

Вінницький національний технічний університет
Факультет інфокомунікацій, радіоелектроніки та наносистем
Кафедра радіотехніки

Система передачі інформації за допомогою генератора детермінованого хаосу на основі схеми Чуа

Магістерська кваліфікаційна робота за спеціальністю
172 – Телекомунікації та радіотехніка,
освітня програма – Радіотехніка

Розробив студент гр. ТКР-17м Дурицький О. М.
керівник – д.т.н., професор каф. РТ Осадчук В. С.

Вінниця ВНТУ 2019

Мета та задачі роботи

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота проводилася згідно з напрямками дослідження в рамках прикладних держбюджетних науково-дослідних робіт 32-Д-389 «Методи та пристрої формування, оброблення й вимірювання сигналів радіоінформаційних систем промислових і військових об'єктів» (номер державної реєстрації 0117U007139).

Метою роботи є теоретичне та експериментальне дослідження сигналів системи передачі інформації за допомогою генератора детермінованого хаосу на основі схеми Чуа.

Задачами магістерської кваліфікаційної роботи є:

- огляд математичної теорії класичного генератора детермінованого хаосу типу Чуа;
- огляд видів атракторів Чуа подібних динамічних систем та схем генераторів, що їх реалізують;
- комп'ютерне схемотехнічне моделювання динамічних процесів режиму детермінованого хаосу в генераторах Чуа на операційних підсилювачах;
- комп'ютерне схемотехнічне моделювання динамічних процесів режиму детермінованого хаосу в генераторах Чуа на біполярних транзисторах;
- отримання результатів експериментальних досліджень динамічних процесів режиму детермінованого хаосу в генераторах Чуа;
- проведення розрахунків економічної частини та розділу охорони праці.

Об'єкт і предмет досліджень, наукова та практична новизна

Об'єктом дослідження є процеси перетворення енергіє періодичних коливань у хаотичні коливання в електричних колах генераторів типу Чуа.

Предметом дослідження є часові та статистичні параметри і характеристики сигналів в електричних колах генераторів типу Чуа у режимі детермінованого хаосу.

Наукова новизна одержаних результатів – отримав подальший розвиток генератор детермінованого хаосу типу Чуа при реалізації на біполярних транзисторах.

Практична новизна одержаних результатів – полягає в отриманих нових результатів експериментальних і модельних досліджень електричних схем генераторів типу Чуа у режимі детермінованого хаосу.

Публікації результатів наукових досліджень. За темою досліджень автором опубліковано 1 статтю в збірнику праць XLVIII регіональної науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області (м. Вінниця, 13-15 березня 2019 року), а також 1 статтю в науковому фаховому виданні «Вчені записки Таврійського національного університету імені В.І. Вернадського. Серія: Технічні науки». Том 30 (69) № 2, 2019.

Класифікація мереж і систем бездротового зв'язку

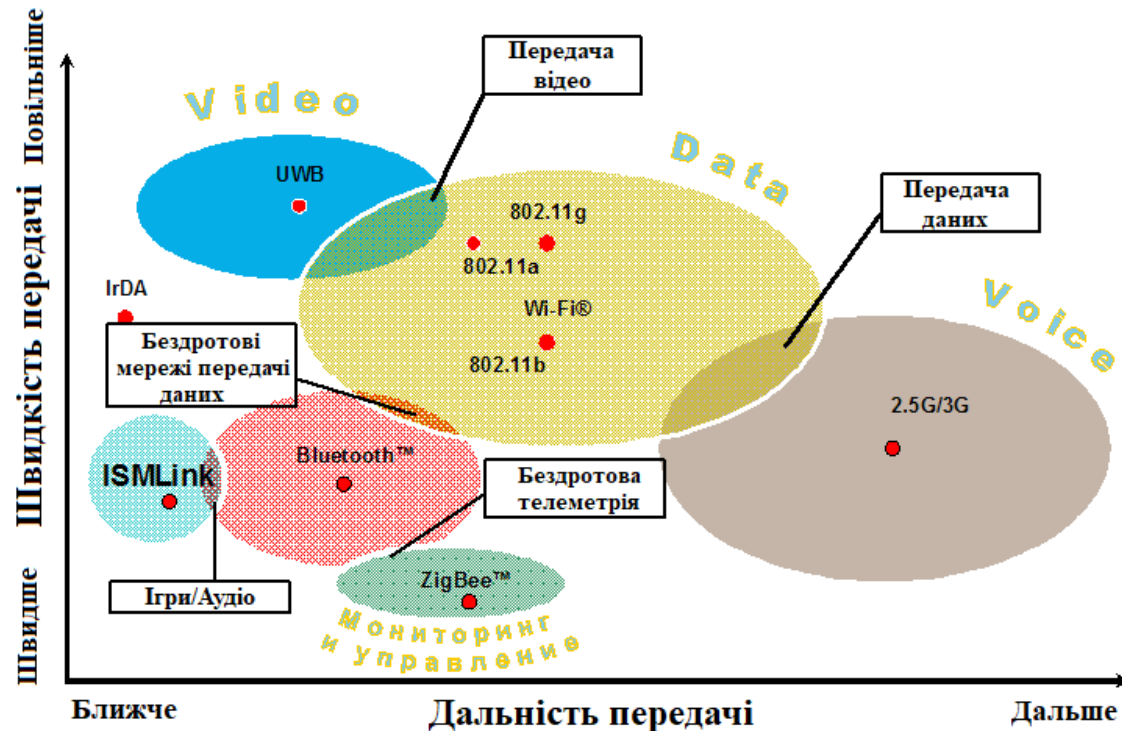
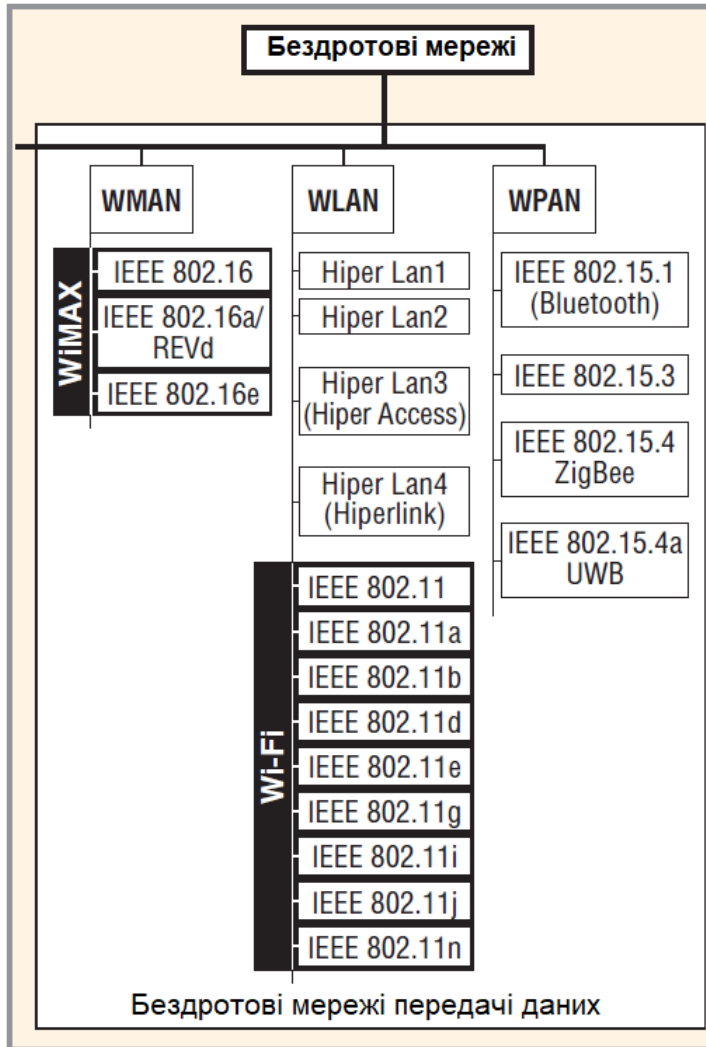


