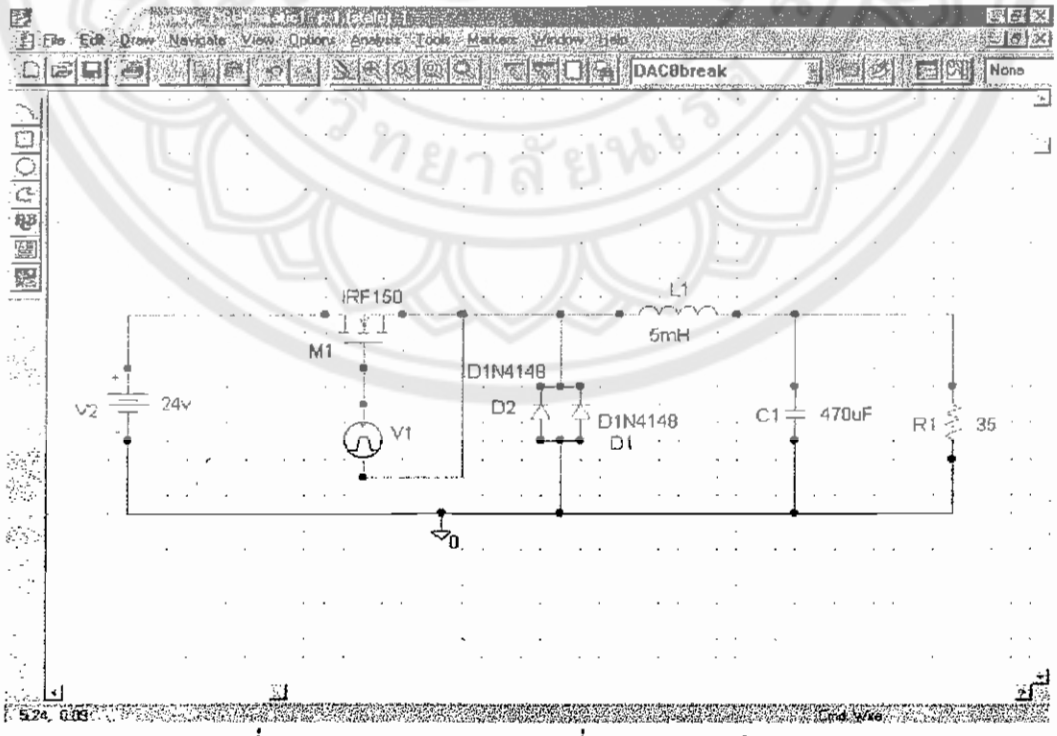
บทที่ 3
การออกแบบวงจรดีซีทูดีซีคอนเวอร์เตอร์และชุดควบคุม

บทนี้จะกล่าวถึงการวิเคราะห์ออกแบบวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์และวงจรชุดควบคุม ตลอดจนการออกแบบโปรแกรมควบคุมสำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญของการจัดทำโครงงานนี้

3.1 การวิเคราะห์ วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ ด้วยโปรแกรม PSpice

โปรแกรม PSpice เป็นโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์วงจรไฟฟ้าซึ่งจะเป็นการทดลองผลทางคอมพิวเตอร์ก่อนการทดลองในวงจรจริงเพื่อจะนำผลที่ได้จากโปรแกรมไปเปรียบเทียบกับวงจรที่สร้างขึ้นจริงซึ่งจะให้ได้ผลที่ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

