

## บทที่ 4

### ชุดทดลองสัญญาณอลวนแบบเชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์

ในบทนี้เป็นการออกแบบสร้างสัญญาณอลวนหรือเคออสติกแอทแทรกเตอร์ที่สามารถปรับค่าพารามิเตอร์ผ่านทางคอมพิวเตอร์โดยใช้โมดูลของ Labview การแสดงผลการทดลองของสัญญาณในโดเมนของเวลาและ โดเมนของความถี่ Frequency spectra (FFT) และค่า Poincare's map ที่แสดงความ เป็นเคออส โดยในการสร้างเราเลือกเคออสติกแอทแทรกเตอร์ของ Sprott ที่ง่ายต่อการสร้างและสะดวกต่อ การอธิบายในห้องปฏิบัติการ

#### 4.1 เคออสติกแอทแทรกเตอร์ของ Sprott ( Sprott's attractor )

หลังจากที่ Lorenz และ Rossler ได้ค้นพบสมการเกี่ยวกับการสร้างตัวดึงดูดสัญญาณเคออส ต่อมา มีผู้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการสร้างสัญญาณเคออสแบบใหม่ คือ J.C. Sprott ซึ่งได้ใช้คอมพิวเตอร์หาสมการเคออส ทั้งหมดที่เป็นไปได้โดยอยู่ในรูป Jerk function ( $\ddot{x} = J(\dot{x}, x)$ ) พร้อมด้วยฟังก์ชันแบบไม่เป็นเชิงเส้น แบบง่ายๆ 1 ตัว โดยสมการที่ Sprott ค้นพบมีดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงการสร้างสัญญาณเคออส third-order ODE systems และ Lyapunov exponents

System	Initial conditions ( $x, \dot{x}, \ddot{x}$ )	Lyapunov exponents (base $e$ )
$\ddot{x} = -2.017 \dot{x} \pm \dot{x}^2 - x$	(0, 0, $\pm 1$ )	0.055, 0, -2.072
$\ddot{x} = -2.8 \dot{x} \pm x + x^2$	( $\mp 0.5, -1, 1$ )	0.002, 0, -0.002
$\ddot{x} = -0.44 \dot{x} - 2\dot{x} \pm (x^2 - 1)$	(0, 0, 0)	0.105, 0, -0.545
$\ddot{x} = -0.5 \dot{x} - \dot{x} \pm x + x^2$	(0, $\pm 1, 0$ )	0.094, 0, -0.594
$\ddot{x} = -2 \dot{x} \pm ( x  - 1)$	$\pm(-1, -1, 1)$	0.003, 0, -0.003
$\ddot{x} = -0.6 \dot{x} - \dot{x} \pm ( x  - 1)$	(0, 0, 0)	0.036, 0, -0.636
$\ddot{x} = -0.3 \dot{x} - 0.3 \dot{x} - D(x) + 1$	(0, 0, 0)	0.042, 0, -0.342
$\ddot{x} = -0.3 \dot{x} - 0.3 \dot{x} - R(x) - 1$	(0, 0, 0)	0.042, 0, -0.342
$\ddot{x} = -2.9 \dot{x} \pm (0.7 x - D(x) + 1)$	$\pm(0, -0.5, 0.5)$	0.003, 0, -0.003
$\ddot{x} = -2.9 \dot{x} \pm (0.7 x - R(x) - 1)$	$\pm(0, 0.5, -0.5)$	0.003, 0, -0.003
$\ddot{x} = -0.5 \dot{x} - \dot{x} - x + \text{sgn}(x)$	(0, 1, 0)	0.152, 0, -0.652
$\ddot{x} = -0.5 \dot{x} - \dot{x} + x - \text{sgn}(x)$	(0, 1, 0)	0.601, 0, -1.101
$\ddot{x} = -0.7 \dot{x} - \dot{x} - x + H(x)$	(0, 1, 0)	0.085, 0, -0.785
$\ddot{x} = -0.4 \dot{x} - \dot{x} - x + 2S(x)$	(0, 1, 0)	0.072, 0, -0.472
$\ddot{x} = -0.4 \dot{x} - \dot{x} + x - 2S(x)$	(0, 1, 0)	0.091, 0, -0.491
$\ddot{x} = -0.19 \dot{x} - \dot{x} - x + 2 \tanh(x)$	(0, 1, 0)	0.128, 0, -0.318
$\ddot{x} = -0.19 \dot{x} - \dot{x} + x - 2 \tanh(x)$	(0, 1, 0)	0.067, 0, -0.257
$\ddot{x} = -3.7 \dot{x} \pm (x - x^3)$	(0, $\pm 0.5, 1$ )	0.002, 0, -0.002
$\ddot{x} = -0.6 \dot{x} + 2.8 \dot{x} - \dot{x}^3 - x$	(0, 1, 0)	0.034, 0, -0.634
$\ddot{x} = -0.7 \dot{x} - \dot{x} + x - x^3$	(0, 1, 0)	0.138, 0, -0.838
$\ddot{x} = -0.35 \dot{x} - \dot{x} - x + x^3$	(0, 1, 0)	0.082, 0, -0.432
$\ddot{x} = -0.2 \dot{x} - \dot{x} \pm \sin(x)$	(0, 1, 0)	0.123, 0, -0.323

