в характерних точках геометричних об'єктів з'являться чорні квадратики. Ці вузли можна використовувати як «руки» для редагування положення геометричних об'єктів.

**КООРДИНАТНА СІТКА:** При розробці креслень з регулярною структурою, наприклад плат чи деталей з великою кількістю отворів зручно використовувати сітку на графічному екрані, яка при друкуванні на формат креслення не виводиться.

Вмикання зображення сітки здійснюється за допомогою ЛК по чорному трикутнику біля кнопки «Сетка» на панелі інструментів «Текущее состояние». Параметри сітки при будь-якому масштабі збігаються з кроками сітки по осях X, Y, встановлених при налаштуванні. Крок сітки за замовчанням дорівнює 5 мм.

Будь-які зміни параметрів сітки відбуваються в діалоговому вікні «Параметры», яке можна викликати натисненням кнопки «Сетка» на панелі інструментів «Текущее состояние», а потім із розкритого списку вибрати пункт «Настроить параметры» (рис. 7.2).

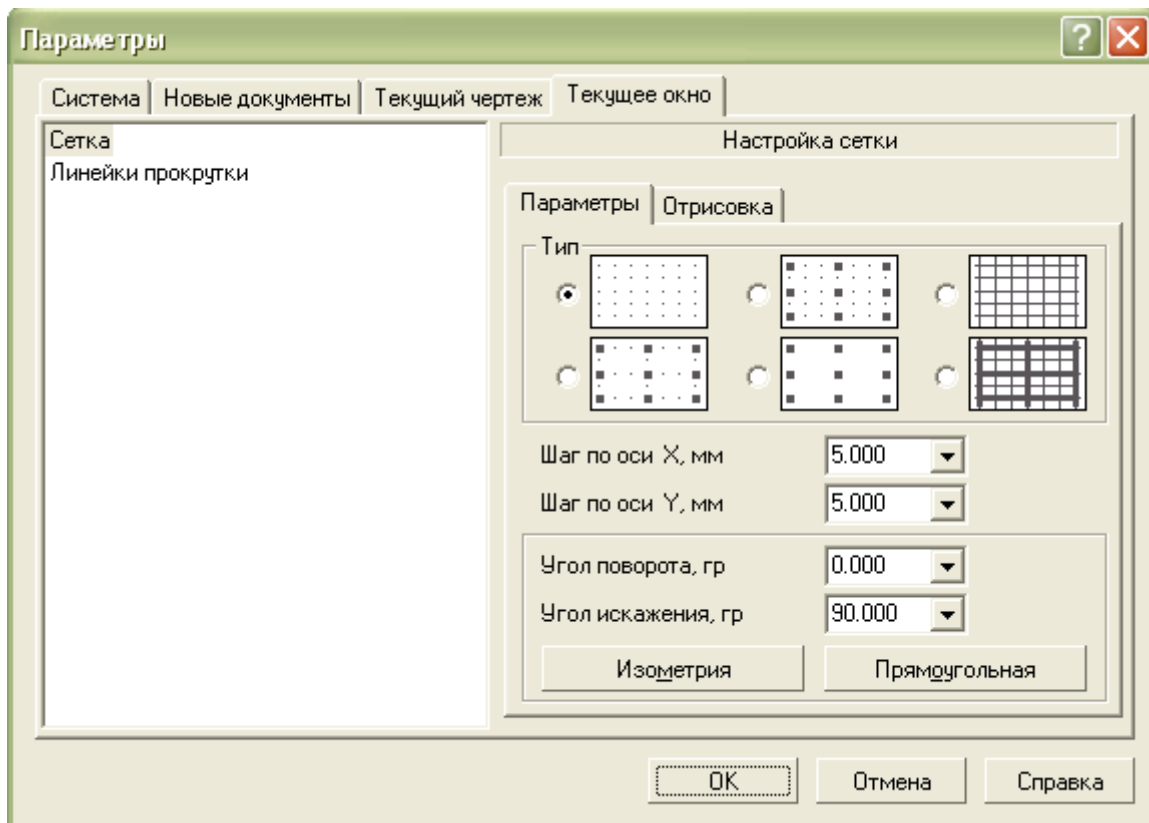


Рисунок 7.2. Диалогове вікно «Параметры» для настройки сітки

**ПРИВ'ЯЗКИ:** Практично не реально точно попасти курсором у потрібну точку чи вузол сітки. Уникнути даного недоліку дозволяє використання прив'язок. Прив'язка – режим, при якому курсор автоматично «прилипає» до характерних вузлів (сітки, геометричних об'єктів і т.д.). Після вмикання прив'язок можна виконати мишею точні побудови на кресленні.

Для швидкого вмикання прив'язок в системі КОМПАС є панель інструментів «Глобальные привязки» (рис. 7.3). Для її виклику необхідно в меню «Вид» знайти рядок «Панели инструментов» і поставити прапорець навпроти «Глобальные привязки».

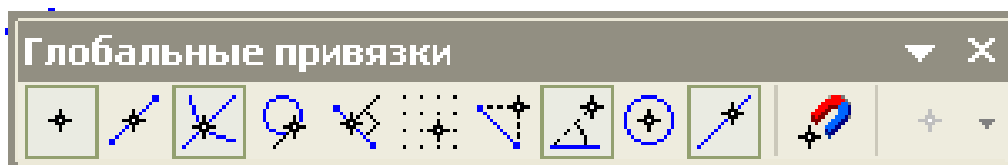


Рисунок 7.3. Панель інструментів «Глобальные привязки»

Для вмикання прив'язки:

- на панелі інструментів «Глобальные привязки» натисніть одну із кнопок – команд.

Глобальні прив'язки: особливість цих прив'язок у тому, що за їх допомогою можна вмикати декілька різних прив'язок, і вони будуть виконувати свої функції одночасно. І по-друге, глобальні прив'язки діють постійно при введенні й редагуванні об'єктів. Для вмикання і налаштування глобальних прив'язок викликайте на екран діалогове вікно «Установка глобальных привязок», натиснувши кнопку «Установка глобальных привязок» на панелі інструментів «Текущее состояние» (рис. 7.4).



Для того, щоб встановити необхідну комбінацію глобальних прив'язок, в діалоговому вікні «Установка глобальних привязок» поставте чи зніміть прапорці навпроти тих прив'язок, які необхідні в даний момент і натисніть кнопку ОК.

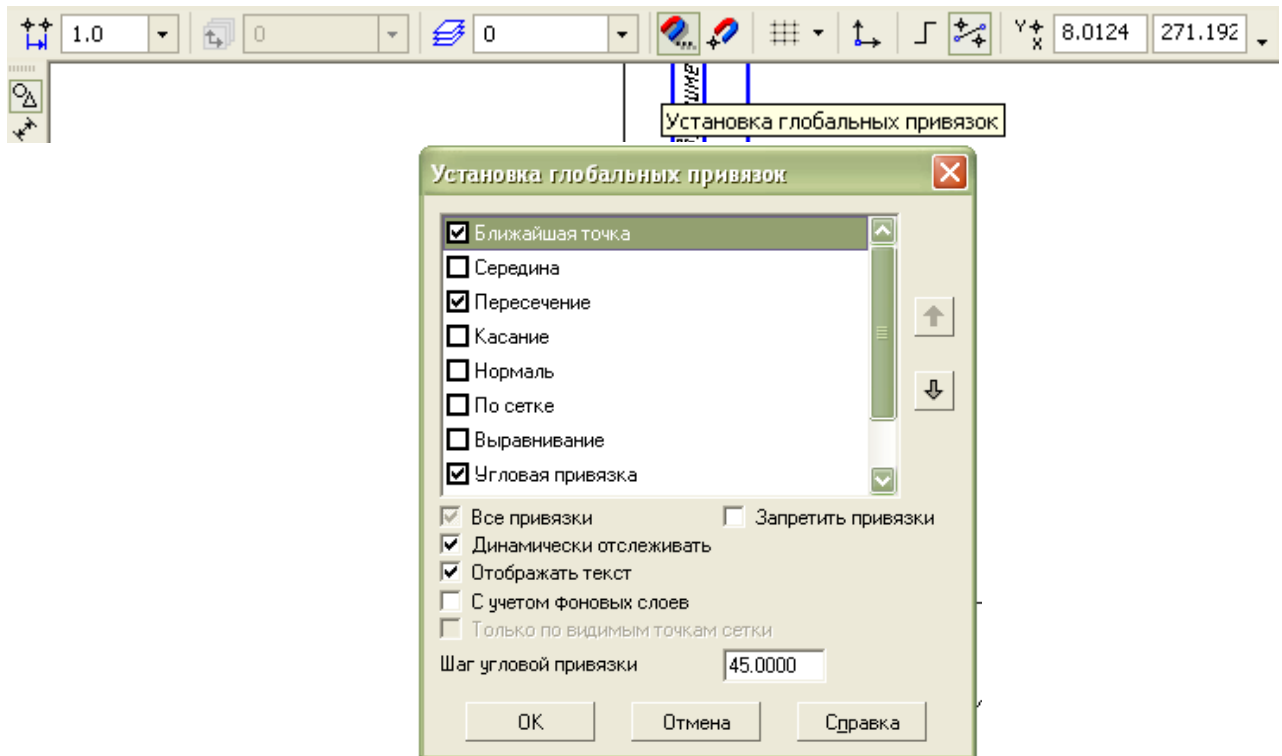


Рисунок 7.4. Діалогове вікно «Установка глобальных привязок»

У діалоговому вікні бажано також встановити прапорці у вікнах «Динамически отслеживать» та «Отображать текст». У цьому випадку система буде відстежувати рух курсора миші і притягувати його до найближчих вузлів і точок перетину об'єктів.

Коли прив'язки не потрібні, їх можна вимкнути:

- натиснувши кнопку «Запретить привязки» на панелі інструментів «Текущее состояние»;
- натиснувши кнопку «Запретить привязки» на панелі інструментів «Глобальные привязки».

Локальні прив'язки: дозволяють виконувати прив'язки до вузлів чи точок, але локальні прив'язки у порівнянні з глобальними виконуються тільки до однієї характерної точки, при цьому глобальна прив'язка не відбувається, і після введення точки локальна прив'язка автоматично вимикається. Система повертається до виконання глобальних прив'язок.

Локальна прив'язка – це одночасова прив'язка до одної точки.

Всі локальні прив'язки відображені в меню локальних прив'язок, яке можна викликати на екран двома способами під час виконання будь-якої команди створення, редагування чи виділення об'єкта (рис. 7.5):

- натисненням ПК миші і викликаючи контекстне меню, в якому перемістити курсор на пункт «Привязки»;
- з панелі інструментів «Глобальные привязки», натиснувши ЛК миші на чорному трикутнику і викликаючи випадаюче меню.

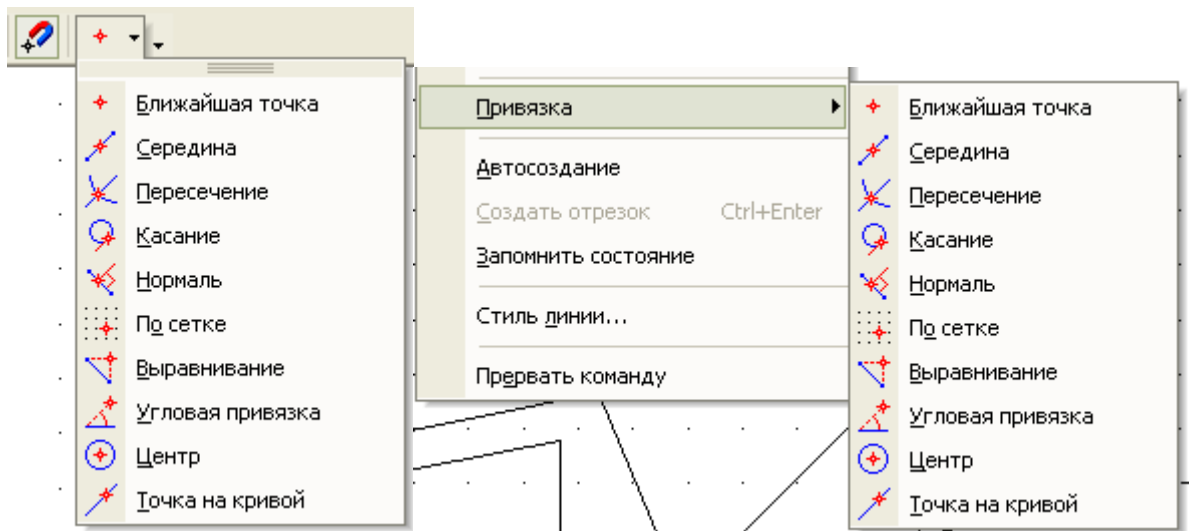


Рисунок 7.5. Варианты виклику локальних прив'язок

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

1. Запуск програми КОМПАС.