Рисунок Б.1 – Класифікація бездротових технологій

Рисунок Б.2 – Діаграма застосування мереж бездротової передачі даних

Класична математична модель генератора Чуа

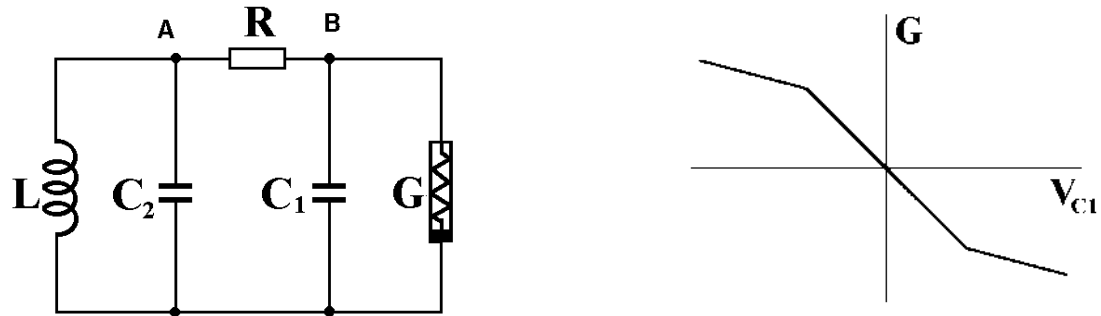


Рисунок 1 – Еквівалентна схема і статична ВАХ нелінійного елемента генератора Чуа

$$\begin{cases} \frac{dV_{C1}}{dt} = \frac{1}{RC_1}(V_{C2} - V_{C1}) - \frac{1}{C_1}G(V_{C1}), \\ \frac{dV_{C2}}{dt} = \frac{1}{RC_2}(V_{C1} - V_{C2}) + I_L, \\ \frac{dI_L}{dt} = -\frac{1}{L}V_{C2}, \end{cases} \quad \begin{cases} \frac{dx}{d\tau} = \alpha(y - f(x)), \\ \frac{dy}{d\tau} = x - y + z, \\ \frac{dz}{d\tau} = -\beta y. \end{cases}$$

де V_{C1} і V_{C2} напруги на конденсаторах C_1 і C_2 , I_L - струм, що протікає через котушку L , а

$$G(V_{C1}) = m_1 V_{C1} + 0.5(m_0 - m_1) \{ |V_{C1} + E| - |V_{C1} - E| \}.$$

$$x = V_{C1}/E, \quad y = V_{C2}/E, \quad z = I_L R/E, \quad \alpha = C_2/C_1, \quad \beta = R^2 C_2/L, \\ f(x) = V_{C1}/E + RG(V_{C1})/E.$$