จากตารางที่ 4.1 แสดงสมการเคออสที่อยู่ในรูปแบบของสมการคณิตศาสตร์ พร้อมกับค่าเริ่มต้น และค่า Lyapunov exponents ที่ J.C. Sprott ค้นพบ

### 3.1 การออกแบบวงจรกำเนิดเคออสติกแอทแทรกเตอร์

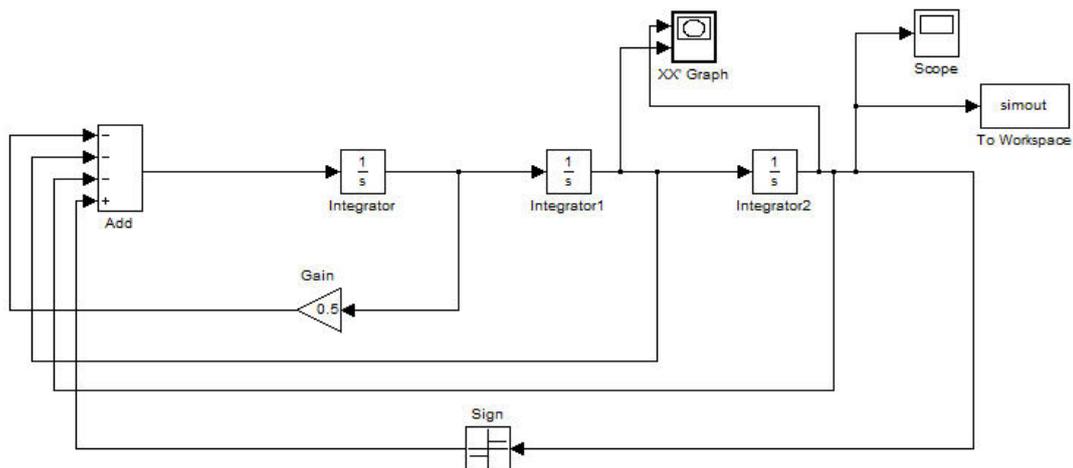
สัญญาณเคออสติกแอทแทรกเตอร์ที่มีรูปแบบไม่ซ้ำกันและไม่สามารถคาดเดาได้ แต่จะอยู่ในขอบเขตของสมการคณิตศาสตร์ที่เป็นสมการอนุพันธ์ (Differential Equation) จากการศึกษาสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับการสร้างสัญญาณเคออสอย่างง่ายของ Sprott ซึ่งอยู่ในรูปสมการเชิงอนุพันธ์ ดังนี้

