

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

Розробив студент гр. РТ-17мі Куляс Р. О.
керівник – к.т.н., професор каф. РТ Семенов А. О.

Вінниця ВНТУ 2019

Мета та задачі роботи

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.

Апробація результатів роботи. Основні ідеї роботи доповідалися та обговорювалися на XLVII регіональна науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, співробітників та студентів університету з участю працівників науково-дослідних організацій та інженерно-технічних працівників підприємств м. Вінниці та області (м. Вінниця, 9-10 березня 2017).

Класична математична модель генератору Чуа

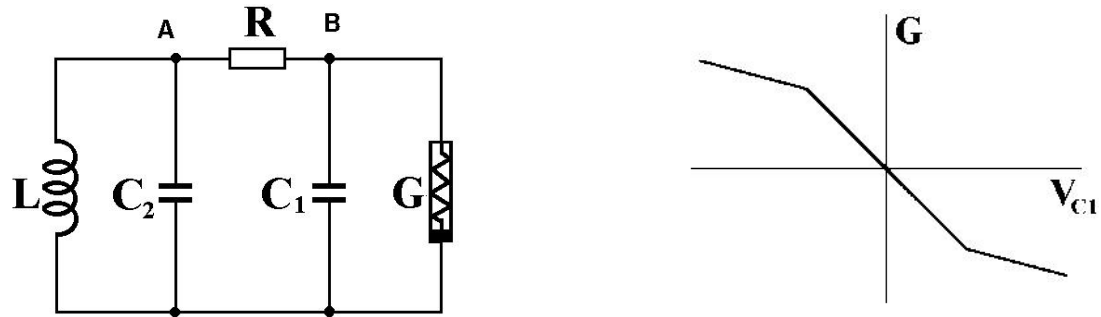


Рисунок 1 – Еквівалентна схема і статична ВАХ нелінійного елемента генератору Чуа

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

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 чисельних розрахунків генератора Чуа в режимі хаотичних КОЛИВАНЬ

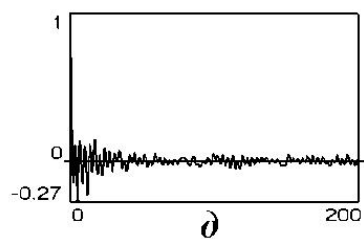
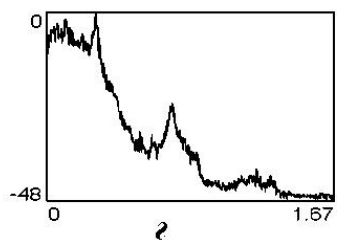
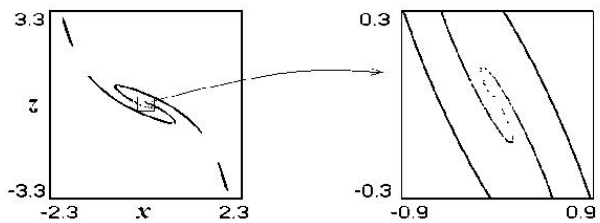
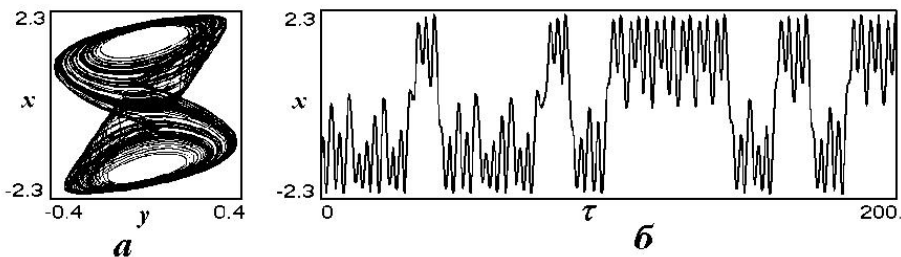


Рисунок 1 – Вигляд об'єднаного атрактору хаотичних коливань типу «подвійний завиток» (*double scroll*): фазовий портрет (а), вид коливань (б), відображення Пуанкаре (в), спектр потужності (г), автокорреляційна функція (д)

