ДЕРЖАВНИЙ КОМІТЕТ ЗВ’ЯЗКУ ТА ІНФОРМАТИЗАЦІЇ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ ЗВ’ЯЗКУ ім. О.С. ПОПОВА

Кафедра документального електрозв’язку

НАВЧАЛЬНИЙ ПОСІБНИК

з дисципліни

"КОМП’ЮТЕРНА ГРАФІКА ТА МОДЕЛЮВАННЯ"

(Лабораторні роботи № 1-6)

Допущено методичною радою ОНАЗ ім. О.С. Попова як навчальний посібник з дисципліни "КОМП’ЮТЕРНА ГРАФІКА ТА МОДЕЛЮВАННЯ"
для спеціальностей 6.092400, 7.090703, 7.092401,7.092402

ЗАТВЕРДЖЕНО
методичною радою
ОНАЗ ім. О.С. Попова.
Протокол № 10
від 11 березня 2003 р.

Одеса 2003

УДК 515.2
681.3.06(075)

План НМВ 2003 р.

І.А. Трегубова, А.С. Крисько, В.А. Кліменко, Н.В. Гарбуз. Навчальний посібник з дисципліни "КОМП’ЮТЕРНА ГРАФІКА ТА МОДЕЛЮВАННЯ": Лабораторні роботи № 1-6. – Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2001. – 40 с.

Рецензент - доц. Шишкін М.І., кафедра нарисної геометрії Одеської державної академії будівництва і архітектури

У навчальному посібнику розглянуто: основні правила використання програмних пакетів систем автоматизованого проектування **MathCAD, OrCAD та WorkBench** для побудови графіків, креслення принципових електричних схем систем зв’язку та моделювання цих схем. Кожна лабораторна робота дозволяє освоїти як правила користування пакетами програм так і вивчити методи креслення схем відповідно до ДСТУ та зарубіжних стандартів.

Посібник призначено для студентів першого курсу спеціальностей: *6.092400 – поштовий зв’язок, 7.090703 – апаратура радіозв’язку, радіомовлення і телебачення, 7.092401 – телекомунікаційні системи та мережі, 7.092402 – інформаційні мережі зв’язку.*

СХВАЛЕНО
на засіданні кафедри
документального електрозв’язку
та рекомендовано до друку.
Протокол № 3
від 3 жовтня 2002 р.

Передмова

Жодна галузь промисловості, науки і техніки не може сьогодні існувати без комп’ютерного забезпечення. Сучасний стан і потреби підприємств примусили кожний науковий напрямок розвиватися, використовуючи нові комп’ютерні технології. Не став винятком курс "Інженерної графіки", який викладається у вищій школі понад 150 років. Методи графічного моделювання давно й успішно використовуються в багатьох галузях промисловості, а їх реалізація в ПОЕМ за допомогою систем автоматизованого проектування різного призначення дозволяє розв’язувати задачі багатьох спеціальних дисциплін. Тому і курс "Інженерна графіка" зазнав суттєвих змін.

Дисципліна одержала не тільки нову назву "Комп’ютерна графіка та моделювання", а й сучасне технічне забезпечення і, відповідно, нові методичні підходи щодо її вивчення.

Сучасні комп’ютерні технології та програмне забезпечення дозволяють просто і наочно зобразити об’єкти в багатовимірному просторі, що розвиває у студента не тільки просторове уявлення, але й дозволяє розв’язувати складні інженерні задачі.

З цією метою в лабораторних роботах з дисципліни "Комп’ютерна графіка та моделювання" використовуються наступні пакети програм:

– система **MathCAD**, яка призначена для виконання наукових досліджень за допомогою математичного моделювання, та дозволяє на основі аналітичних виразів створювати графіки в трьох системах координат: декартовій двовимірній, полярній та декартовій тривимірній;

– система **OrCAD**, яка призначена для проектування і теоретичного моделювання принципових, структурних та функціональних схем в електротехніці, електроніці та мікроелектроніці;

– система **WorkBench**, яка призначена для моделювання принципових електричних схем та перевірки їх працездатності.

Розділ 1

Основи побудови графіків у системі MathCAD

Вступ

Пакет прикладних програм **MathCAD (**Mathematical Computer Aided Design – математичне автоматизоване проектування) є універсальною математичною системою для виконання наукових досліджень, а також вона досить популярна серед студентів, які використовують її при виконанні математичних розрахунків у курсових та дипломних роботах.

В інженерній практиці при розв'язанні задач щодо визначення характеристик систем і мереж зв'язку часто необхідно за деякими теоретичними чи експериментально отриманими аналітичними виразами функцій накреслити їх графічні залежності. Креслення графіків за допомогою лінійки та калькулятора досить складна робота, що потребує великих витрат часу. У подібних випадках користуються універсальною математичною системою **MathCAD**, яка є потужним інструментом при моделюванні й інженерних розрахунках. Система **MathCAD** на відміну від алгоритмічних мов **Бейсик, Паскаль, C++** та інших дозволяє безпосередньо уводити дані, аналітичні вирази, виконувати розрахунки та на їх основі будувати графіки, які виводяться на монітор.

1. Мета роботи

Ознайомитися з особливостями розрахунків та побудови графіків функцій, що мають безпосереднє відношення до пристроїв систем електрозв'язку в системі **MathCAD.**

2. Ключові положення

Побудова графіка деякої функції за допомогою системи **MathCAD** починається з уведення математичної формули, використовуючи при цьому клавіатуру, палітру математичних символів, оператори та функції. Після стандартного запуску системи **MathCAD** на екрані з'являється вікно з елементами інтерфейсу. Робоче поле вікна з прикладами уведених аналітичних виразів деяких функцій та деякими

палітрами математичних знаків показано на рис. 1. У верхній частині вікна розміщені:

1) перший рядок з назвою системи та назвою документа (без додаткових вказівок **Untitled**);
2) другий рядок головного меню з пунктами **File, Edit, View**,...;
3) третій рядок стандартної панелі інструментів;
4) четвертий рядок панелі інструментів, яка забезпечує уведення формул та текстових блоків;
5) п’ятий рядок панелі інструментів, яка забезпечує уведення математичних знаків та знаків грецького алфавіту.

При виконанні лабораторної роботи після запуску системи **MathCAD** варто скористатися панеллю інструментів математичних знаків та знаків грецького алфавіту. За її допомогою на робоче поле при необхідності виводять наступні панелі інструментів:

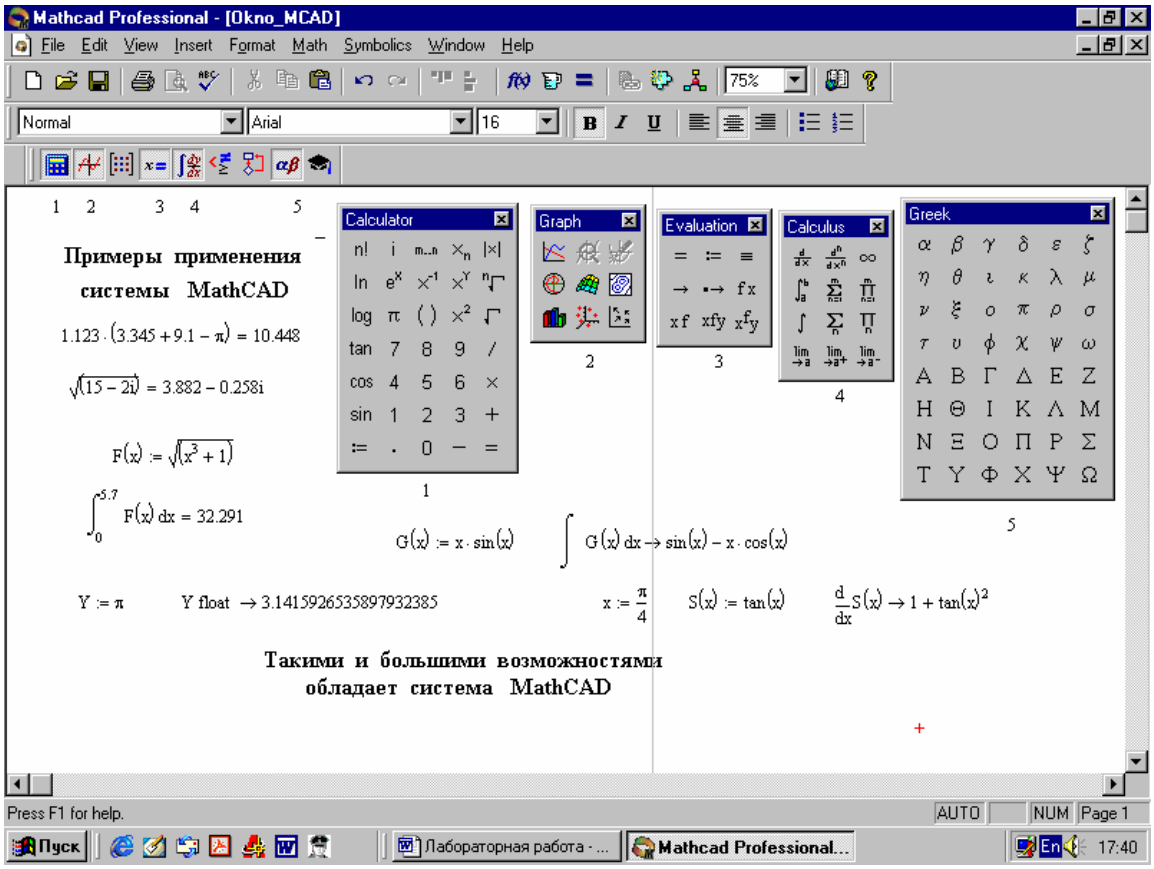


Рисунок 1

– панель арифметичних операторів і деяких функцій, що часто зустрічаються **(Calculator)**;

– панель знаків грецького алфавіту **(Greek)**;

 – панель для побудови двох - та тривимірних графіків **(Graf)**;

 –панель інтегралів та похідних **(Calculus)**;

 – панель матриць **(Matrix)**.

Константи, змінні та формули можна уводити у будь-якій робочій зоні вікна **MathCAD**. Для цього необхідно у вибраному місці вікна установити покажчик "миші" та натиснути ліву кнопку миші (ЛКМ). Після появи невеликого хрестика (+) червоного кольору можна уводити в математичні вирази. *Формули пишуться і читаються зліва направо та зверху вниз. Першими уводять значення констант та діапазони дії змінних.* Наприклад, якщо змінна *x* змінюється в діапазоні від *a* до *b* з шагом *Δc*, то запис її виконують в такому виді *x:=a, a+Δc..b*, а потім нижче уводять аналітичний вираз функції *F(x)*. При цьому необхідно звернути увагу на те, що, якщо змінна функції *W(i)*, де *i* = 0, 1, 2, … *N***,** змінюється дискретно, то без додаткових вказівок крок дискретизації дорівнює одиниці і записується таким чином: *i:=0..N*.

Приклад. Обчислити десять значень модуля комплексного опору *Z(f)* паралельного коливального контуру із зазначеними нижче параметрами *(R, L, C, f*0,) в указаному діапазоні частот (*f*1 –*f*2), крок дискретизації 1000 Гц. Як виконати обчислення в системі **MathCAD** показано на рис. 2.

$R := 6.8 \qquad L := 2 \cdot 10^{-5} \qquad C := 5 \cdot 10^{-6} \qquad f0 := \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \qquad f0 = 1.592 \times 10^{4}$

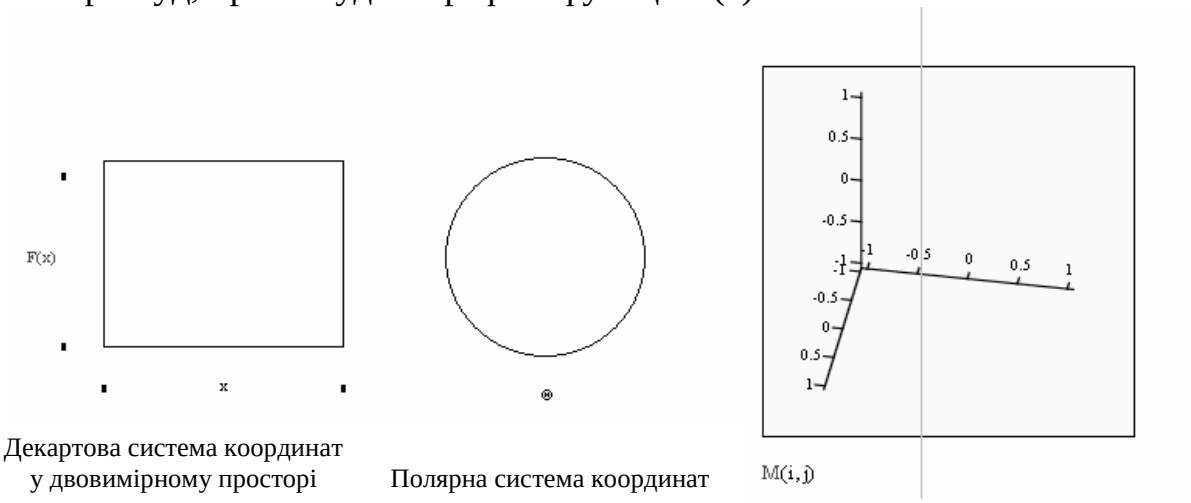
$f1 := 10^{3} \qquad f2 := 10^{4} \qquad f := f1, f1 + 1000 .. f2 \qquad Z(f) := \sqrt{\frac{R^2 + (2 \cdot \pi \cdot f \cdot L)^2}{1 - (2 \cdot \pi \cdot f)^2 \cdot L \cdot C + (2 \cdot \pi \cdot f \cdot R \cdot C)^2}}$

f =	Z(f) =
$1 \cdot 10^3$	6.664
$2 \cdot 10^3$	6.3
$3 \cdot 10^3$	5.808
$4 \cdot 10^3$	5.281
$5 \cdot 10^3$	4.779
$6 \cdot 10^3$	4.326
$7 \cdot 10^3$	3.931
$8 \cdot 10^3$	3.589
$9 \cdot 10^3$	3.295
$1 \cdot 10^4$	3.042

Рисунок 2

Щоб побудувати графік деякої функції $F(x)$ необхідно попередньо установити покажчик "миші" на вільній робочій зоні вікна та натиснути ЛКМ, а потім вибрати із панелі інструментів **(Graf)** потрібну систему координат. Система **MathCAD** може створювати графіки в трьох системах координат, як це показано на рис. 3.

Після виводу заготовки декартової системи координат на екран необхідно в поле навпроти середини осі *X* увести змінну *x*, а навпроти середини осі *Y* – функцію $F(x)$. У поля графіка, що залишилися, уводять відповідно граничні значення змінної і функції. Якщо їх залишити не уведеними, то система **MathCAD** виконає це автоматично, на свій розсуд, при побудові графіка функції $F(x)$.



Декартова система координат у двовимірному просторі

Полярна система координат

Декартова система координат у тривимірному просторі

Рисунок 3

При побудові графіка функції у полярній системі координат уводиться тільки кутова координата Θ. Побудова графіка у тривимірному просторі розглядається в п. 3.3.

