

В.Р. Медвідь, В.П. Пісьціо

**ПРОЕКТУВАННЯ
ТА АНАЛІЗ
ЕЛЕКТРИЧНИХ СХЕМ
В ПРОГРАМНОМУ
СЕРЕДОВИЩІ
Multisim**

Тернопільський національний технічний
університет імені Івана Пулюя

Кафедра автоматизації
технологічних процесів
і виробництв

Проектування та аналіз електричних схем в програмному середовищі Multisim

Методичні вказівки до самостійної роботи
студентів
з курсу

"Проектування мікропроцесорних систем
керування технологічними процесами"

Тернопіль 2018

Проектування та аналіз електричних схем в програмному середовищі Multisim. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів з курсу "Проектування мікропроцесорних систем керування технологічними процесами". Медвідь В.Р., Пісьціо В.П., Тернопіль: ТНТУ, 2018 - 26 с.

Для студентів напряму підготовки: 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

Укладачі:

доцент, к.т.н. Медвідь В.Р.,

асистент Пісьціо В.П.

Розглянуто і затверджено на засіданні кафедри автоматизації технологічних процесів і виробництв (протокол № 1 від 29.08.2018 року)

Методичні вказівки по проектуванню та аналізу електричних схем в програмному середовищі Multisim

Вступ

Multisim - це єдиний в світі інтерактивний емулятор схем, що дозволяє створювати кращі продукти за мінімальний час. Multisim включає в себе версію Multicap, що робить його ідеальним засобом для програмного опису і подальшого тестування схем.

Multisim також підтримує взаємодію з LabVIEW і SignalExpress виробництва National Instruments для тісної інтеграції засобів розробки і тестування.

Середовище Multisim

Введення в Multisim

Інтерфейс користувача складається з декількох основних елементів (рис.1).

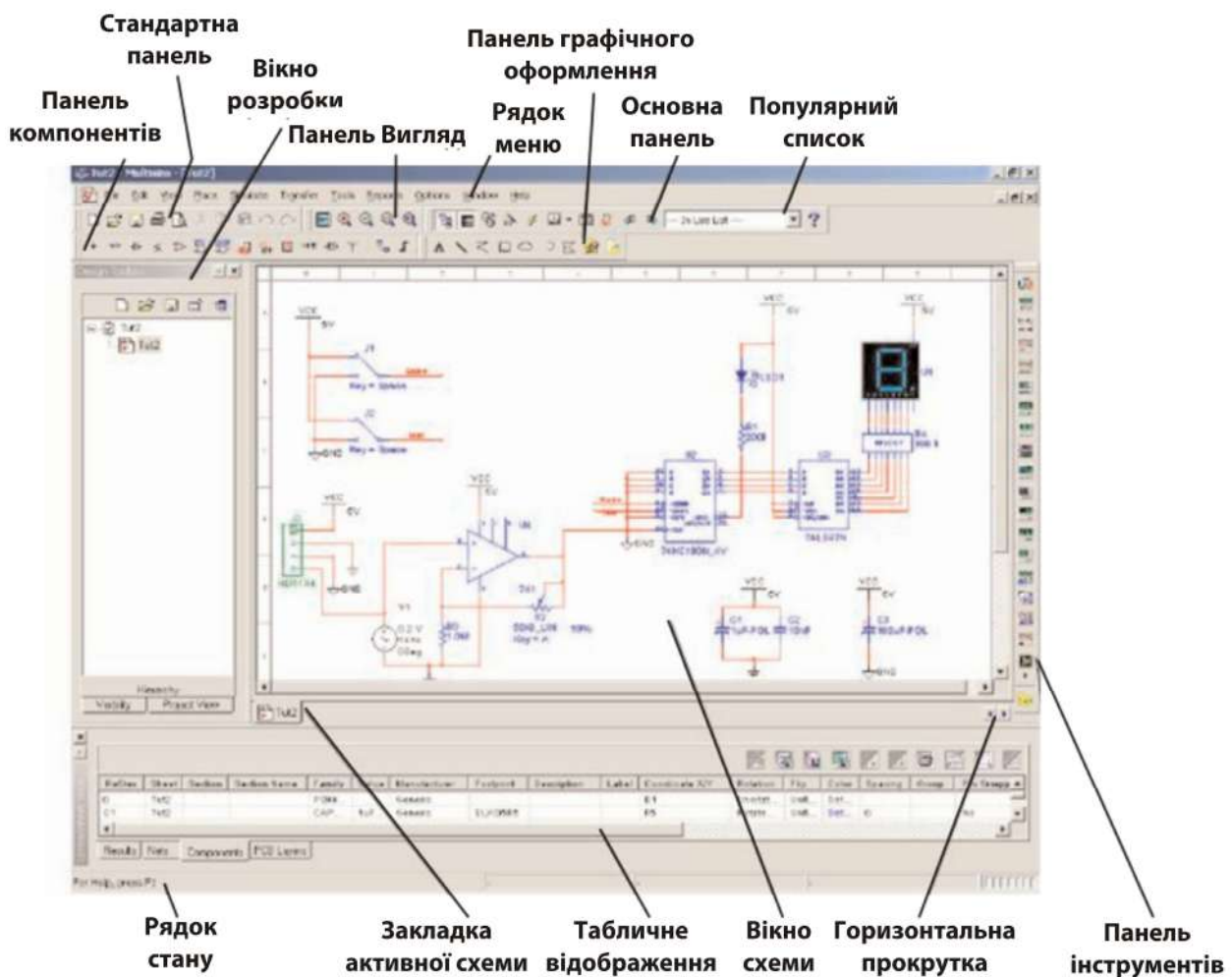


Рисунок 1. Середовище Multisim

Вікно розробки (Design Toolbox)

У вікні розробки знаходяться засоби управління різними елементами схеми.

Закладка **Доступність (Visibility)** дозволяє приховати або відобразити шари схеми робочої області. Закладка **Ієрархія (Hierarchy)** відображає взаємозв'язок між файлами відкритого проекту у вигляді дерева. Закладка **Проект (Project)** містить інформацію про відкриті проекти. Користувач може додати файли в папки відкритого проекту, змінити доступ до файлів і створити архів проекту.

Глобальні налаштування

Глобальні налаштування керують властивостями середовища Multisim. Доступ до них відкривається з діалогового вікна **"Властивості" (Preferences)**. Виберіть **Більше / глобальні налаштування (Options / Global Preferences)**, відкриється вікно **"Властивості"** з наступними закладками:

- **Paths (Шлях)** - тут можна вказати шлях до файлів баз даних та інші налаштування.
- **Save (Зберегти)** - тут можна налаштувати період автоматичного збереження і чи потрібно записувати дані емуляції разом з приладом.
- **Parts (Компоненти)** - тут можна вибрати режим розміщення компонентів і стандарт символів (ANSI або DIN). Також тут знаходяться налаштування емуляції за замовчуванням.
- **General (Загальні)** - тут можна змінити поведінку прямокутника вибору, колеса миші і інструментів з'єднання, та автоматичного з'єднання.

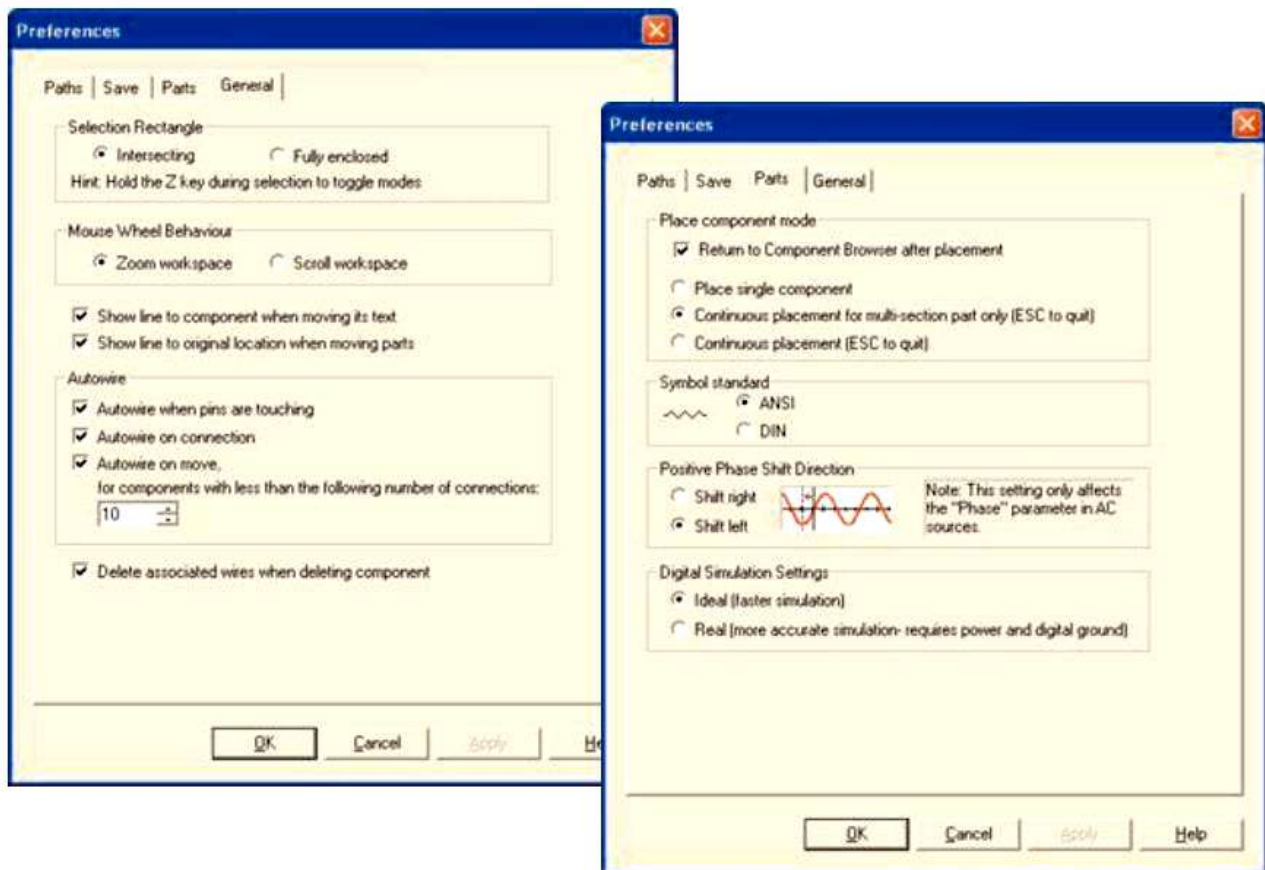


Рисунок 2. Різні глобальні налаштування

Налаштування аркуша

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

Налаштування аркуша згруповані в наступні закладки:

- **Circuit (Схема)** - тут можна вибрати колірну схему і зовнішній вигляд тексту робочої області.
- **Workspace (Робоча область)** - тут можна налаштувати розмір аркуша і його властивості.
- **Wiring (З'єднання)** - тут знаходяться налаштування з'єднань і шини.
- **Font (Шрифт)** - Тут можна вибрати шрифт, його розмір і накреслення для текстових елементів схеми.
- **PCB (Друкowana плата)** - тут знаходяться налаштування друкованої плати.