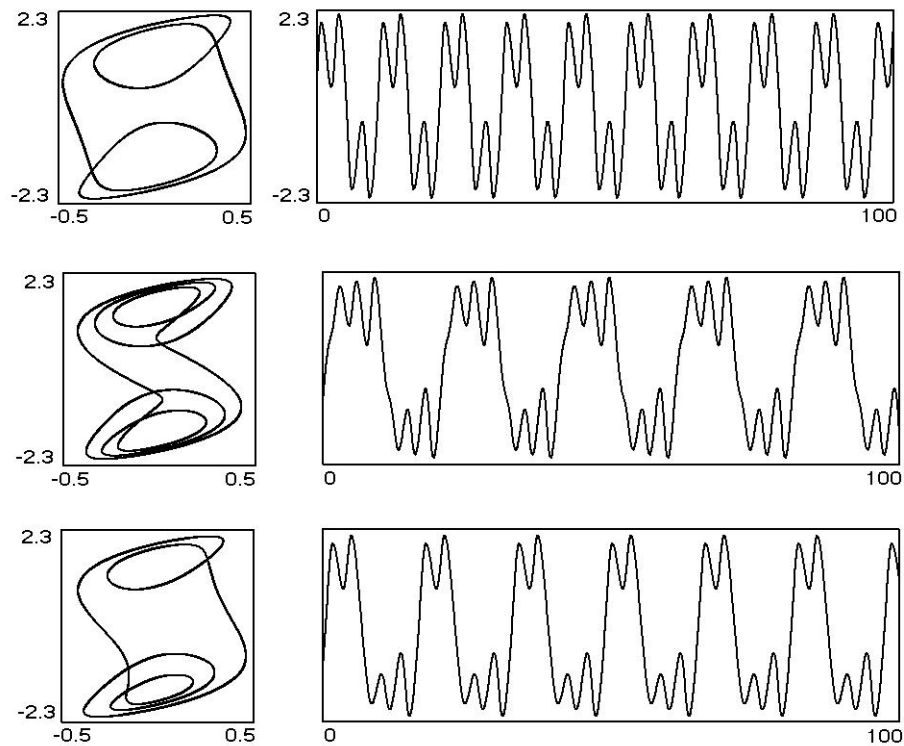


Рисунок 2 – Фазові портрети циклів дивного атрактору типу «подвійний завиток»

Результати математичного моделювання генератора Чуа в режимі хаотичних коливань

$$c1 := 9 \quad c2 := 14.3 \quad c3 := -1.1 \quad c4 := 0.28 \quad f(z) := (c3 - c4) \cdot (|z + 1| - |z - 1|)$$

$$x := \begin{pmatrix} 0.1 \\ 0.1 \\ 0.1 \end{pmatrix} \quad \underline{\underline{F}}(t, x) := \begin{bmatrix} c1 \cdot [x_1 - c4 \cdot x_0 - (c3 - c4) \cdot (|x_0 + 1| - |x_0 - 1|)] \\ x_0 - x_1 + x_2 \\ -c2 \cdot x_1 \end{bmatrix}$$

