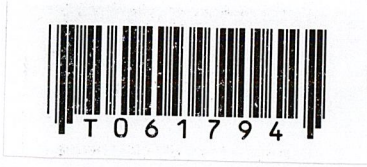


สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะชนิดหนึ่งเฟสแบบไม่ใช้หม้อแปลง
Transformer-Less Single-Phase Voltage Sag Generator



โดย

นายอนุพล

ภูจิระเกษม

นายณัฐพล

อันเตวาลิก

นายณรงค์ฤทธิ์

ศรีลาพัฒน์

นายปฏิภาณ

มิ่งมงคล

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.ดร.วิริยะ

พิเชษฐจำเริญ

ดร.สมภพ

ผลไม้

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... **61794**

วัน,เดือน,ปี **2 1 ก.ค. 2549**

b.....
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2547

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะชนิดหนึ่งเฟสแบบไม่ใช้หม้อแปลง
Transformer-Less Single-Phase Voltage Sag Generator

คณะผู้จัดทำ

- | | | | |
|------------------|------------|--------------|----------|
| 1. นายคนุพล | ภูจิระเกษม | รหัสประจำตัว | 45015097 |
| 2. นายณัฐพล | อันเดวาลิก | รหัสประจำตัว | 45015142 |
| 3. นายณรงค์ฤทธิ์ | ศรีลาพัฒน์ | รหัสประจำตัว | 45015143 |
| 4. นายปฏิภาณ | มิ่งกมลกุล | รหัสประจำตัว | 45015162 |



(รศ.ดร.วิริยะ

พิเศษฐาเจริญ)

อาจารย์ที่ปรึกษา



(ดร.สมภพ

ผลไม้)

อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะชนิดหนึ่งเฟสแบบไมใช้หม้อแปลง

นายคุณพล	ภูจิระเกษม	45015097
นายณัฐพล	อันเตวาสิก	45015142
นายณรงค์ฤทธิ์	ศรีลาพัฒน์	45015143
นายปฏิภาณ	มิ่งกมลกุล	45015162
รศ.ดร.วิริยะ	พิเชฐจำริญู	อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร.สมภพ	ผลไม้	อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2547		

บทคัดย่อ

ปัจจุบันแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะได้เข้ามามีบทบาทและเป็นตัวแปรที่สำคัญในภาคธุรกิจอุตสาหกรรม ซึ่งจะมีผลกระทบในการทำให้อุปกรณ์ที่ไวต่อการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน ต้องปลดวงจรออกจากระบบ ดังนั้นเครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะชนิดหนึ่งเฟสแบบไมใช้หม้อแปลง จึงถูกนำมาใช้ในการทดสอบ อุปกรณ์ในด้านความไวต่อการตอบสนองของสัญญาณ ซึ่งในวิทยานิพนธ์นี้ ได้เสนอแนวคิดในการใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับ วงจรเอชไอพีเออร์โดยใช้ไอจีบีทีกำลัง เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ตัดแรงดันไฟฟ้า อินพุตตามสัญญาณที่ดับเบิ้ลยูเอ็ม ทำให้ได้ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตที่ถูกลดทอนลงตามอัตราส่วนของการ สวิตซ์ ซึ่งวิธีการนี้จะมีข้อดีหลายประการเช่น มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา อีกทั้งยังสามารถกำหนดเงื่อนไขในการ เกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะได้

วิทยานิพนธ์นี้เสนอแนวความคิดในการออกแบบ อธิบายหลักการทำงานในส่วนต่างๆ มีการจำลอง การทำงานด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์และผลการทดลองจริง พร้อมทั้งเก็บผลการทดลองในส่วนต่างๆไว้ เพื่อ ใช้ในการพัฒนาและปรับปรุงให้ดียิ่งขึ้นไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Transformer–Less Single–Phase Voltage Sag Generator

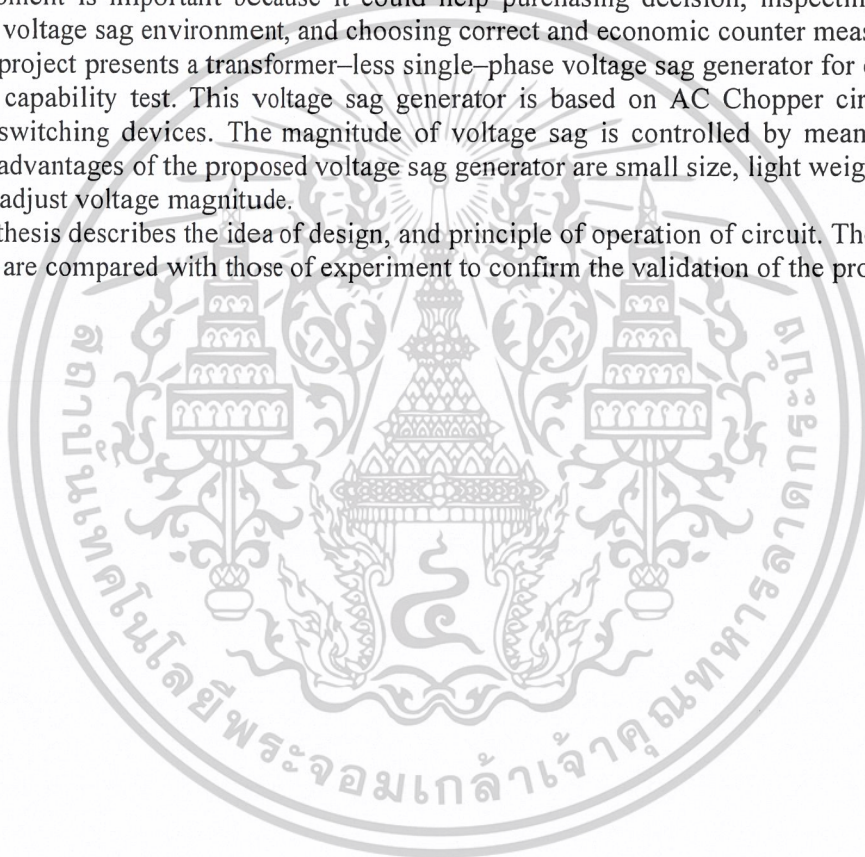
Danupon	Poojirakasem	
Nathapon	Antavasik	
Narongrit	Sriraphat	
Patiparn	Mingkamolkul	
Asso.Prof.Dr.Viriya	Pichetchmroen	Advisor
Dr.Sompob	Polmai	Advisor

ABSTRACT

At present, power quality problem especially voltage sags can seriously affect industrial process by causing equipment malfunction or shutdown. Voltage sag ride-through capability test for this equipment is important because it could help purchasing decision, inspecting affected equipment in voltage sag environment, and choosing correct and economic counter measure.

This project presents a transformer-less single-phase voltage sag generator for equipment ride-through capability test. This voltage sag generator is based on AC Chopper circuit using IGBT as its switching devices. The magnitude of voltage sag is controlled by mean of PWM method. The advantages of the proposed voltage sag generator are small size, light weight and can continuously adjust voltage magnitude.

This thesis describes the idea of design, and principle of operation of circuit. The results of simulation are compared with those of experiment to confirm the validation of the proposed circuit.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.1 คุณสมบัติของ PIC 18F458	12
2.7 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ Key Switch แบบ 4 x 4	14
บทที่ 3 รายละเอียดและหลักการทำงานของวงจรที่ใช้ในโครงการ	15
3.1 หลักการทำงานเบื้องต้น	15
3.2 ลำดับขั้นการทำงาน	16
3.3 วงจรเอชซีฮอปเปอร์	17
3.4 วงจรเรียงกระแสและรักษาระดับแรงดัน	18
3.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์	19
3.6 วงจรตรวจจับตำแหน่งผ่านศูนย์	20
3.7 วงจรรวมสัญญาณลอจิก	20
3.8 วงจรป้องกันการทำงานของสวิตช์ Protection Switching	22
3.9 วงจรขับไอจีบีที	22
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	24
4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	24
4.2 ขั้นตอนการทดลองและวิธีการใช้งาน	24
4.2.1 ขั้นตอนการทดลอง	24
4.2.2 วิธีการใช้งาน	24
4.3 ผลการทดลองจากการจำลองจากคอมพิวเตอร์	25
4.4 ผลจากการทดลองจริง	28
4.4.1 สัญญาณควบคุมในส่วนต่าง ๆ	28
4.4.2 การสร้างแรงดันไฟฟ้าตกในลักษณะเงื่อนไขต่าง ๆ	31
บทที่ 5 สรุปโครงการและวิจารณ์ผลการทดลอง	41
5.1 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์	41
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	41
5.3 แนวทางการพัฒนา	42
เอกสารอ้างอิง	43
ภาคผนวก ก. แผนผังวงจร PIC 18F458 และการต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ	44
ภาคผนวก ข. คำสั่งที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC 18F458	46
ภาคผนวก ค. นักศึกษาที่ร่วมทำโครงการ	50
ภาคผนวก ง. คุณลักษณะของอุปกรณ์ที่สำคัญภายในโครงการ	52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 1-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลากับการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดัน	3
ตารางที่ 2-1 แสดงค่าการปฏิบัติการแอนด์	6
ตารางที่ 2-2 แสดงค่าการปฏิบัติการออร์	7
ตารางที่ 2-3 แสดงค่าการปฏิบัติการนอต	7
ตารางที่ 2-4 แสดงค่าการปฏิบัติการแนนด์	8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 1-1 แสดงกราฟมาตรฐานหมาย เอฟ — 47	3
รูปที่ 2-1 สัญลักษณ์และการเรียกชื่อขาของไอจีบีที	5
รูปที่ 2-2 สัญลักษณ์เกทแอนด์	6
รูปที่ 2-3 สัญลักษณ์เกทออร์	7
รูปที่ 2-4 สัญลักษณ์เกทนอต	7
รูปที่ 2-5 สัญลักษณ์แนนด์เกต	8
รูปที่ 2-6 สัญลักษณ์ไอซีเบอร์ 6N137	9
รูปที่ 2-7 สัญลักษณ์ไอซีเบอร์ IR2110	9
รูปที่ 2-8 สัญลักษณ์ไอซีเบอร์ 7805, 7812 และ 7815	9
รูปที่ 2-9 สัญลักษณ์ออปแอมป์เบอร์ LM 339	10
รูปที่ 2-10 สนับเบอร์แบบตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ	10
รูปที่ 2-11 สัญลักษณ์ KBP 202	12
รูปที่ 2-12 แสดงตัวถังของซีพียู PIC 18F458 และการจัดวางตำแหน่งขาสัญญาณต่างๆ	13
รูปที่ 2-14 แสดงลักษณะของ Key Switch แบบเมตริกซ์ ขนาด 4 x 4	14
รูปที่ 3-1 แสดงลำดับขั้นการทำงาน	16
รูปที่ 3-2 วงจรเอชซีชอปเปอร์	17
รูปที่ 3-3 แสดงการทำงานของสวิตช์ G11 และ G13	18
รูปที่ 3-4 แสดงสัญญาณ ไชน์ที่ถูกตัดเป็นแท่งๆ	18
รูปที่ 3-5 วงจรแปลงระดับแรงดัน	18
รูปที่ 3-6 แสดงสัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์	19
รูปที่ 3-7 วงจรตรวจจับตำแหน่งผ่านศูนย์	20
รูปที่ 3-8 วงจรรวมสัญญาณลอจิก	20
รูปที่ 3-9 วงจรรวมสัญญาณลอจิกที่สถานะ 100 %	21
รูปที่ 3-10 วงจรรวมสัญญาณลอจิกที่สถานะต่ำกว่า 100 %	21
รูปที่ 3-11 วงจรป้องกันการรบกวนการทำงานของสวิตช์	22
รูปที่ 3-12 วงจรขับไอจีบีที	22
รูปที่ 4-1 รูปสัญญาณวงจรตรวจจับตำแหน่งผ่านศูนย์	25
รูปที่ 4-2 รูปสัญญาณขับของไอจีบีที ตัวที่ 1	25
รูปที่ 4-3 รูปสัญญาณขับของไอจีบีที ตัวที่ 2	26
รูปที่ 4-4 รูปสัญญาณขับของไอจีบีที ตัวที่ 3	26
รูปที่ 4.5 รูปสัญญาณขับของไอจีบีที ตัวที่ 4	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.2.1 เพื่อเป็นการสร้างเครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชนิดหนึ่งเฟสแบบไม่ใช้หม้อแปลงต้นแบบ

1.2.2 เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบความคงทนของอุปกรณ์ทางไฟฟ้าหนึ่งเฟส ว่าทนต่อแรงดันไฟฟ้าตกได้มากน้อยเพียงใด

1.2.4 เพื่อเป็นการศึกษานำไปเป็นแนวทางในการที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ต่อไป

1.3 เป้าหมายของโครงการ

1.3.1 ทำให้นักศึกษาและผู้สนใจได้รู้จักและเลือกใช้เทคโนโลยีอย่างถูกต้อง

1.3.2 ทำให้นักศึกษาและผู้สนใจได้ทราบเกี่ยวกับความเป็นไปของเทคโนโลยีมากขึ้น

1.3.3 ทำให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีให้ได้ศักยภาพสูงสุด

1.3.4 ทำให้อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าหนึ่งเฟสในอนาคตมีประสิทธิผลในการทำงานสูงขึ้น

1.4 แนวทางการศึกษา

1.4.1 ศึกษาหาข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เช่น ห้องสมุด, อินเทอร์เน็ต และ วิทยานิพนธ์ของปีก่อน ๆ

1.4.2 ศึกษาโปรแกรมต่าง ๆ เช่น PSCAD และ ไมโครคอนโทรลเลอร์

1.4.3 ศึกษาวงจรต่าง ๆ ที่จะต้องใช้ในโครงการรวมถึงรายละเอียดของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป

1.4.4 สอบถามข้อมูลต่าง ๆ จากรุ่นพี่และอาจารย์ที่ปรึกษา

1.5 ขอบเขตของโครงการ

เนื่องจากโครงการนี้เป็นการศึกษาในครั้งแรก ดังนั้นขอบเขตของโครงการจึงเน้นไปที่การจำลองสถานการณ์เกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ รวมถึงการควบคุมสถานการณ์เกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะที่เกิดขึ้นให้ เป็นไปตามเงื่อนไขหรือข้อกำหนดตามที่ต้องการ ภายใต้ขอบเขตการทำงานของโครงการ โดยมีขอบเขตการทำงานเป็นดังต่อไปนี้

