

ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕКТРОННОГО КОМУТАТОРА ДЛЯ ОДНОЧАСНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ КІЛЬКОХ АТРАКТОРІВ НА ЕКРАНІ ДВОКАНАЛЬНОГО ОСЦИЛОГРАФА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглядається можливість використання простого електронного комутатора для відображення відразу декількох атракторів на екрані двоканального осцилографа, переведеного в режим X-Y. Принцип ілюструється за допомогою відображення фігур Ліссажу в програмі Proteus і моделюванням генератору динамічного хаосу. Визначені обмеження і можливі вдосконалення такого підходу відображення атракторів.

Ключові слова: динамічний хаос, атрактор, генератор, фазова площина, пристрій, сигнал, моделювання.

Abstract

The paper considers the possibility of using a simple electronic switch to display several attractors simultaneously on the screen of a two-channel oscilloscope switched to X-Y mode. The principle is illustrated by displaying Lissajous figures in the Proteus program and modeling a dynamic chaos generator. The limitations and possible improvements of this approach to displaying attractors are identified.

Keywords: dynamic chaos, attractor, generator, phase plane, device, signal, simulation.

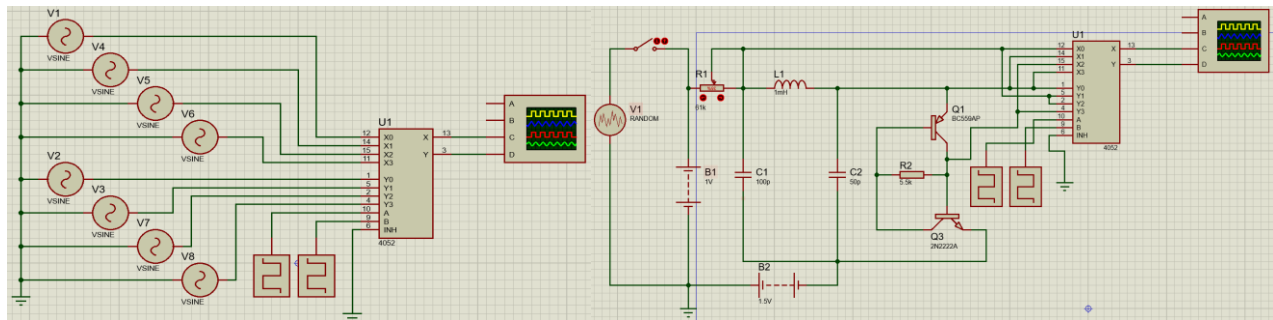
Вступ

З появою цифрових осцилографів проблема недостатньої кількості каналів для одночасного спостереження великої кількості сигналів відійшла у минуле. Доступні цифрові осцилографи на 2, 4, 8 каналів, деякі з них не мають екрану але містять логічні аналізатори на 16 і більше каналів (наприклад серія приставок PicoScope). Звісно, зі збільшенням каналів і кількістю вибірок на секунду, зростає і їх ціна. Також, при малій кількості вибірок на секунду, атрактори можуть відображатися з втратою інформації, а траєкторії перетворюються з плавних на набір прямих відрізків. Тому зазвичай використовуються аналогові осцилографи в режимі X-Y, які відображають неперервну траєкторію і мають ефект післясвітіння люмінофору, тому дрібні деталі атрактору не втрачаються. Вони поділяються на одно- і двопробеневі, які в свою чергу на одно-, дво- і багатоканальні. Однопробеневі осцилографи з двома каналами найбільш розповсюджені. Це означає що для відображення двох сигналів використовується електронний комутатор, який послідовно або по чергові перемикає входи на вихід (електронно пробеневу трубку). Зазвичай на такому осцилографі можна відобразити один атрактор. Існують моделі з двома променями, які мають два блоки вертикального відхилення і в них можна відобразити два атрактори одночасно. Приставки, які розширюють кількість каналів, як окремі прилади, випускалися до 70-их років минулого століття і були розраховані на низьку частоту, через доступну елементну базу [1]. Необхідність в них відпала з появою цифрових осцилографів через їх доступність і більшу кількість каналів, а також тому що перемикання між каналами стає дуже помітним на цифрових приладах. Але з появою високошвидкісних аналогових мультиплексорів з'явилася можливість відображати декілька атракторів одночасно на екрані двоканального осцилографа.