$$X := \text{rftfixed}(x, 0, 100, 2047, F)$$

$$\underline{\underline{T}} := X^{(0)}$$

$$f(z) := (c3 - c4) \cdot (|z + 1| - |z - 1|)$$

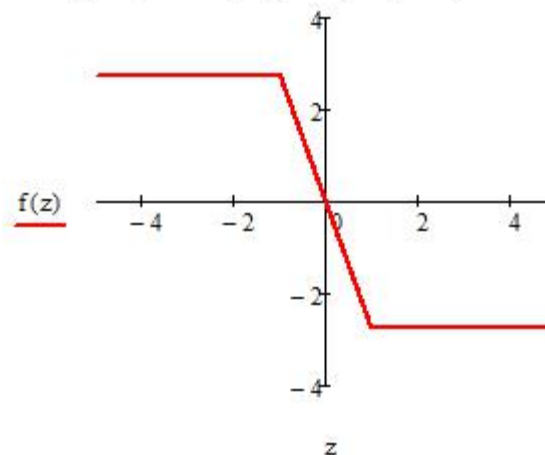


Рисунок 1 – Лістинг програми в програмі MathCad 15.0

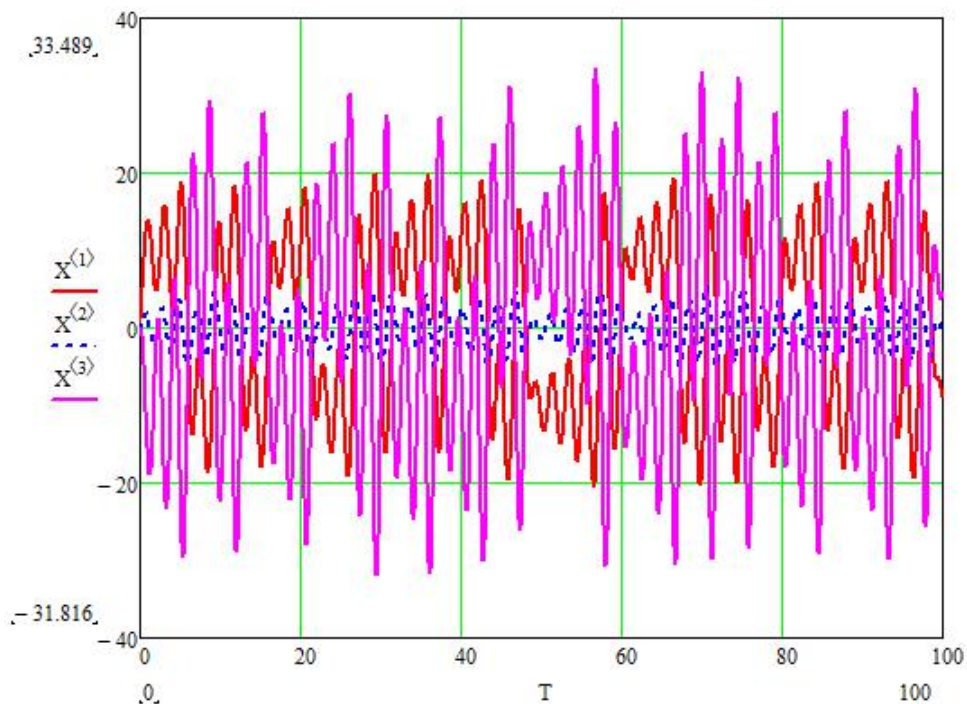
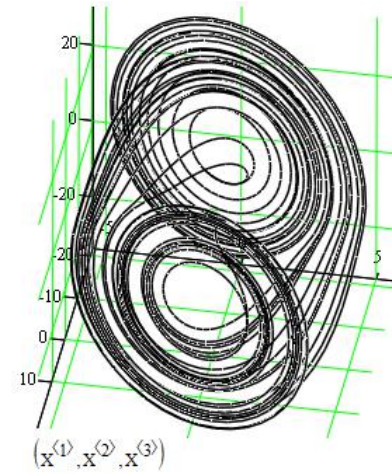
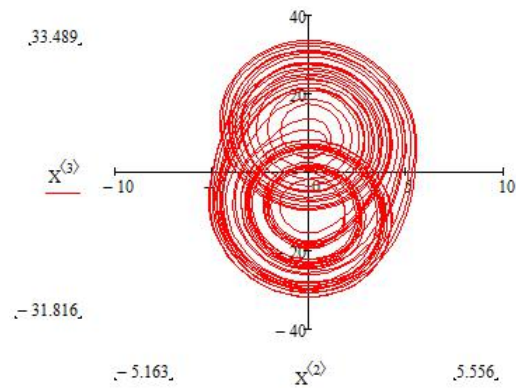
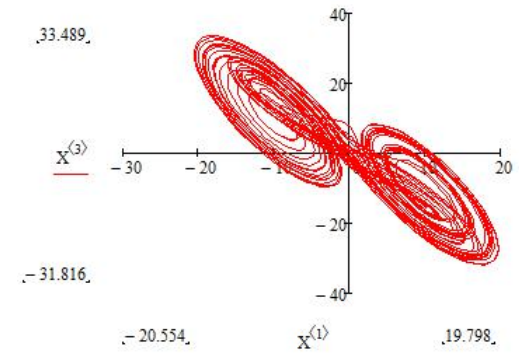
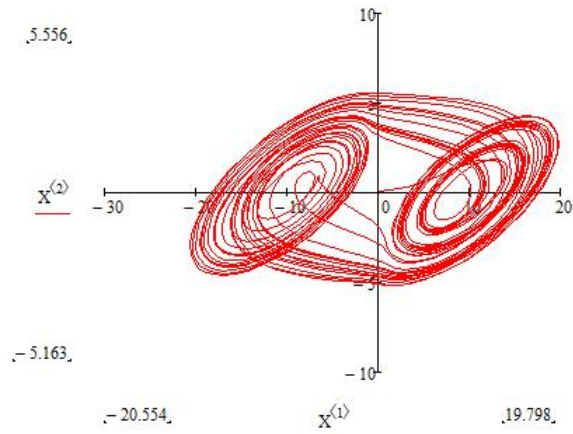