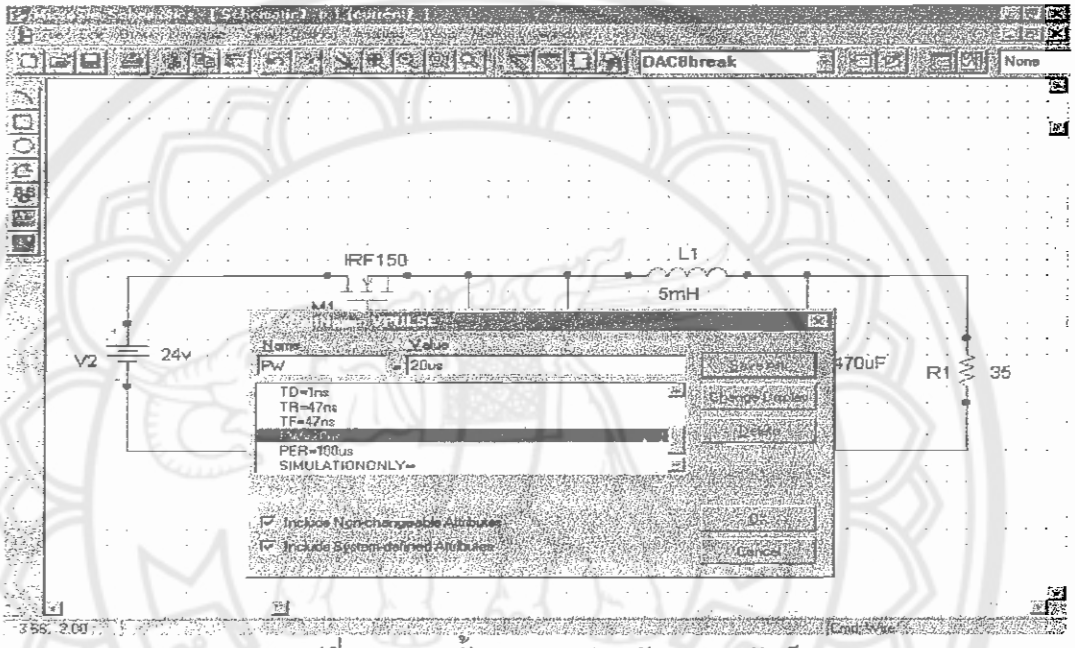
3.1.1 วาดวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ลงในโปรแกรม โดยเลือกอุปกรณ์ที่มีอยู่ใน ไลบรารี (libraries) ของโปรแกรม PSpice ซึ่งจะได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 วงจร Buck Converter ที่ออกแบบจากโปรแกรมPSpice

โดยอุปกรณ์จะประกอบด้วย แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง (V2) 24 โวลล์ , ตัวต้านทาน(R1) 35โอห์ม, ตัวเก็บประจุ (C1) 470 ไมโครฟารัด,ตัวเหนียวนำ(L1) 5 มิลลิเฮนรี, ไดโอด(D1) เบอร์D1N4148 , มอสเฟต เบอร์ IRF150 และแหล่งจ่ายสัญญาณพัลส์ (V1)

3.1.2 ตั้งค่าแหล่งจ่ายสัญญาณพัลส์โดย ดับเบิลคลิกที่ (V1)จะปรากฏดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 การตั้งค่าแหล่งจ่ายสัญญาณพัลส์

การตั้งค่าที่ V1 จะกำหนดแต่ละค่าดังนี้

V1 = 0

V2 = 15

TD = 1ns (เดด ไทม์)