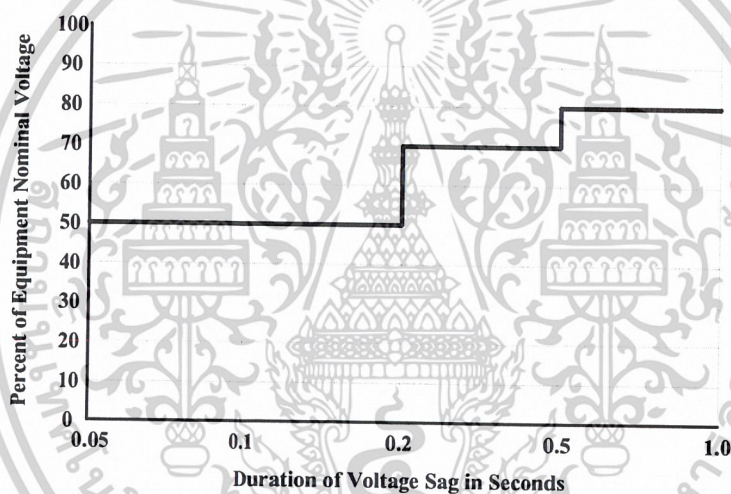
- เครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะจะเริ่มแสดงผลการทำงานเมื่อมีการกดปุ่มสตาร์ท
- สามารถปรับความยาวนานของการเกิดแรงดันตกได้เป็นตั้งแต่ 1 – 150 ไมโครวินาที
- สามารถปรับมุมเริ่มต้นในการเกิดแรงดันตกได้ตั้งแต่ 0° – 359°
- สามารถปรับขนาดในการเกิดแรงดันตกได้ตั้งแต่ 0 – 220 โวลต์
- ขนาดพิกัดแรงดันไฟฟ้าสูงสุด 230 โวลต์
- ขนาดพิกัดกระแสไฟฟ้าสูงสุด 30 แอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.6 มาตรฐานเซมาย เอฟ – 47 (SEMI F – 47)

VOLTAGE SAG DURATION				
Seconds (s)	Milliseconds (ms)	Cycles at 60 Hz	Cycles at 50 Hz	Percent (%) of Equipment Nominal Voltage
< 0.05 s	< 50 ms	< 3 cycles	< 2.5 cycles	Not specified
0.05 to 0.2 s	50 to 200 ms	3 to 10 cycles	2.5 to 10 cycles	50 %
0.2 to 0.5 s	200 to 500 ms	12 to 30 cycles	10 to 25 cycles	70 %
0.5 to 1.0 s	500 to 1000 ms	30 to 60 cycles	25 to 50 cycles	80 %
> 1.0 s	> 1000 ms	> 60 cycles	> 50 cycles	Not specified

ตารางที่ 1-1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลากับการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดัน



รูปที่ 1-1 แสดงกราฟมาตรฐาน SEMI F - 47

มาตรฐานเซมาย เอฟ 47 เป็นมาตรฐานที่นำมาใช้ในการทดสอบความสามารถของอุปกรณ์ไฟฟ้าหนึ่งเฟส ในการทนต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลงของแรงดันโดยฉับพลัน โดยกราฟและตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ขนาดของแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะกับระยะเวลาในการเกิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะ สามารถอธิบายได้ว่า

ในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าลดลงเหลือ 50 – 60 % จากแรงดันไฟฟ้าปกติ ในช่วงเวลา 0.05 ถึง 0.2 วินาที หรือเท่ากับ 2.5 ถึง 10 ไซเคิล (Cycle) อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบควรที่จะทำงานได้อย่างต่อเนื่อง โดยไม่มีความผิดปกติใดๆเกิดขึ้น หากมีความผิดปกติเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ในระหว่างการทดสอบ แสดงว่าความสามารถในการทนต่อสภาวะการเปลี่ยนแปลงของแรงดันปกติโดยฉับพลันของอุปกรณ์นั้น ไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้ เช่นเดียวกันกับในกรณีที่แรงดันไฟฟ้าลดลงเหลือ 70 % จากแรงดันไฟฟ้าปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วงเวลา 0.2 ถึง 0.5 วินาที หรือเท่ากับ 10 ถึง 25 ไซเคิล และกรณีที่แรงดันไฟฟ้าลดลงเหลือ 80 % จากแรงดันไฟฟ้าปกติ ในช่วงเวลา 0.5 ถึง 1.0 วินาที หรือเท่ากับ 25 ถึง 50 ไซเคิล

กรณีที่แรงดันไฟฟ้าลดลงต่ำกว่า 50 % และสูงกว่า 80 % นั้นมาตรฐานเขมมาย เอฟ 47 ยังไม่ได้ระบุข้อมูลของช่วงเวลาที่แน่นอนในการทดสอบ ดังนั้นหากระดับแรงดันเกิดการเปลี่ยนแปลงนอกเหนือมาตรฐานที่กำหนดไว้จะไม่สามารถระบุความแน่นอนของตัวอุปกรณ์ได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการทำงาน

2.1 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไอจีบีที

อุปกรณ์เพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์คอนโทรลที่พอจะคุ้นเคย และใช้งานกันอย่างกว้างขวางในขณะนี้ ได้แก่ ทรานซิสเตอร์และ มอสเฟต ซึ่งอุปกรณ์ทั้งสองชนิดนี้มีคุณสมบัติในการทำงานที่ค่อนข้างต่ำจึงได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ จนสามารถ ได้อุปกรณ์เพาเวอร์อิเล็กทรอนิกส์ชนิดใหม่ขึ้นมา โดยคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์และมอสเฟต เข้ามารวมไว้ในอุปกรณ์ชนิดใหม่ซึ่งเรียกชื่ออย่างเป็นทางการว่า ไอจีบีที โดยในโครงการงานนี้จะใช้ไอจีบีทีเบอร์ IRG4PH50KD สามารถทนแรงดันไฟฟ้าได้ 1200 โวลต์และสามารถทนกระแสไฟฟ้าได้ 45 แอมป์เปร์

2.1.1 โครงสร้างและสัญลักษณ์

ไอจีบีทีค่อนข้างที่จะเป็นอุปกรณ์ชนิดใหม่ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.1 ซึ่งเป็นสัญลักษณ์และขาต่าง ๆ ของไอจีบีที



รูปที่ 2-1 สัญลักษณ์และการเรียกชื่อขาของไอจีบีที

2.1.2 ลักษณะการทำงาน

สภานำกระแส

เมื่อขาเดรนได้รับไบแอสตรงคือเป็นบวกเมื่อเทียบกับขาซอร์ทและแรงดันระหว่างขาเกต และขาซอร์ทมีค่าเกิน $V_{GS(TH)}$ ประจุไฟฟ้าบวกที่เกิดจากแรงดันที่ขาเกต จะดึงอิเล็กตรอนทำให้ไอจีบีทีอยู่ในสภานำกระแส นั่นคือเกิดการไหลของกระแสไฟฟ้าจากขาเดรนไปขาซอร์ทได้

สภายหยุดนำกระแส

เมื่อแรงดันระหว่างขาเกตและขาซอร์ท ลดลงต่ำกว่า $V_{GS(TH)}$ จะทำให้มีแรงดันไม่เพียงพอสำหรับการแปรสภาพชั้นพอดิ ที่เป็นเอ็นได้ ทำให้บริเวณขาเดรนไม่ต่อกับบริเวณขาซอร์ท ไอจีบีทีจึงอยู่ในสภายหยุดนำกระแส ในสภานี้แรงดันไบแอสกลับจะทำให้เกิดกระแสรั่วไหลเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับลอจิกเกต (Logic gate)

2.2.1 ปฏิบัติการแอนด์ (AND Operation)

กำหนดให้ A และ B แทนตัวแปรอินพุตปฏิบัติการแอนด์ทำให้เขียนสมการบูลีนสำหรับเอาต์พุต X (สมการเอาต์พุต) ได้ดังนี้

$$X = A \cdot B \quad \text{-----} (2.1)$$

สมการ $X = A \cdot B$ อ่านว่า “X เท่ากับ A แอนด์ B” มีข้อกำหนดตามตารางที่ 2-1

A	B	X
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

ตารางที่ 2-1 แสดงค่าการปฏิบัติการแอนด์



รูปที่ 2-2 สัญลักษณ์เกทแอนด์

เมื่อพิจารณาตารางความจริงจะเห็นว่าปฏิบัติการแอนด์เหมือนกับการคูณทางพีชคณิตธรรมดา ดังนั้นจึงเขียนสมการใหม่เป็น $X = AB$

จากการพิจารณาตารางที่ 2-1 ทำให้ได้ข้อสรุปดังนี้

- 1.ปฏิบัติการแอนด์ให้ผลลัพธ์เอาต์พุตเป็น 1 เมื่ออินพุตทั้งหมดเป็น 1 เท่านั้น
- 2.ปฏิบัติการแอนด์มีหลักการเหมือนกับการคูณเลขธรรมดาเพียงแต่ใช้เฉพาะเลข 0 และ 1
- 3.เมื่อตัวแปรอินพุตตัวใดตัวหนึ่งเป็น 0 เอาต์พุตจะเป็น 0

2.2.2 ปฏิบัติการออร์ (OR Operation)

กำหนดให้ A และ B แทนตัวแปรอินพุตปฏิบัติการออร์ทำให้เขียนสมการบูลีนสำหรับเอาต์พุต X (สมการเอาต์พุต) ได้ดังนี้

$$X = A + B \quad \text{-----} (2.2)$$

สมการ $X = A + B$ อ่านว่า “X เท่ากับ A ออร์ B” เครื่องหมาย + หมายถึง ออร์ ไม่ใช่การบวกเลขธรรมดา โดยมีข้อกำหนดตามตารางค่าความจริงในตารางที่ 2-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

ตารางที่ 2-2 แสดงค่าการปฏิบัติการออร์



รูปที่ 2-3 สัญลักษณ์เกทออร์

จากการพิจารณาตารางที่ 2-2 ทำให้ได้ข้อสรุปดังนี้

- 1.ปฏิบัติการออร์ให้ผลลัพธ์เอาต์พุตเป็น 1 เมื่อมีตัวแปรใดตัวแปรหนึ่งที่อินพุตเป็น 1
- 2.ปฏิบัติการออร์ให้ผลลัพธ์เอาต์พุตเป็น 0 เมื่อตัวแปรที่อินพุตทั้งหมดเป็น 0 เท่านั้น
- 3.ผลลัพธ์ปฏิบัติการออร์แตกต่างจากการรวมเลขธรรมดา คือ $1 + 1 = 1$ (ไม่ใช่ 2)

2.2.3 การปฏิบัติการนอต (NOT Operation)

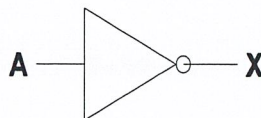
ปฏิบัติการนอตไม่เหมือนกับปฏิบัติการออร์และแอนด์ ตรงที่นอตใช้ตัวแปรอินพุตเดียวถ้ากำหนดให้ A แทนตัวแปรที่อินพุตทำให้เขียนสมการตัวแปรที่เอาต์พุต X ได้ดังนี้

$$X = \overline{A} \quad \text{-----} (2.3)$$

สมการนี้อ่านว่า X เท่ากับ A นอต B มีข้อกำหนดตามตารางที่ 2-3

A	X
0	1
1	0

ตารางที่ 2-3 แสดงค่าการปฏิบัติการนอต



รูปที่ 2-4 สัญลักษณ์เกทนอต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 2-3 แสดงว่า ค่าลอจิกหรือสภาวะของ $X=A$ ตรงข้ามกับค่าของ $A=1$ จะได้ $A=0$

2.2.4 ปฏิบัติการแนนด์ (NAND Operation)

กำหนดให้ A และ B แทนตัวแปรอินพุตปฏิบัติการแนนด์ทำให้เขียนสมการบูลีนสำหรับเอาต์พุต X (สมการเอาต์พุต) ได้ดังนี้

$$X = \overline{A \cdot B} \quad \text{-----(2.4)}$$

สมการ $X = \overline{A \cdot B}$ อ่านว่า “ X เท่ากับ A แนนด์ B ” มีข้อกำหนดตามตารางที่ 2-4

A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

ตารางที่ 2-4 แสดงค่าการปฏิบัติการแนนด์



รูปที่ 2-5 สัญลักษณ์แนนด์เกต

เมื่อพิจารณารางความจริงจะเห็นว่าปฏิบัติการแนนด์เหมือนกับการคูณทางพีชคณิตธรรมดา ดังนั้นจึงเขียนสมการใหม่เป็น $X = AB$

จากการพิจารณารางที่ 2-4 ทำให้ได้ข้อสรุปดังนี้

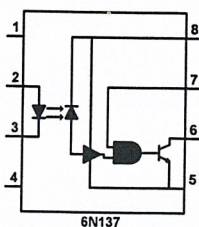
- 1.ปฏิบัติการแนนด์ให้ผลลัพธ์เอาต์พุตเป็น 0 เมื่ออินพุตทั้งหมดเป็น 1 เท่านั้น
- 2.ปฏิบัติการแนนด์มีหลักการเหมือนกับการคูณเลขธรรมดาเพียงแต่ใช้เฉพาะเลข 0 และ 1
- 3.เมื่อตัวแปรอินพุตตัวใดตัวหนึ่งเป็น 0 เอาต์พุตจะเป็น 0

2.3 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไอซีที่ใช้ในโครงงาน

2.3.1 ไอซีเบอร์ 6N137

ไอซีชนิดออปโตคัปเปอร์เป็นอุปกรณ์ที่ประกอบด้วยไดโอดชนิดเปล่งแสง ซึ่งปกติเป็นชนิดอินฟราเรดและโฟโตทรานซิสเตอร์ หรือโฟโต้ไดโอด ที่ถูกผลิตมาเป็นคู่กัน รวมอยู่ในตัวเดียวกัน ซึ่งสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะมีลักษณะเป็นสัญญาณดิจิทัลคงแสดงในรูปที่ 2-6

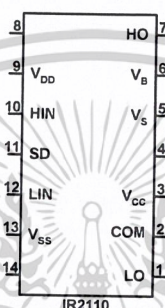
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-6 สัญลักษณ์ไอซีเบอร์ 6N137

2.3.2 ไอซีเบอร์ IR2110

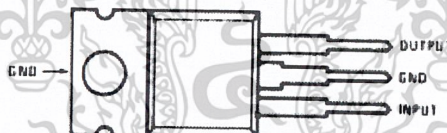
ไอซีผลิตสัญญาณขับอุปกรณ์สวิตชิงเพื่อส่งไปขับขาคงของ ไอจีบีที



