

บทที่ 3

การออกแบบโครงงาน

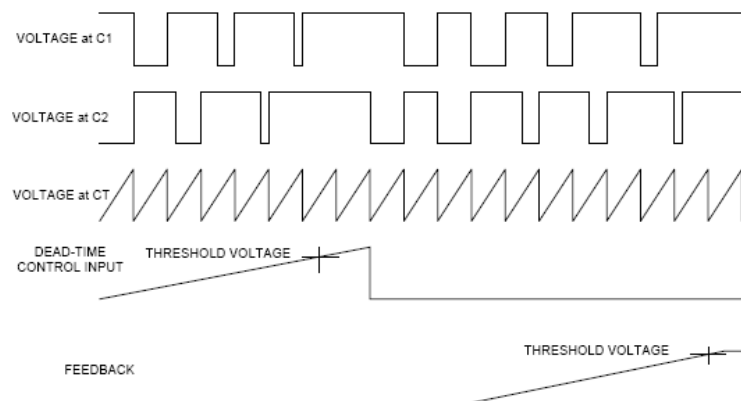
ในบทนี้จะเป็นการออกแบบในส่วนต่างๆของโครงงานซึ่งแบ่งได้ดังนี้

- การออกแบบวงจรชอปเปอร์ 1 ควอตแดนซ์
- การออกแบบวงจรเฟสคอนโทรล โดยใช้ TCA 785
- การออกแบบวงจรไฟเลี้ยงวงจรพัลส์วิดมอดูเลชั่น และวงจรขับเคลื่อน

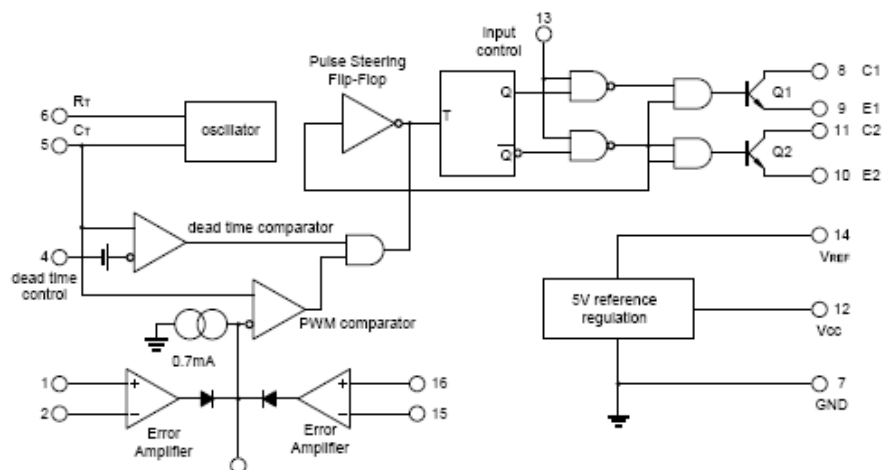
3.1 การออกแบบวงจรชอปเปอร์ 1 ควอตแดนซ์

ประกอบด้วยวงจรหลัก 2 วงจร คือ วงจรพัลส์วิดมอดูเลชั่น(Pulse Width Modulation) และวงจรขับเคลื่อน (Drive Gate) โดยที่วงจรพัลส์วิดมอดูเลชั่นจะเป็นตัวควบคุมและส่งสัญญาณรูปคลื่นพัลส์ไปยังวงจรขับเคลื่อน โดยมี IC TLP250 จะเป็นตัวส่งสัญญาณไปที่ขาเกตของตัวไอจีบีทีที่ทำหน้าที่เป็นสวิตซ์ซึ่ง และจ่ายแรงดันไฟกระแสตรงไปยังขดฟิลล์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า เพื่อเป็นการกระตุ้นให้เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเกิดการเหนี่ยวนำขึ้น