- **Visibility (Доступність)** - тут можна приховати або відобразити додаткові шари коментарів.

Детальний опис властивості кожного аркуша можна подивитися в керівництві користувача Multisim (Multisim User Guide) або в файлі довідки Multisim (Multisim helpfile).

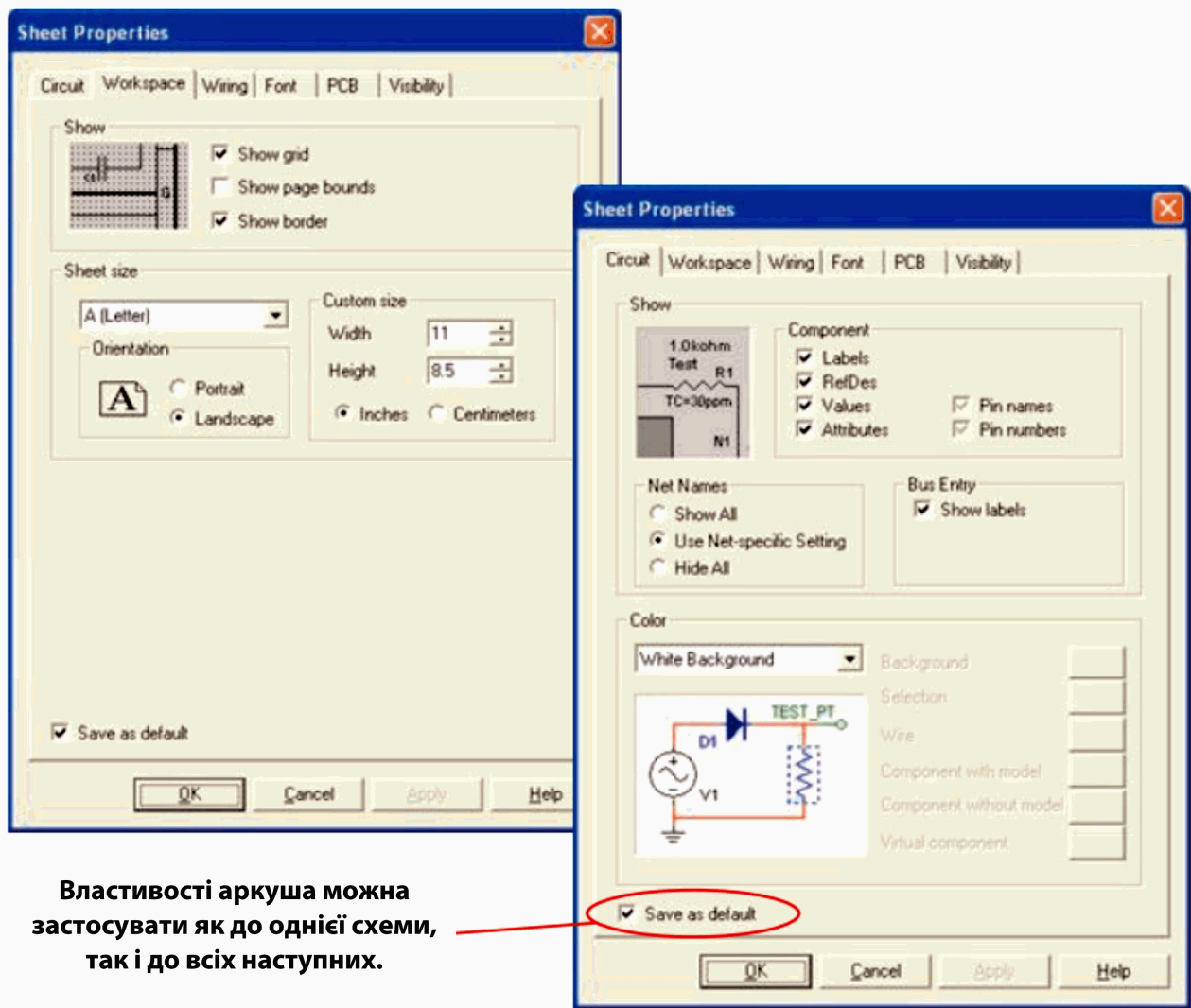


Рисунок 3. Властивості аркуша

Налаштування призначеного для користувача інтерфейсу

Інтерфейс Multisim можна налаштувати на свій смак, зміни залежать один від одного. 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.

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

На замітку: Щоб призначені клавіші не перетиналися з командами інтерактивних елементів, радимо призначати комбінації клавіш, наприклад **Ctrl-E**.

Наприклад, для аркуша схеми й описи можна призначити свою комбінацію гарячих клавіш і додаткових вікон.

Для налаштування призначеного для користувача інтерфейсу виберіть пункт **Опції**/Налаштувати призначений для користувача інтерфейс (**Options / Customize User Interface**). За допомогою діалогового вікна "**Налаштування**" (**Customize**) ви можете

створювати і змінювати панелі інструментів, призначати гарячі клавіші, налаштовувати і створювати нові меню, а також змінювати стиль інтерфейсу.

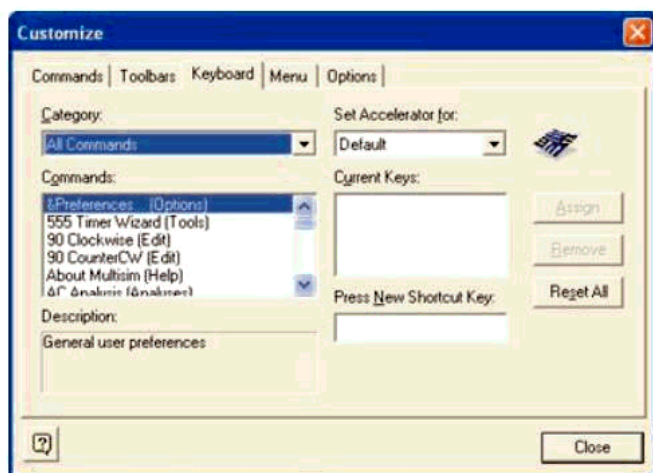


Рисунок 4. Діалогове вікно "Налаштування"

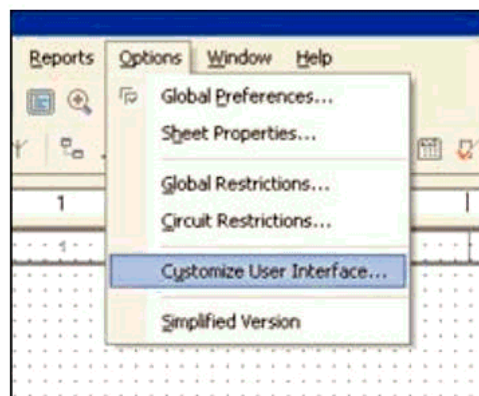


Рисунок 5. Налаштування меню

Вправа 1 - Інтерфейс Multisim

Приблизний час на виконання: 10 хвилин

Мета цієї вправи - познайомитися з інтерфейсом Multisim. Ви зможете вивчити зовнішній вигляд, глобальні налаштування, а також різні панелі інструментів і пункти меню.

Мета

- Ознайомитись з інтерфейсом Multisim.
- Ви можете подивитись, як налаштовуються параметри середовища Multisim.

Вправа

1) Запустіть Multisim.

a) Виберіть пункт меню **Файл / Відкрити приклад (Select File / Open Samples)** і відкрийте **AMPMOD.ms9**.

b) Експериментуйте з різними зовнішніми видами середовища Multisim.

i) Виберіть **Вид / Таблиця (View / Spreadsheet)**, щоб включити уявлення таблиці.

ii) Вивчіть закладки **Browse Мережі, Компоненти і Шари** друкованої плати (**Nets, Components і PCB Layers**).

iii) Вкажіть кількість мереж з унікальним номером.

c) Виберіть пункт **Вид / Опис схеми (View / Circuit Description Box)**. Тут розробники можуть дізнатися докладні відомості про розроблювану схему. Для редагування вмісту виберіть пункт **Інструменти / Редактор опису (Tools / Description Box Editor)**.

d) Виберіть **Вид / Панель розробника (View / Design Toolbox)**. Тут наведено список файлів, допоміжних схем і інших елементів схеми.

2) Вивчіть пункти **Глобальні налаштування і Властивості аркуша (Global Preferences і Sheet Properties)**.

a) Виберіть **Більше / Властивості аркуша (Options / Sheet Properties)**.

i) Спробуйте відобразити і приховати сітку на закладці **Робоча область (Workspace)**, щоб побачити зміни, натисніть **ОК** або **Застосувати (Apply)**.

ii) Спробуйте змінити кольори за допомогою закладки **Схема (Circuit)** і подивіться всі зміни, натисніть **ОК** або **Застосувати (Apply)**.

b) Виберіть **Опції / Глобальні налаштування (Options / Global Preferences)**.

i) Відзначте **Автоматична створення резервної копії (Auto-backup)** на закладці **Збереження (Save)**.

ii) Увімкніть або вимкніть **Повернення до провідника компонентів (Return to Component Browser)** на закладці **Компоненти (Parts)**.

3) Вивчіть налаштування на вкладці **Загальні (General)**. Який режим для **Прямокутника вибору (Selection Rectangle)**?

4) Якщо є час, потренуйтеся в середовищі Multisim. Спробуйте розмістити довільний елемент на схему.

5) Закрийте схему за допомогою пункту **Файл / Закрити (File / Close)**.

Кінець вправи

Компоненти

Огляд компонентів

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

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

Віртуальні компоненти потрібні тільки 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. Віртуальні компоненти також можуть не відповідати реальним, наприклад, як 4-х контактний елемент відображає 16-кові цифри, показано на рисунку 6.

