

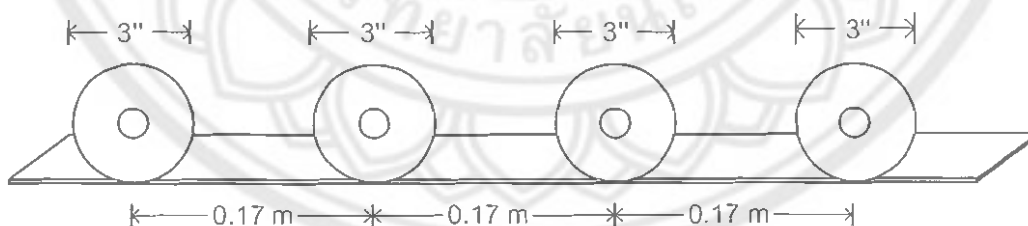
บทที่ 4

การออกแบบแหล่งกำเนิดและส่วนป้อนสัญญาณให้แหล่งกำเนิด

ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบแหล่งกำเนิดอาร์เรย์แบบเส้นตรงและการออกแบบวงจรต่างๆ ที่ทำหน้าที่ป้อนสัญญาณให้แหล่งกำเนิด ซึ่งได้แก่ วงจรเลื่อนเฟส วงจรสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ 4066 ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 และวงจรขยายสัญญาณเสียง โดยจะกล่าวถึงส่วนประกอบต่าง ๆ และมีภาพแสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรอย่างละเอียด

1. แหล่งกำเนิดอาร์เรย์แบบเส้นตรง

สำหรับในหัวข้อนี้ จะแสดงการคำนวณและออกแบบแหล่งกำเนิดอาร์เรย์แบบเส้นตรง เริ่มจากตัวเรดิเอเตอร์ที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้คือ ลำโพงแบบกรวย ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว มีอิมพีแดนซ์เท่ากับ 8Ω จากนั้นจึงนำเรดิเอเตอร์มาวางเรียงกันเป็นเส้นตรง ให้ระยะห่างระหว่างตัวเรดิเอเตอร์แต่ละตัว มีระยะเท่ากับครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่น ($d = \lambda/2$) โดยวัดจากจุดกึ่งกลางของเรดิเอเตอร์ ถึงจุดกึ่งกลางของเรดิเอเตอร์ตัวถัดไป และผู้วิจัยได้กำหนดให้ระยะห่าง d เท่ากับ 0.17 m ดังนั้นจึงคำนวณค่าความยาวคลื่นได้เท่ากับ 0.34 m และคำนวณความถี่ของสัญญาณไซน์ที่ป้อนให้กับเรดิเอเตอร์ได้จากสมการอัตราเร็วคลื่นเสียงในอากาศ (สมการที่ 2.1) ที่อุณหภูมิของอากาศเท่ากับ 27°C จะได้ค่าความถี่ที่ใช้เท่ากับ 1 kHz สำหรับโครงสร้างแสดงการจัดวางตัวเรดิเอเตอร์แสดงไว้ในภาพ 14 โดยใช้ตัวเรดิเอเตอร์จำนวน 4 ตัว ติดไว้กับแผ่นไม้



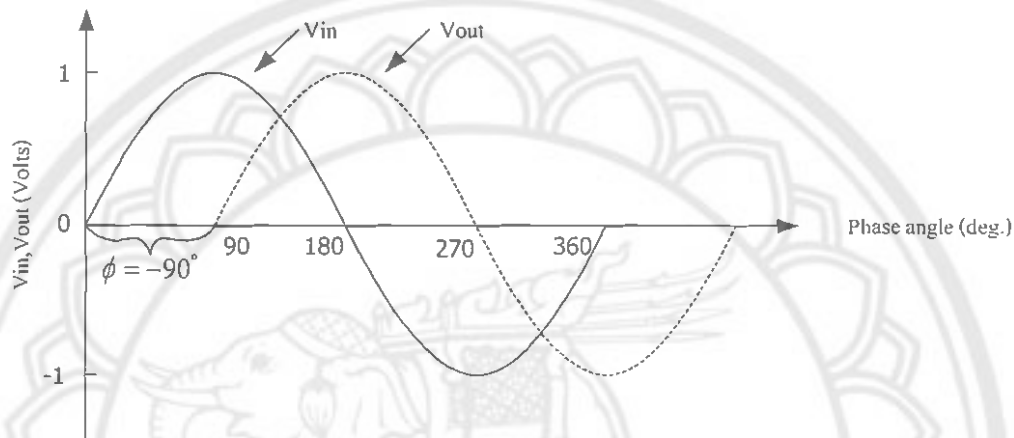
ภาพ 14 การจัดวางตัวเรดิเอเตอร์เป็นอาร์เรย์แบบเส้นตรง

