

1. Wymyśl sam

Wiadomo, że niektóre obwody elektryczne wykazują zachowanie chaotyczne. Zbuduj prosty układ o takiej właściwości i zbadaj jego zachowanie.

Wstęp

Czym jest Chaos? Jako definicję chaosu zwykle przyjmować się warunek wysokiej wrażliwości rozwiązań równań opisujących zachowanie układu na parametry początkowe. Edward Norton Lorenz zwykł mówić, że Chaos jest wtedy, gdy przeszłość wyznacza przyszłość, ale przybliżona przeszłość w przybliżony sposób nie wyznacza przyszłości.

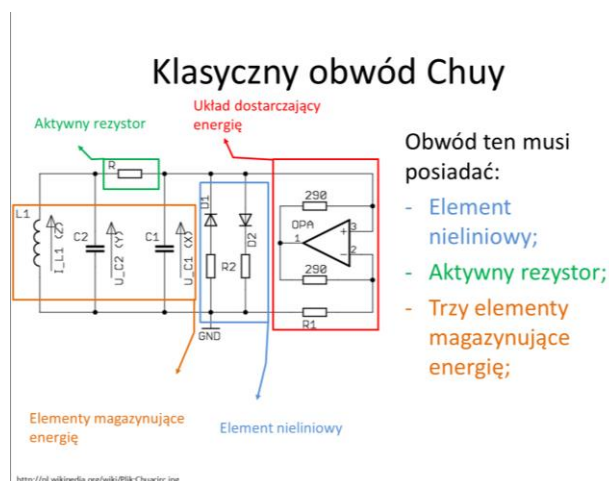
System pomiarowy

W elektronice występuje kilka układów chaotycznych ze względu na dużą ilość opracowań zbudowałem obwód Chuy. Znajduje się on na płytce prototypowej.

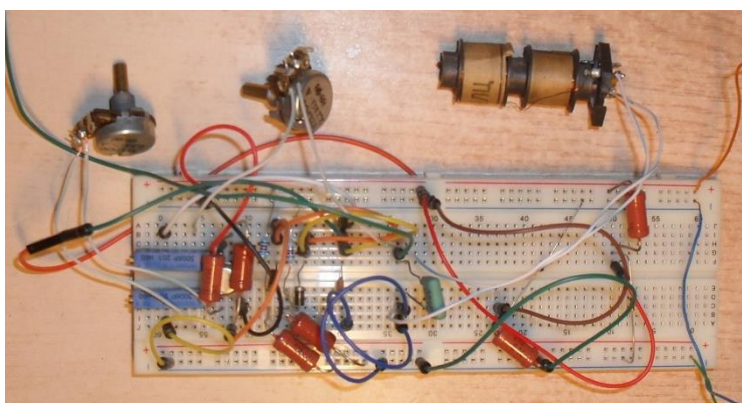
Po dostrojeniu na ekranie oscyloskopu (po doprowadzeniu do jego wejść sygnały z kondensatorów, w trybie XY) powstał atraktor.

Jak działa ten obwód? Otóż tuż po włączeniu zasilania w obwodzie zaczynają powstawać drgania. Układ zasilający wzmacnia i podtrzymuje drgania, natomiast układ nieliniowy wpływa na ich przebieg i charakterystykę.

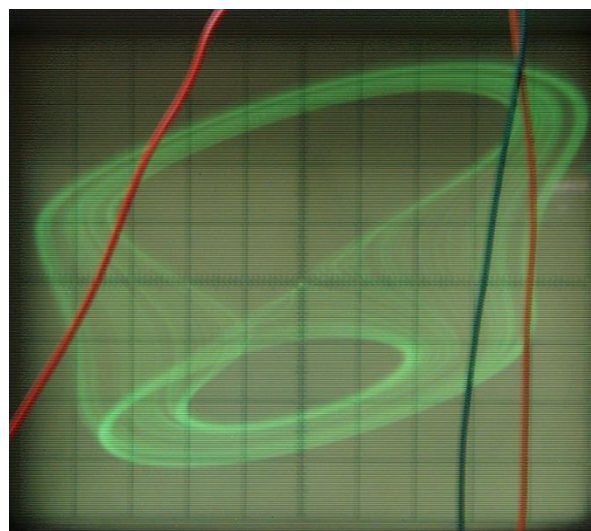
Za pomocą Arduino Mega wyznaczyłem charakterystykę części nieliniowej. Jak widać dla początkowych odcinków, ich nachylenie jest inne. Dzieje się tak dlatego, że diody półprzewodnikowe wykazują napięcie progowe, po osiągnięciu którego zaczynają przewodzić prąd.