Результати чисельного моделювання динаміки генератора детермінованого хаосу Чуа

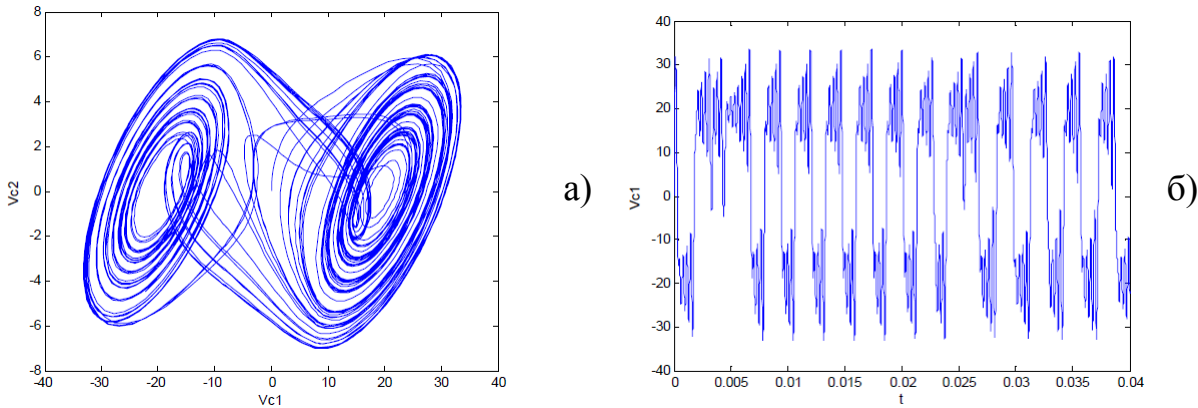


Рисунок В.1 – Фазовий портрет генератора Чуа з атрактором типу подвійний завиток (а) та часова діаграма генерованої хаотичної напруги (б)

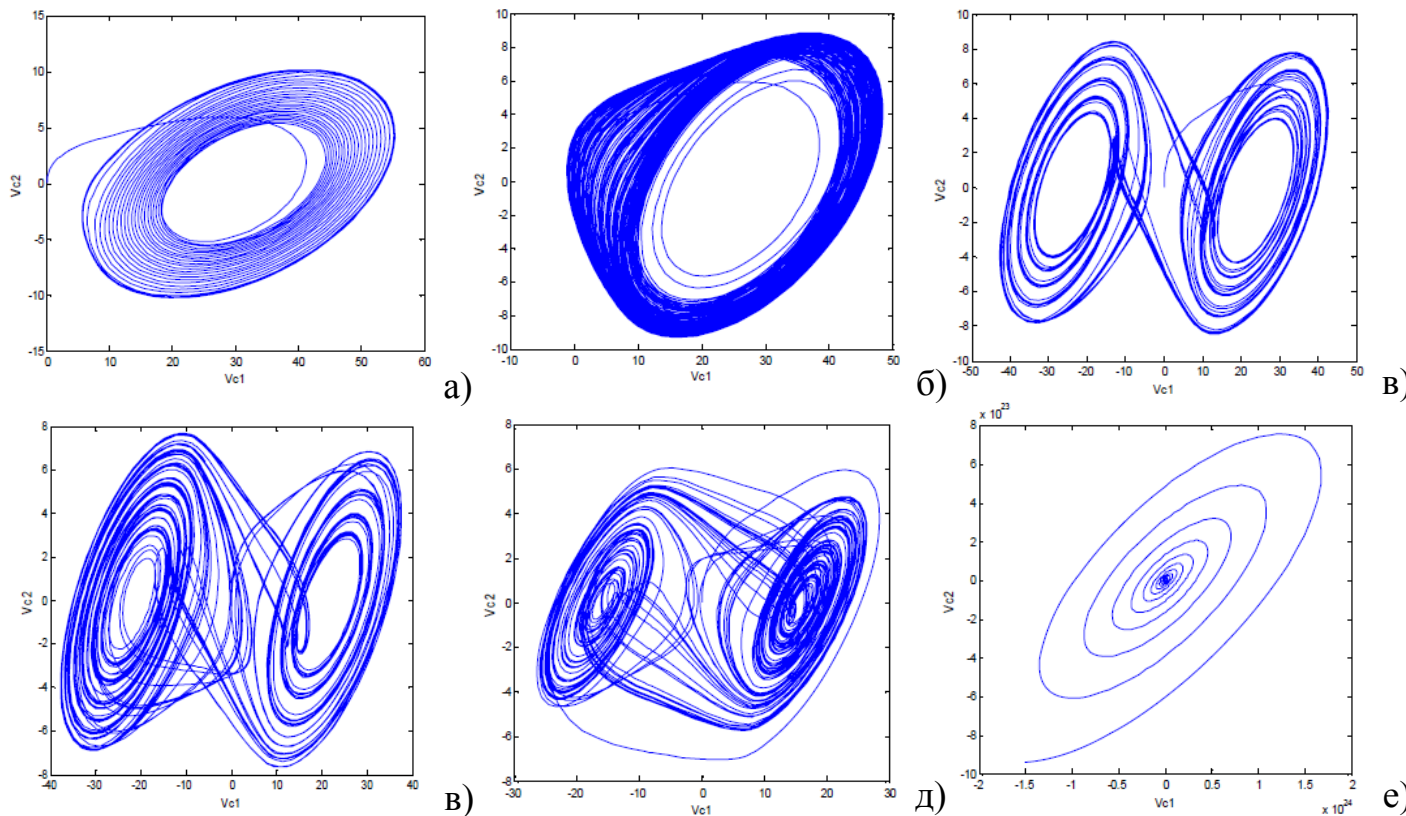
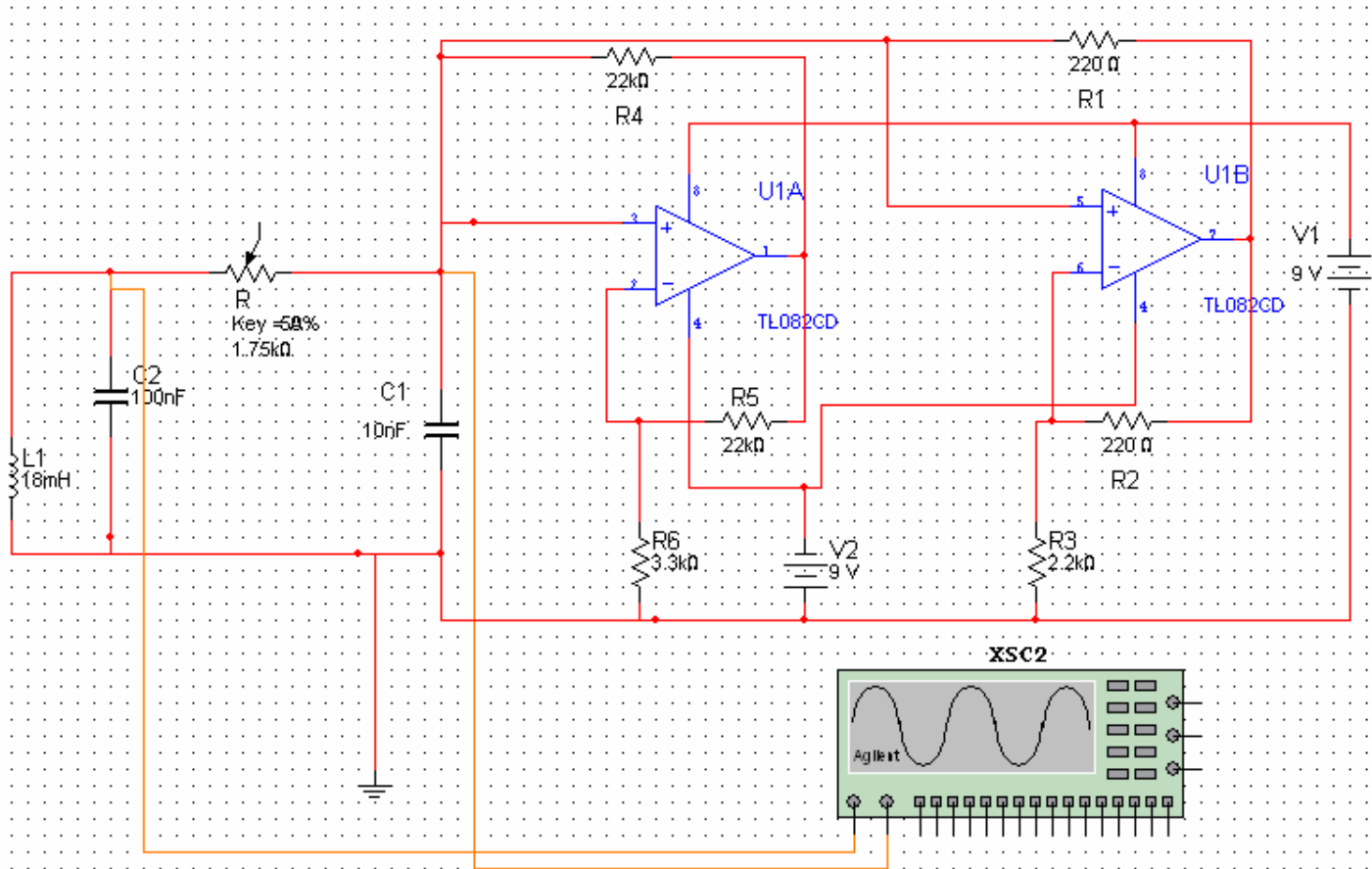