3.1.1 วงจรกำเนิดสัญญาณพีคดับเบิลยูเอ็ม สัญญาณพีคดับเบิลยูเอ็มที่นำมาใช้ในโครงงานนี้มีลักษณะเป็นสัญญาณพัลส์(Pulse) ที่มีความถี่คงที่ สามารถปรับค่าความถี่ได้ การสร้างสัญญาณพีคดับเบิลยูเอ็มเกิดจากการนำระดับสัญญาณแรงดันไฟกระแสตรง (UIN) ซึ่งเป็นสัญญาณอินพุตมาเปรียบเทียบกับสัญญาณรูปฟันเลื่อยดังภาพที่ 3.1 สัญญาณเอาต์พุตที่ได้หลังจากการเปรียบเทียบกันระหว่าง 2 สัญญาณ จะเป็นสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่คงที่ แปรผันตามระดับของสัญญาณอินพุต (UIN)

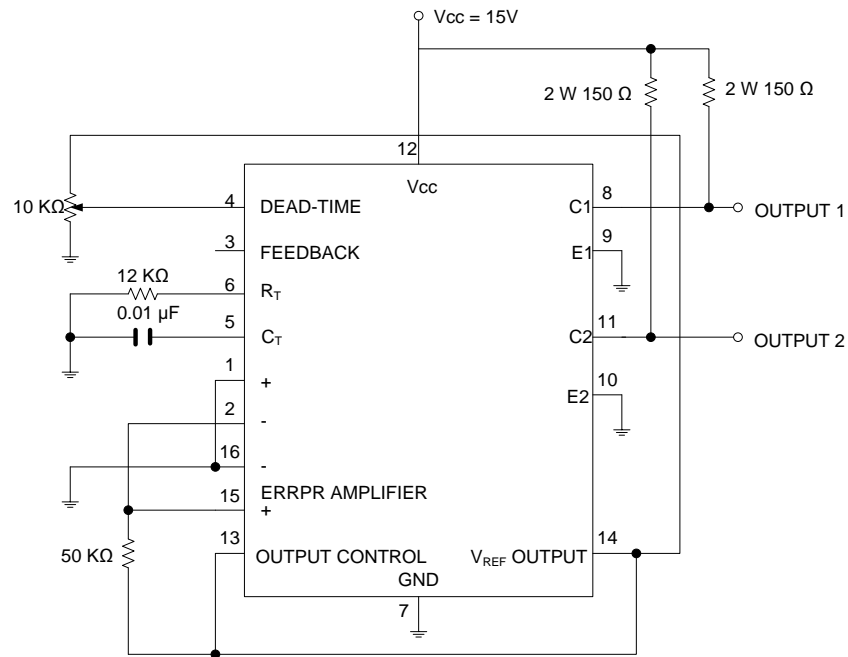


ภาพที่ 3.1 คลื่นสัญญาณเอาต์พุตของพัลส์วิดมอดูเลชั่น(Pulse Width Modulation)