2. Відкриття нового документа. Для створення нового креслення відкрийте меню «Файл» у Рядку меню, встановіть курсор на команді «Создать». У меню, яке виникне, клацніть на команді «Фрагмент». Ще швидше новий документ можна створити за допомогою кнопки «Новый лист» на Панелі керування (рис. 1).

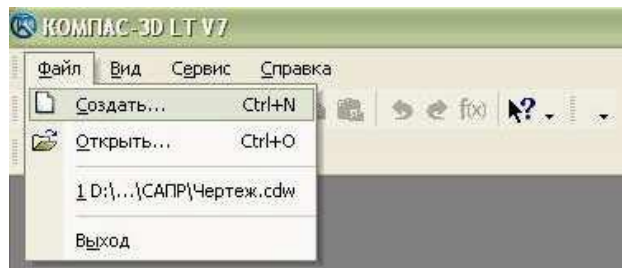


Рисунок 1. Схема відкриття нового документа

Після цього на екрані з'явиться білий простір на якому вже можна створювати графічні об'єкти.

3.1 Створення графічних об'єктів. Для створення простих графічних об'єктів треба користуватися Компактною панеллю інструментів (рис. 2, 3), яка розташовується у лівій частині екрану.

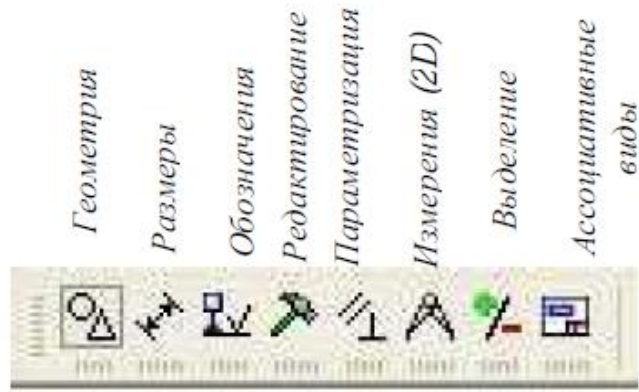


Рисунок 2. Вид компактной панели

3.2. Викликаємо на компактній панелі розділ «Геометрия»:

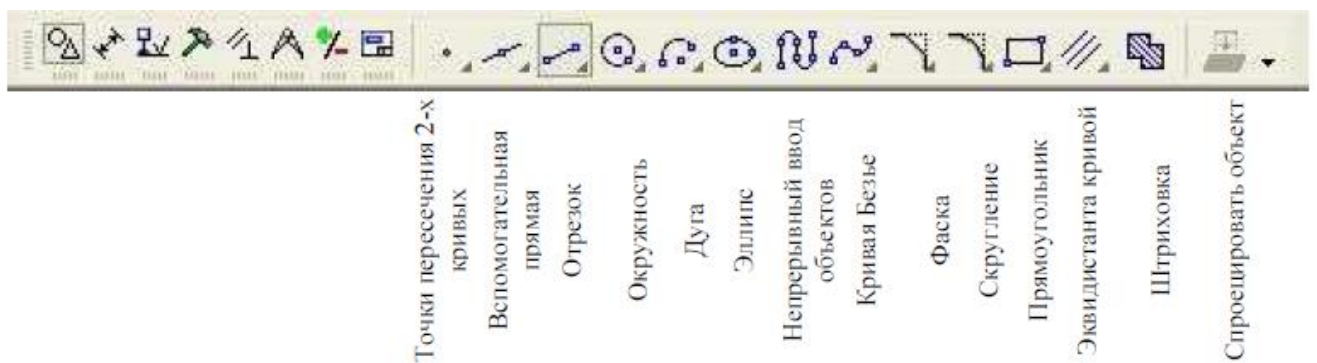


Рисунок 3. Схема компактной панели раздела «Геометрия»

Рисуємо об'єкт - відрізок: клацаємо на панелі команду «Отрезок».

З'являється хрестоподібний курсор, клацаємо лівою клавішею миші (ЛК) – позначаємо першу точку відрізка, ведемо потрібну довжину відрізка на потрібний кут і клацаємо другим раз ЛК миші (рис. 4). Таким чином створюємо весь необхідний об'єкт.

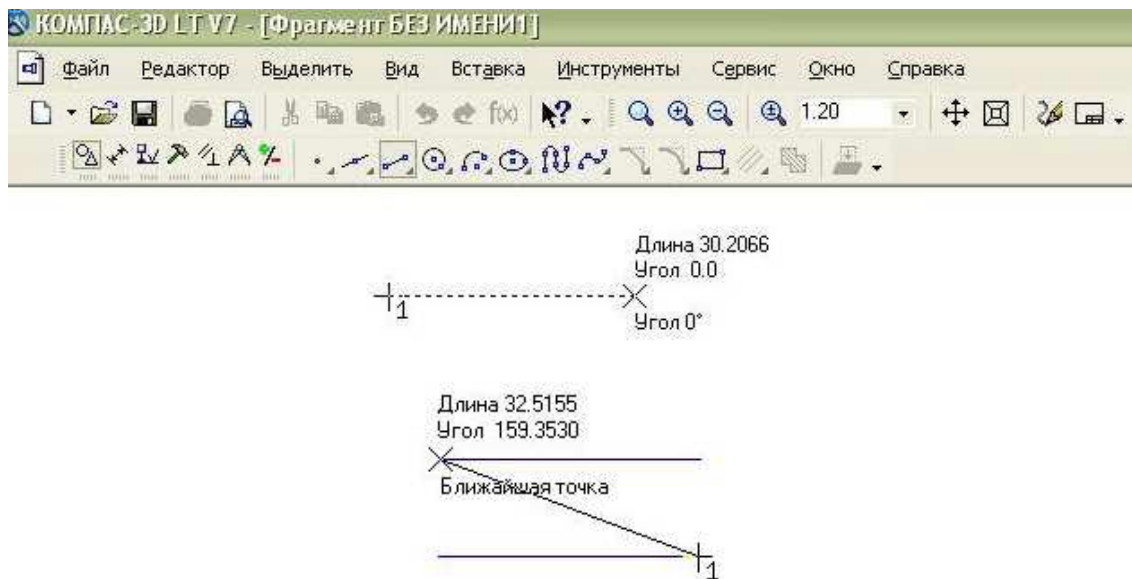


Рисунок 4. Пример создания отрезка

3.3. Створюємо об'єкт – коло: викликаємо на панелі команду «Окружность», клацаємо лівою кнопкою миші на визначеному місці і ведемо на потрібні відстань радіусу і кут другий хрестоподібний курсор і знову клацаємо лівою кнопкою миші (рис. 5).

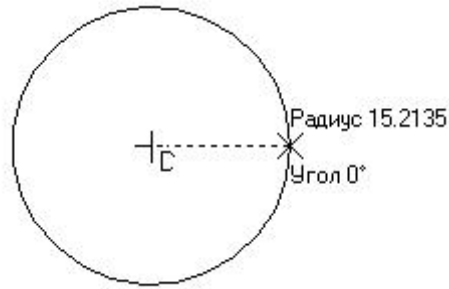


Рисунок 5. Приклад створення кола

Далі для створення осей кола викликаємо команду «Обозначение центра» у розділі «Обозначение» (рис. 6).

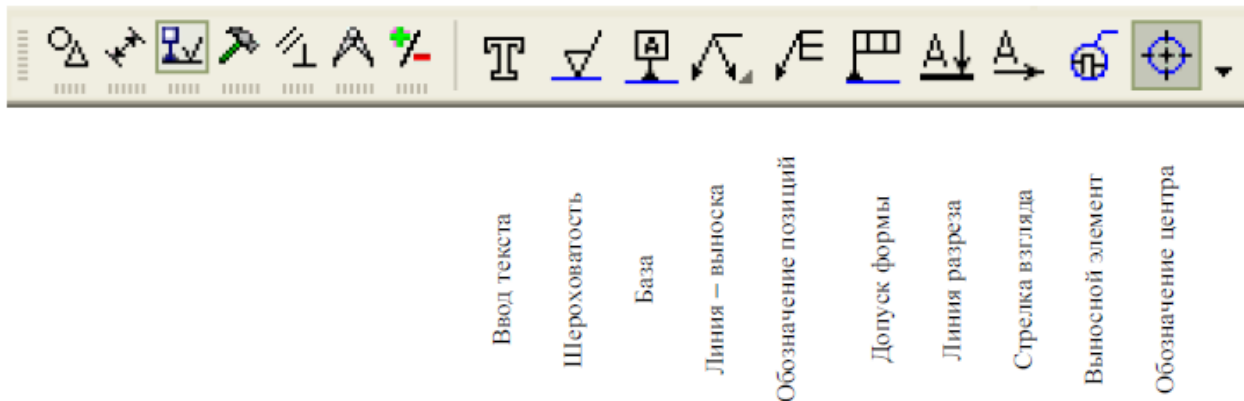


Рисунок 6. Схема компактної панелі розділу «Обозначение»

3.5 Створюємо об'єкт штриховки за допомогою команди «Штриховка» в розділі «Геометрия». Для створення потрібної штриховки треба задати «Стиль», «Шаг» і «Угол» (рис. 7, 8).

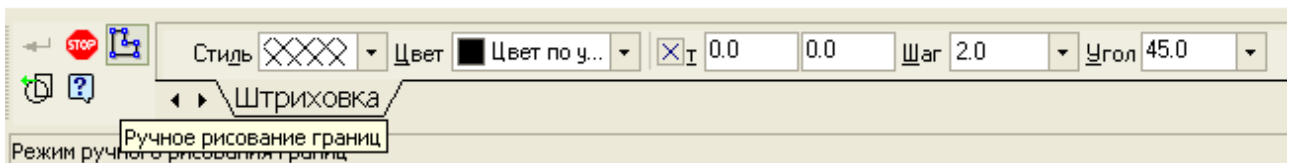


Рисунок 7. Схема виклику команди «Ручное рисование границ» на Панелі Властивостей

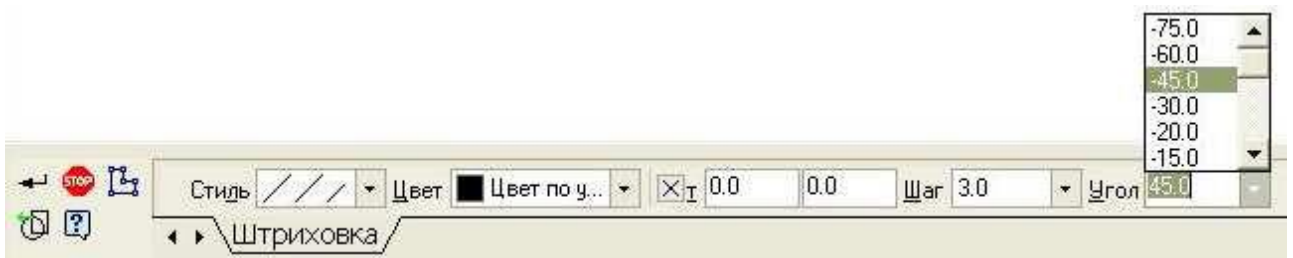


Рисунок 8. Схема завдання потрібних властивостей штриховці

3.6 Створюємо текстові надписи на графічних об'єктах за допомогою команди «Ввод текста» у розділі «Обозначение» і команд Панелі властивостей (рис. 9).

