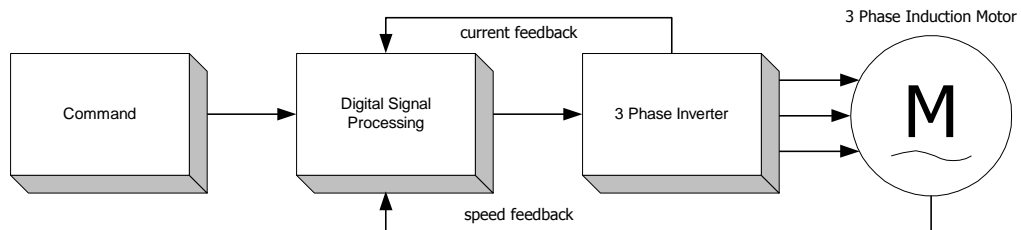


บทที่ 3

หลักการทำงานและการออกแบบ

การทำงานของระบบควบคุมมอเตอร์ 3 เฟส นั้นสามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรม ดังรูปที่ 3.1 ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วนหลักๆ คือ

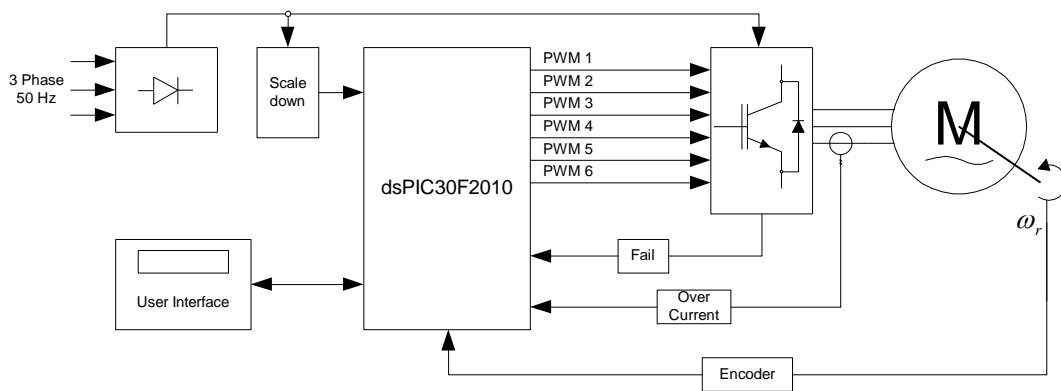
- Command เป็นส่วนที่ทำหน้าที่รับคำสั่งจากภายนอก
- Digital Signal Processing (DSP) เป็นตัวประมวลผลหลักของระบบควบคุม ทำหน้าที่สร้างสัญญาณ พี คับบลิว เอ็ม รวมทั้งเวลาหยุดพัก (dead time) ของอุปกรณ์กำลัง ให้เหมาะสมกับความถี่รอบและแรงบิดที่ต้องการ โดยใช้การควบคุมแบบแรงดันต่อความถี่คงที่ (constant V/Hz) ซึ่งได้รับการป้อนกลับสัญญาณจากตัวตรวจจับความเร็ว (speed sensor) และตัวป้อนกลับกระแสผ่าน A/D Converter ภายในตัว DSP
- 3 Phase Inverter ใช้โครงสร้างอินเวอร์เตอร์ 3 เฟสแบบแหล่งแรงดัน (Voltage Source Inverter ,VSI) ดังรูปที่ 3.5 ประกอบด้วย IGBT 6 ตัว
- 3 Phase Induction Motor เป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส ทำหน้าที่แปลงพลังงานไฟฟ้าที่ได้รับจากอินเวอร์เตอร์เป็นพลังงานกล