ภาพที่ 3.2 สัญญาณบล็อกไดอะแกรมของ TL 494

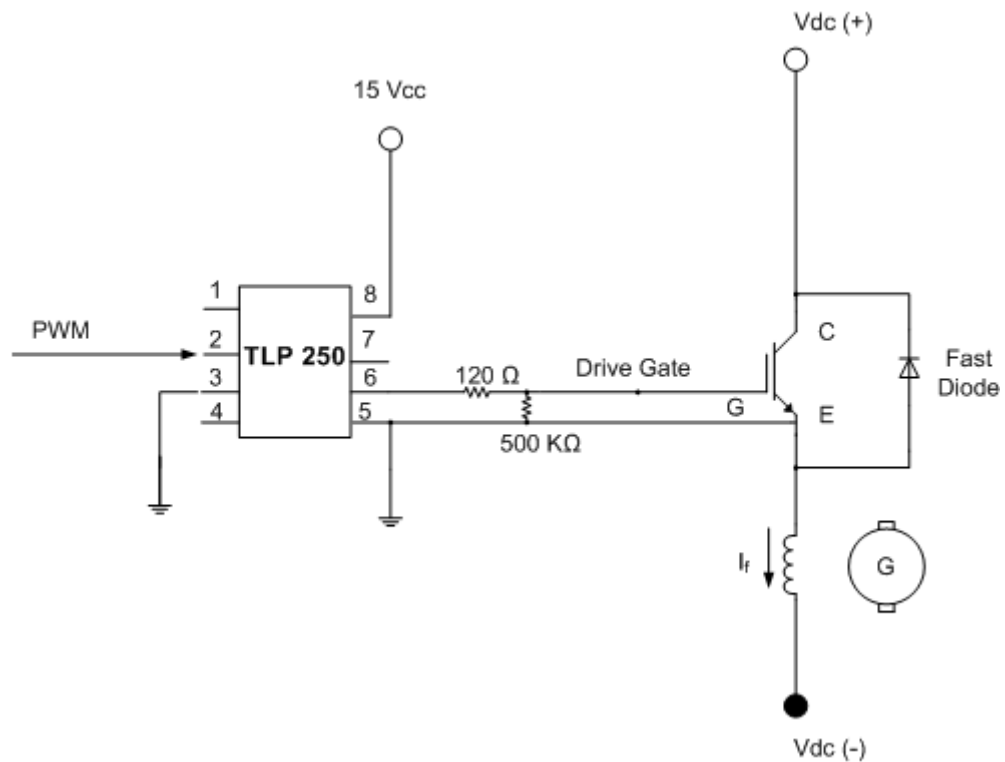
ดังนั้น จะได้อุปกรณ์พัลส์วิดมอดูเลชั่น โดยจะสร้างสัญญาณควบคุมไปที่ขาเกต (Gate) ของ ไอจีบีที ซึ่ง IC ที่ใช้ในวงจรพัลส์วิดมอดูเลชั่น นี้คือ TL494 ดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 วงจรพัลส์วิดมอดูเลชั่น (Pulse Width Modulation) ของ IC TL 494

3.1.2 การออกแบบวงจรขับเคลื่อน วงจรขับเคลื่อน (Gate Drive) เป็นวงจรส่วนที่สำคัญที่สุด ทำหน้าที่เชื่อมโยงสัญญาณพัลส์แบบมอดูเลตความกว้างพัลส์จากวงจรรวมกำเนิดจากสัญญาณต่าง ๆ กับสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง เช่น ทรานซิสเตอร์กำลัง, มอสเฟตกำลัง หรือ ไอจีบีที เป็นต้น โดยทั่วไปวงจรขับเคลื่อนจะทำหน้าที่แยก (Isolated) ความเชื่อมโยงทางไฟฟ้าระหว่างระหว่างสัญญาณพัลส์ควบคุมกับสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังในวงจรกำลังและทำหน้าที่ตัดสัญญาณควบคุมสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์กำลังในกรณีที่วงจรภาคกำลังอยู่ในสภาวะกระแสไหลเกินหรือแรงดันสูงกว่าพิกัด เป็นต้น ลักษณะของวงจรขับเคลื่อน วงจรกำเนิดสัญญาณมอดูเลตความกว้างพัลส์และสวิตซ์อิเล็กทรอนิกส์กำลัง

ในการสร้างวงจรขับเคลื่อนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ประกอบด้วย IC TLP250 และ ไอจีบีที ในการสร้างสัญญาณจะมี TLP250 จะเป็นตัวขับ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า ส่วน ไอจีบีที จะทำหน้าที่เป็น ตัวสวิตซ์ซึ่ง จะได้อ้างอิงตามรูปที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 วงจรขับมอเตอร์ที่ใช้ IC TLP 250

การออกแบบขนาดของไอจีบีทีเปรียบเทียบกับขนาดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า
จากพิกัดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

$$\begin{aligned}
 E &= 400/230 \text{ V} \\
 P &= 0.8 \text{ kW} \\
 I_r (\text{Max}) &= 1.6 \text{ A} \\
 \text{Cos} &= 0.8 \\
 N &= 1500 \text{ รอบ}
 \end{aligned}$$

จะได้ว่าแรงดันตกคร่อมขดลวดมอเตอร์และไดโอดกลับ

$$\begin{aligned}
 V_p &= \sqrt{2} \times V_s \\
 V_p &= \sqrt{2} \times 400 \\
 V_p &= 565.68 \text{ V}
 \end{aligned}$$