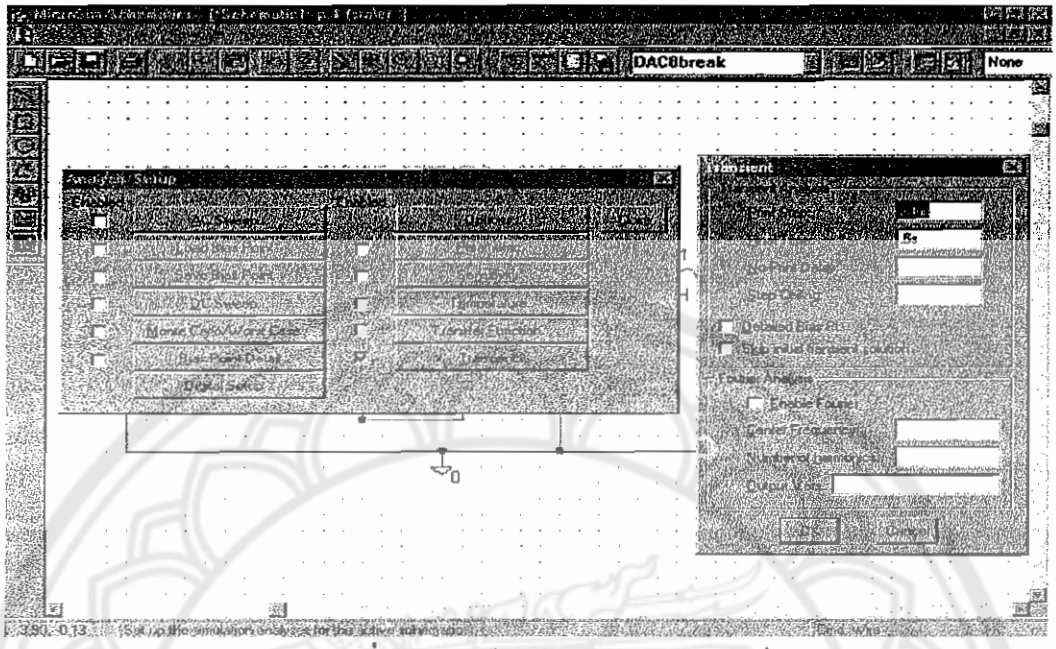
TR = 47ns (ไรส์ ไทม์)

TF = 47ns (ฟอล ไทม์)

PER=100ns (คาบ ของสัญญาณจะใช้ความถี่ 10 kHz)

PW =10ns – 90ns (เป็นการกำหนดช่วงเวลา ออน หรือ เปอร์เซนต์ดิวตี้ไซเคิล)ซึ่งการวิเคราะห์จะใช้ดิวตี้ ไซเคิล ตั้งแต่ 10% - 90%

3.1.3 กำหนดช่วงเวลาในการวิเคราะห์สัญญาณ โดยการคลิกที่ setup แล้วจะปรากฏดังในรูปที่ 3.3 จากนั้นเลือกที่ ทรานเซียน (Transient) กำหนดช่วงการแสดงผล (print step)ที่ 20ns และเลือกเวลาสุดท้ายในการแสดงผล (final time) ที่ 0.1ns



รูปที่ 3.3 การเลือกช่วงของการวิเคราะห์

3.1.4 ทำการวิเคราะห์วงจรโดยการ คลิกที่ (simulation)

3.2 วงจร ดิจิตอลทูอนาลอกคอนเวอร์เตอร์ (DAC)

การทดลอง วงจรดิจิตอลทูอนาลอกคอนเวอร์เตอร์ เป็นการทดลองใช้ ไอซี เบอร์ DAC0808 ซึ่งเป็นไอซีที่แปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอกและผลที่ได้จากการทดลองจะถูกนำไปวิเคราะห์เพื่อนำผลไปใช้กับการเขียนโปรแกรมควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในวงจรควบคุมและนำวงจรดิจิตอลทูอนาลอกคอนเวอร์เตอร์ ไปใช้ในชุดควบคุม ต่อไป

ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2.1 ต่อวงจรตามรูปที่ 3.4 โดยใช้ไอซี เบอร์ DAC0808

3.2.2 ทำการป้อน สัญญาณดิจิตอลในส่วนของขาที่เป็นดิจิตอลอินพุต (A1 – A8) โดยกำหนดแรงดันที่ป้อน +5V = ลอจิก 1, 0V = ลอจิก 0 (ไม่ปล่อยให้ขาอินพุตลอย)