$$\ddot{x} = -0.5\ddot{x} - \dot{x} - x + \text{sgn}(x) \quad (4.1)$$

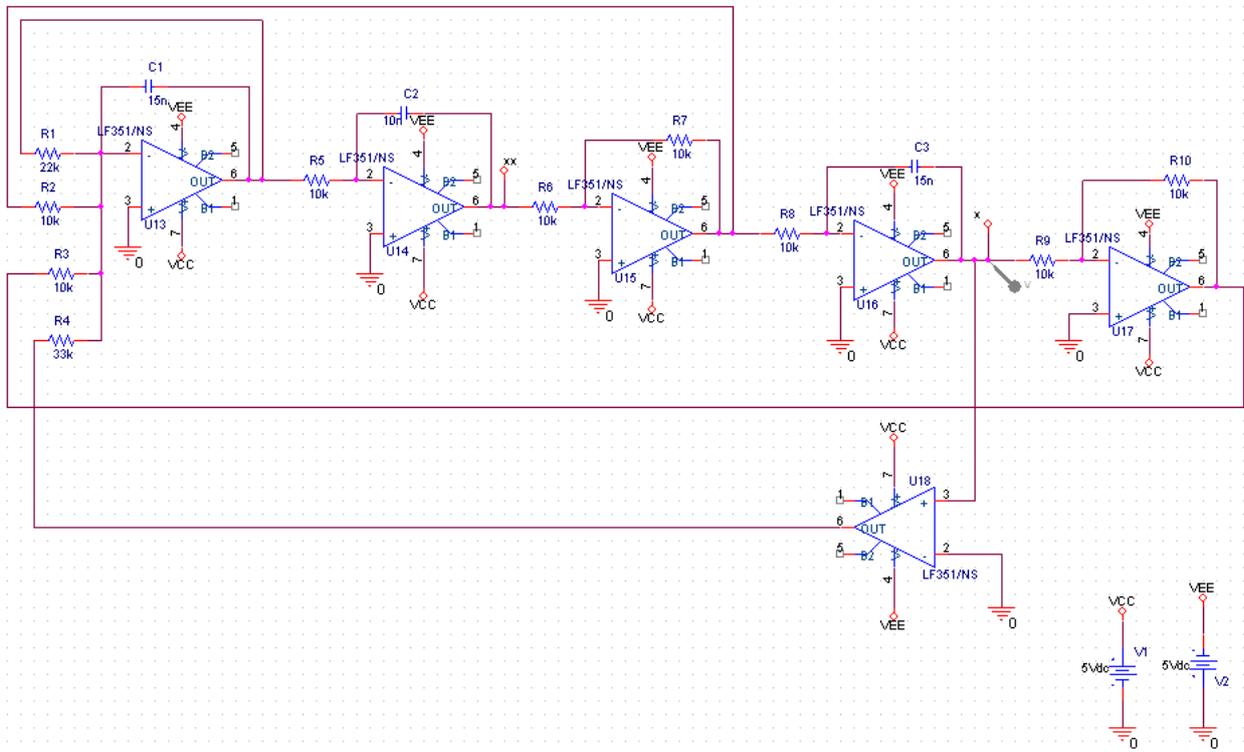
$$\ddot{x} = -0.5\ddot{x} - \dot{x} + x - \text{sgn}(x) \quad (4.2)$$

$$\ddot{x} = -0.7\ddot{x} - \dot{x} - x + H(x) \quad (4.3)$$

จากสมการทั้งสาม นำมาออกแบบวงจรโดยใช้โปรแกรม Simulink ใน MatLab และออกแบบวงจรไฟฟ้าโดยใช้โปรแกรม Pspice ซึ่งใช้หลักการของออปแอมป์ในการสร้างวงจรกลับเฟส ( Inverting Amplifier ) และวงจร Integrator ดังนี้  $\ddot{x} = -0.5\ddot{x} - \dot{x} - x + \text{sgn}(x)$