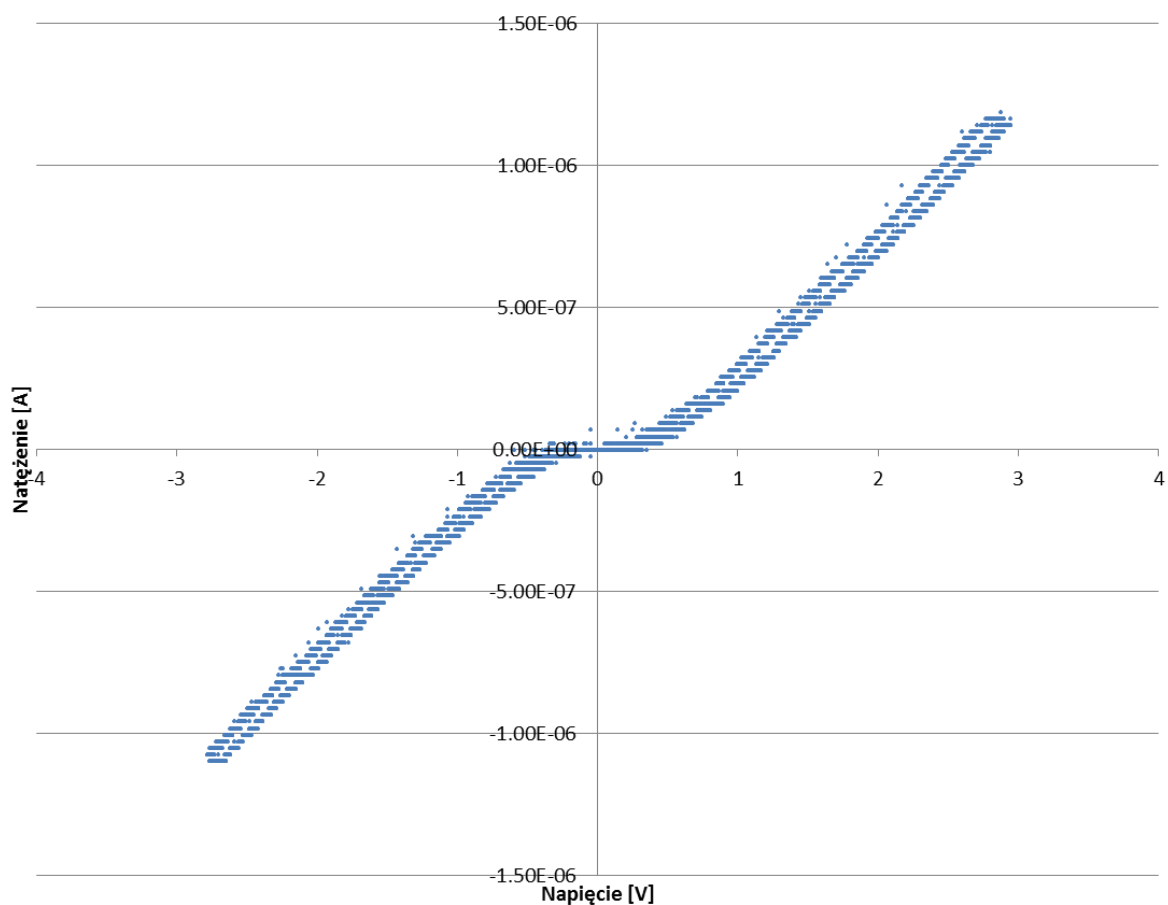
Rys. 1. Obwód Chuy – schemat elektryczny