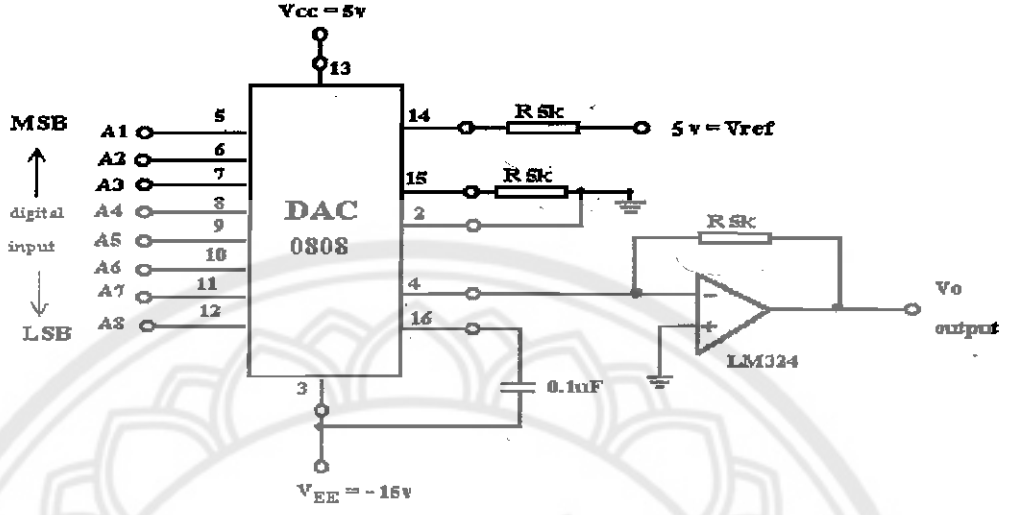
3.2.3 บันทึกผลที่ได้เพื่อนำไปวิเคราะห์

อุปกรณ์ที่ใช้

3.2.3.1 ไอซีดิจิตอลทูอนาลอกคอนเวอร์เตอร์ เบอร์ DAC0808

3.2.3.2 ไอซีเบอร์ LM324

3.2.3.3 ตัวเก็บประจุและตัวต้านทาน



รูปที่ 3.4 วงจรดิจิตอลทูอนาลอกคอนเวอร์เตอร์

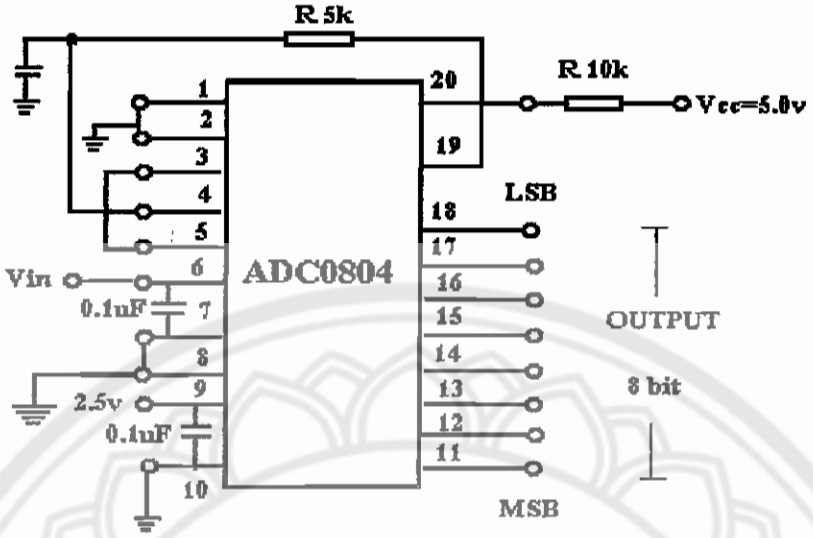
3.3 วงจรอนาลอกทูดิจิตอลคอนเวอร์เตอร์ (ADC)

