

## Лабораторна робота № 1

### МОДЕЛЮВАННЯ ЛОГІЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ В СЕРЕДОВИЩІ СИСТЕМИ PROTEUS. СИНТЕЗ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ПРОСТИХ ЛОГІЧНИХ СХЕМ

**Мета роботи:** набути практичних навиків моделювання логічних елементів та схем в середовищі системи програм Proteus; закріпити вміння складати за таблицею істинності логічні функції в досконалій диз'юнктивній та кон'юнктивній нормальній формі; опанувати синтез простих комбінаційних схем за логічними функціями.

#### 1. Теоретична частина

Логічний елемент (вентиль) – це електронне коло в інтегральному виконанні, яке складається переважно з діодів та транзисторів різного типу і реалізує одну з елементарних логічних операцій. Логічна операція називається елементарною, якщо вона описується булевою функцією одного або двох аргументів.

Три наступні логічні елементи реалізують основні логічні операції, визначені аксіомами алгебри логіки, і відповідно називаються основними або базовими: інвертор (НЕ/NOT), диз'юнктор (АБО/OR), кон'юнктор (І/AND) (рис. 1.1 - 1.3). Вони утворюють функціонально повну систему, оскільки дозволяють реалізувати довільну логічну функцію будь-якої складності.

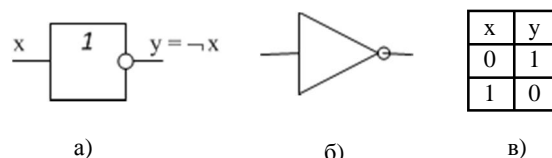


Рис. 1.1. Інвертор: а – позначення за ДСТУ; б – позначення за ANSI; в – таблиця істинності

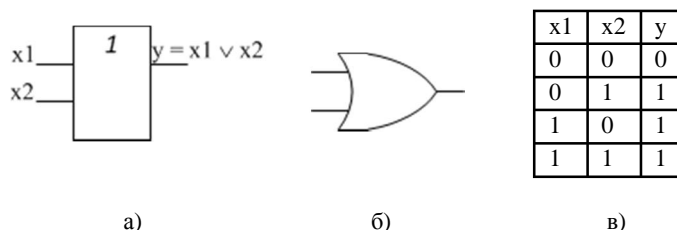


Рис. 1.2. Диз'юнктор: а – позначення за ДСТУ; б – позначення за ANSI; в – таблиця істинності

Логічні елементи, крім, звичайно, інвертора, можуть мати до восьми входів. Найбільш наочно кожний логічний елемент описується таблицею істинності або відповідності, яка охоплює всі можливі комбінації входних сигналів і відповідні значення на виході.

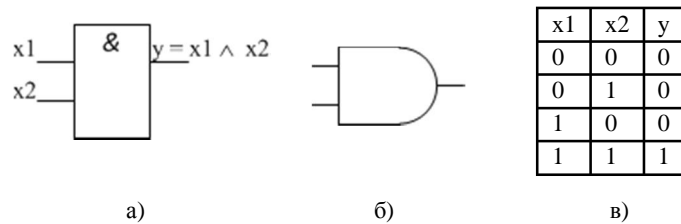


Рис. 1.3. Кон'юнктор: а – позначення за ДСТУ; б – позначення за ANSI; в – таблиця істинності

Кожен логічний елемент має свою назву і стандартне умовне графічне позначення, на якому вхід/входи завжди розміщені зліва, а вихід/виходи – справа.

На практиці широкого поширення набули й інші логічні елементи, які ще називають комбінаційними, оскільки кожен з них реалізує декілька основних логічних операцій: виняткове АБО (XOR), елемент еквівалентності (XNOR), елемент Пірса (АБО-НЕ/NOR), елемент Шеффера (І-НЕ/NAND (рис. 1.4 - 1.7).

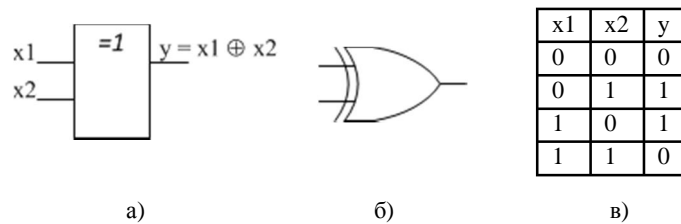


Рис. 1.4. Виняткове АБО: а – позначення за ДСТУ; б – позначення за ANSI; в – таблиця істинності

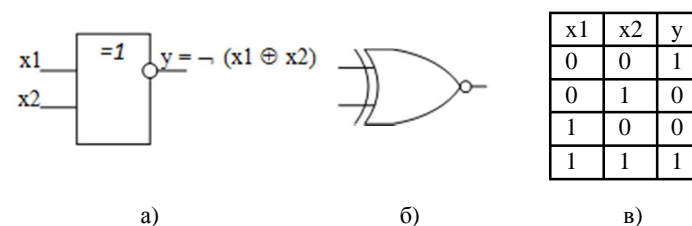


Рис. 1.5. Елемент еквівалентності: а – позначення за ДСТУ; б – позначення за ANSI; в – таблиця істинності

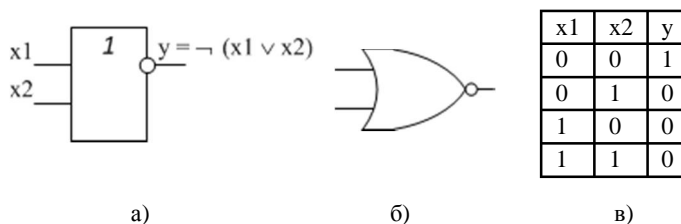


Рис. 1.6. Елемент Пірса: а – позначення за ДСТУ; б – позначення за ANSI; в – таблиця істинності