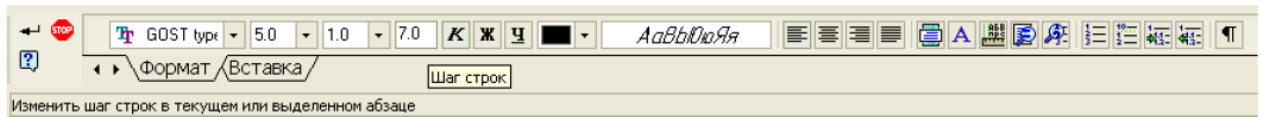


Рисунок 9. Схема «Панели свойств» для задання різних даних шрифту надписі

4. Скопіювати креслення деталі на новий документ «Чертеж», як описано в пункті 2. З'явиться аркуш за замовчанням формату А4. Креслення вставити на робоче поле формату. Для того, щоб змінити формат потрібно клацнути праву кнопку миші на екрані, з'явиться вікно, в якому потрібно вибрати команду «Параметры текущего чертежа...» (рис.10.):

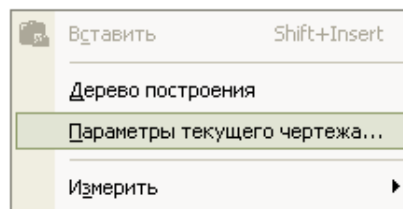


Рисунок 10. Допоміжне вікно командних рядків

Далі клацнути лівою кнопкою миші – з'явиться вікно «Параметры». У цьому вікні вибрати рядок «Параметры листа» і визначити потрібні дані аркуша: горизонтальне чи вертикальне розташування та розмір формату (рис.11.).

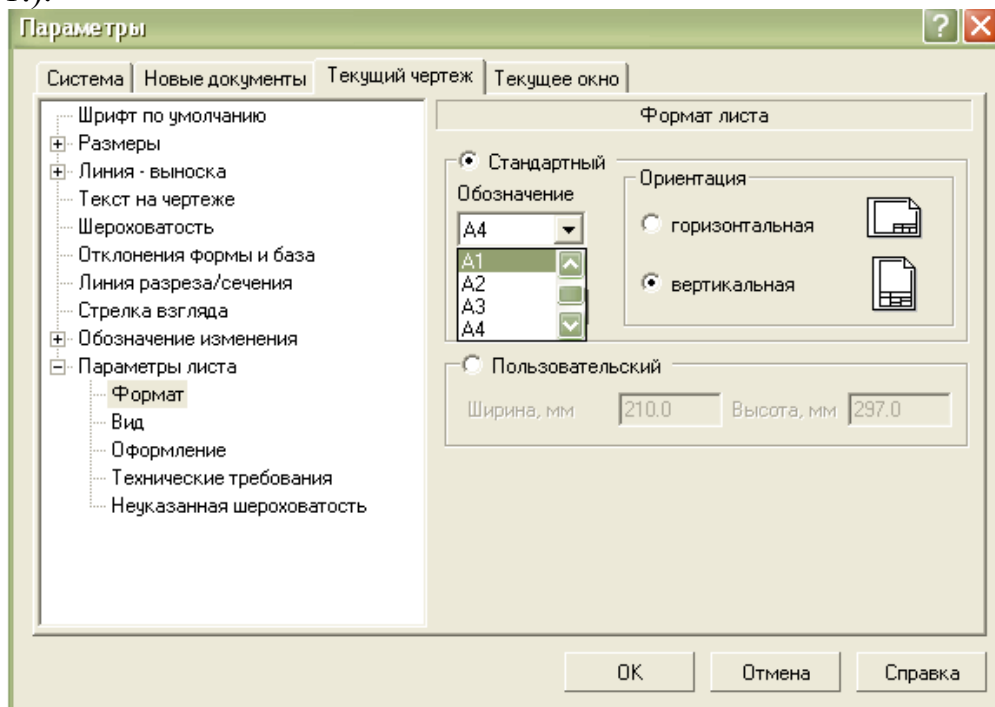



Рисунок 11. Вікно «Параметры» із закладкою «Текущий чертеж»

5. Збереження виконаних результатів. Для збереження виконаної роботи треба натиснути піктограму  на Стандартній панелі та зберегти результати.

## ЗАСТОСУВАННЯ ЗОВНІШНЬОЇ ГРАФІКИ ПРИ ОФОРМЛЕННІ СХЕМИ ЕЛЕКТРИЧНОЇ В СЕРЕДОВИЩІ Компас

### МЕТА РОБОТИ

Вивчити особливості застосування проміжного формату DXF при конвертуванні об'єктів програми P-CAD Schematic в середовище Компас та оформлення конструкторського креслення за вимогами ЄСКД.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

САПР P-CAD надає можливість створювати графічні зображення як внутрішніми інструментами (внутрішня графіка), так і зовнішніми засобами (зовнішня графіка).

До внутрішньої графіки відносяться розміщення на робочому полі ліній, кіл, зафарбованих областей (полігонів), тексту, полів. За допомогою внутрішньої графіки створюються набори необхідних форматів.

До зовнішньої графіки відносяться зображення, створені в інших САПР, що є інтегровані в P-CAD. Безсумнівною перевагою зовнішньої графіки є те, що такі пакети, як Компас, AutoCAD, володіють великими можливостями по редагуванню зображень і найбільш поширені, тобто до розробки на певному етапі можна залучати не фахівця з САПР P-CAD. Наприклад, можна взяти готові формати (шаблони), створені в середовищах Компас чи AutoCAD, використовуючи механізм обміну інтегрувати в P-CAD, привести у відповідність до вимог розробки і користуватися. Іноді потрібно змасштабувати зображення в проекті, чого P-CAD зробити не дозволяє, але допомагає інший пакет.

Розглянемо методи конвертування об'єктів, створених в середовищі P-CAD Schematic в середовище Компас.

Основними етапами процесу конвертування є наступні. На сам перед, необхідно відкрити виконану в лабораторній роботі №6 складену схему електричну принципову (рис. 8.1).

Конвертування виконується з використанням формату DXF. Викликається воно з командного меню File. Команда File / DXF Out зберігає схему, виконану в Schematic в форматі DXF. Ці файли можуть тоді бути завантажені в середовище Компас чи AutoCAD або інші механічні САПР.

При запуску команди DXF Out з командного меню File запускається вікно File DXF Out (рис. 8.2). При цьому, необхідно встановити налаштування такі, як на рис. 2.2. Вказавши місце збереження формату DXF використавши клавішу DXF Filename необхідно натиснути клавішу ОК.

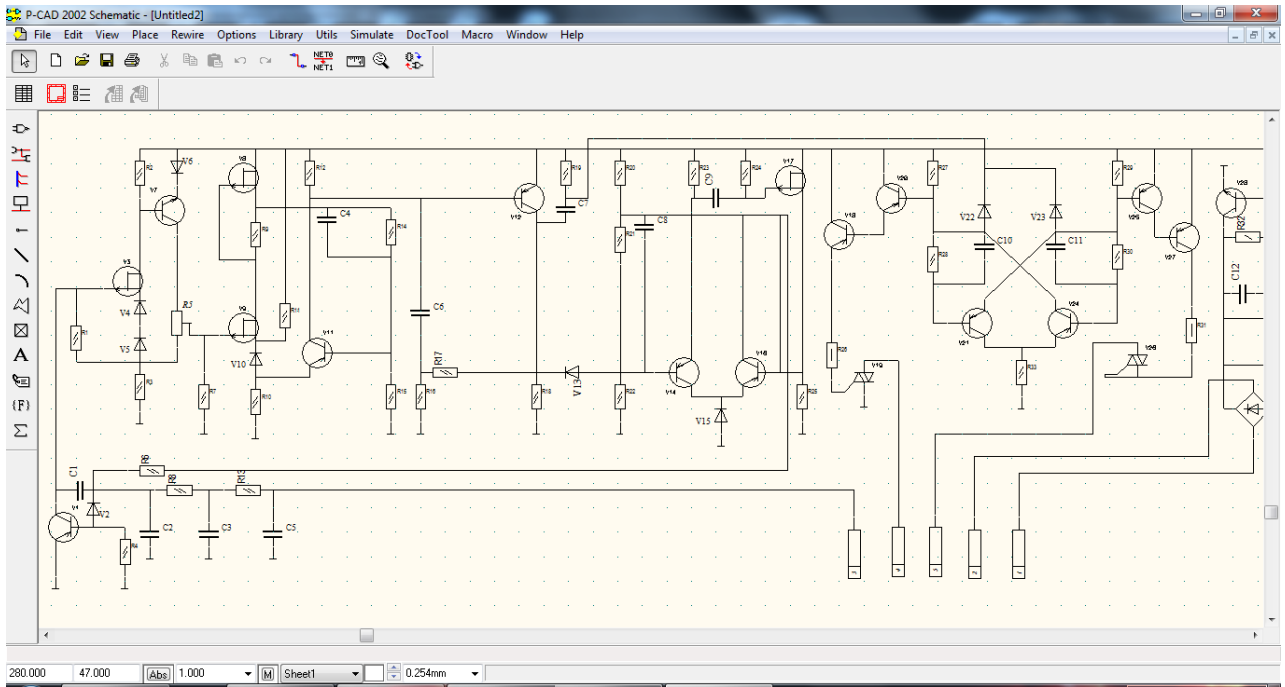


Рисунок 8.1. Вікно програми P-CAD Schematic із виглядом схеми електричної принципової

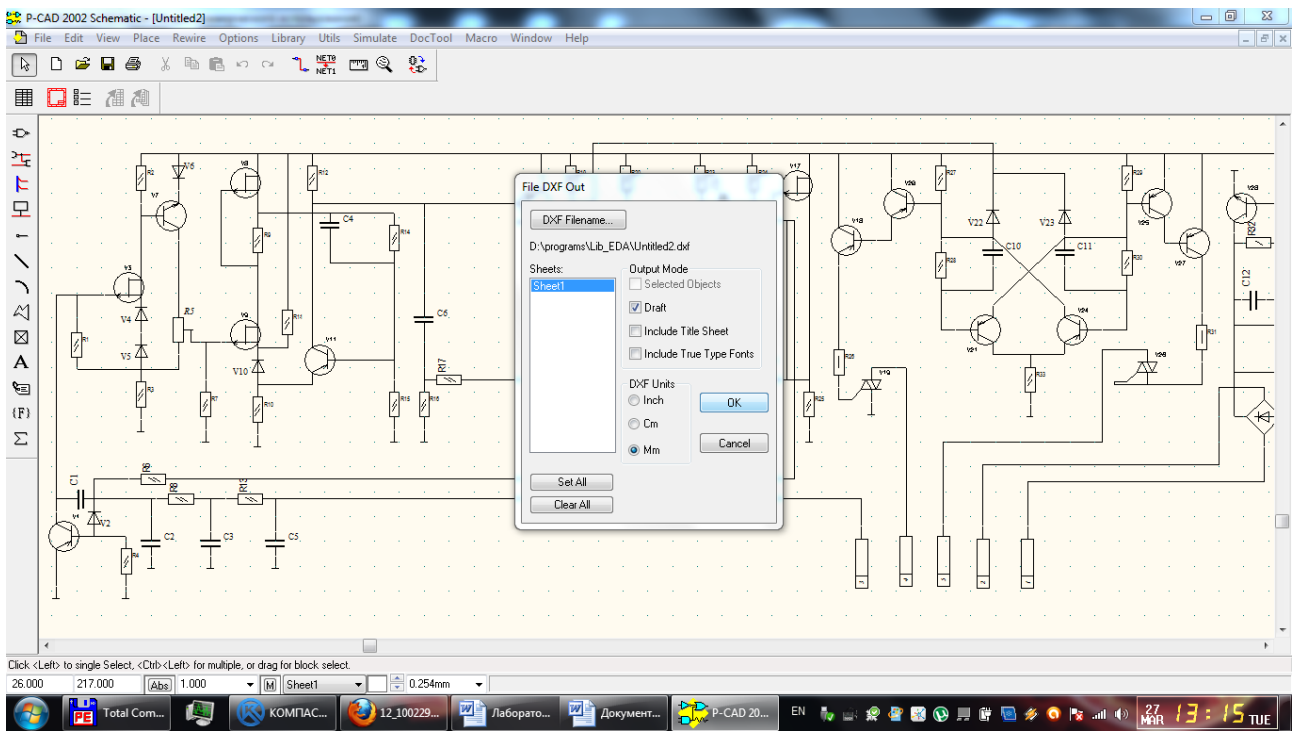


Рисунок 8.2. Вікно File DXF Out

Для імпорту створеного файлу з розширенням DXF необхідно в меню Файл програми компас вибрати Імпорт DXF для старіших версій програми або вибрати команду Файл / Открыть і в графі «Тип файла» вибрати AutoCAD DXF (рис. 8.3).



