

บทที่ 3

การออกแบบและสร้างคอนเวอร์เตอร์

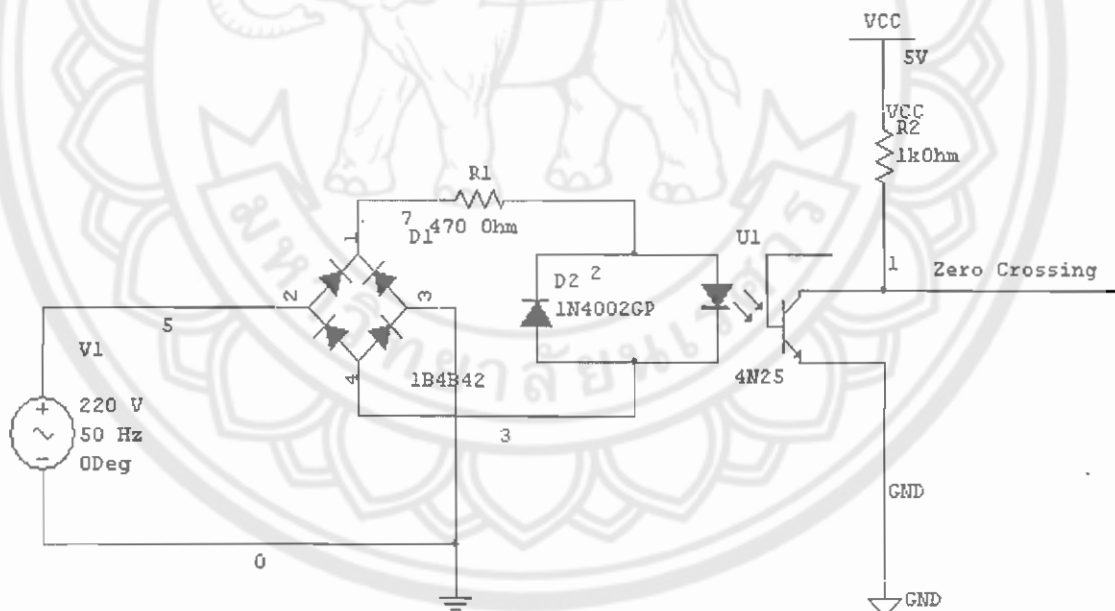
3.1 การออกแบบวงจรและชุดควบคุม

บทนี้จะกล่าวถึง การวิเคราะห์ออกแบบวงจรและชุดควบคุม ตลอดจนการออกแบบโปรแกรมควบคุม สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญของการจัดทำโครงงาน

การวิเคราะห์วงจรด้วยโปรแกรม Electronics Workbench

โปรแกรม Electronics Workbench เป็นโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าซึ่งจะเป็นการทดลองผลทางคอมพิวเตอร์ก่อนการทดลองในวงจรจริง เพื่อจะได้นำผลที่ได้จากโปรแกรมไปเปรียบเทียบกับวงจรที่สร้างขึ้นจริง ซึ่งจะทำให้ได้ผลที่ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

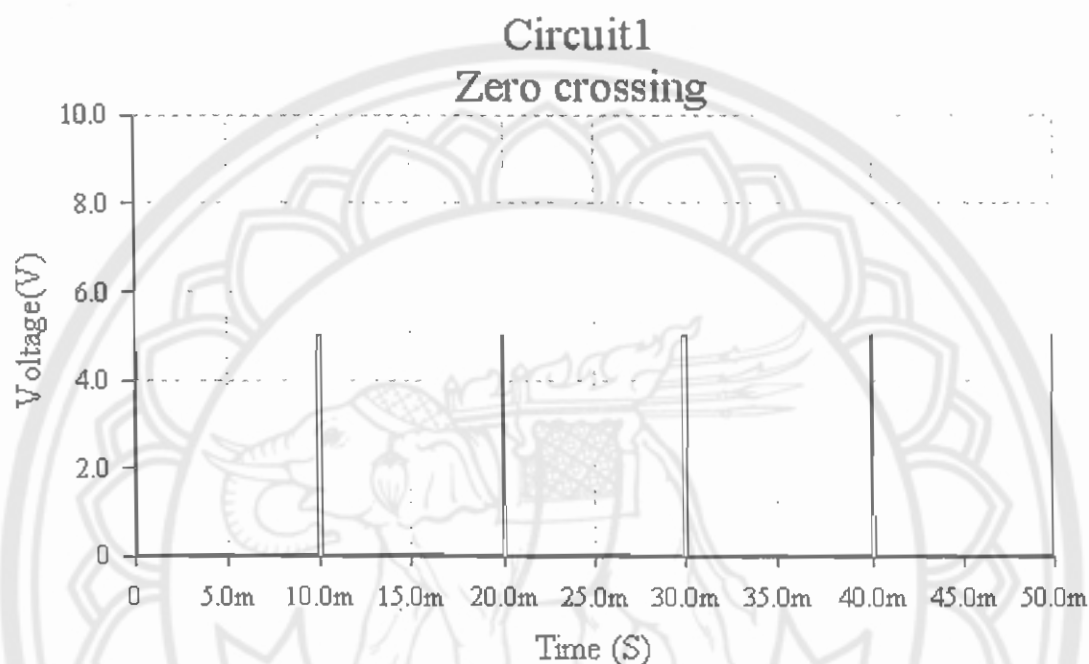
วาดวงจรลงในโปรแกรม โดยเลือกอุปกรณ์ที่มีอยู่ในชุดสำเร็จ (Libraries) ของโปรแกรม ซึ่งจะได้ดังรูป