รูปที่ 2-7 สัญลักษณ์ไอซีเบอร์ IR2110

2.3.3 ไอซีเบอร์ 7805, 7812 และ 7815

ไอซีรักษาระดับแรงดันที่ระดับต่างๆ ตั้งแต่ 5, 12, 15 โวลต์



รูปที่ 2-8 สัญลักษณ์ไอซีเบอร์ 7805, 7812 และ 7815

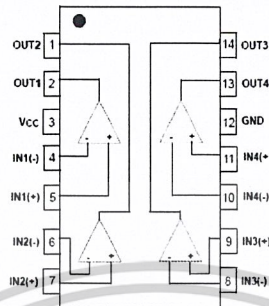
2.4 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับออปแอมป์ (OP-AMP)

เป็นวงจรรขยายที่เชื่อมต่อโดยตรงให้อัตราการขยายสูง ประสิทธิภาพดี ลดความยุ่งยากของวงจร ส่วนการควบคุมอาศัยวงจรป้อนกลับ ภายในตัวออปแอมป์ประกอบด้วยวงจรขยายหลายวงจรต่ออนุกรมกัน ภายนอกแสดงให้เห็นด้วยสัญลักษณ์ รูปร่างลักษณะจัดเป็นไอซีประเภทลิเนียร์ ใช้ค่าแรงดันต่ำ อีกทั้งปัจจุบันหาซื้อได้ในราคาถูกและในโครงการนี้จะใช้ที่เบอร์ LM 339

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.1 สัญลักษณ์

สัญลักษณ์ออปแอมป์แสดงในรูปที่ 2.9 การทำงานของออปแอมป์จะใช้แหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรง 2 จุดคือ บวกและลบ กล่าวคือแรงดัน +V จะอยู่ทางด้านบน ส่วนแรงดัน -V จะอยู่ทางด้านล่าง สำหรับรูปที่สามเหลี่ยมที่ใช้เป็นสัญลักษณ์ออปแอมป์หมายถึงการขยายและแสดงทิศทางการไหลของสัญญาณ

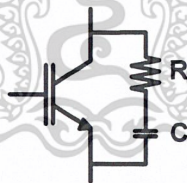


รูปที่ 2-9 สัญลักษณ์ออปแอมป์เบอร์ LM 339

2.5 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์

2.5.1 วงจรอาซี – สนับเบอร์ (RC – Snubber)

วงจรสับเบอร์ (Snubber Network) เป็นส่วนที่เพิ่มเติมเข้ามาในวงจรเอซีของเพาเวอร์ เพื่อลดการเกิดกำลังงานสูญเสียและป้องกันการเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับไอจีบีทีในวงจรขณะทำงานปกติ วงจรสับเบอร์ในที่นี้อาจแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ คือ วงจรสับเบอร์ช่วงหยุดนำกระแส (turn off snubber) และวงจรสับเบอร์ป้องกันแรงดันเกิน (clamp snubber) วงจรสับเบอร์โดยทั่วไปจะประกอบด้วยตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุและไดโอด ในบางครั้งจึงเรียกกันว่า วงจร RC สับเบอร์



รูปที่ 2-10 สับเบอร์แบบตัวต้านทานและตัวเก็บประจุ

การทำงานของวงจร RC สับเบอร์ช่วงเริ่มหยุดนำกระแสจะเป็นดังนี้คือ เมื่อเพาเวอร์ไอจีบีทีเริ่มหยุดนำกระแส แรงดันที่ขาเดรนจะมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้มีกระแสบางส่วนไหลผ่านตัวเก็บประจุ C ของวงจรสับเบอร์ทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม C ด้วย แรงดันที่ตกคร่อม C จะทำให้แรงดันที่ขาเดรนของเพาเวอร์ไอจีบีทีเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ ดังนั้นถ้าให้ C มีค่ามากพอ การเพิ่มขึ้นของแรงดันที่ขาเดรนจะถูกหน่วงออกไปเพื่อให้กระแสที่ไหลผ่านเพาเวอร์ไอจีบีทีลดลงจนมีค่าน้อย ๆ ได้ทันกัน และจะลดการเกิดกำลังงานสูญเสียในตัวเพาเวอร์ไอจีบีทีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขณะที่เพาเวอร์ไोजิปีทีเริ่มนำกระแสอีกครั้ง C จะคายประจุผ่านตัวต้านทาน R ทิ้งไป แรงดันตกคร่อม C จึงลดต่ำลงได้อีกครั้งและสามารถทำงานได้ในช่วงต่อไป ค่าของ C และ R ที่เหมาะสมอาจหาได้จาก

$$C = \frac{I_{p(PK)} \times t_{OFF}}{2V_{in}} \quad \text{-----} \quad (2.5)$$

$$R = \frac{t_{ON(min)}}{2 \cdot 3C} \quad \text{-----} \quad (2.6)$$

เมื่อ $I_{p(PK)}$ คือ ค่ากระแสสูงสุดขณะเริ่มหยุดนำกระแสของไोजิปีที

V_{in} คือ แรงดันอินพุตของคอนเวอร์เตอร์

t_{ON} คือ ช่วงเวลานำกระแสของเพาเวอร์ไोजิปีที

t_{OFF} คือ ช่วงเวลาหยุดนำกระแสของไोजิปีที

การคายประจุของ C จะทำให้เกิดกำลังงานสูญเสียในตัว R สูง ตัวต้านทาน R จะต้องทนกำลังได้สูง โดยค่ากำลังงานสูญเสียใน R อาจหาได้จาก

$$P_D = \frac{C (2V_{in})^2}{2T} \quad \text{-----} \quad (2.7)$$

เมื่อ T คือ คาบเวลาการทำงานของไोजิปีที

ปกติการพังเสียหายของเพาเวอร์ไोजิปีทีขณะทำงาน มักมีสาเหตุหลักมาจากการทำงานเกินพิกัด

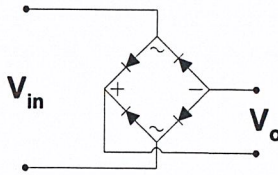
ปลอดภัยเป็นแรงดันสไปค์ขณะหยุดนำกระแส โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฟลายแบค และฟอร์เวิร์ดของไोजิปีที มักทำให้ค่าของแรงดันตกคร่อมเพาเวอร์ไोजิปีทีขณะเริ่มหยุดนำกระแสมีค่าสูงเกินค่าแรงดันสูงสุดที่มันจะทนได้ และเกิดการพังเสียหายขึ้น วงจรสแน็บเบอร์ป้องกันแรงดันเกินจึงมีหน้าที่ป้องกันแรงดันสไปค์ที่เกิดขึ้นไม่ให้เกินค่าปลอดภัยของเพาเวอร์ไोजิปีทีการต่อวงจร RC สแน็บเบอร์เพื่อป้องกันแรงดันเกินอาจทำได้ดังรูปที่ 2.10

การทำงานของวงจรสแน็บเบอร์ป้องกันแรงดันเกินจะเป็นดังนี้คือ ในขณะที่เพาเวอร์ไोजิปีทีเริ่มหยุดนำกระแส ตัวเก็บประจุ C จะถูกชาร์จประจุ จากค่าแรงดันสไปค์ ค่าของ $R1$ จะทำให้แรงดันตกคร่อม C มีค่าต่ำกว่าแรงดันสไปค์ และมีค่าที่ตลอดช่วงของการเกิดแรงดัน สไปค์ ค่าแรงดันสูงสุดที่ขาเดรนขณะเกิดสไปค์จึงถูกกันไว้ด้วยแรงดันที่ตกคร่อมตัวเก็บประจุ C และเนื่องจากแรงดันสไปค์จะเกิดขึ้นในช่วงเวลาสั้น ๆ ดังนั้นขณะที่แรงดันสไปค์มีค่าลดลง $C1$ จะคายประจุออกมาผ่านตัวต้านทาน R แรงดันตกคร่อมที่ขาเดรนจะกลับสู่ค่าแรงดันตามการทำงานปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 KBP 202

ไอซีไดโอดบริดจ์เรกติไฟเออร์สำหรับแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง สามารถทนแรงดันไฟฟ้าได้ 100 โวลต์



รูปที่ 2-11 สัญลักษณ์ KBP 202

2.6 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้มีการคิดค้นพัฒนาอย่างต่อเนื่องจนในปัจจุบันมีไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูลใหม่ ๆ เกิดขึ้นมากมาย ส่วนแล้วแต่มีศักยภาพในการทำงานสูงด้วยกันทั้งสิ้น แต่ในที่นี้เราจะมา ศึกษาการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC ของทางบริษัท Microchip ซึ่งเป็น ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายในบ้านเรา เนื่องจากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีความสามารถและยืดหยุ่นไปด้วทรัพยากร หรือฟังก์ชันการใช้งานต่างๆ มากมาย เช่น โมดูล Analog to Digital, Time / Counter, PWM และอื่น ๆ ซึ่งส่วนต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกสร้างรวมอยู่ภายในชิพเพียงตัวเดียว ทำให้ชิพเพียงตัวเดียวนี้สามารถทำงานได้หลาย ๆ อย่าง และสามารถลดในส่วนของฮาร์ดแวร์ บางอย่างลง ส่วนในเรื่องความเร็วชิพยุดตระกูลนี้จะใช้เวลาในการกระทำคำสั่งต่าง ๆ เพียง 1 หรือ 2 ไชเคลตต่อคำสั่งเท่านั้น โดยการทำงานนี้จะป็นลักษณะไปป์ไลน์ (Pipe Line) ทำให้มีความเร็วในการทำงานมากกว่าชิพยุดทั่วไป (ที่ความถี่เดียวกัน) ในเบอร์ที่เราจะได้อ่านการศึกษานี้คือเบอร์ 18F458 ซึ่งเป็นเบอร์ที่ได้รับความนิยมอีกเบอร์หนึ่งโดยจะแบ่งหัวข้อการศึกษาออกเป็น โหมด หรือฟังก์ชันการทำงานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์

2.6.1 คุณสมบัติของ PIC 18F458

คุณสมบัติต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F458 สามารถสรุปอย่างคร่าว ๆ ได้ดังนี้

- 112 Instruction คำสั่ง
- ในการปฏิบัติงานคำสั่งต่าง ๆ จะใช้ไชเคลตเดียวและ 2 ไชเคลตในคำสั่งที่เป็นการกระ โดต
- ความถี่สูงสุดที่ทำงานได้คือ 40 MHz
- การทำงานจะเป็นลักษณะไปป์ไลน์ทำให้มีการทำงานที่เร็วขึ้น
- หน่วยความจำโปรแกรม FLASH Program Memory มีขนาด 8k (14-Bit Words)
- หน่วยความจำข้อมูล (RAM) 4096 Bytes
- หน่วยความจำข้อมูล (EEPROM) 256 Bytes
- สามารถตอบสนองการอินเตอร์รัพได้ถึง 14 แหล่ง
- STACK 8 ระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เพาเวอร์ออนรีเซต (POR) , เพาเวอร์อัปไทเทอร์ (PWRT) และ Oscillator Start Up Timer
- Watchdog Timer
- สามารถเลือกการป้องกันข้อมูลได้ (Code Protection)
- โหมดประหยัดพลังงาน (Sleep Mode)
- สามารถโปรแกรมโดยใช้แรงดัน +5 V ได้
- ฟังก์ชันการโปรแกรมแบบ ICSP (In – Circuit Serial Programming)
- ทำงานที่ไฟเลี้ยง 2.0 V ถึง 5.5 V
- กระแสทั้งซิงก์และซอร์สของพอร์ตคือ 25 mA
- Timer / Counter จำนวน 3 ตัวคือ Timer 0 , Timer 1 และ Timer 2
- โมดูล Capture / Compare / PWM จำนวน 2 ชุด
- Analog to Digital Converter ความละเอียด 10 บิต 8 แชนแนล ภายในตัว
- มีโมดูลการสื่อสาร USART
- มีโมดูลตรวจจับระดับแรงดันไฟเลี้ยง Brown Out Rest (BOR)
- มีพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตจำนวน 5 พอร์ตประกอบด้วย A , B , C , D และ E แต่ละพอร์ตจะมีจำนวนบิตไม่เท่ากันซึ่งรวมแล้วจะมีอินพุตและเอาต์พุตจำนวน 33 บิต

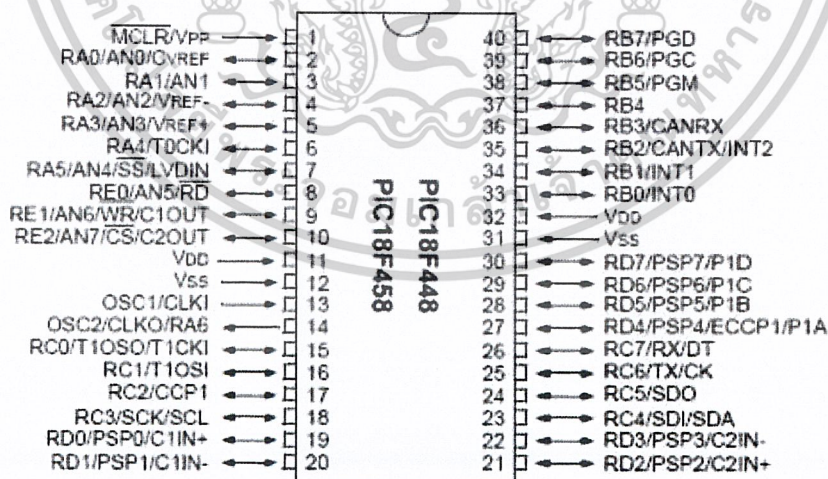
PORTA = RA5 – RA0 จำนวน 6 บิต

PORTB = RB7 – RB0 จำนวน 8 บิต

PORTC = RC7 – RC0 จำนวน 8 บิต

PORTD = RD7 – RD0 จำนวน 8 บิต

PORTE = RE2 – RE0 จำนวน 3 บิต

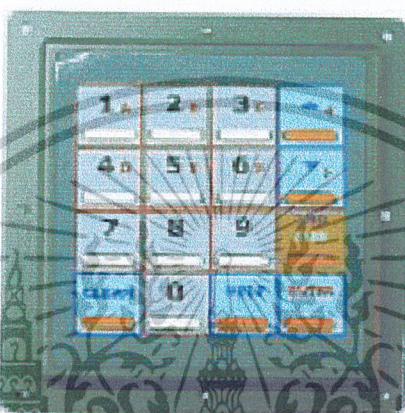


รูปที่ 2-12 แสดงตัวถังของชิพ PIC 18F458 และการจัดวางตำแหน่งขาสัญญาณต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ Key Switch แบบ 4 x 4