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของระบบควบคุมมอเตอร์ 3 เฟส

3.1 ระบบควบคุมมอเตอร์ 3 เฟส

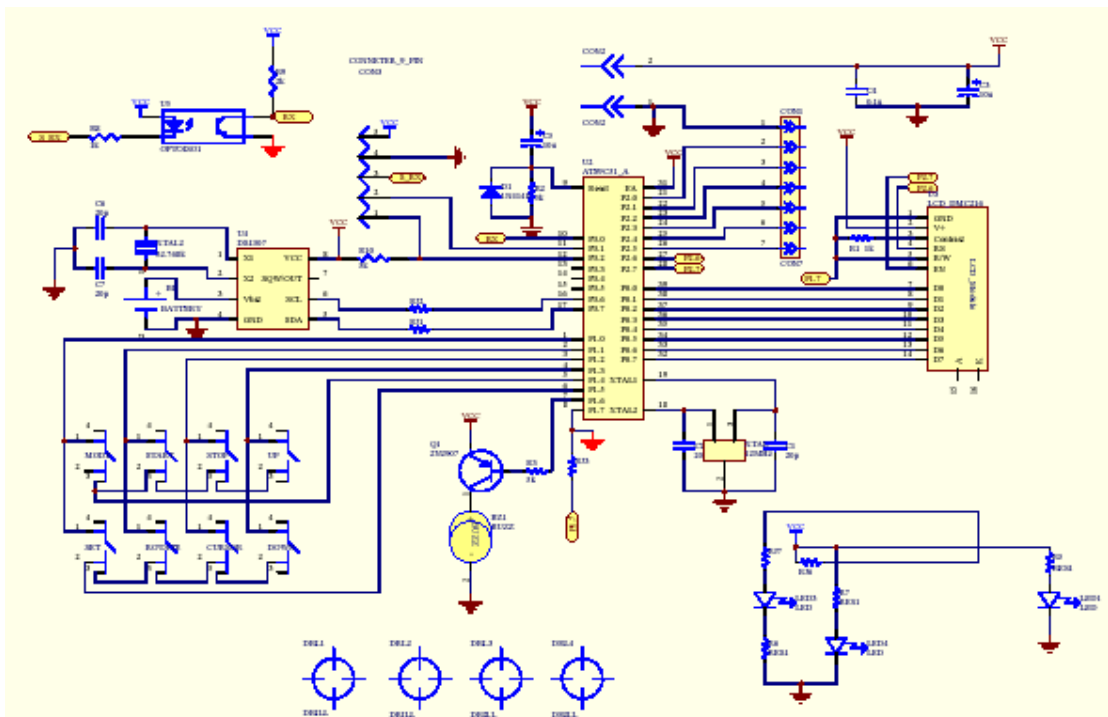
ส่วนประกอบของระบบควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสดังรูปที่ 3.2 ประกอบด้วย Rectifier, DSP, Voltage Source Inverter, Induction Motor และ User Interface ซึ่งการทำงานของระบบรวมทั้งสร้าง PWM นั้นทำโดย DSP ทั้งหมด ส่วนรูปแบบการสวิตช์ใช้การควบคุมแบบแรงดันต่อความถี่คงที่ (Constant V/Hz) ด้วยความถี่การสวิตช์ 10 kHz และรูปที่ 3.3 เป็นโครงสร้างของอินเวอร์เตอร์แบบ VSI ทำงานที่แรงดัน 540 VDC การสวิตช์จะแยกอิสระระหว่างเฟสด้วยสัญญาณ PWM จาก DSP ผ่านวงจร Isolator ส่วนตัวมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้เป็นแบบ 3 เฟส 380/220V 4 Pole ขนาด 1 แรงม้ายี่ห้อ Mitsubishi ส่วนรายละเอียดของวงจรจะอธิบายต่อไป



รูปที่ 3.2 ส่วนประกอบของระบบควบคุม

3.2 วงจรส่วนติดต่อกับผู้ใช้

วงจรประกอบด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C51 ทำหน้าที่รับคำสั่งผ่านการกด สวิตช์และแสดงผลด้วยจอ LCD ขนาด 16x2 Digit จากนั้นส่งผ่านคำสั่งไปยัง DSP ผ่านพอร์ตอนุกรมด้วยความเร็วในการส่ง 300 bit/S