Рисунок В.2 – Результати чисельного моделювання. Типова біфуркаційна послідовність в контурі Чуа при різних значеннях опору резистора R: а) $R = 2$ кОм граничний цикл; б) $R = 1,95$ кОм атрактор типу Ресслера; в) $R = 1,9$ кОм атрактор типу подвійний завиток; г) $R = 1,85$ кОм атрактор типу подвійний завиток; д) $R = 1,7$ кОм, атрактор типу подвійний завиток; е) $R = 1,65$ кОм великий обмежувальний ЦИКЛ

Комп'ютерна схемотехнічна модель генератора детермінованого хаосу Чуа



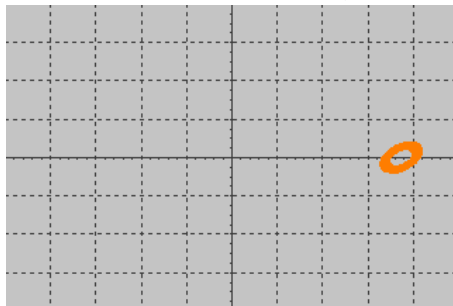
Результати комп'ютерного схемотехнічного моделювання генератора детермінованого хаосу Чуа

Рисунок Е.1 Результати моделювання при $R = 1,8 \text{ кОм}$:
 а) фазовий портрет генератора Чуа в площині напруг $V_{C2}-V_{C1}$;
 б) осцилограми хаотичної напруги V_{C1}

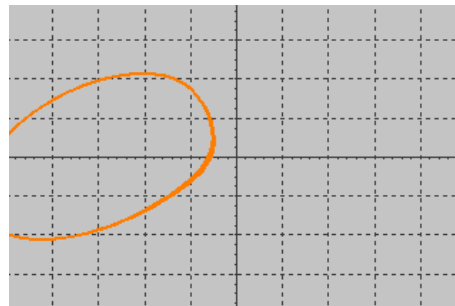


а)

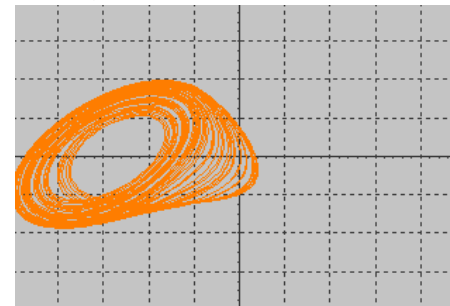
б)