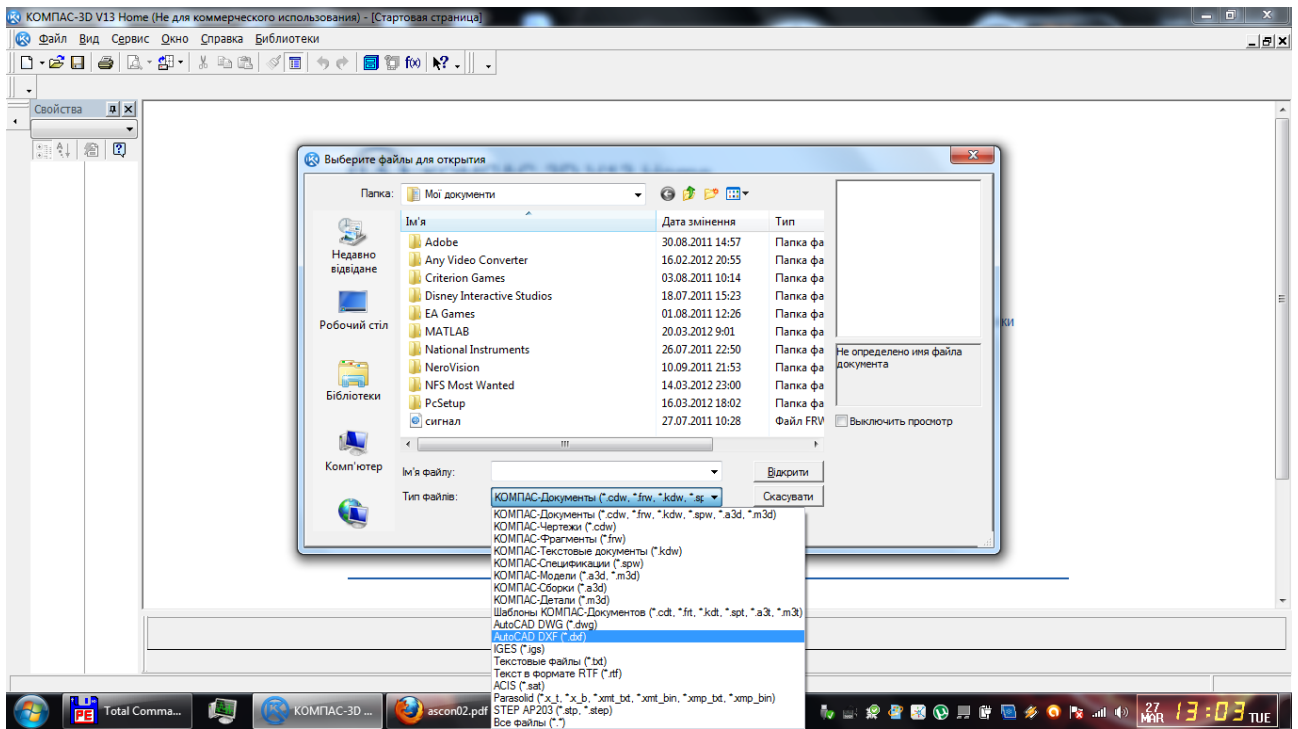


Рисунок 8.3. Импорт файлов DXF формата

Після цього в середовище Компас завантажиться вигляд схеми (рис. 8.4).

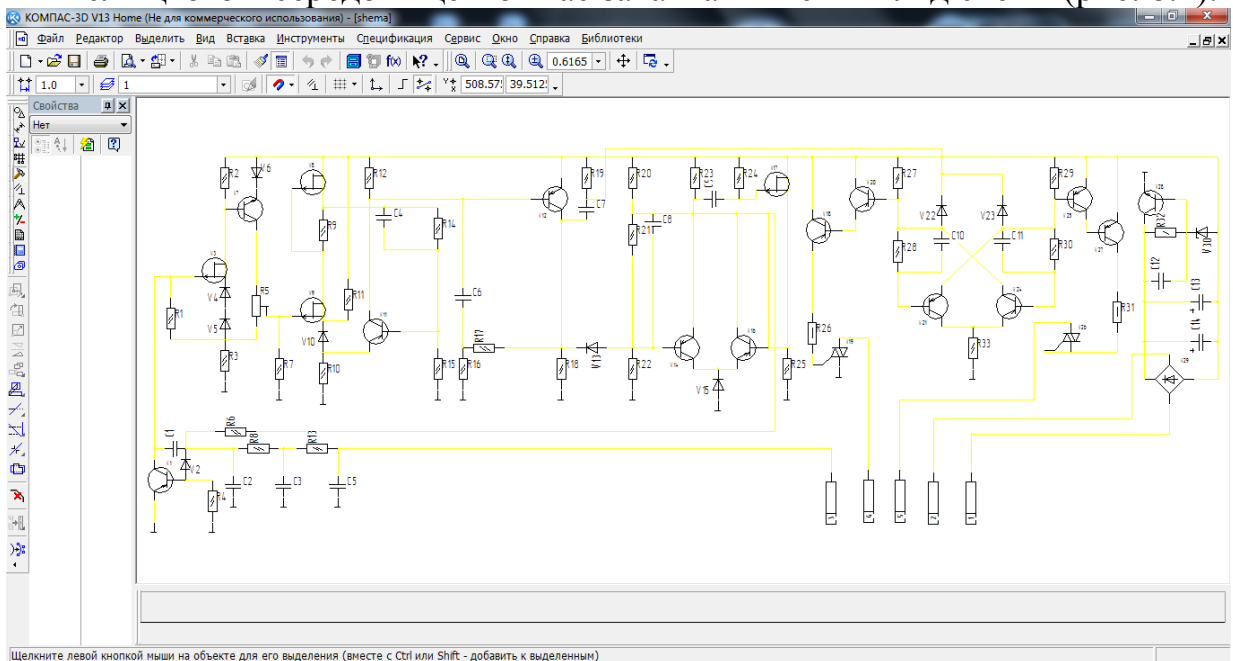


Рисунок 8.4. Вигляд завантаженої в середовище Компас схеми електричної принципової

Наступним кроком є налаштування стилів ліній та текстів на кресленні. Для цього необхідно виділити всю схему електричну, натиснути праву кнопку мишки та вибрати опцію «Изменение стилей выделенных объектов» (рис. 8.5). В опції Кривые необходимо выбрать стиль «Основная» (рис. 8.5).



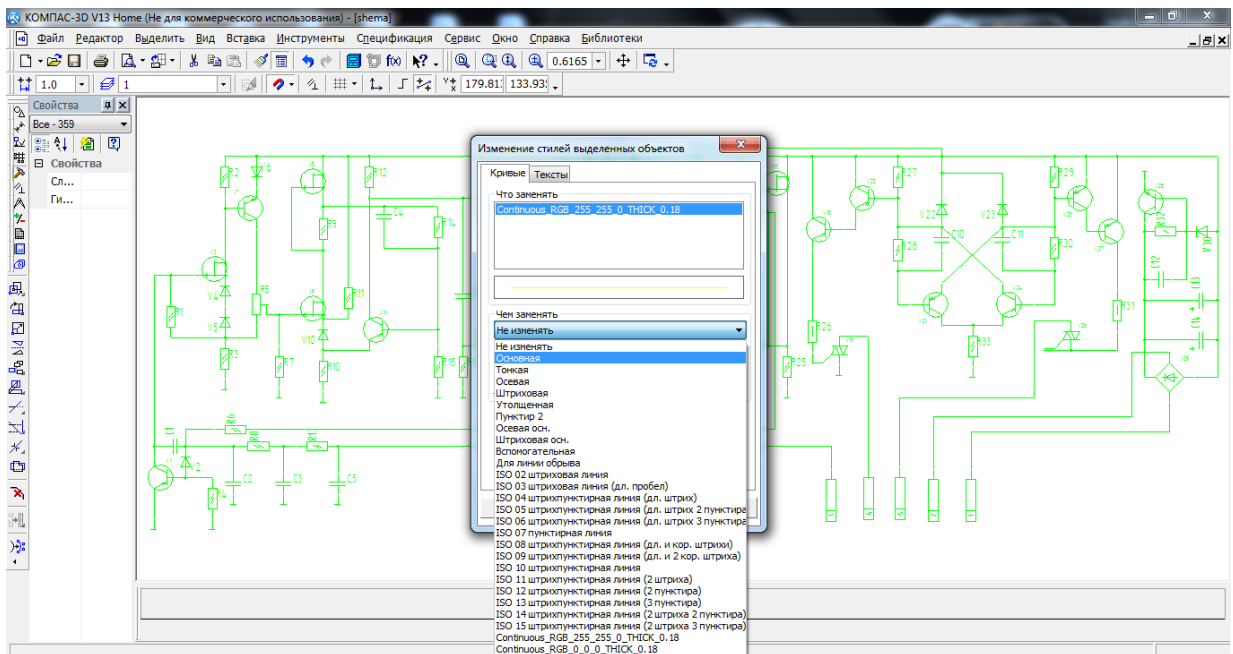


Рисунок 8.5. Зміна стилів ліній

В опції Тексты необхідно вибрати стиль «Текст на чертеже» (рис. 8.6).

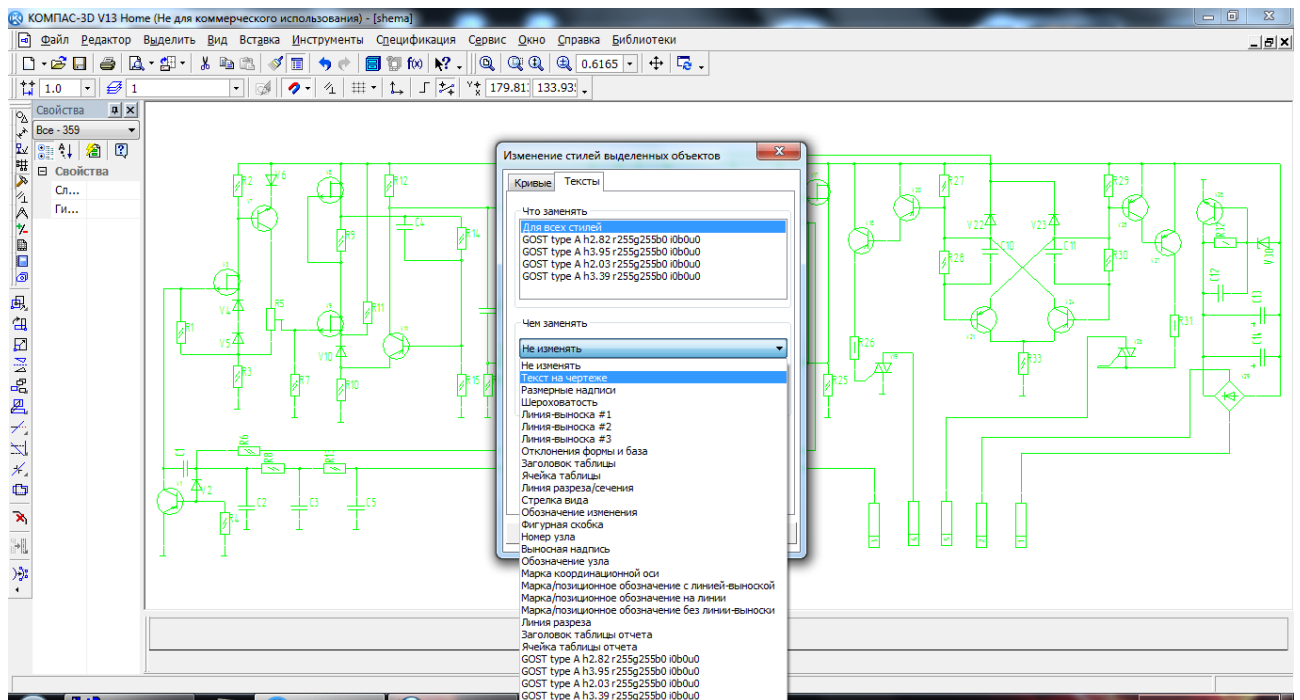


Рисунок 8.6. Зміна стилів текстів

Після цього вигляд схеми зміниться до зображеного на рис. 8.7.