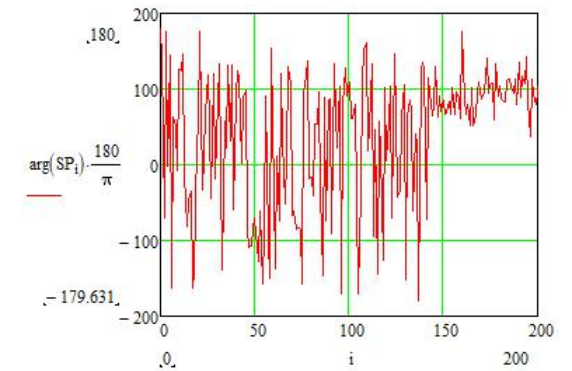
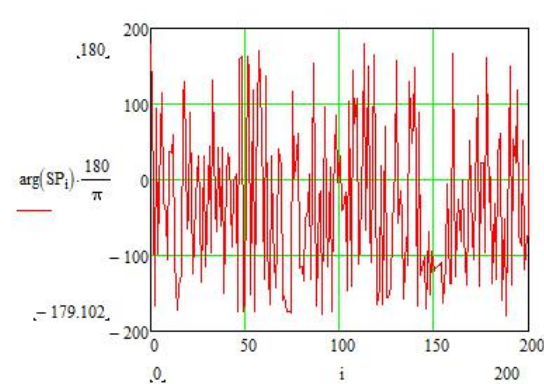
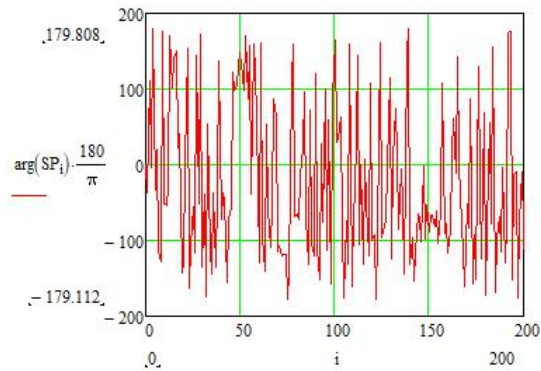
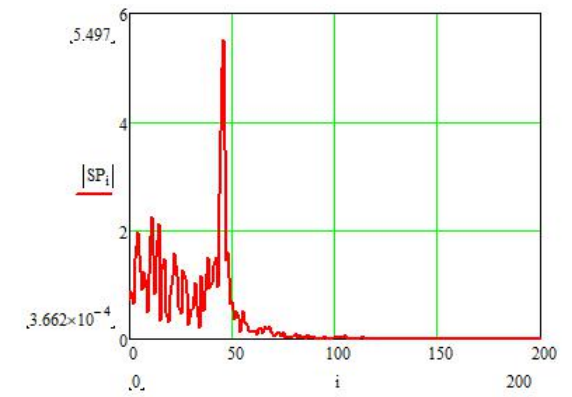
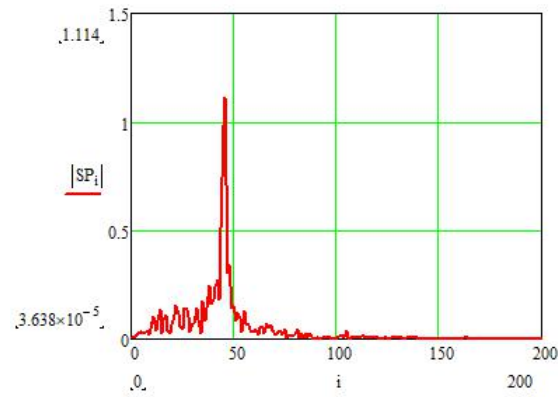
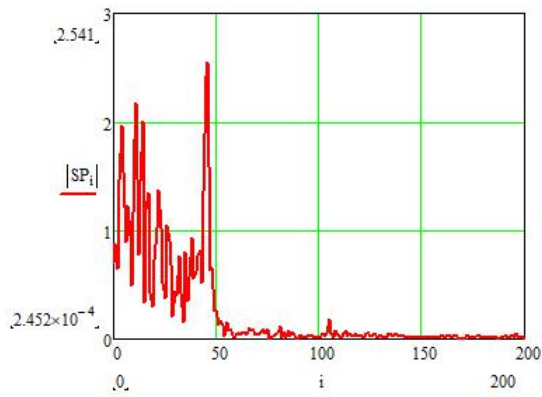
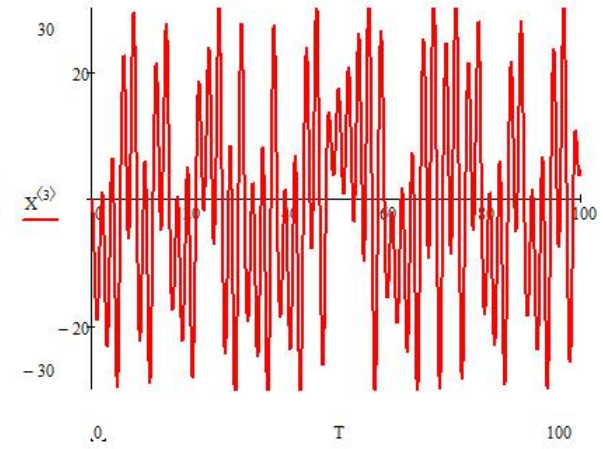
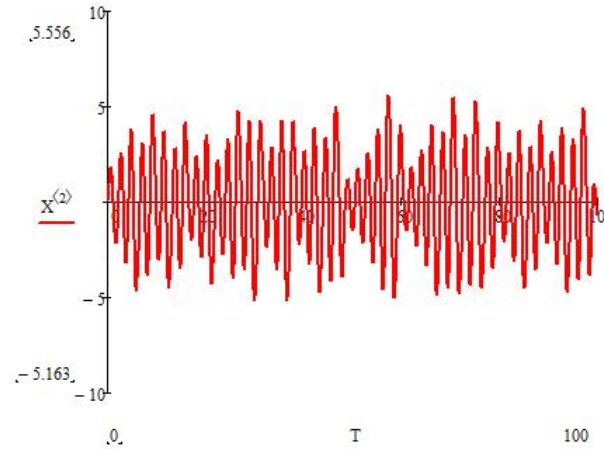
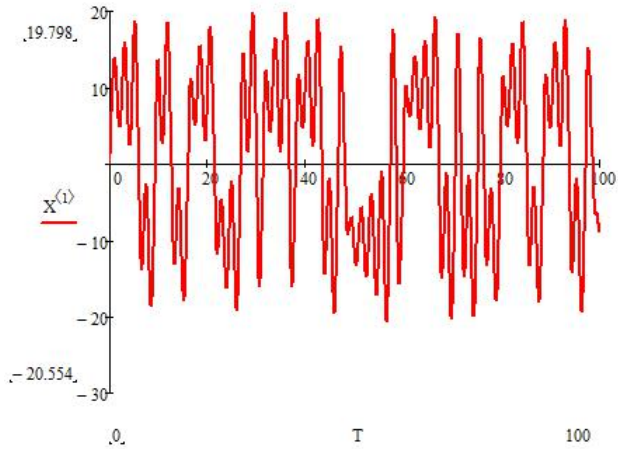
Рисунок 2 - Графік кусково-лінійної функції апроксимації прохідної ВАХ активного елементу генератора Чуа