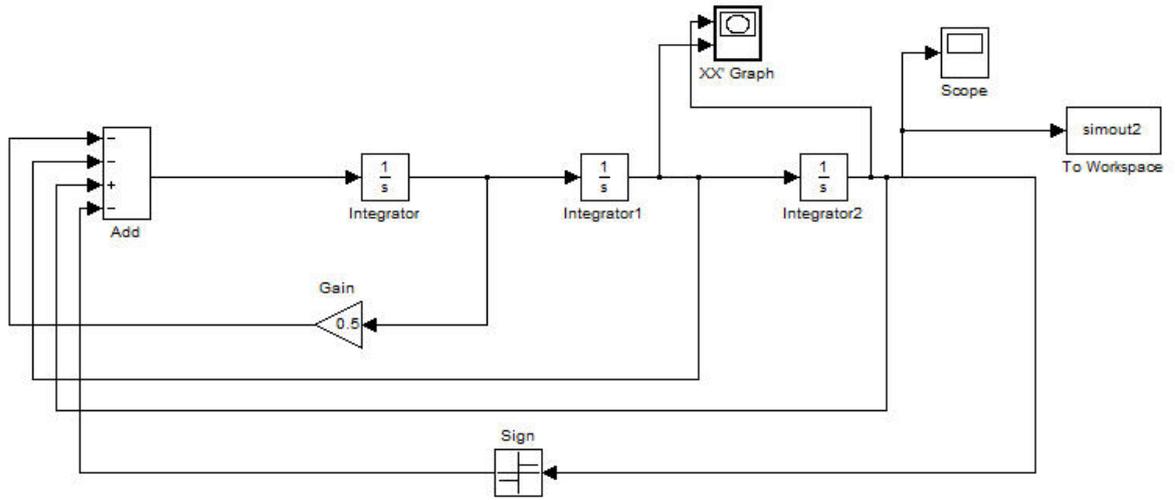


รูปที่ 4.1 แสดงวงจรของสมการ 4.1 ที่ได้จากโปรแกรม Simulink

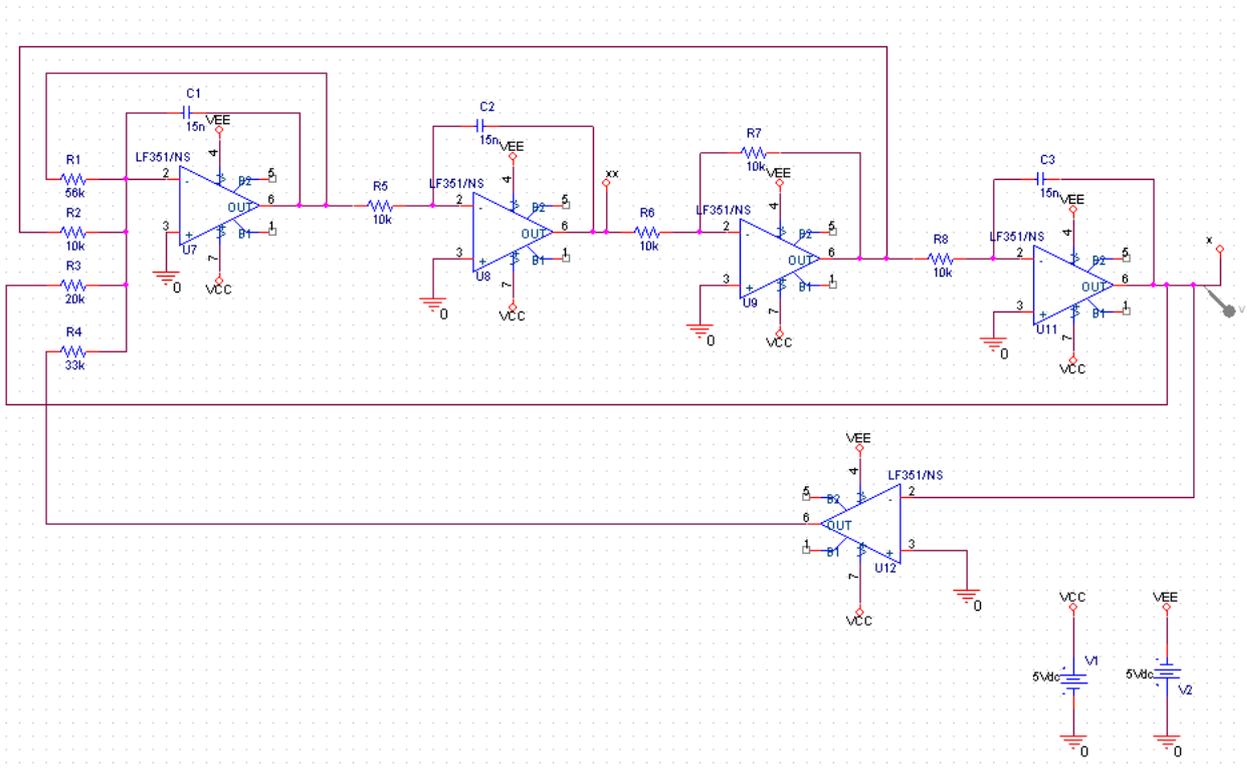


รูปที่ 4.2 แสดงวงจรไฟฟ้าของสมการที่ 4.1 ที่ได้จากโปรแกรม Pspice

การสร้างสมการ (4.2)  $\ddot{x} = -0.5\dot{x} + x - \text{sgn}(x)$