วงจรอนาลอกทูดิจิตอลคอนเวอร์เตอร์ จะเป็นวงจรที่แปลงสัญญาณอนาลอกไปเป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งการดำเนินงานในขั้นตอนนี้จะนำผลที่ได้ไปใช้ในการเขียนโปรแกรมในโหมดการควบคุมอัตโนมัติ โดยการนำ ไอซีเบอร์ ADC0804 มาทำการต่อตามวงจร ในรูปที่ 3.5 และวงจรดังกล่าวนี้จะนำไปใช้ในวงจรควบคุมทางด้านกลับ (Feedback control) ซึ่งเป็นการควบคุมในโหมดอัตโนมัติ

อุปกรณ์ที่ใช้

3.3.1 ไอซีอนาลอกทูดิจิตอลเบอร์ ADC0804

3.3.2 ตัวเก็บประจุ และตัวต้านทาน



รูปที่ 3.5 วงจรอนาลอกทูดิจิตอลคอนเวอร์เตอร์

3.4 การออกแบบวงจรดีซีทูดีซีคอนเวอร์เตอร์และวงจรชุดควบคุม

ในส่วนนี้เป็นส่วนของการนำเอาวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์และชุดวงจรควบคุมมารวมกัน ซึ่งการทำงานของวงจรรวมนี้มีโหมดการทำงาน 2 โหมดด้วยกันคือ

3.4.1 โหมดควบคุมแบบปรับค่าด้วยตัวเอง (Manaul control mode)

3.4.1.1 ประกอบด้วย ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นส่วนกำหนดค่าดิวตี้ไซเคิลซึ่งจะมีการโปรแกรมเก็บไว้ภายใน ส่วนนี้จะเป็นหัวใจสำคัญของการควบคุมวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ (โปรแกรมควบคุมศึกษาได้จากภาคผนวก)

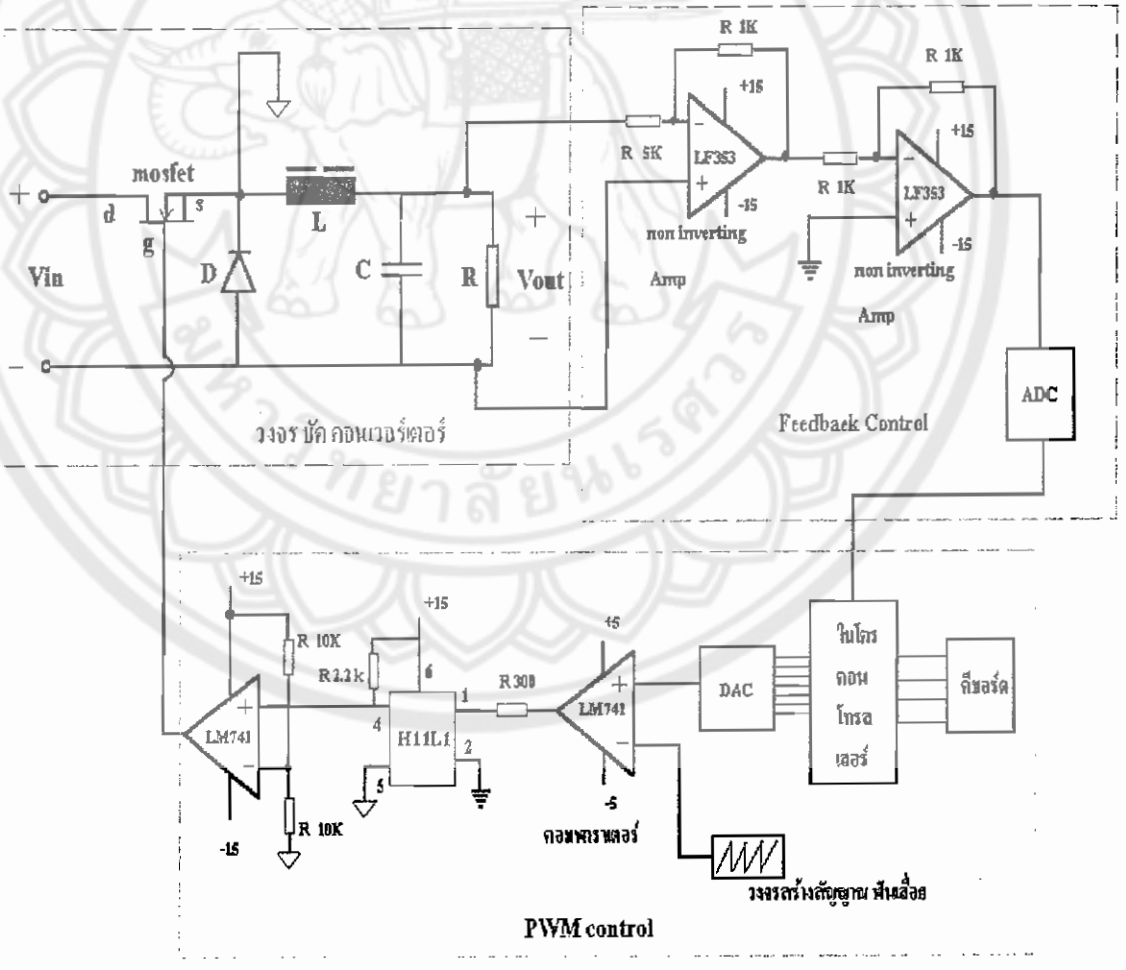
3.4.1.2 ดิจิตอลทูอนาลอกคอนเวอร์เตอร์ทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิตอลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เป็นสัญญาณอนาลอกเพื่อนำไปสร้างสัญญาณพัลส์วิดธ์ซึ่งเป็นตัวกำหนดดิวตี้ไซเคิลในส่วนต่อไป