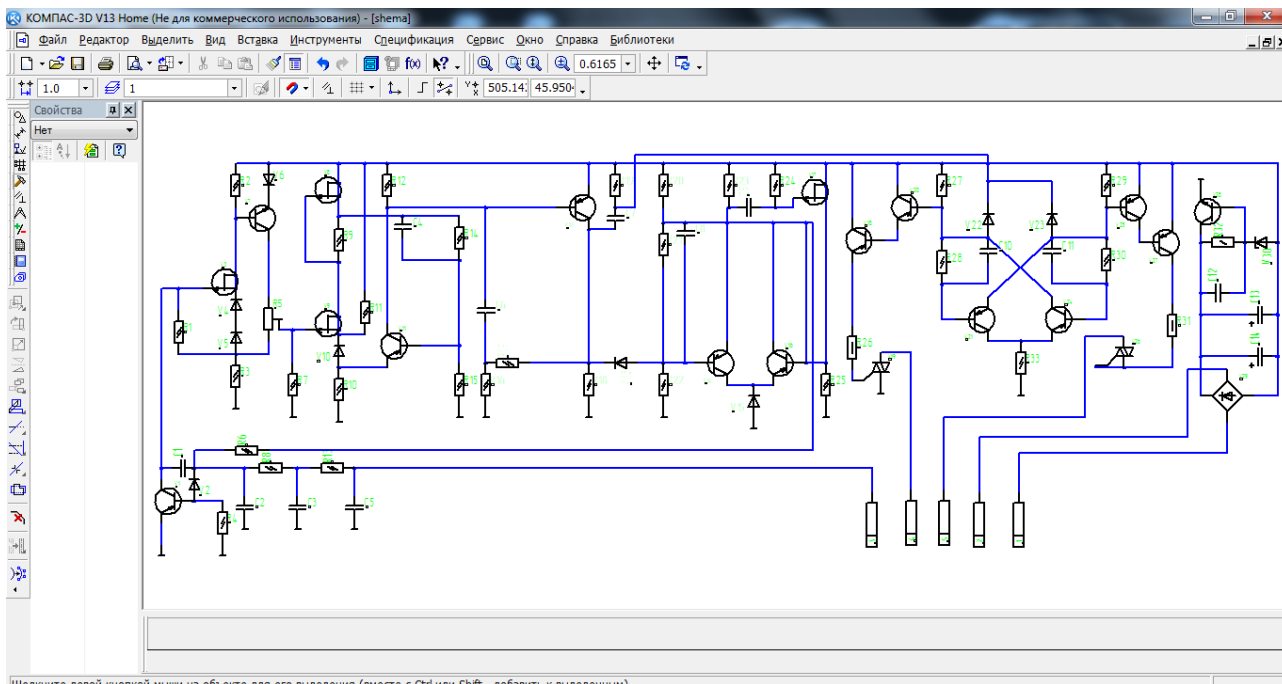


Рисунок 8.7. Видяг схеми електричної принципової після зміни стилів ліній та тексту.

Після цього необхідно скопіювати схему в новий формат. Видяг схеми ще раз зміниться і стане таким як на рис. 8.8.

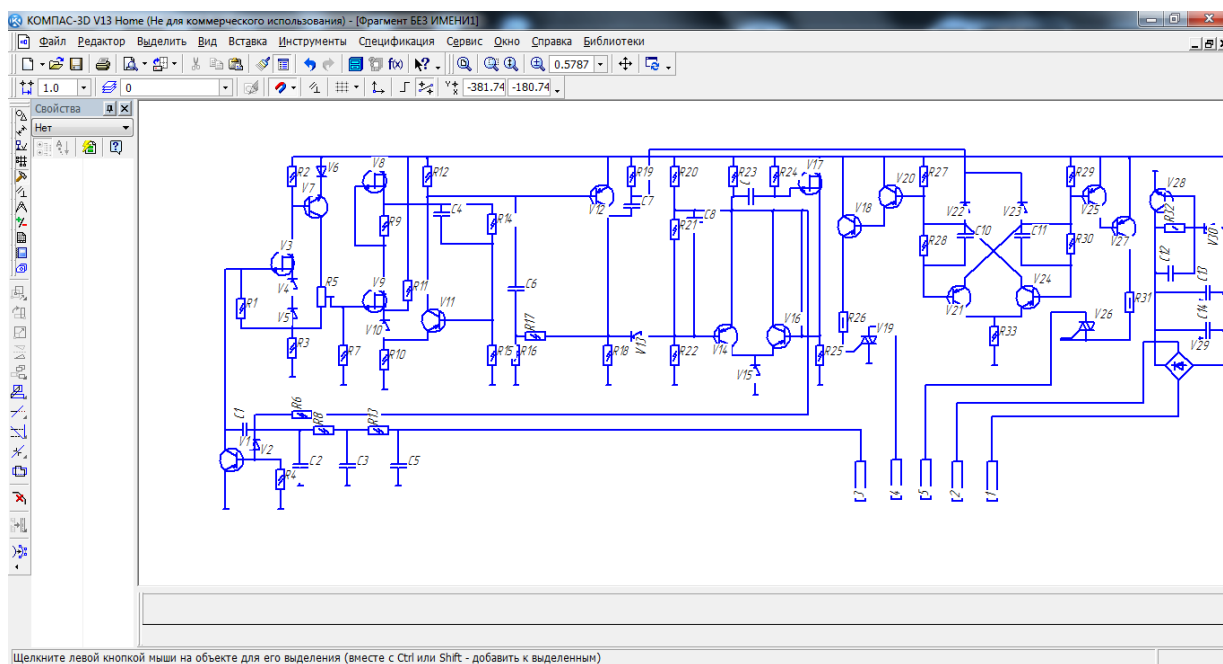


Рисунок 8.8 – Видяг схеми електричної принципової після копіювання в новий формат.

Тепер креслення схеми електричної принципової готове до редагування засобами середовища Компас. При цьому, можна змінювати висоту та стилі шрифтів для зручності читання схеми (рис. 8.9), стилі ліній, оформлення креслення на окремому форматі згідно ЄСКД (рис. 8.10) тощо.