У декартовій системі координат для формування осі *X* та осі *Y* користуються діалоговими вікнами **Formatting Currently Selected *X*-*Y* Plot**, за допомогою яких можна змінювати вид графіка (колір лінії, її тип та товщину), а також установлювати риски на осях та зазначати назву графіка. Для цього необхідно помістити показник "миші" в область графіка і двічі натиснути на ЛКМ. У результаті в робочій зоні вікна з’явиться діалогове вікно, яке має чотири закладки ***X*-*Y* Axes**, **Traces**, **Labels** та **Defaults** (рис. 4). Закладка ***X*-*Y* Axes** містить наступні команди: **Log Scale** – логарифмічна шкала і, якщо опції **X-Axis** і **Y-Axis** позначити помітками, то осям *X* і *Y* буде відповідати логарифмічний масштаб; **Grid Lines** – координатна сітка; **Numbered** – ну-

мерація осі числовими значеннями; **Auto scale** – автоматична установка числових значень на осях; **Show Markers –** нанесення рисок на осі; **Auto Grid –** автосітка; **Number of Grids** – число поділів на осях.

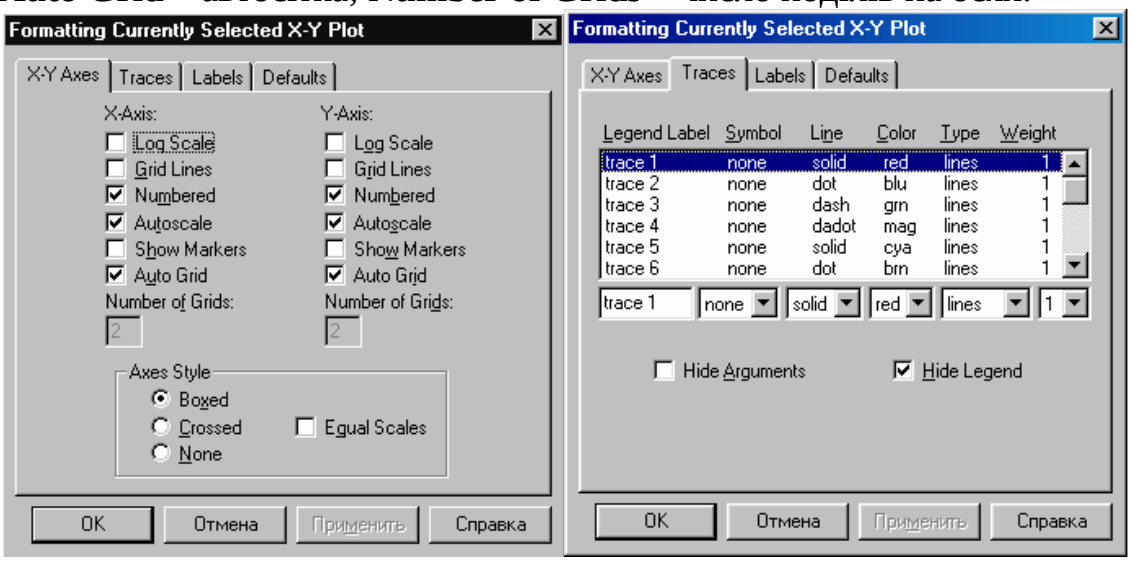


Рисунок 4

Для досягнення наочності при побудові декількох графіків на одному бланку (їх може бути до 16) користуються закладкою **Traces** того ж діалогового вікна. Для цього в полі вертикальної осі графіка уводять послідовно назви функцій ($F(x)$,$Q(x)$),..., розділяючи їх комами, а команди закладки дозволяють: **Legend Label** – вказати назву графіка; **Symbol** – вказати, яким символом при необхідності позначити характерні точки графіка (+, *x* тощо); **Line** – вибрати тип ліній (злита, пунктирна тощо); **Color** – вибрати колір ліній графіків; **Type** – вибрати тип графіка (у виді кривих, імпульсних діаграм, ступінчастих кривих тощо); **Weight** – вибрати товщину ліній графіка. Закладка **Labels** – мітка дозволяє увести в графік текст титульної строчки та надписи до осей.

3. Зміст лабораторних завдань

Лабораторна робота № 1

3.1. Побудова графіків амплітудно- та фазочастотних характеристик підсилювача електричних сигналів

Якість відтвореного зображення на екрані кінескопа, а також якість відтвореного звуку динамічним гучномовцем чи навушниками обумовлюються частотними спотвореннями, які вносить підсилювач. Наявність чи відсутність таких спотворень можна визначити дослі-

джуючи частотні характеристики, які показують, як підсилюються електричні коливання на різних частотах. На рис. 5 наведена структурна схема макета стосовно визначення лінійних спотворень, які залежать від форми амплітудно - та фазочастотних характеристик (ФЧХ і ФЧХ) підсилювача.

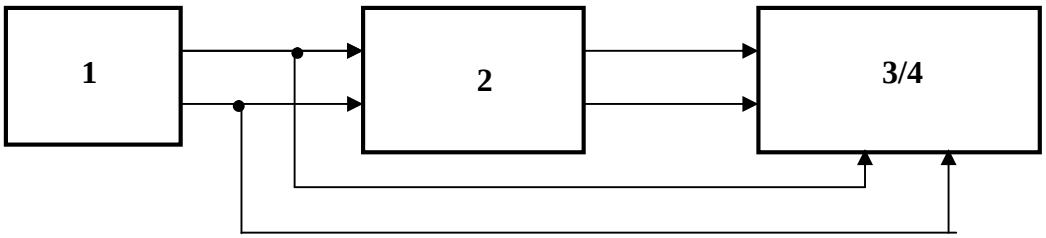


Рисунок 5

На схемі: 1 – генератор гармонічних коливань $U(t) = U_0 \sin(2\pi ft+\varphi_0)$; 2 – підсилювач відеосигналу або сигналу звукового супроводу; 3 – графобудувачі АЧХ і ФЧХ.

Під характеристиками АЧХ і ФЧХ мають на увазі наступне. АЧХ підсилювача електричних сигналів є залежність зміни значення коефіцієнта передачі від частоти гармонічного сигналу, який подається на його вхід, тобто:

$$K(f) = U_2(f)/U_1(f),$$

де $U_2(f)$ – напруга на виході підсилювача; $U_1(f)$ – напруга на його вході.

ФЧХ підсилювача є залежність різниці фаз між вихідним гармонічним сигналом та вхідним сигналом від частоти, тобто:

$$\varphi(f) = \varphi_2(f) - \varphi_1(f).$$

Іншими словами ФЧХ показує, як зміщуються у часі значення амплітуд вхідного гармонічного сигналу по відношенню до вхідних на різних частотах при проходженні його через чотириполюсник.

Граничні значення діапазону частот та крок зміни частоти, які при побудові графіків необхідно вибрати для розрахунку проміжних значень функції $K(f)$, можна задати таким чином:

$$f_{\min} = 10^2,\ \Delta f = 10^2 \ldots 5*10^2,\ f_{\max} = 10^6.$$

Константи, тобто основні параметри відеопідсилювача K_{ma}, T_w і T_n, наведені в табл. 1 (варіанти задаються викладачем).

Таблиця 1 – Основні параметри відеопідсилювача

№ пп.	K_{max}	T_w	T_n
1	100	10^{-6}	$8*10^{-4}$
2	80	10^{-6}	10^{-4}
3	60	10^{-6}	$2*10^{-5}$
4	40	$2*10^{-6}$	$5*10^{-4}$
5	20	10^{-5}	$5*10^{-4}$
6	10	10^{-4}	$5*10^{-4}$

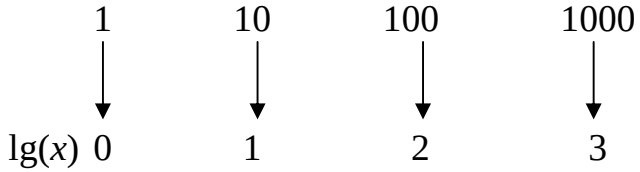
Аналітичні вирази, на підставі яких обчислюється значення функцій та будуються графіки, мають вид:

$$K(f) := \frac{K_{max}}{\sqrt{1 + \left(2\pi f T_w - \frac{1}{2\pi f T_n}\right)^2}};$$

$$\varphi(f) := -atan\left(2\pi f T_w - \frac{1}{2\pi f T_n}\right),$$

де K_{max} – коефіцієнт підсилення на середній частоті; T_w і T_n – коефіцієнти, що визначають вид АЧХ і ФЧХ в області високих та низьких частот.

Якщо необхідно визначити функції $K(f)$ і $\varphi(f)$ в діапазоні частот за умови, що $(f_{max}/f_{min}) > 100$, то доцільно при побудові шкали осі частот, яка відображає змінну f, вибрати логарифмічний масштаб. У цьому випадку утворюється нерівномірна шкала, яка будується таким чином: на осях прямокутної системи координат відкладаються не значення змінної f чи функції $K(f)$, а їх логарифми, тобто $u = \lg f$ та $v = \lg K(f)$. Інтервали між точками, які відповідають цілим числам u та v називаються декадами. У границях декад шкала нерівномірна, причому внутрішні структури декад 1..10, 10..100, 100..1000 ідентичні. Це дозволяє представити інтервал 1..1000 таким чином:



I декада II декада III декада

Не дотримання даної рекомендації може досить сильно змінити вид графіка та ускладнити аналіз одержаних результатів. Приклади обчислених графіків АЧХ і ФЧХ наведені на рис. 6 і 7 відповідно.

Після виконання даного завдання надається можливість відмовитись від логарифмічного масштабу уздовж осі абсцис та проаналізувати, як змінився вид графіків при використанні лінійного масштабу уздовж осі частот.

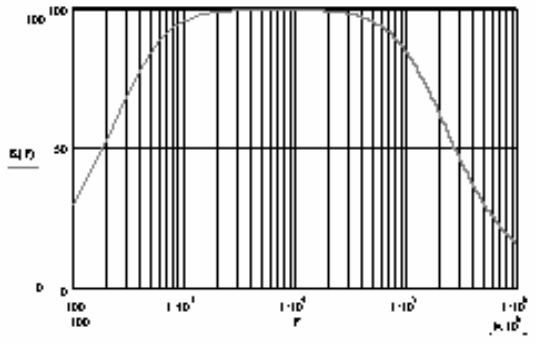


Рисунок 6

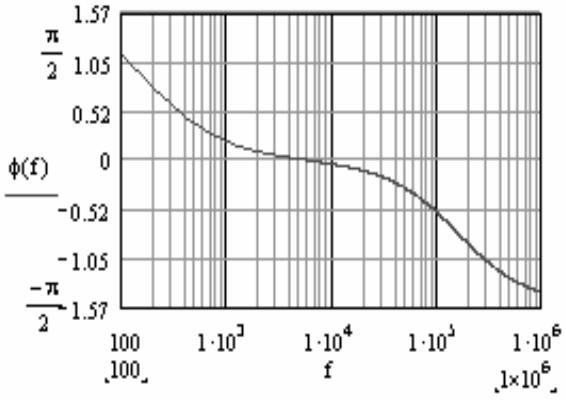


Рисунок 7

Після виконання даного завдання надається можливість відмовитись від логарифмічного масштабу уздовж осі абсцис та проаналізувати, як змінився вид графіків при використанні лінійного масштабу уздовж осі частот.

3.2. Побудова графіків завадозахищеності в системах передачі дискретних повідомлень з фазовою та частотною модуляціями

На сьогодні передавання голосу, музики та зображення в цифровому виді набуває широкого розповсюдження, бо таке передавання забезпечує ряд переваг порівняно з аналоговими методами передачі. Цифровий двійковий сигнал представляє собою послідовність двійкових імпульсів (бітів), які можуть приймати значення – 1 і +1 або 0 і 1. Якість зв'язку залежить від того, як часто біти під дією завад переходять зі значення 1 в 0 і навпаки, і визначається ймовірністю похибки, яка приблизно може бути обчислена таким чином:

$$P_{\text{пох}} = N_{\text{пох}} / N_{\text{заг}} \quad \text{при} \quad N_{\text{заг}} >> N_{\text{пох}},$$

де $N_{\text{заг}}$ – загальна кількість прийнятих біт; $N_{\text{пох}}$ – кількість біт, які прийняті з похибкою. У теорії ймовірностей імовірність похибки визначається з виразу:

$$P_{\text{пох}} = \lim (N_{\text{пох}} / N_{\text{заг}.})$$

$$N_{\text{заг}} \to 00$$

Із наведених вище виразів видно, що 0 <= $P_{\text{пох}}$ <= 1 .

Аналітичні вирази, які визначають завадозахищенність цифрової системи передачі з частотною чи фазовою модуляцією, визначаються відповідно:

$$P_1(h) = \frac{1}{2}\exp\left(\frac{-h^2}{2}\right) \qquad P_2(h) = \frac{1}{2}\left[1 - F\left(\sqrt{2}h\right)\right],$$

де h – параметр, що характеризує стан каналу зв'язку і визначається відношенням енергії біта до енергії завади. Не вдаючись до строгого визначення частотної та фазової модуляції можна зазначити, що в першому випадку повідомлення передаються шляхом зміни частоти несучого сигналу, а в другому – зміною фази; $F(h)$ – функція Крампа, що входить у вираз $P_2(h)$, визначають таким чином:

$$F(h) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}}\int_0^h \exp\left(\frac{-t^2}{2}\right)dt\,.$$

Для побудови графіків функцій $P_1(h)$ и $P_2(h)$ необхідно в робочому полі вікна **MathCAD** записати математичні вирази в такому порядку: вказати діапазон обчислювання змінної h; записати аналітичний вираз функції Крампа $F(h)$; аналітичні вирази $P_1(h)$ і $P_2(h)$. Після чого викликаються бланки графіків і вибирається уздовж осі ординат логарифмічний масштаб для функцій $P_1(h)$ і $P_2(h)$, тому що значення ймовірності похибки змінюється в бік зменшення приблизно в 10^6 разів. Значення параметра h потрібно вибирати в діапазоні від 0 до 4 з кроком 0,05. Графіки $P_1(h)$ і $P_2(h)$ обчислені та побудовані у відповідності з використанням лінійного та логарифмічного масштабу наведені на рис. 8.

Аналізуючи одержані графіки, можна зробити висновок, що цифрова система зв'язку, яка використовує для передавання інформації фазову модуляцію, більш надійна, тому що при однакових значеннях h ймовірність похибки завжди менша ніж у системі з частотною модуляцією. При цьому необхідно звернути увагу на те, що якщо не користуватися логарифмічним масштабом, то наведені графіки при $h > 3$ зливаються і визначити різницю між $P_1(h)$ і $P_2(h)$ неможливо.