2. วงจรเลื่อนเฟส

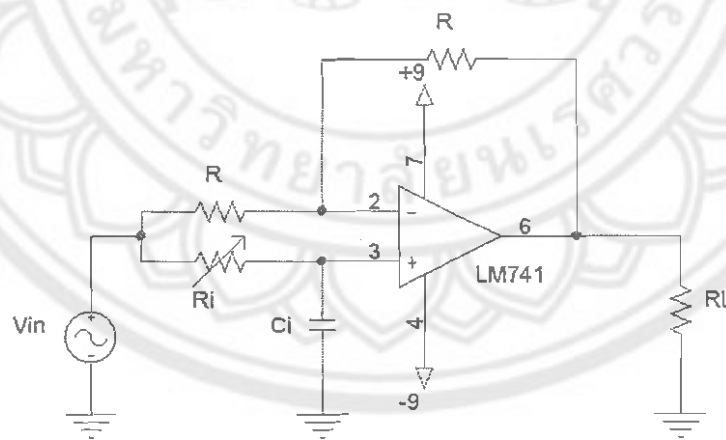
วงจรเลื่อนเฟสคือวงจรที่ทำหน้าที่ส่งผ่านสัญญาณโดยไม่ทำให้รูปร่างและขนาดของสัญญาณเปลี่ยนแปลง แต่จะเลื่อนเฟสของสัญญาณเอาต์พุตให้มีมุมต่างเฟสกับสัญญาณอินพุต

ของวงจรเป็นมุม ϕ (phase angle) หรือเขียนได้เป็น $\angle -\phi$ ยกตัวอย่างเช่น เมื่อป้อนสัญญาณไซน์ที่มีขนาดและความถี่ของสัญญาณ $1 V_r$ และความถี่เท่ากับ 1 kHz ให้กับวงจรเลื่อนเฟส แรงดันเอาต์พุตของวงจรก็จะมีขนาดและความถี่ของสัญญาณเท่าเดิมแต่จะมีเฟสของสัญญาณล่าหลัง (lag) สัญญาณอินพุตเป็นมุมเท่ากับ 90° ดังภาพ 15 หรือเขียนได้เป็น

$$V_{out} = V_{in} \angle -90^\circ$$



ภาพ 15 รูปคลื่นของแรงดันอินพุตกับแรงดันเอาต์พุตที่มีมุมต่างเฟส $\phi = -90^\circ$



ภาพ 16 วงจรเลื่อนเฟส

ดังนั้นวงจรเลื่อนเฟสดังภาพ 16 จึงสามารถเขียนอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอินพุตกับเอาต์พุตของวงจรในรูปแบบทั่วไปได้ดังนี้คือ

$$V_{out} = V_{in} \angle -\phi \quad (4.1)$$

โดยที่ ϕ คือมุมต่างเฟสของวงจร [5] ซึ่งมีค่าเท่ากับ

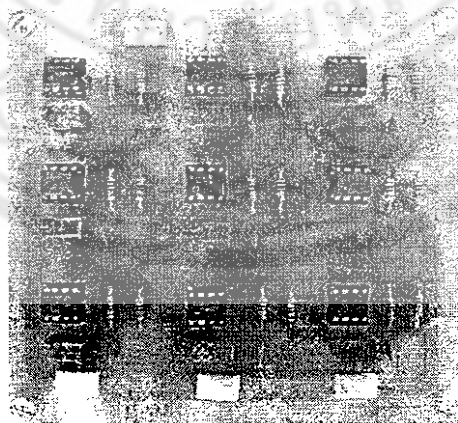
$$\phi = 2 \arctan(2\pi f R_i C_i) \quad (4.2)$$