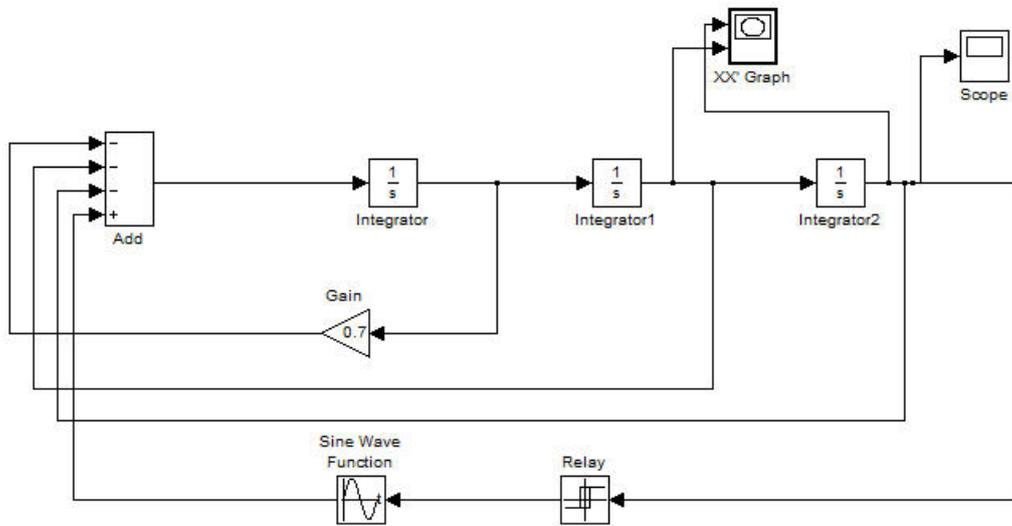


รูปที่ 4.3 แสดงวงจรของสมการที่ 2 ที่ได้จากโปรแกรม Simulink

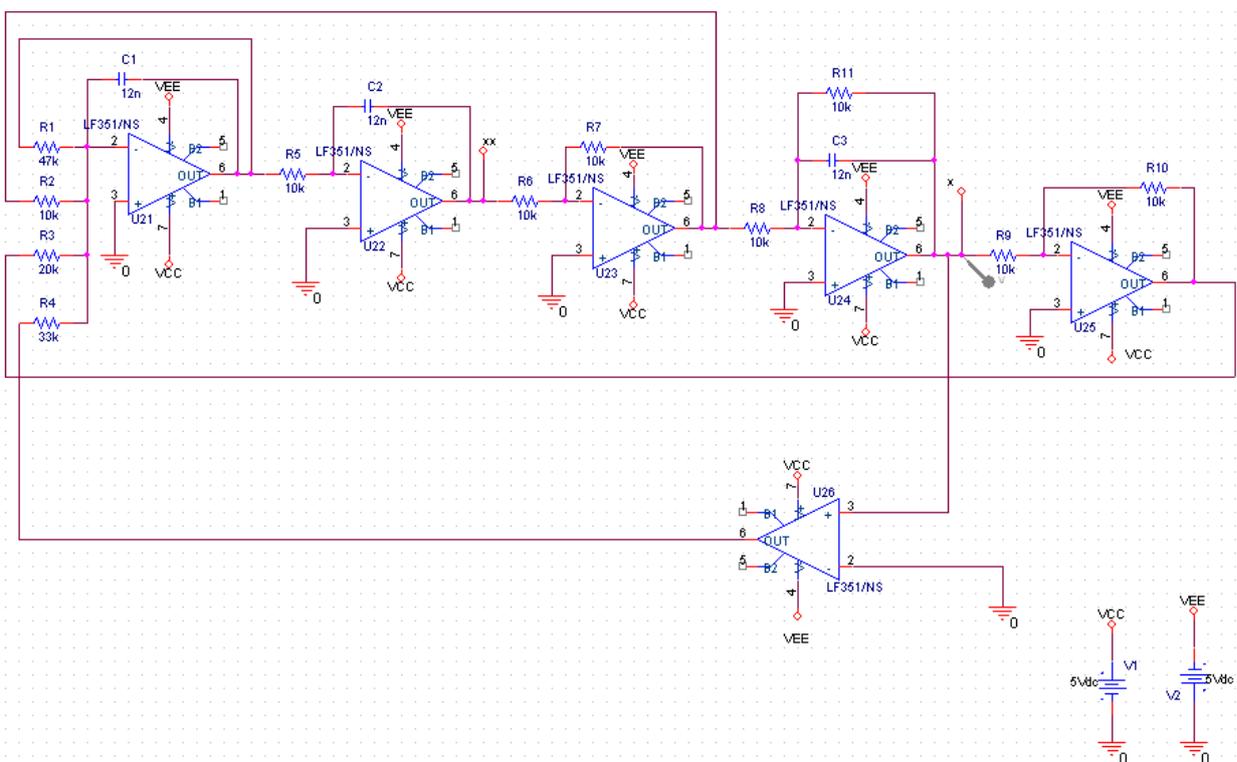


รูปที่ 4.4 แสดงวงจรไฟฟ้าของสมการที่ 4.2 ที่ได้จากโปรแกรม Pspice