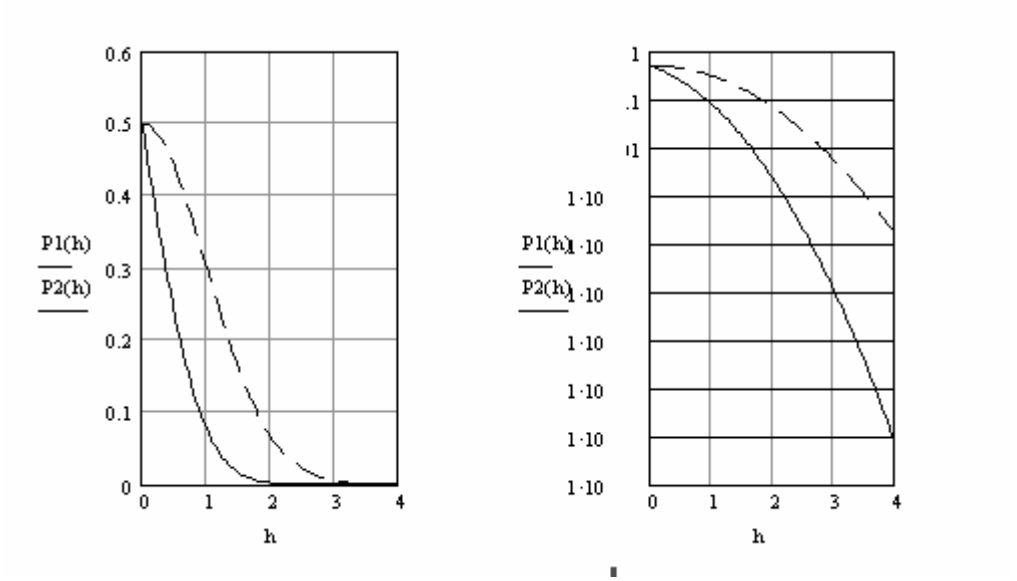


Рисунок 8

Лабораторна робота № 2

3.3. Побудова графіка діаграми направленості напівхвильового вібратора телевізійної антени в полярній системі координат

Призначення приймальної антени будь-якого виду заключається у перетворенні енергії електромагнітного поля в електричний сигнал, який після підсилення та перетворення використовується для одержання видимого зображення на екрані кінескопа телевізійного приймача, або для одержання акустичних коливань, які сприймаються вухом. Антена будь-якої конструкції має діаграму направленості, яку розуміють як *закон зміни напруги електромагнітного випромінювання в горизонтальній площині по відношенню до положення антени передавача* (рис. 9). Графічне зображення діаграми направленості в горизонтальній або вертикальній площинах наглядно показано у полярній системі координат[1)].

Аналітичний вираз для діаграми направленості має вид:

$$F(\Theta) := \frac{\cos(2\pi K \cdot \cos(\Theta)) - \cos(2\pi K)}{|\sin(\Theta)|},$$

де Θ – кут, за який приймається електромагнітне випромінювання напівхвильового вібратора по відношенню до антени; $K = l/\lambda$, де в свою

[1)] Полярними координатами точки *P* називають радіус вектор ρ – відстань від точки *P* до полюса *O* та полярний кут φ – кут між прямою *OP* і полярною віссю.

чергу l – довжина антени типу диполь, λ – довжина електромагнітної хвилі, на якій відбувається приймання сигналу.

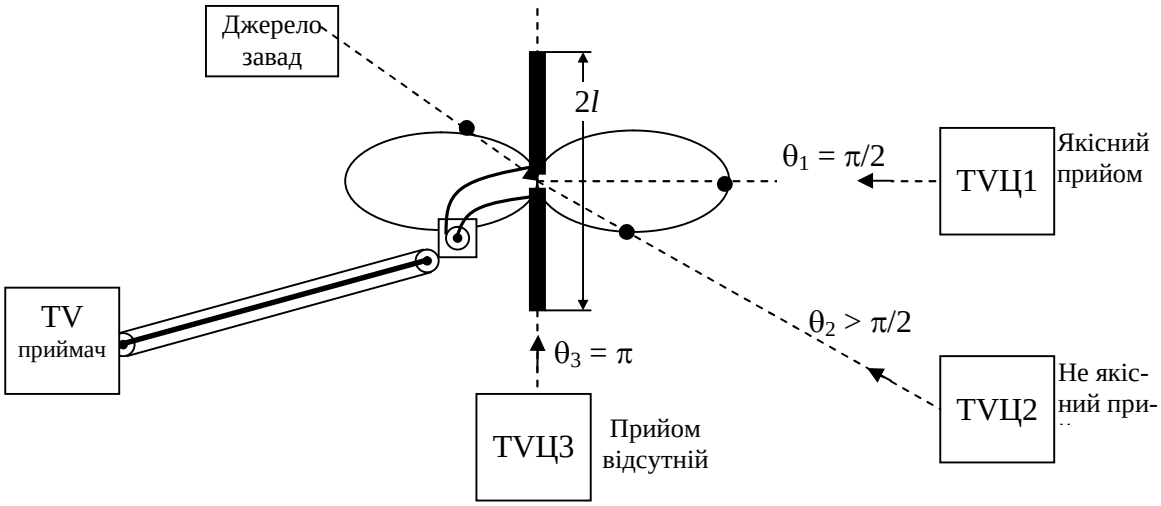


Рисунок 9

Діапазон зміни полярного кута Θ та крок зміни задається таким чином:

$$\Theta := 0,0.05 \cdot \pi ... 2 \cdot \pi.$$

Для побудови графіка функції $F(\Theta)$ необхідно, так само як і в попередньому випадку (п. 3.2), увести дані в робоче поле вікна **MathCAD** та виконати розрахунки. Діаграму направленості антени розраховувати в залежності від напрямку випромінювання при K = 0.25; 0,5 і 1,0. При цьому звернути увагу, що діаграма направленості залежить від співвідношення довжини антени та довжини електромагнітних хвиль сигналу прийому.

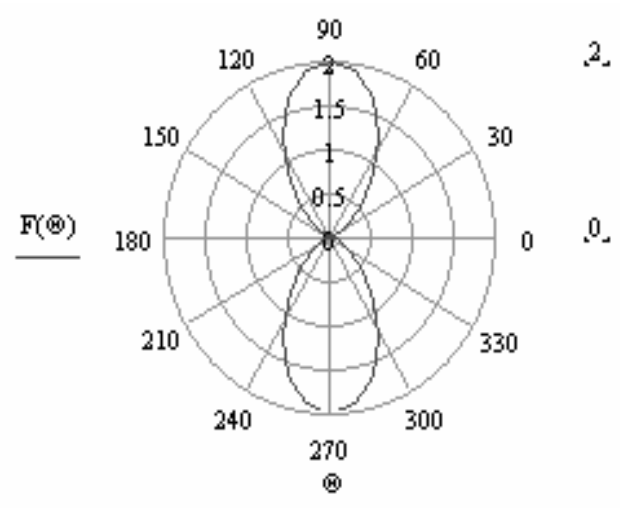


Рисунок 10

Один із можливих варіантів графіка функції $F(\Theta)$ наведено на рис. 10.

3.4. Побудова сімейства резонансних характеристик фільтра в тривимірному просторі

Невід'ємними пристроями більшості апаратури зв'язку є фільтри, завдяки яким є можливість виділяти необхідні сигнали із загальної суми сигналів. Завдяки наявності фільтрів у телевізійних радіомовних приймачах є можливість приймати сигнали певних телеканалів та радіомовних станцій.

Елементарним полосовим фільтром (ПФ) є коливальний контур, який складається з послідовно з'єднаних елементів: котушки індуктивності L (Гн), конденсатора C (Ф) та резистора R (Ом). Схема такого фільтра та показова частотна характеристика наведена на рис. 11.

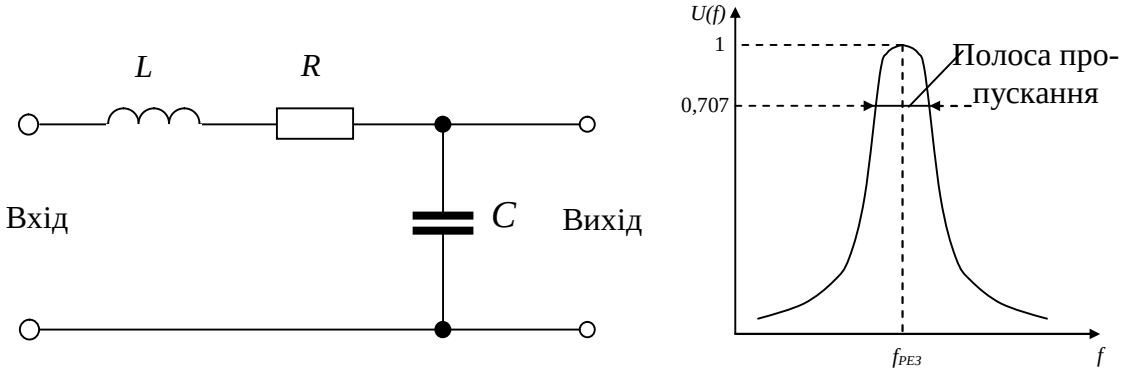


Рисунок 11

Амплітудно-частотна характеристика фільтра (резонансна крива) є функцією двох незалежних змінних частоти f та добротності коливального контуру Q й описується наступним виразом:

$$K(f, Q) = \frac{Q}{\sqrt{\frac{f^2}{f_0^2} + Q^2\left(1 - \frac{f^2}{f_0^2}\right)^2}},$$

де $f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ – резонансна частота; $Q = \frac{\sqrt{L/C}}{R}$ – добротність коливального контуру. Цей параметр показує у скільки разів напруга на реактивних елементах L та C перевищує підведену напругу до контуру. Найбільш зриме уявлення про властивості коливального контуру можна одержати, будуючи графік функції $K(f, Q)$ двох незалежних змінних при різних значеннях Q та в залежності від зміни частоти у тривимірному просторі у виді множини резонансних кривих.

При побудові графіків сімейства резонансних кривих можна використати наступні дані:

$f_0 := 20$ – резонансна частота;

$i := 0..100$; $j := 0..5$;– дискретні змінні з кроком 1;

$f_i := 10 + 0.2 \cdot i$ – дискретна змінна частоти;

$Q_j := 12 - 2 \cdot j$ – дискретна змінна добротності;

$M_{i,j} := K(f_i, Q_j)$ – заповнення матриці значеннями двовимірної функції.

На рис. 12 наведено графік резонансних кривих, які необхідно одержати, виконавши роботу.

$$M_{i,j} := K(f_i, d_j)$$

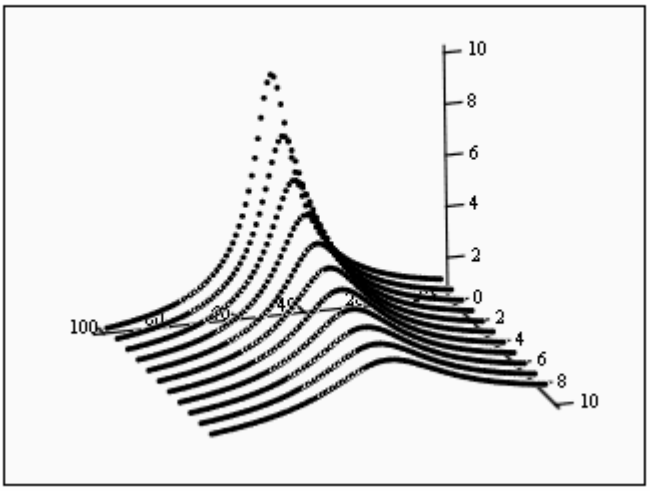


Рисунок 12

Аналізуючи одержані графіки можна зробити висновок, що при збільшенні добротності коливального контуру, АЧХ стає більш загострена, що, в свою чергу, поліпшує селективні властивості приймальної апаратури.

4. Ключові питання

4.1. Коли при побудові графіків функції необхідно користуватись логарифмічним масштабом?

4.2. Чому при побудові графіків діаграм направленостей антен користуються полярною системою координат?

4.3. Яку перевагу, з точки зору вивчення об’єкта дослідження, має графік функції, побудований у тривимірному просторі перед графіком виконаним у двовимірному просторі?

4.4. Яку перевагу має програмування у системі **MathCAD** порівняно з програмуванням мовами високого рівня таких, як ***Basic, Pascal, C***$^{++}$?

5. Домашнє завдання

5.1. Вивчити матеріал, викладений в розд. 2 (Ключові положення).

5.2. Підготувати бланк протоколу.

6. Зміст протоколу

6.1. Накреслити в протоколі розраховані в системі **MathCAD** графіки функцій $K(f)$, $\varphi(f)$, $F(\Theta)$, $P_1(h)$, $P_2(h)$ та $K(f,Q)$.

6.2. У письмовій формі, в обсязі декількох фраз, зробити висновки щодо практичної користі методів побудови графіків у системі **MathCAD.**

7 Література

1. *Єщенко А.І., Єщенко І.А.* Основи програмування в математичному пакеті MathCAD. – Одеса: УДАЗ ім. О.С. Попова, 2000. – 285 с.

2. *Дьяконов В.П.* MathCAD 8/2000: спеціальний справочник. – С.Пб, 2000. – 590 с.

Розділ II

Креслення електротехнічних схем систем зв’язку в програмі OrCAD Capture

Вступ

Дані лабораторні роботи з дисципліни "Комп’ютерна графіка та моделювання" розраховані на 6 годин та призначені для освоєння основних прийомів складання і креслення електротехнічних схем у середовищі графічного редактора **OrCAD Capture,** який входить у пакет програм **OrCAD**.

1. Мета роботи

1.1. Вивчити основні можливості графічного редактора електронних схем **OrCAD Capture**.

1.2. Освоїти принципи роботи в пакеті програм **OrCAD** при складанні та кресленні електротехнічних схем систем зв’язку.

1.3. Освоїти прийоми роботи при формуванні нових бібліотек компонентів для побудови електротехнічних схем.

1.4. Ознайомитись з державним стандартом України, а також і з зарубіжним щодо креслення електротехнічних схем систем зв’язку.

2. Ключові положення

2.1. Загальна характеристика пакета програм OrCAD Capture

Системи автоматизованого проектування на базі ПЕОМ змінили роботу інженера-проектувальника і займають одне з перших місць у переліку областей використання персональних комп’ютерів. До існуючих систем автоматизованого проектування відноситься і пакет програм **OrCAD, до** якого входять наступні модулі: **OrCAD Capture** (креслення електронних схем)**; OrCAD Pspice** (моделювання електронних пристроїв)**; OrCAD Layont** (проектування печатних плат для електронних пристроїв) та ін.

Система **OrCAD Capture** містить велику бібліотеку схемотехнічних елементів (понад 30 тис. [1]), кожний елемент якої має свої характеристики. Структура бібліотеки полягає в тому, що схемотехнічні

елементи зібрані в окремі каталоги за тематикою, наприклад, каталоги INTEL та MOTOROLA містять набір більшості комплектів мікросхем цих фірм, DEVICE – набір різного типу схемотехнічних елементів таких, як конденсатори, індуктивності, перемикачі тощо, ANALOG – типи аналогових мікросхем тощо. Пакет програм **OrCAD Capture** дозволяє також доповнювати бібліотеку новими каталогами, накресливши у відповідності з ДСТУ, необхідні вам схемотехнічні елементи та записавши їх у створений каталог.

У системі **OrCAD** використовується зручний інтерфейс, який дозволяє легко і швидко працювати в ньому за допомогою маніпулятора "миша". Цей інтерфейс схожий з інтерфейсом програмних продуктів MICROSOFT OFFICE, що робить його доступним широкому колу користувачів.

За допомогою програмного продукту **OrCAD Capture** можна виконувати наступні роботи:

1. Проектувати аналогові і цифрові схеми систем зв'язку, використовуючи банк даних як аналогових, так і дискретних інтегральних мікросхем та інших схемотехнічних елементів.
2. Безпосередньо використовувати елементи схем з різних бібліотек системи.
3. Доповнювати бібліотеки, у більш ранніх версіях, новими випусками бібліотек елементів та мікросхем.
4. Автоматично нумерувати мікросхеми.
5. Складати повний план виробництва виконаної електронної схеми.
6. Підключати програму **OrCAD Capture** до інших програмних продуктів системи **OrCAD** , що розширює її можливості.