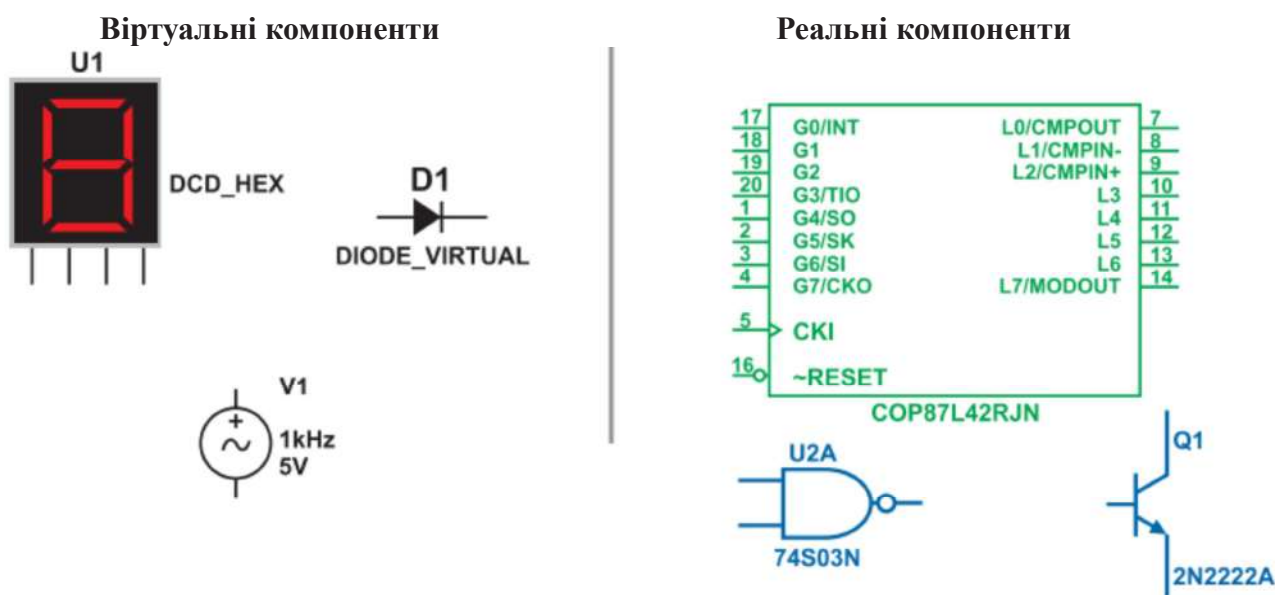


Рисунок 6. Символи різних компонентів: 7-сегментний дисплей, діод D1, джерело живлення V1, логічний елемент 2I-HE U2A, мікроконтролер U3 і транзистор Q1

Інтерактивні компоненти

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

Наприклад, на рисунку 7 наведено кілька компонентів: клавіша **A** збільшить опір потенціометра до 100% від зазначеної величини (1 кОм). Щоб зменшити опір, притисніть **Shift** і натисніть **A**.

Клавіша **Пропуск** відкриває або закриває вимикач на рисунку 10.

Поле	Опис	Приклад
База даних	Назва бази даних Multisim, в якій зберігається даний компонент	Користувачка (User)
Група (Group)	Назва групи, до якої належить даний елемент	TTL
Сімейство (Family)	Назва сімейства, до якого належить даний елемент	74S
Компонент (Component)	Назва даного компонента	7 4S00D
Символ (Symbol)	Символ (ANSI або DIN), який відображає компонент на схемі	
Призначення (Function)	Опис компоненту	чотири двовходових елементи I-HE (QUAD2-INPUT NAND)
Model Manuf./ID		Texas Instrument\74S00
(Footprint Manuf./Type)		D014

Рисунок 7. Приклади інтерактивних компонентів

Гарячу клавішу можна вибрати наступним чином: при подвійному клацанні миші відкриється вікно, в випадаючому меню якого можна вибрати потрібну клавішу.

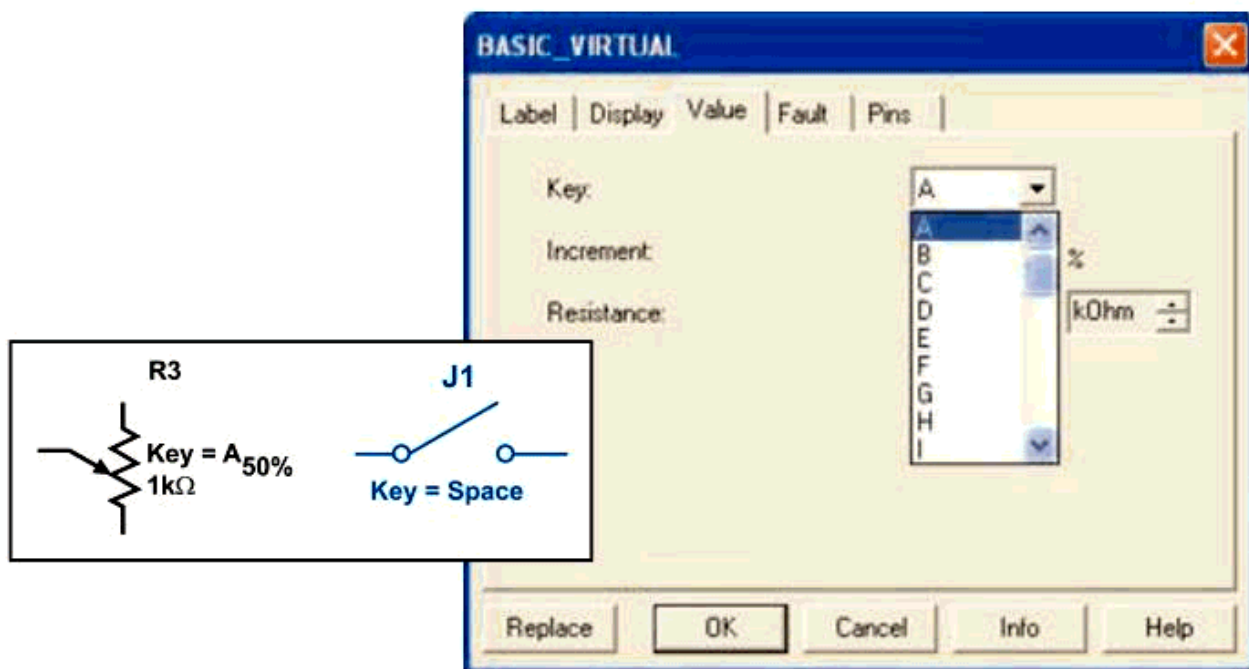


Рисунок 8. Інформація про компоненти

Характеристики компонентів

В провіднику компонентів відображаються наступні поля:



Рисунок 9. Вкладка Елементи (Parts) або панель інструментів "Компоненти" (Component)

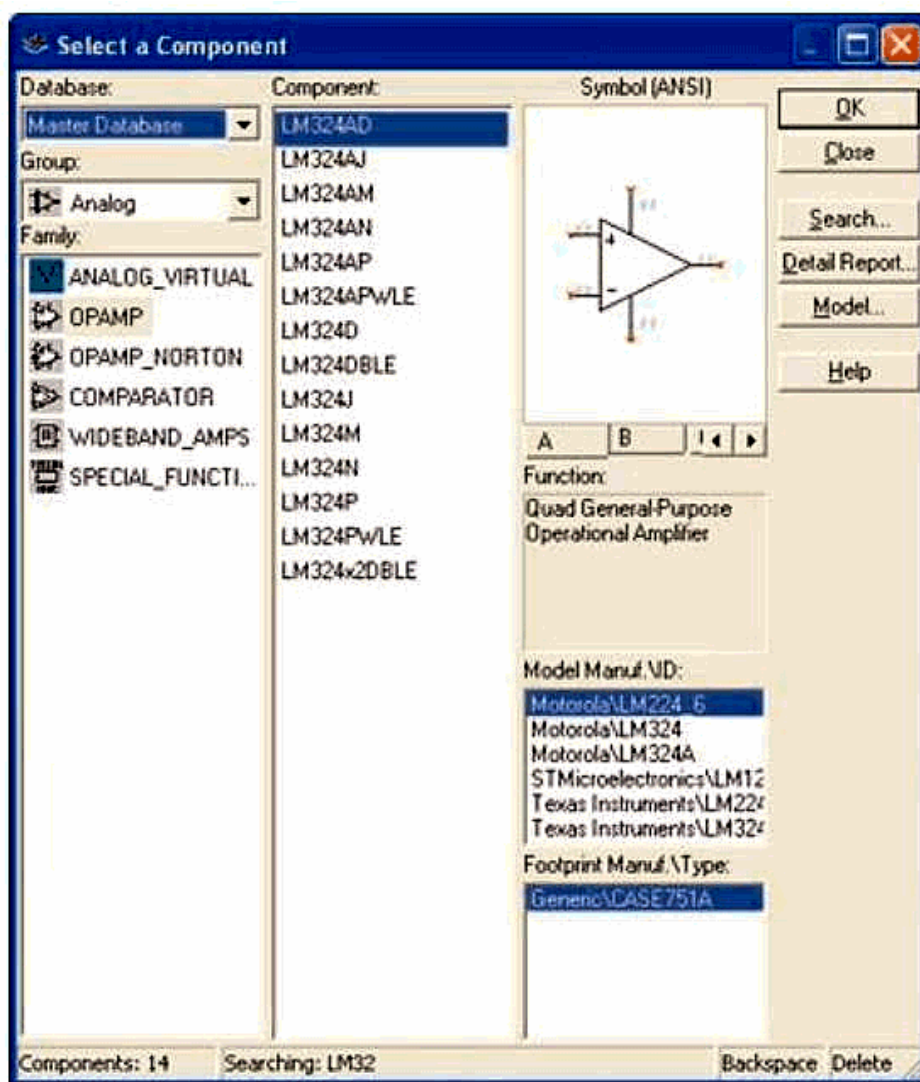


Рисунок 10. Провідник компонентів

Провідник компонентів

Провідник компонентів (Component Browser) - це місце, де вибираються компоненти, щоб розмістити їх на схемі. Гаряча клавіша за замовчуванням для розміщення компонента - **Ctrl-W** або подвійне клацання мишкою.

Курсор миші прийме форму компонента, поки ви не виберіть місце на схемі для компонента.

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

У **Провіднику компонентів** відображається поточна база даних, в якій зберігаються відображаючі елементи.

У Multisim вони організовані в **групи (groups)** і **сімейства (families)**. Також в провіднику відображається опис компонента (**поле Призначення Function**), модель і друкована плата або виробник.

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

На замітку: Будь-якому компоненту відповідає безліч моделей. Кожна модель може посылатися на різні фізичні характеристики компоненту. Наприклад, операційний підсилювач LM358M зовні має 5 контактів, але в цій моделі з них використовується тільки 3, контакти живлення не задіяні. Більш детальну інформацію про моделі можна знайти, вибравши модель

в полі **виробник / ідентифікатор (Model Manuf. \ ID)** і клацнувши по кнопці **Модель (Model)**.