ในที่นี้ ϕ มีหน่วยเป็นองศา (degree) f มีหน่วยเป็นเฮิรต (Hz) R_i มีหน่วยเป็นโอห์ม (ohm) และ C_i มีหน่วยเป็นฟารัด (F) จากสมการที่ 4.2 เพื่อให้ได้มุมต่างเฟสที่ต้องการจำเป็นต้องเลือกค่าของ C_i และนำไปคำนวณหาค่า R_i ดังนี้คือ

$$R_i = \frac{\tan(\phi/2)}{2\pi f C_i} \quad (4.3)$$

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ใช้ ค่าเฟสล้าหลังของสัญญาณ 8 ค่า ดังนั้นจึงใช้วงจรเลื่อนเฟสจำนวน 8 วงจร แต่ละวงจรจะถูกกำหนดให้มีค่าเฟสแตกต่างกันไปคือ 27° , 54° , 81° , 108° , 162° , 216° , 243° , 324° เนื่องจากวงจรเลื่อนเฟสสามารถเลื่อนเฟสของสัญญาณให้มีค่ามากที่สุดได้ประมาณ 180° แต่มีค่าเฟสอยู่ 3 ค่า ที่เกิน 180° คือ 216° , 243° , 324° เพื่อให้ได้ค่าเฟสเหล่านี้จึงต้องใช้ วงจรขยายแบบกลับเฟสที่มีกำลังขยายเท่ากับ 1 มาต่อร่วมกับวงจรเลื่อนเฟส โดยวงจรขยายแบบกลับเฟสจะทำหน้าที่เลื่อนเฟสของสัญญาณไป 180° ส่วนค่าเฟสที่เหลือจะใช้วงจรเลื่อนเฟสมาทำหน้าที่ ตัวอย่างเช่น ค่าเฟส 216° จะใช้วงจรเลื่อนเฟส เลื่อนเฟสไป $216-180 = 36^\circ$

ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจรเลื่อนเฟสผู้วิจัยได้เลือกใช้ค่าตัวเก็บประจุ C_i เท่ากับ $0.1 \mu F$ และใช้ตัวต้านทานปรับค่าได้แบบละเอียด $10 k\Omega$ เพื่อปรับค่าความต้านทานให้ได้ค่าเฟสที่ต้องการ วงจรเลื่อนเฟสที่นำมาใช้งานจริงและการเชื่อมต่อในวงจร แสดงไว้ในภาพ 17 และ 18 ตามลำดับ



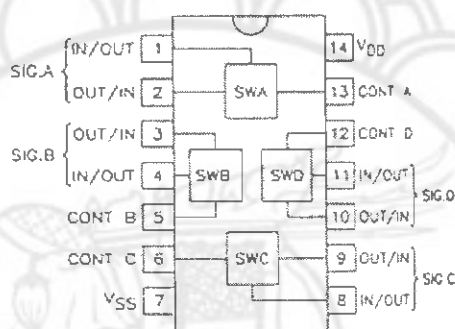
ภาพ 17 วงจรเลื่อนเฟสที่นำมาใช้งานจริง



ภาพ 18 การเชื่อมต่อวงจรเลื่อนเฟส

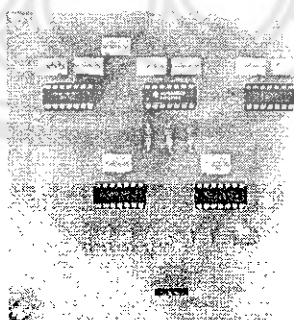
3. สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ 4066

ไอซีชนิดซีเอ็มอส (CMOS) เบอร์ 4066 ภายในประกอบด้วยสวิตช์ 4 ตัว นำกระแสได้ทั้งสองทิศทางคือ สวิตช์แต่ละตัวยอมให้สัญญาณผ่านในทิศทางใดก็ได้ การเปิดปิดสวิตช์ถูกกระตุ้นด้วยขาควบคุมซึ่งมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูง สวิตช์แต่ละตัวขณะเปิดวงจรจะมีความต้านทานสูงมาก แต่ขณะสวิตช์ปิดวงจรจะมีความต้านทานประมาณ 90 โอห์ม ภาพ 19 แสดงรายละเอียดภายในและการจัดขาของไอซีเบอร์ 4066 เนื่องจากเป็นไอซีชนิดซีเอ็มอส จึงใช้กับแหล่งจ่ายไฟได้กว้างตั้งแต่ 3-18 โวลต์ เป็นสวิตช์ที่นำกระแสได้ทั้งสองทิศทางดังนั้นจะต่อขั้วใดเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตก็ได้

