

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЧЕРНІВЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ
ЮРІЯ ФЕДЬКОВИЧА

Методичні рекомендації до програмного забезпечення
лабораторного практикуму з навчальної дисципліни

"Метрологія та стандартизація"

для студентів спеціальностей

«Телекомунікації і радіотехніка»,

«Метрологія, інформаційно-вимірвальна техніка»

Чернівці

ЧНУ ім. Юрія Федьковича 2022

УДК 006.91:378(075)

ББК 31.22я73

К66

Рекомендовано Вченою Радою Інституту фізико-технічних та комп'ютерних наук

Чернівецького національного університету

імені Юрія Федьковича

(Протокол № 1 від 31.09.2022)

Укладачі:

Стрінадко Мирослав Танасійович, канд. фіз.-мат. наук, доц.

Фесів В'ячеслав Ігорович.

К66 Стрінадко М.Т., Фесів В.І. Методичні рекомендації до програмного забезпечення лабораторного практикуму з навчальної дисципліни “Метрологія та стандартизація”. Чернівці: Чернівецький національний Університет імені Юрія Федьковича, 2022. – 35 с.

Методичні рекомендації до програмного забезпечення лабораторного практикуму з навчальної дисципліни “Метрологія та стандартизація” для студентів усіх форм навчання спеціальностей “Метрологія, інформаційно-вимірювальна техніка”, “Телекомунікації та радіотехніка”.

УДК 006.91:378(075)

© Чернівецький національний університет

імені Юрія Федьковича, 20

Зміст

1.Опис схеми.....	3
1.1. Переваги інтегрованого опису та емуляції.....	6
1.2. Середовище Multisim	6
1.2.1. Вікно розробки (Design Toolbox).....	7
1.2.2. Глобальні налаштування.....	7
1.2.3. Налаштування аркуша.....	8
1.3. Компоненти	9
1.3.1. Огляд компонентів.....	9
1.3.2. Інтерактивні компоненти.....	10
1.3.3. Характеристики компонентів.....	11
1.3.4. Провідник компонентів.....	12
1.4. Зсув, вибір та з'єднання компонентів.....	13
1.4.1. Зсув , поворот та виділення.....	13
1.4.2. З'єднання.....	14
1.5. Графічні анотації.....	15
1.5.1. Вікно описи схеми.....	15
1.5.2. Блоки заголовків.....	16
2. Емулявання	16
2.1 Моделі	16
2.2 Використання інтерактивного емулятора.....	18
2.3Обробка помилок емуляції	19
2.4 Віртуальні прилади.....	19
2.4.1 Мультиметр	22
2.4.2 Генератор сигналів	22
2.4.3 Осцилографи	22
2.4.4 Плоттер Боде	23
2.4.5 Спектральний аналізатор	23
2.4.6 Прилади NI LabVIEW	24
2.5 Аналіз	25
2.5.1 Плоттер	25

2.6 Створіння компонентів	32
3. Практичні завдання	33
3.1. Інтерфейс Multisim	33
3.2. Пошук та розміщення компонентів	33
3.3. Малювання схем	33
3.4. Робота з приладами	34

1. Опис схеми

1.1. Переваги інтегрованого опису та емуляції

Multisim - це унікальна можливість розробки схеми і її тестування/емуляції з одного середовища розробки. Крім традиційного аналізу, Multisim дозволяє користувачам підключати до схеми віртуальні прилади. Концепція віртуальних інструментів - це простий і швидкий спосіб побачити результат з допомогою імітації реальних подій.

1.2. Середа Multisim

Інтерфейс користувача складається з кількох основних елементів, які представлені на рисунку 1

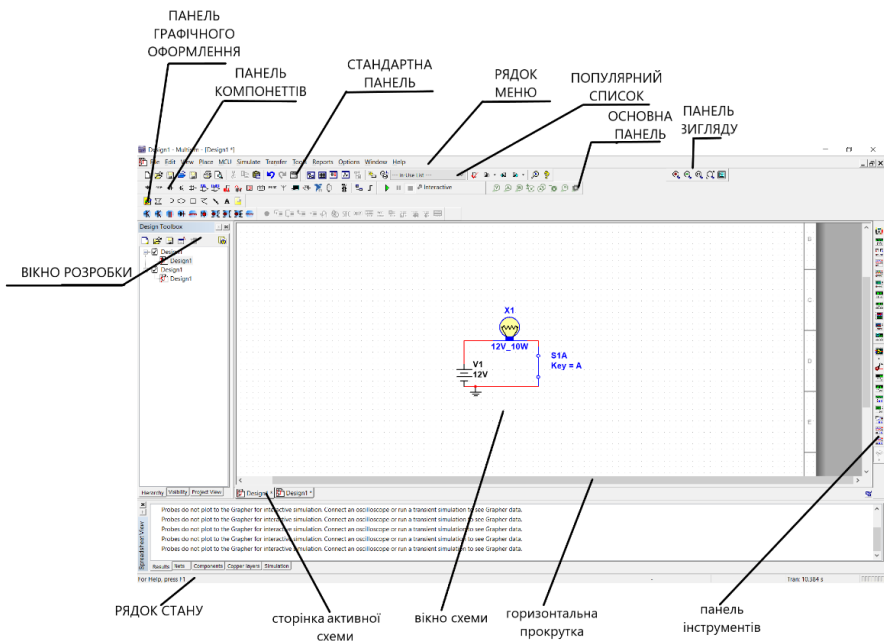


Рис. 1 – Середовище Multisim

1.2.1. Вікно розробки (*Design Toolbox*)

У вікні розробки знаходяться засоби керування різними елементами схеми. Вкладка Доступність (*Visibility*) дозволяє приховати чи відобразити шари схеми робочої області. Закладка Ієрархія (*Hierarchy*) відображає взаємозв'язок між файлами відкритого проекту в вигляді деревоподібної структури.

Закладка Проект (*Project*) містить інформацію про відкрий проект. Користувач може додати файли в папки відкритого проекту, змінити доступ до файлів та створити архів проекту.