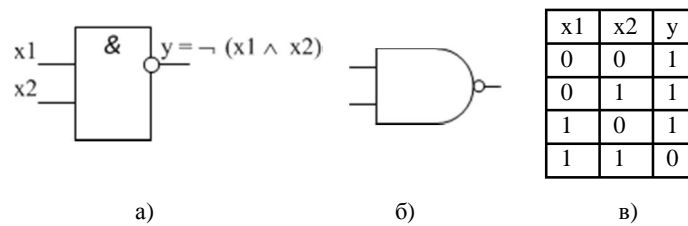


Рис. 1.7. Елемент Шеффера: а – позначення за ДСТУ; б – позначення за ANSI; в – таблиця істинності

З принципу двоїстості слідує, що в логічних виразах, які задають будь-яку логічну функцію, можна обійтись лише двома типами основних операцій, а саме: АБО та НЕ або ж І та НЕ. Таким чином, сукупність логічних елементів АБО та НЕ і аналогічно сукупність логічних елементів І та НЕ є функціонально повними системами. На практиці доцільніше замість логічних елементів АБО та НЕ використовувати елемент Пірса, що поєднує їх операції. З тих же міркувань замість логічних елементів І та НЕ використовують елемент Шеффера.

Застосовуючи закони алгебри логіки, можна виразити основні логічні операції – заперечення, диз'юнкцію та кон'юнкцію – через стрілку Пірса або ж штрих Шеффера.

На рис. 1.8 наведені схеми інвертора на елементах Пірса та Шеффера.

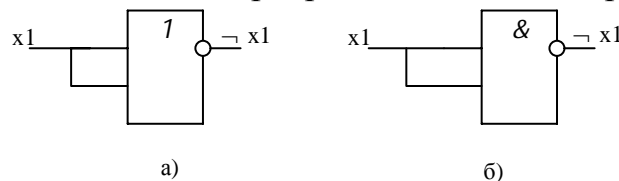


Рис. 1.8. Реалізація інвертора: а – на елементах Пірса; б – на елементах Шеффера

На рис. 1.9 наведені схеми диз'юнктора на елементах Пірса та Шеффера.

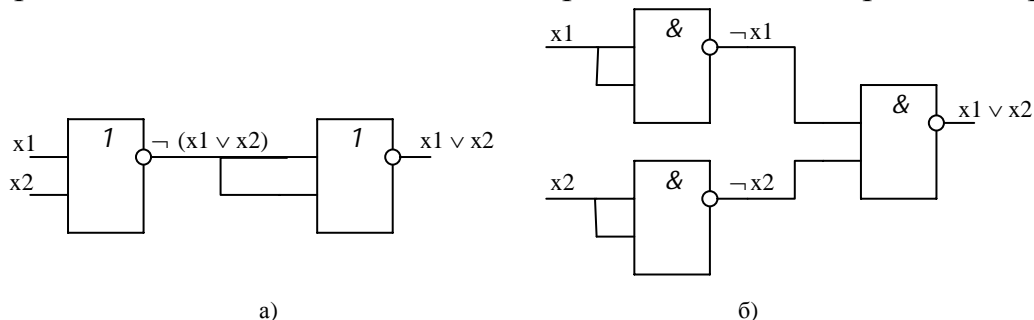


Рис. 1.9. Реалізація диз'юнктора: а – на елементах Пірса; б – на елементах Шеффера

На рис. 1.10 наведені схеми кон'юнктора на елементах Пірса та Шеффера.

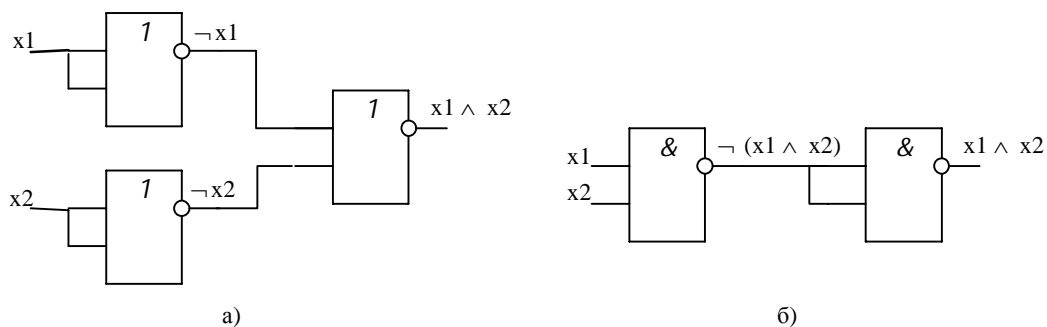


Рис. 1.10. Реалізація кон'юнктора: а – на елементах Пірса; б – на елементах Шеффера

Синтез простої логічної схеми (пристрою) можна завжди легко виконати, якщо використовувати диз'юнктивну або кон'юнктивну нормальну форму логічної функції, яка описує цю схему. Якщо логічна функція описується таблицею істинності, то треба скласти логічну функцію в досконалій диз'юнктивній або кон'юнктивній нормальній формі.

Розглянемо приклад. Нехай логічна функція задана таблицею істинності (табл. 1.1). На основі цієї таблиці відповідно до визначення сформуємо мінтерми і макстерми. Мінтерм формується для кожного набору аргументів, при якому функція набуває значення 1, і є елементарною кон'юнкцією (конституентою одиниці), в якій записуються неінвертованими аргументи, що в таблиці істинності мають значення 1, та інвертованими – аргументи, що мають значення 0. Макстерм формується для кожного набору аргументів, при якому функція набуває значення 0, і є елементарною диз'юнкцією (конституентою нуля), в якій записуються неінвертованими аргументи, що в таблиці істинності мають значення 0, та інвертованими – аргументи, що мають значення 1.

Табл. 1.1.