การสร้างสมการ (4.3)  $\ddot{x} = -0.7\dot{x} - x + H(x)$



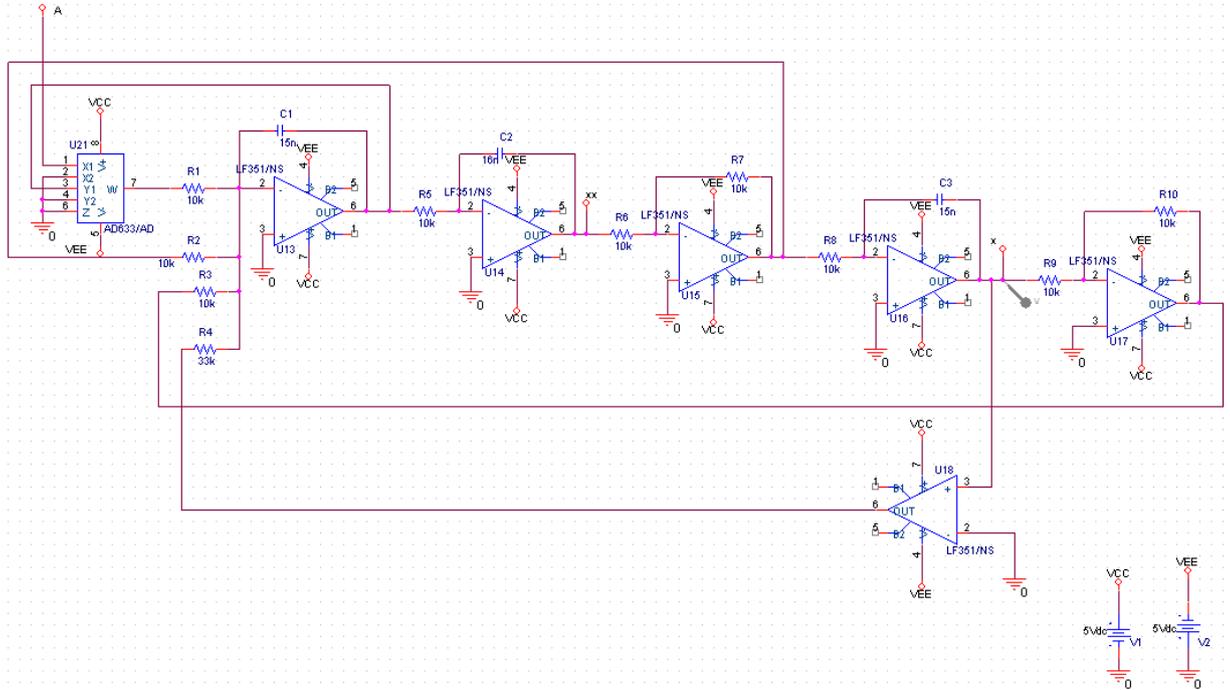
รูปที่ 4.5 แสดงวงจรของสมการที่ (4.3) ที่ได้จากโปรแกรม MatLab



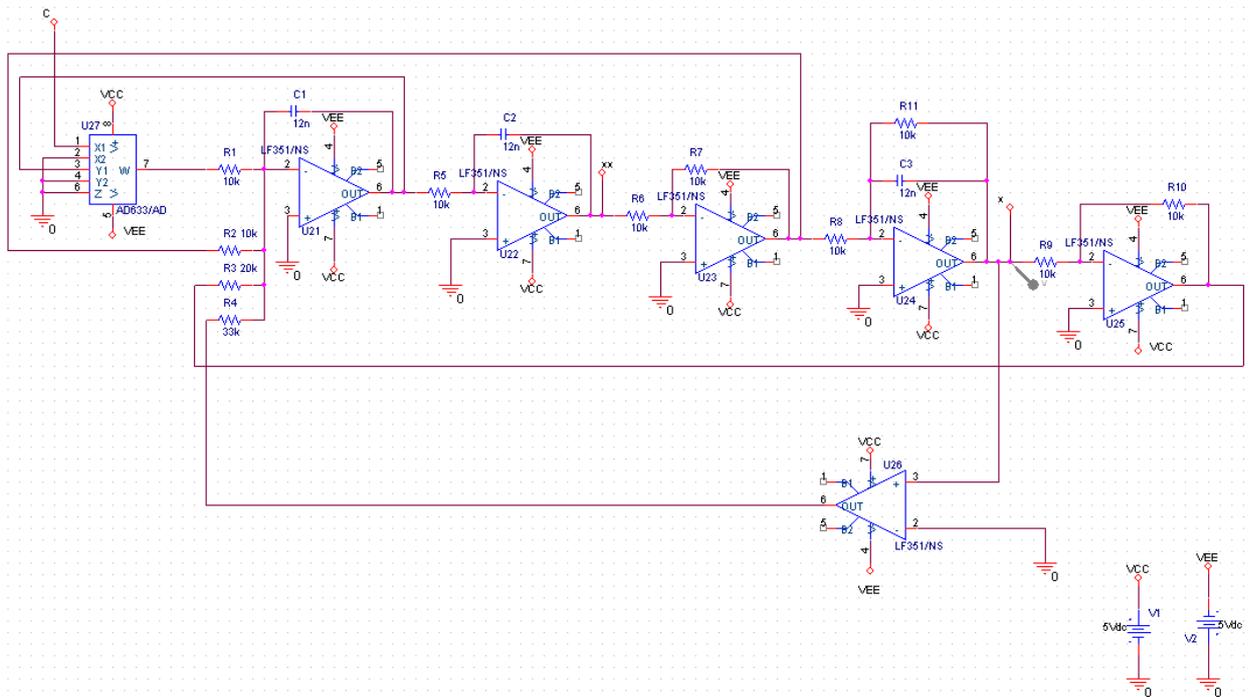
รูปที่ 4.6 แสดงวงจรไฟฟ้าของสมการที่ (4.3) ที่ได้จากโปรแกรม Pspice