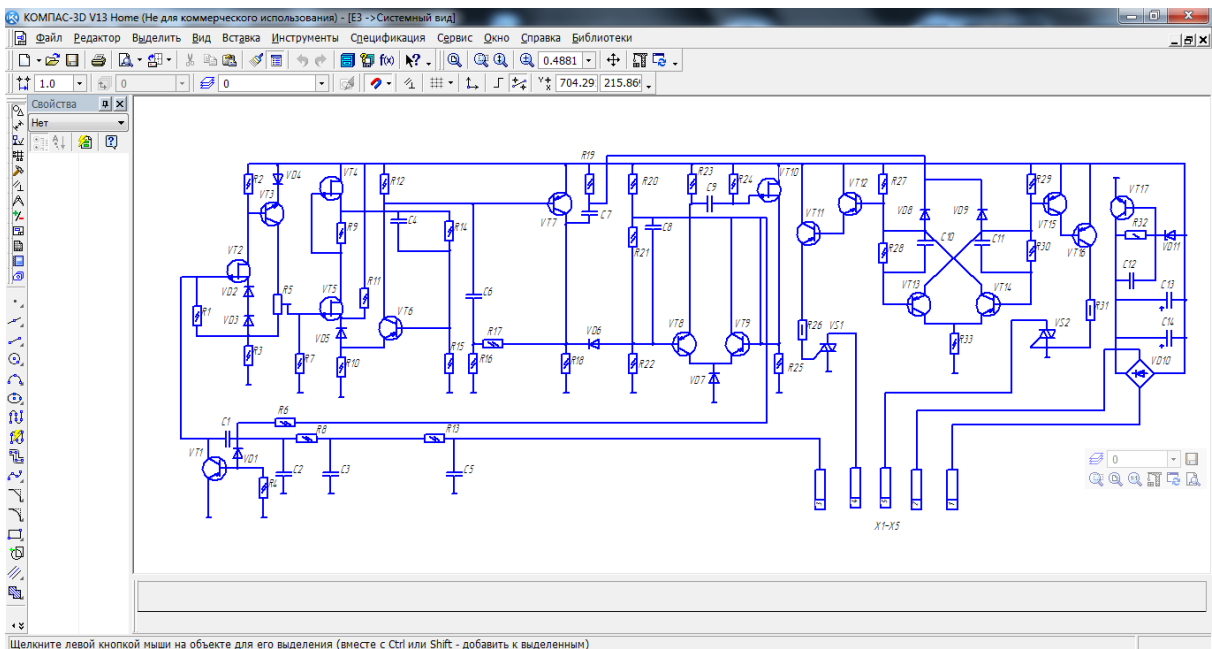


Рисунок 8.9. Зміна висоти та стилю текстів на кресленні

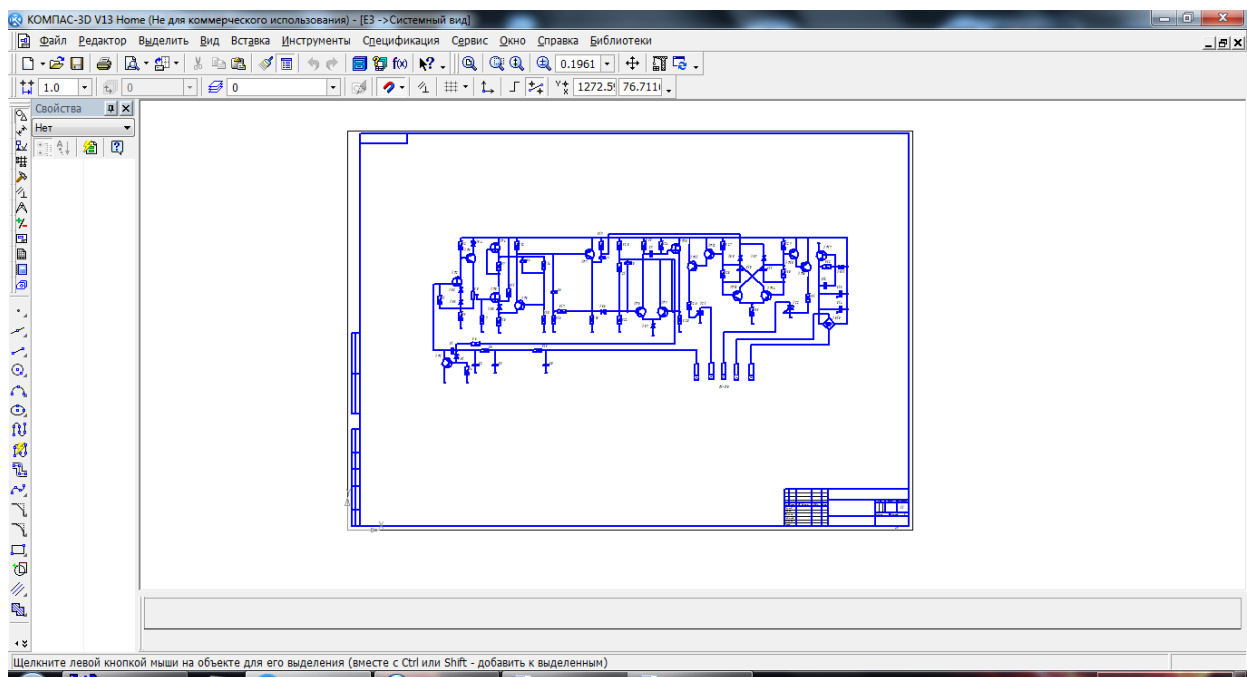


Рисунок 8.10. Оформлення креслення на окремому форматі згідно ЄСКД

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

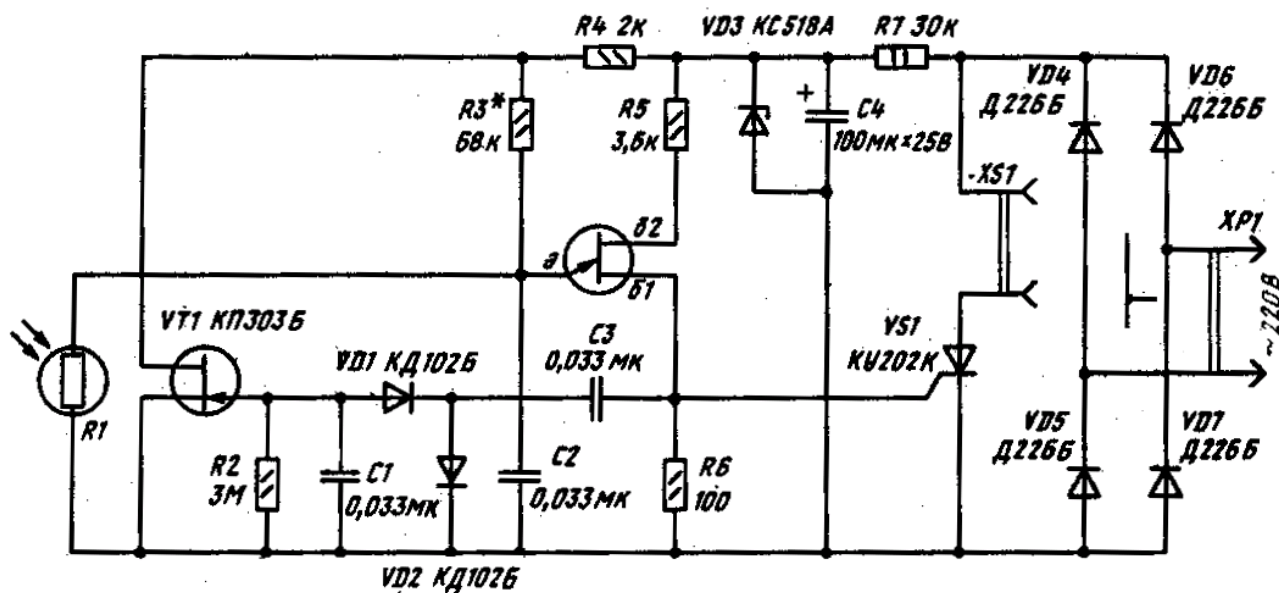
1. Відкрити виконану в лабораторній роботі №6 схему електричну принципову в середовищі P-CAD Schematic.
2. Створити проміжний файл DXF формату (див. рис. 8.2).
3. Імпортувати створений файл в середовище Компас (рис. 8.3).
4. Налаштувати вигляд схеми (див. рис. 8.4 –рис. 8.6) стилі ліній та текстів
5. Налаштувати параметри текстів та ліній для зручності читання схеми електричної принципової.
5. Оформити схему на стандартному форматі (див. рис. 8.10)

6. Оформити звіт по виконаній роботі.

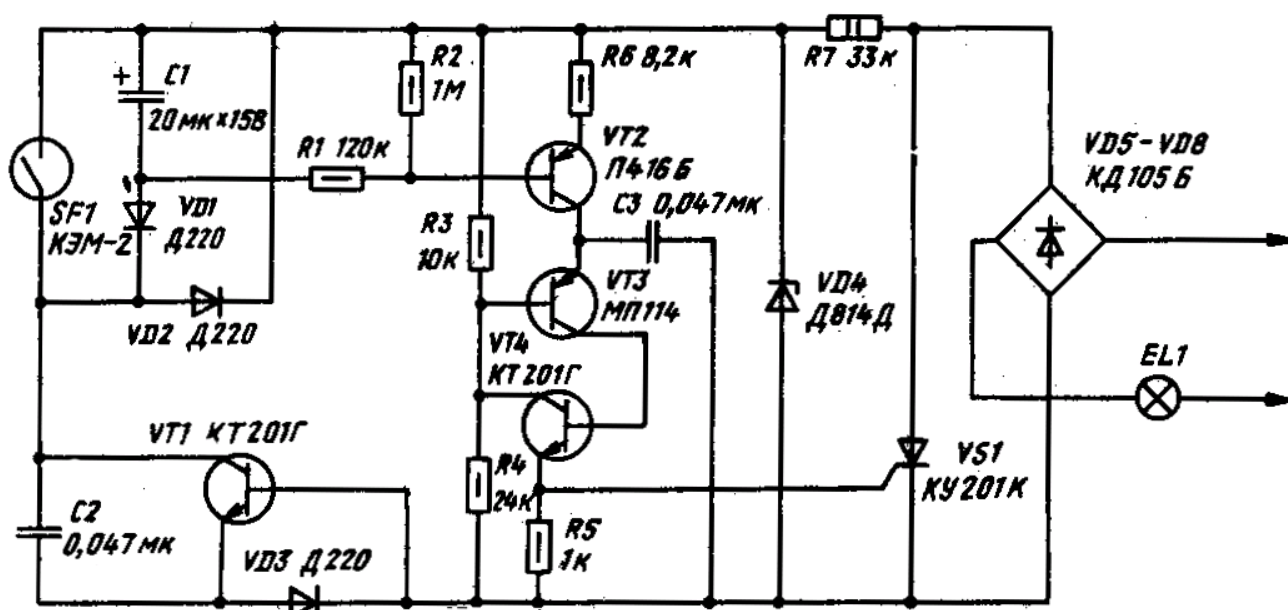
### КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ

1. Для чого призначений формат DXF?
2. Експорт об'єктів з середовища P-CAD Schematic в DXF форматі.
3. Імпорт в середовище Компас файлів DXF формату.
4. Налаштування стилів текстів в середовищі Компас.
5. Налаштування стилів ліній в середовищі Компас.

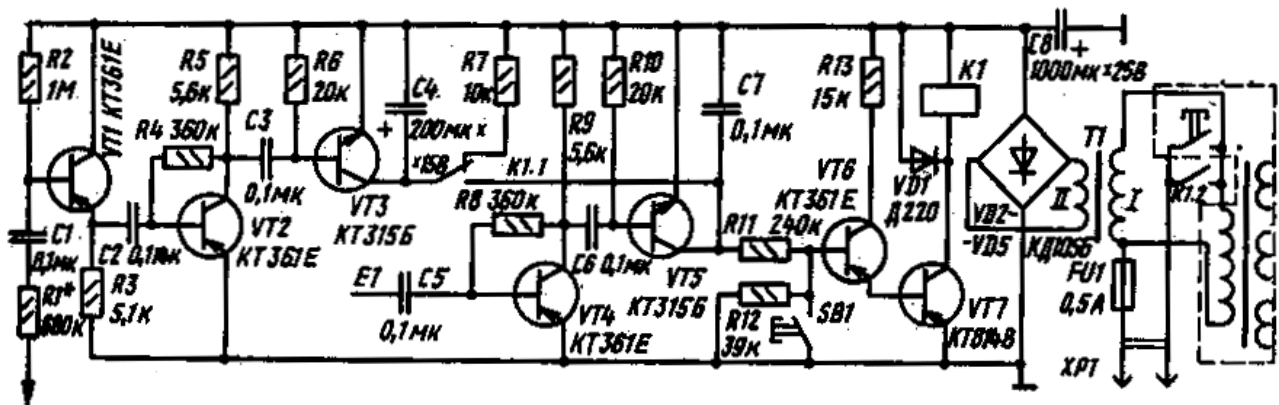
Завдання до виконання лабораторної роботи № 6, 7.