Таблиця істинності функції  $F(x_2, x_1, x_0)$

Значення аргументів			Значення функції	ДДНФ	ДКНФ
$x_2$	$x_1$	$x_0$		мінтерм	макстерм
0	0	0	0	-	$x_2 + x_1 + x_0$
0	0	1	1	$\bar{x}_2 \bar{x}_1 x_0$	-
0	1	0	0	-	$x_2 + \bar{x}_1 + x_0$
0	1	1	1	$\bar{x}_2 x_1 x_0$	-
1	0	0	1	$x_2 \bar{x}_1 \bar{x}_0$	-
1	0	1	0	-	$\bar{x}_2 + x_1 + \bar{x}_0$
1	1	0	0	-	$\bar{x}_2 + \bar{x}_1 + x_0$
1	1	1	1	$x_2 x_1 x_0$	-

Запишемо логічну функцію в досконалій диз'юнктивній нормальній формі (ДДНФ) як диз'юнкцію мінтермів:

$$F_1(x_2, x_1, x_0) = \bar{x}_2\bar{x}_1x_0 + \bar{x}_2x_1x_0 + x_2\bar{x}_1\bar{x}_0 + x_2x_1x_0.$$

З вигляду функції  $F_1(x_2, x_1, x_0)$  легко побачити, що для її реалізації необхідно використати один 4-входовий диз'юнктор, чотири 3-входових кон'юнктори та три інвертори. Починають створювати схему переважно з виходу, тобто справа. Вхідні сигнали завжди подаються зліва. Схема, яка реалізує функцію  $F_1(x_2, x_1, x_0)$ , наведена на рис. 1.11.

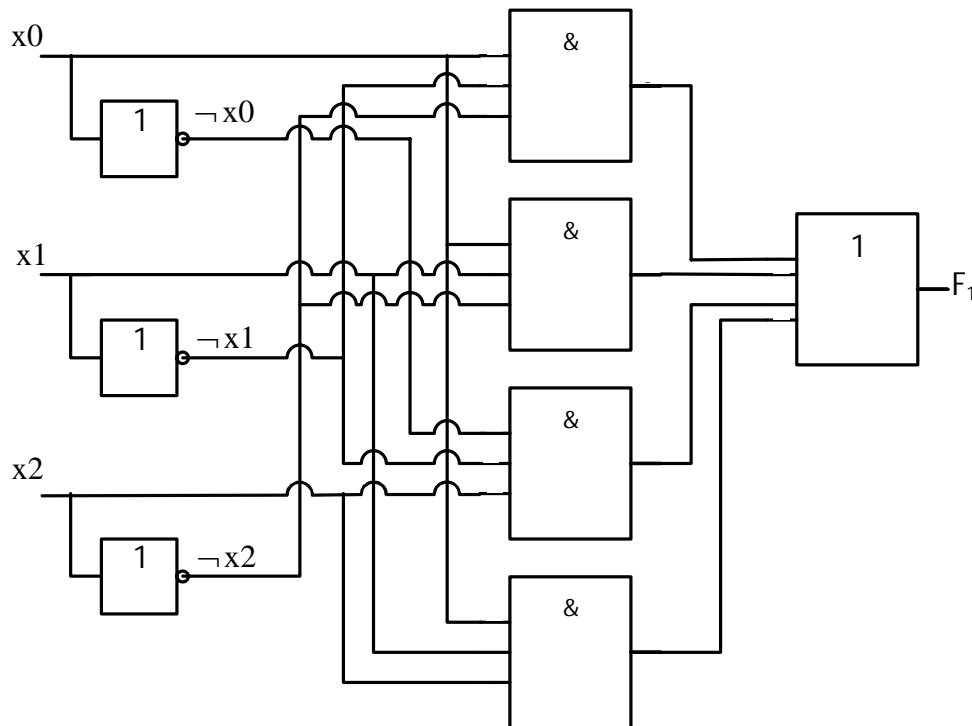


Рис. 1.11. Логічна схема, яка реалізує функцію  $F_1(x_2, x_1, x_0)$

Також запишемо логічну функцію в досконалій кон'юнктивній нормальній формі (ДКНФ) як кон'юнкцію макстермів:

$$F_2(x_2, x_1, x_0) = (x_2 + x_1 + x_0)(x_2 + \bar{x}_1 + x_0)(\bar{x}_2 + x_1 + \bar{x}_0)(\bar{x}_2 + \bar{x}_1 + x_0).$$

Очевидно, що так само легко можна реалізувати функцію  $F_2(x_2, x_1, x_0)$ , використавши один 4-входовий кон'юнктор, чотири 3-входових диз'юнктори та три інвертори.

**Proteus** - це система автоматизованого проектування (САПР) найрізноманітніших електронних пристроїв, яка має дуже обширну базу електро- радіоелементів, індикаторів, давачів, перемикачів, вимірювальних приладів тощо і використовується на практиці для схемотехнічного і конструкторського проектування. Proteus має в своєму складі дві основні підсистеми: **ISIS** - пакет програм схемотехнічного проектування і відлагодження в режимі реального часу електронних пристроїв та **ARES** -

пакет програм проектування друкованих плат. Основна перевага системи Proteus над іншими САПР такого ж призначення - це можливість моделювати різні сімейства мікропроцесорів і мікроконтролерів, зокрема 8051, PIC, AVR, ARM.

Інтерфейс програми ISIS є дуже подібним до класичного графічного інтерфейсу найбільш поширених програм Microsoft Office, Mathcad тощо (рис. 1.12). Робота з рядком головного меню і панелями інструментів є загальновідомою.