รูปที่ 3.1 วงจรซีโรครอสซิง

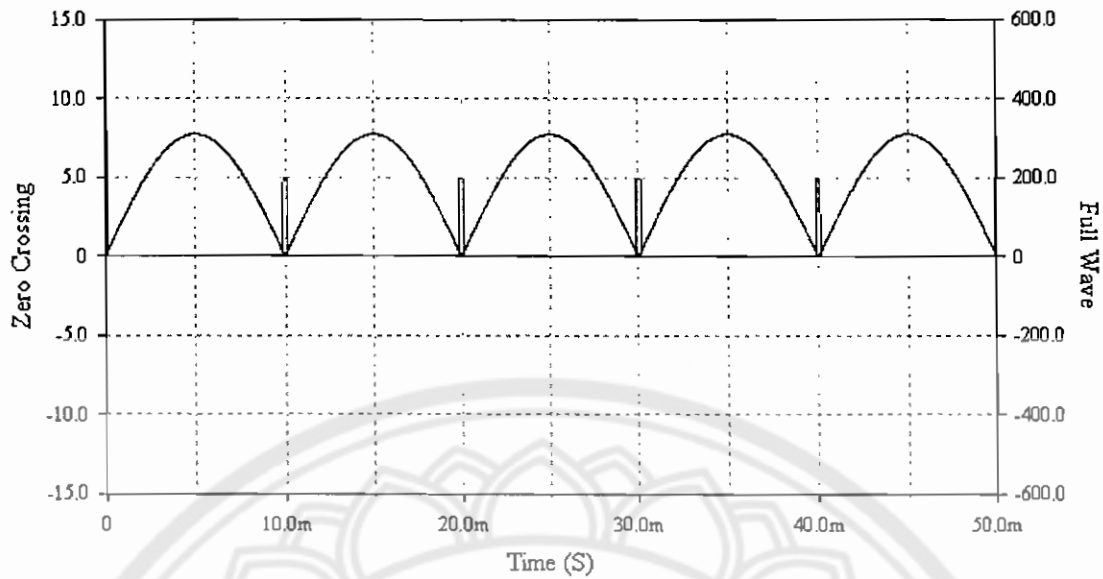
รูปที่ 3.1 เป็นวงจรที่จะนำมาใช้ในการทดสอบซีโรครอสซิง (Zero Crossing) ซึ่งจะนำมาใช้เป็นจุดเปรียบเทียบในการจุดชนวนไทรสเตอร์ โดยเอาท์พุตที่ได้จากวงจรซีโรครอสซิงจะต้องเป็นแบบลอจิก จึงจะสามารถใช้ติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ นอกจากนี้ เพื่อป้องกันเหตุการณ์ที่

อาจทำความเสียหายให้กับชุดควบคุม เนื่องจากการลัดวงจรทางด้านแรงดันสูง จึงต้องจัดวงจรให้แยกกราวด์ ระหว่างแรงดันสูงและชุดควบคุมแรงดันต่ำ ในที่นี้จึงใช้ ออปโต เบอร์ 4N25 ทำหน้าที่แยกกราวด์และเป็นสวิตช์ในการปิด (On) และเปิด (Off) วงจร ให้ได้ระดับลอจิก “1” หรือระดับแรงดัน 5 V และ ระดับลอจิก “0” หรือระดับแรงดัน 0 V ซึ่งจะนำไปต่อเข้ากับระบบควบคุมต่อไป