การต่อสวิตช์แบบนี้เรียกว่า การต่อสวิตช์แบบเมตริกซ์ (Matrix Switch) โดยสวิตช์จะถูกต่ออยู่ในลักษณะแนวแกนตั้งและแนวนอน จะเรียกแนวตั้งว่าหลักหรือคอลัมน์ (Column) ในขณะที่แนวนอนจะเรียกว่าแถวหรือโรว์ (Row) ดังนั้นค่าของสวิตช์จะต้องประกอบด้วยตำแหน่งในแนวหลักและแถว กระบวนการที่จะทำให้ได้ค่าของสวิตช์ค่อนข้างซับซ้อน อย่างไรก็ตามก็มีข้อดีคือ สามารถรองรับการเพิ่มของสวิตช์ได้อย่างสะดวก เพียงแต่เพิ่มจำนวนสวิตช์และแก้ไขซอฟต์แวร์อีกเล็กน้อย ทำให้วงจรสวิตช์แบบเมตริกซ์เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลาย



รูปที่ 2-13 แสดงลักษณะของ Key Switch แบบเมตริกซ์ ขนาด 4 x 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

รายละเอียดและหลักการทำงานของวงจรที่ใช้ในโครงการ

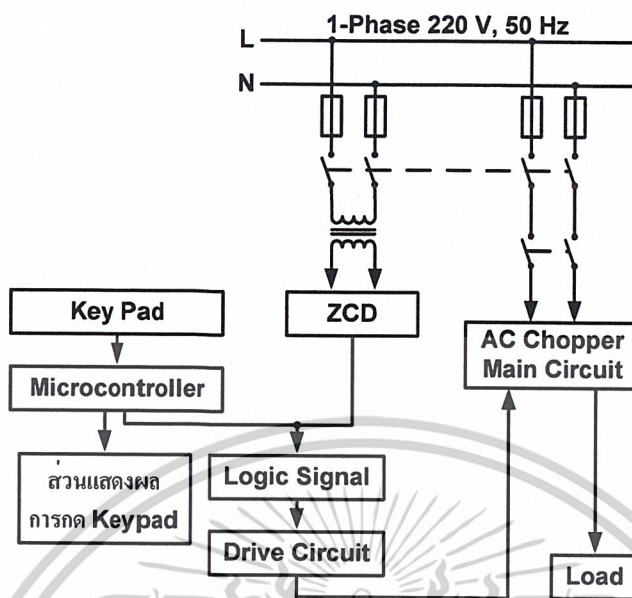
3.1 หลักการทำงานเบื้องต้น

โครงการนี้อาศัยหลักการทำงานของวงจรเอชซีชอปเปอร์ (AC chopper) ร่วมกับการควบคุมและสั่งการด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำหน้าที่สร้างสัญญาณขับเกท ในรูปของสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม (PWM) โดยสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม นี้จะไปส่งงานให้วงจรสวิตช์กำลังในที่นี้ใช้ ไอจีบีที (IGBT) เป็นอุปกรณ์สวิตซ์ (Switching) ตัดแรงดันไฟฟ้าขาเข้าตามสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มทำให้ได้ค่าแรงดันไฟฟ้าขาออกที่ถูกลดทอนลงตามอัตราส่วนของช่วงเวลาของการนำกระแสต่อคาบเวลาของการสวิตซ์ซึ่งร่วมกับวงจรควบคุมการทำงานในส่วนต่างๆดังต่อไปนี้

1. วงจรตรวจจับตำแหน่งผ่านศูนย์ (Zero Crossing Detector; ZCD) ทำหน้าที่ สร้างสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมที่มีความถี่เท่ากับสัญญาณไซน์จ่ายให้กับวงจรรวมสัญญาณลอจิก (Logic Signal Combinator) โดยวงจรตรวจจับตำแหน่งผ่านศูนย์ จะรับอินพุต เป็นสัญญาณไซน์ เมื่อทำการป้อนสัญญาณไซน์เข้าไปในวงจร วงจรจะทำการเปรียบเทียบและเปลี่ยนสัญญาณไซน์เป็นสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยม โดยความถี่ของสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมจะมีค่าเท่ากับสัญญาณ ไซน์ ที่ป้อนเข้าไปในวงจร
2. วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ทำหน้าที่ สร้างสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็มขับขาเกตของไอจีบีที และสัญญาณเปลี่ยนสถานะ ป้อนชุดรวมสัญญาณลอจิก รวมทั้งสัญญาณควบคุมการจำลองสถานะแรงดันไฟฟ้าตกด้วย โดยสัญญาณที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สร้างขึ้นได้นั้นมาจากการกดปุ่มบนแป้นกด (Key pad)
3. วงจรขับไอจีบีที ทำหน้าที่ เพิ่มสัญญาณทริกขาเกตของไอจีบีทีจากที่ระดับแรงดันของสัญญาณอยู่ที่ 5 โวลต์เพิ่มเป็น 15 โวลต์ ให้เพียงพอที่ขาเกตของไอจีบีทีจะสามารถนำกระแสให้ไอจีบีทีทำงานในโหมดของสวิตซ์ได้
4. วงจรรวมสัญญาณลอจิก ทำหน้าที่เปรียบเทียบสัญญาณระหว่างสัญญาณตรวจจับตำแหน่งผ่านศูนย์กับสัญญาณพีดับเบิลยูเอ็ม เพื่อนำไปใช้เป็นสัญญาณควบคุมขาเกต โดยต่อผ่านวงจรขับไอจีบีทีก่อน
5. วงจรแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง 5 โวลต์ และ 15 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ลำดับชั้นการทำงาน



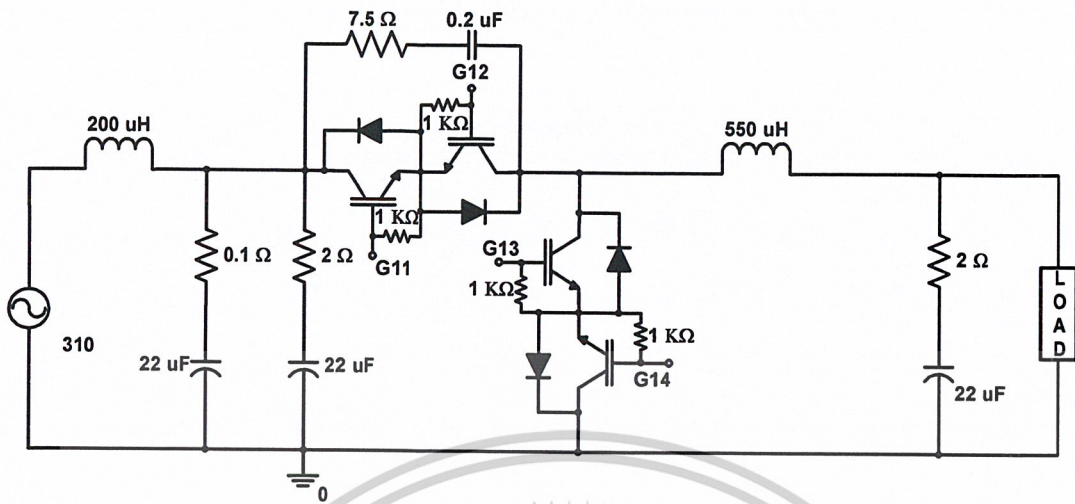
รูปที่ 3-1 แสดงโครงสร้างและการต่อกันของส่วนประกอบต่าง ๆ ของโครงการ

ขั้นตอนการทำงานเบื้องต้น

1. สวิตช์ (Switch) เริ่มการทำงาน โดยต้องเปิดสวิตช์ในส่วนของวงจรควบคุมก่อน
ลดระดับแรงดันไฟฟ้าด้วยหม้อแปลงไฟฟ้า 220 โวลต์ / 6 โวลต์และ 15 โวลต์
2. วงจรตรวจจับตำแหน่งผ่านศูนย์ สร้างพัลส์สี่เหลี่ยมที่มีความถี่เท่ากับสัญญาณขาเข้าที่จ่ายให้รวมสัญญาณลอจิก
3. เปลี่ยนแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้วยวงจรเรียงกระแส (Bridge Rectifier) จ่ายในส่วนของชุดควบคุม
4. ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งเงื่อนไขการทำงาน สร้างสัญญาณควบคุมให้แก่วงจรรวมสัญญาณลอจิก
5. วงจรรวมสัญญาณลอจิก เปรียบเทียบสัญญาณที่ได้จากวงจรตรวจจับตำแหน่งผ่านศูนย์ และ ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ ป้อนชุดวงจรขยาย
6. ชุดวงจรขับไอจีบีทีสร้างสัญญาณทริกควบคุมการทำงานของไอจีบีที
7. วงจรเอชซีชอปเปอร์สร้างสัญญาณแรงดันตก จ่ายโหลด ตามเงื่อนไขที่ต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรเอชชีชอปเปอร์



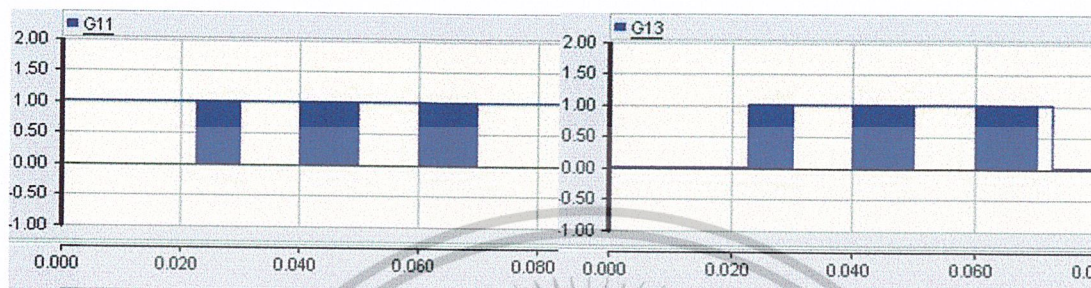
รูปที่ 3-2 วงจรเอชชีชอปเปอร์

หน้าที่ : เป็นวงจรหลักในเครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าคกซ์ขณะชนิดหนึ่งเฟสแบบไม่ใช้หม้อแปลง โดยมีหน้าที่รับสัญญาณอินพุต และรอการสั่งการจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อนำไปปรับระดับแรงดันไฟฟ้าทางด้านเอาต์พุตให้ลดลงตามที่ต้องการ

หลักการทำงาน : การทำงานของวงจรเอชชีชอปเปอร์ กล่าวคือแรงดันไฟฟ้าทางด้านอินพุตจะถูกตัดเป็นช่วง (Chop) ตามสัญญาณคลื่นพีคดับเบิลยูเอ็มทำให้ได้ค่าแรงดันเอาต์พุตที่ถูกลดทอนลงตามอัตราส่วนของช่วงเวลาของการนำกระแสต่อคาบเวลาของการสวิตซ์ ซึ่งรูปแบบของการสวิตซ์ซึ่งนั้นจะถูกกำหนดโดยสภาพชั่วขณะของแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่าย กล่าวคือถ้าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายเป็นบวก สวิตซ์ G12 และ G14 จะถูกทำให้นำกระแส (ON) ตลอดเวลาส่วนสวิตซ์ G11 และ G13 จะถูกควบคุมด้วยสัญญาณพีคดับเบิลยูเอ็ม

ถ้าแรงดันไฟฟ้าของแหล่งจ่ายเป็นลบ สวิตซ์ G11 และ G13 จะถูกทำให้นำกระแส (ON) ตลอดเวลาส่วนสวิตซ์ G12 และ G14 จะถูกควบคุมด้วยสัญญาณพีคดับเบิลยูเอ็ม โดยสวิตซ์ G11 และ G13 ที่ถูกควบคุมด้วยสัญญาณพีคดับเบิลยูเอ็มนี้จะทำงานสลับกันในช่วงบวกทำให้เกิดเป็นสัญญาณไซน์ที่ตัดออกเป็นแ่ง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 3-3 จะเห็นได้ว่าขณะที่สวิตซ์ G11 นำกระแสสัญญาณไซน์จะถูกตัดออกเป็นแ่งและขณะที่สวิตซ์ G13 นำกระแสสัญญาณไซน์จะตกลงไปที่ 0 โวลต์ ส่วนสวิตซ์ G12 และ G14 ก็จะทำงานสลับกันเหมือนกับสวิตซ์ G11 และ G13 แต่จะอยู่ในช่วงลบ โดยการทำงานที่สลับกันของสวิตซ์ G11 และ G13 และ สวิตซ์ G12 และ G14 จะต้องมีโหมดเดดไทม์ (Dead Time Mode) คือ การทำงานที่ตรงกันข้ามในช่วงบวกของแรงดันไฟฟ้าในแหล่งจ่าย เช่นเดียวกับช่วงลบของแรงดันไฟฟ้าในแหล่งจ่าย และเนื่องจากในทางปฏิบัติ การทำให้สวิตซ์นำกระแส (ON) หรือหยุดนำกระแส (OFF) นั้นจำเป็นต้องใช้เวลาช่วงสั้น ๆ ช่วงหนึ่งอันเนื่องมาจากคุณสมบัติของเซมิคอนดักเตอร์สวิตซ์ ก่อนที่จะทำให้สวิตซ์ตัวใดตัวหนึ่งนำกระแส (ON) ขึ้นมานั้นต้องแน่ใจว่าสวิตซ์ในคู่เดียวกันนั้นได้หยุดนำกระแสไปแล้ว เพื่อป้องกันการลัดวงจรของแหล่งจ่ายไฟฟ้าโดยสวิตซ์ทั้งสองซึ่งจะทำให้สวิตซ์ทั้งคู่เกิดความเสียหายได้ โดยเหตุนี้สัญญาณ

เกตของแต่ละสวิตช์จะถูกหน่วงเวลาในช่วงขาขึ้นของสัญญาณ ไปช่วงเวลาหนึ่งเพื่อให้คู่สวิตช์ที่กำลังหยุดนำกระแสได้หยุดนำกระแสได้สมบูรณ์เสียก่อน ซึ่งจะทำให้เกิดเวลาที่ทั้ง G11 และ G13 หรือ G12 และ G14 หยุดนำกระแสทั้งคู่ช่วงเวลานี้เรียกว่าช่วงเดดไทม์ (Dead Time) โดยในโครงงานนี้จะใช้ที่ค่าเท่ากับ 4 ไมโครวินาที (μs) ดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไปทำให้ได้สัญญาณไซน์ที่ถูกตัดออกเป็นแท่ง ๆ ตลอดลูกคลื่นของสัญญาณไซน์แสดงในรูปที่ 3-4