1.2.2. Глобальні налаштування

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

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

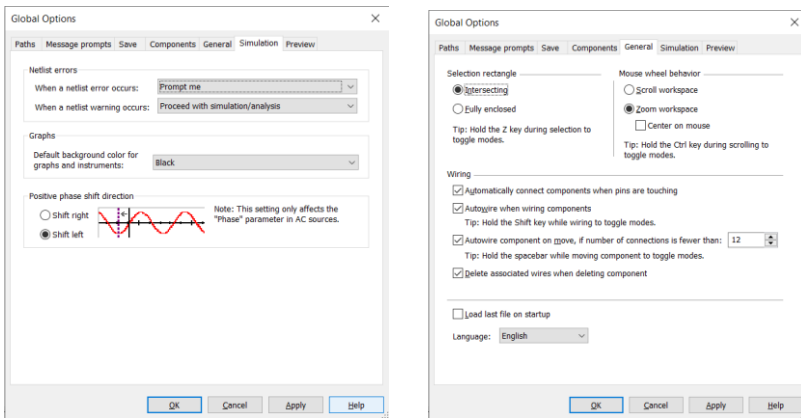


Рис. 2 – Різні глобальні налаштування

1.2.3. Налаштування аркуша

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 аркуша згруповано в наступні закладки:

- Circuit (Схема) - Тут ви можете вибрати колірну схему і зовнішній вигляд тексту робочої області.
- Workspace (Робоча область) - Тут ви можете налаштувати розмір листа і його властивості.
- Wiring (З'єднання) – Тут знаходяться налаштування з'єднань та шини.
- Font (Шрифт) - Тут ви можете вибрати шрифт, його розмір і зображення для текстових елементів схеми.
- PCB (Друкована плата) – Тут знаходяться налаштування друкованої плати.
- Visibility (Доступність) - Тут ви можете приховати або відобразити додаткові шари коментарів.

Детальний опис кожної властивості аркуша можна переглянути в посібнику користувача Multisim (*Multisim User Guide*) або у файлі довідки Multisim (*Multisim helpfile*).

1.3. Компоненти

1.3.1. Огляд компонентів

Компоненти - це основа будь-якої схеми, це всі елементи, з яких вона складається. Multisim оперує з двома категоріями компонентів: реальними (*real*) і віртуальними (*virtual*).

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

Віртуальні компоненти потрібні тільки для емуляції, користувач може призначити їм довільні параметри.

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

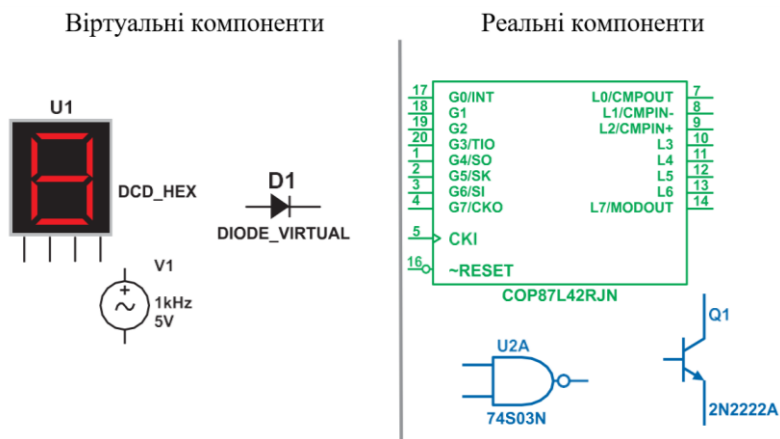


Рис. 3 - Символи різних компонентів: 7-сегментний дисплей U1, діод D1, джерело напруги V1, логічні елементи HE-I U2A, мікроконтролер U3 та транзистор Q1.

1.3.2. Інтерактивні компоненти

Деякі елементи схеми Multisim можуть реагувати на дії користувача. Зміна цих елементів відразу відображається на результатах емулявання. Компоненти керуються за допомогою клавіш вказаних під кожним елементом.

Наприклад, на рисунку 9 наведено кілька компонентів: клавіша A збільшить опір потенціометра до 100% від зазначеною величини (1 кОм). Щоб зменшити опір, зажміть Shift і натисніть A. Пробіл вмикає або вимикає вимикач на правому малюнку.

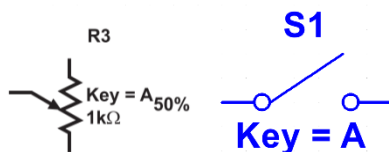


Рис. 9 – Приклади інтерактивних компонентів

Поле	Описание	Пример
База данных	Название базы данных Multisim, в которой хранится данный компонент	Пользовательская (User)
Группа (Group)	Название группы, к которой принадлежит данный элемент	TTL
Семейство (Family)	Название семейства, к которому принадлежит данный элемент	74S
Компонент (Component)	Название данного компонента	74S00D
Назначение (Function)	Описание компонента	4-ной двухконтактный элемент И-НЕ (QUAD 2-INPUT NAND)
Model Manuf./ID		Texas Instruments\74S00
(Footprint Manuf./Type)		DO14

Рис. 4 – Інформація про компоненти

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

1.3.3. Характеристики компонентів

У провіднику компонентів відображаються такі поля:



Рис. 5 – Вкладка Елементи (Parts) або панель інструментів "Компоненти" (Component)

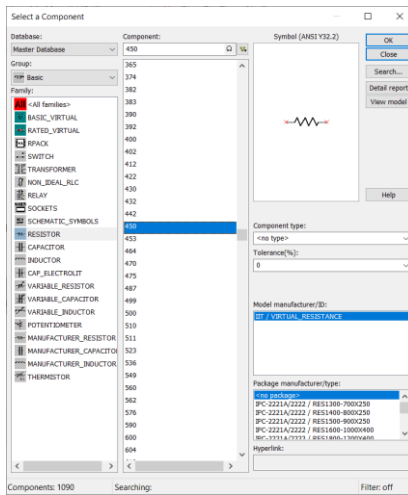


Рис. 6 – Провідник компонентів

1.3.4. Провідник компонентів

Провідник компонентів (*Component Browser*) - це місце, де ви вибираєте компоненти, щоб розмістити їх на схемі. Гаряча клавіша по замовчуванню для розміщення компонента - **Ctrl-W** або подвійний клацання мишею. Курсор миші прийме форму компонента, Бувай ви не Виберіть місце на схему для компонента.