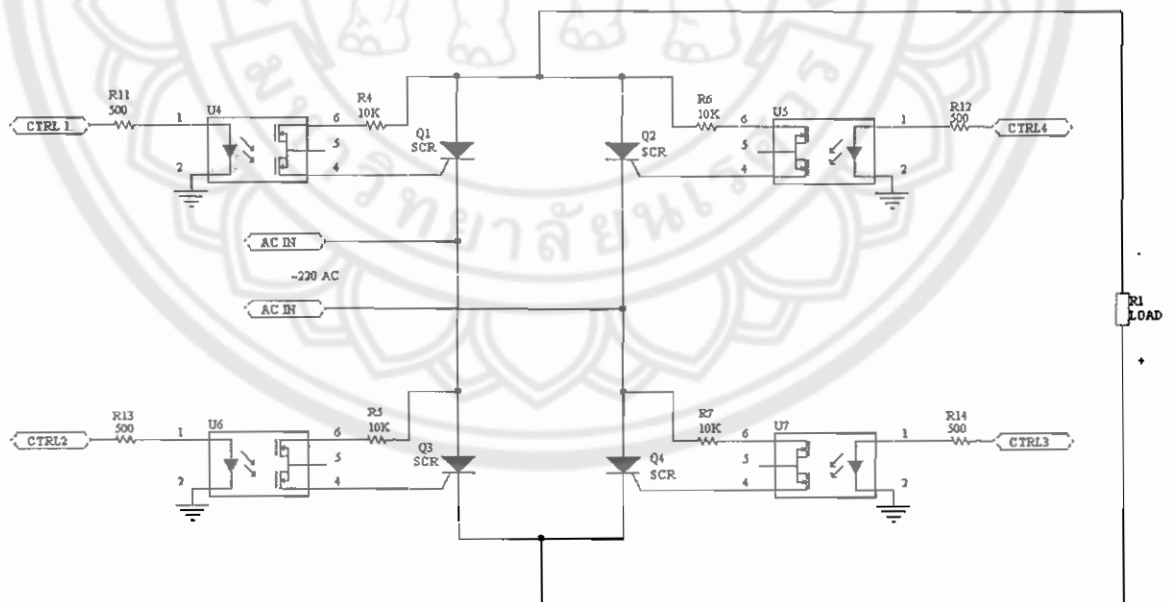
รูปที่ 3.2 สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรซีโรครอสซิง

สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรซีโรครอสซิง ซึ่งจะได้ระดับแรงดันเป็นพัลส์ตามระดับแรงดันที่ชุดควบคุมต้องการ ซึ่งจะมีการเปิดและปิดวงจรทุกๆ 10 mS



รูปที่ 3.3 สัญญาณอ้างอิงการจุดชนวน

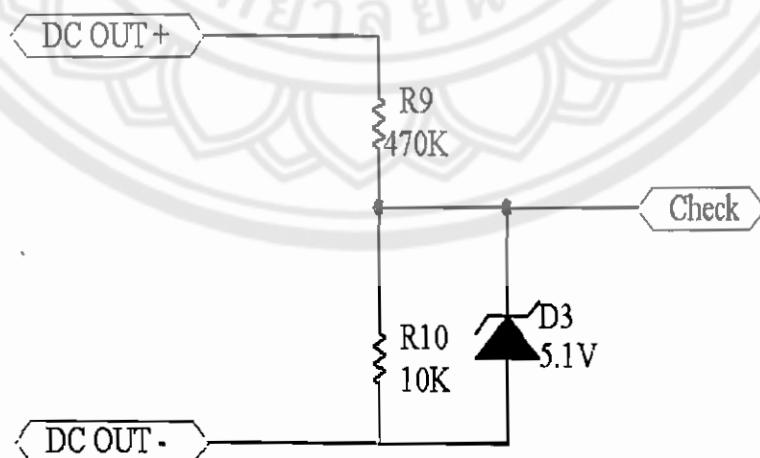
รูปที่ 3.3 แสดงให้เห็นถึงการนำสัญญาณที่ได้จากวงจรซีโรครอสซิง มาใช้เป็นจุดเปรียบเทียบที่จะนำมาใช้ในการจุดชนวนไทรสเตอร์ที่มุมตั้งแต่ 0 องศา ถึง 180 องศา