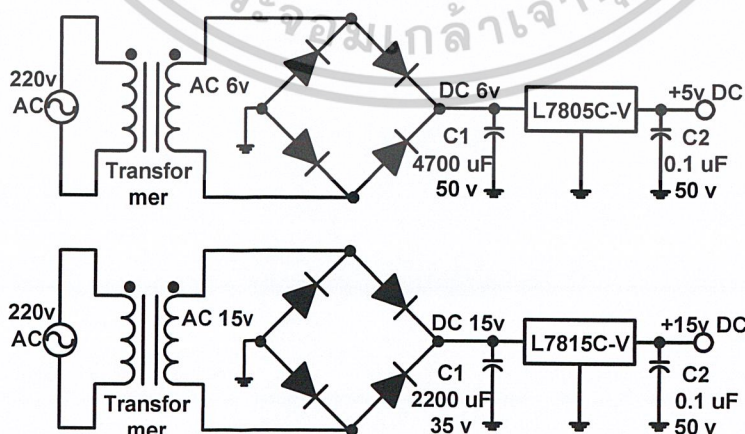


รูปที่ 3-3 แสดงการทำงานของสวิตช์ G11 และ G13



รูปที่ 3-4 แสดงสัญญาณไซน์ที่ถูกตัดเป็นแท่ง ๆ

3.4 วงจรเรียงกระแสและรักษาระดับแรงดัน



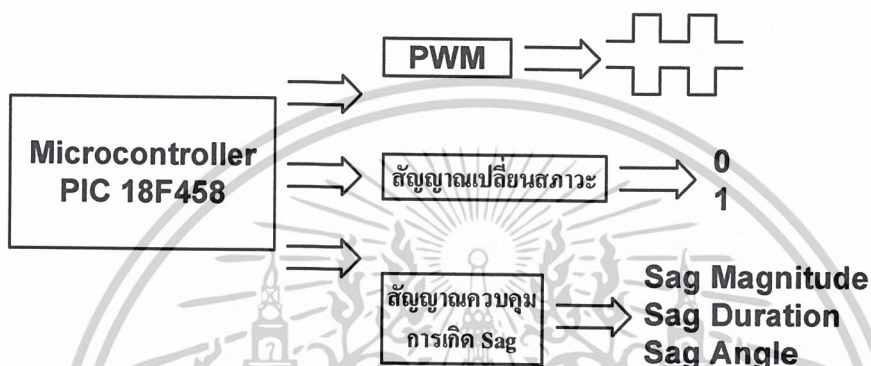
รูปที่ 3-5 วงจรแปลงระดับแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ : แปลงสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเพื่อนำไปป้อนให้กับวงจรควบคุมในส่วนต่าง ๆ

หลักการทํางาน : นำสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ผ่านหม้อแปลงลดระดับแรงดันเป็น 6 โวลต์และ 15 โวลต์ จากนั้นสัญญาณจะผ่านชุดบริดจ์เรกติไฟยเพื่อทำการแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและทำการรักษาระดับแรงดันที่ค่า 5 โวลต์และ 15 โวลต์ เพื่อนำไปใช้ป้อนเข้าที่วงจรควบคุมต่าง ๆ ต่อไป

3.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์



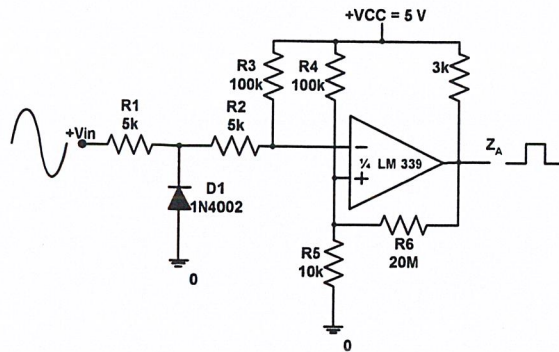
รูปที่ 3-6 แสดงสัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์

หน้าที่ : รับเงื่อนไขในการเกิดแรงดันตกจากการกดปุ่มที่เป็นกด และทำการประมวลผลออกมาเป็นสัญญาณตามเงื่อนไขที่ต้องการ

หลักการทํางาน : เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้รับเงื่อนไขจากการกดปุ่มที่เป็นกดเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จะทำการประมวลผลทางคณิตศาสตร์เพื่อให้ได้ตามเงื่อนไขที่ต้องการและทำการสร้างสัญญาณออกมาดังนี้

1. สร้างสัญญาณพีคดับเบิลยูเอ็มเพื่อจ่ายให้วงจรรวมสัญญาณลอจิกประมวลผลร่วมกันทางลอจิกกับวงจรตรวจจับตำแหน่งผ่านศูนย์
2. สร้างเงื่อนไขในการเกิดสภาวะแรงดันตก
3. สร้างสัญญาณสภาวะที่ 100 % สัญญาณเปลี่ยนสภาวะเท่ากับ 0 และรอการสั่งการเกิดแรงดันตกโดยเมื่อเกิดแรงดันไฟฟ้าตกสัญญาณเปลี่ยนสภาวะเท่ากับ 1

3.6 วงจรตรวจจับตำแหน่งผ่านศูนย์

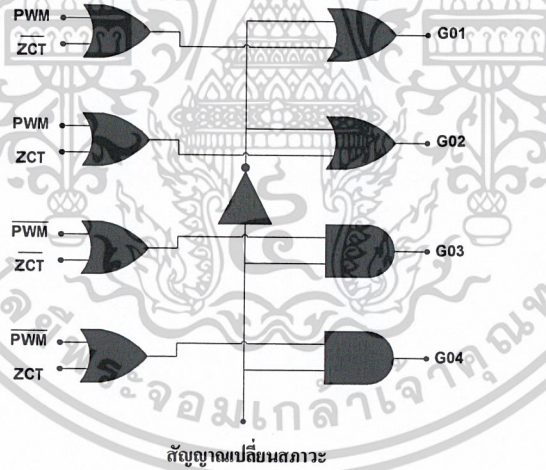


รูปที่ 3-7 วงจรตรวจจับตำแหน่งผ่านศูนย์

หน้าที่ : สร้างสัญญาณพัลส์ สี่เหลี่ยมที่มีความถี่เท่ากับสัญญาณไซน์ทางด้านอินพุต

หลักการทํางาน : เมื่อทำการป้อนสัญญาณไซน์เข้าไปในวงจร วงจรจะทำการเปรียบเทียบและเปลี่ยนสัญญาณไซน์เป็นสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยม โดยความถี่ของสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมค่าเท่ากับสัญญาณไซน์ที่ป้อนเข้าไปในวงจร

3.7 วงจรรวมสัญญาณลอจิก



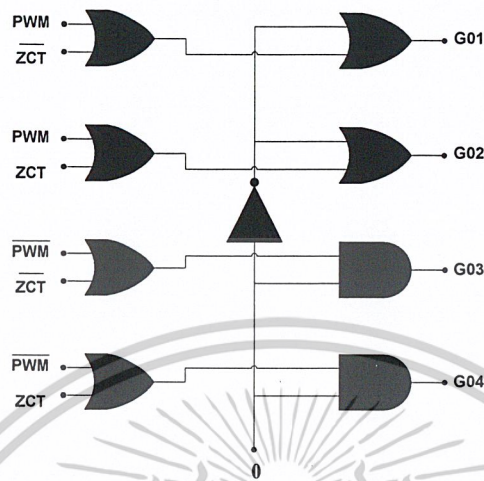
รูปที่ 3-8 วงจรรวมสัญญาณลอจิก

หน้าที่ : เปรียบเทียบสัญญาณระหว่างสัญญาณตรวจจับตำแหน่งผ่านศูนย์กับสัญญาณที่ดับเบิ้ลยูเอ็ม เพื่อนำไปใช้เป็นสัญญาณควบคุมขาเกต โดยต่อผ่านวงจรจับไอจิบีทีก่อน

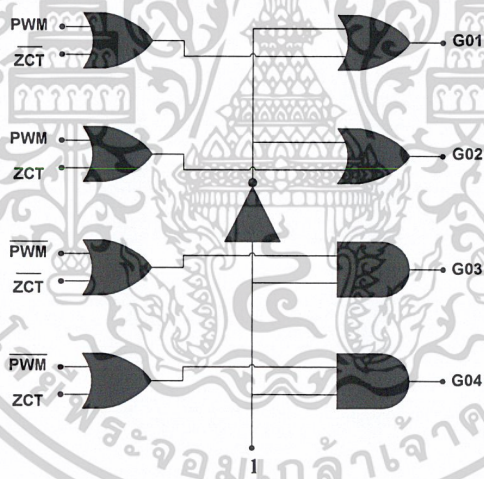
หลักการทํางาน : เปรียบเทียบสัญญาณอินพุตด้วยชุดลอจิกเกตนำสัญญาณที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ และวงจรตรวจจับสัญญาณผ่านศูนย์ส่งไปยังวงจรจับ ไอจิบีทีเพื่อควบคุมการสวิทซ์ซิ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในวงจรเอชซีชอปเปอร์ให้ทำงานตามเงื่อนไขที่ต้องการ โดยวงจรรวมสัญญาณลอจิกนี้จะทำงานใน 2 สถานะด้วยกันคือ ที่สถานะ 100% สัญญาณเปลี่ยนสถานะจะได้รับลอจิก 0 ดังรูปที่ 3-9 และ ที่สถานะ ต่ำกว่า 100% สัญญาณเปลี่ยนสถานะจะได้รับลอจิก 1 ดังรูปที่ 3-10



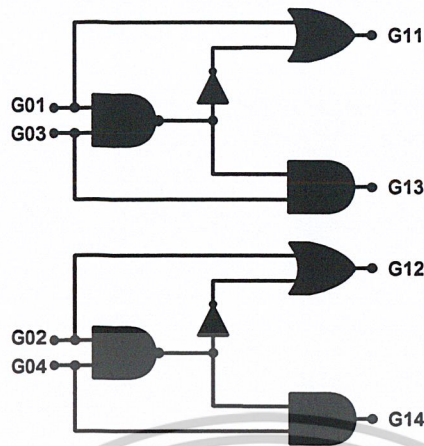
รูปที่ 3-9 วงจรรวมสัญญาณลอจิกที่สถานะ 100 %



รูปที่ 3-10 วงจรรวมสัญญาณลอจิกที่สถานะต่ำกว่า 100 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.8 วงจรป้องกันการทำงานของสวิตชิง (Protection Switching Circuit)

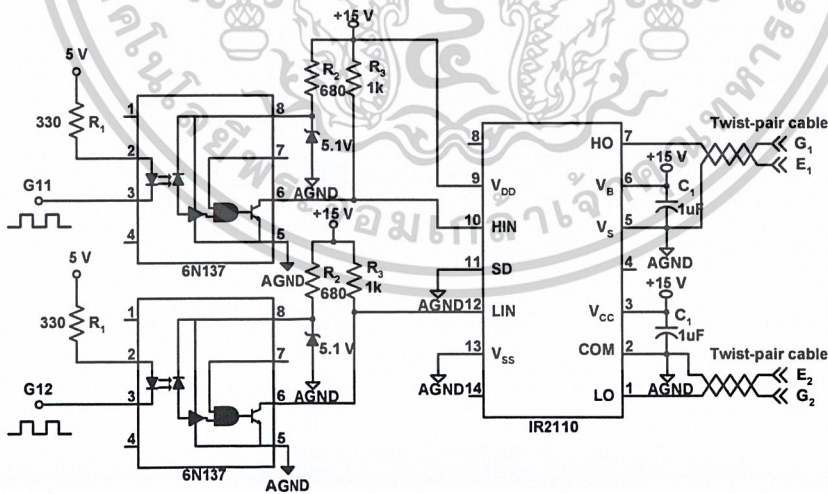


รูปที่ 3-11 วงจรป้องกันการทำงานของสวิตชิง

หน้าที่ : ป้องกันสถานะการทำงานพร้อมกันของอุปกรณ์สวิตชิง ซึ่งอาจก่อให้เกิดการลัดวงจรของกระแส

หลักการทำงาน : เปรียบเทียบค่าสัญญาณทริกเกิดของอุปกรณ์สวิตชิง กรณีที่สัญญาณทริกเกิดอยู่ในสถานะเดียวกันคือเป็นลอจิก 1 ทั้งคู่ สัญญาณทริกที่ได้จากวงจรจะเป็นลอจิก 0 ทำให้อุปกรณ์สวิตชิงทั้งคู่จะไม่ทำงานหรือไม่มีการนำกระแสที่ขาเกิดของไอจีบีที

3.9 วงจรขับไอจีบีที



รูปที่ 3-12 วงจรขับไอจีบีที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่ : เพิ่มสัญญาณทริกขาเกิดของไอจีบีทีจากที่ระดับแรงดันของสัญญาณอยู่ที่ 5 โวลต์เพิ่มเป็น 15 โวลต์ ให้เพียงพอที่ขาเกิดของไอจีบีทีจะสามารถนำกระแสให้ไอจีบีทีทำงานในโหมดของสวิตช์ได้

หลักการทำงาน : วงจรขับไอจีบีทีตามรูปที่ 3-10 จะทำงานโดยรับสัญญาณเป็นคู่โดยแต่ละคู่จะต้องอยู่ในช่วงเดียวกันคือช่วงบวกหรือช่วงลบของสัญญาณไซน์เนื่องจากการแยกกราวด์ไปในตัวขณะทำการเพิ่มสัญญาณโดยมีหลักการง่าย ๆ ดังนี้

1. วงจรจะรับสัญญาณพัลส์ที่ G11 และ G12 ไปยัง 6N137 ของแต่ละตัว
2. Opto Couple จะแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสงเพื่อแยกวงจรกำลังกับ วงจรควบคุมออกจากกัน
3. จากนั้นจะส่งสัญญาณไปยัง IR 2110 เพื่อทำการขยายสัญญาณให้สูงขึ้นเป็น 15 โวลต์ เพื่อใช้ในการขับไอจีบีที



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

1. ออสซิลอสโคป ดิจิตอล รุ่น DL1520 YOKOGAWA	1	เครื่อง
2. มัลติมิเตอร์ YG – 360TRD YUGO	1	เครื่อง
3. INCIRCUIT PROGRAM DEVELOPMENT BOARD PIC 18F458	1	ชุด
4. Voltage Regulator Input 220 V/ 50 - 60 Hz, Output 0-250 V	1	เครื่อง
5. Differential Probe	1	เส้น
6. สายโพรบ 150 MHz 10 M Ω x 10 Model 700998 YOKOGAWA	2	เส้น
7. โฟโต้บอร์ด	1	ชุด