Результати дослідження

Для ілюстрації даного підходу було проведено моделювання в симуляторі електронних схем – Proteus. В якості мультиплексора було обрано мікросхему CD4052 (максимальна частота 35 МГц), два часових генератора керують попарним відкриттям каналів, при цьому частота одного 110 Гц, іншого 60 Гц, при таких частотах одночасно без мерехтіння видно 4 фігури. А у випадку генератора динамічного хаосу частоти складають 220 і 120 Гц, мерехтіння помітно. На рисунку 1 (а, б)

зображено дві схеми, на першій наведено випадок для одночасного відображення 4 фігур Ліссажу за допомогою двоканального осцилографу. Для кожного генератора додана постійна складова (комбінації напруг величиною 2В і -2В) для рознесення фігур по екрану осцилографу. Частоти складають 1 і 2, 6 і 3, 1.5 і 4.5, 1.25 і 3 кГц.



(a)

(б)

Рисунок 1 – Схеми підготовлені до моделювання у програмі Proteus, випадок фігур Ліссажу (а), випадок генератора динамічного хаосу (б)

Друга схема являє собою генератор динамічного хаосу описаний в роботі [2], на рисунку 2 наведені три сигнали зняті зі схеми при напрузі живлення першого джерела - 1В і другого - 1.5В, для запуску схеми додано генератор шуму V1, після подачі короткого сигналу перемикач розмикається і надалі схема працює самостійно. За допомогою потенціометра R1 можна спостерігати динаміку системи і перехід від граничного циклу до хаотичного режиму. На рисунку 3 (а, б) зображені фігури Ліссажу з першої схеми і атрактор з другої з різних сторін.

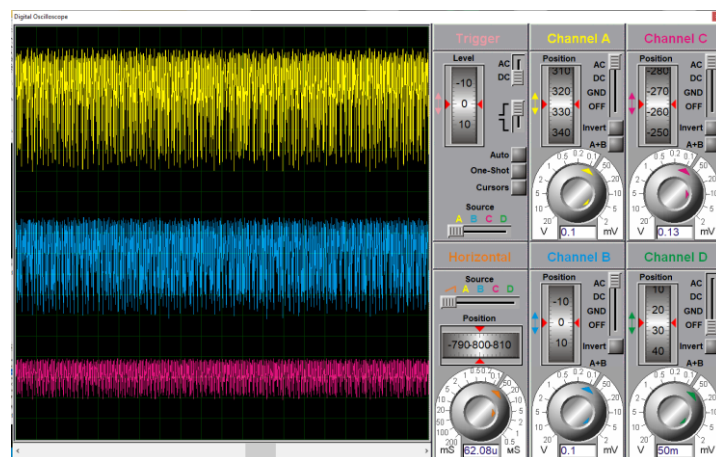
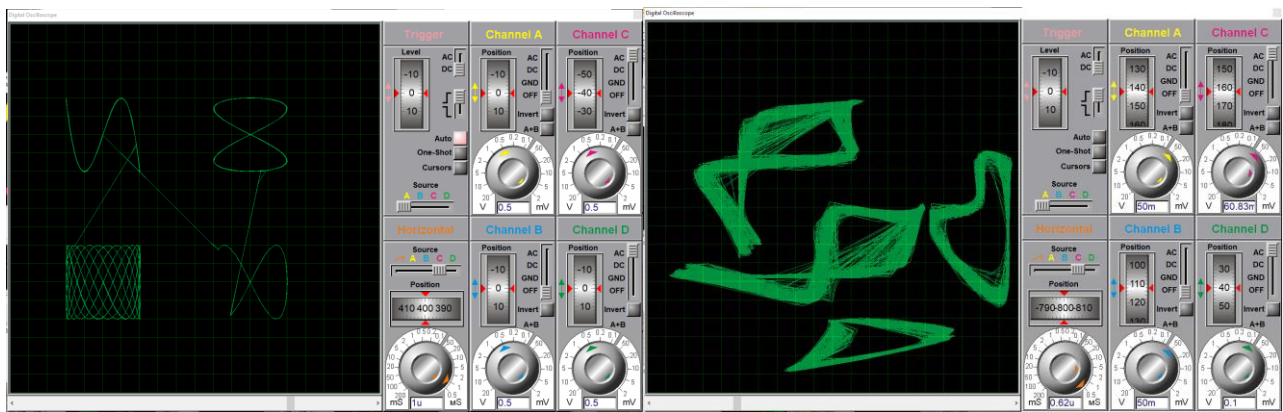


Рисунок 2 – Сигнали отримані з трьох точок схеми генератора динамічного хаосу



(a)