รูปที่ 3.4 วงจรขับการทำงานไทรสเตอร์

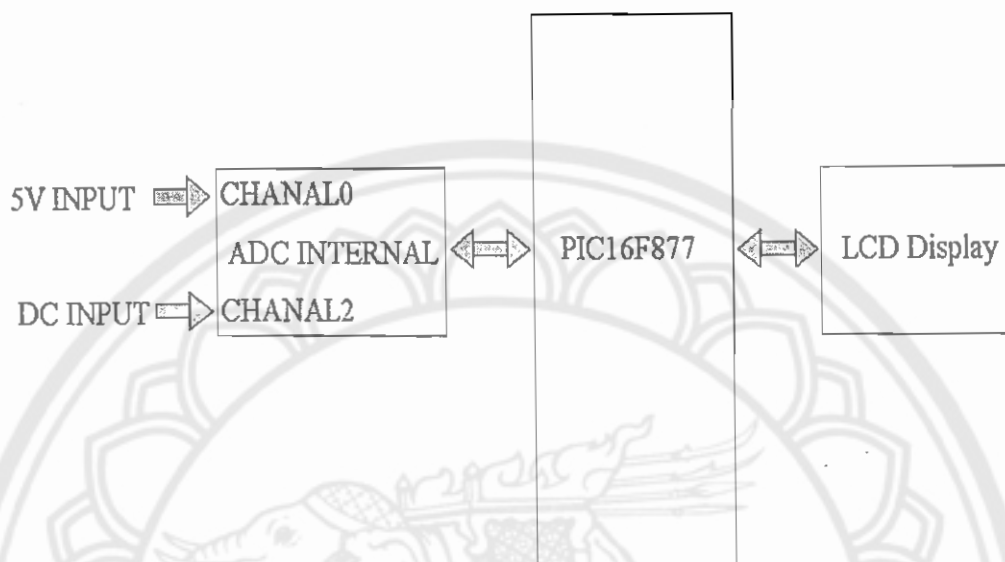
วงจรที่จะนำมาใช้ในการขับให้ไทรสเตอร์ทำงาน ซึ่งจากการออกแบบเราได้ทำการแยกวงจรออกเป็น 2 ระบบ คือ ระบบทางด้านแรงดันสูงกับระบบทางด้านแรงดันต่ำออกจากกัน เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดการลัดวงจรของวงจรทางด้านแรงดันสูง ซึ่งจะทำให้ระบบควบคุมหรือไมโครคอนโทรลเลอร์และอุปกรณ์ต่อพ่วงเกิดการเสียหายได้ ด้วยใช้ออปโต (Opto) เบอร์ LCB110 คุณสมบัติของอุปกรณ์ตัวนี้คือจะทำงานในลักษณะปกติปิด (Normal Close) นั่นก็คือเมื่อเริ่มจ่ายไฟฟ้า 220 V วงจรในรูปที่ 3.4 จะเริ่มนำกระแสทันที การที่จะควบคุมการนำกระแสของไทรสเตอร์ได้นั้นจะต้องให้ชุดควบคุมหรือไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ป้อนระดับลอจิก “1” ออกมาควบคุม ซึ่งจะทำให้ออปโต (Opto) ทำงานในการเปิดวงจร (Normal Open) จะทำให้ไทรสเตอร์ตัวนั้นหยุดทำงาน ซึ่งการทำงานของไทรสเตอร์ Q3, Q2 ต้องทำงานพร้อมกัน และการทำงานของไทรสเตอร์ Q4, Q1 ต้องทำงานพร้อมกันจึงจะได้การทำงานที่สมบูรณ์