Рисунок 3 – Суміщена часова діаграма генерованих хаотичних коливань у нормованому часі

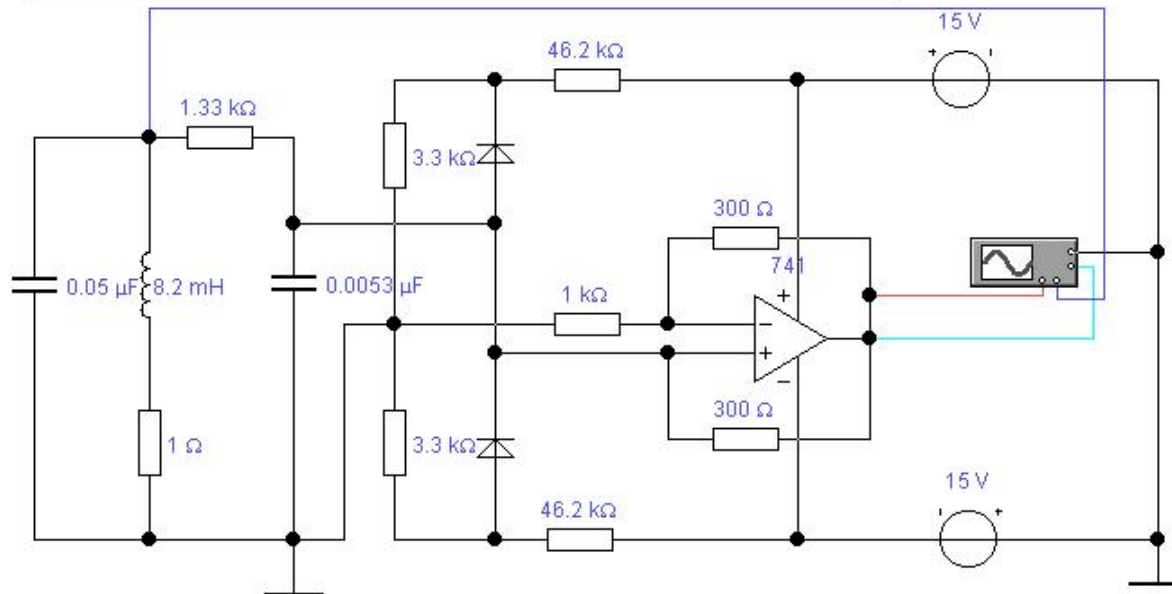
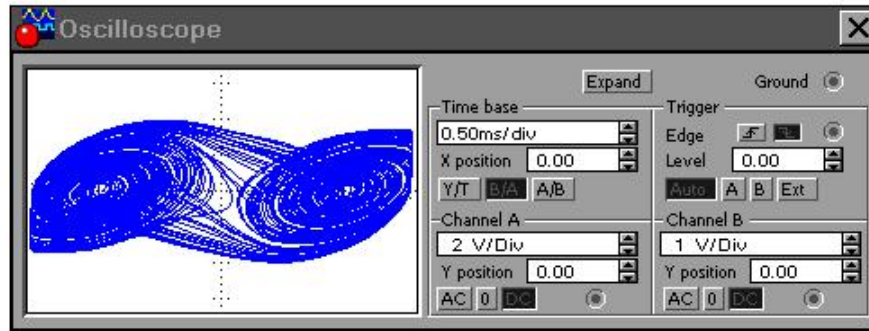
Фазові портрети генератора Чуа