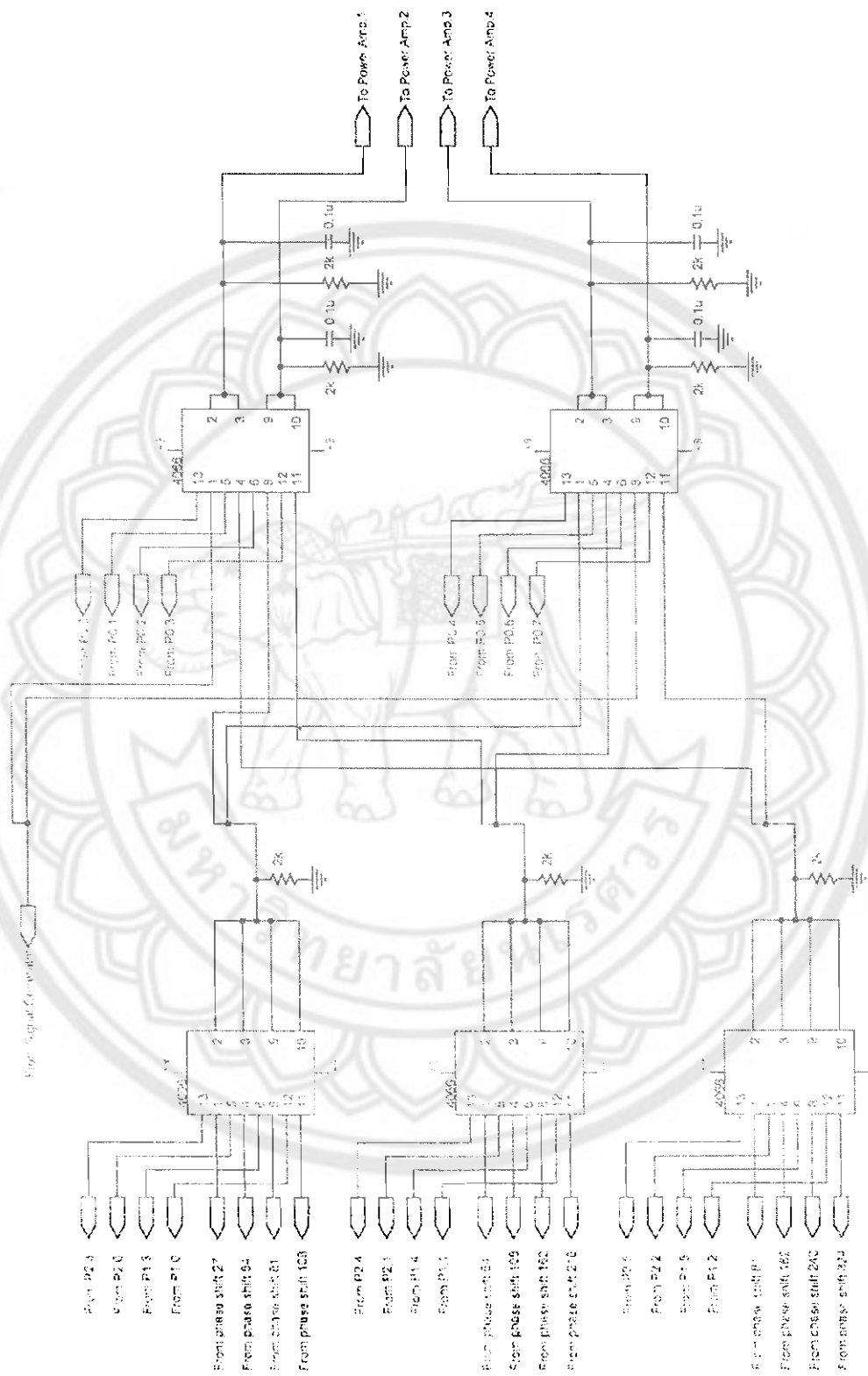


ภาพ 19 รายละเอียดและการจัดขาภายในของไอซี 4066

สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ 4066 นี้ ทำหน้าที่ในการเลือกสัญญาณที่มีค่าเฟสต่างๆ ที่ใช้งาน และส่งต่อไปยังวงจรเพาเวอร์แอมป์ โดยใช้ไอซีจำนวน 5 ตัว (20 สวิตช์) ขาควบคุมของไอซีต่อกับพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 และขารับสัญญาณอินพุตแต่ละขาจะรับสัญญาณค่าเฟสต่างๆ จากวงจรเลื่อนเฟส สวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้งานจริง และการเชื่อมต่อของวงจรแสดงไว้ในภาพ 20 และ 21