ส่วนกระแสที่ไหล

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{0.8k}{565.68}$$

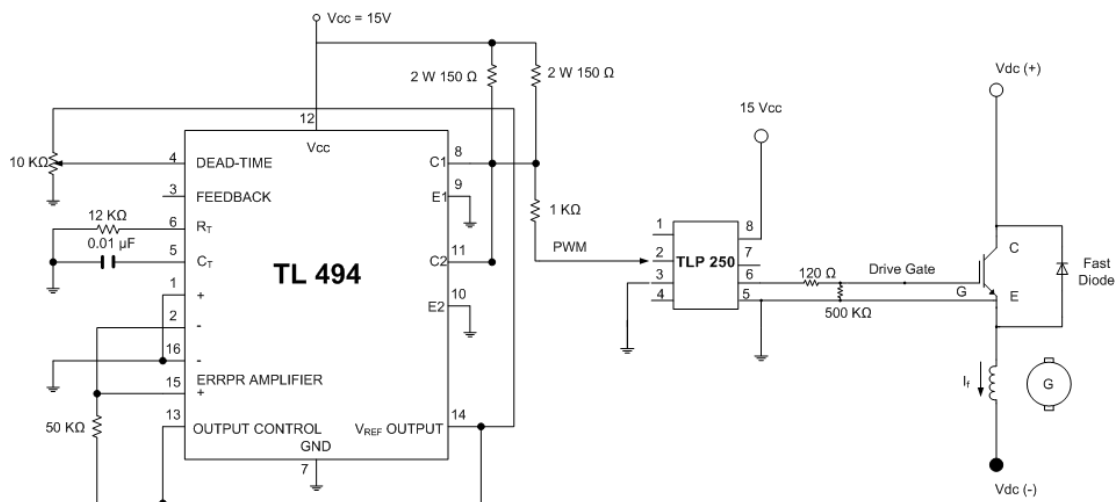
$$I = 1.4 \text{ A}$$

ดังนั้นไอจีบีที ที่เลือกใช้คือเบอร์ GT60M301

สามารถทนแรงดันตกคร่อมสูงสุดได้ = 900 V

สามารถรับกระแสได้ = 60 A

จากการออกแบบวงจร ขอปเปอร์ 1 ควอตแดนซ์ จะได้ตามภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 วงจรขอปเปอร์ที่ออกแบบ

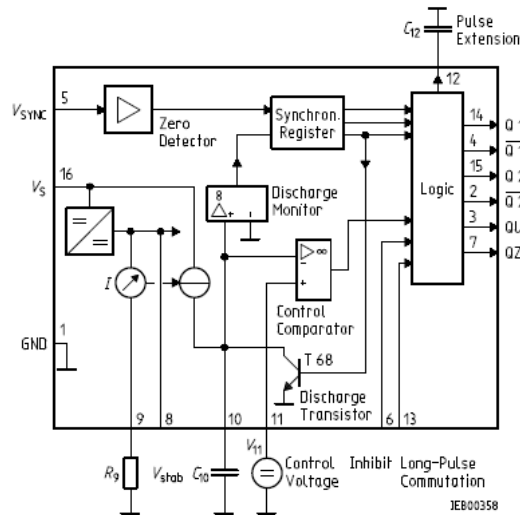
3.2 การออกแบบวงจรเฟสคอนโทรล โดยใช้ IC TCA 785

จะประกอบด้วยชุดควบคุม โดยใช้ IC TCA 785 เป็นตัวส่งสัญญาณพัลส์ไปให้หม้อแปลงพัลส์ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณขับเคลื่อน ไปที่ขาเกตของเอสซีอาร์ ทำให้เอสซีอาร์ นำกระแสและทำให้มีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงไปจ่ายให้มอเตอร์กระแสตรงเกิดการเหนี่ยวนำขึ้น

3.2.1 คุณสมบัติของ TCA 785 เป็นวงจรรวมที่สร้างพัลส์จุดชนวนเกตเอสซีอาร์ และไทรสเตอร์ TCA785 มีคุณสมบัติเด่นหลายประการดังนี้