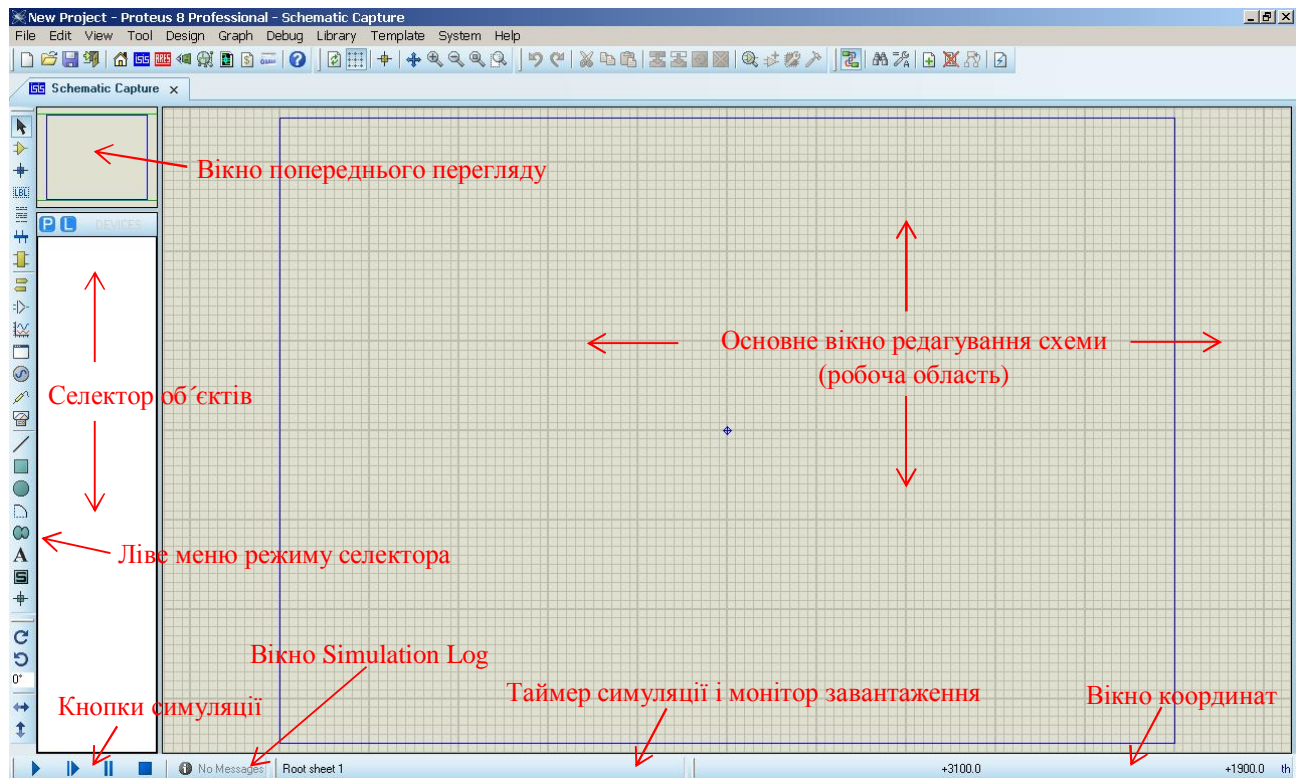


Рис. 1.12. Основне вікно програми ISIS

Для витягнення довільного бібліотечного елемента в заголовок вікна **Device**, яке активізується кнопкою **Component Mode** у лівому меню режиму селектора (другою зверху) і розміщується зліва від робочої області, необхідно клацнути на кнопці **P (Pick from Libraries)** – появиться діалогове вікно Pick Devices, в якому необхідно в поле **Keywords** ввести ім'я потрібного елемента, до прикладу OR, потім задати необхідну категорію елементів в бібліотеці (в полі зі списком **Category** вибрати категорію **Modelling Primitives**), далі вказати підкатегорію (в полі зі списком **Sub-category** вибрати **All Sub-categories**), після чого в таблиці Showing local results виокремити двовходовий елемент OR (бажано, щоб всі елементи були з однієї бібліотеки) і клацнути на кнопку **OK**. Якщо невідомо, в якій категорії розміщений елемент, то треба вказувати в полі **Category** перший елемент зі списку (**All Categories**). Вибраний елемент

поміщається у вікно Device і виокремлюється синім кольором, а у вікні попереднього перегляду появляється його графічне зображення. Якщо тепер навести курсор на робочу область і клацнути лівою кнопкою мишки – появиться контур зображення виокремленого елемента, яке переміщується разом з курсором. Для фіксації елемента в певному місці робочої області треба знову клацнути лівою кнопкою мишки. Повторюючи дії з мишкою, можна вставити в робочу область виокремлений елемент необхідну кількість разів.

Система Proteus присвоює кожному елементу, поміщеному в робочу область, деяке унікальне ім'я, однак його можна змінити. Для цього треба подвійним клацанням мишки на елементі або через контекстне меню відкрити вікно **Edit Component** і в полі **Part Reference** вказати латинськими літерами і цифрами нове ім'я елемента.

Щоб виокремити елемент в робочій області треба клацнути на ньому лівою кнопкою мишки, а для відміни виокремлення – клацнути на вільному місці. Для виокремлення декількох елементів треба тримати натиснутою клавішу Ctrl. Виокремити групу елементів можна також охопивши їх прямокутником, перед тим треба клацнути на кнопці Selection Mode у лівому меню режиму селектора (першій зверху). Виокремлені елементи можна перемістити, перетягуючи мишку з натиснутою лівою кнопкою, або видалити, натиснувши клавішу Delete. Для зміни орієнтації елемента в робочій області треба скористатися контекстним меню, яке викликається як завжди - клацанням правої кнопки мишки. Змінювати масштаб відображення схеми в робочій області можна прокручуванням коліщатка мишки або відповідними кнопками на панелі інструментів. Переміщуватися по робочій області зручно за допомогою вікна попереднього перегляду.

Щоб з'єднати елементи (провести провідник) треба навести курсор на вивід елемента так, щоб курсор перетворився в зелений олівець і появився червоний квадратик, натиснути ліву кнопку мишки і, не відпускаючи її, переміщувати курсор до виводу іншого елемента або до перетину з потрібним провідником. Якщо потрібно провести провідник в точку, в якій немає ніяких інших провідників чи елементів, то треба відпустити ліву кнопку і виконати подвійне клацання лівою кнопкою мишки. Щоб почати проведення провідника з довільної ізольованої точки, треба попередньо клацнути на кнопці **Junction Dot Mode** у лівому меню режиму селектора (третьої зверху). Для фіксування точок згину провідника, ліву кнопку треба відпускати, і знову натиснувши, продовжувати переміщувати курсор. В місці електричного з'єднання провідників появляється маленький кружок. Якщо провідник проведений не так, як треба, найкраще його видалити і провести повторно, щоб уникнути накладання провідників, яке на екрані побачити неможливо. Для видалення

провідника його треба виокремити і натиснути клавішу **Delete**. Перед виокремленням елемента чи провідника треба в лівому меню режиму селектора клацнути кнопку **Selection Mode**. Можна виокремити декілька елементів або ж всю схему, охопивши необхідний фрагмент прямокутним контуром.