ภาพ 20 วงจรสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ 4066 ที่นำมาใช้งานจริง

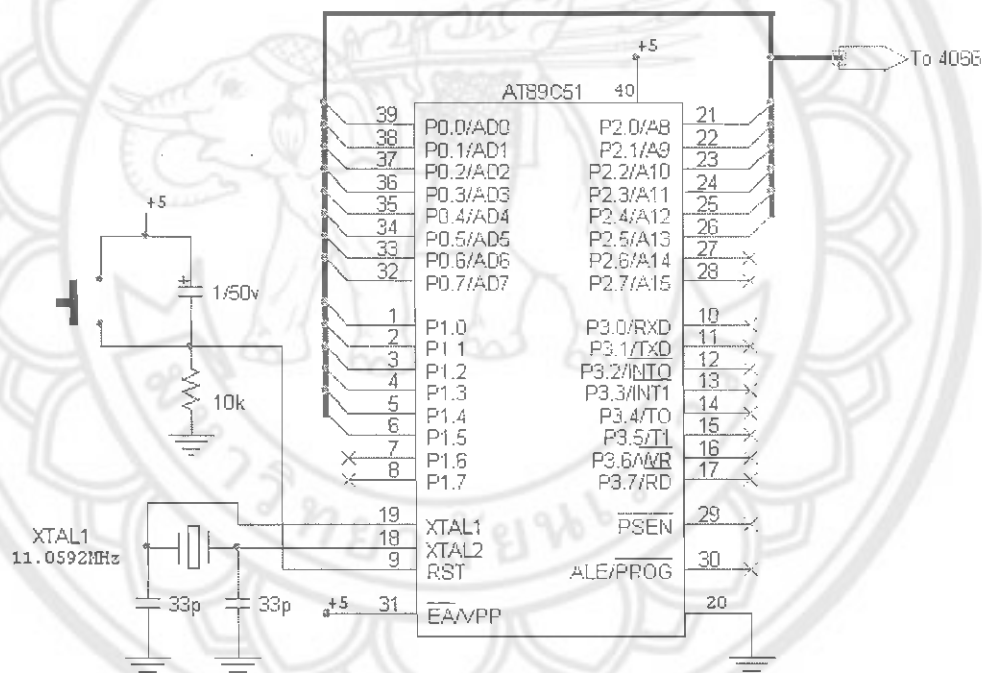


ภาพ 21 การเชื่อมต่อวงจรสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ 4066

4. ไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51

เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ที่สามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์พีซี ทำการลบและเขียนโปรแกรมได้โดยตรง เรียกว่า "ซิสเต็มโปรแกรมมิ่ง" หรือใช้เครื่องโปรแกรมในตัว (ยูนิเวอร์แซลโปรแกรมเมอร์) AT89C51 มีหน่วยความจำแบบแฟลชอยู่ภายในขนาด 4 กิโลไบต์ สามารถโปรแกรมทับลงไปได้อีกนับพันครั้ง

ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำหน้าที่ควบคุมสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์ 4066 ให้เปิดปิด เพื่อเลือกใช้สัญญาณที่ค่าเฟสต่างๆ กัน และยังทำหน้าที่ควบคุมความเร็วในการกวาดของลำคลื่น ด้วยการเขียนโปรแกรมหน่วงเวลาภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ การเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับสวิทช์อิเล็กทรอนิกส์ 4066 แสดงดังภาพ 22 ซึ่งโฟลว์ชาร์ตอธิบายการทำงานของโปรแกรมจะกล่าวถึงในบทที่ 6