- สามารถจุดชนวนเกตไทรสเตอร์ได้อย่างน้อย 2 ตัว
- สามารถเลื่อนมุมจุดชนวนเกตได้ระหว่าง 0 ถึง 180°
- ใช้กับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงในช่วง 8 - 18 โวลต์
- กระแสภายในวงจรรวมใช้ประมาณ 4.5 mA – 10 mA
- สามารถใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิ -25 ถึง 85 องศาเซลเซียส
- กระแสจุดชนวนเกต สามารถจ่ายได้ถึง 250 mA
- สัญญาณจุดชนวนเกต สามารถควบคุมได้โดยขาอินฮิบิทฟังก์ชัน
- ลักษณะของสัญญาณจุดชนวนเกตสามารถจะกำหนดได้เป็นแบบเดี่ยวและแบบต่อเนื่อง
- ใช้งานกับวงจร Zero crossing
- ความถี่ใช้งาน 10 – 500 Hz

3.2.2 การทำงานของ TCA 785



ภาพที่ 3.6 บล็อกไดอะแกรมของ TCA 785

พิจารณาโครงสร้างภายใน TCA 785 ซึ่งเป็นวงจรรวมแบบ LSI มี 16 ขา ดังภาพที่ 3.6 โดยที่

ขา 1 เป็นขาที่ต่อลงกราวด์ของวงจร

ขา 16 คือ $+V_s$ รับแรงดันไบแอสที่ 8 – 18 V_{dc}

ขา 8 เป็นขาวัดแรงดันอ้างอิงภายในวงจร ($V_{ref} = 3.1\text{ V}$) โดยต่อ C เพื่อทำหน้าที่ป้องกันสัญญาณรบกวน

ขา 5 คือ ขาที่รับแรงดันซิงโครไนซ์ (V_{syn}) ซึ่งเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับที่ต่อกับวงจรภาคกำลังโดยต่อนิวตรอนกับขา 1

ขา 9 ต่อกับ R_9 ซึ่งเป็นตัวต้านทานเพื่อสร้างสัญญาณลาดเอียง มีค่า $3\text{ K}\Omega - 300\text{ K}\Omega$

ขา 10 ต่อกับ C_{10} ซึ่งเป็นตัวเก็บประจุสัญญาณลาดเอียง มีค่า $500\text{ pF} - 1\mu\text{F}$ ค่า R_9 และ C_{10} จะเป็นตัวกำหนดขนาดของสัญญาณลาดเอียง (V_{10}) ถ้า R_9 และ C_{10} มีค่ามากความลาดเอียงของ V_{10} ก็จะมีมากตามไปด้วย

ขา 11 คือขาที่ต่อแรงดันควบคุมเป็นแรงดันไฟตรงปรับค่าได้แรงดันควบคุม (V_{11}) นี้ป้อนเข้าขาเบสของออปแอมป์เปรียบเทียบกับสัญญาณควบคุมกับแรงดัน V_{10} เพื่อกำหนดขนาดของมุมจุดชนวนเกตที่ด้านออกของวงจร

ขา 12 เพื่อปรับขนาดความกว้างของพัลส์ด้านออก

- ขา 14 เป็นสัญญาณด้านออกของวงจรโดยพัลส์จะทำงานที่ ωt เท่ากับ $180^\circ - 360^\circ$
- ขา 15 เป็นสัญญาณด้านออกของวงจรโดยพัลส์ทำงานที่ ωt เท่ากับ $0^\circ - 180^\circ$ โดยขนาดความกว้างของพัลส์ที่ขา 14 และ ขา 15 คือ β ปกติถ้าไม่ต่อ C_{12} จะมีค่า β เท่ากับ $30 \mu s$ แต่ถ้าต้องการให้พัลส์ด้านออกเป็นพัลส์ยาว ทำได้โดยต่อขา 12 ลงกราวด์จะทำให้สัญญาณจุดชนวนเกิดความกว้างเท่ากับ $\beta = 180^\circ - \alpha^\circ$ ถ้าต่อตัวเก็บประจุที่ขา 12 กับกราวด์จะทำให้มีความกว้างของสัญญาณตามตารางที่ 3.1
- ขา 2 และ ขา 4 เป็นสัญญาณกลับของขา 15 และขา 14
- ขา 13 เมื่อต่อลงกราวด์จะทำให้สัญญาณพัลส์ด้านออกกว้างเต็มที่