2.2. Основні прийоми роботи в середовищі OrCAD Capture

2.2.1 *Порядок входу в програму* ***OrCAD Capture*** *наступний.* Натиснути лівою кнопкою "миші" (ЛКМ) в такому порядку: **Пуск, Програми, Student, OrCAD.** У результаті виконання цієї команди з'явиться вікно **OrCAD Capture for Windows** (рис. 1).

2.2.2 *Створення нового документа чи відкриття вже існуючого:*

а) створення нового документа. Для цього необхідно натиснути ЛКМ у такій послідовності: **File, New, Design,** <**OK**> або натиснути ЛКМ по кнопці 1 у вікні. У результаті виконання цієї команди з'явиться вікно для креслення схеми **Design 2 – PAGE1** (рис. 1);

б) відкриття вже наявного документа виконується в такому порядку **File, Open, Design** або натиснути ЛКМ по кнопці 2 у вікні. У результаті виконання цієї команди з'явиться діалогове вікно **Open Design**. У рядку «ім'я файла» потрібно вказати ім'я файла, після чого натиснути покажчиком "миші" на кнопку **Open**.

Вікно для креслення схеми без додаткових вказівок має формат А4 та оформлене основним написом. У системі **OrCAD** будь-яку схему креслять у форматі А4 або в інших. Вибір формату сторінок (А0, А1, А2, ...) можна виконати відкривши пункт меню **Options, Shematic Page Properties, Page Size.**

*2.2.3 Робота з головним меню програми **OrCAD Capture***

Головне меню цієї програми складається з наступних пунктів:

File, Edit, View, Place, Macro, Accessories, Option, Window, Help (див. перший рядок зверху у вікні **OrCAD Capture for Windows**, рис. 1). Кожний пункт меню має свій список команд, які забезпечують у повному обсязі креслення структурних, функційних та принципових схем в електротехніці, електроніці та мікроелектроніці.

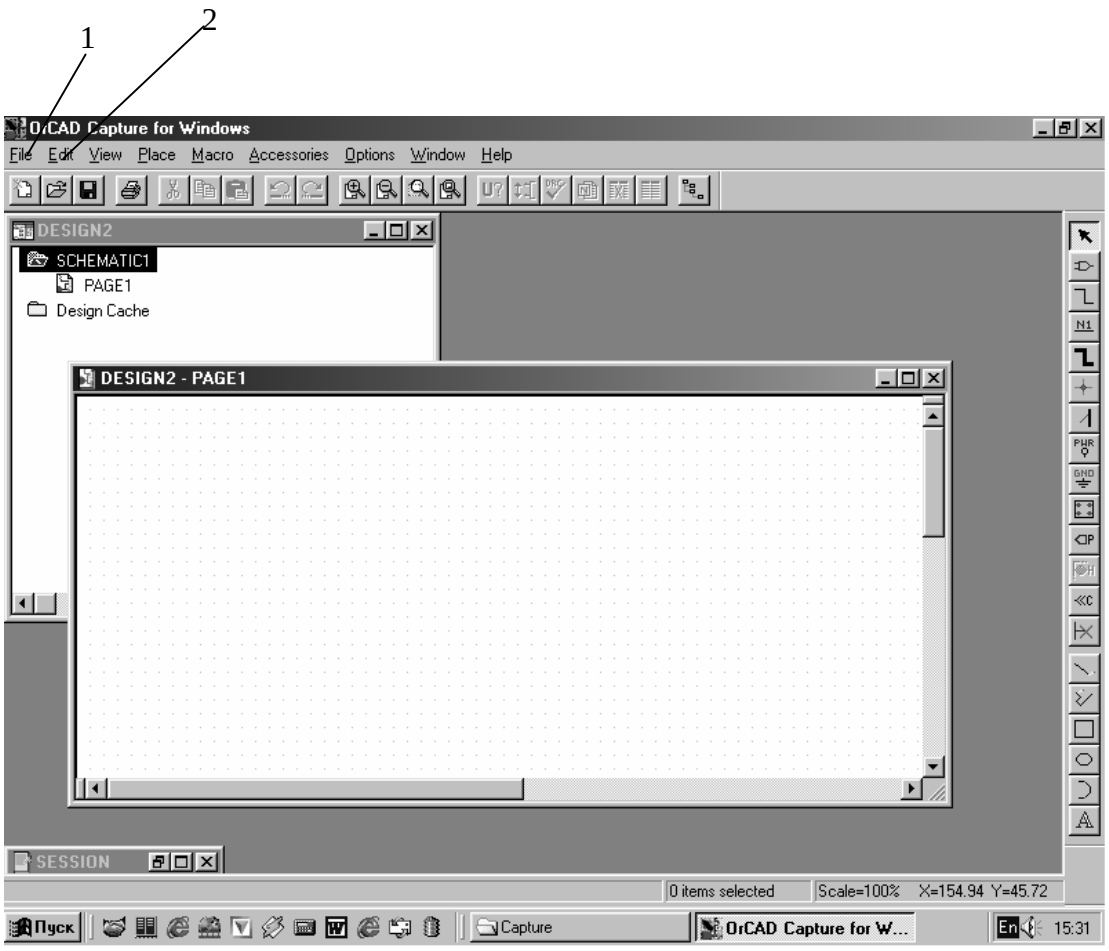
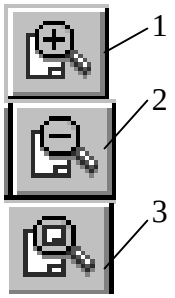


Рисунок 1

Робота з головним меню проводиться таким чином: якщо натиснемо покажчиком "миші" по будь-якому з пунктів меню, то на екрані з'явиться список команд конкретно викликаного пункту. В подальшому за допомогою покажчика "миші" (або клавішами ↓, ↑) вибирається із цього списку для виконання необхідна команда. Крім того, команди із будь-яких списків команд пунктів головного меню можна вибирати також за допомогою кнопок панелей інструментів. Розглянемо можливості деяких із пунктів головного меню.

2.2.4 *Виклик деяких команд пункту меню* ***View:***



1) виклик команди збільшення фрагмента схеми, зображеної у вікні, виконується у такій послідовності **View, Zoom, In** чи **I**, або за допомогою кнопки 1 на панелі інструментів (рис. 2);

2) виклик команди зменшення фрагмента схеми – **View, Zoom, Out** чи **O**, або за допомогою кнопки 2;

Рисунок 2

3) виклик команди попередній перегляд схем **– View Zoom, All** або за допомогою кнопки 3.

Робоча панель інструментів необхідна для того, щоб за допомогою неї виконувати креслення електротехнічних схем. Вона відповідає списку команд пункту головного меню **Place** та має вид показаний на рис. 6.

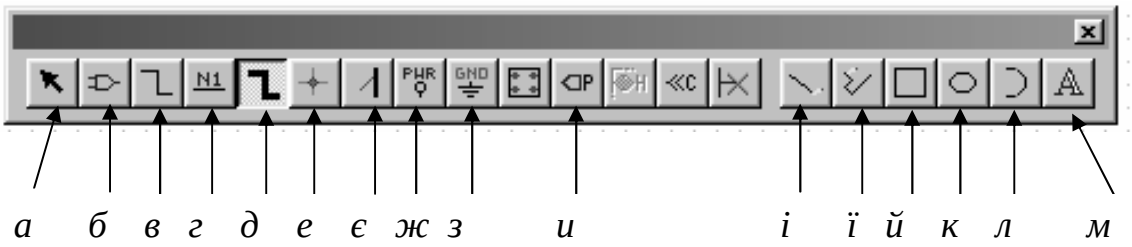


Рисунок 3

Розглянемо призначення основних кнопок команд пункту головного меню **Place** (рис. 3):

а – режим вибору об'єктів;

б – пошук компонентів схем у бібліотеках програми для розміщення його символу в схемі.

Якщо клацнути ЛКМ по кнопці *б*, то з'являється діалогове вікно **Place Part (**рис. 4**)**, в якому із запропонованого списку бібліотек необхідно вибрати потрібну. Додавання у список бібліотек нової бібліотеки виконується клацанням ЛКМ по напису **Add Library**. Відключення бібліотеки виконується клацанням ЛКМ по напису **Remove Library.** Якщо назви елемента чи мікросхеми відомі, то клацають покажчиком "миші" по напису **Part Search**, з'являється нове діалогове вікно пошуку мікросхеми чи елемента в усіх бібліотеках програми;

в – креслення електричного кола, за допомогою якої виконується гальваного з'єднання двох елементів електричної схеми. При натисканні кнопки **Shift** можливо креслення не ортогональних електричних кіл;

г – нумерація електричних ланцюгів. Після того, як кнопку зробили активною, з'явиться діалогове вікно **Place Net Alias**, де в рядку **Alias** потрібно вказати номер уводу/виводу і натиснути кнопку **OK**;

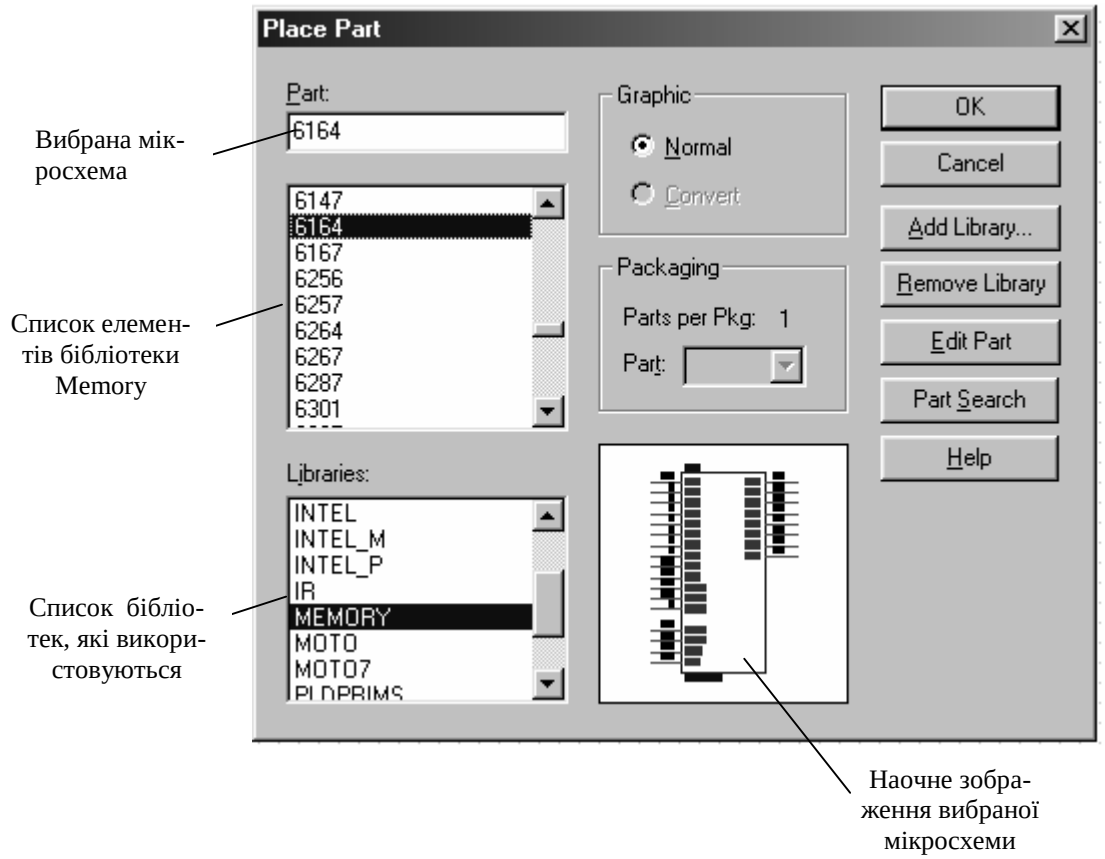


Рисунок 4

д – креслення шини (електричних ланцюгів групового зв'язку);

е – гальванічне з'єднання проводів;

ж – підключення до шини;

з,і – підключення живлення та заземлення до елементів електричних схем та мікросхем;

к – формування вказівної стрілки з написом напрямку;

л – креслення ліній;

м – креслення ломаних ліній;

н – креслення прямокутників;

о – креслення кіл та овалів;

п – креслення півкола;

р – розміщення однієї або декількох строк текста. Після виконання цієї операції з’явиться діалогове вікно **Place Text** (рис. 5), де потрібно набрати текст і натиснути **OK**. Для цього спочатку необхідно натиснути ЛКМ по кнопці **Change,** у вікні **Place Text** з’явиться діалогове вікно "**Вибір шрифту**", в якому необхідно вибрати тип символів, шрифт, розмір шрифту і натиснути кнопку **OK** (вибір виконують так як показано на рис. 5). Після чого можна набирати у вікні **Place Text** необхідний напис.

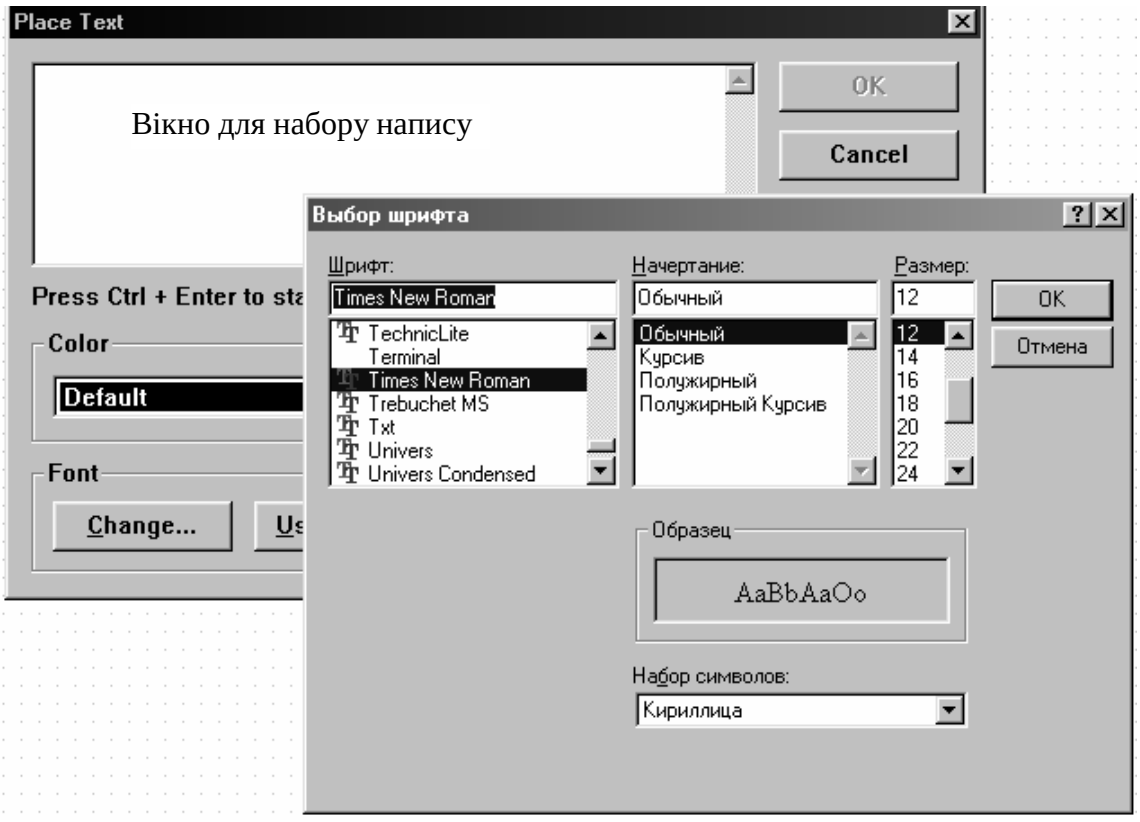


Рисунок 5

2.2.5 *Виклик команд пункту меню* ***Options****.*

Опції пункту меню «Options» забезпечують додаткові послуги щодо вибору параметрів для виконання схем:

а) **Options, Preference –** настроювання кольорів для креслення кольоровими лініями;

б) **Options, Template –** настроювання шрифтів, параметрів сторінок і т.п.;

в) **Options, Shematic Page Properties, Page Size –** вибір формату сторінок (A0, A1, A2, ...).