4.2 ขั้นตอนการทดลองและวิธีการใช้งาน

4.2.1 ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรแปลงสัญญาณแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง
2. ต่อวงจรวงจรตรวจจับตำแหน่งผ่านศูนย์
3. ต่อวงจรชุดไมโครคอนโทรลเลอร์
4. ต่อวงจรรวมสัญญาณลอจิกระหว่างวงจรตรวจจับตำแหน่งผ่านศูนย์กับไมโครคอนโทรลเลอร์
5. ต่อวงจรชุดขับสัญญาณ
6. ต่อวงจรวงจรเอชซีเอสโอเปอร์
7. ประกอบอุปกรณ์ตั้งแต่ขั้นตอนที่ 1 ถึงขั้นตอนที่ 6 เข้าด้วยกัน
8. ทำการป้อนข้อมูลเพื่อสร้างสัญญาณแรงดันตก
9. ทำการสังเกตการเกิดแรงดันตกพร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง

4.2.2 วิธีการใช้งาน

1. เปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breaker) หมายเลข 1 เพื่อต่อวงจรควบคุม (หลอดไฟสีเขียวจะสว่างขึ้น)
2. ตั้งค่าสถานะการทำงานที่ 100 % โดยกดปุ่ม CLEAR
3. เปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ หมายเลข 2 เพื่อจ่ายไฟให้กับวงจรเอชซีเอสโอเปอร์
4. ป้อนเงื่อนไขการทำงาน โดยการกดแป้นกดแต่ละครั้งจะมีหลอดไฟสีแดงแสดงเป็นสัญลักษณ์รหัสเลขดิจิตอล การป้อนต้องป้อนเป็นเงื่อนไขโดย
 - เป็นการป้อนขนาดของแรงดันที่จะทำให้เกิดการตกตั้งแต่ 0 – 220 โวลต์
 - เป็นการป้อนขนาดของมุมเริ่มทำงานตั้งแต่ 0° – 359°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

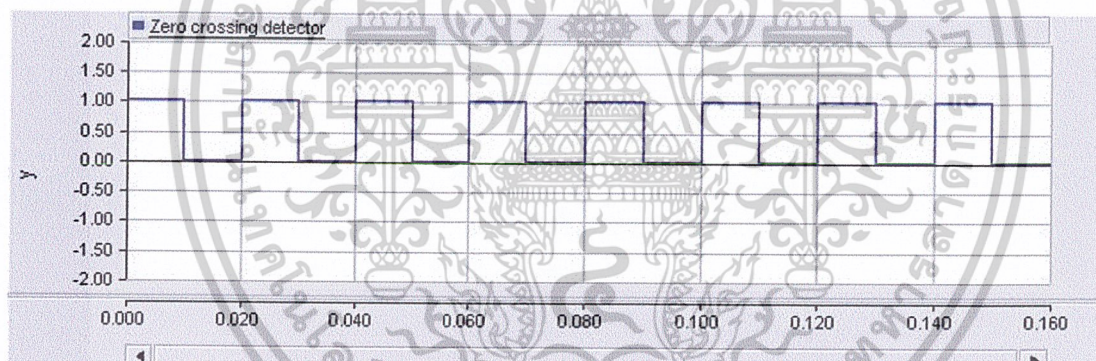
- เป็นการป้อนจำนวนไซเคิลหรือความยาวนานตั้งแต่ 1 – 150 ไซเคิล
- ในแต่ละเงื่อนไขเมื่อป้อนสมบูรณ์แล้วให้กดปุ่ม OK ทางด้านขวาของแป้นกด เพื่อที่จะป้อนเงื่อนไขต่อไปได้และเมื่อป้อนเงื่อนไขการทำงานเสร็จทั้ง 3 เงื่อนไขจะมีหลอดไฟสีเขียวสว่างขึ้นเพื่อแสดงความพร้อมของสัญญาณในการเกิดแรงดันตก
- 5.เริ่มการทำงาน โดยกดปุ่มสีเขียว (Switch Sag) จำนวนครั้งตามความต้องการ
- 6.หากต้องการเปลี่ยนเงื่อนไขการทำงานทำได้โดยกดปุ่มสีแดง (Switch Clear) จากนั้นการทำงานจะกลับไปเริ่มในขั้นตอนที่ 4.
- 7.เมื่อเสร็จสิ้นทุกขบวนการแล้วให้ปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ทั้งสองตัว (ตัวใดก่อนก็ได้)

หมายเหตุ ;

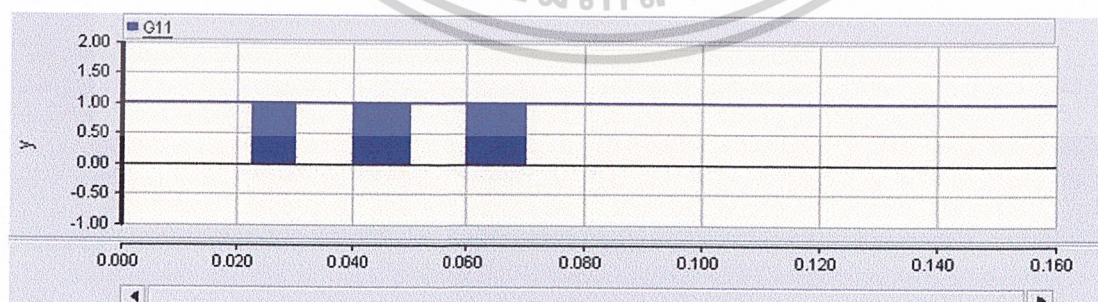
1. ควรอ่านวิธีการใช้ให้ละเอียดก่อนลงมือปฏิบัติทุกครั้ง
2. ถ้าเปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์หมายเลข 2 ก่อนหมายเลข 1 หลอดไฟสีแดงจะติดและมีเสียงออกดังขึ้นมาให้รีบปิดเซอร์กิตเบรกเกอร์ หมายเลข 2 และปฏิบัติตามวิธีการใช้งานของเครื่อง
3. ในการป้อนข้อมูลแต่ละครั้งจะมีสัญญาณเป็นรหัสติดจอโชว์การป้อนข้อมูล

4.3 การจำลองการทำงานของวงจรจากคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม PSCAD

ที่แรงดันตกเหลือ 150 โวลต์ มุม 45° ความยาวนาน 3 ไซเคิล

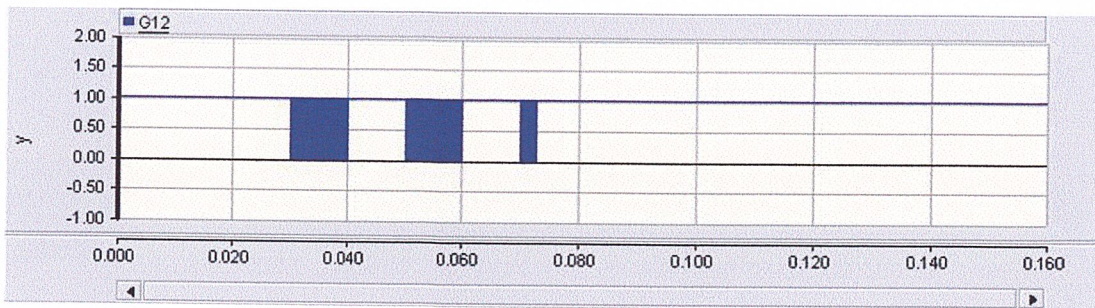


รูปที่ 4-1 รูปสัญญาณวงจรตรวจจับตำแหน่งผ่านศูนย์

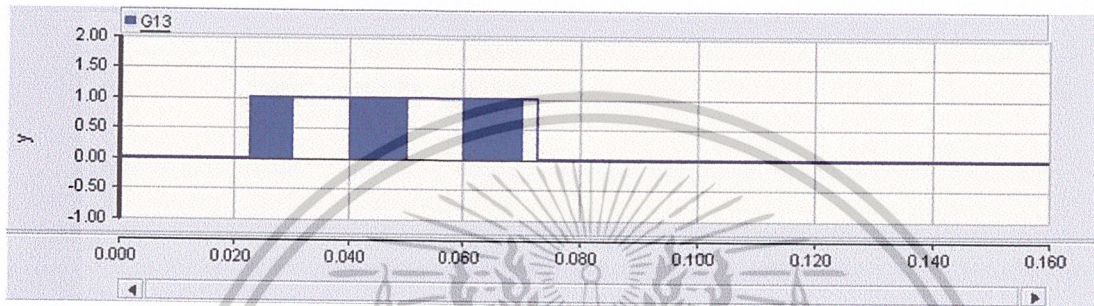


รูปที่ 4-2 รูปสัญญาณขับของไอจีบีที ตัวที่ 1

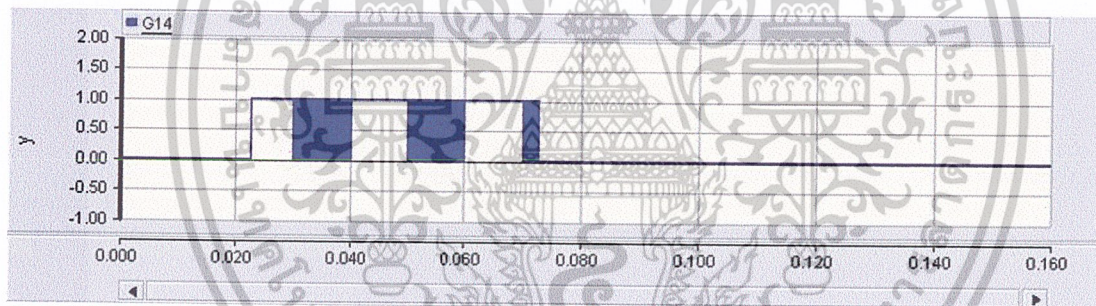
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



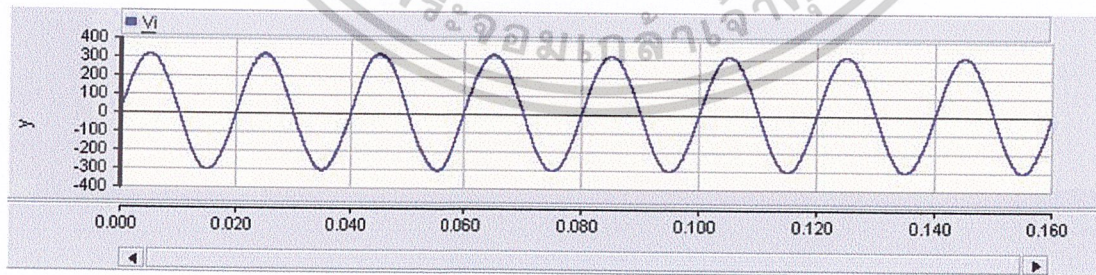
รูปที่ 4-3 รูปสัญญาณขับของไอจีบีที ตัวที่ 2



รูปที่ 4-4 รูปสัญญาณขับของไอจีบีที ตัวที่ 3

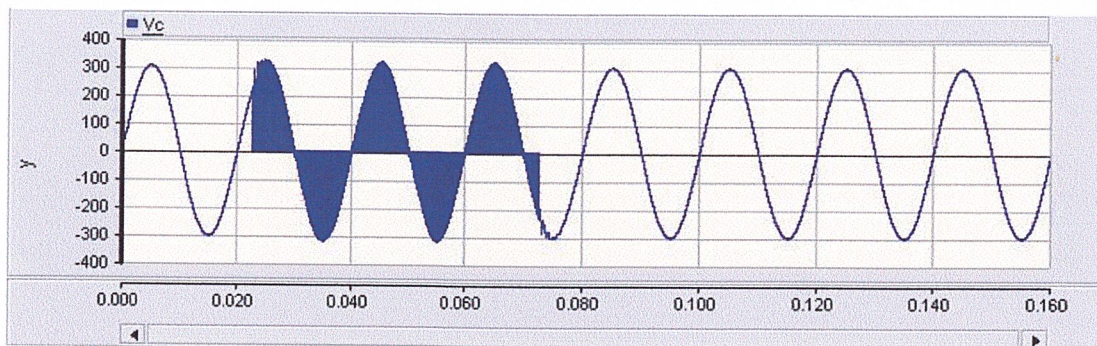


รูปที่ 4.5 รูปสัญญาณขับของไอจีบีที ตัวที่ 4

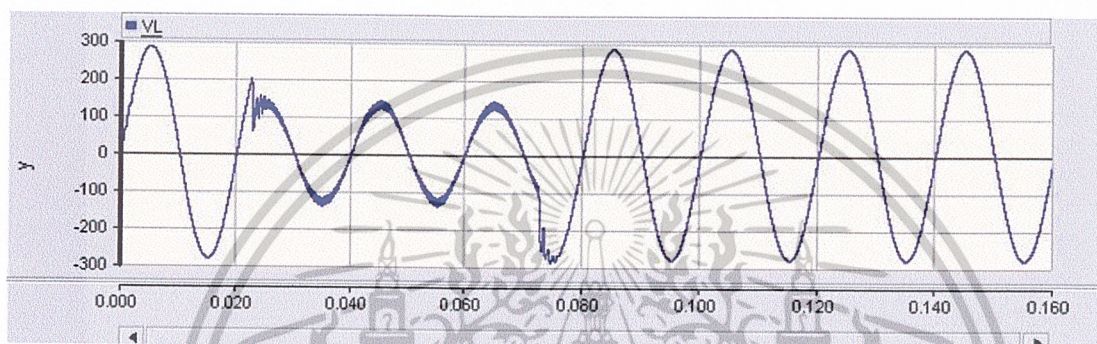


รูปที่ 4-6 รูปสัญญาณแรงดันทางด้านอินพุทขณะเกิดแรงดันตก

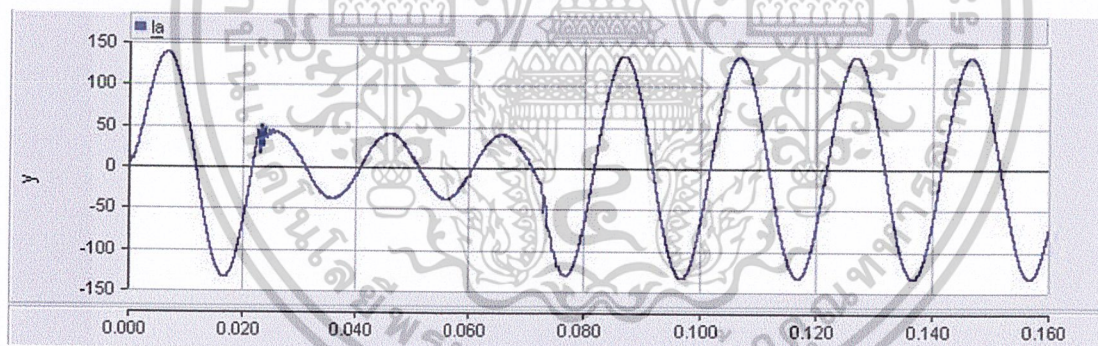
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