ตารางที่ 3.1 ค่าตัวเก็บประจุที่ขา 12 ที่คาบเวลาต่างๆ

$C_{12}(\text{pF})$	0	150	220	330	680	1000
Pulse width (μs)	30	93	137	250	422	620

การออกแบบขนาดของเอสซีอาร์ เปรียบเทียบกับขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

พิกัดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

$$E = 220 \text{ V}$$

$$I = 6.5 \text{ A}$$

$$P = 1 \text{ KW}$$

$$F = 50 \text{ Hz}$$

ดังนั้นแรงดันตกคร่อมเอสซีอาร์ ขณะไปอัสตรงและไปอัสกลับสูงสุด

$$V_p = \sqrt{2} \times V_s$$

$$V_p = \sqrt{2} \times 220$$

$$\text{ดังนั้น } V_p = 311 \text{ V}$$

จากสูตร

$$P = VI$$

จะได้ว่าค่ากระแสที่ไหล

$$I = \frac{P}{V} \\ = \frac{1000}{311}$$

ดังนั้น $I = 3.22 \text{ A}$

จากที่คำนวณมาข้างต้นเลือกใช้อะซิวาร์ คือ เบอร์ 5P4M

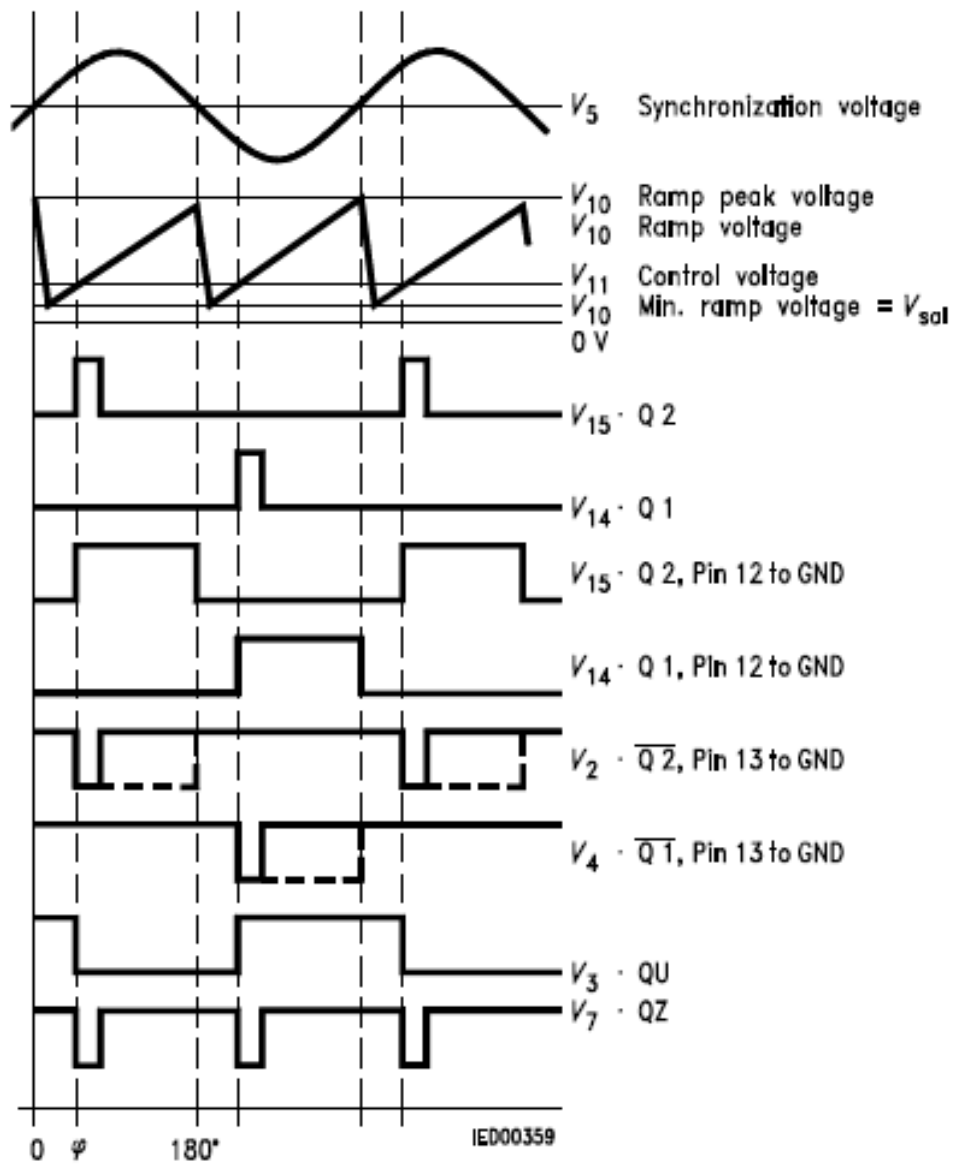
สามารถทนแรงดันตกคร่อมสูงสุด = 400 V

สามารถรับกระแสสูงสุด = 8 A

ดังนั้น ไดโอดที่เลือกใช้ทางด้านเพาเวอร์ คือ เบอร์ 1N4005

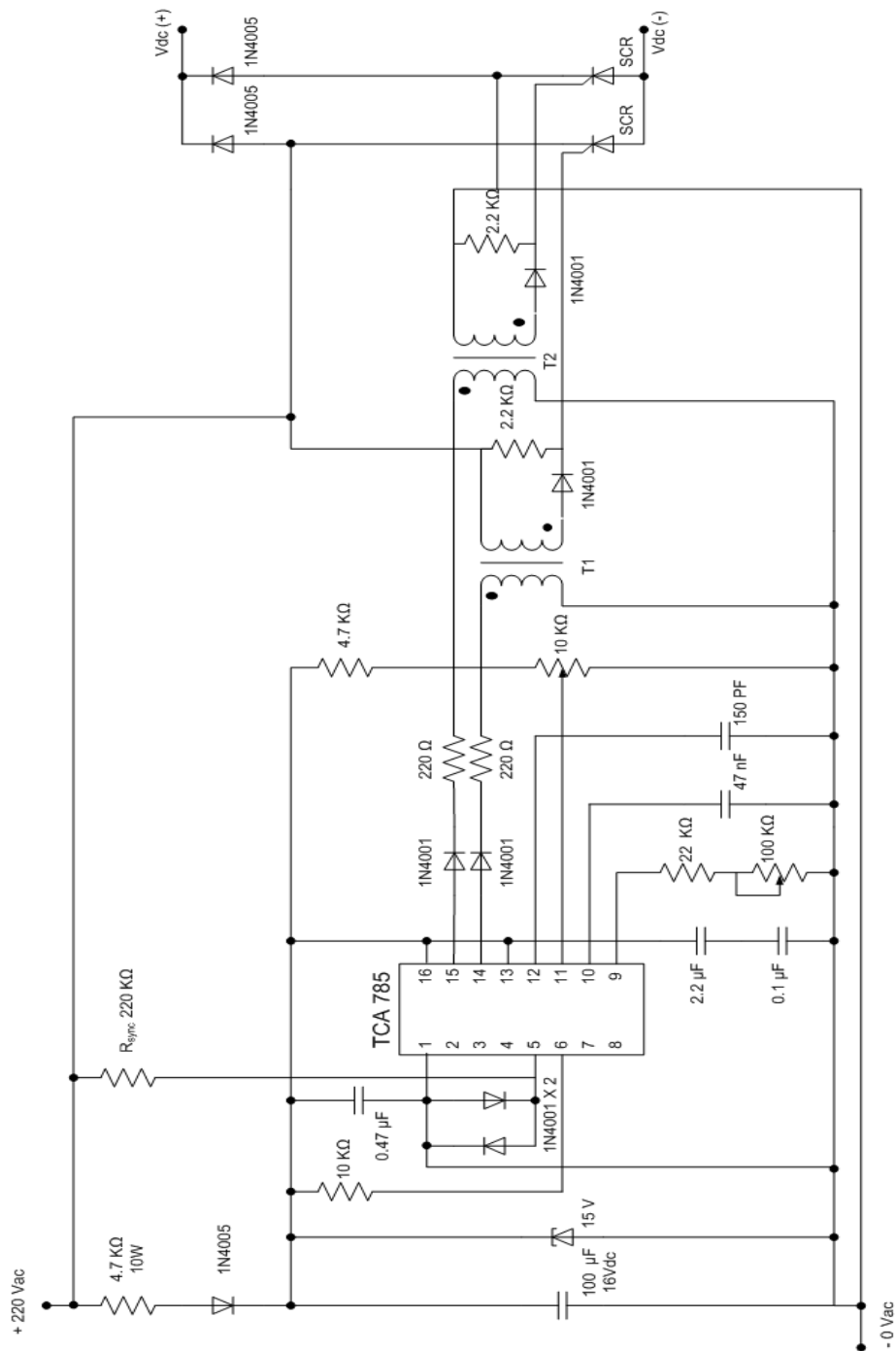
สามารถทนแรงดันย้อนกลับ = 420 V

สามารถรับกระแสสูงสุด = 30 A



ภาพที่ 3.7 คลื่นสัญญาณด้านเข้า และด้านออกของ IC TCA 785

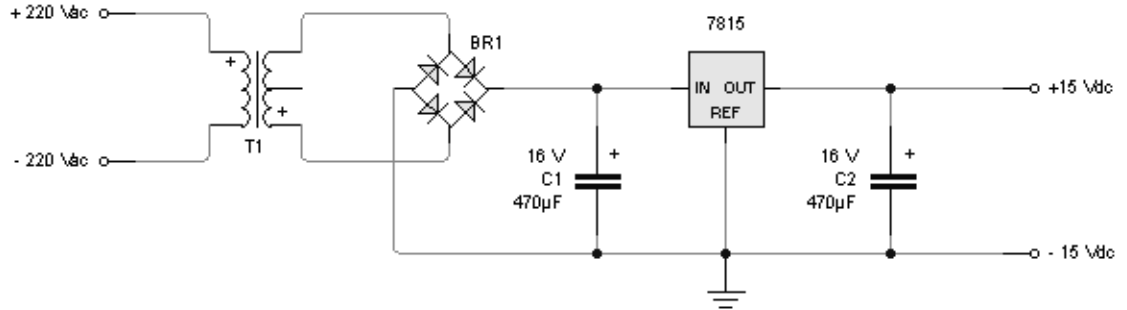
จากการออกแบบวงจรเฟสคอนโทรล โดยใช้ IC TCA 785 จะได้ตามภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.8 วงจรเฟสคอนโทรลที่ออกแบบ

3.3 การออกแบบวงจรจ่ายแรงดันวงจรพัลส์วิดมอดูเลชั่น และวงจรขับเคลื่อน