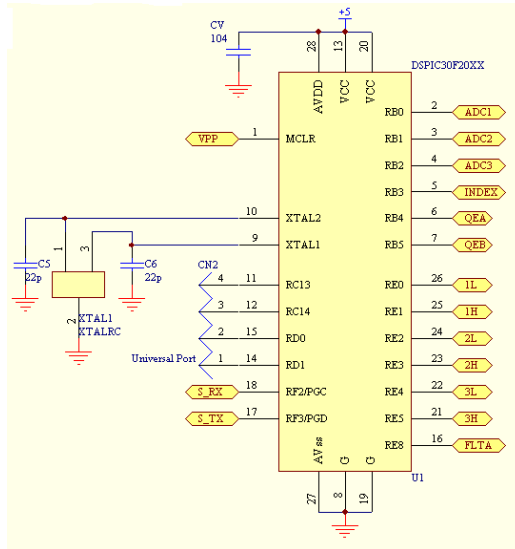


รูปที่ 3.3 วงจรส่วนติดต่อกับผู้ใช้

3.3 วงจรอินเวอร์เตอร์ 3 เฟส

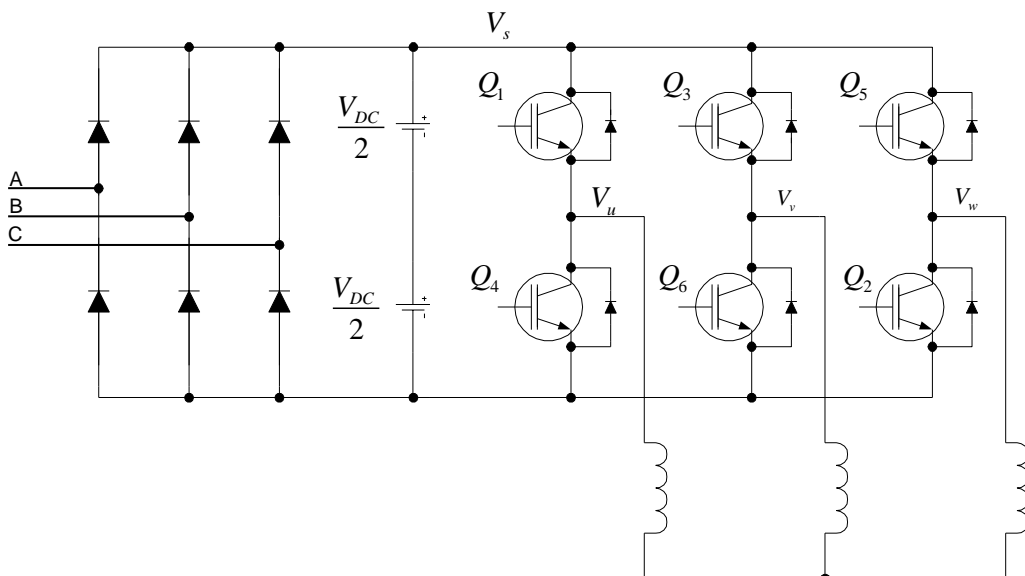
3.3.1 วงจรส่วนของตัวประมวลผลเชิงเลข (DSP)

การทำงานของส่วน DSP จะทำหน้าที่สร้างสัญญาณ PWM ตามคำสั่งที่รับมาจากส่วน ไมโครคอนโทรลเลอร์รวมทั้งสัญญาณป้อนกลับต่างๆ ซึ่งตัว DSP ใช้เบอร์ dsPIC30F2010 ความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ 80 MHz