2.2.6 *Виклик команд пункту меню* ***Window****.*

Опції пункту меню **Window** забезпечують необхідне розташування робочих вікон програми **OrCAD Capture** на екрані дисплею:

а) **Window, Cascade –** каскадне;

б) **Window, Tale Horizontally –** горизонтальне;

в) **Window, Tale Vertically –** вертикальне.

2.3. Основні прийоми роботи в програмі OrCAD Capture при формуванні нових бібліотек.

Порядок входу в програму **OrCAD Capture** при формуванні нової бібліотеки схем наступний.

Натиснути ЛКМ в такій послідовності: **File, New, Library**. У результаті виконання цієї команди з'явиться вікно **Library 1.** Потім необхідно клацнути ЛКМ в такій послідовності: **Design, New Part,** з'явиться діалогове вікно **New Part Properties**, де указується наступне:

Name – ім'я компонента (мікросхеми чи елемента схеми);

Part Reference Prefix – префікс позиційного позначення (наприклад, R – для резисторів, C – для конденсаторів, DA – для аналогових МС, DD – для цифрових МС) з відповідним порядковим номером. Інші команди цієї команді нами не використовуються.

Наприклад, ім'я компонента - **K580BB55** і префікс позиційного позначення DD5, і натискуємо кнопку **OK**, після чого, в нашому випадку, з'явиться вікно для креслення мікросхеми з назвою **Library 3 K580BB55** (рис. 6), в якому і креслять мікросхему.

З правого боку у вікні (рис. 6) з'являється меню інструментів, які використовуються при кресленні. Воно має десять кнопок, за допомогою яких відповідно можна виконувати наступні дії:

1) виділення об'єкта;
2) розміщення умовних компонентів у стандарті IEEE;
3) креслення одного виводу мікросхеми;

4) креслення масивів виводів мікросхеми;
5) …9) креслення ліній, ломаних ліній, прямокутників, кіл та овалів, півкіл;
10) виконання написів на кресленнях.

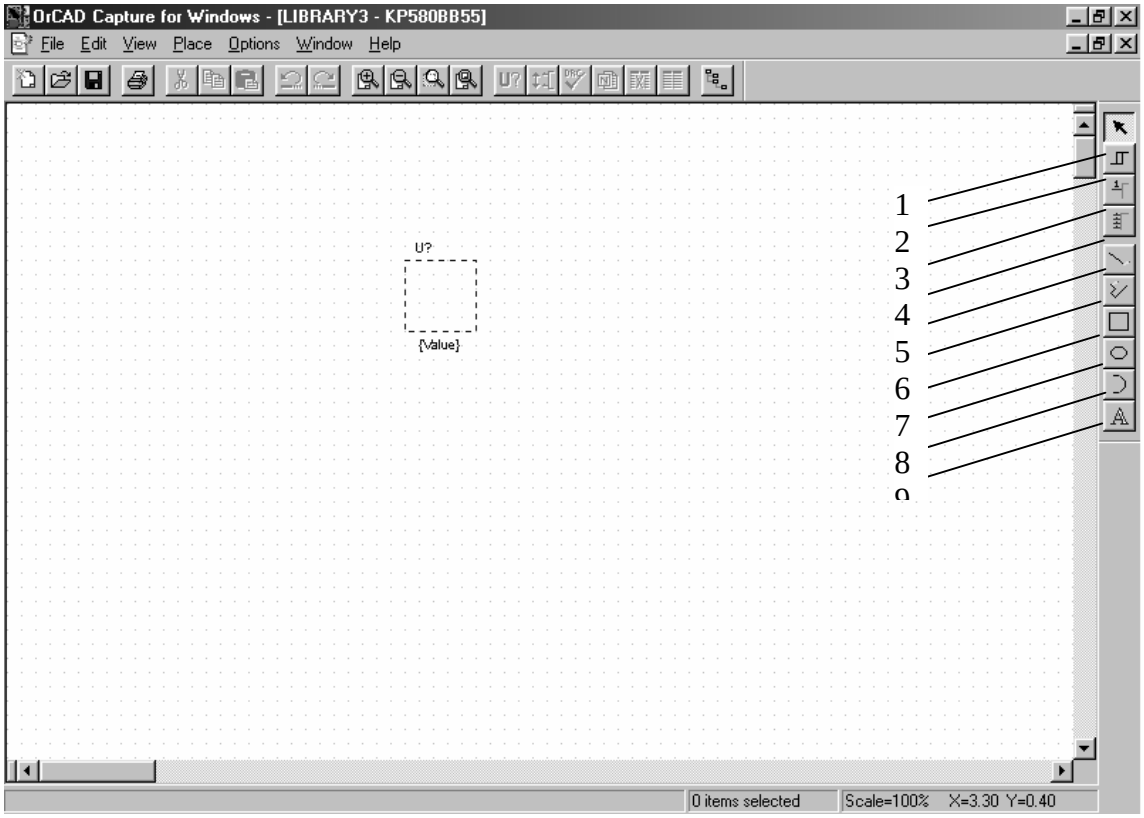


Рисунок 6

На цій панелі штрих-пунктирним прямокутником обмежені габарити створюваного компонента. Розміри цього прямокутника змінюються "буксируванням" його кутів. Висновки, створюваного компонента повинні бути розміщені поза цим прямокутником. Щоб виконати всі контури создаваємого компонента МС необхідно підвести покажчик курсору до кнопки **Piact line (5)** і натиснути ЛКМ, після чого курсор представляється у виді симетричного хреста. Поводячи курсор до штрих-пунктирної лінії прямокутника і натиснувши ЛКМ, перетворимо його у видимий контур МС з його вертикальними і горизонтальними границями секцій. Завершення креслення видимих ліній виконується натисканням ПКМ і вибором у спливаючому меню команди **End Mode**.

Для розміщення масивів висновків МС випливає клацнуть ЛКМ по піктограмі **Place Pin Array** (рис. 6, позиція 4). З'являється діалогове вікно **Place Pin Array** необхідно указати наступну інформацію:

Starting Name – ім'я і номер першого висновку масиву (наприклад A0 чи D7);

Starting Number – номер першого входу;

Number of Pins – кількість входів у масиві;

Increment - позитивне збільшення номерів входів масиву, якщо ім'я закінчується цифрою (наприклад, якщо Inc. = 2, то D0, D2, D4, ...);

Pin Spacing – відстань між сусідніми входами масиву;

Shape – форма входу (**Line** – стандартний вхід, тобто без інверсії,

Dot – інверсний вхід);

Type – тип входу (наприклад, символ відповідає тристабільному виводу МС, тобто крім передачі логічних рівнів "1" чи "0" мається третій стан "Z", який еквівалентний розриву електричного кола).

Після того, як у викликаному вікні накреслено елементи схеми чи мікросхема, то знову викликають команду, клацнувши ЛКМ у такій послідовності: **Design, New Part,** після чого з'явиться діалогове вікно **New Part Properties**, де у графі **Name** указують назву нового елемента чи мікросхеми, які теж необхідно додати у нову бібліотеку. Цей процес продовжують стільки разів, скільки елементів чи мікросхем необхідно занести у нову бібліотеку. Після того, як накреслені всі необхідні елементи нової бібліотеки, файл запам'ятовують, клацнувши кнопкою "миші" в такій послідовності: **File, Save**.

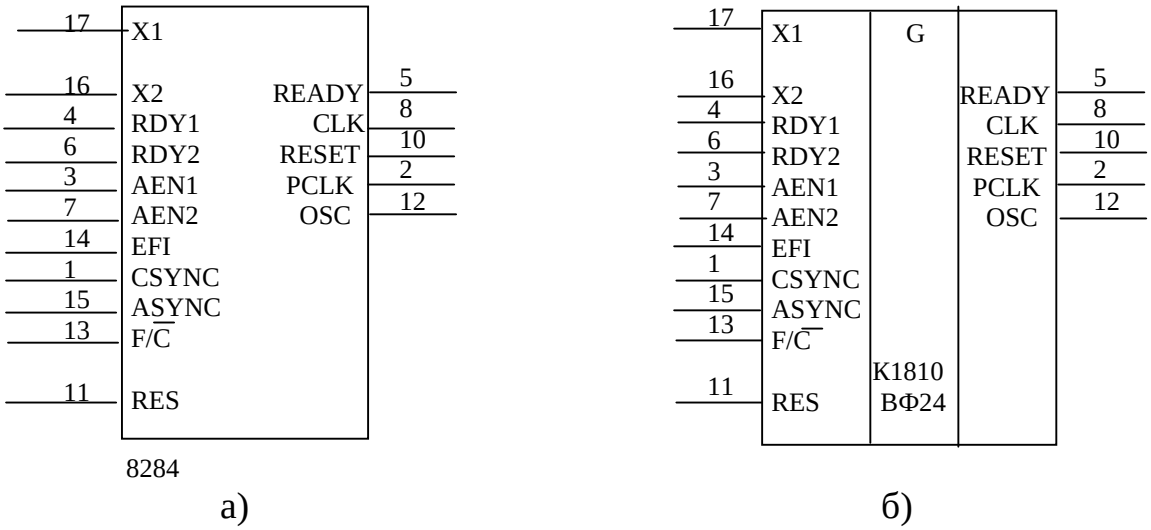
Техніку креслення принципових електричних схем та стандарти зображення елементів електротехнічних схем та мікросхем будемо вивчати на прикладах: принципової схеми генератора тактових імпульсів мікропроцесорної системи INTEL 8086; типового блока живлення; принципової схеми вихідного шнурового комплекту координатної АТС станції " КВАНТ" та інших.

Лабораторна робота № 3

2.4. Креслення схеми генератора тактових імпульсів

Мікросхема генератора INTEL 8284 призначена для управління центральним процесором (ЦП) INTEL 8086 та периферійними пристроями мікропроцесорної системи. На рис. 7,а наведений міжнародний стандарт зображення мікросхеми генератора, а на рис. 7,б – ця сама мікросхема у відповідності з Державним стандартом України. Назва сигналів і відповідні їм входи і виходи мікросхем зображаються в такому порядку – входи тільки зліва прямокутника, а виходи – спра-

ва. Тип мікросхеми з відповідності з зарубіжним стандартом указується під мікросхемою, а з Державним стандартом України – внизу середнього поля. Призначення мікросхеми (назва, в нашому випадку, G – генератор) указується у верхній частині середнього поля. Номера виводів мікросхеми – над провідником.



а) б)

Рисунок 7

Креслення принципових електричних схем можуть виконуватися за двома варіантами:

– всі необхідні елементи схеми підключають безпосередньо до входів та виходів мікросхеми;

– всі необхідні елементи схеми підключають до входів та виходів мікросхеми через шину.

Для того щоб накреслити за першим варіантом принципову схему генератора мікропроцесорної системи використаємо мікросхему INTEL 8284 (рис. 7), яку виберемо із бібліотеки INTEL. Для цього необхідно натиснути ЛКМ по кнопці *б* – пошук елемента схеми в бібліотеках програми, викликати діалогове вікно **Place Part,** виконати пошук бібліотеки INTEL, а в ній схеми 8284 та вивести її на екран (дивись "Ключові положення", рис. 4). Далі безпосередньо до входів мікросхеми генератора необхідно підключити наступні елементи:

а) кварцовий резонатор Y1, який визначає частоту генерованих коливань з високою стабільністю (шукати даний елемент у бібліотеці DIVAES під назвою CRISTAL) разом з конденсатором C1 до входів X1, X2 (рис. 8,а);

б) схему встановлення генератора (рис. 8,б) у початковий стан до входу $\overline{\text{RES}}$ (R1,C2 – елемент, який забезпечує автоматичне формування сигналу при включенні живлення);

в) з’єднувальну клему від блока сигналів готовності до входу RDY1 (рис. 8,в);

г) напругу 5 В до входу AEN2, а землю до входів AEN1, F/C.

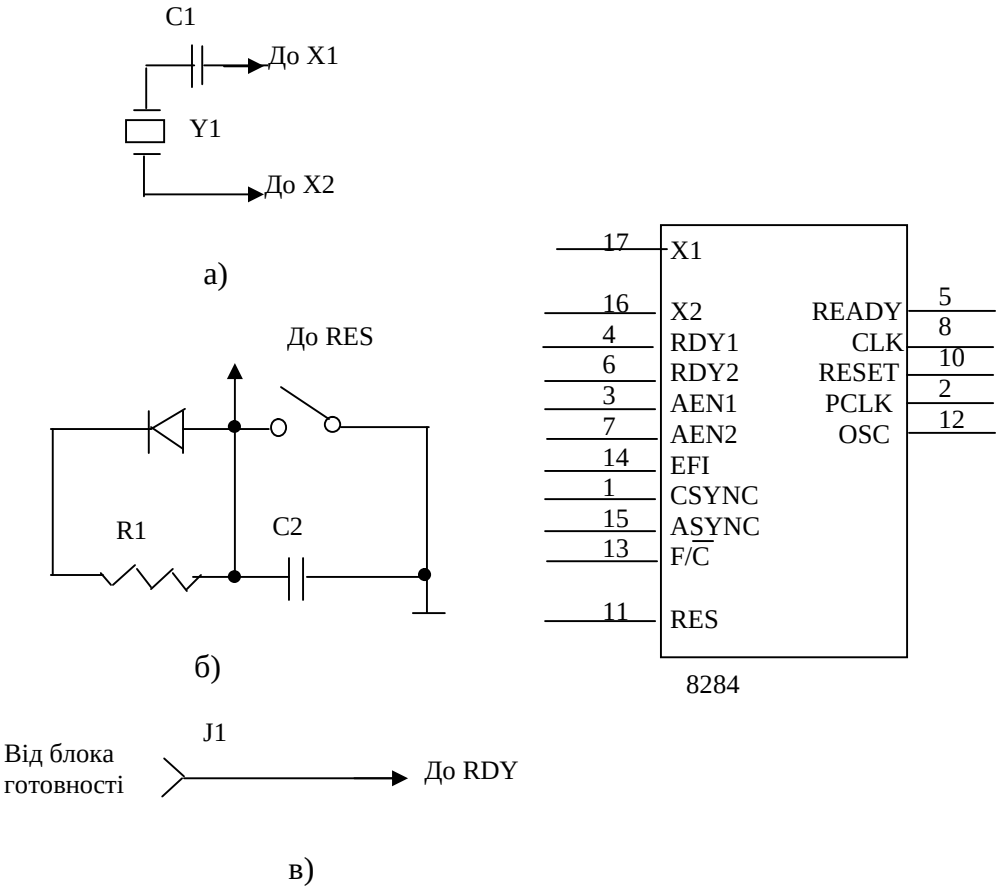


Рисунок 8

Для цього необхідно вивести на екран усі названі елементи, вибравши їх з бібліотеки DEVEIS, з’єднати їх між собою (рис. 8) та зі входами мікросхеми, користуючись кнопкою *в* (рис. 3) панелі інструментів.