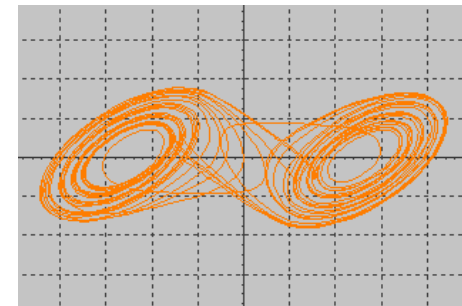
а) $R = 2,00 \text{ кОм}$



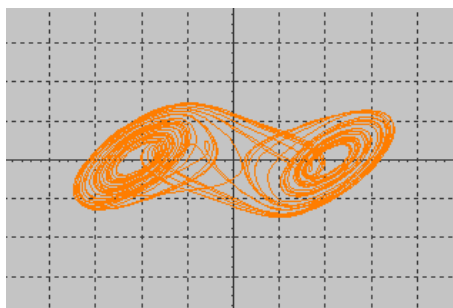
б) $R = 1,95 \text{ кОм}$



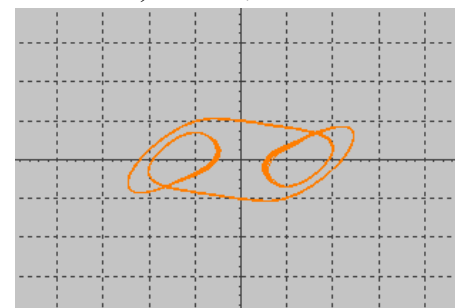
в) $R = 1,90 \text{ кОм}$



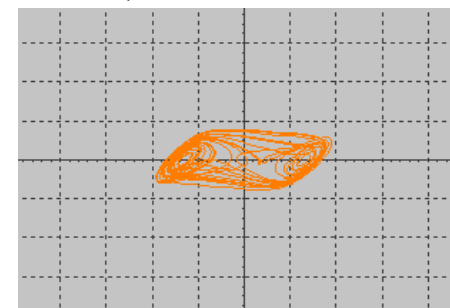
г) $R = 1,85 \text{ кОм}$



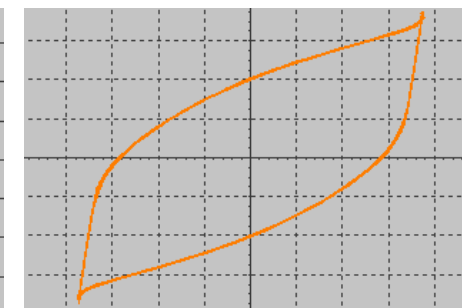
д) $R = 1,75 \text{ кОм}$



е) $R = 1,60 \text{ кОм}$



ж) $R = 1,50 \text{ кОм}$



з) $R = 1,45 \text{ кОм}$

Рисунок Е.2 – Результати моделювання схеми генератора Чуа в програмі Multisim: типова послідовність біфуркацій в генераторі Чуа при різних значеннях опору резистора R

Результати експериментальних досліджень динаміки генератора Чуа



а)



б)

Рисунок Ж.1 – Світлини експериментального макету генератора Чуа: а) схема; б) реалізації плати

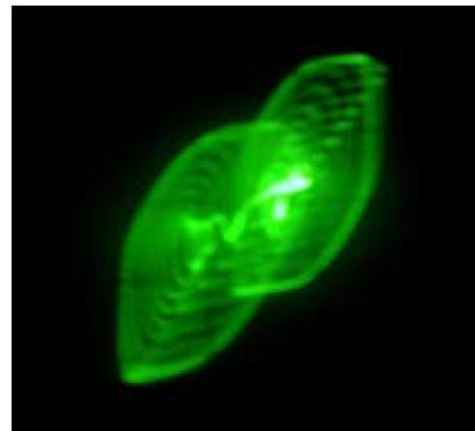
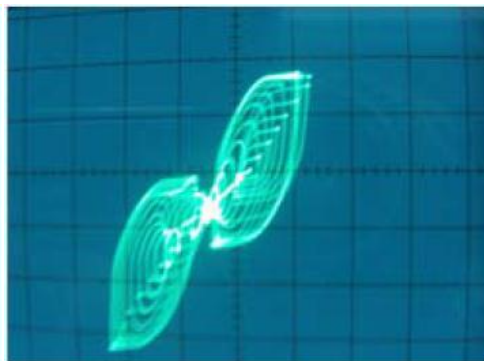


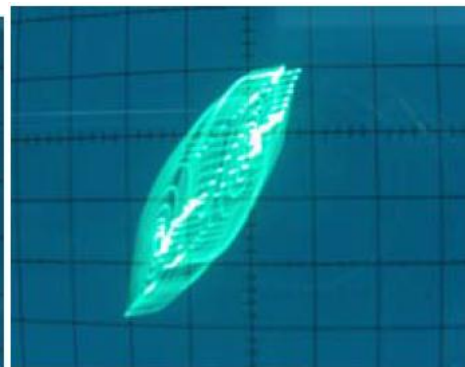
Рисунок Ж.2 – Фазовий портрет генератора Чуа з атрактором типу подвійний завиток у площині хаотичних напруг $V_{C2} - V_{C1}$