### 5.2.1 การออกแบบวงจรสัญญาณคลื่นแบบที่สามารถปรับค่าพารามิเตอร์ได้

จากวงจรสมการของ Sprott โดยเพิ่มไอซี AD633 เข้าไปในวงจรที่ได้จากสมการที่ 4.1 และ 4.3 เพื่อเป็นการคูณสัญญาณแรงดัน AD633 เข้าไปในวงจร



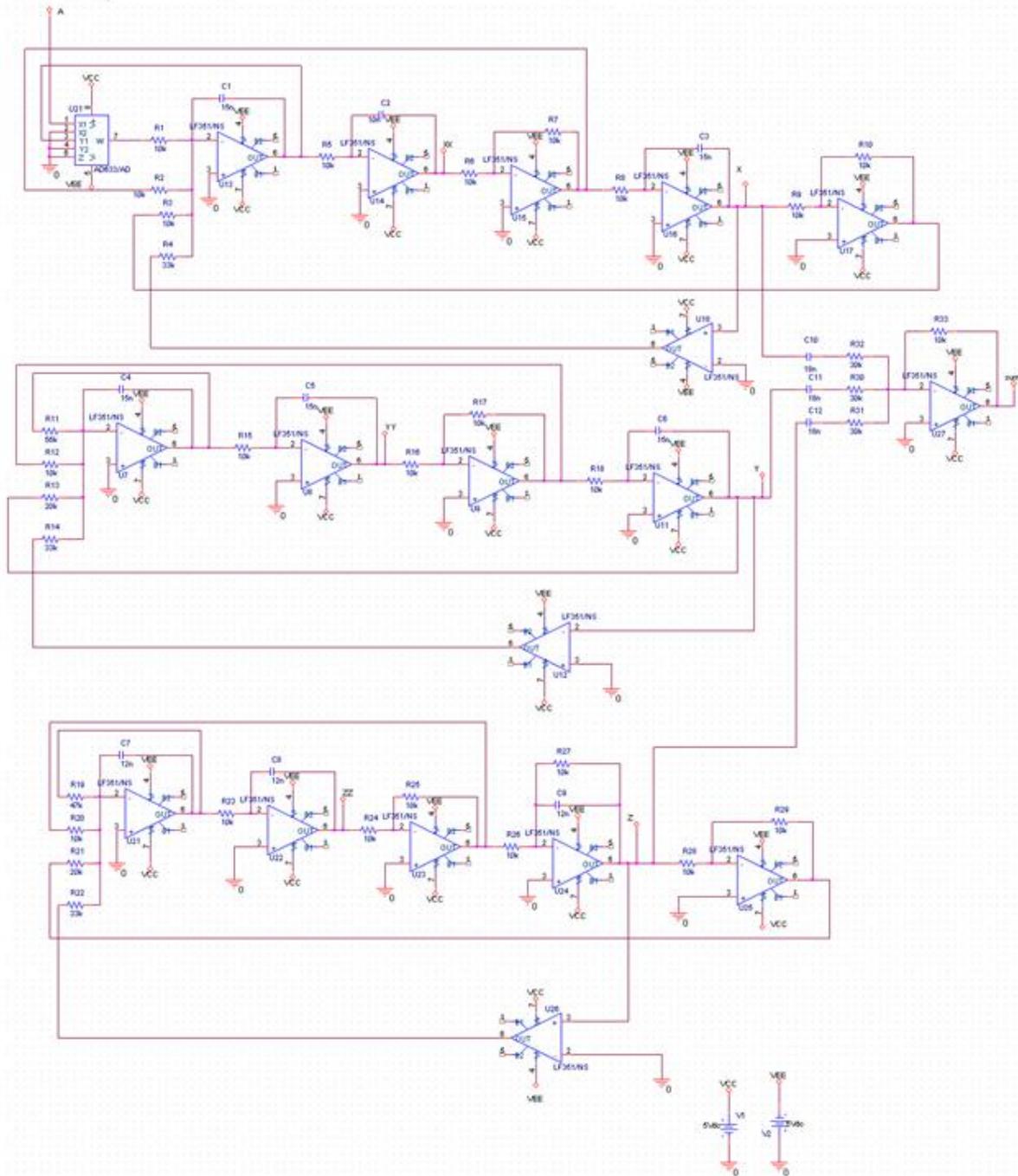
รูปที่ 4.7 แสดงวงจรไฟฟ้าของสมการที่ 1 โดยเพิ่มไอซี AD633