Часові діаграми, амплітудо-частотний та фазо-частотний спектри коливань



Варіант схемотехнічної реалізації генератора Чуа на ОП та результат моделювання хаотичного режиму його роботи



Варіант схемотехнічної реалізації генератора Чуа на біполярних транзисторах

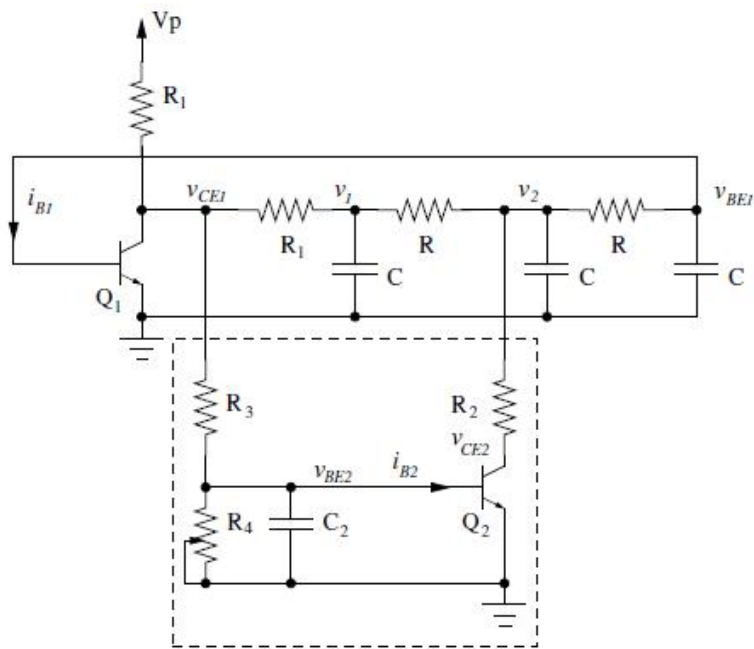


Рисунок 1 – Електрична схема простого RC-генератора хаосу типу Чуа на двох біполярних транзисторах

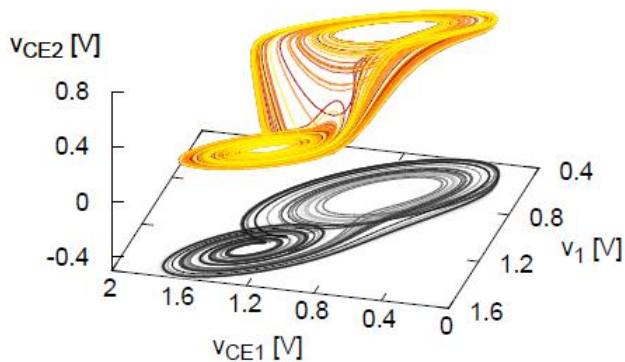


Рисунок 2 – Тривимірний вигляд хаотичного атратора

У нормованих змінних математична модель генератора має вигляд

$$\begin{cases} \dot{x} = -2x - 1 + y + a - h_a(z, 1 + a + z), \\ \dot{y} = -2y + x + z - h_\beta(u, 2/3(y + 1)), \\ \dot{z} = -z + y, \\ \tau \dot{u} = -ub - b + \frac{a}{2} + \frac{1}{2} + \frac{x}{2} - \frac{1}{2} h_a(z, 1 + a + z), \end{cases}$$

де рівняння нормованих змінних

$$x = \frac{v_1 - V_T}{V_T}, \quad y = \frac{v_2 - V_T}{V_T}, \quad z = \frac{v_{BE1} - V_T}{V_T}, \quad u = \frac{v_{BE2} - V_T}{V_T},$$