หลักการของวงจรคือแปลงระดับแรงดันเฟสจาก 220 V_{AC} เป็น 15 V_{AC} จากนั้นแปลงเป็นไฟกระแสตรงโดยผ่านบริดจ์เร็คติฟายิ่งกระแส และทำให้สัญญาณเรียบขึ้นโดยผ่านตัวกรองสัญญาณ จากนั้นนำเอาท์พุทที่เป็นระดับแรงดันไฟตรงมาทำการจ่ายแรงดันให้กับวงจรพัลส์วิดมอดูเลชั่นและวงจรขับเคลื่อน



ภาพที่ 3.9 วงจรจ่ายแรงดันวงจรพัลส์วิดมอดูเลชั่น และวงจรขับเคลื่อนที่ออกแบบ

จากการออกแบบในบทนี้ในเรื่องของการออกแบบวงจรขอปเปอร์จะใช้ IC TL494 เป็นตัวสร้างสัญญาณพัลส์ และใช้ IC TLP250 เป็นตัวขับไอจีบีที โดยไอจีบีทีเป็นสวิตช์ซึ่งในการควบคุมกระแสกระตุ้นขดฟิลล์ ส่วนในเรื่องการออกแบบวงจรเฟสคอนโทรลจะใช้ IC TCA785 เป็นตัวสร้างสัญญาณควบคุม ไปให้หม้อแปลงพัลส์ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณขับเคลื่อนไปที่ขาเกตของเอสซีอาร์ ทำให้เอสซีอาร์นำกระแส เพื่อควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์กระแสตรง