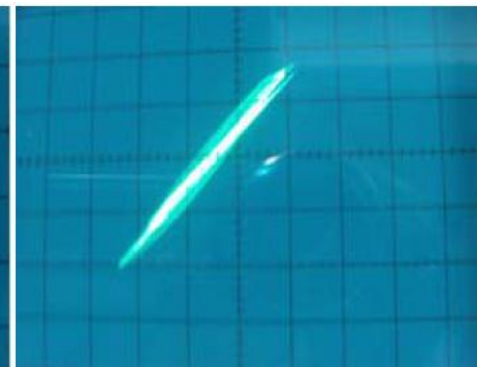
а) $R = 1,44 \text{ кОм}$



а) $R = 1,25 \text{ кОм}$



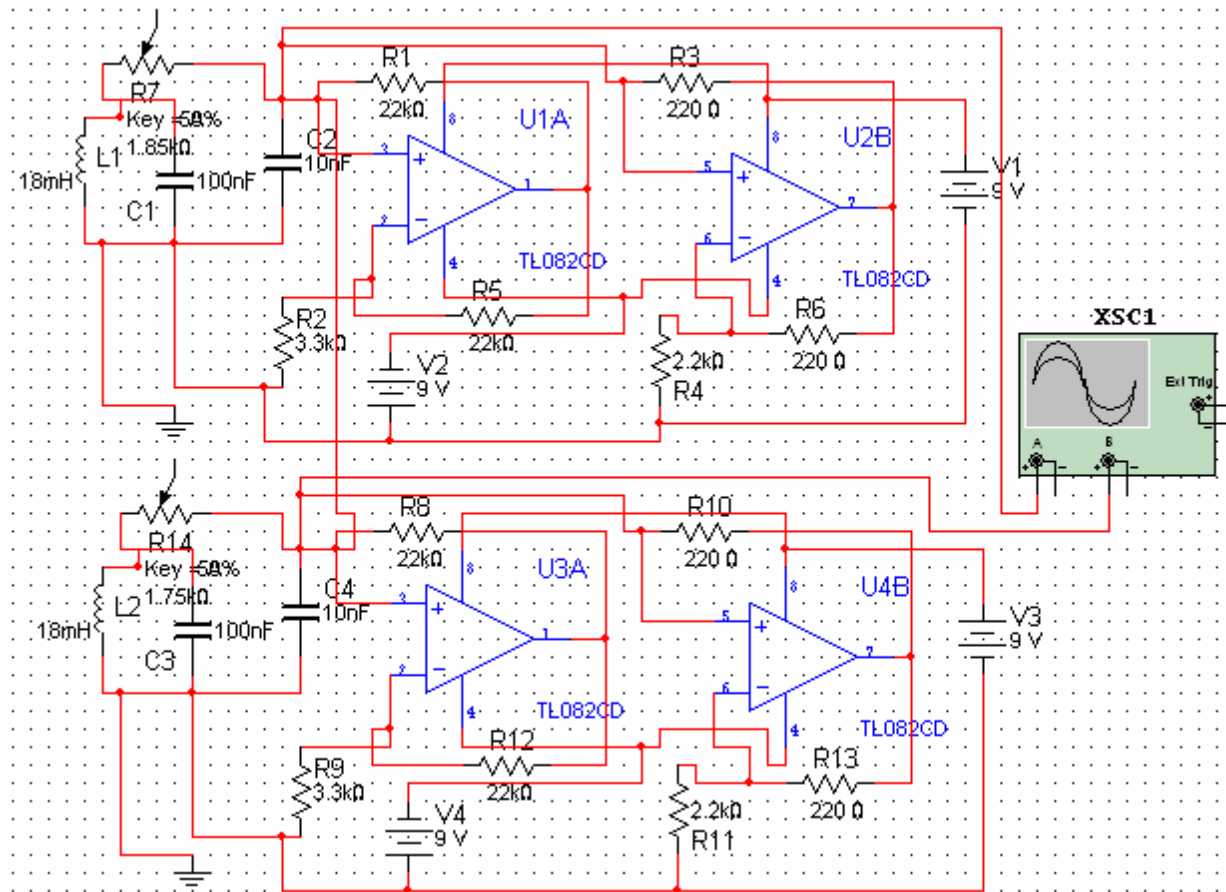
а) $R = 1,07 \text{ кОм}$



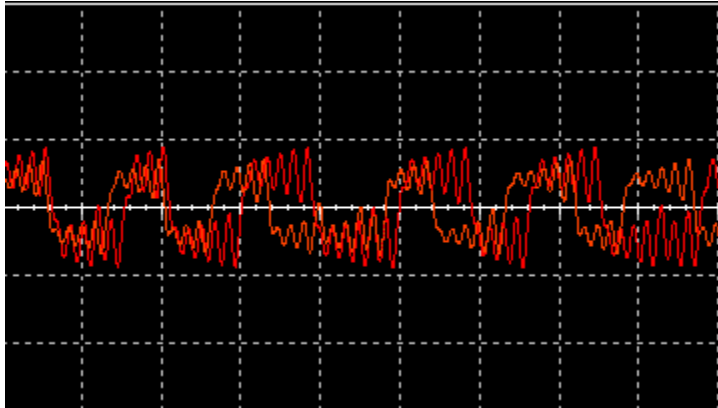
а) $R = 0,32 \text{ кОм}$

Рисунок Ж.3 – Типова біфуркаційних послідовність у схемі генератора Чуа при різних значеннях опору резистора R

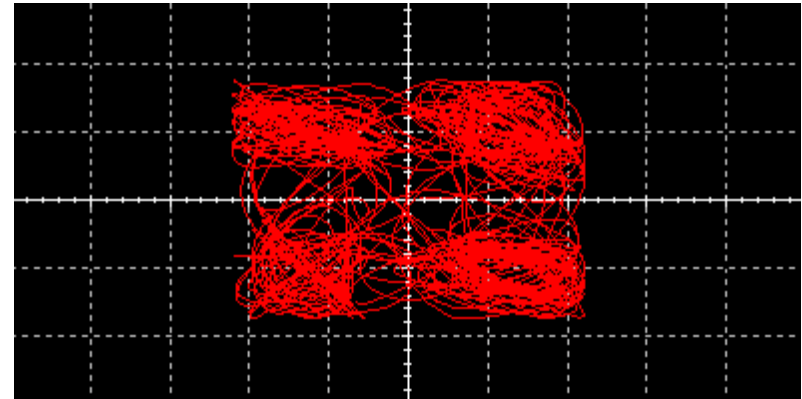
Комп'ютерна схемотехнічна модель синхронізованих генераторів детермінованого хаосу Чуа



