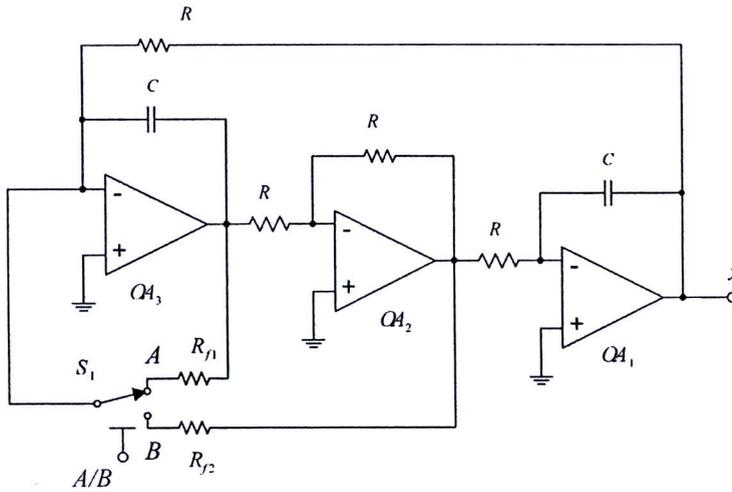


บทที่ 5

ชุดทดลองกำเนิดสัญญาณอลวนได้หลายรูปแบบ

ในบทนี้เป็นการออกแบบสร้างชุดทดลองกำเนิดสัญญาณอลวนได้หลายรูปแบบ โดยออกแบบเป็นโมดูลย่อยโดยแต่ละโมดูลย่อยเมื่อประกอบเข้าด้วยกันแล้วสามารถสร้างสัญญาณได้มากกว่า 8 รูปแบบ โดยพื้นฐานการออกแบบมาจากวงจรของ Sprott และวงจรกำเนิดสัญญาณแบบ non-autonomous ที่แสดงได้รวมทั้งหลักการของระบบเชิงเส้นอันดับ 2 และ 3 ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

5.1 วงจรอินทิเกรต 2 ตัวในลูป



รูปที่ 5.1 แสดงวงจรอินทิเกรต 2 ตัวในลูป

วงจรประกอบด้วยอินทิเกรตแบบลบสองตัวในลูปถ้าเราจัดให้มีสวิตช์ที่สามารถเลือกการป้อนกลับที่ออปแอมป์ OA3 แล้วเราสามารถเขียนสมการสเตตได้ถ้าหากสวิตช์อยู่ที่ตำแหน่ง A โดย v_1 และ v_2 เป็นแรงดันที่เอาท์พุทออปแอมป์ OA1 และ OA3 ตามลำดับ

$$\begin{bmatrix} v_1' \\ v_2' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{RC} \\ \frac{1}{RC} & -\frac{R_{f1}}{RC} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix}. \quad (5.1)$$

และเมื่อสวิตช์อยู่ที่ตำแหน่ง B

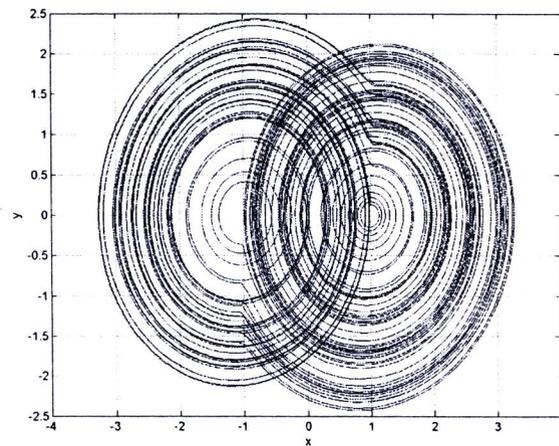
$$\begin{bmatrix} v'_1 \\ v'_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{RC} \\ \frac{1}{RC} & \frac{R_{f_2}}{RC} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \end{bmatrix} \quad (5.2)$$