รูปที่ 3.4 วงจรส่วนของตัว DSP

3.3.2 วงจรเร็คตีไฟ์และวงจรอินเวอร์เตอร์

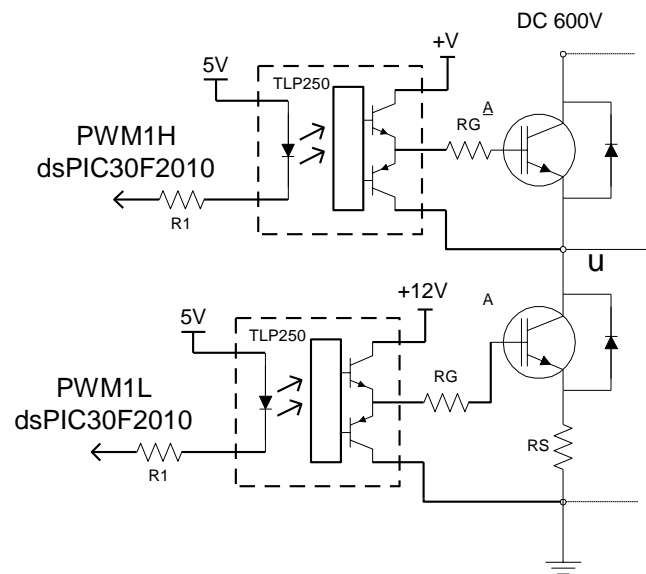


รูปที่ 3.5 อินเวอร์เตอร์ 3 เฟสแบบ VSI ใช้ IGBT สำหรับควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำ

วงจรอินเวอร์เตอร์ VSI ในรูปที่ 3.5 ประกอบด้วยภาคเร็คติไฟล์แบบ 6 พัลส์ทำหน้าที่เร็คติไฟล์แรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟส (A,B,C) ด้านเข้าโดยมีตัวเก็บประจุต่อขนานอยู่เพื่อสร้างแหล่งจ่ายกระแสให้กับภาคสวิตช์ที่ประกอบด้วย IGBT 6 ตัวเบอร์ IRG4PH50KD ทำการสวิตช์ที่ความถี่ 10KHz โดยระดับแรงดันไฟตรงเท่ากับ 540VDC ที่แรงดันกระแสสลับด้านเข้าเฟส A,B,C เท่ากับ 220VAC ซึ่งการสวิตช์ของ $Q_1 - Q_6$ ถูกกำหนดโดย DSP ผ่านวงจร Opto Isolator เอาท์พุทของอินเวอร์เตอร์ V_u, V_v, V_w ต่อเข้ากับมอเตอร์เหนี่ยวนำ

3.3.3 วงจรแยกโดด (Isolator)

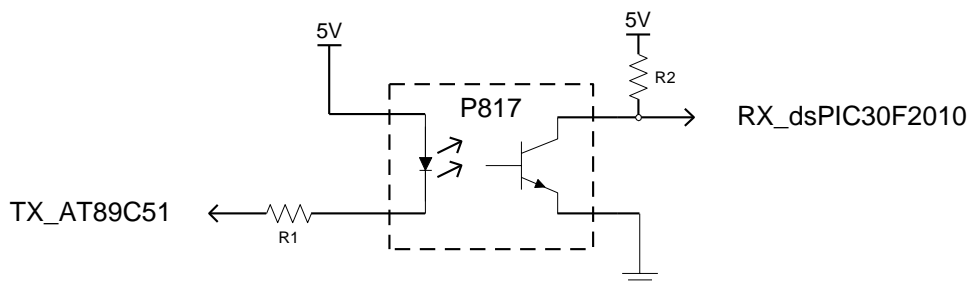
วงจรแยกโดดสำหรับขับนำ IGBT ประกอบด้วย Opto Isolator เบอร์ TLP250 ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรแยกโดดสำหรับขับเกตของ IGBT