а рівняння коефіцієнтів динамічної системи

$$a = \frac{V_p}{V_T} = \frac{5}{0.6}, \quad b = 1 + \frac{R_3}{R_4}, \quad \alpha = G_{M1} R_1 = 80, \quad \beta = G_{M2} R = 10.$$

Результати комп'ютерного схемотехнічного моделювання простого RC-генератора хаосу типу Чуа на двох біполярних транзисторах

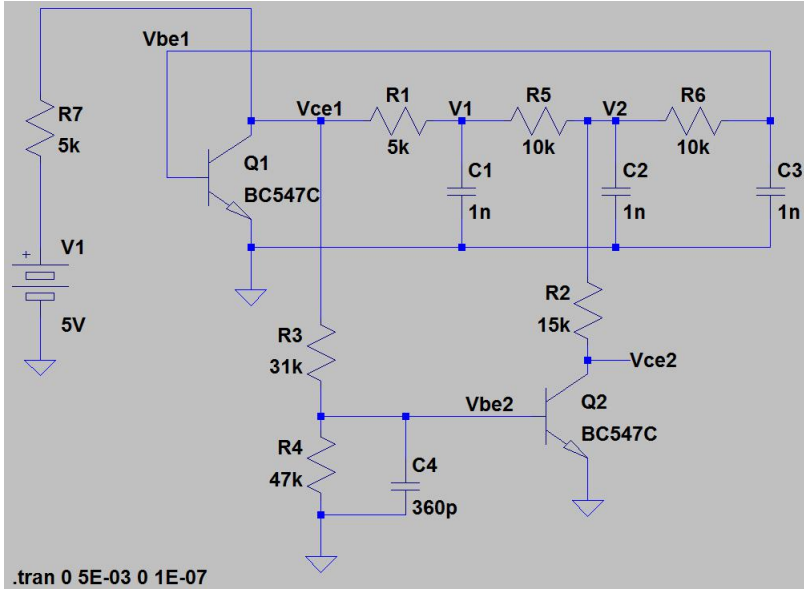


Рисунок 1 – Електрична схема простого RC-генератора хаосу типу Чуа на двох біполярних транзисторах у пакеті програм LTspice

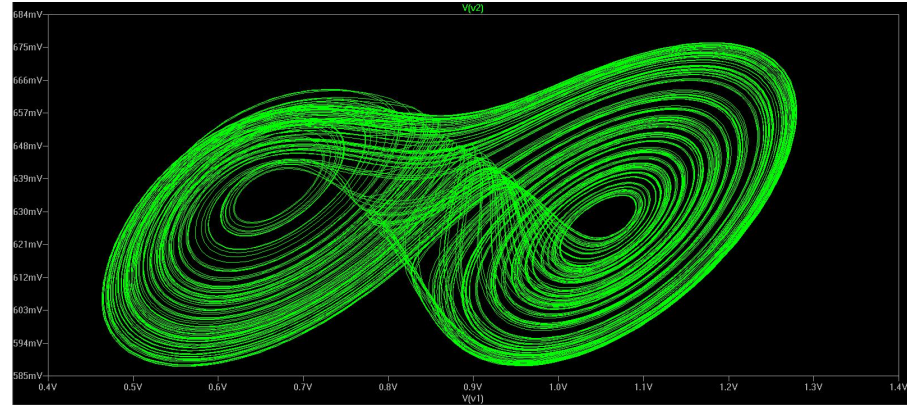


Рисунок 2 – Фазові портрети простого RC-генератора хаосу типу Чуа на двох біполярних транзисторах у площинах напруг $v_1 - v_2$

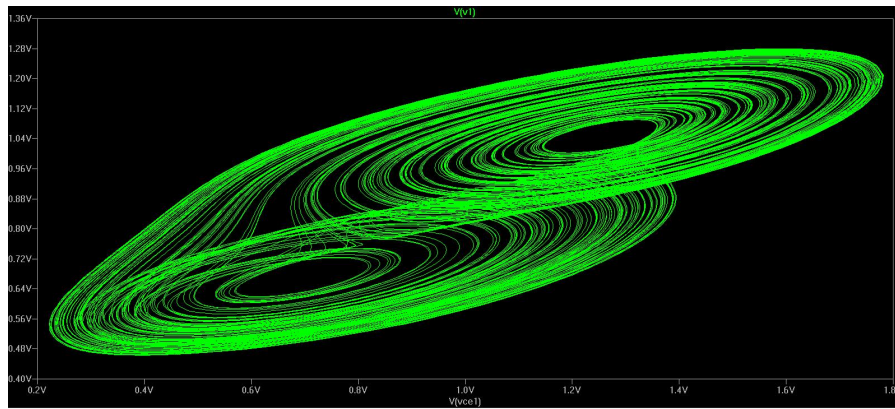


Рисунок 3 – Фазові портрети простого RC-генератора хаосу типу Чуа на двох біполярних транзисторах у площинах напруг $v_{CE1} - v_1$