Бази даних

У Multisim є бази даних трьох рівнів:

- З **Головної бази даних (Master Database)** можна тільки зчитувати інформацію, в ній знаходяться компоненти **Electronics Workbench**.

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

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

Засоби управління базами даних дозволяють переміщати компоненти, об'єднувати дві бази в одну і редагувати їх. Всі бази даних поділяються на групи, а вони, в 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.

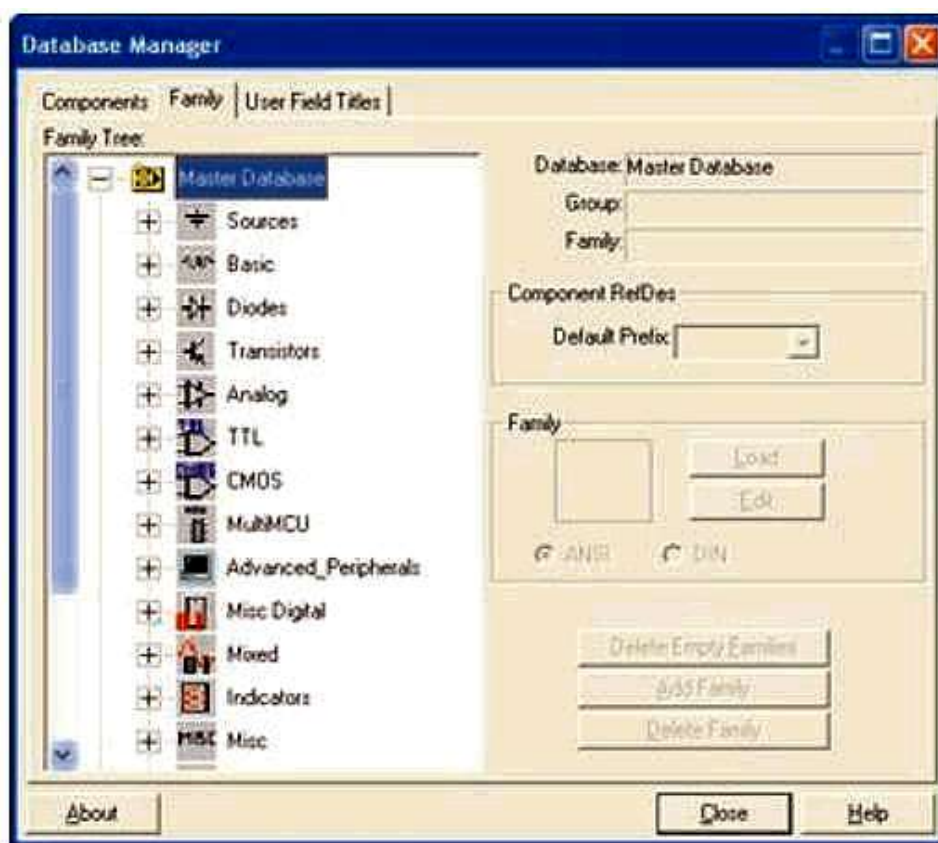


Рисунок 11. Провідник баз даних

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

На замітку: щоб відкрити базу даних, виберіть **Інструменти / Бази даних / Провідник баз даних (Tools / Database / Database Manager)**, щоб редагувати елементи провідника, скопіюйте їх в призначену для користувача або корпоративну базу даних.

Вправа 2 - Пошук і розміщення компонентів

Приблизний час виконання: 10 хвилин

Ця вправа знайомить з провідником компонентів. Виконавши цю вправу, ви повинні вміти відкривати провідник, шукати і знаходити потрібні компоненти, а також отримувати додаткову інформацію за допомогою різних полів провідника.

Мета

- Ви можете подивитись, як за допомогою провідника компонентів шукати необхідні елементи.

- Ознайомитись з інформацією, яка відображається в провіднику компонентів.

виконання

1) Відкрийте вікно нової схеми: **Файл / Новий / Введення схеми (File / New / Schematic Capture)**.

2) Викличте провідник компонентів за допомогою кнопки **Джерела (Sources) Панелі елементів (Parts Bin)** або **Панелі Компонентів (Components Toolbar)**.



Рисунок 12.

3) Знайдіть і помістіть на схему елемент заземлення (**Ground**), він знаходиться в сімействі джерел живлення **POWER_SOURCES**.

4) За допомогою інструменту **Пошук (Search)** знайдіть мікросхему **Analog Devices OP297AZ**.

a) У провіднику компонентів натисніть кнопку **Пошук (Search)**.

b) Наберіть "**OP297AZ**" в полі **Компонент (Component)**, коли ви знайдете компонент, натисніть **ОК**. Часом не пишеть його на блок-діаграму.

c) Скільки різних операційних підсилювачів в вашій базі даних? (Вказівка: Скористайтесь символом "*" в пошуковому запиті: "**OP297 ***").

d) Скільки секцій у мікросхеми? (Вказівка: Секції позначаються буквами A-Z)

e) При розміщенні операційного підсилювача на блок-діаграмі потрібно вибрати секцію **A** або **B**. Поки не пишеть ОУ на схему.

f) За допомогою функції пошуку знайдіть 16-тквовий інвертор 74S04D.

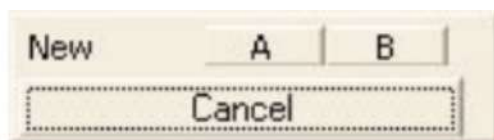


Рисунок 13.

5) Перед тим, як помістити елемент на схему, вам запропонують на вибір один з 6 інверторів. Виберіть варіант A. Після цього ви можете додавати або такі ж логічні елементи (U1), або інші мікросхеми.

6) Додайте ще один елемент виду A. Яка мітка (**reference designator**) для нього призначається за замовчуванням?

Кінець вправи.

Зсув, поворот, вибір і з'єднання компонентів

Зсув, поворот і виділення

Після вибору компонентів з бази даних вони розміщуються на схемі і з'єднуються між собою. Подвійний клацання по компоненту в провіднику прикріпить його до курсора. Після цього можна помістити елемент на схему, просто клікнувши в бажаному місці.

В цей час і після установки компоненти можна повернути. Щоб це зробити в першому випадку, натисніть **Ctrl-R**. Щоб повернути встановлений компонент, виділіть його та теж натисніть **Ctrl-R** або виберіть в контекстному пункті пункт "**повернути на 90 °**" по або проти

годинникової стрілки.

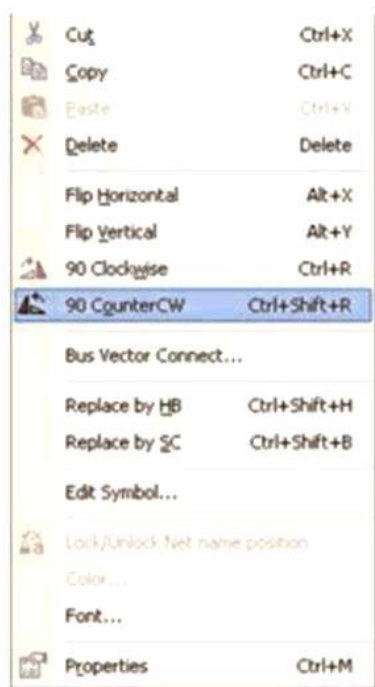


Рисунок 14. Поворот компоненту



Рисунок 15. Заміна компонентів

Щоб вибрати компонент, просто клацніть по ньому мишею. Для вибору декількох компонентів притисніть кнопку миші і переміщайте її, малюючи прямокутник вибору навколо потрібних компонентів. Обрані 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 розпочатому додатковому вікні провідника компонентів.

З'єднання компонентів після заміни Multisim відновить.

З'єднання

У Multisim використовується безрежимний принцип роботи: дія мишею залежить від положення курсора, немає необхідності вибирати інструмент або режим при роботі в Multisim. Курсор змінює свій вигляд в залежності від того, на який об'єкт він наведений. Різні види курсору наведені на малюнку 16.

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

Щоб почати вести з'єднує провід, клікніть по роз'єму, щоб завершити з'єднання, клікніть по кінцевому терміналу.

Після появи провідника Multisim автоматично присвоїть йому номер в мережі. Нумерація збільшується послідовно, починаючи з 1. Заземляючі провідники завжди мають номер **0** - це вимога, пов'язана з роботою прихованого емулятора **SPICE**.

Щоб змінити номер з'єднання або привласнити йому логічне ім'я, просто двічі клацніть по провіднику (рисунок 17).

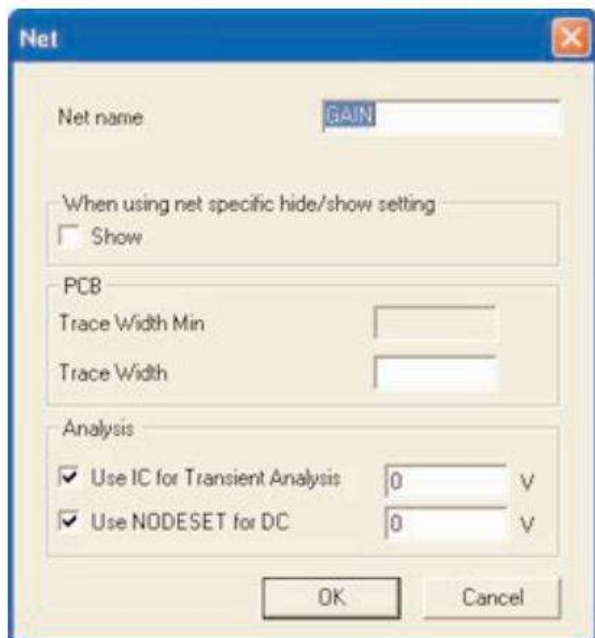


Рисунок 16. Властивості кола

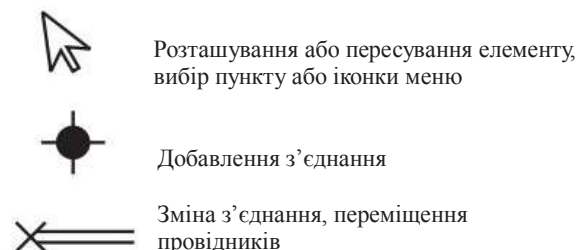


Рисунок 17. Безрежимний курсор миші

Автоз'єднання роз'ємів дотиком

У Multisim є функція автоматичного з'єднання роз'ємів між собою і з провідниками.

Щоб додати компонент в існуючу мережу з'єднань, просто його виводи мають торкатися існуючої мережі.