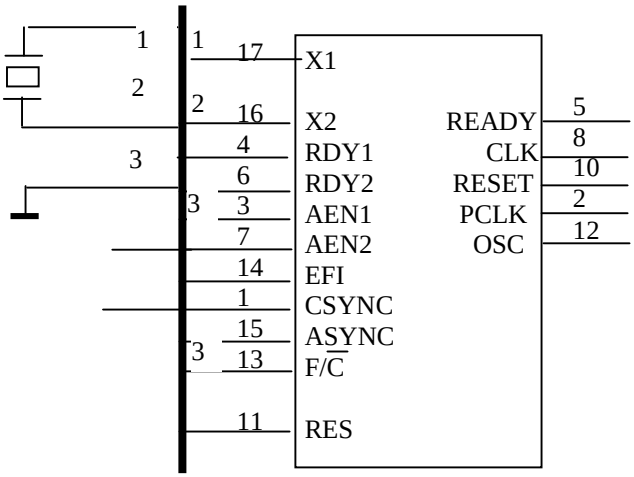


Рисунок 9

Для креслення принципової схеми генератора INTEL 8284 за другим варіантом необхідно підключити такі ж самі елементи до входів мікросхеми за допомогою з’єднувальної шини.

Шина, яка показана на рис. 9, це зображення на кресленні з’єднувальних проводів або доріжок від одних елементів схем до інших у виді вер-

тикальної прямої лінії, до якої підведений з’єднувальний провід від кожного елемента чи схеми. Нумерація з’єднувальних проводів, що входять у шину, виконується відповідно зверху вниз. Нумерація з’єднувальних проводів, що виходять з шини та підключаються до входів генератора INTEL 8284, узгоджуються з номерами з’єднувальних проводів схем, підключених до шини.

2.5. Креслення типового блока живлення

Типовий блок живлення (рис. 10) для електронної апаратури, яка має мікросхеми типу ТТЛ/КМОП, зі стабілізованою вихідною напругою +5 В має знижуючий трансформатор Т1, який подає змінну напругу на мостовий випрямляч D1...D4. Напруга на вихідній обмотці трансформатора дорівнює близько 12 В. Після випрямлення маємо пульсуючу напругу з амплітудою близько 12×1,42 В. Конденсатор С1 ємністю 2200 мкФ виділяє напругу постійної складової, яка надходить на вхід регулятора и стабілізатора LM2931T-5.0, напруга з якого подається на вихід схеми. Доповнюючи конденсатори С2 та С3 невеликої ємності (не електролітичні) звичайно монтуються на вході і виході стабілізатора. Вони забезпечують ефективну розв’язку на високих частотах та подавляють нестабільність, яка може виникнути за рахунок паразитних монтажних реактивних елементів (L,C). Схема яку потрібно накреслити за допомогою комп’ютера наведена на рис. 10.

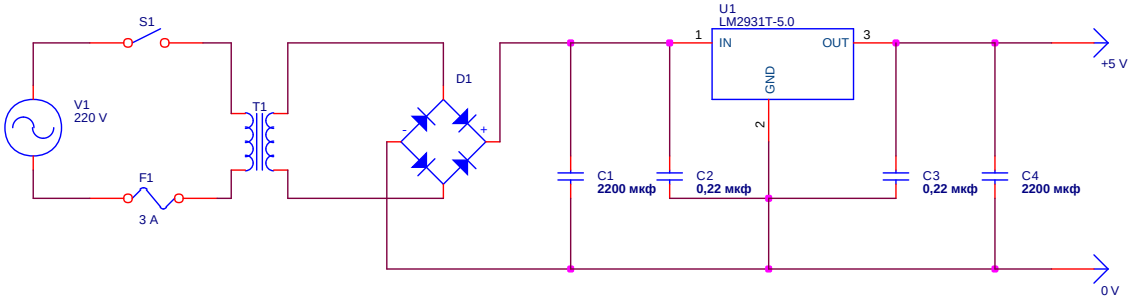


Рисунок 10

2.6. Креслення принципової схеми вихідного шнурового комплекту КАТС "КВАНТ"

Схема вихідного шнурового комплекту (рис. 11) призначена для живлення мікрофонів телефонних апаратів АТС, посилання викликів та прийому сигналів відбою по лінії викликаючого та викликуваного абонентів телефонної станції. Функційно вихідний шнуровий комплект (ВШК) складається з наступних компонентів: діодів, транзисторів, резисторів, електромеханічних реле та ін. Всі ці компоненти треба шукати в бібліотеці DEVEIS. Схема, яку потрібно накреслити за допомогою комп’ютера наведена на рис. 11.

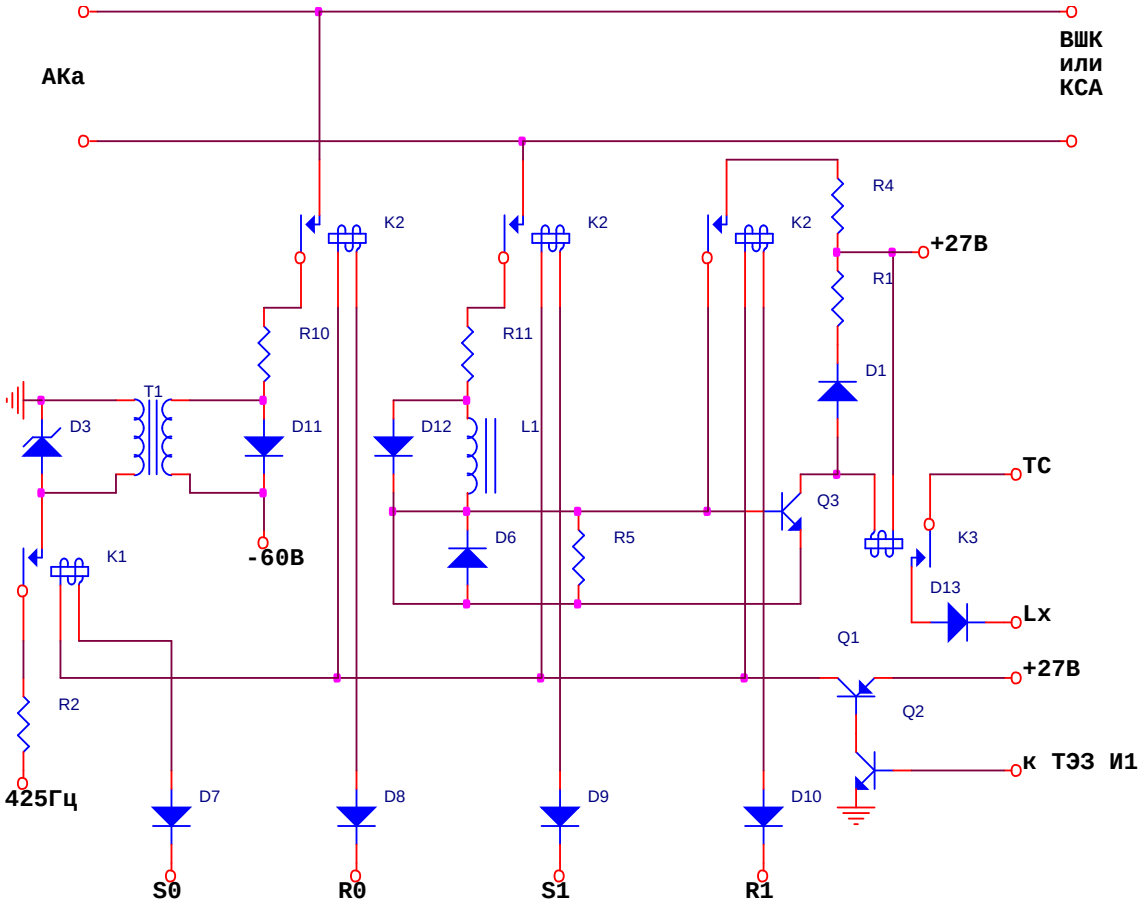


Рисунок 11

Лабораторна робота № 4

2.7. Креслення пристроїв пам'яті

Будь-яка складна цифрова система, така, як ЕОМ будь-якого типу, складається внутрішні запам'ятовуючі пристрої (ЗУ), що представляють собою набір мікросхем. Мікросхема цифрового запам'ятовуючого пристрою може нагадувати таблицю, в якій у кожнім рядку записуються слова довжиною по 1 Байту (1 Байт = 8 біт). Усі рядки пронумеровані, номера яких є адресами слів, представленими у двійковій системі числення. Завдяки наявності адреси можна вибрати окрему комірку пам'яті в якій можна записати (запам'ятати) або в неї прочитати те чи інше слово.

Основою багатьох мікросхем ЗУ є елементарні комірки, що мають два стани і називаються тригерами. Тригер або зберігає або видає при звертанні за адресою тільки 1 біт. Для збереження чи видачі одного слова потрібно 8 тригерів. На рис 12 наведена таблиця, що відображає принцип побудови мікросхеми цифрового запом'ятовуючого пристрою ємністю 8 Байт.

Адреса		Зміст слова							
A0A1A2		D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
0 0 0		1	0	1	0	0	1	1	0
0 0 1		0	0	0	1	1	0	0	1
0 1 0		1	1	1	0	1	0	1	0
0 1 1		0	1	0	0	1	0	1	0
1 0 0		1	1	0	0	0	0	0	1
1 0 1		0	1	1	0	0	0	1	0
1 1 0		1	0	1	1	0	1	0	0
1 1 1		0	0	0	0	1	1	0	0

Рисунок 12

Крім адресних входів A0, A1, ... AN і входів/виходів D0, D1, D2, D3, D4, D5, D6, D7 є додаткові входи CS, W/R й інші, за допомогою яких виконується вибір даної МС та вибір режиму роботи.

За режимом запису та зчитування інформації запам'ятовуючі пристрої поділяються на оперативні (ОЗП чи Random Access Memory – RAM) та постійні (ПЗП чи Ready Only Memory – ROM). В ОЗП зберігаються поточні дані, а також і обновлені, що відповідає або запису,

або зчитуванню інформації. У ПЗП зберігається тільки заздалегідь записана інформація, яка призначена тільки для зчитування.

Графічні представлення мікросхем пам’яті знаходяться в діалоговому вікні команди **Place Part** у каталозі MEMORY (рис. 4). На рис. 13 наведена схема ОЗП ємністю 4098 байт (4 КБайт), зображення якої слід одержати на екрані дисплея при виконанні лабораторної роботи.

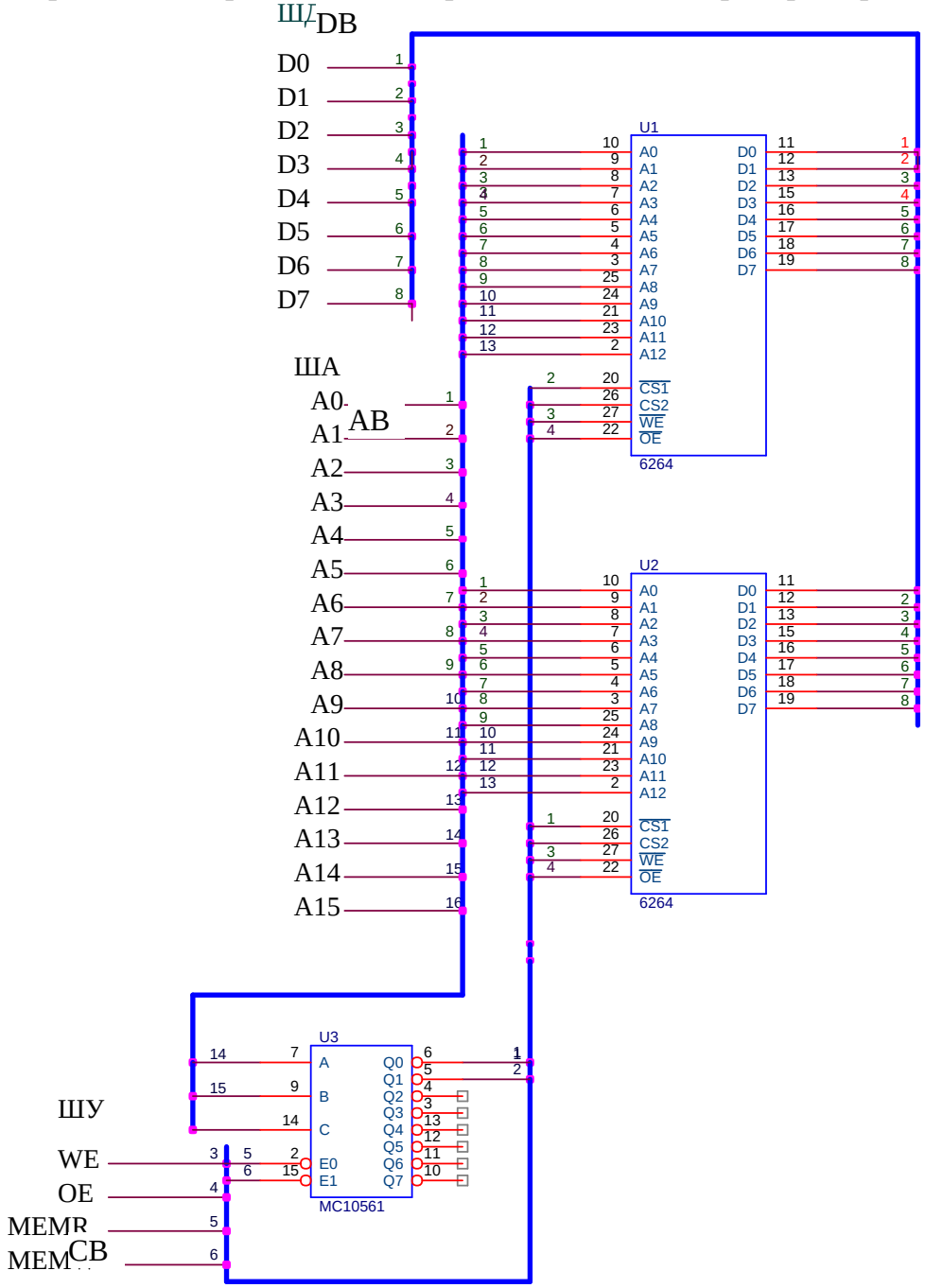


Рисунок 13

Лабораторна робота № 5

2.8. Створення бібліотеки мікросхем

Складання бібліотеки мікросхем згідно з ДСТУ виконується з урахуванням матеріалу, що викладений у підрозділі 2.3. Мікросхеми, які варто одержати на екрані дисплея наведені на рис. 14.