(б)

Рисунок 3 – Відображення чотирьох фігур Ліссажу при різних співвідношеннях частот (а), відображення чотирьох атракторів з різних сторін з генератора динамічного хаосу (б)

Для відображення атракторів було обрано такі комбінації сигналів (зображені на рисунку 3 (б) по часовій стрілці) АВ, СА, ВС, ВА. Слід зауважити що після завершення перехідних процесів сигнали «притягуються» один до одного і відображаються з мерехтінням. Другої проблеми не буде при використанні аналогового осцилографу через післясвітіння люмінофору і можливості погасити промінь при перемиканні каналів. Перша вирішується додаванням постійної складової, такий підхід описується і ілюструється (рисунок 4 (а, б)) в роботах [3-4].

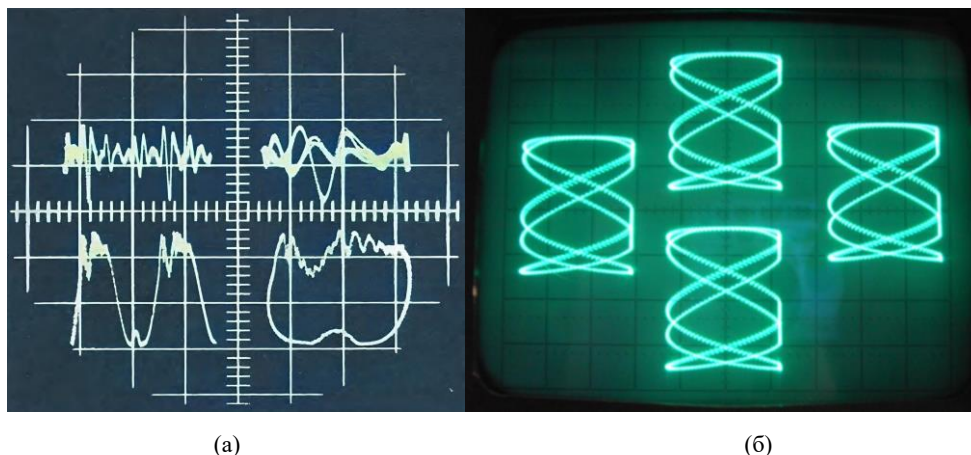


Рисунок 4 – Відображення двох сигналів і двох фігур Ліссажу (а), відображення чотирьох однакових фігур Ліссажу (б) [3-4]

Висновки

Розглянутий принцип дозволяє відображати відразу декілька атракторів за допомогою двоканального осцилографу. Наведені моделювання свідчать про необхідність точного підбору частоти перемикання каналів для уникнення мерехтіння та необхідності додавання схеми яка б дозволила вносити постійну складову і рознести атрактори у просторі. В приведених роботах описується низькочастотні варіанти електронних комутаторів. Вдосконаленням приладу буде заміна елементної бази на сучасну, для відображення високочастотних сигналів, та розширення схеми для реалізації змінної частоти перемикання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Retro Gadgets: Make Your Scope Dual Channel. *Hackaday*. URL: <https://hackaday.com/2023/02/21/retro-gadgets-make-your-scope-dual-channel/> (дата звернення: 14.06.2025).
2. Мікроелектронний генератор детермінованого хаосу на основі біполярної транзисторної структури з від'ємним диференціальним опором / А. Семенов та ін. *Measuring and computing devices in technological processes*. 2023. № 3. С. 206–217. URL: <https://doi.org/10.31891/2219-9365-2023-75-24>
3. Czech J. Oscilloscope Measuring Technique. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 1965. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-39653-7>
4. A four channel X/Y oscilloscope multiplexer. *The Analog Computer Museum / Das Analogrechnermuseum*. URL: https://www.analogmuseum.org/english/homebrew/scope_multiplexer/ (дата звернення: 14.06.2025).

Хлюба Антон Анатолійович — аспірант, група 172-24а, кафедра інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: hlobaanton@gmail.com

Науковий керівник: **Семенов Андрій Олександрович** — д-р техн. наук, професор, професор кафедри інформаційних радіоелектронних технологій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua

Khloba Anton Anatolyevich — postgraduate student, Department of Information Radioelectronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: hlobaanton@gmail.com

Supervisor: **Semenov Andriy Oleksandrovych** — Dr. Sc. (Eng.), Full Professor, Professor of the Department of Information Radioelectronic Technologies and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: semenov.a.o@vntu.edu.ua