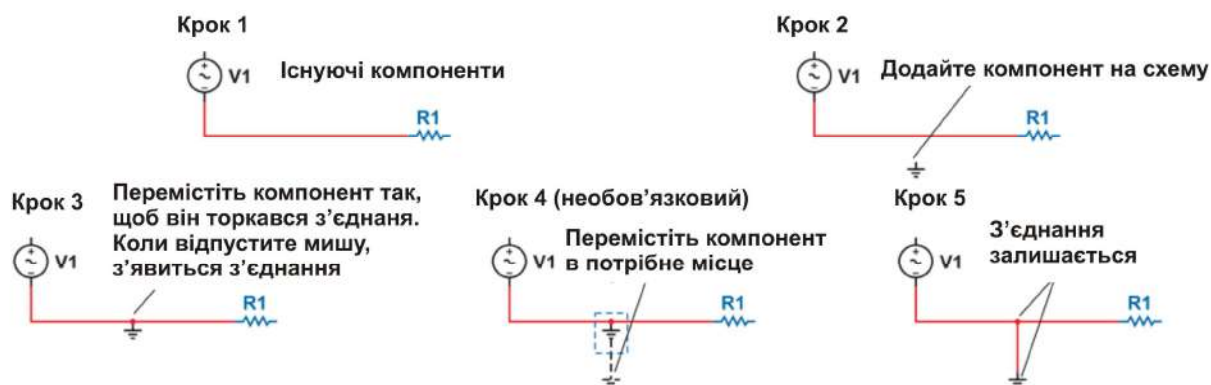
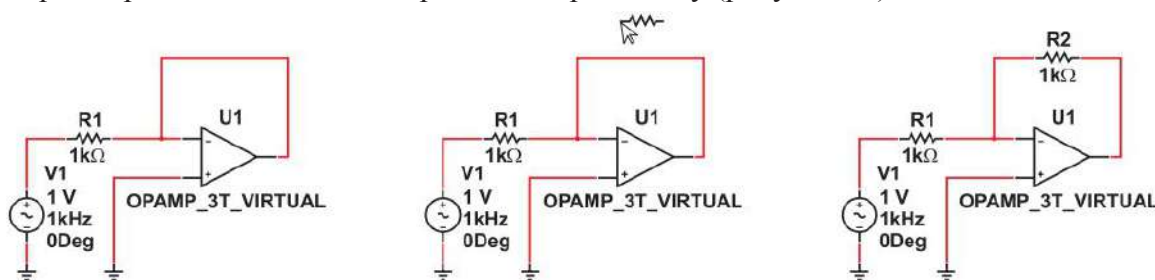


Рисунок 18. Автоматичне з'єднання дотиком

Додавання в авторазрив

У Multisim є можливість вставити компонент всередину існуючої мережі з'єднань. Для цього просто розмістіть елемент паралельно провіднику (рисунок 19).



Крок 1. Потрібно вставити компонент

Крок 2. Помістіть компонент паралельно провіднику

Крок 3. Компонент вставляється автоматично

Рисунок 19. Автовставлення компонентів

Вправа 3 - Намалювати схему

Приблизний час виконання: 20 хвилин.

Ця вправа - базова по введенню схеми в Multisim. Ви створите і з'єднаєте просту схему в Multisim, скориставшись різними методами пошуку компонентів, потренуєтеся їх з'єднувати і запустіть найпростішу емуляцію.

Мета

- Зрозуміти відмінність між реальними, віртуальними, ідеальними і інтерактивними елементами.
- Створити найпростішу схему (включаючи віртуальні з'єднання).
- Ознайомитись і встановити настройки з'єднання.

Виконання

1) Створіть свою копію схеми 40kFILTER1_Complete.ms9, як показано на малюнку нижче. Виберіть необхідні компоненти з **Основною бази даних (Master Database)** (**Розмістити / Компонент Place / Component**) і **Популярного списку (In-Use List)**.

Встановіть значення компонентів, як показано на малюнку.

Компоненти R1, R2 і C2 віртуальні

Розмістіть конденсатор між точками A та B

Увага!

Всі компоненти, крім ОП, - віртуальні (Virtual Components). ОП був відображений зверху вниз.

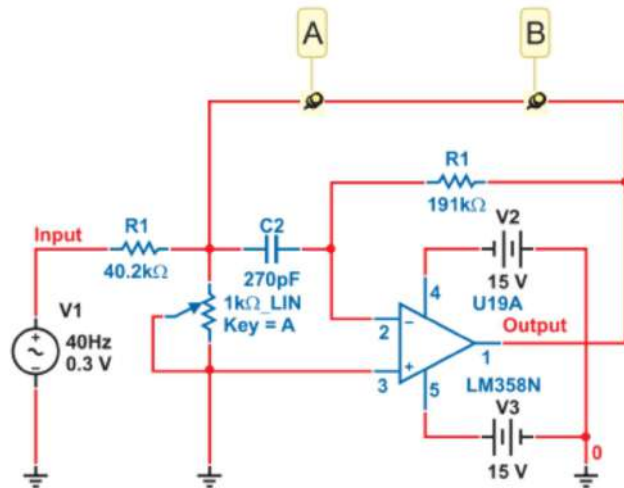


Рисунок 20. Смуговий фільтр

2) Щоб з'єднати компоненти, наведіть курсор на термінал так, щоб він змінив свій вигляд і натисніть мишею. Перемістіть курсор (тягнучи за собою провід) до другого терміналу і натисніть, щоб завершити з'єднання.

3) Замініть резистор R2 засобами Multisim: виберіть в контекстному меню пункт замінити компоненти і замініть віртуальні резистор реальним (розділ **Basic / Resistor**) на ваш вибір.

4) Двічі клікніть на віртуальні компоненти і подивіться, як задаються їх параметри.

5) Поверніть і перемістіть будь-який компонент, щоб подивитися як ваші дії впливають на з'єднання провідників. Також компоненти можна повертати, коли ви розміщуєте їх з бази даних.

6) Виберіть віртуальний конденсатор з **Популярного списку** і розмістіть його між точками A і B схеми.

Він автоматично з'єднується і його ємність стає 270 пФ.

Кінець вправи

Додаткові теми

Майстри з'єднань

У Multisim є кілька майстрів з'єднань, які допомагають розробникам швидко створювати схеми з заданими параметрами.

Список майстрів з'єднань наведено на риунку 21. Вони знаходяться в меню **Інструменти / Майстри з'єднань (Tools / Circuit Wizards)**.



Рисунок 21. Майстри з'єднань

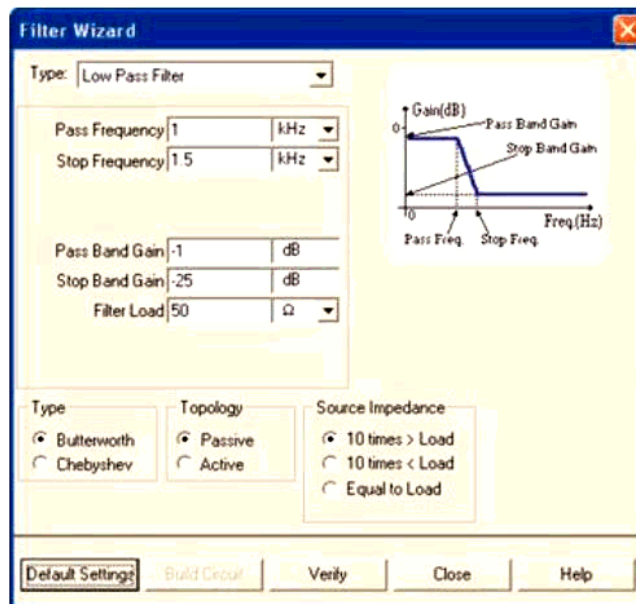


Рисунок 22. Діалогове вікно майстра фільтрів (Filter Wizard)

Майстер таймерів (555 Timer Wizard) дозволяє створювати нестабільні і моностабільний осцилятори за допомогою таймера 555.

Фільтри в Multisim створюються в Майстрі фільтрів (Filter Wizard) простим введенням параметрів.

Майстер підсилювачів із спільним емітером на біполярному площинному транзисторі (Common Emitter BJT Amplifier Wizard) допомагає створити підсилювач з спільним емітером з заданими параметрами. MOSFET (канальний польовий уніполярний МОН-транзистор) підсилювачі створюються за допомогою відповідного майстра (MOSFET Amplifier Wizard).

У Multisim є кілька схем з операційним підсилювачем (ОП). У полях **Майстра ОП Multisim (Opamp Wizard)** потрібно ввести необхідні параметри:

- Інвертуючий підсилювач.
- Неінвертуючий підсилювач.
- Диференціальний підсилювач.
- Інвертуючий сумуючий підсилювач.
- Неінвертуючий сумуючий підсилювач.
- Масштабуючий суматор.

Перевірка правил електротехніки (ERC)

В результаті перевірки **правил електротехніки (Electrical Rules Check)** генерується звіт з докладною інформацією про помилки (наприклад, вихідний роз'єм з'єднаний з роз'ємом живлення), і нез'єднаних роз'ємах. Після з'єднання всіх елементів перевірте схему на підставі правил в діалоговому вікні ERC.

Залежно від схеми вам можуть знадобитися попередження про певні типи з'єднань, помилки в разі наявності інших і **ОК** для всіх інших. Тип з'єднань і повідомлень

встановлюється на закладці **Правила ERC (ERC Rules)** в діалоговому вікні **Electrical Rules Check**.

Можна виконати Перевірку всієї схеми або певної ділянки. Під час перевірки все некоректності відображаються в панелі результатів в нижній частині екрана, а на схемі відображаються маркери. При натисканні на помилку екран центрується на ній і збільшується масштаб.

Закладки **Параметри перевірки (ERC Options)** і **Правила перевірки (ERC Rules)** призначені для налаштувань.

Для початку перевірки:

1. Виберіть пункт **Інструменти / Перевірка правил електротехніки (Tools / Electrical Rules Check)**, відкриється **Вікно Перевірки (Electrical Rules Check)**.

2. Налаштуйте параметри звіту на закладці **Параметри перевірки (ERC Options)**, малюнок рисунок 23).

3. Встановіть параметри перевірки на закладці **Правила перевірки (ERC Rules)** (рисунок 24).