จากการต่อวงจรในการขับไทรสเตอร์ดังในรูปที่ 3.4 เมื่อยังไม่มีกระแสจ่ายแรงดันเข้าไปที่ขาแอโนดของ U6 และ U5 ซึ่งจะมีกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟไหลผ่าน R5 และ R6 ทำให้ Q3, Q2 เริ่มทำงานในการนำกระแสในครั้งแรกของสัญญาณอินพุตทางซิกบวก และเมื่อยังไม่มีกระแสจ่ายแรงดันเข้าไปที่ขาแอโนดของ U7 และ U4 ซึ่งจะมีกระแสไฟฟ้าจากแหล่งจ่ายไฟไหลผ่าน R7 และ R4 ทำให้ Q4, Q1 เริ่มทำงานในการนำกระแสในครั้งแรกของสัญญาณอินพุตทางซิกลบ การที่ไทรสเตอร์สามารถทำงานได้นี้ อันเนื่องมาจากที่ระหว่างขาเกตกับขาแคโทดของไทรสเตอร์มีความต้านทานค่าๆหนึ่ง ทำให้เกิดการไบอัสตรงที่ขาเกตเทียบกับขาแคโทดของไทรสเตอร์เมื่อมีการนำกระแสของออปโต (Opto) และเกิดจากกระแสรั่วไหลของอุปกรณ์แต่ละตัว ซึ่งในการที่จะทำให้ไทรสเตอร์แต่ละตัวทำงานที่มุมต่างๆได้นั้น ต้องมีการหน่วงเวลาของสัญญาณอินพุตของออปโต (Opto) เพื่อเป็นการควบคุมการเปิดปิดของออปโต (Opto)



รูปที่ 3.5 วงจรตรวจสอบแรงดันเอาต์พุต

จากรูปที่ 3.5 เป็นวงจรที่ใช้สำหรับทำการตรวจสอบแรงดันเอาต์พุต เพื่อจะได้นำแรงดันเอาต์พุตที่ได้นี้ไปเข้าวงจร ADC ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะทำให้การแปลงค่าของแรงดันให้แสดงผลออกมาทางหน้าจอ LCD บล็อกไดอะแกรมของการทำงานนี้แสดงดังรูป



รูปที่ 3.6 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของ LCD

เมื่อมีการปรับเปลี่ยนค่าแรงดันอินพุต 5 V ก็จะทำให้มีการสั่งงานให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ปรับมุมให้การจุดฉนวนไทรสเตอร์ และค่าอินพุตกระแสตรง เป็นค่าที่ได้จากวงจรตรวจสอบแรงดันเอาต์พุต ซึ่งมีซีเนอร์ไดโอดช่วยป้องกันแรงดันเกินระดับที่ไมโครคอนโทรลเลอร์จะรับได้ ซึ่งต่ออยู่กับตัวต้านทานที่ต่อวงจรกันแบบแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) โดยมีอัตราส่วนของการแบ่งอยู่ที่ 1 : 47 เท่า ได้มาจากสมการ

$$V_{out} = \frac{R_9}{R_9 + R_{10}} V_{dc} \quad (3.1)$$

ตารางที่ 3.1 เปรียบเทียบอนาล็อกพหุคิตติคอล

องศา	ADC	V_{rms}	Ratio
0	-	-	-
10	698	182	3.83
20	702	184	3.81
30	707	187	3.78
40	691	179	3.86
50	662	168	3.94
60	625	155	4.03
70	570	139	4.10
80	504	122	4.13
90	422	100	4.22
100	349	83	4.20
110	285	68	4.19
120	221	53	4.17
130	159	38	4.18
140	107	25	4.28
150	63	16	3.87
160	-	-	-
170	-	-	-
180	-	-	-

ตาราง ADC เปรียบเทียบกับ แรงดันเอาต์พุต (V_{rms}) ใช้ในการเปรียบเทียบอนาล็อกพหุคิตติคอลเพื่อนำสัดส่วนในตารางนี้ไปเขียนโปรแกรม

$$Ratio = \frac{ADC}{V_{rms}} \quad (3.2)$$

Ratio ค่าเปรียบเทียบอนาล็อกพหุคิตติคอลคือแรงดันเอาต์พุต (V_{rms}) เพื่อนำสัดส่วนที่ได้ไปเขียนโปรแกรมแสดงผลทางจอLCD