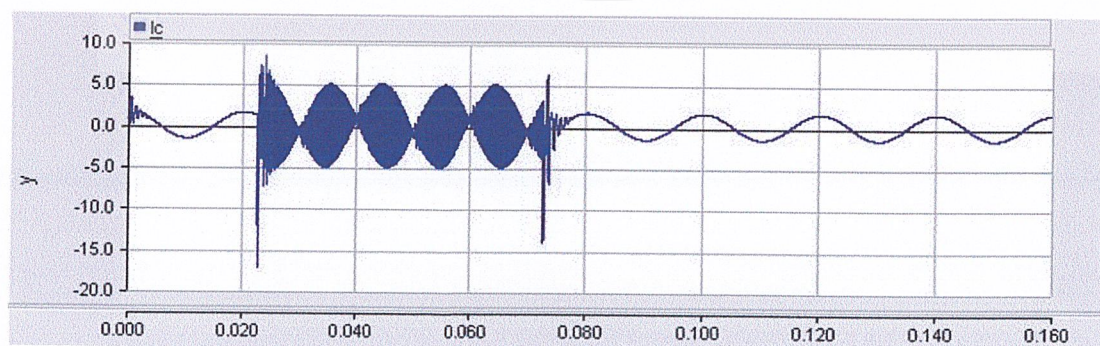
รูปที่ 4-7 รูปสัญญาณแรงดันของสวิทซ์ซึ่งขณะเกิดแรงดันตก



รูปที่ 4-8 รูปสัญญาณแรงดันทางด้านเอาต์พุทขณะเกิดแรงดันตก

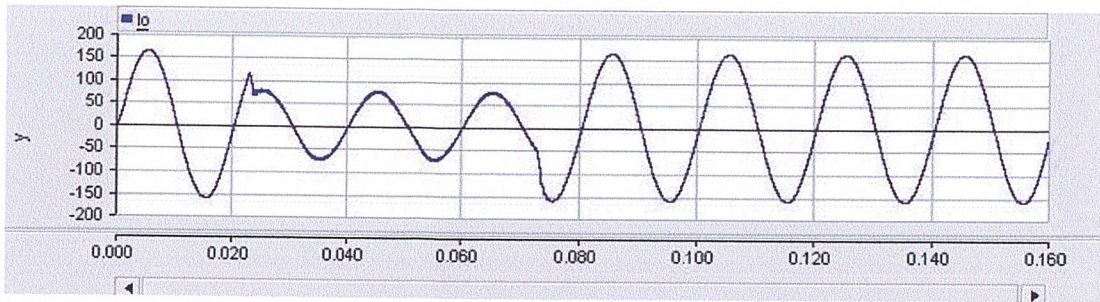


รูปที่ 4-9 รูปสัญญาณกระแสทางด้านอินพุทขณะเกิดแรงดันตก



รูปที่ 4-10 รูปสัญญาณกระแสของสวิทซ์ซึ่งขณะเกิดแรงดันตก

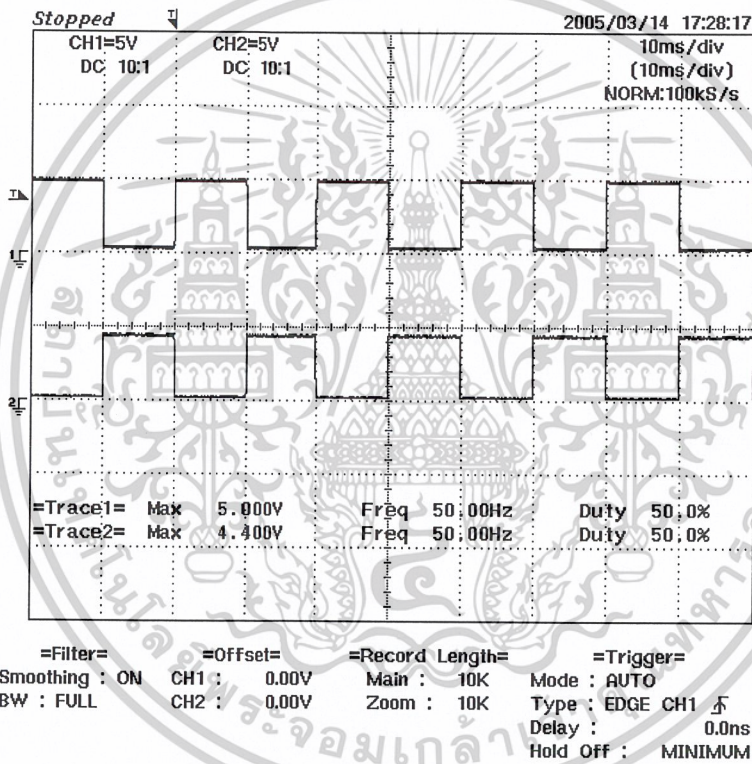
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-11 รูปสัญญาณกระแสทางด้านเอาต์พุตขณะเกิดแรงดันตก

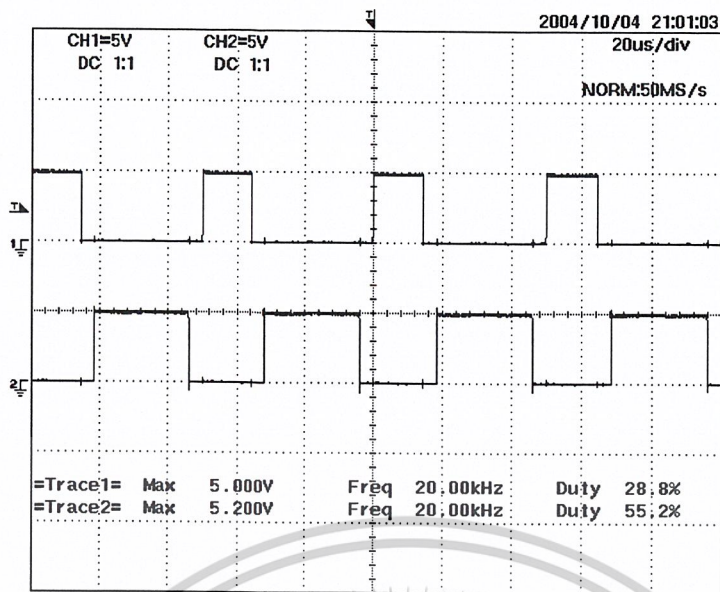
4.4 ผลจากการทดลองจริง

4.4.1 สัญญาณควบคุมในส่วนต่างๆ



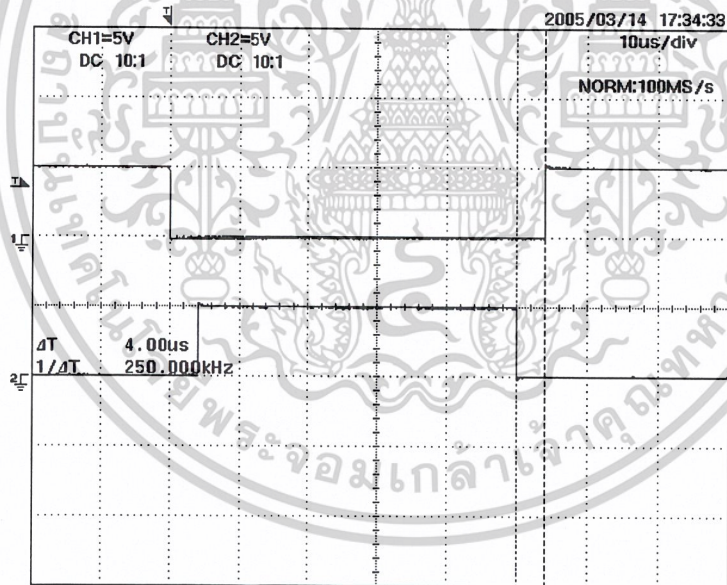
รูปที่ 4-12 สัญญาณที่วัดได้จากวงจรตรวจจับตำแหน่งผ่านศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



=Filter= Smoothing : ON BW : FULL
 =Offset= CH1 : 0.00V CH2 : 0.00V
 =Record Length= Main : 10K Zoom : 10K
 =Trigger= Mode : AUTO Type : EDGE CH1 Delay : 0.0ns Hold Off : MINIMUM

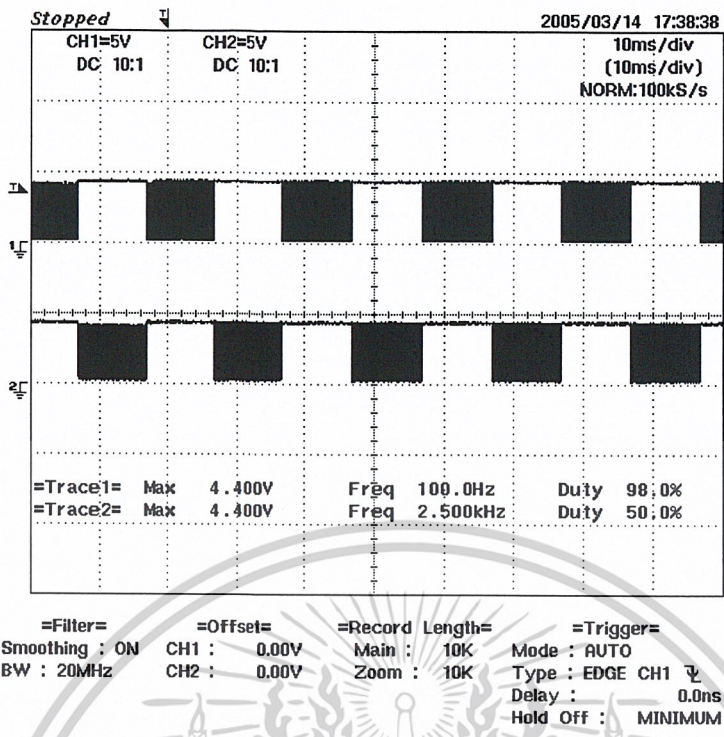
รูปที่ 4-13 สัญญาณที่ดับเบิ้ลเอ็มที่วัดได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์



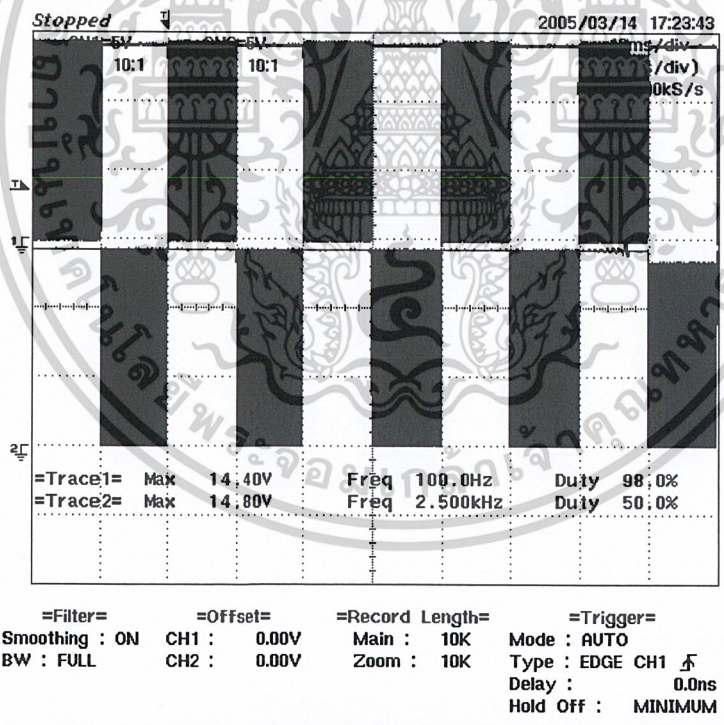
=Filter= Smoothing : ON BW : 20MHz
 =Offset= CH1 : 0.00V CH2 : 0.00V
 =Record Length= Main : 10K Zoom : 10K
 =Trigger= Mode : AUTO Type : EDGE CH1 Delay : 0.0ns Hold Off : MINIMUM

รูปที่ 4-14 สัญญาณเคดใหม่ของที่ดับเบิ้ลเอ็มที่วัดได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-15 สัญญาณที่วัดได้จากวงจรรวมสัญญาณทางลอจิก