Розмір робочої області можна змінити, відкривши меню **System** і вибравши **Set Sheet Sizes**.

Щоб визначити напруги/струми необхідно у відповідні точки схеми поставити пробники напруги/струму. Для цього у лівому меню режиму селектора необхідно клацнути на кнопці **Probe Mode**, у вікні **PROBES** виокремити **VOLTAGE/CURRENT**, далі перемістити курсор на схему в потрібне місце і клацнути лівою кнопкою мишки.

В системі Proteus є багато різноманітних генераторів аналогових та цифрових сигналів. Найпростіший цифровий сигнал **X** можна розглядати як послідовність прямокутних імпульсів напруги деякої амплітуди **A** з певним періодом **T** або частотою  $f = 1/T$  (рис. 1.13). Частота вимірюється в герцах (1 Гц = 1/1 сек), кілогерцах (1 КГц =  $10^3$  Гц), мегагерцах (1 МГц =  $10^6$  Гц), гігагерцах (1 ГГц =  $10^9$  Гц).

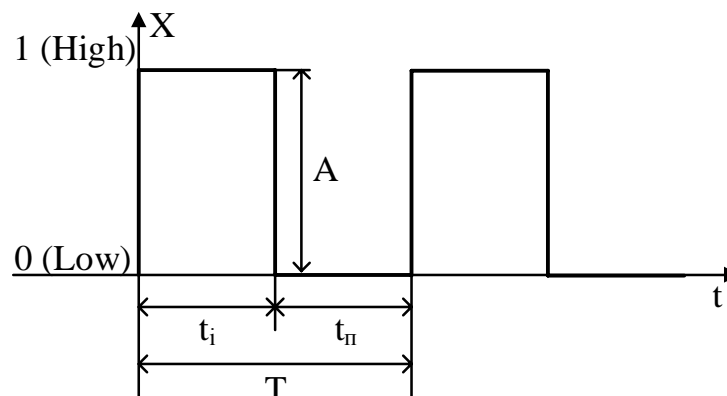


Рис. 1.13. Послідовність імпульсів ( $A$  – амплітуда,  $t_i$  – тривалість/ширина імпульсу,  $t_n$  – тривалість паузи,  $T$  – період повторення імпульсів,)

В цифровому сигналі оперують лише його двома можливими станами: логічною одиницею (High) і логічним нулем (Low), а відповідні реальні значення напруги можуть бути різними (+5 В і 0 В; +12 В і 0 В; +5 В і -5 В; 0 В і -12 В) і не розглядаються на даному рівні абстракції.

Для долучення в схему генератора цифрового сигналу потрібно у лівому меню режиму селектора клацнути на кнопці **Generator Mode** і у вікні **Generators** вказати **DPULSE**, після чого розмістити генератор в потрібне місце робочої області. Далі за допомогою правої кнопки мишки викликати контекстне меню до генератора, вибрати **Edit Properties** - відкриється вікно властивостей цифрового генератора **Digital Pulse Generator Properties** (рис. 1.14). В полі **Generator Name** необхідно ввести ім'я генератора, до



прикладу G21\_13\_G1, а в секції **Timing** в полі **Frequency(Hz)** задати необхідну частоту повторення імпульсів. Значення частоти 5,7 МГц можна ввести одним із способів: 5700000, 5700k, 5.7M (літери k та M – латинські!).

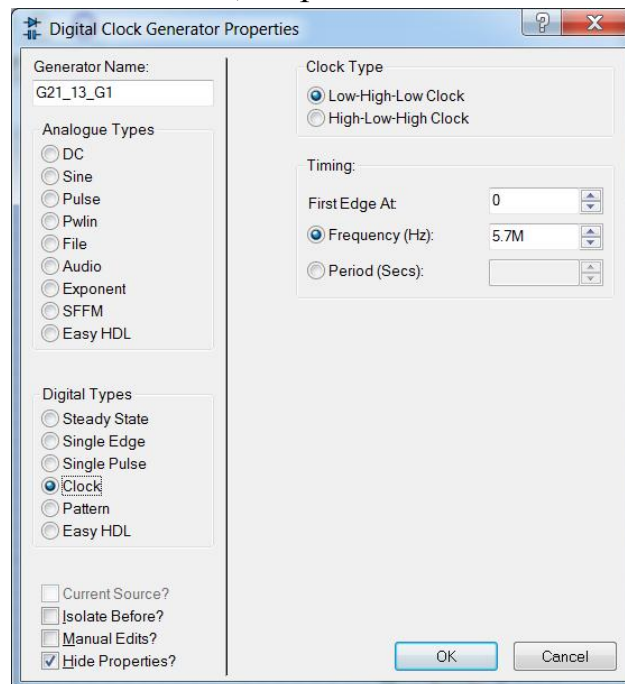


Рис. 1.14. Вікно властивостей цифрового генератора

Для побудови графіка у лівому меню режиму селектора необхідно клацнути на кнопці **Graph Mode** і у вікні GRAPHS вказати тип графіка **DIGITAL**, після чого на вільному місці робочої області нарисувати, переміщуючи мишу з натиснутою лівою кнопкою, прямокутник, відпустити і знову клацнути ліву кнопку миші. Далі треба викликати контекстне меню до графіка, вибрати рядок **Add Traces...** і у діалоговому вікні Add Transient Trace в поле **Probe P1** ввести ім'я потрібної змінної, вибравши її зі списку.

Для задання проміжку часу, на якому буде виконано моделювання схеми, слід викликати контекстне меню до графіка, вибрати рядок **Edit Properties** – відкриється вікно Edit Transient Graph, в якому в полі **Stop time** треба вказати кінцевий момент часу моделювання одним із способів: 0.000000351, 3.51e-7, 0.000351m, 0.351u, 351n, 351000p (літери e, m, u, n, p – латинські!) (рис. 1.15).

В полі **Graph title:** цього ж вікна вказують латинськими буквами заголовок графіка.

Для виконання моделювання і побудови кривих необхідно викликати контекстне меню до графіка і вибрати рядок **Simulate Graph**.