5.2 วงจรกำเนิดสัญญาณอลวนที่อยู่บนพื้นฐานของวงจรอินทิเกรต 2 ตัวในรูป

1 ระบบของ P.A Cook [31]

แสดงสมการสเตทได้โดยระบบประกอบด้วยระบบไม่เสถียรอันดับสองและตัวป้อนกลับแบบ Hysteresis

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ hys(x) \end{bmatrix} \quad (5.3)$$



รูปที่ 5.2 แสดงการจำลองระบบ 5.3

2 ระบบของ Ozoguz, S & Elwakil [32]

เป็นระบบ Non-autonomous ประกอบด้วยระบบเสถียรอันดับสองและตัวป้อนกลับแบบ Heviside พร้อมด้วยสัญญาณขับจากภายนอกแสดงระบบได้

$$\begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -1 & \alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ f(x) + f_s(\omega t) \end{bmatrix} \quad (5.4)$$

3 ระบบของ Sportt

สำหรับระบบของ Sportt ที่แสดงในบทที่ 4 เป็นระบบที่ประกอบด้วยระบบไม่เสถียรอันดับสามตัว
ป้อนกลับแบบ Signum

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & -\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ f(x) \end{bmatrix}. \quad (5.5)$$

โดยระบบมีระบบย่อยอันดับสองที่เสถียร $y-z$ เราสามารถปรับปรุงระบบให้เป็น

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ -1 & -1 & -\alpha \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ f(x) \end{bmatrix}. \quad (5.6)$$

โดย α เป็นพารามิเตอร์ bifurcation มีค่าอยู่ระหว่าง $[0.1, 0.3]$ และสามารถปรับค่าระบบย่อย x, y ใหม่ได้
เป็น

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ -1 & \alpha & 1 \\ 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} y_p(t) \\ 0 \\ f(x) + x_p(t) \end{bmatrix}. \quad (5.7)$$

แบบ Nonlinear	Nonlinear function	นิยาม
1	Heaviside	$H(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ 0 & x < 0 \end{cases}$
2	Signum	$\text{sgn}(x) = \begin{cases} 1 & x \geq 0 \\ -1 & x < 0 \end{cases}$
3	Hysteresis	$\text{hys}(x) = \begin{cases} +1, & -1 < x < \infty \\ -1, & -\infty < x < 1 \end{cases}$
4	Saturation	$\text{sat}(x) = \begin{cases} 1 & x > L \\ kx & x < L \\ -1 & x < -L \end{cases}$ where $L = \frac{x}{k}$, k is an amplifier gain.

ตาราง 5.1 แสดงฟังก์ชันไม่เป็นเชิงเส้น

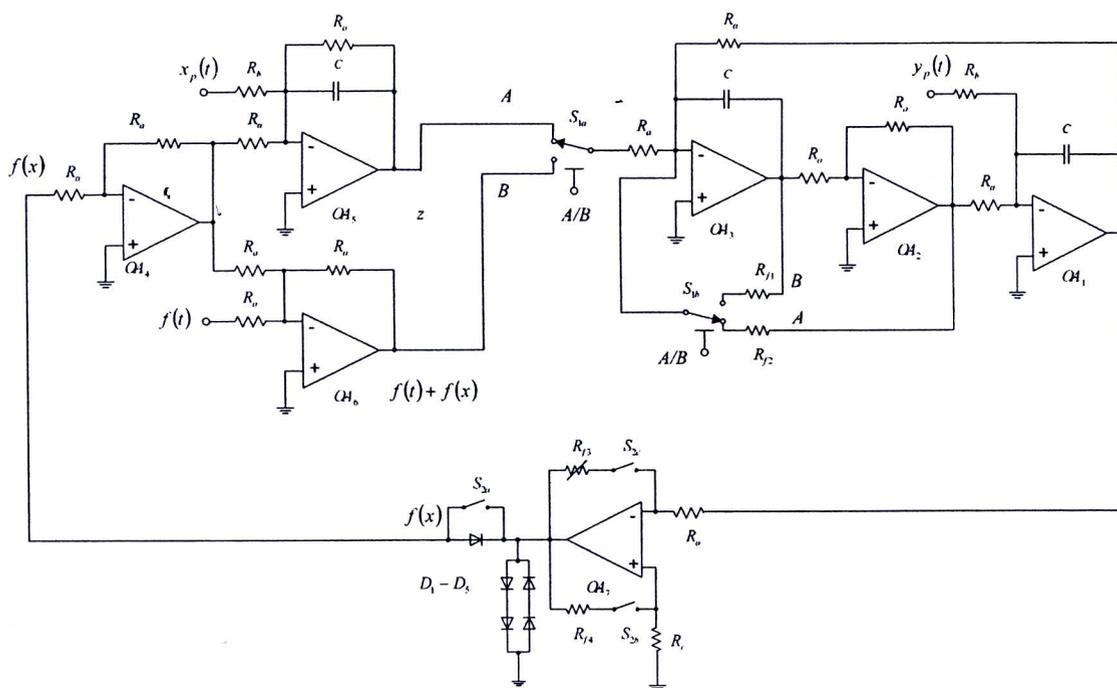
5.3 ชุดทดลองกำเนิดสัญญาณอลวนได้หลายรูปแบบ