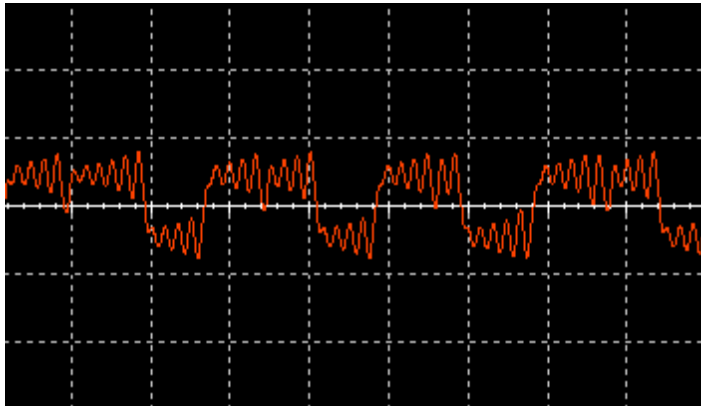
Результати комп'ютерного схемотехнічного моделювання синхронізованих генераторів детермінованого хаосу Чуа



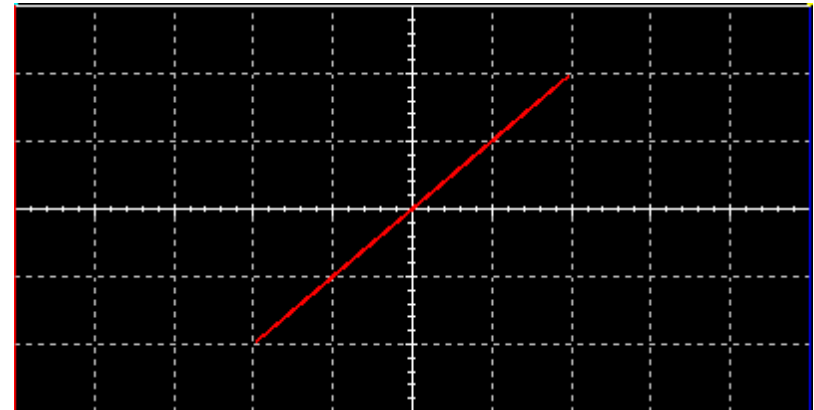
а)



б)



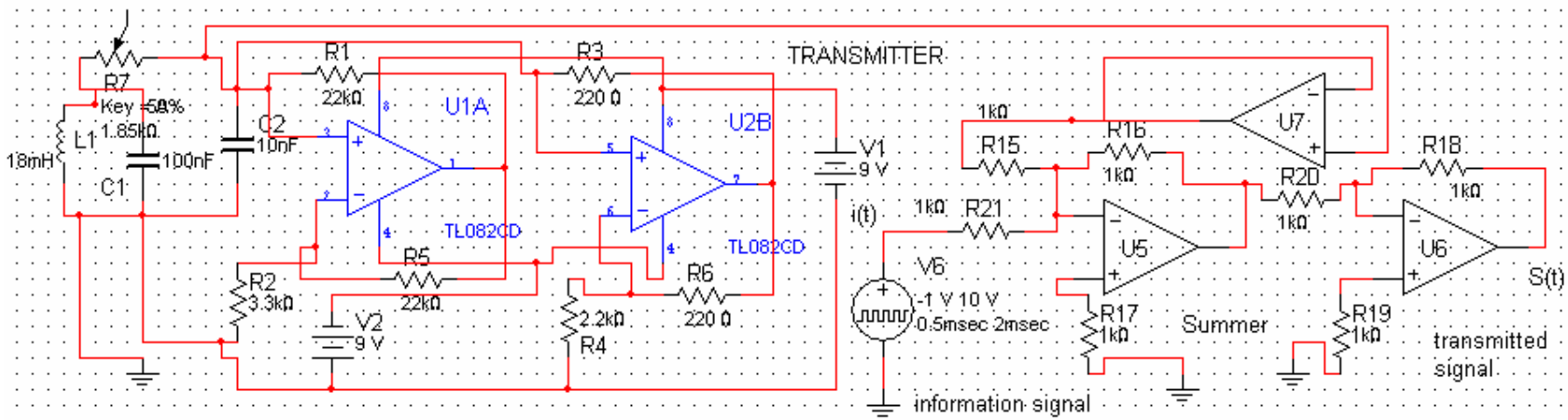
в)



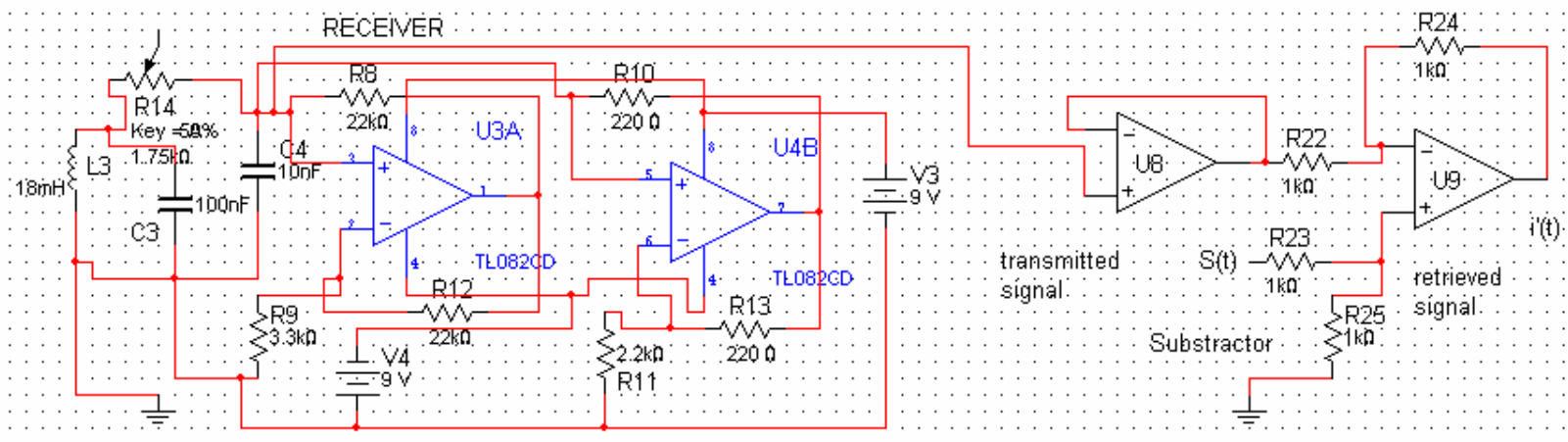
г)