3.4.1.3 ส่วนที่เป็นการสร้างสัญญาณพัลส์วิดธ์มอดูเลต (PWM) ส่วนนี้จะนำสัญญาณจากดิจิตทูอนาลอก ซึ่งกำหนดโดยไมโครคอนโทรลเลอร์มาทำการเปรียบเทียบกับสัญญาณฟันเลื่อยภายในไอซี ตัวเปรียบเทียบ (IC LM741) ซึ่งจะทำให้ได้สัญญาณพัลส์ตามหลักการในทฤษฎีในบทที่ 2 สัญญาณจะถูกส่งผ่าน ไอซีออฟโตไอโซเลต (H11L1) ซึ่งทำหน้าที่แยกวงจรทางแสงเพื่อป้องกันไม่ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เสียหายเนื่องจากโวลล์สูงจาก วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ ในส่วนต่อไปสัญญาณจะถูกทำให้สวิงอยู่ในช่วง ลบ-บวก เพื่อให้การทำงานของวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ดียิ่งขึ้นโดยใช้ไอซี LM741 และตัวต้านทานแบ่งแรงดัน

3.4.1.4 วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ ในส่วนนี้จะนำสัญญาณพัลส์ที่ได้เข้าที่ขาเกต (gate) ของมอสเฟต (IRF640) เพื่อเป็นตัวสวิตชิ่งให้วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ทำงาน ให้ได้ เอาท์พุตตามดิวตี้ไซเคิลที่ได้จากสัญญาณพัลส์วิดธ์ที่กำหนดโดยไมโครคอนโทรลเลอร์

3.4.2 โหมดควบคุมอัตโนมัติ (Automatic control mode)

ในส่วนนี้จะเพิ่มอุปกรณ์เข้ามาจากส่วนที่ควบคุมแบบด้วยตัวเองคือ วงจรขยาย (noninverting opamp) โดยใช้ไอซี LF353 ซึ่งให้มีอัตราขยาย (gain) 1/5 เท่า รับอินพุตจากเอาท์พุตของวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ แรงดันที่ลดลงจากวงจรขยายจะส่งเข้าสู่ไอซีอนาลอกทูดิจิตอลคอนเวอร์เตอร์(ADC0804) เพื่อแปลงสัญญาณให้เป็นสัญญาณดิจิตอล เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเปรียบเทียบค่าภายในโปรแกรมและไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำงานตามโปรแกรมซึ่งจะได้กล่าวในส่วนต่อไป