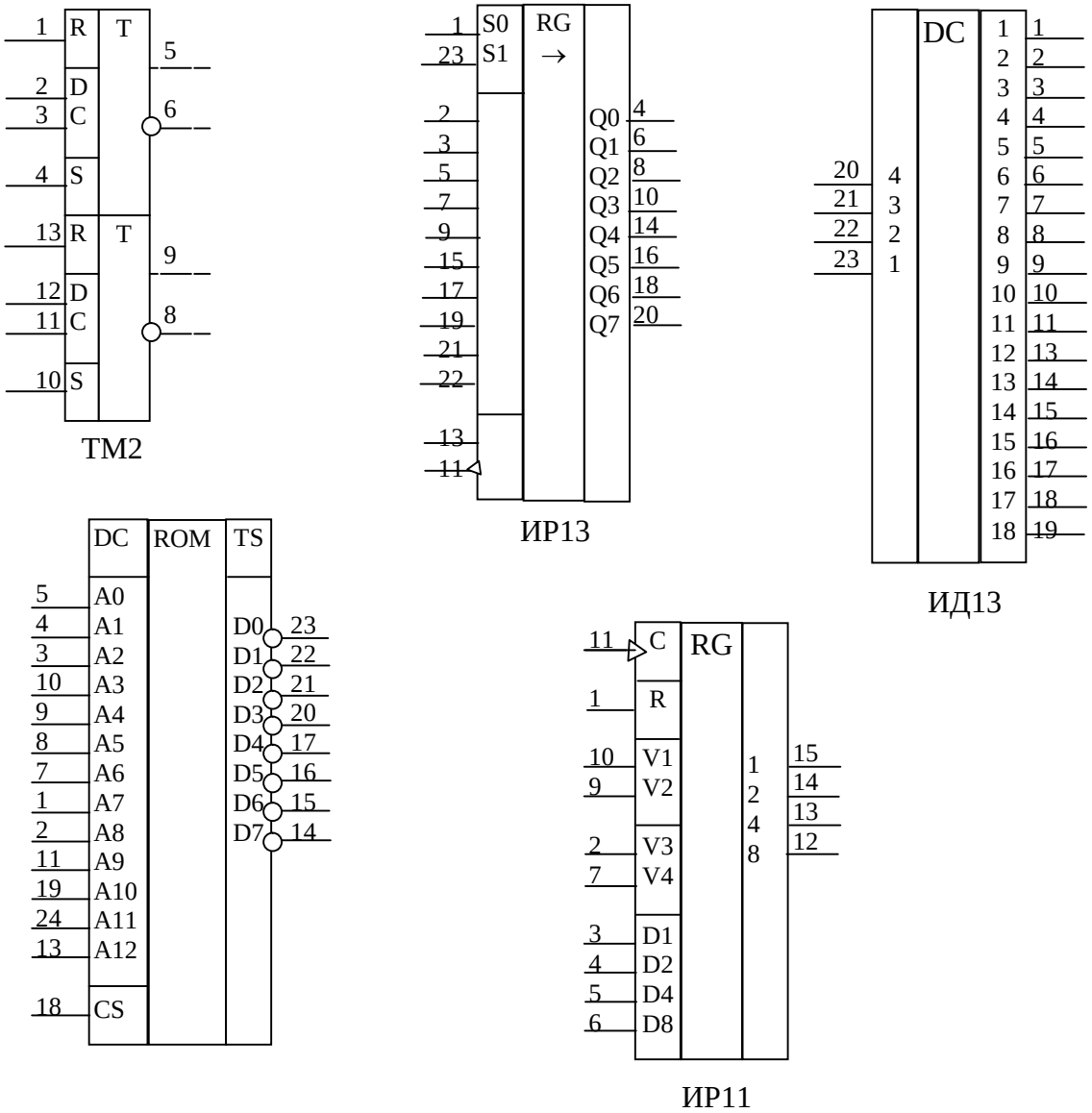


Рисунок 14

3. Зміст лабораторного завдання

Лабораторна робота з креслення принципових електричних схем в програмі **OrCAD Capture** передбачає три заняття по дві години кожне.

3.1. Принципової електротехнічної схеми генератора тактових імпульсів з використанням мікросхеми INTEL 8284 мікропроцесорної системи INTEL 8086.

3.2. Принципової схеми стандартного блоку живлення.

3.3. Принципової схеми вихідного шнурового комплекту квазі-електронної автоматичної телефонної станції "Квант".

3.4. Принципові схеми пам’яті мікропроцесорної системи.

3.5. Скласти бібліотеку мікросхем пам’яті, накресливши мікросхеми згідно зі стандартами України, відповідно до завдання викладача.

4. Ключові питання

4.1. Який порядок входу програм креслення принципових схем **OrCAD Capture**?

4.2. Для чого використовується робоча панель інструментів?

4.3. В якій бібліотеці знаходяться такі компоненти, як трансформатори та діоди?

4.4. В якій бібліотеці знаходяться такі компоненти, як мікросхеми фірми INTEL?

4.5 В якому порядку нумеруються з’єднувальні проводи, що входять в шину?

5. Домашнє завдання

5.1. Вивчити основні прийоми роботи в пакеті програм **OrCAD Capture** ("Ключові положення" навчального посібника).

5.2. Вивчити техніку креслення електротехнічних схем систем зв’язку ("Ключові положення" навчального посібника).

5.3. Ознайомитись з прийомами роботи при формуванні нових бібліотек ("Ключові положення" навчального посібника).

6. Література

1. ***Розевиг В.Д.*** Система проектирования **OrCAD 9.2**.– М.: Солон - Р, 2001. – 519 с.

2. ***Лебедев О.Н.*** Микросхемы памяти и их применение. – М:. Радио и связь, 1990. – 160 с.

Розділ III

Лабораторна робота № 6

Побудова принципових схем електронних пристроїв систем електрозв’язку та перевірка їхнього робочого стану

Вступ

Розробка будь-якого електронного пристрою зв’язку завжди супроводжується математичними розрахунками, розробкою та кресленням схем і фізичним моделюванням. Все це пов’язано з великими матеріальними затратами. Тому сьогодні для прискорення проектування електронного пристрою зв’язку використовуються системи автоматизованого проектування. Як показує аналіз різних автоматизованих систем схемотехнічного моделювання (**Micro-Cap, P-Cad** та ін.) на початковому етапі проектування можна використовувати програму **Electronics Work Bench (EWB),** яка розроблена фірмою **Interactive Image Technologies.** Практика використання цієї програми показує, що досить декількох годин попереднього ознайомлення, щоб студенти могли почати самостійно виконувати деякі розділи курсових та дипломних робіт.

1. Мета роботи

1.1. Вивчити основні положення щодо використання схемотехнічного пакета програм EWB.

1.2. Освоїти принципи роботи у пакеті програм EWB при складанні та перевірці робочого стану електротехнічних схем систем зв’язку.

1.3. Сприяти розвитку творчих здібностей студентів, щоб вони не тільки виконували завдання, які передбачені навчальною програмою, а також пропонували свої технічні рішення.

2. Ключові положення

2.1. Основні положення схемотехнічного пакета програм EWB

Першим етапом при розробці креслення принципової схеми пристрою електрозв’язку за допомогою пакета програм EWB є попередня

підготовка ескізу схеми в робочому зошиті, в якому необхідно розмістити компоненти схеми. Потім процес складання принципової схеми в робочому полі вікна програми EWB необхідно починати з розміщення у ньому елементів схеми, які вибираються з різних бібліотек даного пакета. Вікно програми EWB (інтерфейс) наведено на рис. 1.

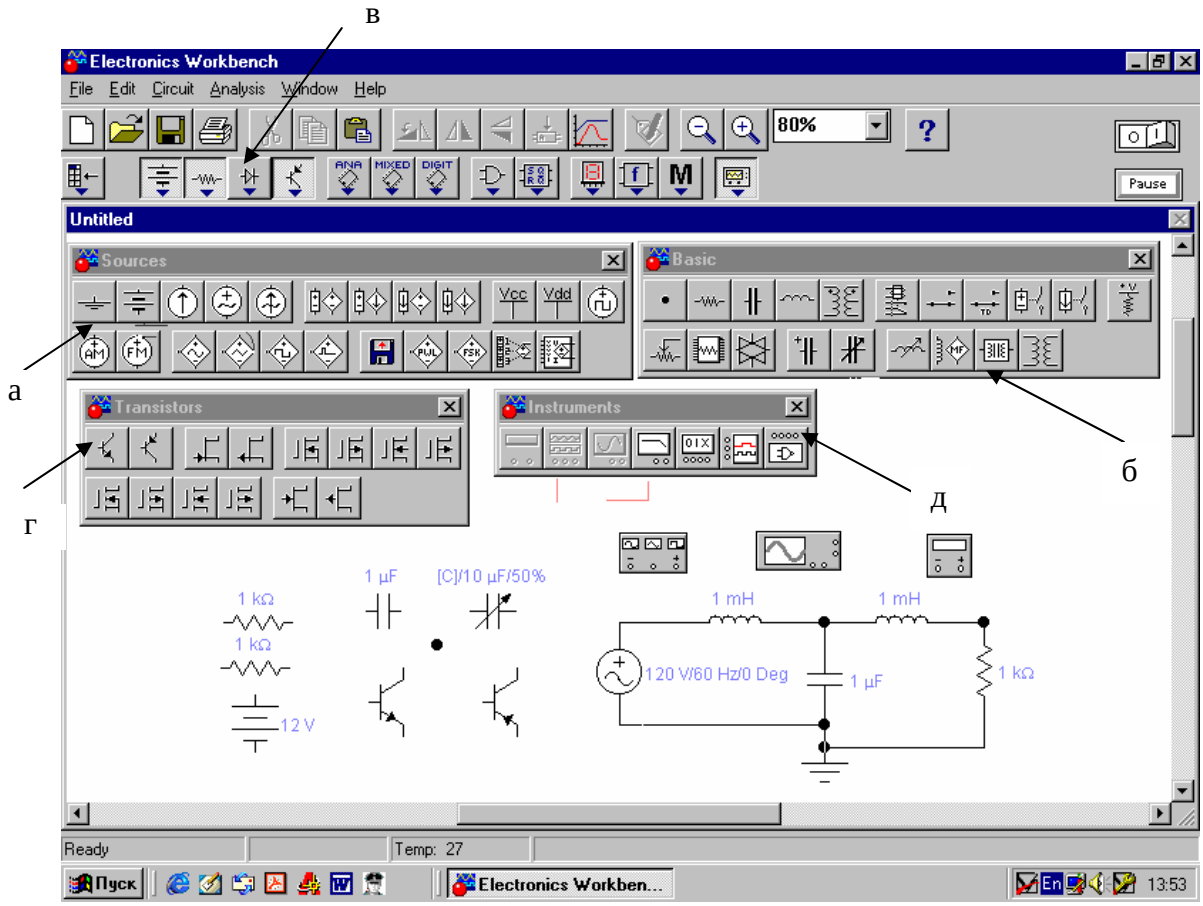


Рисунок 1

У верхній частині екрана розміщене головне меню, яке складається з наступних пунктів:

а) **File** – пункт меню призначений для загрузки та запису файлів, а також для інших цілей;

б) **Edit** – для виконання редагування схеми та копіювання її з екрана;

в) **Circuit** – використовується для підготовки схеми та завдання номінальних величин компонентів (R, L, C тощо);

г) **Analysis** – використовується для дослідження схеми при моделюванні;

д) **Window** – дозволяє шляхом перезапису екрана командою **Ctrl + W** звільнити зображення провідників та компонентів схеми від ушкоджень;

е**) Help** – довідка щодо можливостей програми EWB, яка побудована стандартним для **Windows** способом.

Нижче меню розміщена лінійка бібліотек компонентів електронних схем та вимірювальних приладів. Зупинимося на найбільш важливих бібліотеках компонентів для складання схем електронних пристроїв, тобто:

а) бібліотека джерел різних сигналів, предметний склад якої наведено в розгорнутому виді у робочому полі вікна (рис. 1);

б) бібліотека пасивних компонентів має конденсатори, резистори, котушки індуктивностей, трансформатори, точку з'єднання провідників та ряд інших елементів і пристроїв;

в) бібліотека напівпровідникових діодів, яка містить високочастотні, випрямляючі, імпульсні, тунельні діоди та стабілізатори;

г) бібліотека активних компонентів, до сімейства яких віднесено біполярні транзистори різної провідності (*n-p-n* і *p-n-p*), польові (уніполярні) транзистори та їх різновидності;

д) бібліотека контрольно-вимірювальних приладів, принцип дії яких буде описано нижче.

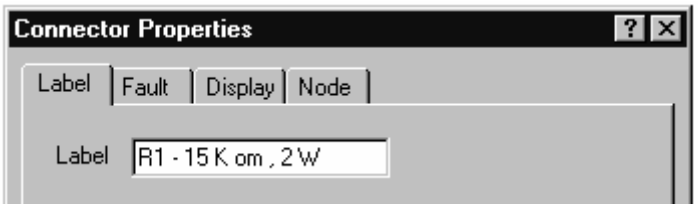
Крім названих бібліотек є й інші, в яких наведено великий асортимент різних цифрових та аналогових мікросхем, аналогово-цифрових та цифро-аналогових перетворювачів.

2.2. Технологія креслення принципових схем

Після розміщення компонентів схеми на екрані виконується з'єднання їх виводів провідниками. При цьому необхідно враховувати, що до виводу будь-якого компонента *можна підключити тільки один провідник*. Для виконання підключення елементів схеми необхідно курсор "миші" поставити на вивід компонента і почекати поки не з'явиться точка темного кольору. Після цього натискається ЛКМ і провідник, який з'явився, протягується до виводу іншого компонента поки не з'явиться на ньому така ж точка. Далі ЛКМ відпускається, після чого з'єднання готове. Для підключення виводів інших елементів до цього провідника необхідно вибрати в бібліотеці пасивних компонент точку (символ з'єднання) і перенести її на раніше установлений провідник. Точка спершу має червоний колір, а для того, щоб виконалось з'єднання і точка змінила свій колір на темний, необхідно відвести покажчик "миші" на вільне місце робочого поля та натиснути ЛКМ. Як-

що точка повністю закраситься темним кольором, то це указує на те, що з'єднання з вибраним провідником виконано повністю, якщо ж на точці видно слід провідника, то в цьому місці електричного з'єднання немає і тоді потрібно шукати інше місце для з'єднання.

Крім вище зазначеного, точку з'єднання можна використовувати і для уведення в схему надписів довжиною до 14 символів. Наприклад, якщо у схемі необхідно указати номер з'єднання або величину напруги по відношенню до заземленого провідника, то на провіднику ставиться точка. Потім подвійним натисканням ЛКМ викликається діалогове вікно **Connector Properties,** в якому виконується відповідний надпис, що й показано нижче.