3.4 วงจรรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม

วงจรรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมระหว่างวงจรส่วนผู้ใช้ (MCS-51) กับวงจรส่วนสร้างพีดีบีเอ็ม (DSP) จะทำงานในโหมดกระแสเพื่อป้องกันการรบกวนจากความถี่การสวิตช์ ดังในรูปที่ 3.7 ประกอบด้วย Opto Isolator เบอร์ P817

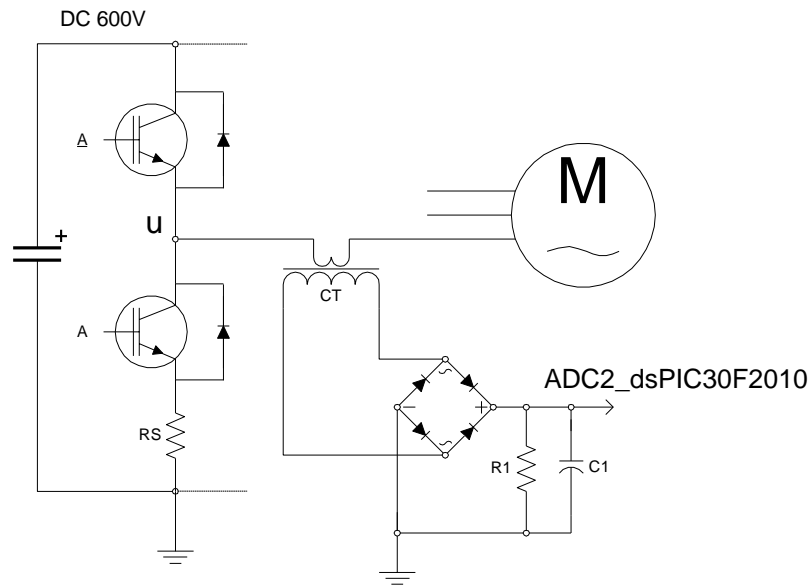


รูปที่ 3.7 วงจรรับส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม

3.5 วงจรป้อนกลับ

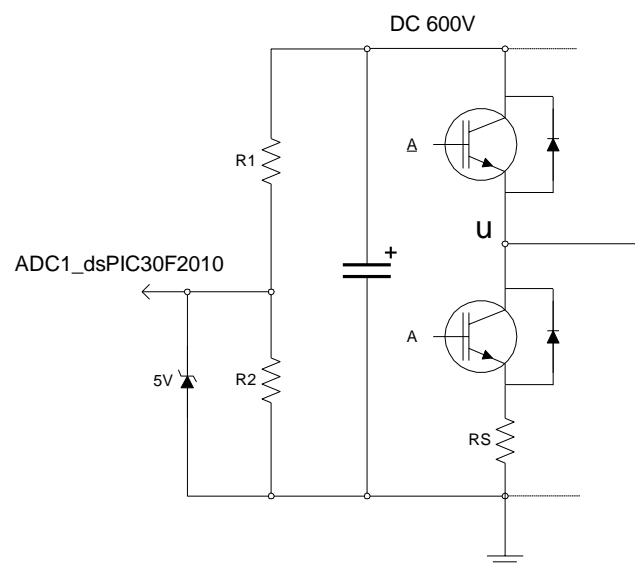
3.5.1 วงจรป้อนกลับกระแส

วงจรป้อนกลับกระแสดังรูปที่ 3.8 จะทำการตรวจจับค่ากระแสเกินที่ไหลจากชุดสวิตช์เข้าไปยังมอเตอร์ด้วย Current Transformer (CT) ผ่านวงจรเรกติไฟล์เข้าไปยังพอร์ตแปลงสัญญาณ Analog to Digital, A/D เพื่อป้องกันวงจรเสียหายของอุปกรณ์กำลังจากกระแสเกิน