รูปที่ 4.8 แสดงวงจรไฟฟ้าของสมการที่ (4.3) โดยเพิ่มไอซี AD633

### 5.2.2 การสร้างสัญญาณจำลองคลื่นสมอง

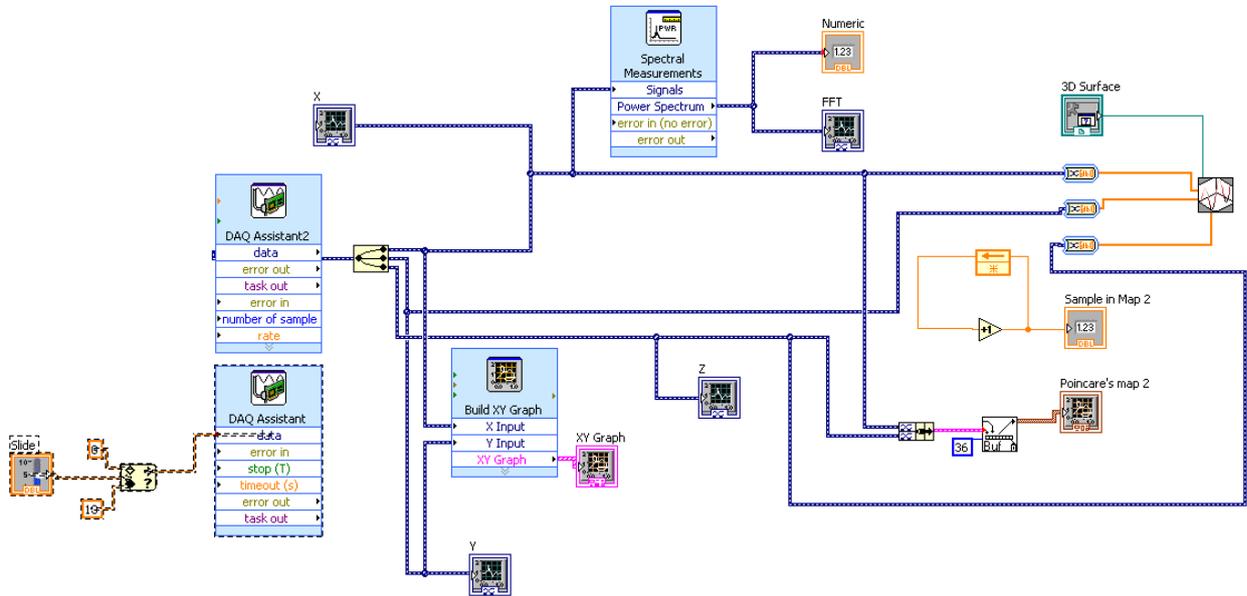
เพื่อให้นักศึกษาหรือผู้ทดลองได้เห็นประโยชน์ของการนำเอาสัญญาณไปใช้งานเราสามารถนำโมดูลของสมการ 4.1 สมการ 4.3 มาต่อร่วมกันได้สัญญาณจำลองของคลื่นสมอง จะต้องนำสัญญาณที่ได้จากมารวมกัน ผ่านวงจรรวมสัญญาณ (summing circuit)



รูปที่ 4.10 แสดงวงจรการสร้างสัญญาณจำลองคลื่นสมอง

### 4.3 การออกแบบโปรแกรมเพื่อใช้ในการทดลอง

ในการทดลองการสร้างสัญญาณเลียนแบบคลื่นสมอง จะใช้การเขียน โปรแกรมควบคุมเครื่องมือ และอุปกรณ์ทดลอง โดยใช้ซอฟต์แวร์ LabView ในการออกแบบโปรแกรม โดยออกแบบหน้าจอ Block Diagram เพื่อการ โปรแกรมควบคุมการทำงานในส่วนต่างๆดังนี้



รูปที่ 4.11 แสดง Block Diagram ทั้งหมดของโปรแกรมที่ใช้ในการทดลอง