Рисунок К.1 – Результати моделювання в MultiSIM: а) хаотичні сигнали системи ведучого та веденого генераторів перед синхронізацією; б) фазовий портрет несинхронізованого випадку; в) хаотичні сигнали ведучого і веденого генераторів Чуа після синхронізації; г) фігура Ліссажу режиму синхронізації

Комп'ютерна схемотехнічна модель застосування генераторів Чуа для систем прихованого зв'язку



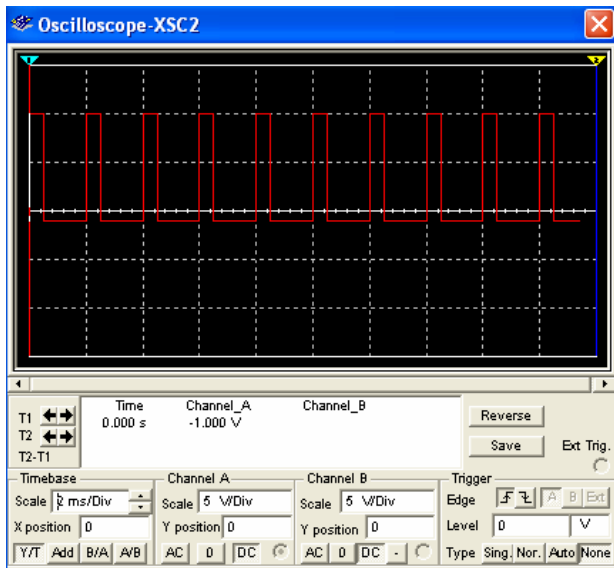
a)



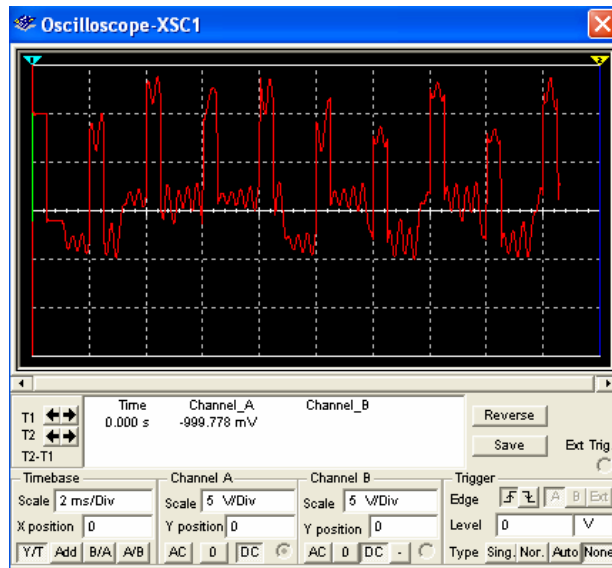
b)

Рисунок Л.1 – Електричні схеми генераторів Чуа у складі блоків системи прихованого передавання інформації: а) схема передавача, б) схема приймача

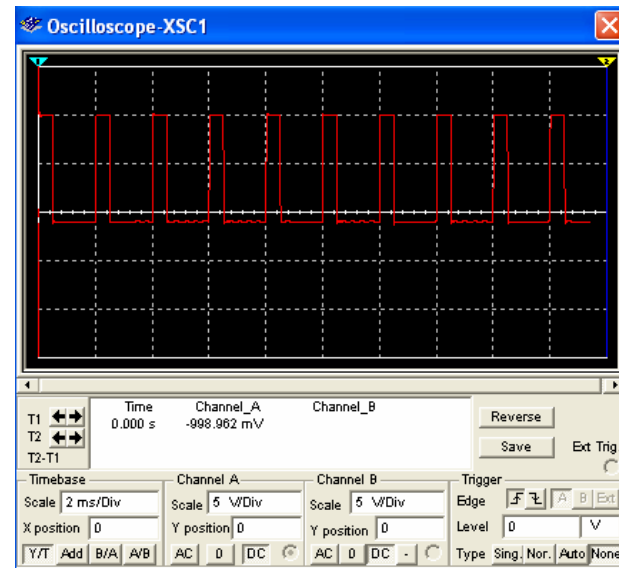
Результати моделювання системи прихованого передавання інформації з використанням генератора детермінованого хаосу Чуа



а)



б)



в)

Рисунок М.1 – Результати моделювання системи прихованого передавання інформації з використанням генератора детермінованого хаосу Чуа: а) інформаційний сигнал $i(t)$; б) хаотичне маскування сигналу, що передається $S(t)$; в) відновлений інформаційний сигнал у приймачі $i'(t)$

Доповідь завершена.

Дякую за увагу!