Rys. 2. Obwód Chuy – wykonanie własne



Rys. 3. Atraktor „double scroll” w trybie XY

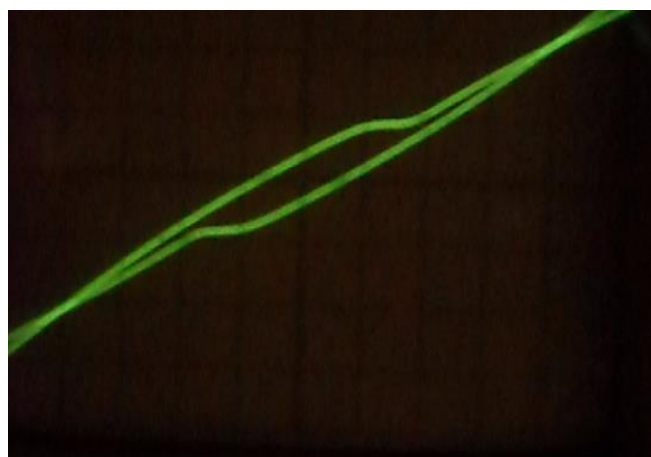


Rys. 4. Charakterystyka prądowo napięciowa elementu nieliniowego

Widać, że charakterystyka jest lekko rozdwojona. Jak pokazuje wygląd tej charakterystyki dla wyższych częstotliwości, prawdopodobnie pojemność złącza PN ma tak duży wpływ na charakterystykę.

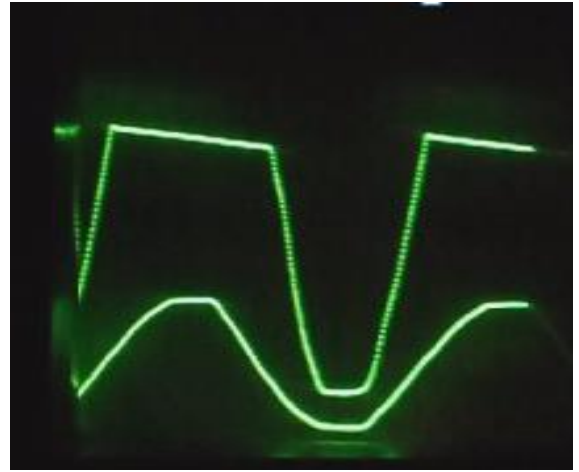
W moim układzie element nieliniowy jest zasilany. Ma to na celu zmianę jego charakterystyki. W wyniku zalilanie tego elementu, jego charakterystyka ulega przesunięciu (zaczyna on przewodzić dla większych

napięć pochodzących z reszty układu). Czy można zastąpić zwykłe diody prostownicze za pomocą innych diod? Dla diod o wyższej częstotliwości pracy zniekształcenie dla wyższych częstotliwości nie zachodziłoby. Aby zastąpienie diodami Zenera było słuszne, napięcie zasilające układ nieliniowy musi być stabilne. W związku z obecnością rezystorów o dużej wartości, spadki napięcia są znaczne. Na rys. 6. górny



Rys. 5. Początkowy odcinek charakterystyki dla wyższych częstotliwości

przebieg to napięcie zasilające, dolny to napięcie doprowadzone do elementu nieliniowego. Jaki widać napięcie to jest bardzo niestabilne. Co prowadzi do wniosku, że diody prostownicze w części nieliniowej nie mogą być zastąpione diodami Zenera.



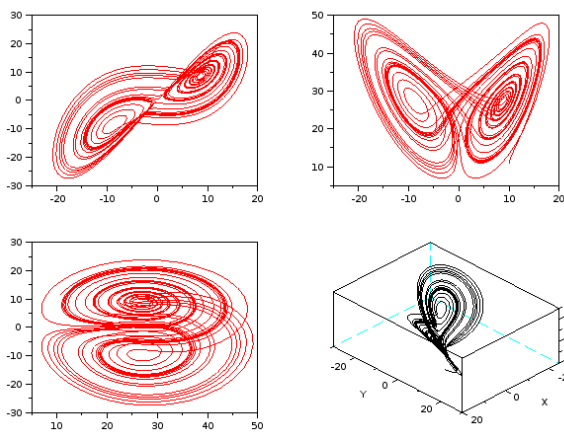
Rys. 6. Oscylogram napięć w części nieliniowej

Symulacja komputerowa

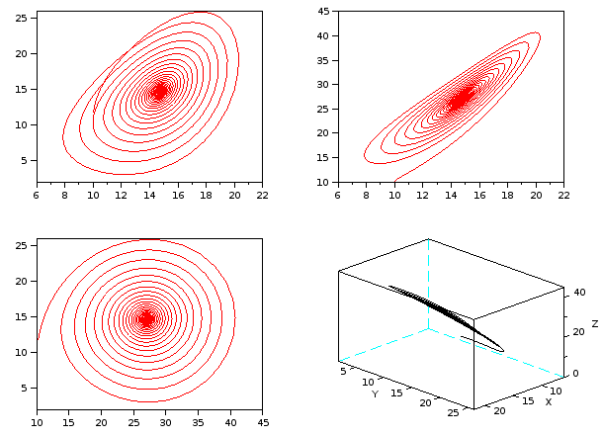
Za pomocą programu Scilab przeprowadziłem symulację przebiegu atraktora Lorenza. Dany jest on układem:

$$\begin{cases} \dot{x} = \sigma y - \sigma x \\ \dot{y} = -xz + rx - y \\ \dot{z} = xy - bz \end{cases}$$

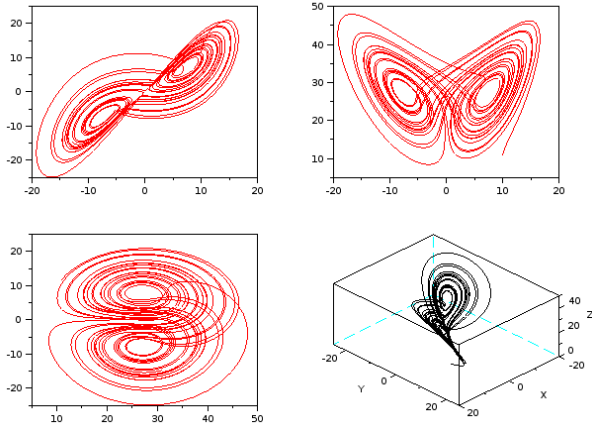
Scilab wykreśla atraktor, dla różnych wartości parametrów σ , r , b , wykres wygląda inaczej.



Rys. 7. Atraktor Lorenza dla $\sigma = 10$, $r = 28$, $b = 2.65$

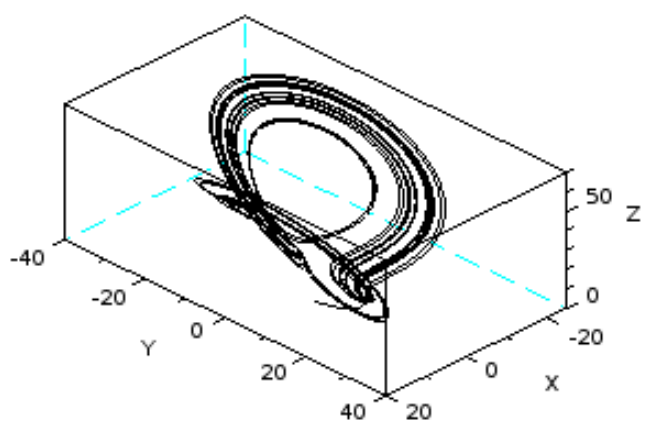
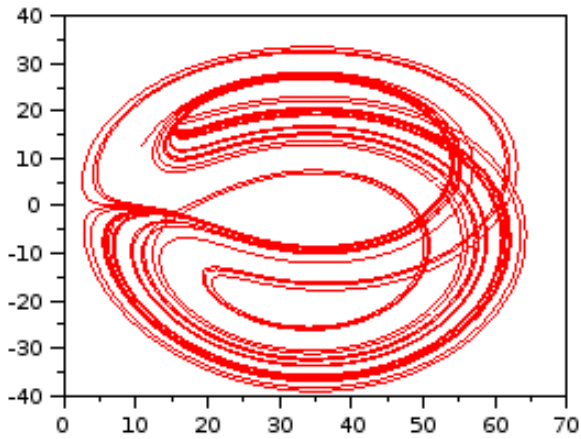
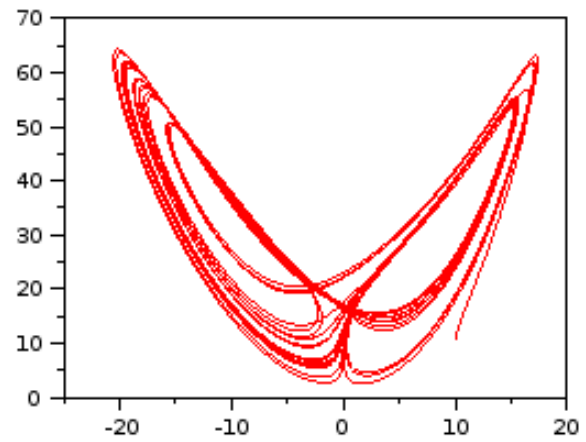
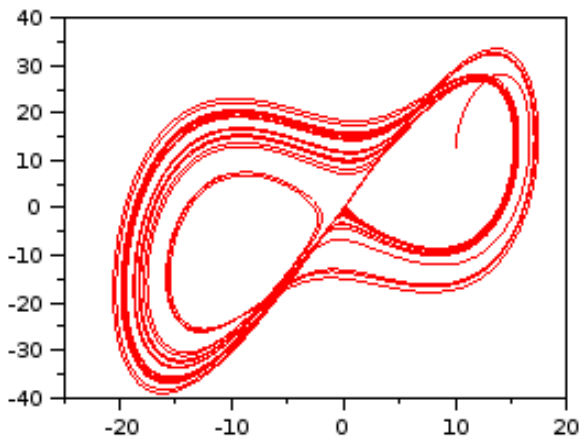


Rys. 8. Atraktor Lorenza dla $\sigma = 10$, $r = 28$, $b = 8$



Rys. 9. Atraktor Lorenza dla $\sigma = 10$, $r = 28$, $b = 2.04$

Jak widać na Rys. 10. Wykres w płaszczyźnie XY (lewy górny róg) odpowiada atraktorowi otrzymanemu w obwodzie Chuy (Rys. 3.). Widać również, że największy wpływ na wygląd atraktora ma stała b (po porównaniu z wykresami dla innych parametrów).



Rys. 10. Atraktor Lorenza dla $\sigma = 4$, $r = 35$, $b = 2.99$

Wnioski

- Głównym źródłem nieliniowości w tym układzie są diody połączone antyrównolegle;
- Doprowadzenie napięcia do elementu nieliniowego można symulować za pomocą diody zenera;

Źródła

<http://www.zet.agh.edu.pl/~galias/ps/zthesis.pdf>

kolos.math.uni.lodz.pl/~archive/Elektronika/wykladelektronika.doc

<http://www-users.mat.umk.pl/~pw/prezentacjaost.pdf>

http://en.wikipedia.org/wiki/Chaos_theory

http://www.cmp.caltech.edu/~mcc/chaos_new/Chua.html

http://en.wikipedia.org/wiki/Chua%27s_circuit

<https://groups.google.com/forum/#!topic/comp.soft-sys.math.scilab/h1yz6OLoDAk>