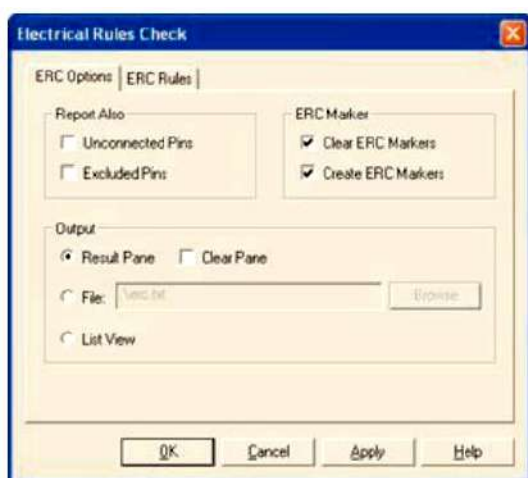


Рисунок 23. Закладка Опції перевірки

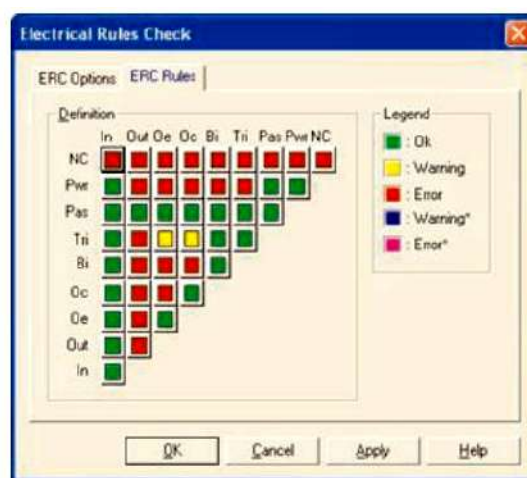


Рисунок 24. Правила перевірки

4. Натисніть **OK**. Формат відображення результатів встановлюється в розділі **Результати (Output)** на закладці **ERC Options**.

Підсхеми і ієрархічні блоки

Multisim призначений в тому числі і для роботи зі схемами різної складності. Для створення модульної структури схеми і абстрагування складних схем служить концепція декількох аркушів (**multi-sheet design**), підсхеми (**ПС, sub-circuits - SC**) і ієрархічні блоки (**ІБ, hierarchical blocks HB**).

Підсхеми корисні, щоб зробити схему більш компактною і в той же час зберігати її в одному файлі. Ієрархічні блоки краще підходять для використання в декількох схемах, тому що вони зберігаються в різних файлах.

Ієрархічні блоки і підсхеми функціонально не відрізняються один від одного, єдина відмінність між ними - це спосіб зберігання на диску.

Існує **два способи** зробити підсхему або ієрархічний блок.

Перший: виділити частину схеми і вибрати пункт **Розмістити / Роз'єми / ІБ / Роз'єм ПС (Place / Connectors / HB / SC Connector)**.

Другий метод описаний нижче.

Новий ієрархічний блок (**другий метод**):

1) Виберіть **Розмістити / Новий ієрархічний блок (Place / New Hierarchical Block)** і вкажіть ім'я файлу.

2) Кнопка **Огляд (Browse)** дозволяє вибрати шлях і ім'я для збереження файлу ієрархічного блоку.

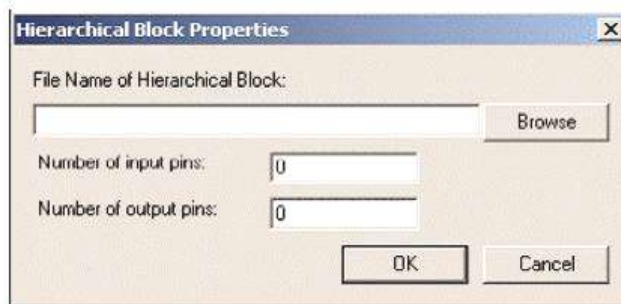


Рисунок 25. Діалогове вікно властивостей ієрархічного блоку

3) Введіть потрібну кількість входних і вихідних роз'ємів і натисніть **ОК**. З'явиться "неявний" образ нового ієрархічного блоку, виберіть його місце розташування і натисніть мишею.

4) Двічі клікніть на новому блоці і виберіть **Редагувати ІБ / ПС (Edit HB / SC)** в діалоговому вікні **Ієрархічний блок / Підсхема (Hierarchical Block / Subcircuit)**.

5) Додайте і з'єднайте компоненти нового ієрархічного блоку.

6) З'єднайте ІБ з елементами схеми.

7) Збережіть схему.

На замітку: Якщо ви перемістите або перейменувати файл ієрархічного блоку щодо основної схеми, Multisim не зможе його знайти. Вам потрібно буде вказати нове місце розташування в діалоговому вікні.

Щоб додати ІБ з файлу, виберіть пункт **Розмістити / Ієрархічний блок з файлу (Place / Hierarchical Block from file)** і повторіть процедуру.

Додавання нової підсхеми (другий метод):

1) Виберіть пункт **Розмістити / Нову підсхему (Place / New Subcircuit)**. Відкриється вікно **Ім'я підсхеми (Subcircuit Name)**.



Рисунок 26. Діалогове вікно ім'я підсхеми

2) Введіть потрібне ім'я для схеми, наприклад "джерела живлення" і натисніть **ОК**. Курсор набуде вигляду "неявної" схеми, показуючи, що ви можете її розмістити.

3) Натисніть на потрібному місці для схеми (ви можете її перемістити пізніше, якщо необхідно). На схемі з'явиться підсхема у вигляді віконця з вказаним ім'ям підсхеми.

4) Двічі клікніть на новій підсхемі і виберіть **Редагувати ІБ / ПС (Edit HB / SC)** в діалоговому вікні **Ієрархічний блок / Підсхема (Hierarchical Block / Subcircuit)**. З'явиться порожнє вікно підсхеми.

5) Додайте і з'єднайте компоненти нової підсхеми.

6) Виберіть пункт **Розмістити / Роз'єми / ІБ / Роз'єм ПС (Place / Connectors / HB / SC Connector)**, помістіть і з'єднайте новий роз'єм. Додайте всі необхідні роз'єми. Коли ви повернетесь на основну схему, на іконці підсхеми будуть всі додані роз'єми.

7) З'єднайте підсхему з іншими компонентами.

Заміна компонентів ієрархічними блоками або підсхемами

У Multisim можна легко замінити існуючі компоненти ієрархічними блоками або підсхемами. Просто виберіть потрібний компонент, який з вигляду відповідає необхідній підсхемі і замінить його на ІБ: пункт **Розмістити / Замінити ієрархічним блоком (Place / Replace by Hierarchical Block)** або **Розмістити / Замінити підсхемою (Place / Replace by Subcircuit)**.

Подання у вигляді таблиці

Таблиця дозволяє отримати загальне уявлення про властивості об'єктів. Це більш просунутий засіб перегляду і редагування параметрів, включаючи детальну інформацію про компоненти: схему, мітку, параметри і обмеження конструкції (design constraints).

За допомогою таблиці можна змінювати відразу кілька компонентів. Елементи можна впорядкувати за будь-яким стовпцем в спадаючому або зростаючому порядку.

Також можна експортувати вміст у Microsoft Excel® для звіту.

Звіти по схемі

У Multisim можна зробити кілька різних звітів: **Список матеріалів** (Bill of Materials BOM), **Докладний звіт по компонентах** (Component Detail Report), **Звіт про з'єднання** (Netlist Report), **Статистика схеми** (Schematic Statistics), **Незадіяні елементи** (Spare Gates) і **Звіт перехресних посилань** (Cross Reference Report). У **списку матеріалів** наведені всі реальні компоненти схеми, таким чином, це список тих елементів, які потрібні для виробництва схеми.

У **Списку матеріалів** також міститься наступна інформація:

- Кількість кожних елементів.
- Опис, що включає тип (наприклад, резистор) і значення (наприклад, 5,1 кОм).
- Назва кожного компонента.
- Упаковка або схема кожного компонента (package або footprint).

У **Докладному звіті** про компонентах (Component Detail Report) представлена вся інформація з бази даних Multisim для певного компонента.

Звіт про з'єднання (Netlist Report) включає наступну інформацію для кожного з'єднання:

- Назва з'єднання.
- Сторінка (ім'я файлу).
- Роз'єм (логічне ім'я роз'єму).

Звіт про перехресні посилання (Cross Reference Report) - це докладний перелік всіх компонентів і їх розміщення на схемі.

Статистика схеми (Schematic Statistics Report) - це кількісний опис схеми:

• Компонентів — повна кількість компонентів, дорівнює сумі віртуальних і реальних компонентів.

- Реальних компонентів - кількість компонентів, які можна купити.
- Віртуальні компоненти - кількість компонентів, які не можна купити.
- Вентиль (Gates) - загальна кількість вентилів на схемі.
- Вузли - Загальна кількість з'єднань між роз'ємами.
- Сполучених роз'ємів.
- Несполучених роз'ємів.
- Повна кількість роз'ємів - Кількість з'єднаних і нез'єднаних роз'ємів.
- Сторінок.
- Ієрархічних блоків - повна кількість ієрархічних блоків, включаючи копії.
- total number of hierarchical blocks, unique or otherwise. Кількість примірників (Instances) блоку дорівнює кількості його копій на схемі.
- Унікальних ієрархічних блоків - загальна кількість унікальних ієрархічних блоків.

- Підсхеми - повна кількість підсхем, включаючи копії.
- Унікальних підсхем.

Звіт про незадіяні елементи (Spare Gates Report) - це список не використовуваних вентилів (gates) або багатосекційних компонентів.

На замітку: в Multisim є оптимізатор вентилів (gate optimizer), який автоматично зводить багатосекційні компоненти до мінімальної кількості мікросхем. Щоб його запустити, виберіть пункт меню **Інструменти / Перейменувати / Переномерувати компоненти (Tools / Rename / Renumber Components)** і запустіть оптимізатор вентилів (**Gate Optimizer**).

Графічні анотації

У Multisim є кошти для графічного оформлення вашої схеми. На **панелі графічних анотацій (Graphic Annotation)** є наступні елементи: текст, лінії, полілінії, прямокутники, еліпси, дуги, багатокутники, картинки і коментарі. Щоб додати графічний елемент, не використовуючи панель інструментів, виберіть з контекстного меню пункт **Додати графічний об'єкт (Place Graphic)**.



Рисунок 27. Панель графічних анотацій

Вікно опису схеми

Ви можете додати текст не тільки в певне місце схеми, але і створити опис для всієї схеми за допомогою Вікна опису схеми (Circuit Description Box). У це вікно ви також можете додавати картинки, звукові і відео елементи.

Вміст Вікна опису схеми відображається у верхній частині відповідного вікна, воно відкривається командою меню **Вид / Вікно опису схеми (View / Circuit Description Box)**. Щоб редагувати вікно опису схеми, запустіть редактор командою меню **Інструменти / Редактор вікна опису (Tools / Description Box Editor)**.