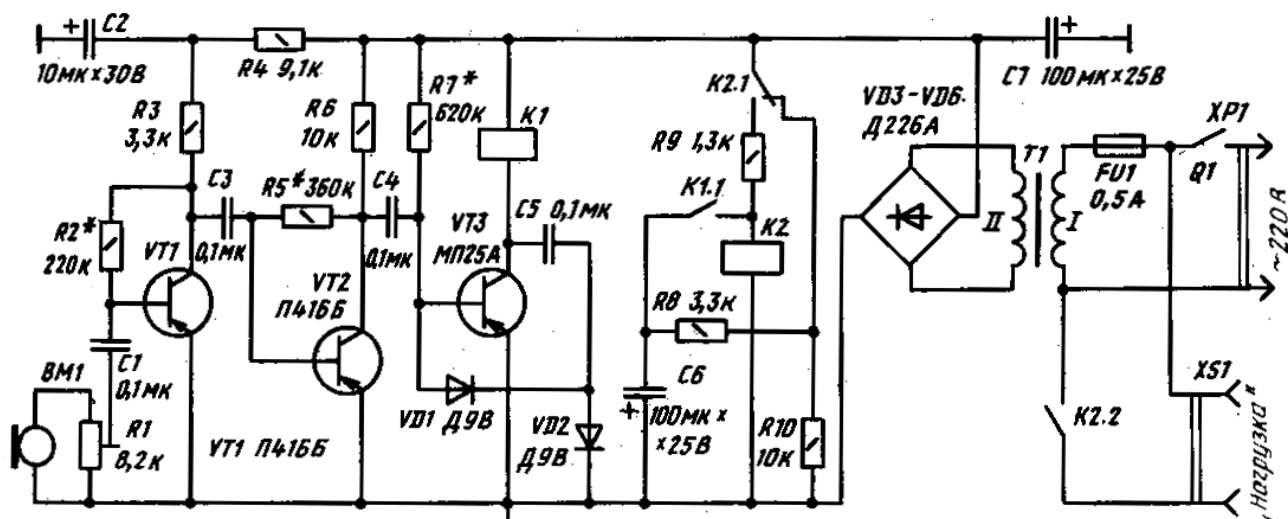
Варіант 1. Автомат включення освітлення



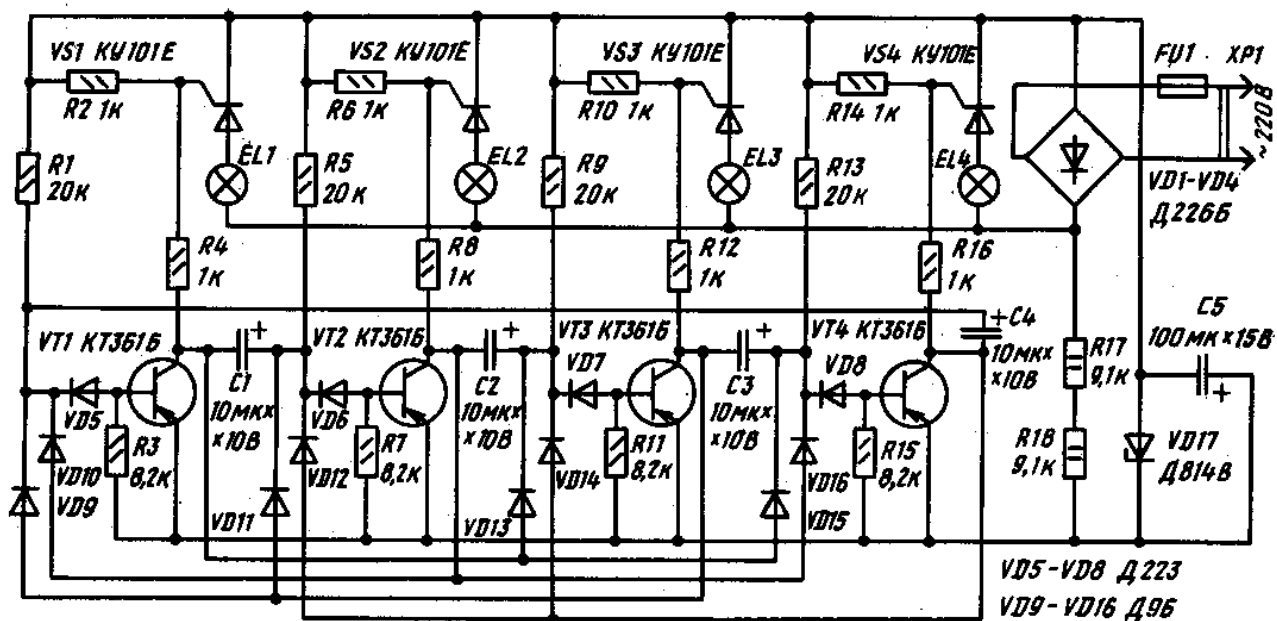
Варіант 2. Автомат включення освітлення



Варіант 3. Автомат відключення електрофону

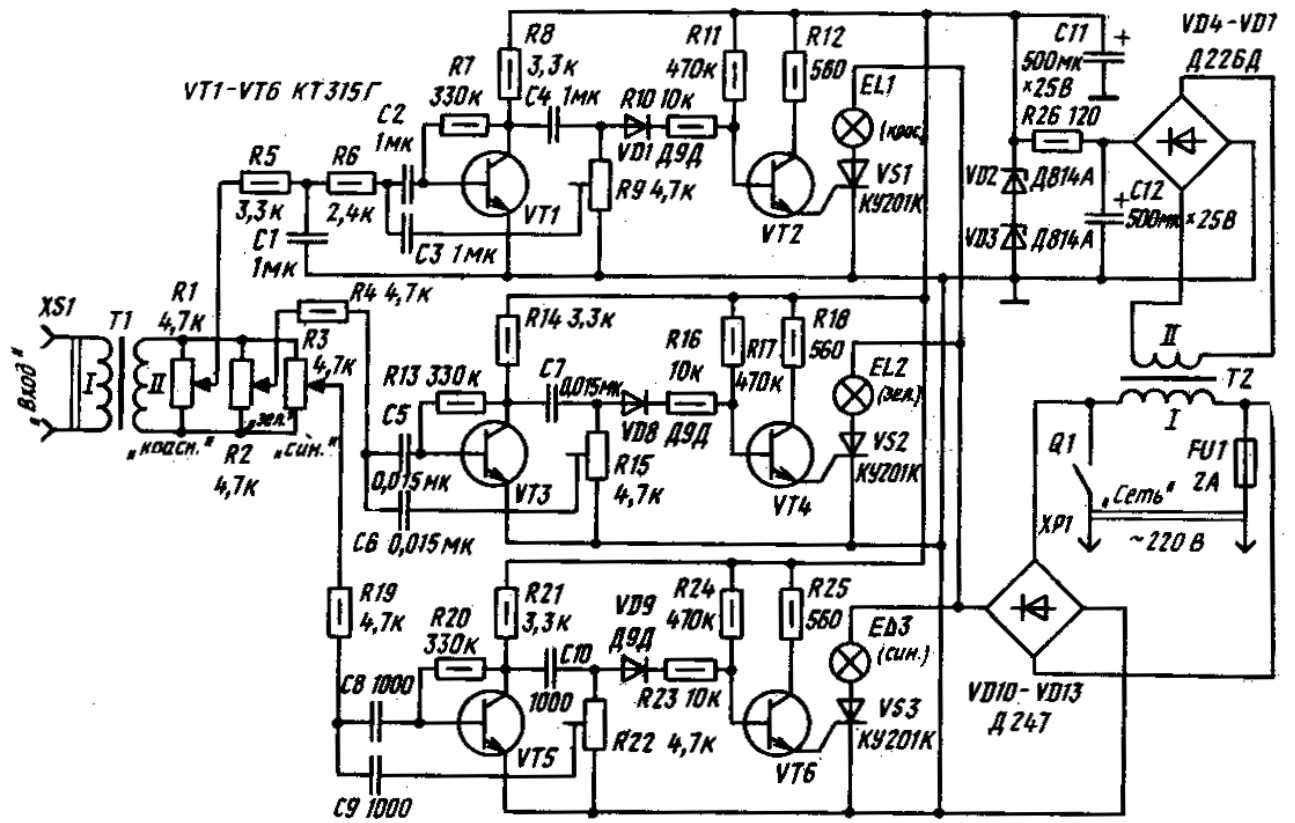


Варіант 4. Автостоп

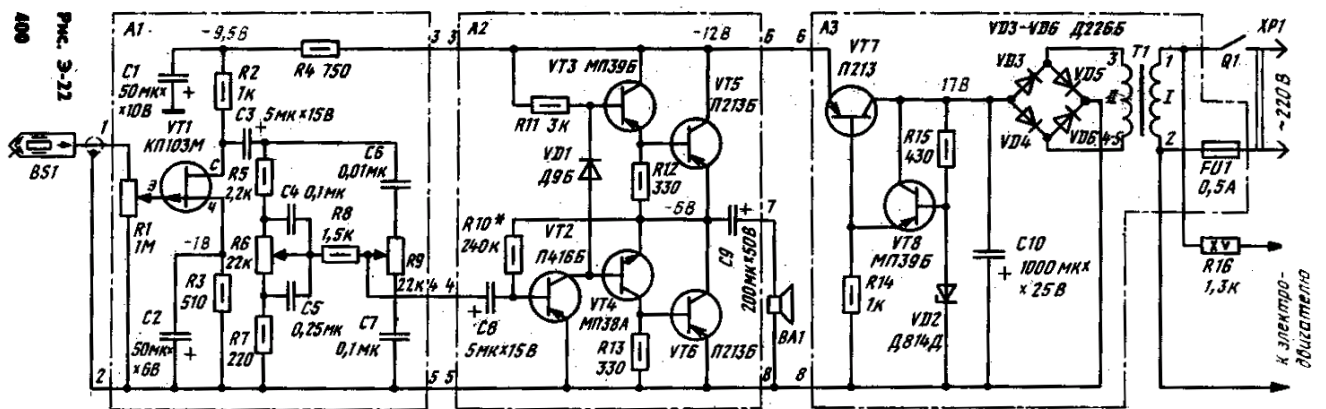


Варіант 5. Біжучі вогні з потужними лампами

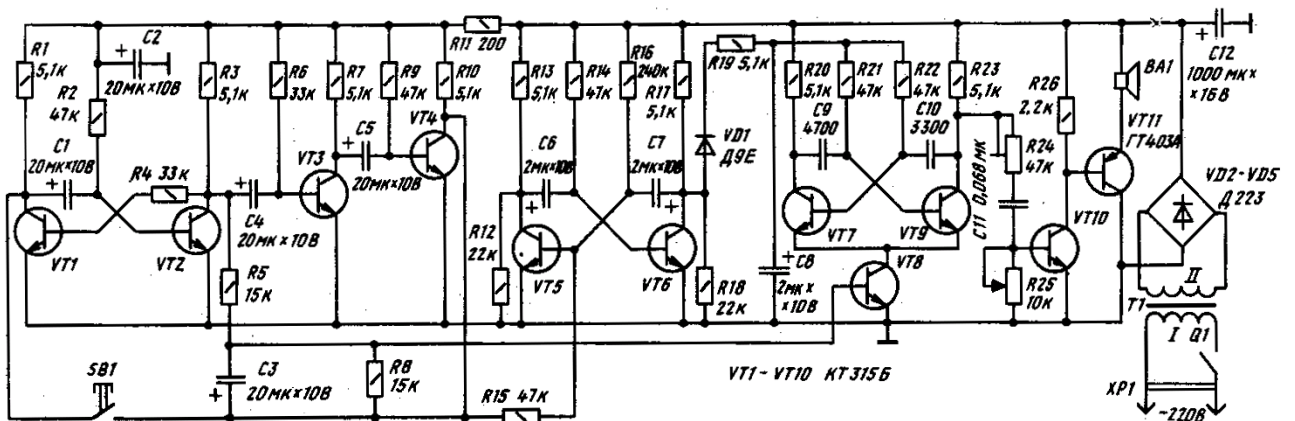




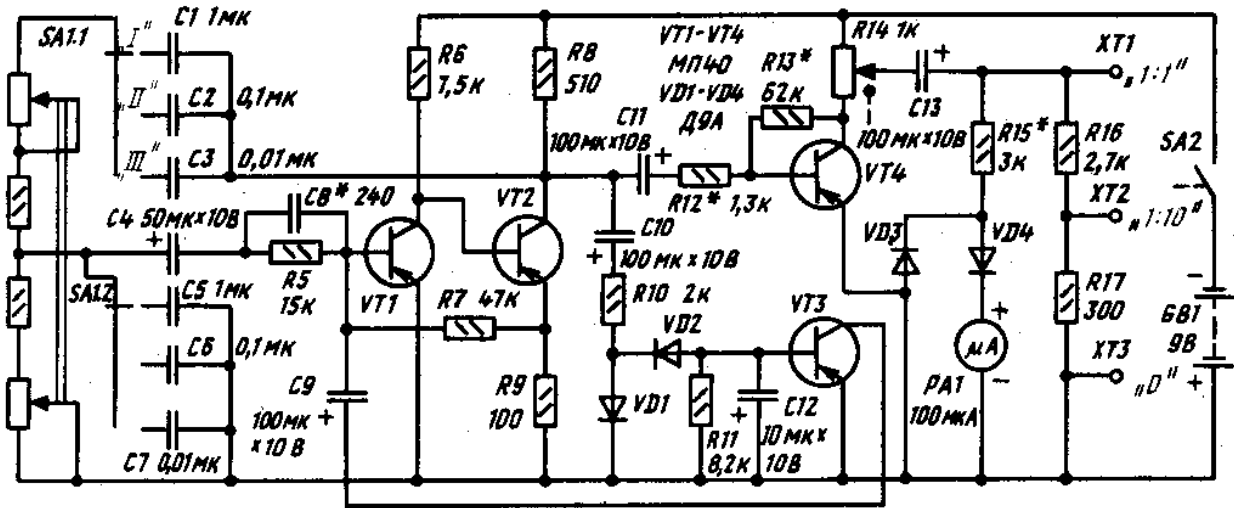
Варіант 6. Кольорова музична приставка на транзисторах



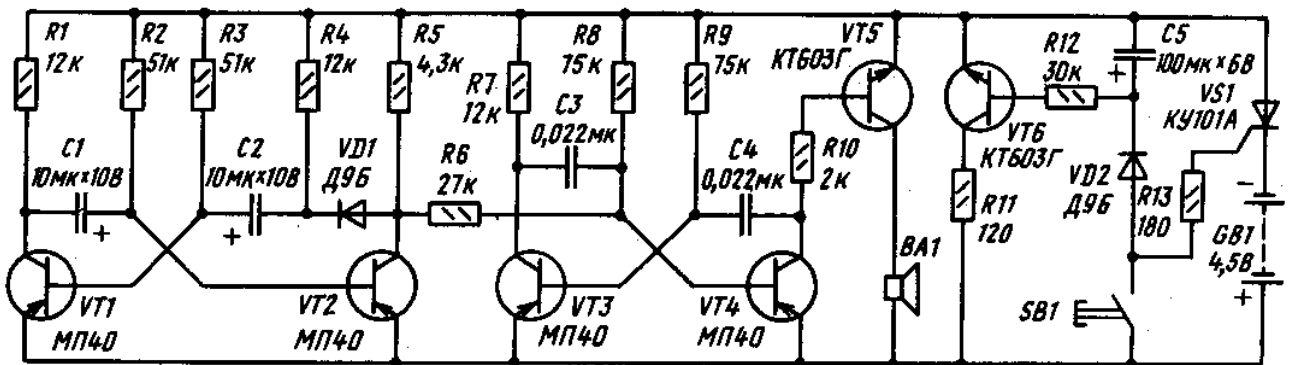
Варіант 7. Електрофон



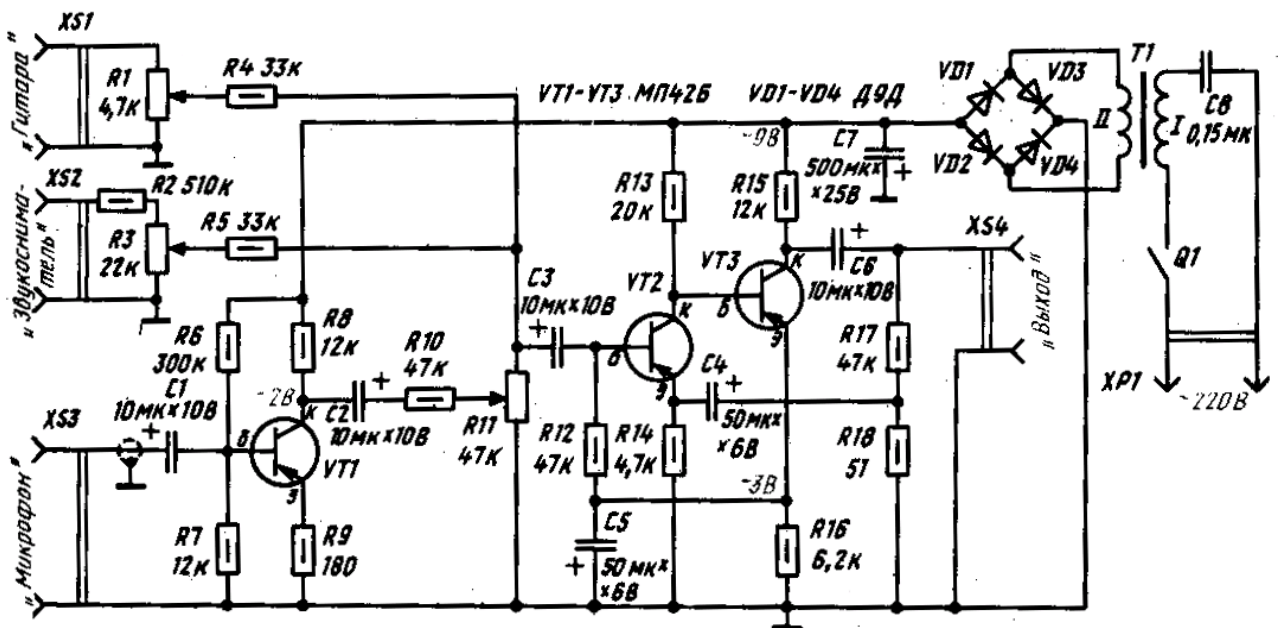
Варіант 8. Електромузичний дзвінок на транзисторах