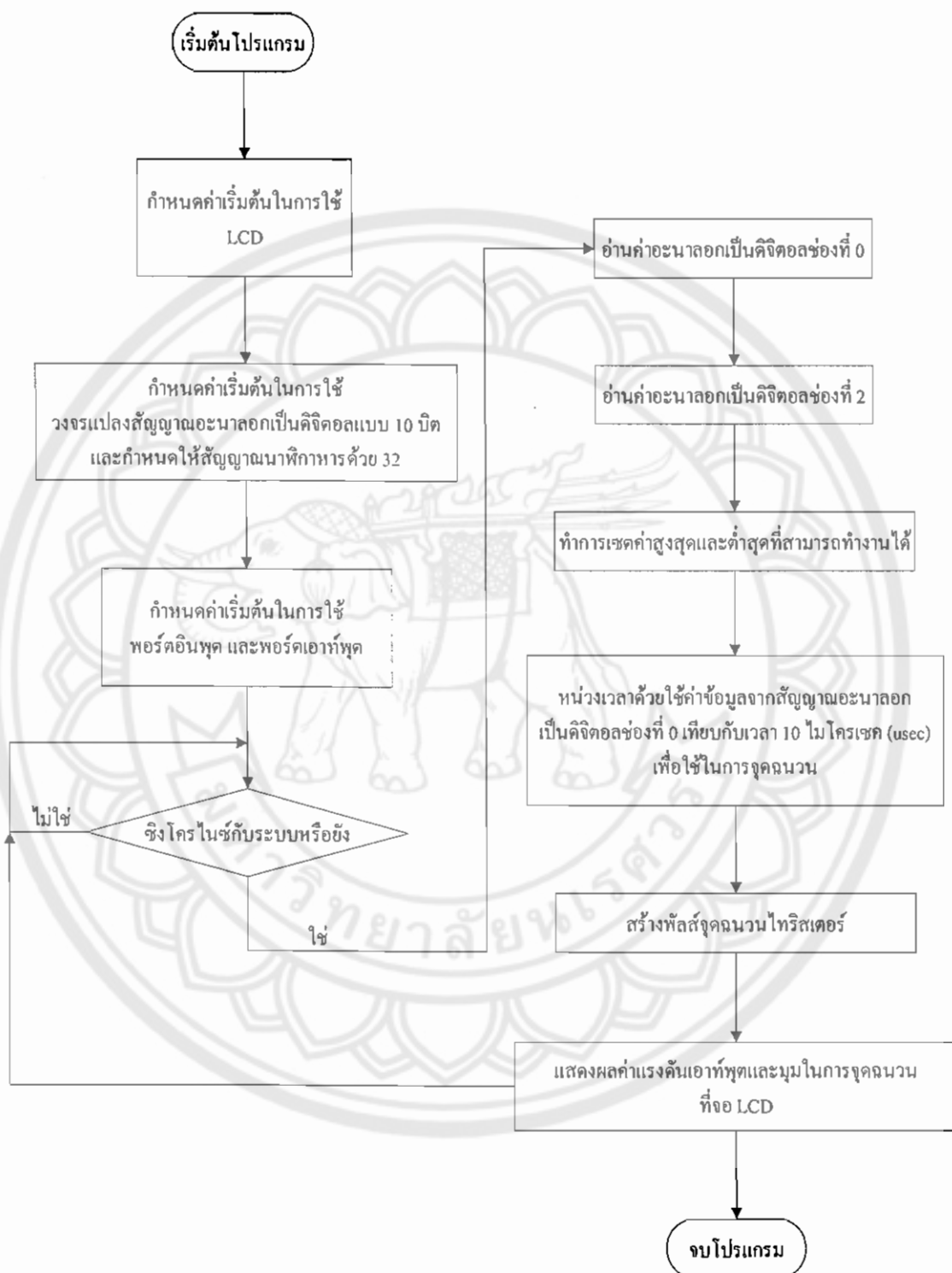
3.2 ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรม

โปรแกรมนี้อาจทำหน้าที่กำเนิดสัญญาณจุดชนวนเกิดของไทรสเตอร์ 4 ตัว ในวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวแบบบริดจ์ โดยไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการแปลงสัญญาณจากตัวต้านทานปรับค่า ซึ่งใช้ในการปรับมุมจุดชนวนไทรสเตอร์ ด้วยสัญญาณที่ได้จะมาเข้าวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกทูดิจิตอลช่อง 0 (ADC) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 และนำสัญญาณที่ได้จากการแปลงมาเปรียบเทียบเทียบกับค่าของเวลาหรือ แมซินไซเกิล ซึ่งจะได้มุมจุดชนวนออกมา