У Провіднику компонентів відображається поточна база даних, в якій зберігаються елементи, що відображаються.

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**" та "**LM108AD**".

1.4. Зсув, вибір та з'єднання компонентів

1.4.1. Зсув, поворот та виділення

Після вибору компонентів з бази даних вони розміщуються на

схемою і з'єднуються між собою. Подвійне клацання по компоненту в провіднику прикріпить його до курсору. Після цього можна, можливо помістити елемент на схему, просто клікнувши в бажаному місці.

У це час і після установки компоненти можна, можливо повернути. Щоб це зробити в першим випадку, натисніть **Ctrl -R**. Щоб повернути встановлений компонент, виділіть його і теж натисніть **Ctrl - R** або Виберіть в контекстному пункті пункт повернути на 90° за або проти стрілки.

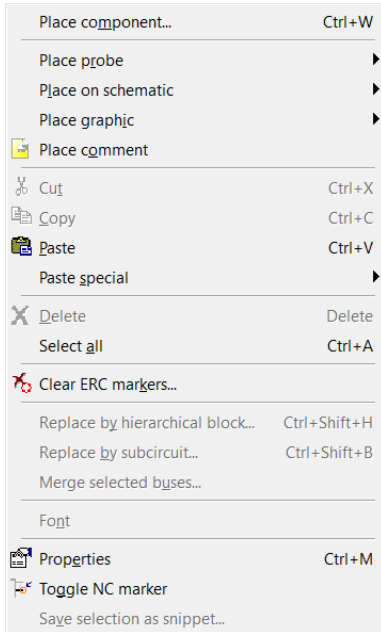


Рис. 7 – Поворот компонентів

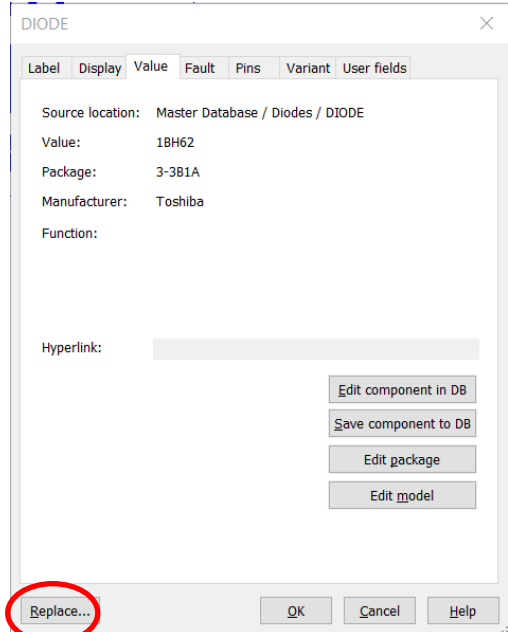


Рис. 8 – Заміна компонентів

Щоб вибрати компонент, просто клацніть по ньому мишею. Для вибору кількох компонентів притисніть кнопку миші і переміщайте її, малюючи прямокутник вибору навколо потрібних компонентів. Вибрані компоненти позначаються пунктирною лінією. Клавіша Shift дозволяє виділяти або знімати виділення з кількох 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. З'єднання компонентів після заміни Multisim відновить.

1.4.2. З'єднання

Multisim використовується без режимний принцип роботи: дія мишею залежить від положення курсору, немає необхідності вибирати інструмент або режим при роботі в Multisim . Курсор змінює свій вигляд в залежності від того, на який об'єкт він наведено. Різні види курсору наведено на рисунку 17. Коли курсор розташований над роз'ємом (*pin*) або терміналом (*terminal*) компонента, лівою кнопкою миші можна його з'єднати. Коли курсор розташований над існуючим кабелем і поряд з роз'ємом або терміналом, з'єднання можна легко змінити. Щоб почати вести що з'єднує кабель, натисніть по роз'єму, щоб завершити з'єднання, натисніть на інший роз'єм. Після появи провідника Multisim автоматично надасть йому номер у мережі. Номери збільшуються по порядку, починаючи з 1. Заземлюючі кабелі завжди мають номер 0 - це вимога пов'язано з роботою прихованого емулятора SPICE. Щоб змінити номер з'єднання або привласнити йому логічне ім'я, просто двічі клікніть по провіднику (рис. 16).

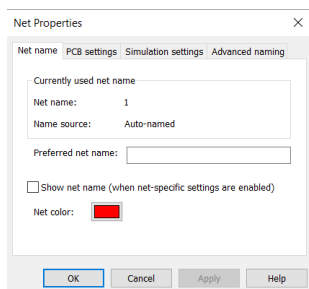


Рис. 9 – Властивості з'єднання




-  Розміщення або переміщення елемента, вибір пункту або іконки меню
-  Додавання з'єднання
-  Зміна з'єднання , переміщення провідників

Рис. 10 – Без режимний курсор миші

1.5. Графічні анотації

У Multisim є засоби для графічного оформлення вашої схеми. На панелі графічних анотацій (*Graphic Annotation*) є такі елементи як: текст, лінії, підлінії, прямокутники, еліпси, дуги, багатокутники, картинка та коментарі. Щоб додати графічний елемент, не використовуючи панель інструментів, у контекстному меню виберіть пункт додати графічний об'єкт (*Place Graphic*).

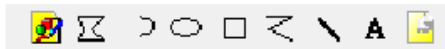


Рис. 11 – Панель графічних анотацій

1.5.1. 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 картинку, звукові та відео елементи.

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

Інструменти/Редактор вікна опису (*Tools / Description Box Editor*).

1.5.2. Блоки заголовків

Потужний редактор дозволяє вам створювати зручні блоки заголовків (*title blocks*). Якщо необхідно, блок заголовків можна додати будь-яку сторінку схеми. Поля блоку автоматично заповнюються в залежності від вмісту і властивостей документа. При створенні блоку ви можете вибрати поле з шаблону, або створити своє. 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, картинка 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 клацніть на ньому компонентів з баз даних.

2. Емулювання

2.1. Моделі

Multisim пропонує тисячі моделей SPICE, але всі ж іноді існують ситуації, коли ваша власна модель була б найкращою.


У Multisim входить засіб створення моделей "Конструктор моделей" (*Model Makers*), котрий автоматично згенерує Модель на підставі даних databook .