รูปที่ 3.6 วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์และวงจรชุดควบคุม

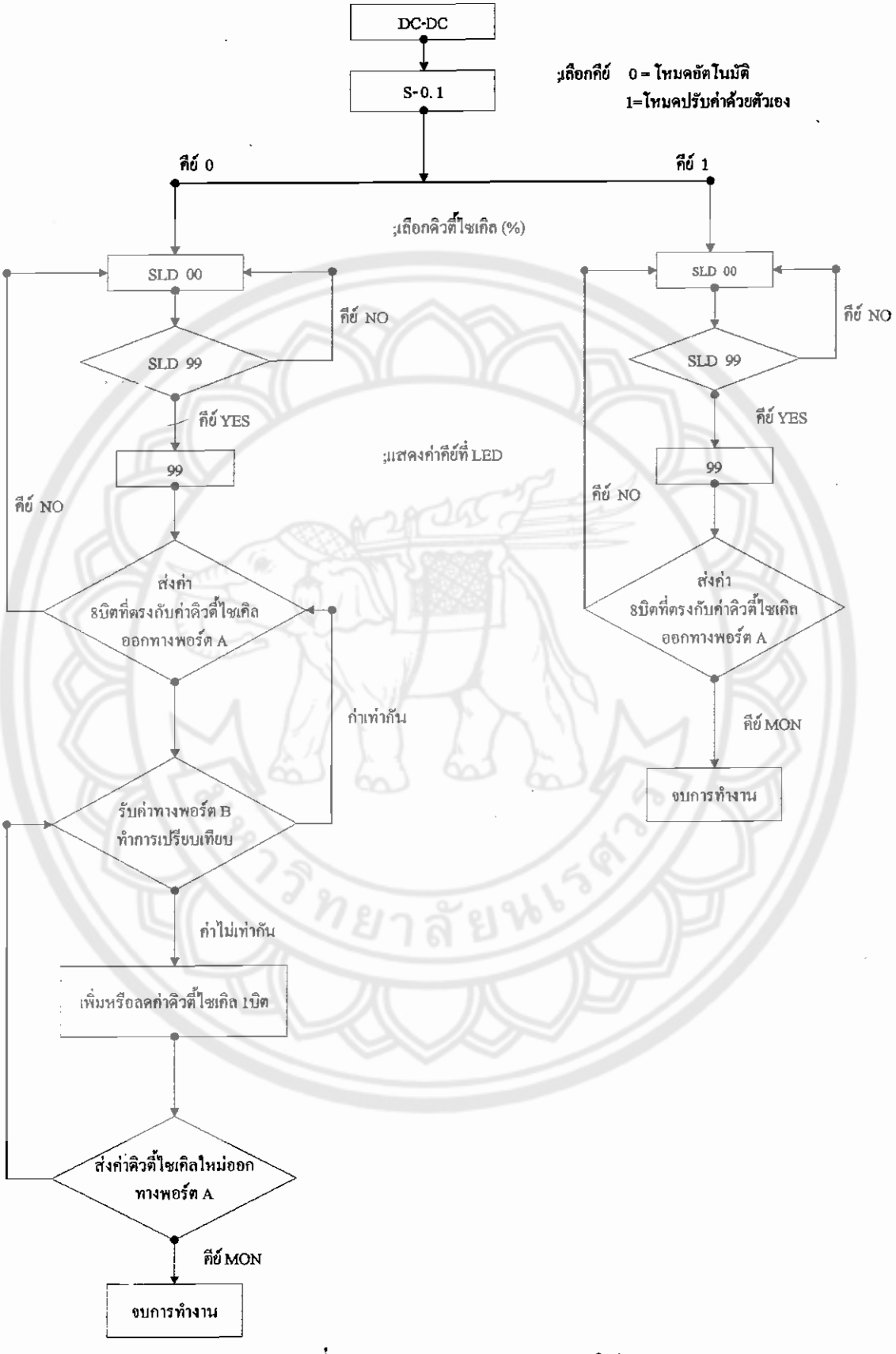
3.5 ขั้นตอนการออกแบบโปรแกรม

การออกแบบโปรแกรมสำหรับโครงงานนี้จะเป็นส่วนสำคัญของการควบคุม คือ โปรแกรมจะเป็นตัวกำหนด การทำงานของ วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ ให้ได้เอาท์พุตออกมาตามที่ต้องการ โดยการทำงานของโปรแกรมกำหนดได้เป็น 2 แบบ

3.5.1 แบบ เปิด (open loop) หรือ การควบคุมแบบปรับค่าด้วยตัวเอง โดยการทำงานในส่วนนี้ โปรแกรมจะรับค่าคีย์จากคีย์บอร์ดซึ่งกำหนดโดยผู้ใช้งานซึ่งเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ดิวตี้ไซเคิลที่ต้องการ 00 – 99 จากนั้นจะทำการส่งค่าตัวเลข 8 บิตไบนารี ที่ตรงกับค่าที่กำหนดออกทางเอาท์พุตพอร์ต A ของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อเข้าสู่ ดิจิตอลทูอนาลอกคอนเวอร์เตอร์ และนำไปสร้างสัญญาณพัลส์วิดธ์เพื่อควบคุมวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ต่อไป

3.5.2 แบบ ปิด (close loop) หรือ การควบคุมแบบอัตโนมัติ การทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้จะทำงานเหมือนกับแบบ เปิด (ข้อ 3.5.1) แต่จะเพิ่มการควบคุมทางด้านเอาท์พุตของ วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ โดยเมื่อทำการส่งค่า 8บิตไบนารี ออกไปเพื่อควบคุมวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์แล้ว โปรแกรมจะรับค่า 8 บิตไบนารีทางพอร์ต B ของไมโครคอนโทรลเลอร์ จากวงจรอนาลอกทูดิจิตอลคอนเวอร์เตอร์ ซึ่งต่ออยู่กับด้านเอาท์พุตของวงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ จากนั้นทำการเปรียบเทียบค่าที่รับเข้ามากับค่าที่กำหนดภายในโปรแกรม ซึ่งได้จากการทดลองวงจรอนาลอกทูดิจิตอลคอนเวอร์เตอร์ หากค่าที่ได้สูงกว่าค่าที่กำหนดไว้ก็ทำการลดค่า 8 บิตไบนารีที่ส่งออกไปในครั้งแรกลงแล้วทำการส่งค่าใหม่นี้ออกไปทางพอร์ตเอาท์พุต หากค่าที่รับเข้ามาต่ำกว่าก็จะทำการเพิ่มค่า 8 บิตไบนารีที่ส่งออกครั้งแรก และส่งค่าใหม่ออกไป จากนั้นโปรแกรมจะทำการวนซ้ำตรวจสอบค่าต่อไปจนได้ค่าตรงตามที่กำหนดและจะส่งค่า 8 บิตไบนารีที่ลดลงหรือเพิ่มขึ้นใหม่นั้นออกไปตลอด (**การทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้จะเป็นการตรวจสอบค่าเอาท์พุตที่ได้จาก วงจรบัคคอนเวอร์เตอร์ ให้ได้ตรงตามค่าดิวตี้ไซเคิลที่กำหนดและรักษาให้คงที่)

การทำงานของโปรแกรมอธิบายเป็นแผนภาพได้ดังรูปที่ 3.7



รูปที่3.7 แผนภาพการทำงานของโปรแกรม