สำหรับวงจรกำเนิดสัญญาณอลวนได้หลายรูปแบบที่ออกแบบขึ้นแสดงได้ดังรูป 5.3 โดยวงจรประกอบด้วยโมดูลดังนี้

5.1 วงจรอินทิเกรต 2 ตัวในรูป OA1-3

5.2 วงจรอินทิเกรตเทอร์อันดับ 1 และวงจรบวกสัญญาณ OA4-OA6

5.3 วงจรสร้างฟังก์ชันไม่เป็นเชิงเส้น OA7

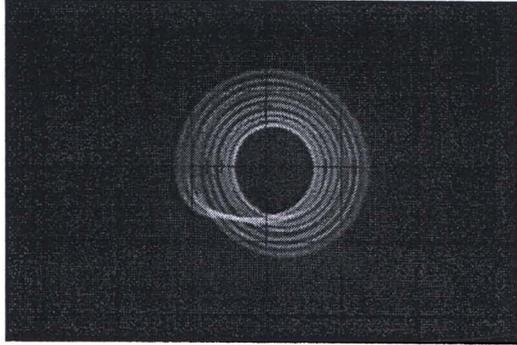


รูปที่ 5.3 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณอลวนได้หลายรูปแบบ

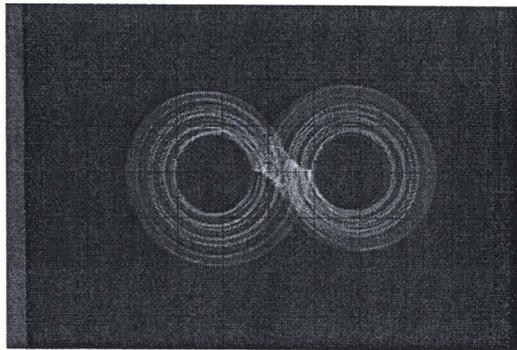
Function	S2a	S2b	S2c
Heaviside	off	off	off
Signum	on	off	off
Saturation	on	off	on
Hysteresis	on	on	off