За замовчуванням графік має чорне тло, яке можна змінити, якщо розгорнути вікно графіка на весь екран подвійним клацанням лівою кнопкою мишки на заголовку, активізувати меню **Options**, вибрати перший рядок **Set Grapf & Trace Colours** і в полі **Background** вказати потрібний колір. Подвійне

клацання лівою кнопкою мишки на заголовок або натискання клавіші Esc повертає попередній розмір вікна графіка. Побудований графік можна виокремити і, тримаючи натиснутою ліву кнопку мишки, переміщувати по робочій області або ж змінювати розмір вікна, захопивши відповідний маркер.

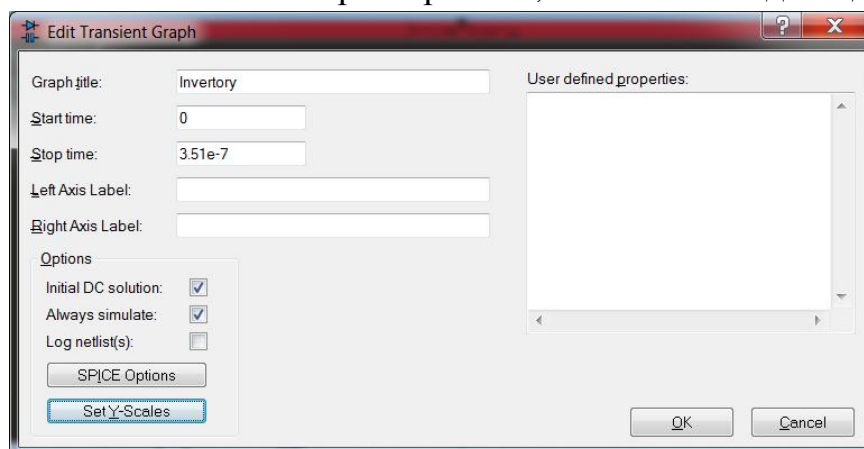


Рис. 1.15. Вікно редагування графіка

Для формування звіту слід виокремити прямокутним контуром всі елементи або частину їх (попередньо в лівому меню режиму селектора клацнути кнопку Selection Mode) і скопіювати їх в буфер обміну (меню **Edit** рядок **Copy to Clipboard**), а далі вставити в документ MS Word.

Так само можна вставити в звіт графік з часовими діаграмами, попередньо виокремивши його лівою кнопкою мишки.

## 2. Порядок виконання роботи

1. Створіть в програмі Proteus Professional версії не нижче 8.9 новий проект. Для цього запустіть програму Proteus Professional і клацніть на кнопці New Project. У вікні New Project Wizard: Start в поле **Name** введіть ім'я проекту, до прикладу LR\_1\_a, далі клацніть на кнопці **Browse** і виберіть або створіть папку 1\_AK, в якій буде збережено проект (шлях до папки відобразиться в полі Path) і клацніть на кнопці **Next**. Імена проекту і всіх папок в шляху набирайте латинськими літерами. Якщо появиться вікно Project Already Exists на запитання Replace existing proect? виберіть **Так**. В наступному вікні New Project Wizard: Schematic Design виберіть **Create a schematic from the selected template**, виокремте рядок **DEFAULT** і клацніть на кнопці **Next**. В новому вікні New Project Wizard: PCB Layout виберіть **Do not create a PCB Layout** і клацніть на кнопці **Next**. Далі у вікні New Project Wizard: Firmware виберіть **No Firmware Project** і клацніть на кнопці **Next**. Нарешті у вікні New Project Wizard: Summary клацніть на кнопці **Finish**.

2. В робочій області розмістіть інвертор **NOT**, відкрийте його вікно Edit Component і в полі **Part Reference** вкажіть нове ім'я елемента <ід>E1, де ід – ідентифікатор, що містить шифр групи і номер варіанта, до прикладу,

ід = G21\_13\_ якщо ваша група ПЗ-21 і ваш номер у списку групи 13 (кутових дужок не ставити!).

3. Аналогічно розмістіть і перейменуйте двовходові логічні елементи **OR**, **AND**, **XOR**, **NOR**, **NAND**.

Вказані елементи розташуйте у заданому порядку, входи мають бути зліва, а виходи - справа. Всі елементи нумеруйте послідовно (рис. 1.16).