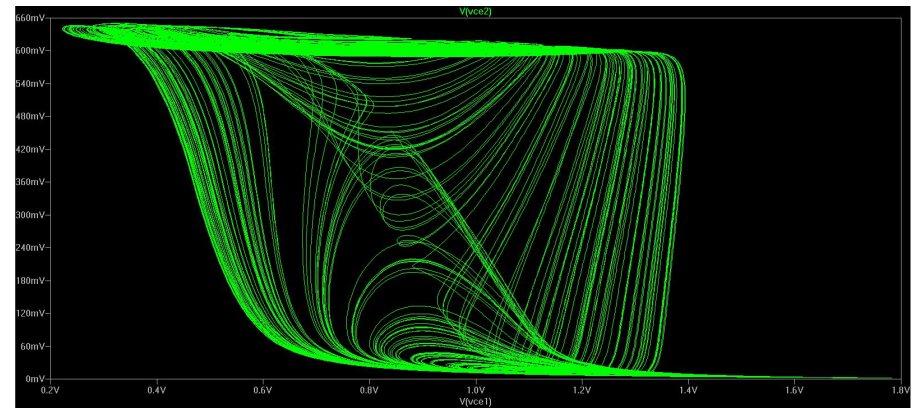


Рисунок 4 – Фазові портрети простого RC-генератора хаосу типу Чуа на двох біполярних транзисторах у площинах напруг $v_{CE1} - v_{CE2}$

Структура система передачі інформації за допомогою генератора детермінованого хаосу на основі схеми Чуа

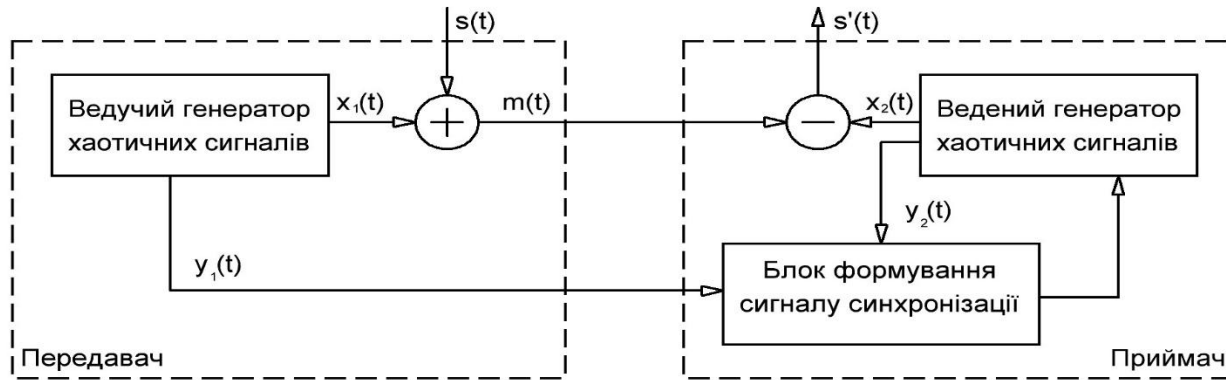


Рисунок 1 - Структурна схема системи передачі інформації за допомогою генератора детермінованого хаосу на основі схеми Чуа

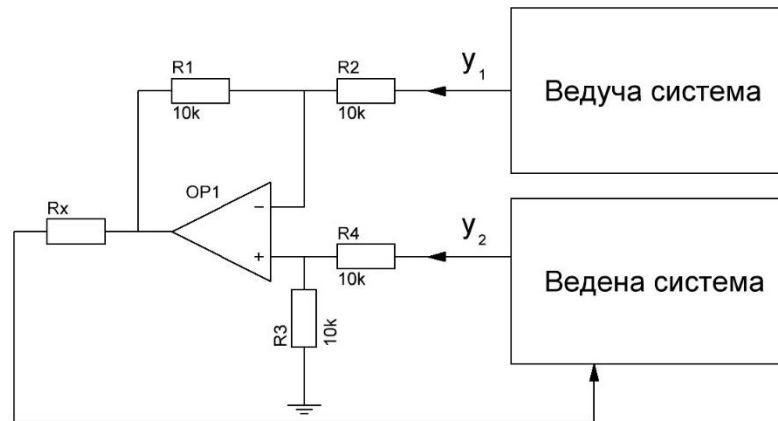


Рисунок 2 - Структурна схема пристрою синхронізації системи передачі інформації за допомогою генератора детермінованого хаосу на основі схеми Чуа

Доповідь завершена.

Дякую за увагу!