Варіант 9. Генератор звукової частоти

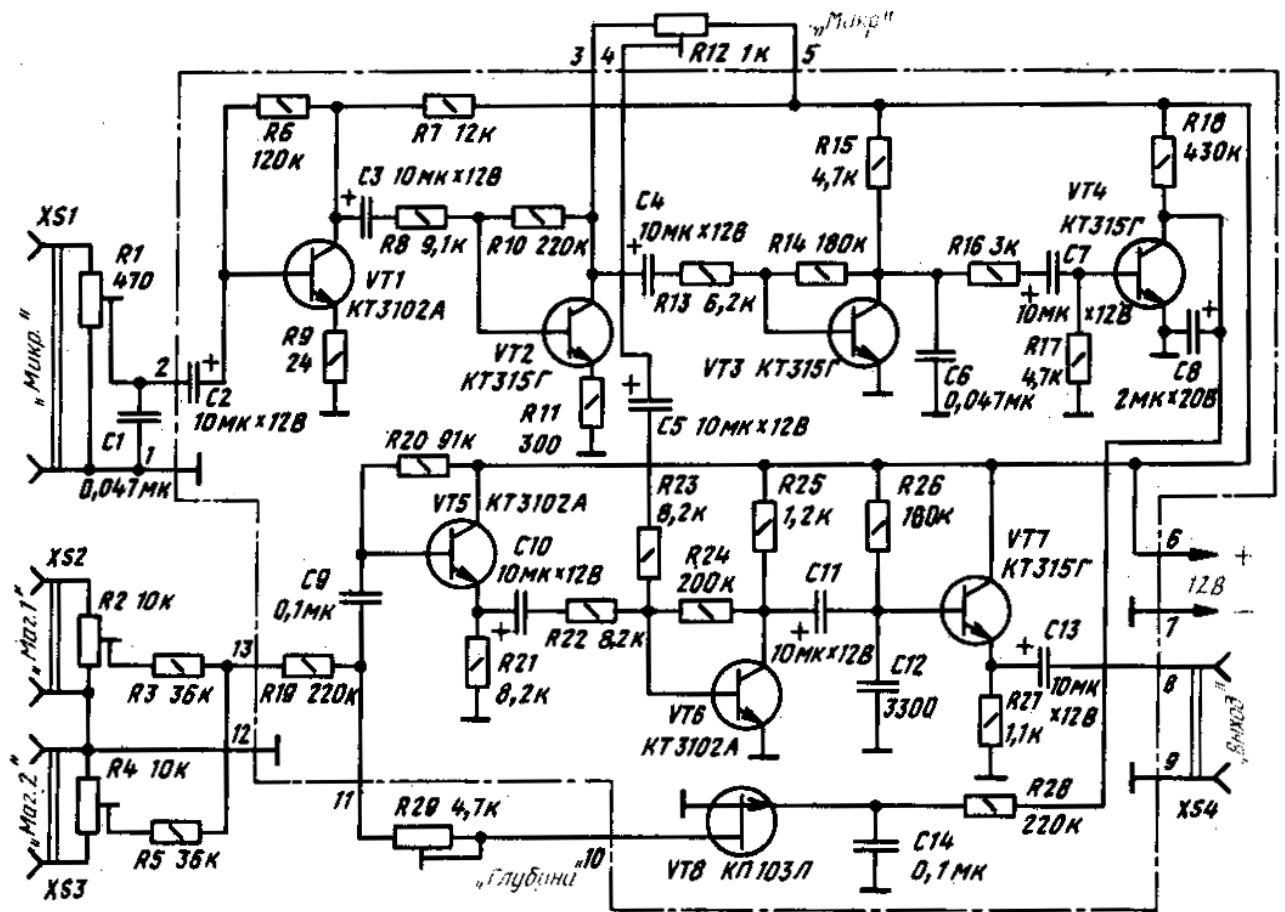


Варіант 10. Імітатор співу птахів

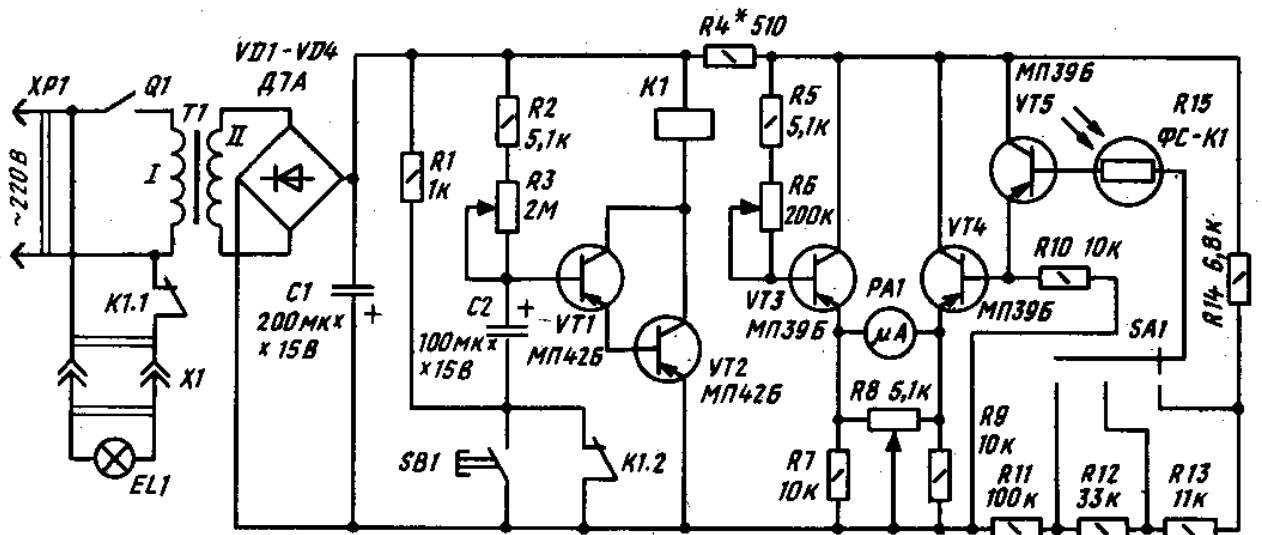


Варіант 11. Мікшер

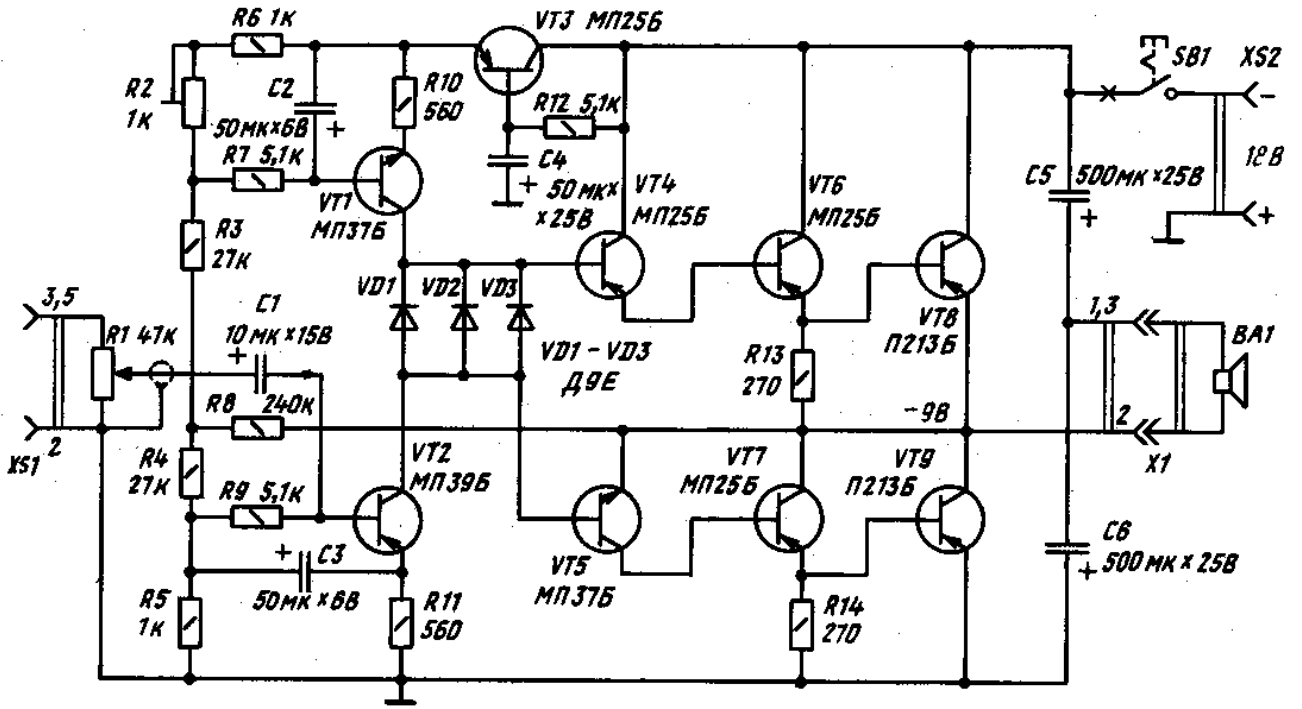




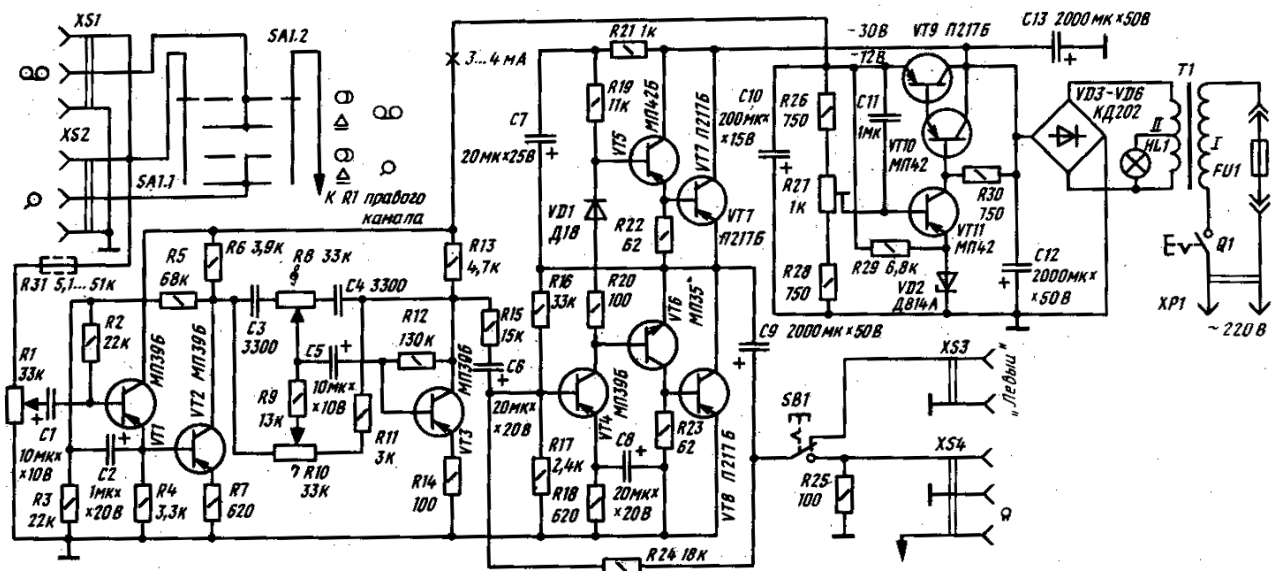
Варіант 12. Мікшер



Варіант 13. Реле часу з фотоекспонетром



Варіант 14. Підсилювач звукової частоти для електрогітари



Варіант 15. Підсилювач звукової частоти стереофонічний