Блоки заголовків

Потужний редактор дозволяє вам створювати зручні блоки заголовків (**title blocks**). Якщо необхідно, блок заголовків можна додати на будь-яку сторінку схеми.

Поля блоку автоматично заповнюються в залежності від вмісту і властивостей документа. При створенні блоку ви можете вибрати або поле з шаблону, або створити свою. Є можливість вибрати відповідний шрифт. Щоб створити новий або редагувати існуючий блок заголовків, виберіть пункт меню **Інструменти / Редактор** блоку заголовків.

У блоках заголовків може бути текст, лінії, дуги, криві Безьє, прямокутники, овали, картинки і інші елементи.

Щоб додати блок, виберіть пункт меню **Розмістити / Блок заголовків (Place / Title Block)**. Блок можна автоматично пересунути в будь-який кут за допомогою пункту контекстного меню **Пересунути (Move To)**. Щоб заповнити поля блоку, двічі клікніть на ньому.

Експорт схеми в Ultiboard і інші пакети

У Multisim є команда швидкого експортування схеми в будь-яку встановлену версію Ultiboard. Виберіть пункт меню **Експортувати / Експортувати в Ultiboard (Transfer / Transfer to Ultiboard)** щоб запустити процес конструювання друкованої плати. Інші пункти меню **Transfer** дозволяють провести пряму і зворотну коригування проекту.

Крім передачі даних між Multisim і Ultiboard у розробників є можливість експортувати дані в інші пакети проектування друкованих плат.

На замітку: При передачі даних в пакети інших виробників може знадобитися суворе відповідність використовуваних компонентів з баз даних.

Розділ II — Емуляція

Огляд емулювання

У той час як хороша конструкція - наслідок оптимальної схеми, по справжньому відмінні конструкції виходять тільки якщо у вас є можливість їх емулювати. У Multisim є безліч функцій і засобів емуляції, недоступних в інших пакетах проектування електроніки.

Емуляція приладу дозволяє знизити кількість циклів розробки і помилок при створенні прототипу. Якщо схема перевіряється емуляцією прямо під час її розробки, кількість циклів проектування помітно знижується.

У Multisim вбудований не тільки емулятор світового рівня SPICE, але і XSPICE, призначений для ефективного емулювання цифрових компонентів.

Патентовані засоби емуляції дозволяють тестувати схеми з компонентами, описаними на VHDL.

Пакет MultiMCU дозволяє включати в емуляцію змішаної схеми певні мікроконтролери. Цей пакет доступний не у всіх версіях Multisim.

Моделі

Multisim пропонує тисячі моделей **SPICE**, але все ж іноді існують ситуації, коли ваша власна модель була б кращою.

У Multisim входить засіб створення моделей "**Конструктор моделей**" (**Model Makers**), який автоматично згенерує модель на підставі даних **databook**. Таким чином, економиться ваш час і зусилля, але щоб успішно працювати з ними, потрібно добре потренуватися.

Початкові налаштування **Конструктора моделей** відповідають певної моделі. Вони не фіксовані, з допомогою даних databook можна вибрати компоненти і чисельні значення, що відповідають певному компоненту.

Конструктор моделей запускається на 6-му кроці створення нового компонента за допомогою майстра компонентів. Також його можна запустити при редагуванні компонента з бази даних: на закладці **Модель (Model)** вікна **властивостей компонента (Component Properties)** натисніть кнопку **Додати / редагувати (Add / Edit)** і запустіть конструктор моделей відповідною кнопкою (**Start Model Maker**).

Моделі SPICE можна знайти на сайтах виробника мікросхем, також досвідчені користувачі часто створюють свої моделі.

Використання інтерактивного емулятора

Перед початком емуляції уважно все перевірте. У всіх схем повинно бути джерело і заземлення. Коли все готово, натисніть кнопку запуску емулятора або F5.



Запуститься інтерактивна емуляція.

Налаштування інтерактивної емуляції можна змінювати в меню **Емуляція / Налаштування інтерактивної емуляції (Simulate / Interactive Simulation Settings)**. Деякі налаштування наведені нижче, на рисунку 28. За умовчанням встановлено час закінчення емуляції через $1e + 30$ секунд (десь близько $3,17e + 13$ мільярдів років). Крок за часом генерується автоматично.

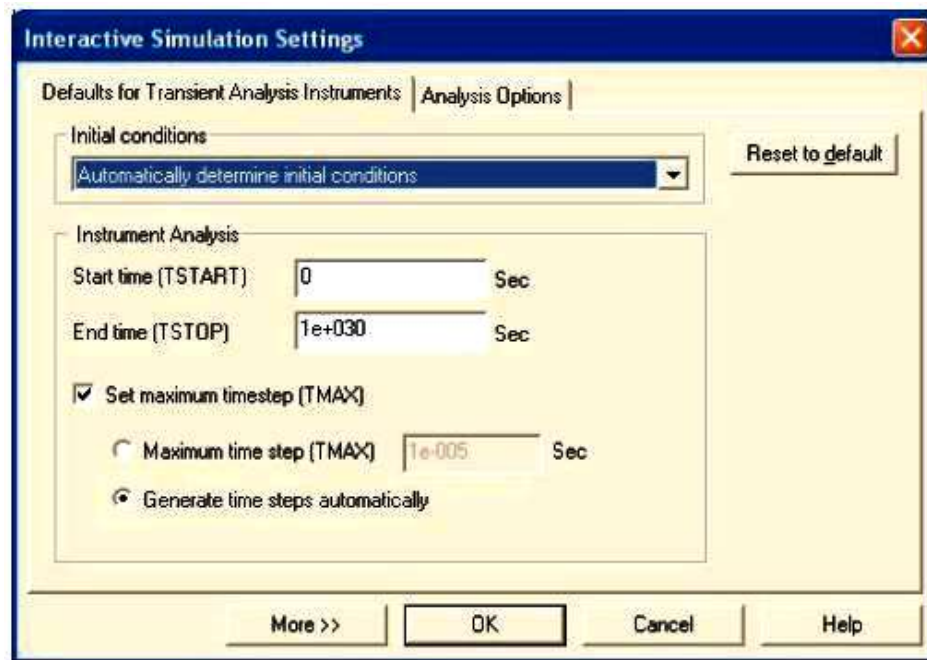



Рисунок 28. Налаштування інтерактивної емуляції

Щоб подивитися результати, скористайтеся динамічним пробником. Просто натисніть іконку пробника і курсор миші буде виконувати його роль: при наведенні на будь-який сегмент мережі відобразяться наступні дані:

- Напругу (миттєву, амплітуду, середньоквадратичну і постійний зсув).
- Частоту.

Результати емуляції також відображаються на віртуальних приладах. Вони розглядаються нижче в цьому розділі.

У Multisim є і більш звичні засоби аналізу SPICE. Щоб їх запустити, натисніть на панелі Самописець / Аналітика (Grapher / Analyses List) кнопку , або за допомогою пункту меню Емуляція / Аналіз (Simulate / Analyses).

Обробка помилок емуляції

Рано чи пізно, навіть у найдосвідченіших користувачів може виникнути помилка під час емуляції SPICE.

Для пошуку і виправлення помилок в Multisim служить Радник емуляції (simulation advisor).

Якщо з'явиться повідомлення про помилку, як на рисунку 29, запустіть Радника і перегляньте доступні дані.

Найчастіше зустрічається дві помилки:

- завдання часу (timestep error) і
- сингулярна матриця (singular matrix).

У таблиці 31 наведено можливі шляхи вирішення цих помилок.

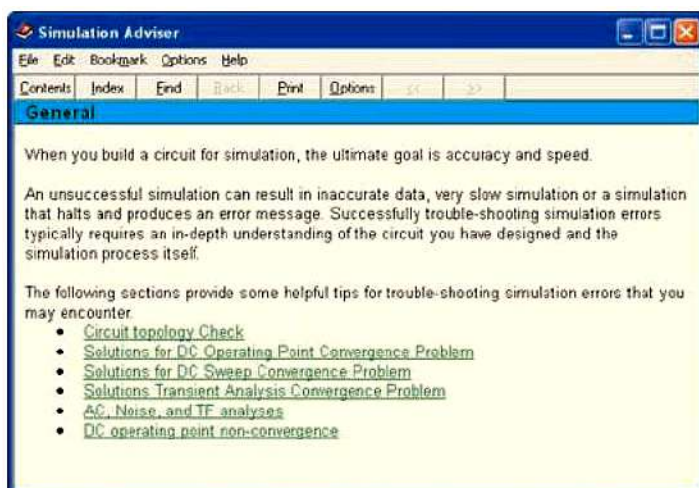


Рисунок 29. Діалогове вікно Інформація про помилку емуляції

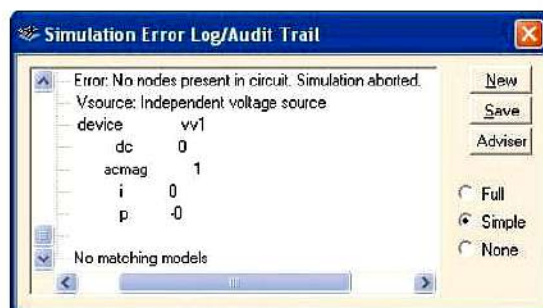


Рисунок 30. Радник емуляції

Подія	Налаштування	По замовчуванню	Нові значення
Помилка: Часовий інтервал надто малий			
Змінити початкові умови	Початкові умови	Автоматичне визначення	Встановити нуль
Збільшити максимальний крок по часу	TMAX	$1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-3}$
Збільшити відносний допуск помилки (relative error tolerance)	RELTOL	0,001	0,01
Зменшити опір шунта	RSHUNT	$1 \cdot 10^{12}$	$1 \cdot 10^9$
Змінити метод інтеграції (при високій потужності або в схемах з перемикачами)	METHOD	Трапецеїдальний (Trapezoidal)	Зубчатий (Gear)
Помилка: Сингулярна матриця			
Перевірте з'єднання			
Зменшити поріг діагонального елементу	PIVTOL	$1 \cdot 10^{-13}$	Зменшити до величини, меншої за вказану в повідомленні про помилку
Збільшити допустимий рівень заповнення	PIVREL	$1 \cdot 10^{-13}$	$1 \cdot 10^{-11}$

Рисунок 31. Загальні вирішення помилок емуляції

Віртуальні прилади

Віртуальні прилади - це модельні компоненти Multisim, які відповідають реальним приладам.

Наприклад, серед віртуальних приладів в Multisim є осцилографи, генератори сигналів, мережеві аналізатори та плотери.