เนื่องจากมุมที่รับมาจะวัดจากจุดอ้างอิง (Zero Transition) ในการกำเนิดสัญญาณจุดชนวนจึงจำเป็นต้องให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ รับรู้ถึงจุดที่เป็นจุดอ้างอิงนี้ และในการสร้างสัญญาณอ้างอิงของมุม α จะกระทำโดยใช้วงจรซีโรครอสซิง (Zero Crossing) สัญญาณที่ได้จากวงจรนี้จะนำไปต่อเข้ากับขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ในการตรวจสอบระดับของสัญญาณที่เข้ามา ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับรู้ซีโรครอสซิง และเชื่อมต่อเข้ากับกับสายสัญญาณได้ นอกจากนี้แล้วยังมีการตรวจสอบแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้จากการทำงานของวงจรเรียงกระแสเฟสเดียวแบบบริดจ์ แรงดันนี้จะผ่านวงจรตัวต้านทานแบบแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) ซึ่งมีซีเนอริไดโอดค่อขนานอยู่เพื่อป้องกันแรงดันเกินค่าที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถที่จะรับได้ จากนั้นจะนำแรงดันที่ได้เข้าวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกทูดิจิตอลช่อง 1 (ADC) และนำค่าที่ได้จากการแปลงมาปรับค่าพร้อมกันนั้นก็วัดแรงดัน RMS ของแรงดันเอาต์พุตขณะนั้นด้วย เพื่อที่จะนำค่าเหล่านั้นมาเขียนเป็นตารางเพื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนของค่าแรงดัน RMS กับค่าที่ได้จาก อนาล็อกทูดิจิตอล จากนั้นจะได้อัตราส่วนออกมาหนึ่งค่าและนำมาปรับค่า เพื่อนำกลับมาแสดงผลที่จอแสดงผล LCD ด้วยการแสดงจะให้มีการแสดงทุกๆ 20 ครั้งของการสัญญาณเอาต์พุต เพื่อป้องกันการกระพริบของการแสดงผลที่จอแสดงผล LCD