ตารางที่ 5.2 การสวิตช์วงจรสร้างฟังก์ชันไม่เป็นเชิงเส้น OA7

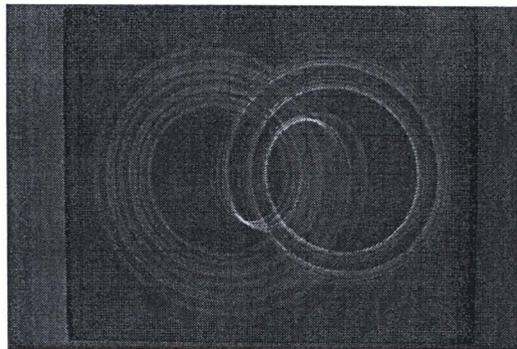
5.4 ผลการทดลอง



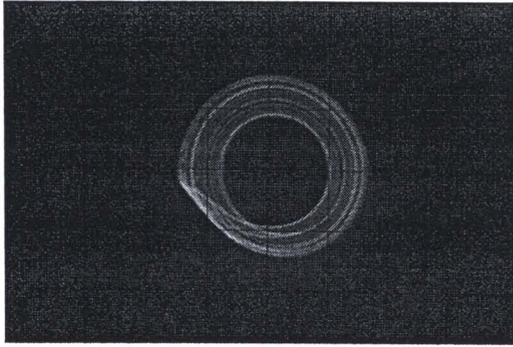
รูปที่ 5.3.1 ใช้ Heaviside function



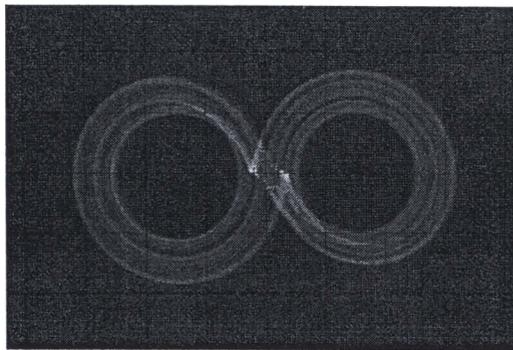
รูปที่ 5.3.2 ใช้ signum function



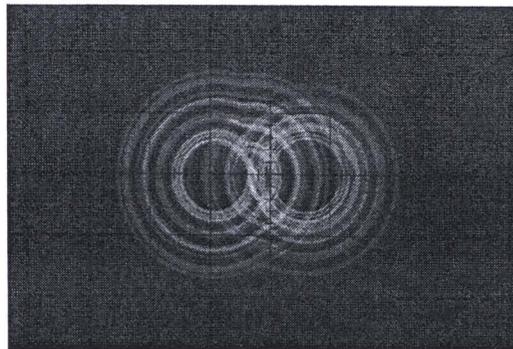
รูปที่ 5.3.3 ใช้ hysteresis function



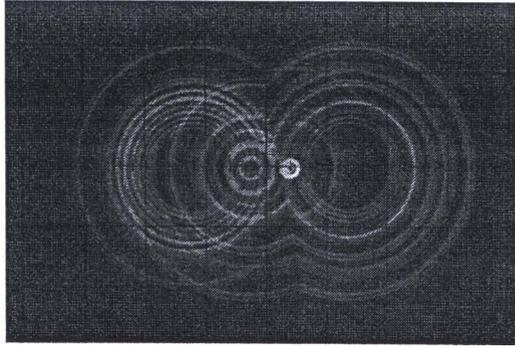
รูปที่ 5.3.4 ใช้ saturate function gain $k = 5.2$



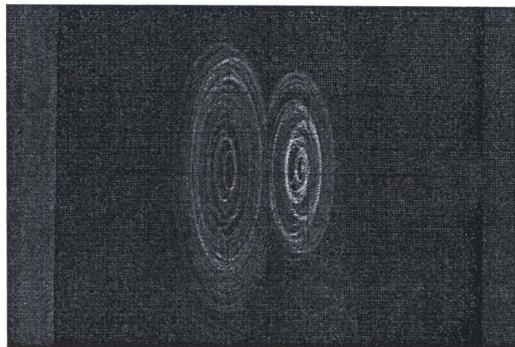
ใช้รูปที่ 5.3.5 saturate function gain $k = 7$



รูปที่ 5.3.6 ใช้ using heaviside function โดยมี driving pulse signal



รูปที่ 5.3.7 ใช้ signum function โดยมี driving pulse signal



รูปที่ 5.3.8 ใช้ using signum function โดยมี driving sinusoidal signal