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

Розробники, знайомі з National Instruments LabVIEW можуть створювати свої власні прилади буквально з нічого. Наприклад, для моделювання електромагнітних завад можна зробити власний генератор шуму.

Віртуальні прилади **LabVIEW** можуть реєструвати реальні дані, користуватися ними під час емуляції, відправляти дані на висновок аналогових приладів. Таким чином, емулюватися дані можуть управляти реальними приладами. Для створення віртуальних приладів середовище розробки LabVIEW необхідна, а для використання вже створених - немає.

Щоб додати віртуальний прилад, виберіть його з панелі **Приладів (Instruments)**, рисунок 32. Щоб подивитися лицьову панель приладу, двічі клікніть на іконку приладу.

Термінали приладу з'єднуються з елементами схеми так само, як і для інших компонентів.

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



Рисунок 32. Панель приладів

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

Вправа 1 - Робота з приладами

Приблизний час виконання: 20 хвилин

У цій вправі демонструється інтерактивний емулятор і віртуальні прилади. До кінця вправи користувач навчиться розміщувати прилади, відкривати їх лицьові панелі і налаштовувати різні параметри.

Мета

- Навчитися розміщувати і з'єднувати віртуальні прилади.
- Навчитися налаштовувати прилади.

Виконання

1) Завантажте схему 40kFilter2.ms9. Під час виконання кроків 2-4 зверніться до рисунка 20.

2) Замініть **Тактовий генератор (Clock Source)** **Генератором сигналів (Function Generator)**. Після розміщення двічі клікніть його іконку, щоб відкрити передню панель, і введіть наступні параметри:

- Хвильовий фронт (Waveform) = синусоїдальний (sinewave)
- Амплітуда (Amplitude) = 1 В.
- Частота (Frequency) = 40 кГц.

3) Закрийте панель **Прилади**.

4) Помістіть **Плоттер Бode (Bode plotter)** між вхідним і вихідним вузлами. Подвійним клацанням відкрийте прилад і введіть параметри, зазначені нижче. Після цього запустіть емуляцію і досліджуйте результати.

- Встановіть величину (Magnitude).
- Горизонтальну І (Initial - початкова) = 1 кГц, F (Final - кінцева) = 1 МГц.
- Вертикальну І (Initial - початкова) = -50 дБ, F (Final - кінцева) = 10 дБ.

5) Помістіть осцилограф щоб виміряти вхідний і вихідний напруги. Двічі клікніть іконку осцилографа і введіть наступні параметри:

- Ціна поділки за часом (Timebase) = 20 мкс / поділка.
- Канал А = 1 В / поділка.
- Канал В = 1 В / поділка.

6) Колір провідника, підключеного до приладу, визначає колір на екрані приладу. Переконайтеся, що провідники від вихідного роз'єму до операційного підсилювача блакитні. В іншому випадку, в контекстному меню ділянки провідника виберіть команду **"Колір провідника" (Wire Color)** і змініть колір.

7) Змініть значення потенціометра (R3), натиснувши **"А"**, щоб збільшити опір і **"Shift-А"**, щоб його зменшити. Вивчіть зміна даних на екрані осцилографа.

На замітку: Дані Графіка Бode зміняться тільки після перезапуску емуляції.

8) Під час роботи емуляції скористайтеся приладом **"Пробник" (Measurement Probe)** щоб перевірити рівні напруги в схемі. Він знаходиться в кінці панелі приладів.
Кінець вправи

Мультиметр

Мультиметр призначений для вимірювання змінного або постійного струму або напруги, опору або загасання між двома вузлами схеми. Діапазон вимірювань мультиметра підбирається автоматично.

Його внутрішній опір і струм близькі до ідеальних значень, але їх можна змінити.

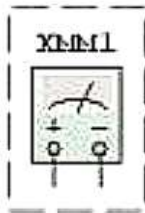


Рисунок 33. Символ мультиметра



Рисунок 34. Лицева панель мультиметра

Генератор сигналів

Генератор сигналів (function generator) - це джерело напруги, який може генерувати синусоїдальні, пилоподібні і прямокутні імпульси. Можна змінити форму сигналу, його частоту, амплітуду, коефіцієнт заповнення і постійний зсув. Діапазон генератора достатній, щоб відтворити сигнали з частотами від кілька герц до аудіо і радіочастотних.

У генератора сигналів є три термінали-джерела імпульсів. Загальний центральний термінал визначає становище нуля.

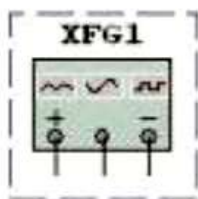


Рисунок 35. Символ генератора сигналів

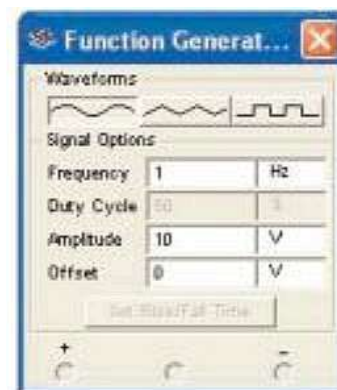


Рисунок 36. Лицева панель Генератора сигналів

Осцилографи

У Multisim є кілька модифікацій осцилографів, якими можна управляти як справжніми. Вони дозволяють встановлювати параметри тимчасово розгортки і напруги, вибирати тип і рівень запуску вимірювань. Дані спеціальні осцилографи Multisim можна подивитися після емуляції за допомогою **самописця (Grapher)** з меню Вид / Плотер (View / Grapher).

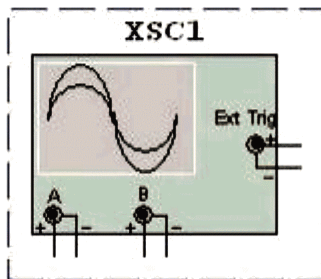


Рисунок 37. Символ осцилографа

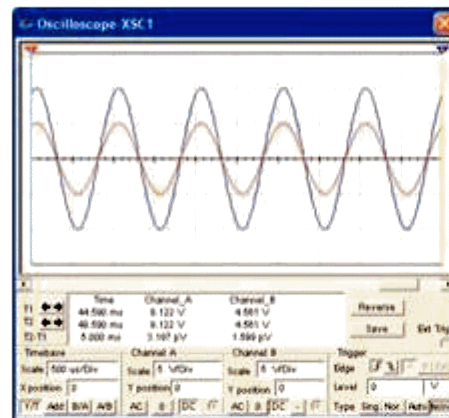


Рисунок 38. Лицева панель осцилографа

У Multisim є наступні осцилографи:

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

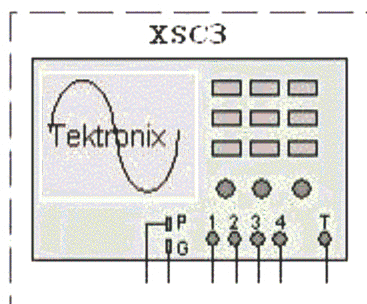


Рисунок 39. Схематична діаграма осцилографа Tektronix

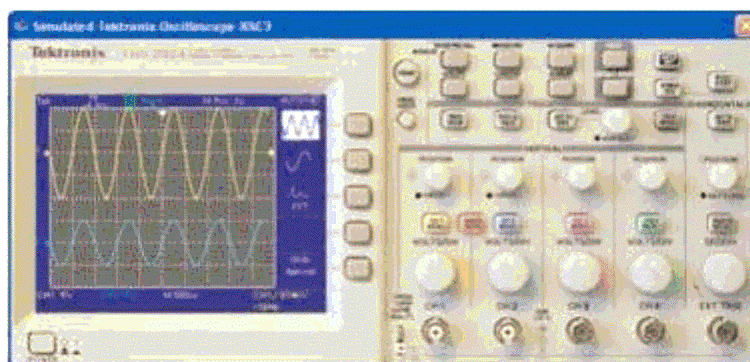


Рисунок 40. Лицева панель осцилографа Tektronix

Спектральний аналізатор

Спектральний аналізатор (spectrum analyzer) служить для вимірювання амплітуди гармоніки із заданою частотою. Також він може виміряти потужність сигналу і частотних компонент, визначити наявність гармонік в сигналі.

Результати роботи спектрального аналізатора відображаються в спектральній області, а не часовій.

Зазвичай сигнал - це функція часу, для її вимірювання використовується осцилограф. Іноді використовується синусоїдальний сигнал, але він може містити додаткові гармоніки.

В результаті, неможливо виміряти рівень сигналу. Якщо ж сигнал вимірюється спектральним аналізатором, отримуємо частотний склад сигналу, тобто амплітуда основної та додаткових гармонік.

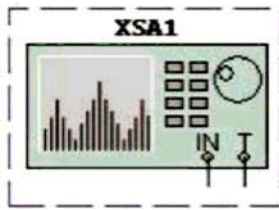


Рисунок 41. Символ Спектрального аналізатора

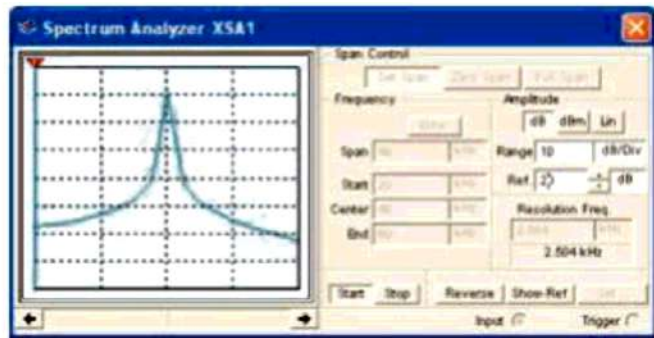


Рисунок 42. Лицева панель спектрального аналізатора Function Generator Front Panel

Контрольні запитання

1. Назвіть основні компоненти середовища Multisim.
2. Як виконується зсув вибраного компонента?
3. Як виконується поворот вибраного компонента?
4. Як виконується з'єднання вибраних компонентів?
5. Які налаштування середовища відносяться до глобальних налаштувань?
6. Як здійснюється налаштування властивостей аркуша з проектом?
7. Як здійснюється налаштування інтерфейсу середовища Multisim?
8. Назвіть приклади віртуальних і реальних компонентів середовища.
9. Які компоненти середовища Multisim відносяться до інтерактивних?
10. Що таке «провідник компонентів»?
11. Які ви знаєте бази даних середовища Multisim?
12. Які ви знаєте способи створення підсхеми або ієрархічного блоку?
13. Яким чином запускається інтерактивна емуляція в проекті?
14. Назвіть основні віртуальні прилади середовища Multisim.

Література

1. Введение в Multisim. Електронний он-лайн ресурс: <http://www.electronicworkbench.com>.