รูปที่ 3.8 วงจรตรวจจับกระแสเฟสที่จ่ายให้มอเตอร์

3.5.2 วงจรตรวจจับระดับแรงดันไฟตรง

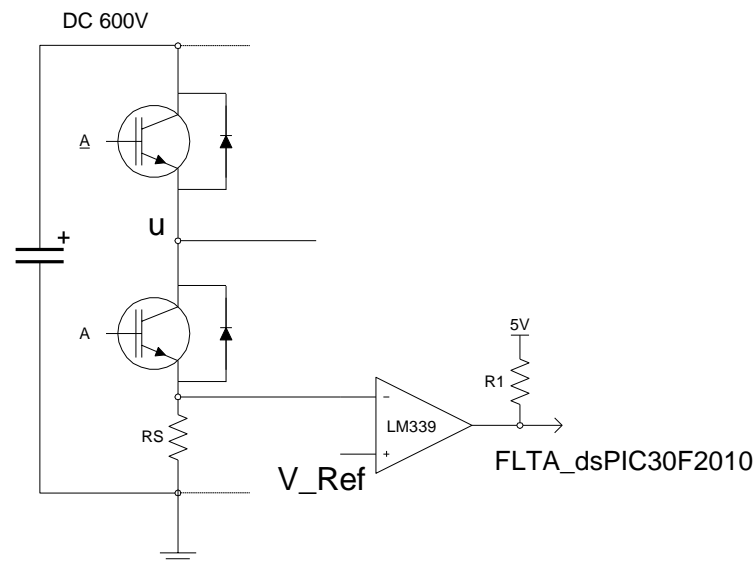


รูปที่ 3.9 วงจรตรวจจับระดับแรงดันไฟตรง

รูปที่ 3.9 เป็นวงจรแบ่งแรงดันสำหรับตรวจจับระดับแรงดันไฟตรงโดยใช้สัดส่วน 200 เท่าของค่าจริงกำหนดให้ $R1 = 200k\Omega$, $R2 = 1k\Omega$

3.5.3 วงจรตรวจจับการช็อตกิ่ง

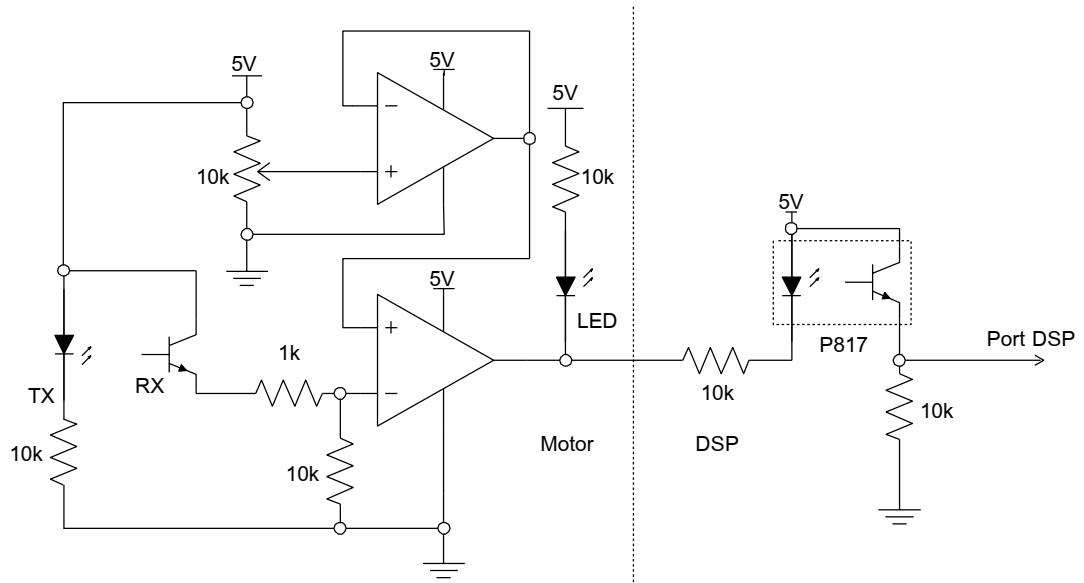
วงจรนี้ใช้การตรวจจับกระแสที่ไหลผ่าน R_S ด้วยการตรวจจับแรงดันผ่านวงจร Comparator (LM339) โดยค่า R_S มีค่าเท่ากับ 0.1Ω ค่ากระแสที่ตรวจจับคือ 10A เมื่อเกิดกรณีดังกล่าวขึ้นตัว DSP จะสั่งหยุดการสร้าง PWM ทันที