Початкові установки Конструктора моделей відповідають певній моделі. Вони не фіксовані, за допомогою даних databook можна вибрати компоненти та чисельні значення, що відповідають певному компоненту.

Конструктор моделей запускається на 6-м кроку створення нового компонента за допомогою майстра компонентів. Також його можна, можливо запустити при редагування 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.

2.2. Використання інтерактивного емулятора

Перед початком емуляції уважно перевірте компоненти. У всіх схем повинні бути джерело живлення і заземлення. Коли все готове, натисніть кнопку запуску емулятора  або F5. Запуститься інтерактивна емуляція.

Налаштування інтерактивною емуляції можна змінювати в меню Емуляція / Налаштування інтерактивною емуляції (*Simulate/Interactive Simulation Settings*). Деякі з налаштувань наведено нижче на рисунку 28 , за замовчуванням встановлено час закінчення емуляції через 1e +30 секунд (десь близько 3,17 e +13 мільярдів років). Крок за часом генерується автоматично.

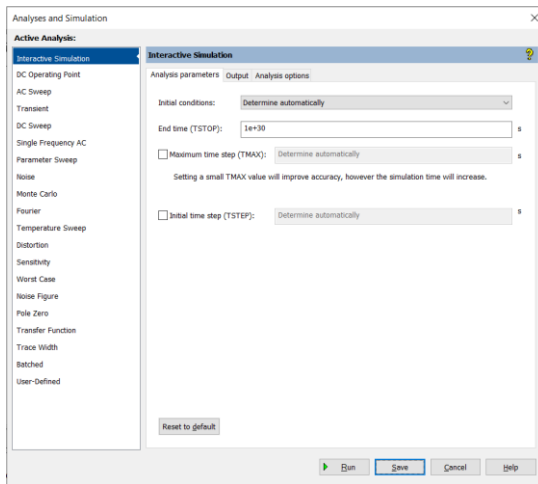




Рис. 12 – Налаштування інтерактивної емуляції

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

- Напряга (миттєва, амплітуда, середньоквадратична та постійна зсув).
- Частота.

Результати емуляції також відображаються на віртуальних приладах.

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

2.3. Обробка помилок емуляції

Рано або пізно, навіть у самих досвідчених користувачів може виникнути помилка під час емуляції SPICE. Для пошуку виправлення помилок в Multisim є Радник емуляції (*simulation advisor*).

Якщо з'явиться повідомлення про помилку, як на малюнку 29, запустіть радника і перегляньте доступну інформацію

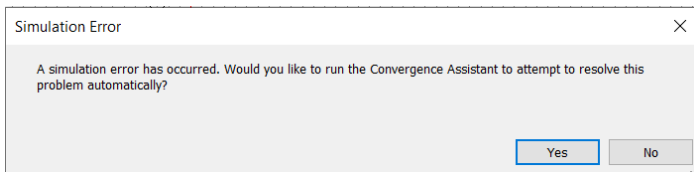


Рис. 13 - Діалогове вікно Інформація про помилці емуляції

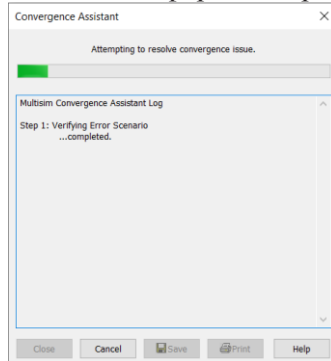


Рис. 14 – Радник емуляції

Найчастіше зустрічається дві помилки: завдання часу (*timestep error*) та сингулярна матриця (*singular matrix*).

2.4. Віртуальні прилади

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

Віртуальні прилади - це простий і зрозумілий метод взаємодії зі схемою, майже не відрізняється від традиційного при тестуванні чи створенні прототип.

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

Віртуальні прилади LabVIEW можуть реєструвати реальні дані, користуватися ними під час емуляції , надсилати дані на виведення аналогових приладів.

Таким чином, емульовані дані можуть керувати реальними приладами. Для створення віртуальних приладів середа розробки

LabVIEW необхідна, а для використання вже створених – ні.

Щоб додати віртуальний прилад, Виберіть його з панелі Приладів (*Instruments*), рис. 32. Щоб переглянути передню панель приладу, двічі натисніть на іконку приладу. Термінали приладу з'єднуються з елементами схеми так само, як і для інших компонентів.

В Multisim також має емульовані реально-існуючі прилади. До таких приладів належить Tektronix TDS 2024 Oscilloscope . Вони виглядають і діють точно в відповідно з технічним описом виробника.



Рис. 15 – Панель приладів

Кожна схемою 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.

2.4.1. Мультиметр

Мультиметр призначений для вимірювання змінного чи постійного струму або напруги, опору чи згасання між двома вузлами схеми. Діапазон вимірювання мультиметра підбирається автоматично. Його внутрішній опір та струм близькі до ідеальних значень, але їх можна змінити.