ภาพ 22 วงจรเชื่อมต่อ AT89C51 กับ 4066

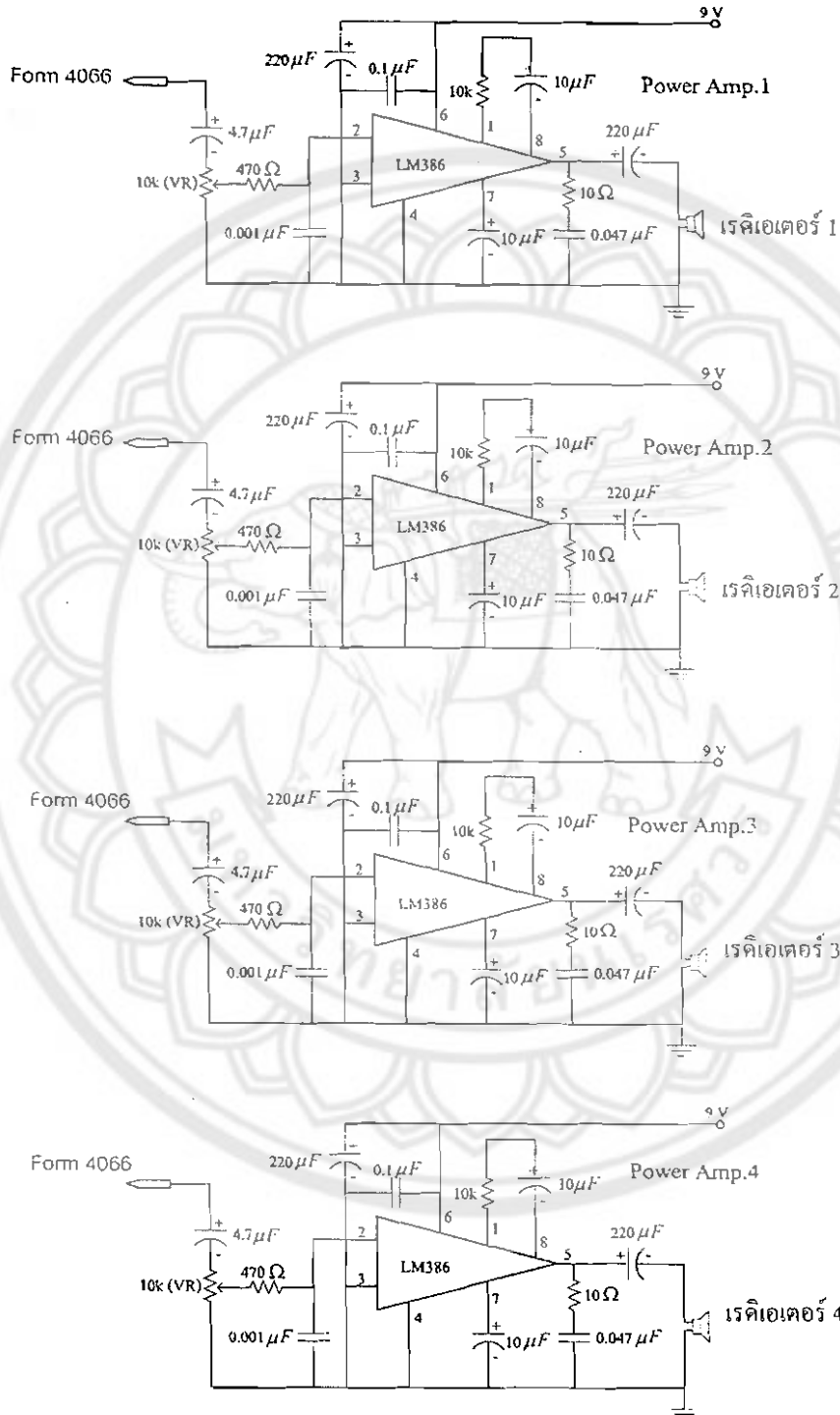
5. วงจรขยายสัญญาณเสียง (Power Amplifier)

วงจรขยายสัญญาณเสียงทำหน้าที่ขยายและป้อนสัญญาณค่าเฟสต่างๆ กันให้กับตัวเรดิโอเตอร์ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้ใช้ตัวเรดิโอเตอร์จำนวน 4 ตัว จึงสร้างวงจรขยายสัญญาณเสียงขึ้นมา 4 วงจร เพื่อใช้กับตัวเรดิโอเตอร์แต่ละตัว ผู้วิจัยได้เลือกใช้ไอซีเบอร์ LM386 ใน



วงจร ซึ่งจะให้กำลังขับที่เอาต์พุต 560 mW เมื่อต่อเข้ากับลำโพงอิมพีแดนซ์ 8 โอห์มและใช้กระแส

ในวงจรประมาณ 120 mA การเชื่อมต่อวงจรขยายสัญญาณเสียงแสดงไว้ในภาพ 23



ภาพ 23 การเชื่อมต่อวงจรขยายสัญญาณเสียง