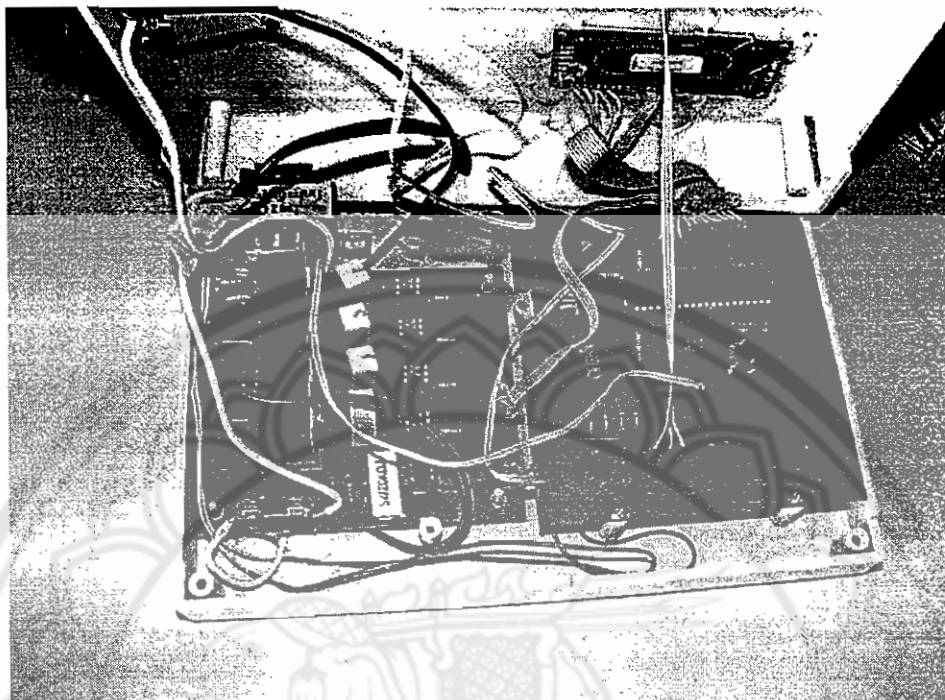
3.3 Flowchart

แสดงการทำงานของโปรแกรมควบคุมคอนเวอร์เตอร์

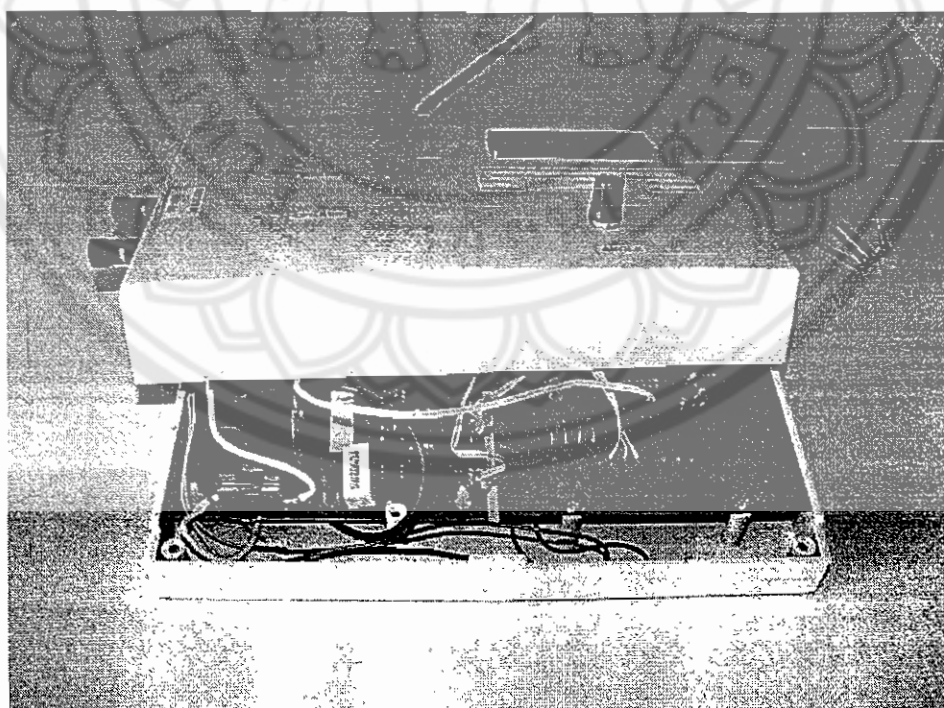


รูปที่ 3.8 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของโปรแกรมควบคุมคอนเวอร์เตอร์

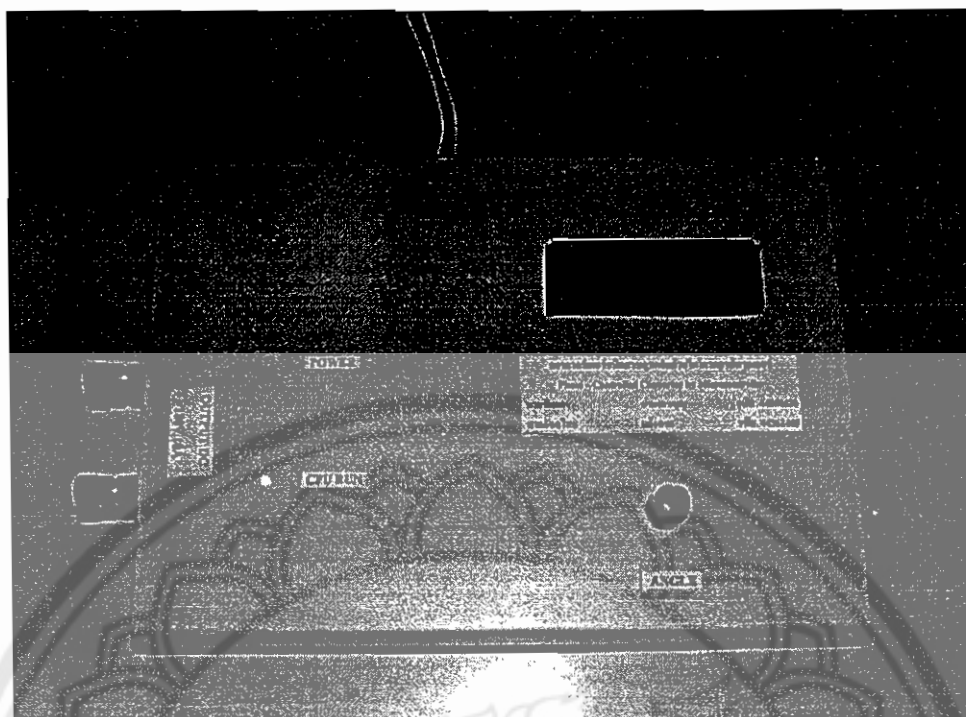
3.4 คอนเวอร์เตอร์ที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว



รูปที่ 3.9 โครงสร้างภายในคอนเวอร์เตอร์



รูปที่ 3.10 คอนเวอร์เตอร์ก่อนประกอบ



รูปที่ 3.11 คอนเวอร์เตอร์ที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว