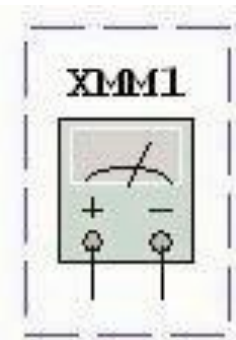


Рис. 16 – Символ Мультиметра

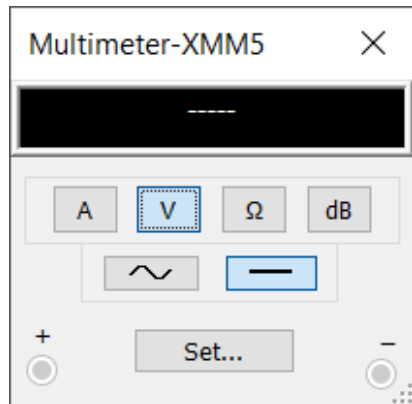


Рис. 17 – Передня панель Мультиметра

2.4.2. Генератор сигналів

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

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

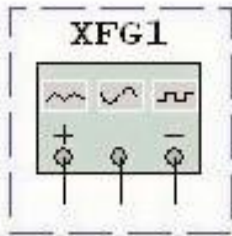


Рис. 18 – Символ генератора

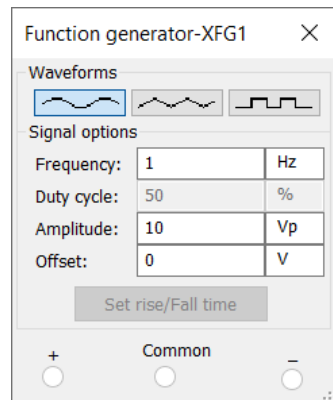


Рис. 19 – Передня панель генератора сигналів

2.4.3. Осцилографи

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

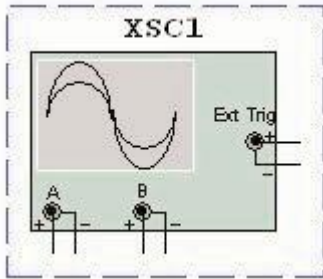


Рис. 20 - Символ осцилографа

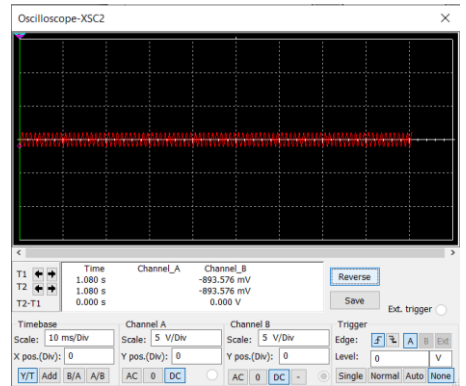


Рис. 21 – Передня панель осцилографа

У Multisim є такі осцилографи:

- 2-х каналний

- 4-х каналний

- Осцилограф змішаних сигналів Agilent 54622D.

- 4-х каналний цифровий осцилограф із записом Tektronix TDS 2024.

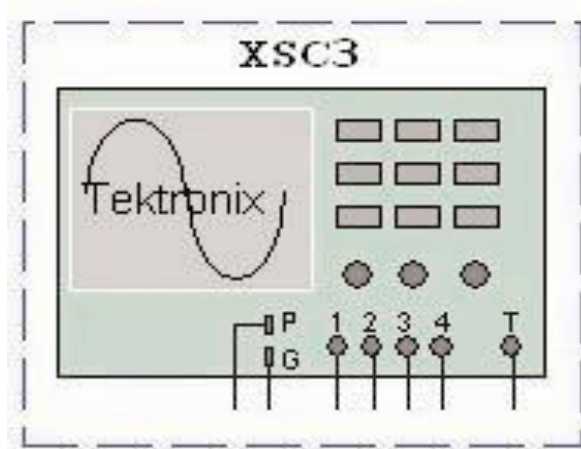


Рис. 22-Схематична діаграма осцилографа Tektronix



Рис. 23 – Передня панель осцилографа Tektronix

2.4.4. Плоттер Боде

Плоттер Боді відображає відносний фазовий або амплітудний відгук вхідного і вихідного сигналу.

Це особливо зручно під час аналізу властивостей смугових фільтрів.

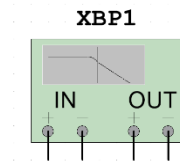


Рис. 24 - Символ Плоттера

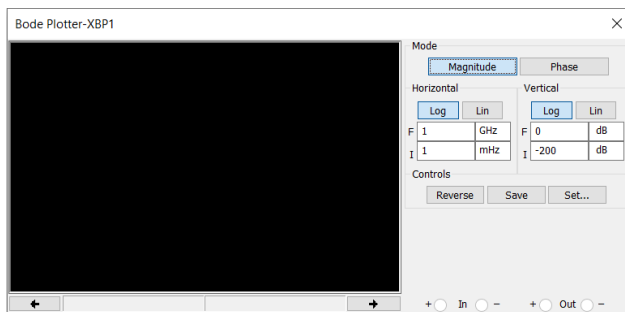


Рис. 25 – Передня панель Плоттера

2.4.5. Спектральний аналізатор

Спектральний аналізатор (spectrum analyzer _ служить для вимірювання амплітуди гармоніки з заданою частотою.Також він може виміряти потужність сигналу і частотних компонент, визначити наявність гармонік в сигнал.Результати роботи спектрального аналізатора відображаються у спектральній області, а не тимчасовій. Зазвичай сигнал – це функція часу, її вимірювання використовується осцилографом. Іноді очікується синусоїдальний сигнал, але він може утримувати додаткові гармоніки. У результаті, неможливо виміряти рівень сигналу. Якщо сигнал вимірюється спектральним аналізатором, виходить частотний склад сигналу, тобто амплітуда основних та додаткових гармонік.

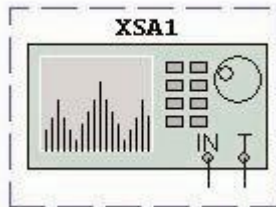


Рис. 26 - Символ Спектральний аналізатора

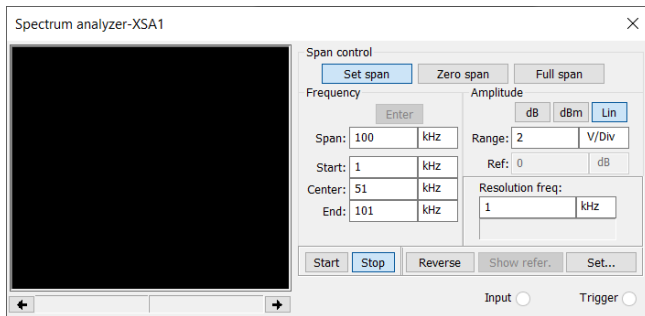


Рис.27 - Передня панель спектрального аналізатора. Function Generator Front Panel

2.4.6. Прилади NI LabVIEW

До складу Multisim входить чотири різні віртуальні прилади NI LabVIEW : мікрофон (microphone), динамік (speaker), генератор сигналів (*signal generator*) та аналізатор сигналів (*signal analyzer*).

Їхні символи наведені на рисунку 28, а лицьова панель динаміка – на рисунку 29.

Мікрофон (*Microphone*) - Записує звук пристроями аудіо записи комп'ютера і видає ці дані як джерело сигналу.

Динамік (*Speaker*) – Програє вхідні звукові дані на динаміці комп'ютера.

Генератор сигналів (*Signal Generator*) – Генерує синусоїдальний, трикутний, прямокутний та пілооб різних сигнали.

Аналізатор сигналів (*Signal Analyzer*) – Відображає часовий профіль, енергетичний спектр або середній вхідний сигнал.



Рис. 28– Символи приладів NI LabVIEW

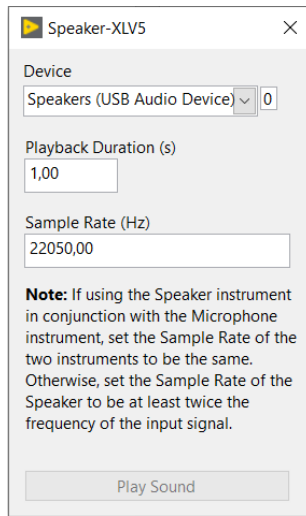


Рис. 29 – Приклад лицьової панелі приладу

Необхідні прилади можна, можливо створити в графічній середовищі розробки NI LabVIEW . Цим приладам доступні всі можливості LabVIEW : збір даних, управління приладами, математичний аналіз і багато інші.

Наприклад, ви можете зареєструвати реальний сигнал з допомогою плати збору даних або модульного приладу NI та скористатися отриманими даними в емуляції схеми Multisim .

Також можна зробити прилад, який відображає дані емуляції та одночасно результати обчислень (біжучого середнього, спектра потужності) на підставі цих даних.

Прилади NI LabVIEW можуть використовуватися як пристрої введення, так і виведення даних. Прилади введення показують або обробляють дані. Прилади виведення генерують дані, які стануть джерелом в емуляції . Один прилад NI LabVIEW не може бути одночасно приладом і введення і виведення даних.

Ще одна відмінність між приладами введення і виведення даних: перші постійно отримують дані під часу роботи емуляції.

У відмінність від них, прилади висновку даних генерують кінцевий набір даних і передають його в Multisim . Ці дані використовують у емуляції схеми. Прилади виведення даних не можуть постійно генерувати дані в час роботи емуляції.

Для введення в схему нових даних, зупиніть емуляцію, змініте дані і перезапустіть емуляцію.

Прилади виведення даних надають творцю або користувачеві можливість повторення вихідних даних. У налаштуваннях приладу LabVIEW необхідно вказати період повторення даних, в протилежному випадку емулятор буде рахувати, що надходить 0 В. після закінчення даних. Якщо прилад налаштований на повтор даних, сигнал повторюватиметься до закінчення емуляції.

Прилади введення даних дозволяють користувачеві або творцю встановити частоту оцифрування. Це частота реєстрації даних Multisim аналогічно частоті оцифровці приладу збору даних або модульного приладу, який реєструє реальний сигнал. При виборі частоти оцифрування необхідно враховувати теорему Найквіста. Зверніть увагу, що чим більше частота оцифрування, тим повільніше буде працювати емуляція.

Для створення і зміни приладів NI LabVIEW необхідна область розробки NI LabVIEW версії 8.0 або вище.

Для використання приладів NI LabVIEW на комп'ютері повинен бути встановлений NI LabVIEW Run-Time Engine . Його версія повинна збігатися з версією LabVIEW , в якій було створено прилад. NI LabVIEW Run-Time Engine 8.0 як елемент Electronics Workbench Shared Components входить в комплект установки Multisim.

2.5. Аналіз

У Multisim входить безліч методів аналізу даних емуляції, від простих до самих складних, в том числі вкладених. Щоб розпочати аналіз, виберіть пункт меню Емуляція /Аналіз (Simulate / Analyses) і виберіть потрібну функцію. Перелік всіх функцій Multisim наведено на малюнку 47. Крім вбудованих функцій аналізу, можна визначити свою функцію за допомогою команд SPICE.

При підготовці до аналізу, налаштуйте його параметри, наприклад, діапазон частот для аналізатора змінного струму (*AC analysis*). Також тут необхідно вибрати вихідні канали (*Traces*). Щоб не заплутатися при перегляді результатів, імена каналів краще робити вдумливими. Результати відображаються на графіках Multisim Grapher і зберігаються для наступною обробки в Postprocessor . Деякі результати зберігаються в контрольному записі (*audit trail*), яку теж можна переглянути.

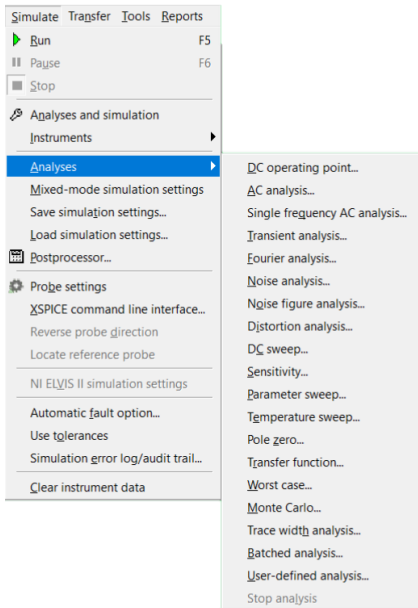


Рис. 30 – Функції аналізу

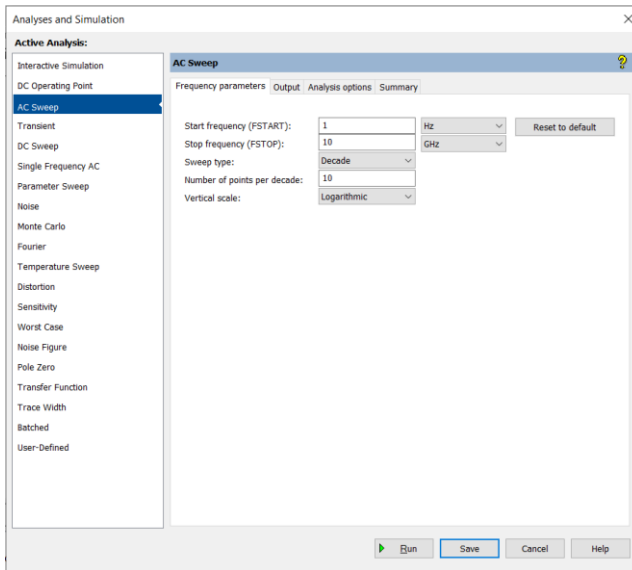


Рис. 31 – Діалогове вікно налаштувань AC Analysis

2.5.1. Плоттер

Плоттер (*Grapher*) – основний інструмент перегляду результатів емуляції.

Він відкривається з меню Вид/Плоттер (*View / Grapher*) і автоматично під час роботи емуляції. Різні частини вікна плоттера перераховані на малюнку 49.

Дані відображаються на графіку *graph* і в таблиці *chart* . Графік - це одна або кілька залежностей вздовж вертикальною або горизонтальною осі. У таблиці представлені рядки і колонки текстових даних. Вікно _ розділено на кілька закладок, число яких залежить від працюючих функцій аналізу.

У кожної закладки є дві можливі активні зони, вказані червоний стрілкою на лівому полі: всією закладки біля її імені, або активного графіка (таблиці). Деякі функції, наприклад копіювання , вставки, вирізання впливають тільки на активну область, тому перевірте, що виділена потрібна область перед виконанням такої дії.

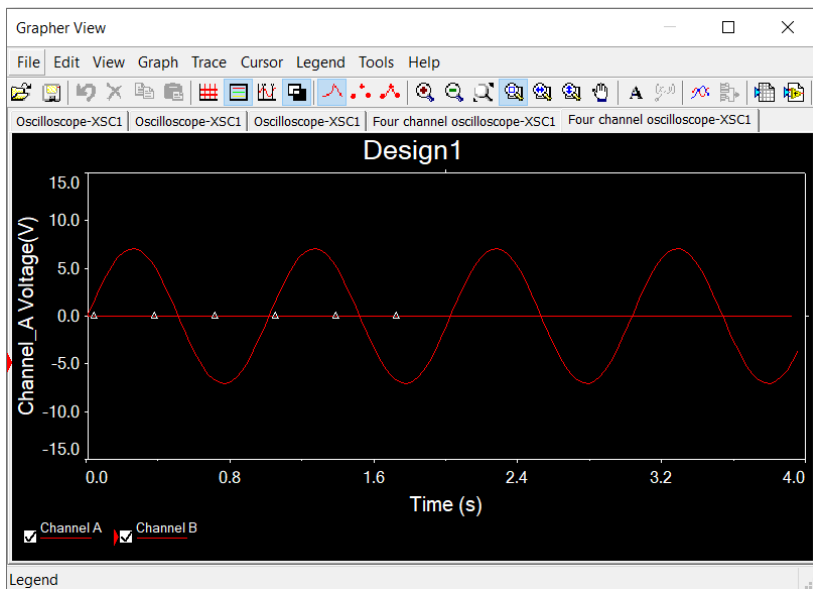


Рис. 32 – Плоттер

Безліч налаштувань плоттера знаходяться в вікні властивостей.

Можна змінювати масштаби, діапазони, заголовки, стилі ліній осей і багато інших параметрів.

Щоб відкрити вікно налаштувань сторінки (Page Properties) або вікна стандартних властивостей, скористайтеся пунктами меню Редагувати /Налаштування сторінки (Edit / Page Properties) або Редагувати/Властивості (Edit / Properties), малюнки 50 і 51 відповідно

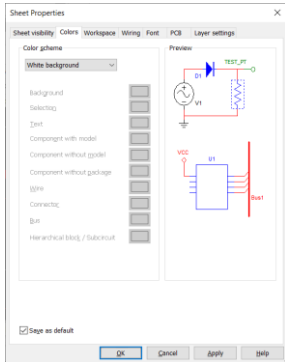


Рис. 33 - Налаштування сторінки плоттера

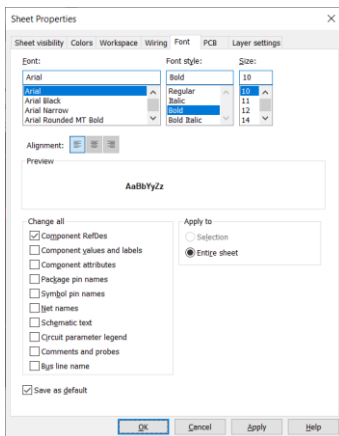


Рис. 34 – Властивості графіка

Курсори можна перетягувати за допомогою лівої кнопки миші. Налаштування пересування курсору задаються в його контекстному меню. Можна перемістити курсор на задане значення по осі X, Y, або до наступному мінімуму або максимуму в будь-кому напрямку (рис. 52). Курсори, легенди і лінії графіка

можна, можливо приховати або відобразити за допомогою кнопок панелі



Рис. 35 – Можливі переміщення курсору

Результати можна, можливо експортувати в NI LabVIEW, Excel або MathCAD .Також їх можна зберегти в одному з наступних форматів: дані LabVIEW (*LVM або.TDM*), з поділом комами (CSV) і в вигляді тексту. Щоб зберегти дані плоттера, в меню Файл /Зберегти як (*File /Save As*).Виберіть необхідний формат.

2.6. Створення компонентів

У Multisim є засоби для створення і редагування компонентів, необхідних для схеми. Є два методу: за допомогою Майстра компонентів (*Component Wizard*) та діалогового вікна Властивості компонента (*Component Properties*).

Майстер компонентів відкривається з меню Інструменти/Майстер компонентів (*Tools / Component Wizard*). У ньому можна повністю описати компонент: вказати символ, модель SPICE (Рис. 36).

Щоб відкрити діалогове вікно властивостей компонента, двічі клацніть на розміщеному компоненті , відкрийте закладку Значення (*Value*) і натисніть Редагувати компонент (*Edit Component*) в кнопці DB (Рис. 37).\

Component Wizard - Step 1 of 8

Enter component information

Component name:

Function:

Author name:

Simulation and layout

Simulation only

Layout only

Simulation and PLD export

Component type:

Рис. 36 – Майстер компонентів

3. Практичні завдання.

3.1. Інтерфейс Multisim .

Ціль цього завдання - познайомитись з інтерфейсом Multisim , вивчити зовнішній вигляд, глобальні налаштування, а також різні панелі інструментів та пункти меню.

Порядок виконання практичного завдання:

1)Запустіть Multisim

а)Виберіть пункт меню Файл /Про відкриття приклад (*Select File / Open Samples*) і відкрийте AMPMOD.ms9.