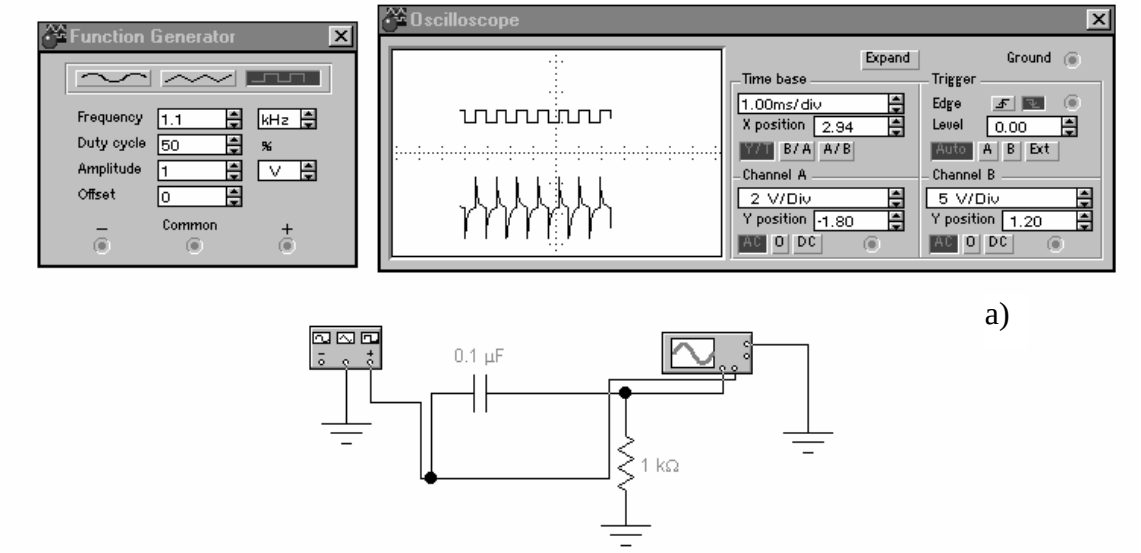
Підключення до схеми контрольно-вимірювальних приладів виконується аналогічно. Причому для осцилографа, який має два промені, колір з'єднувальних провідників визначає колір відповідних осцилограм. Щоб підключити осцилограф або інший прилад необхідно установити показник "миші" на провідник і подвійним натисканням ЛКМ викликати діалогове вікно **Wire Properties** з закладками **Schematic Options** і **Node**, в якому вибирається один із восьми кольорів.

Для завдання номінальних величин таких елементів схем, як резистори, конденсатори та індуктивності необхідно підвести показник "миші" до необхідного елементу в бібліотеці (R,C або L) і, коли з'явиться показник у вигляді руки з витягнутим вказівним пальцем необхідно двічі натиснути ЛКМ. У результаті з'являється діалогове вікно **Properties** з закладками **Label, Value** та ін., які дають можливість вписати літерні позначення компонентів та їх номінальні величини у відповідних одиницях виміру.

Запуск та зупинка перевірки дії розробленого пристрою електрозв'язку виконується натисканням кнопки **1|0,** яка розміщена в правому верхньому кутку екрана (рис. 1).

2.3. Особливості використання контрольно-вимірювальних приладів

Розглянемо тепер найбільш важливі контрольно-вимірювальні прилади, які дозволяють судити про вірності вибраних параметрів принципової схеми та про вірності дії схеми. Основними контрольно-вимірювальними приладами при виконанні лабораторних робіт є функціональний генератор **(Function Generator)**, який показаний на рис. 2,а, осцилограф **(Oscilloscope)** та вимірювач амплітудної і частотної характеристик **(Bode Plotter)**. Як приклад, на рис. 2,б показано підключення двопроменевого осцилографа за допомогою диференціюючої *R C* схеми до джерела сигналу, яким є функційний генератор.



а)

б)

Рисунок 2

Функційний генератор формує на виході електричні сигнали різної форми та амплітуди. Без додаткових вказівок на виході функційного генератора діє сигнал з частотою 1 Hz (Гц) та амплітудою 10 В. Вибір необхідного типу сигналу виконується установкою покажчика "миші" на відповідну кнопку генератора та натисканням ЛКМ. На передній панелі генератора є наступні позначення: **Frequency** – вибір частоти вихідного сигналу; **Duty Cycle** – величини скважності імпульсного сигналу у відсотках; ***Amplitude*** – вибір величини амплітуди вихідного сигналу; **Offset** – величини постійної складової вихідного сигналу.

На передній панелі двопроменевого осцилографа показано два канали **Channel A** і **Channel B**, які використовуються для одночасного

спостереження двох сигналів. Регулювання коефіцієнта підсилювання каналу можливе в діапазоні від 10 мкВ/на позначку шкали (mV/Div) до 5 кВ/поз. (kV/Div), а переміщення сигналів, які спостерігаються, уздовж осі *У* виконується за допомогою кнопки (**Y Position)**. Без додаткових вказівок основним режимом розгортання електронного променя осцилографа є режим **Y/T**. У цьому випадку переміщення променя уздовж осі *У* залежить від величини напруги сигналу, а уздовж осі *Т* – від часу. У цьому режимі тривалість розгортання вибирається в діапазоні від 0,1 нс/поз. (0,1 n S/Div) до 1 с./поз (1 S/Div). Заземлення осцилографа виконується за допомогою клеми **GROUND** у правому верхньому кутку передньої панелі приладу. За допомогою кнопки **Expand** можна збільшити розмір екрана осцилографа.

Передня панель вимірювача амплітудно-частотних характеристик (АЧХ) будь-яких чотириполюсників показана на рис 3. Вона має вхідні/вихідні клеми (**In** і **Out**), призначені для підключення до нього розробленої схеми, наприклад, схеми фільтра та перевірка вірності її дії. Настроювання вимірювального приладу складається з вибору границь виміру коефіцієнта передачі та варіацій частот за допомогою горизонтально розташованих віконець, в яких указуються **F –** максимальні та **I –** мінімальні їхні величини.

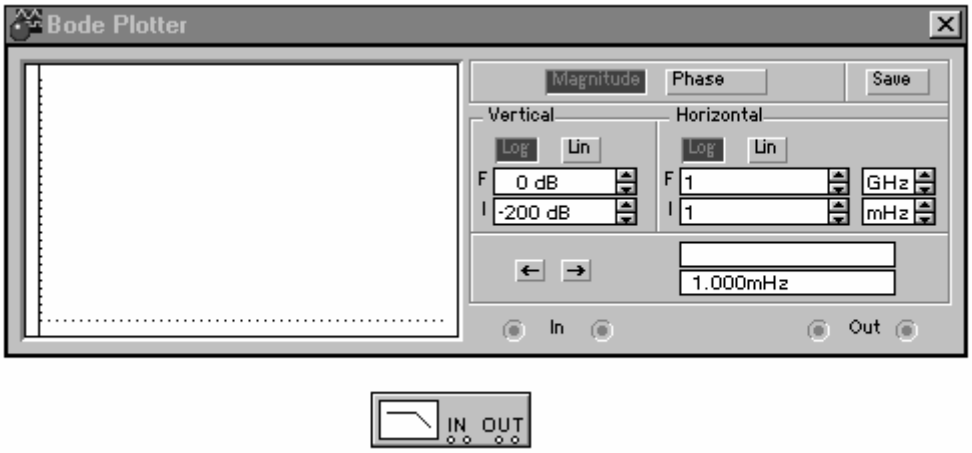


Рисунок 3

3. Зміст лабораторного завдання

3.1. Накреслити в протоколі даної лабораторної роботи схему однотранзисторного RC-генератора, використовуючи компоненти, які наведені на рис. 4.

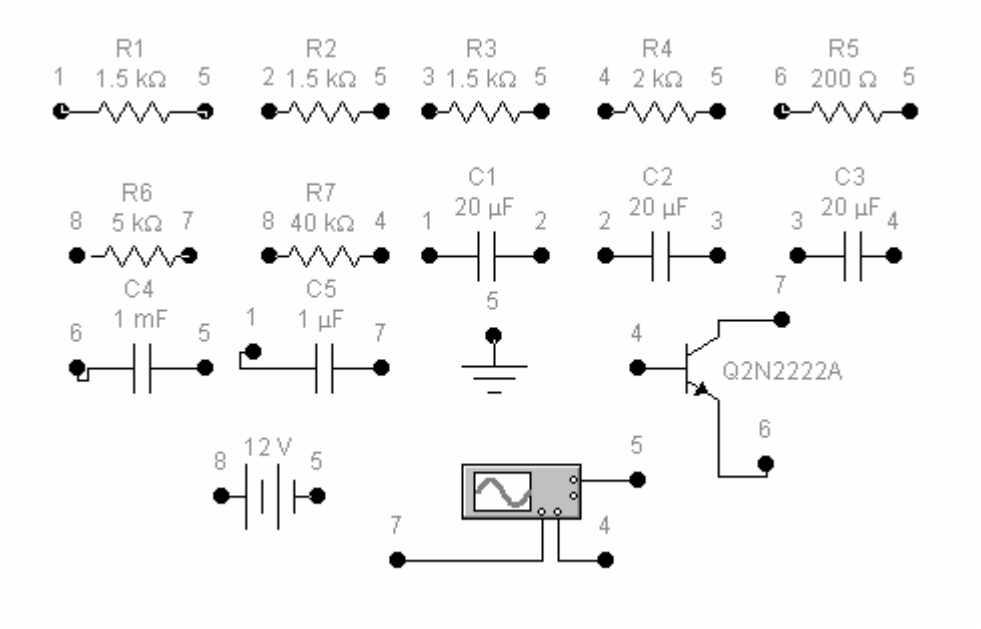


Рисунок 4

3.2. Після складання та перевірки викладачем схеми генератора накреслити її за допомогою пакета програм **EWB** та перевірити вірність її роботи.

3.3. Накреслити в **EWB** схему пристрою відповідно до рис. 5. Після запуску та перевірки дії пристою навести в протоколі графіки сигналів на вході та виході диференціюючої схеми.

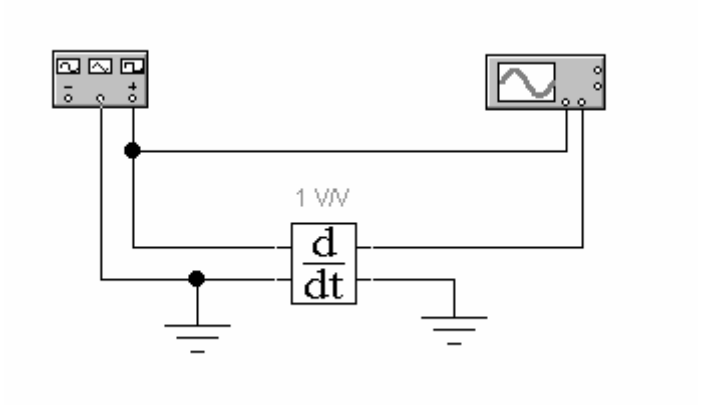


Рисунок 5

3.4. Накреслити в протоколі схему активного фільтра нижніх частот, використовуючи компоненти, які наведені на рис. 6.

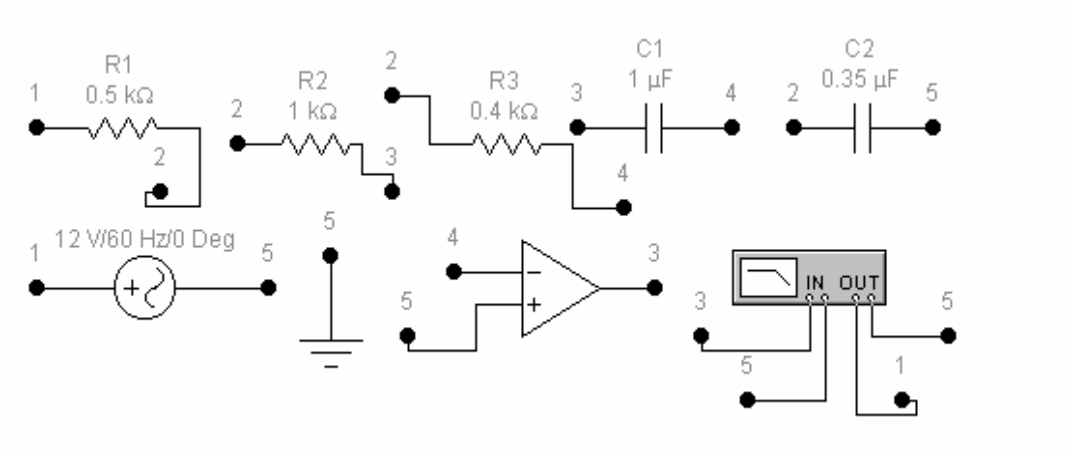


Рисунок 6

Кнопки керування вимірювальним приладом **Bode Plotter** повинні знаходитися в наступних положеннях:

а) **Magnitude** – спостереження за АЧХ $K(f) = U_{вых}(f)/U_{вх}(f)$;

б) **Vertical** – шкала приладу уздовж осі *У;* **Lin** – лінійний масштаб; F = 5; I = 0;

в) **Horizontal** – шкала приладу уздовж осі *Х;* **Log** – логарифмічний масштаб; F = 20,1 kHz, I = 0,1 Hz.

3.5. Після перевірки вірності роботи активного фільтра нижніх частот накреслити схему в **EWB**, включити схему в роботу та накреслити в протоколі графік амплітудно-частотної характеристики.

4. Ключові питання

4.1. Яким чином в пакеті програм **EWB** виконується з’єднання виводу елемента схеми з провідником?

4.2. Що собою являє модель функційного генератора в **EWB** та яка специфіка його роботи?

4.3. Як вибираються кольори осцилограм сигналів, і як для зручності спостереження рознести осцилограми на екрані осцилографа уздовж вертикалі?

4.4. Який контрольно-вимірювальний прилад необхідно використовувати при перевірці вірності роботи RC- генератора?

5. Домашнє завдання

5.1. Проробити матеріал розділу "Ключові положення ".

5.2. Підготувати відповіді на ключові запитання.

5.3. Накреслити в протоколі даної лабораторної роботи схему резонансного підсилювача, що складається з компонентів, які наведені на рис. 7, з урахуванням номерів їх виводів.

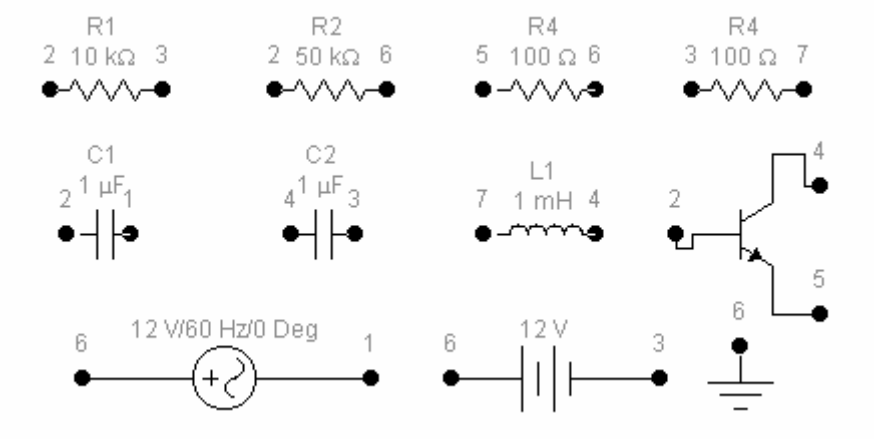


Рисунок 7

Методичні вказівки: а) компоненти схеми, які позначені цифрою однаково мають спільну точку з’єднання; б) складання схеми необхідно починати з розміщення транзистора в необхідному місці, а потім з правого боку від нього розмістити джерело живлення, а інші компоненти схеми та генератор сигналу – з лівого боку транзистора.

6. Зміст протоколу

6.1. Указати коротко тему та мету роботи.

6.2. Навести в протоколі розроблені схеми відповідно до розділу "Робота в аудиторії", а також графіки сигналів та їх характеристики, які отримані при перевірці роботи накреслених електронних пристроїв.

6.3. В письмовій формі дати висновок щодо практичної користі використання схемотехнічного пакета програм **EWB**.

7. Література

1. *Карлощук В. И.* Электронная лаборатория на IBM PC. – М.: Солон – Р, 1999. – 506 с.
2. *Гоноровский И. С.* Радиотехнические цепи и сигналы. – М.: Радио и связь, 1986. – 510 с.