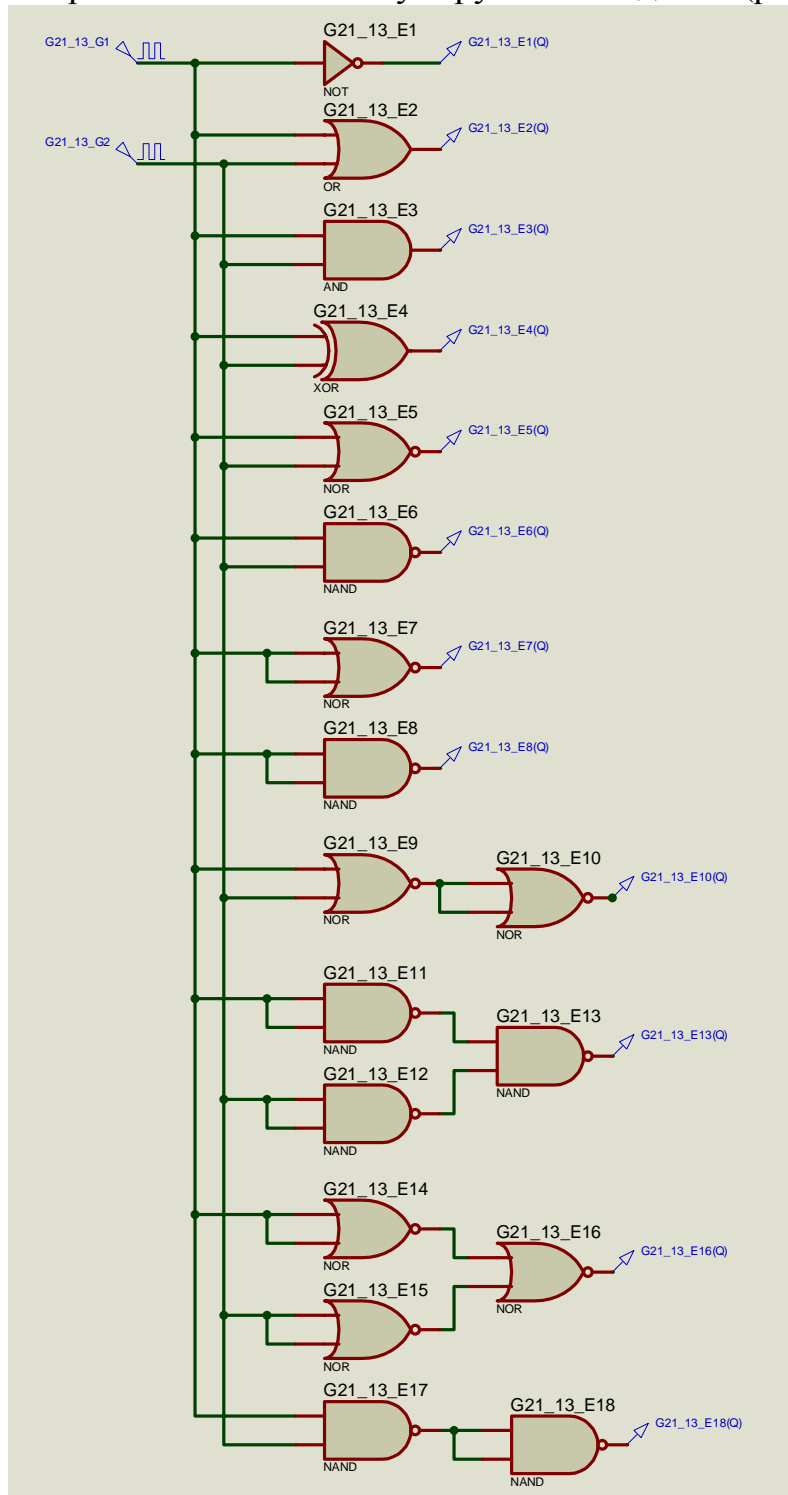


Рис. 1.16. Схема для моделювання в системі PROTEUS

Час від часу зберігайте проект на диску.

4. Тепер введіть нижче попередніх елементів схеми інвертора на елементах Пірса та Шеффера (рис. 1.8). Нумерацію елементів продовжуйте (рис. 1.16). За потреби змініть розмір робочої області.

5. Аналогічно введіть схеми диз'юнктора на елементах Пірса та Шеффера (рис. 1.9), продовжуючи нумерацію елементів (рис. 1.16).

6. І нарешті введіть схеми кон'юнктора на елементах Пірса та Шеффера (рис. 1.10), також продовжуючи нумерацію елементів (рис. 1.16).

7. На виходах перших шести елементів і на виходах всіх наступних схем поставте пробники напруги.

8. Введіть в робочу область генератор цифрового сигналу і розмістіть його зліва від елементів (рис. 1.16). Відкрийте вікно його властивостей і введіть ім'я <id>G1, в секції **Digital Types** виберіть тип цифрового сигналу **Clock**, в секції **Clock Type** вкажіть **Low-High-Low Clock**, а в секції **Timing** в полі **Frequency(Hz)** задайте частоту повторення імпульсів  $f_1 = f$  відповідно до свого варіанту.

9. Під'єднайте генератор <id>G1 до входів всіх інверторів, а також до верхніх входів двовходових елементів і схем (рис. 1.16).

10. Аналогічно введіть в робочу область ще один генератор цифрового сигналу <id>G2 і задайте частоту повторення імпульсів  $f_2 = 2f$ . Таке співвідношення частот забезпечить на входах двовходових елементів і схем всі можливі комбінації сигналів: 00, 01, 10 та 11. Для трьох генераторів вхідних сигналів всіх можливих комбінацій буде  $2^3 = 8$  (000, 001, ... 111), тому частота третього генератора має бути  $f_3 = 4f$ .

11. Під'єднайте генератор <id>G2 до нижніх входів двовходових елементів і схем (рис. 1.16).

12. На вільному місці робочої області, праворуч від елементів (рис. 1.16) побудуйте цифровий графік з заголовком **Invertory**, на якому виведіть сигнали з генератора <id>G1, з інвертора <id>E1, а також зі схем інвертора на елементах Пірса та Шеффера.

13. Розрахуйте період цифрового сигналу  $T = 1/f$  (значення частоти  $f$  переведіть в Гц, результат заокругліть до трьох значущих цифр). Задайте кінцевий момент часу моделювання  $tk = 2T$ .

14. Ініціюйте виконання моделювання і побудову кривих графіка Invertory.

15. Порівняйте кожний вихідний сигнал з вхідним, перевірте, чи всі логічні елементи працюють правильно.

16. Змініть тло графіка Invertory з чорного на біле.

17. Скопіюйте для звіту в документ MS Word всі введені елементи (всю схему) крім графіка.

18. Скопіюйте для звіту в документ MS Word графік Invertory (всі вставлені зображення повинні займати всю ширину аркуша формату A4).

19. На вільному місці робочої області, праворуч від елементів (рис. 1.16) побудуйте цифровий графік з заголовком **Dyzjunktory**, на якому виведіть сигнали з генератора <id>G1, з генератора <id>G2, з диз'юнктора <id>E2, зі схем диз'юнктора на елементах Пірса та Шеффера, з елемента Пірса і з елемента виняткове АБО (XOR).

20. Задайте такий самий кінцевий момент часу моделювання як і для попереднього графіка.

21. Повторіть виконання пунктів 14 - 18 для графіка **Dyzjunktory**.

22. На вільному місці робочої області, праворуч від елементів (рис. 1.16) побудуйте цифровий графік з заголовком **Konjunktory**, на якому виведіть сигнали з генератора <id>G1, з генератора <id>G2, з кон'юнктора <id>E3, зі схем кон'юнктора на елементах Пірса та Шеффера і з елемента Шеффера.