б) Проєкспериментуйте з різними зовнішніми видами середовища Multisim.

і)Виберіть Вид/Таблиця (*View / Spreadsheet*), щоб увімкнути подання таблиці.

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

iii)Вкажіть кількість мереж з унікальною номером.

с)Виберіть пункт Вид/Опис схеми (*View / Circuit Description Box*). Тут розробники можуть дізнатися докладні відомості про схему, що розробляється. Щоб редагувати вміст, виберіть Інструменти / Редактор опису (*Tools / Description Box Editor*).

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

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

а) Виберіть Опції/Властивості аркуша (*Options / Sheet Properties*).

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

ii)Спробуйте змінити колір за допомогою закладки Схема (*Circuit*) щоб побачити зміни,

ви знайдете компонент, натисніть ОК. **Поки не розміщуйте його на блок-діаграму.**

с) Скільки різних операційних підсилювачів у вашій базі даних?

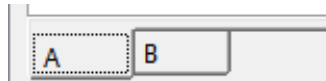
(Підказка: Скористайтеся символом '*' в пошуковому запит: "OP297 *")

d) Скільки секцій у мікросхеми?

(Підказка: Секції позначаються буквами AZ)

e) При розміщенні операційного підсилювача на блок-діаграмі потрібно вибрати секцію А або В. Поки не розміщуйте ОУ на схему.

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



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

6) Додати ще один елемент виду А. Яка мітка (*reference designator*) для нього призначається по замовчуванням?

3.3. Малювання схем.

Мета цього завдання навчитися створювати і з'єднувати прості схеми в Multisim, скориставшись різними методами пошуку компонентів, потренуватися в їх з'єднанні і запуску найпростішої емуляції. Зрозуміти відмінність між реальними, віртуальними, ідеальними і інтерактивними елементами. Створити найпростішу схему (включаючи віртуальні з'єднання). Ознайомитись та встановити налаштування з'єднання.

Порядок виконання практичного завдання:

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

На замітку: компоненти R1, R2 та C2 віртуальні.

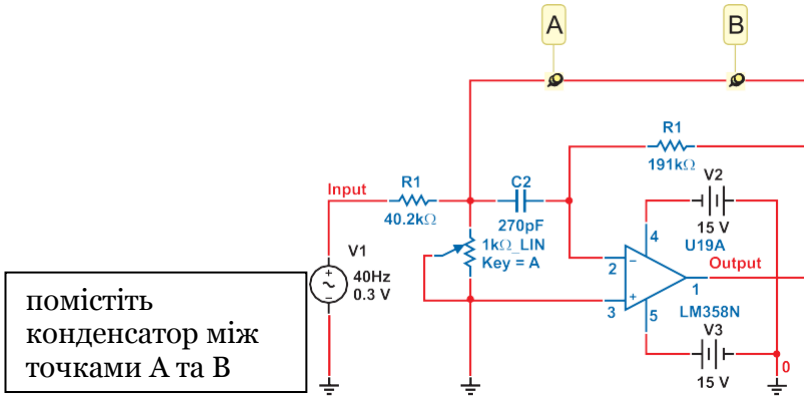


Рис. 38 – Смушний фільтр

- 2) Щоб з'єднати компоненти, наведіть курсор на термінал так, щоб він змінив свій вигляд і клацніть мишею. Перемістіть курсор (тянувши за собою дріт) до другого терміналу і клацніть, щоб завершити з'єднання.
- 3) Замініть резистор R2 засобами Multisim : Виберіть в контекстному меню пункт замінити компоненти та замініть віртуальні резистор реальним (розділ *Basic / Resistor*) на ваш вибір.
- 4) Двічі натисніть на віртуальні компоненти і подивіться, як задаються їх параметри.
- 5) Поверніть і перемістіть який-небудь компонент, щоб подивитися як ваші дії впливають на під'єднані провідники. Також компоненти можна, можливо повертати, коли ви розміщуєте їх з бази даних.
- 6) Виберіть віртуальний конденсатор з Популярного списку і розмістіть його між точками A і B схеми.

На замітку: він автоматично з'єднується і його ємність стає 270 пкФ .

3.4. Робота з приладами

Ціль цього завдання навчитися розміщувати прилади, відкривати їх лицьові панелі та налаштовувати різні параметри. Навчитися розміщувати та поєднувати віртуальні прилади. Навчитися налаштовувати прилади.

Порядок виконання практичного завдання:

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

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

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

3)Закрийте панель прилади.

4)Помістіть Плоттер Боді (Bode plotter) між вхідним і вихідним вузлами. Подвійним клацанням відкрийте прилад і введіть налаштування, вказані нижче. Після цього запустіть емуляцію і досліджуйте результати.

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

5)Помістіть осцилограф щоб виміряти вхідні і вихідні напруги. Двічі натисніть іконку про осцилограф і введіть такі параметри:

- Ціна поділу за часом (Timebase) = 20 мкс /поділ.
- Канал А = 1 В /справ
- Канал В = 1 В /справ

б) Колір провідника, підключеного до приладу, визначає колір на екрані приладу. Переконайтеся, що провідник від вихідного роз'єм до операційного підсилювача блакитні. У протилежному випадку, в контекстному меню ділянки провідника Виберіть команду "Колір провідника" (Wire Color) і поміняйте колір.

7)Змініть значення потенціометра (R3), натиснувши "A", щоб збільшити опір і " Shift -A", щоб його зменшити. Вивчіть зміну даних на екрані осцилографа. Дані Графіка Боде зміняться тільки після перезапуску емуляції.

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

Література.

1. <https://forums.ni.com/t5/NI-Circuit-Design-Community-Blog/Multisim-14-0-Released/ba-p/3484579> Multisim 14.0 Released.
2. https://www.physics.wisc.edu/courses/home/fall2020/321/MultiSim_docs/NI-Multisim_manual.pdf. NI Multisim, User Manual, 374483D-01, January 2009.
3. <http://www.analog.com/en/amplifier-linear-tools/multisim/topic.html>.
4. <http://sine.ni.com/np/app/main/p/docid/nav-98/lang/ru/fmid/1664/>.
5. <http://www.ni.com/white-paper/14730/en/pdf>.