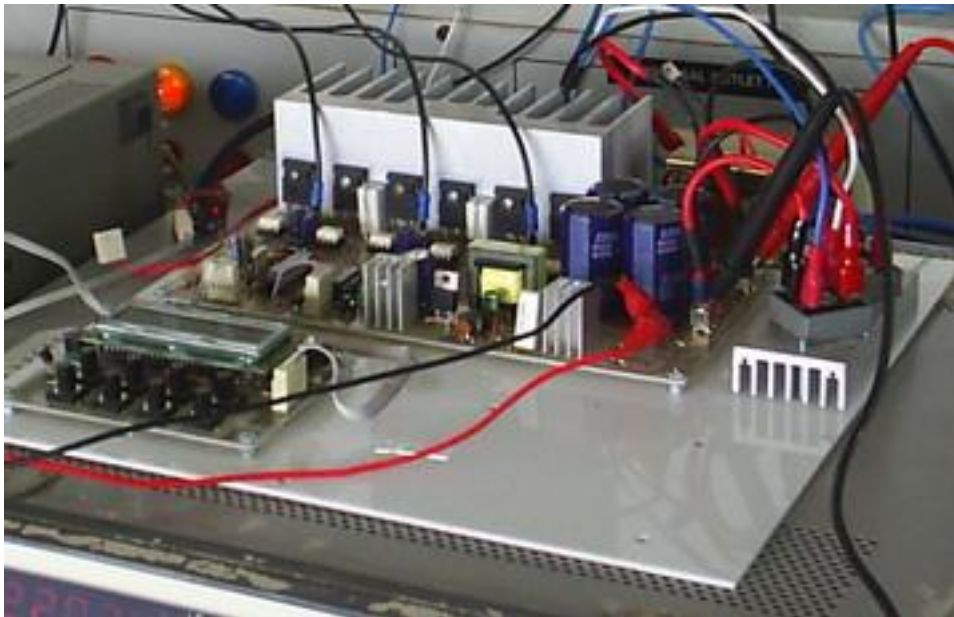
รูปที่ 3.10 วงจรตรวจจับการช็อตกิ่งของ IGBT

3.5.4 วงจรตรวจจับความเร็วรอบ

วงจรตรวจจับความเร็วของมอเตอร์ถูกติดตั้งไว้ที่ด้านหลังของพัดลมระบายอากาศซึ่งจะให้สัญญาณพัลส์จำนวน 9 พัลส์ต่อการหมุนหนึ่งรอบตามจำนวนใบพัดลมระบายอากาศ การทำงานของวงจรมันตัวส่งอินฟราเรด (TX) จะทำการส่งตลอดเวลาเมื่อตัวตรวจแสงอินฟราเรด (RX) จับการสะท้อนแสงจากการเคลื่อนที่ผ่านของใบพัดลมระบายอากาศได้ ก็จะส่งผ่านสัญญาณดังกล่าวผ่านวงจร Op-amp และส่งค่าต่อไปยังบอร์ด DSP ผ่าน P817 ในรูปแบบกระแสเพื่อป้องกันการรบกวนจากความถี่การสวิตช์



รูปที่ 3.11 วงจรตรวจจับความเร็วรอบของมอเตอร์



รูปที่ 3.12 บอร์ดต้นแบบที่ใช้ในการทดสอบ