23. Задайте такий самий кінцевий момент часу моделювання як і для попереднього графіка.

24. Повторіть виконання пунктів 14 - 18 для графіка **Konjunktory**.

25. Збережіть проект на диск.

26. Аналогічно до попереднього створіть новий проект LR\_1\_b і збережіть його в ту саму папку.

27. Для логічної функції відповідно до свого варіанту, що задана таблицею істинності, запишіть функцію  $F_1(x_2, x_1, x_0)$  в ДДНФ.

28. На підставі функції  $F_1(x_2, x_1, x_0)$  синтезуйте логічну схему подібно до схеми на рис. 1.11 і введіть її в робочу область. Імена вхідних сигналів, елементів, вихідного сигналу доповніть своїм ідентифікатором. Для сигналу  $x_2$  використайте цифровий генератор з такими параметрами як генератор <id>G1, для сигналу  $x_1$  - як генератор <id>G2, а для сигналу  $x_0$  частота має бути в чотири рази більшою за  $f$ . На виході схеми поставте пробник напруги (елементу на виході присвойте ім'я <id>F1).

29. Для логічної функції відповідно до свого варіанту запишіть функцію  $F_2(x_2, x_1, x_0)$  в ДКНФ.

30. На підставі функції  $F_2(x_2, x_1, x_0)$  синтезуйте логічну схему подібно до попередньої схеми і введіть її в робочу область. Вхідні сигнали використайте від попередньої схеми. На виході схеми поставте пробник напруги (елементу на виході присвойте ім'я <id>F2).

31. На вільному місці робочої області побудуйте цифровий графік з заголовком **Syntez**, на якому виведіть сигнали з генератора <id>X0, з генератора <id>X1, з генератора <id>X2, з виходу першої схеми <id>F1 і з виходу другої схеми <id>F2.

32. Задайте кінцевий момент часу моделювання  $t_k = 2T$ .

33. Ініціюйте виконання моделювання і побудову кривих графіка Syntez.

34. Порівняйте вихідні сигнали обох схем.

35. Змініть тло графіка Syntez з чорного на біле.

36. Скопіюйте для звіту в документ MS Word обидві введені схеми.

37. Скопіюйте для звіту в документ MS Word графік Syntez (всі вставлені зображення повинні займати всю ширину аркуша формату A4).

38. Збережіть проект на диск.

39. Зробіть висновки про виконану роботу.

40. Оформіть звіт про виконану роботу.

### 3. Запитання для самоконтролю

З метою закріплення отриманих знань та підготовки до захисту звіту про виконання лабораторної роботи, усно дайте відповідь на такі запитання:

1. Яка логічна операція називається елементарною?
2. Охарактеризуйте три основні аксіоми алгебри логіки.
3. Охарактеризуйте елемент Пірса.
4. Охарактеризуйте елемент Шеффера.
5. Як можна реалізувати інвертор на елементах Пірса?
6. Як можна реалізувати інвертор на елементах Шеффера?
7. Як можна реалізувати диз'юнктор на елементах Пірса?
8. Як можна реалізувати диз'юнктор на елементах Шеффера?
9. Як можна реалізувати кон'юнктор на елементах Пірса?
10. Як можна реалізувати кон'юнктор на елементах Шеффера?
11. Охарактеризуйте ДДНФ логічної функції.
12. Охарактеризуйте ДКНФ логічної функції.
13. Як ввести елемент в робочу область системи PROTEUS?
14. Як вивести напругу в схемі в системі PROTEUS?
15. Охарактеризуйте цифровий сигнал.
16. Як подати цифровий сигнал на схему в системі PROTEUS?
17. Як побудувати цифровий графік в системі PROTEUS?
18. Як змінити параметри елемента в системі PROTEUS?
19. Як провести провідник в схемі в системі PROTEUS?
20. Як змінити розмір робочої області в системі PROTEUS?

### 4. Індивідуальні завдання

Для групи ПЗ-21

Значення аргументів			Значення функції																																
x <sub>2</sub>	x <sub>1</sub>	x <sub>0</sub>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1
0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0
0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0
1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1
1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0
1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1
Частота f, КГц			12	14	22	24	32	34	42	44	52	54	62	64	72	74	82	84	92	94	102	104	112	114	122	124	132	134	142	144	152	154	162	164	166

### Для групи ПЗ-22

Значення аргументів			Значення функції																																				
			x <sub>2</sub>	x <sub>1</sub>	x <sub>0</sub>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
0			0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	
0			0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	
0			1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1
0			1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0
1			0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1
1			0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1
1			1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0
1			1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1
Частота f, КГц			16	18	26	28	36	38	46	48	56	58	66	68	76	78	86	88	96	98	106	108	116	118	126	128	136	138	146	148	156	158	166	168	176				

### Для групи ПЗ-23

Значення аргументів			Значення функції																																
x <sub>2</sub>	x <sub>1</sub>	x <sub>0</sub>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1
0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0
0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1
0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0
1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1
1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0
1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1
Частота f, КГц			180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300	305	310	315	320	325	330	335	340

### Для групи ПЗ-24

Значення аргументів			Значення функції																																
x <sub>2</sub>	x <sub>1</sub>	x <sub>0</sub>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1
0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0
0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1
0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1
1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0
1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0
1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1
Частота f, КГц			10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170

### Для групи ПЗ-25

Значення аргументів			Значення функції																																
x <sub>2</sub>	x <sub>1</sub>	x <sub>0</sub>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1
0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0
0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1
0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0
1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1
1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1
Частота f, КГц			316	318	326	328	336	338	346	348	356	358	366	368	376	378	386	388	396	398	406	408	416	418	426	428	436	434	442	444	452	454	462	464	472

### Для групи ПЗ-26

Значення аргументів			Значення функції																																
x <sub>2</sub>	x <sub>1</sub>	x <sub>0</sub>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33
0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1
0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0
0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1
0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0
1	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1
1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1
1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	0
1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1
Частота f, КГц			224	228	232	236	240	244	248	252	256	260	264	268	272	276	280	284	288	292	296	300	304	308	312	316	320	324	328	332	336	340	344	348	352