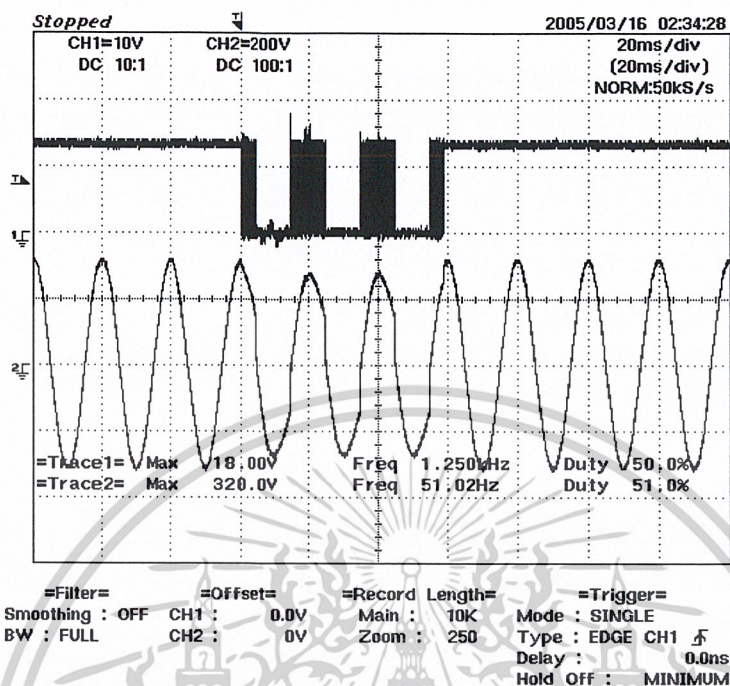


รูปที่ 4-16 สัญญาณที่วัดได้จากวงจรขับไอจีบีที

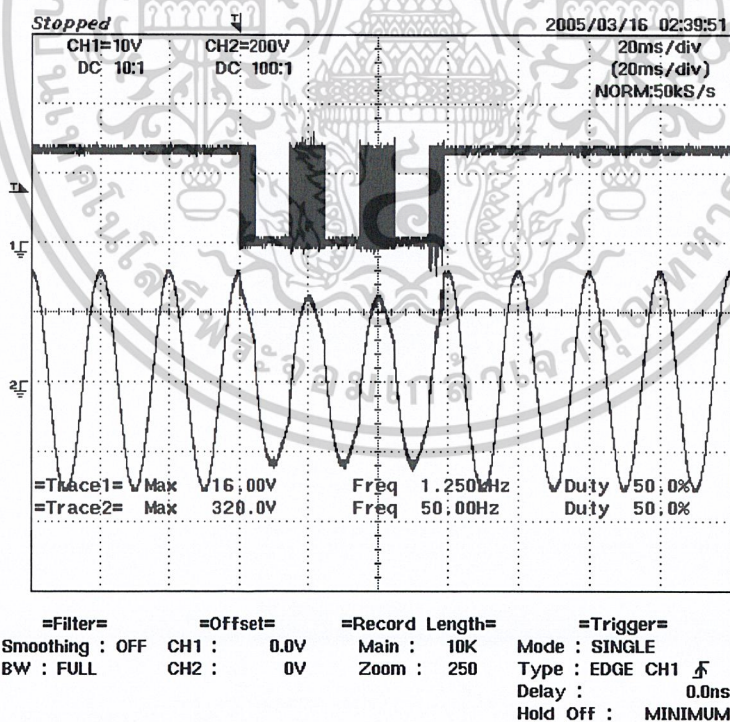
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 การสร้างแรงดันไฟฟ้าตกในลักษณะเงื่อนไขต่าง ๆ

เงื่อนไขที่ 1 ให้มุมคงที่ที่ 90 องศา และ ระยะเวลาคงที่เท่ากับ 3 ไซเคิล

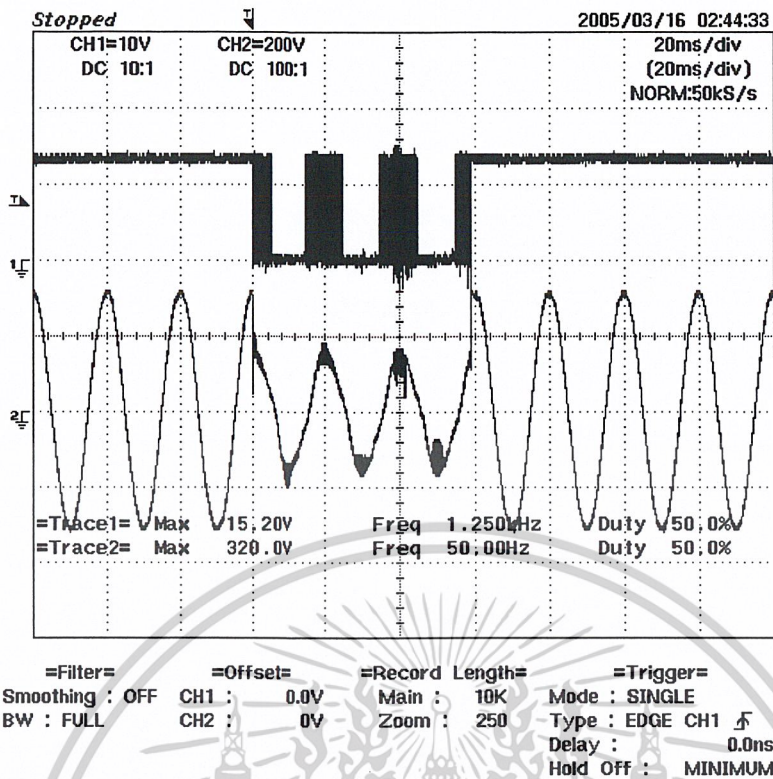


รูปที่ 4-17 รูปสัญญาณแรงดันเอาท์พุทขณะเกิดแรงดันตกเหลือ 190 โวลต์ (86%)

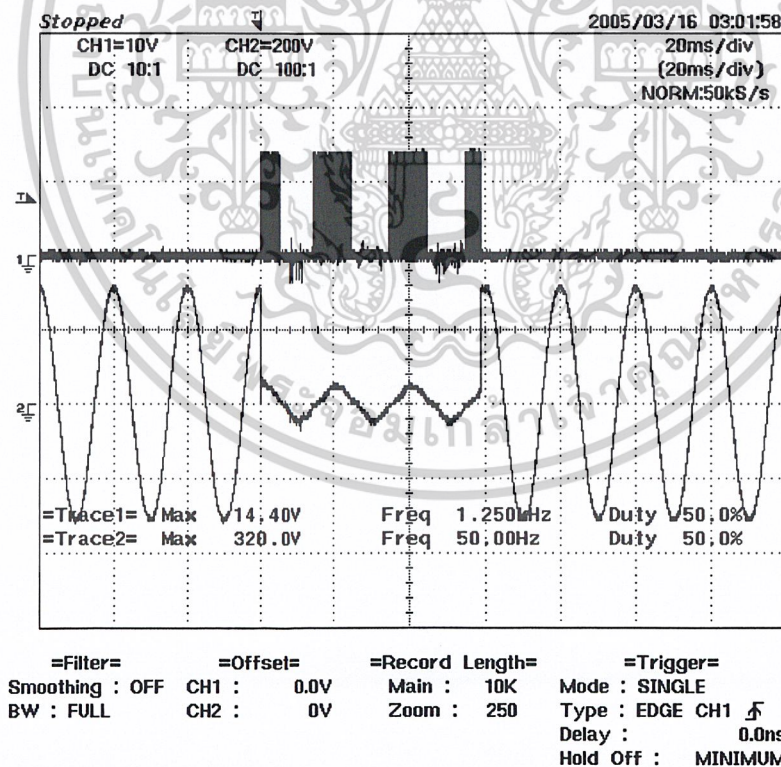


รูปที่ 4-18 รูปสัญญาณแรงดันเอาท์พุทขณะเกิดแรงดันตกเหลือ 165 โวลต์ (75%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

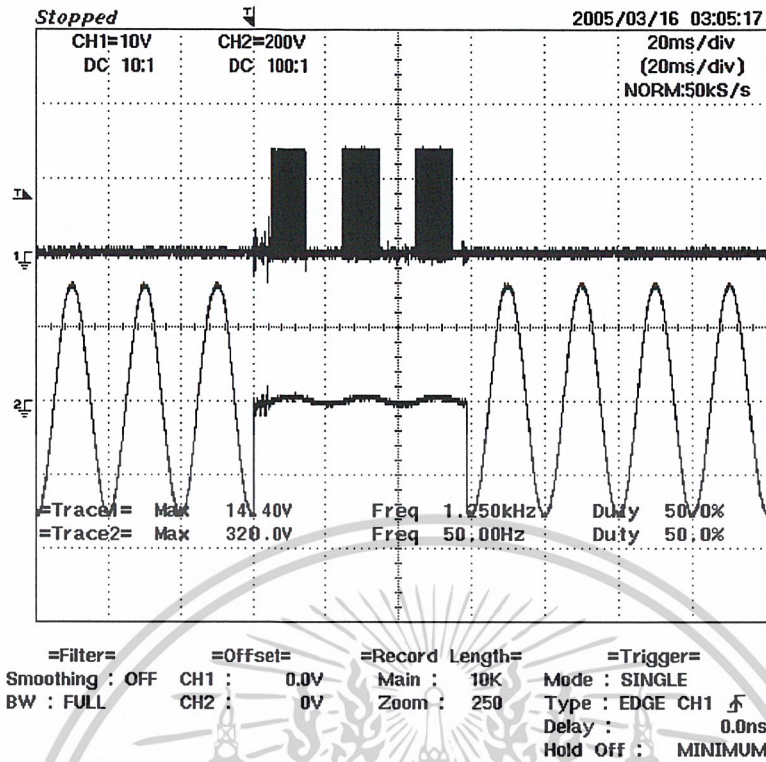


รูปที่ 4-19 รูปสัญญาณแรงดันเอาต์พุตขณะเกิดแรงดันตกเหลือ 110 โวลต์ (50%)

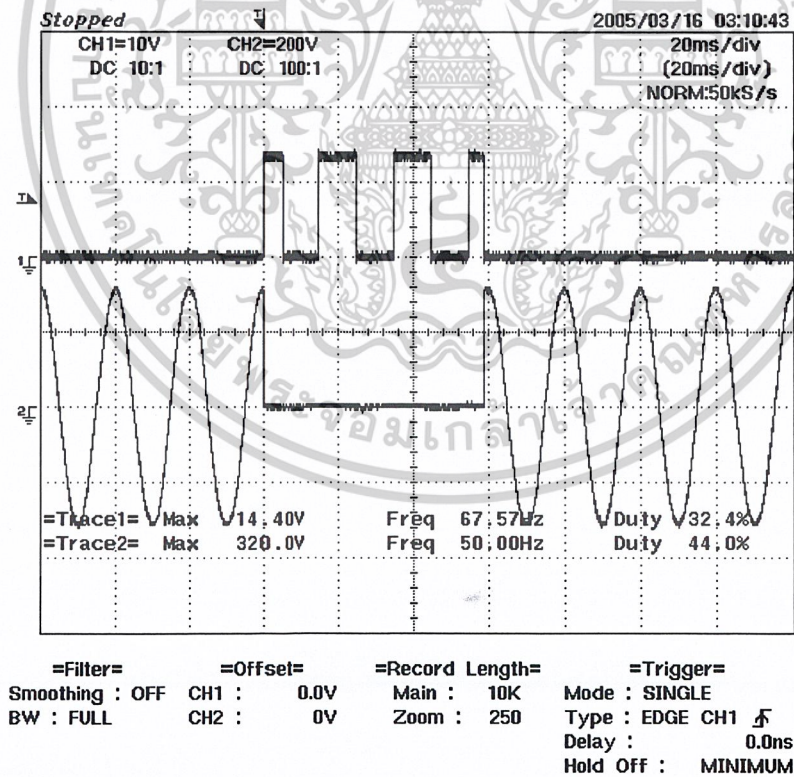


รูปที่ 4-20 รูปสัญญาณแรงดันเอาต์พุตขณะเกิดแรงดันตกเหลือ 44 โวลต์ (20%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



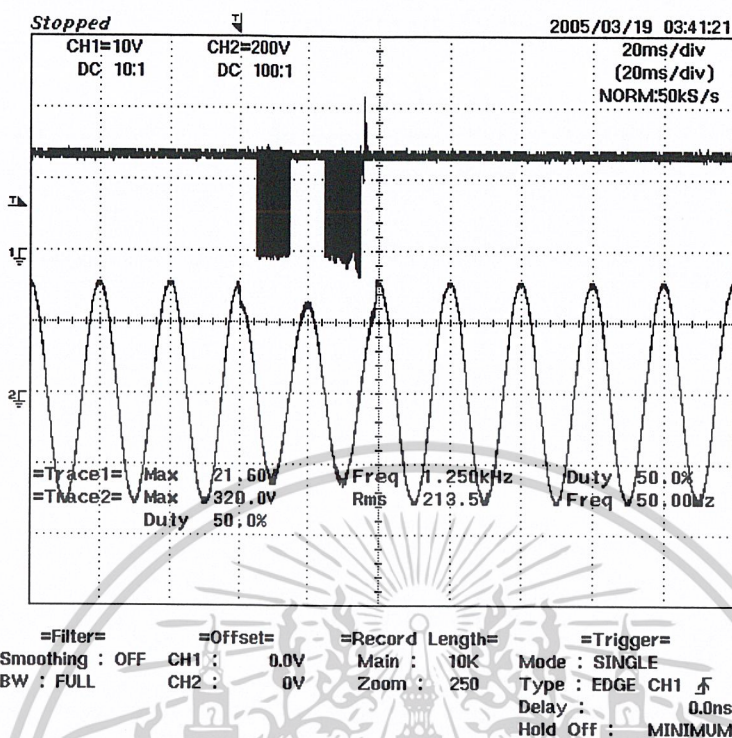
รูปที่ 4-21 รูปสัญญาณแรงดันเอาต์พุตขณะเกิดแรงดันตกเหลือ 22 โวลต์ (10%)



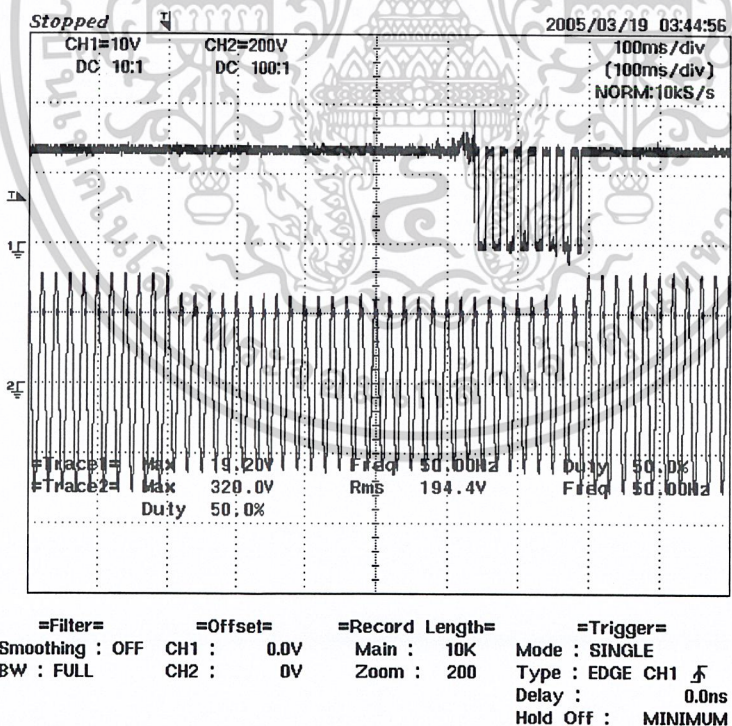
รูปที่ 4-22 รูปสัญญาณแรงดันเอาต์พุตขณะเกิดแรงดันตกเหลือ 0 โวลต์ (0%)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เงื่อนไขที่ 2 ให้เกิดแรงดันตกคงที่ที่เหลือ 176 โวลต์ (80%) และ มุมคงที่เท่ากับ 90 องศา

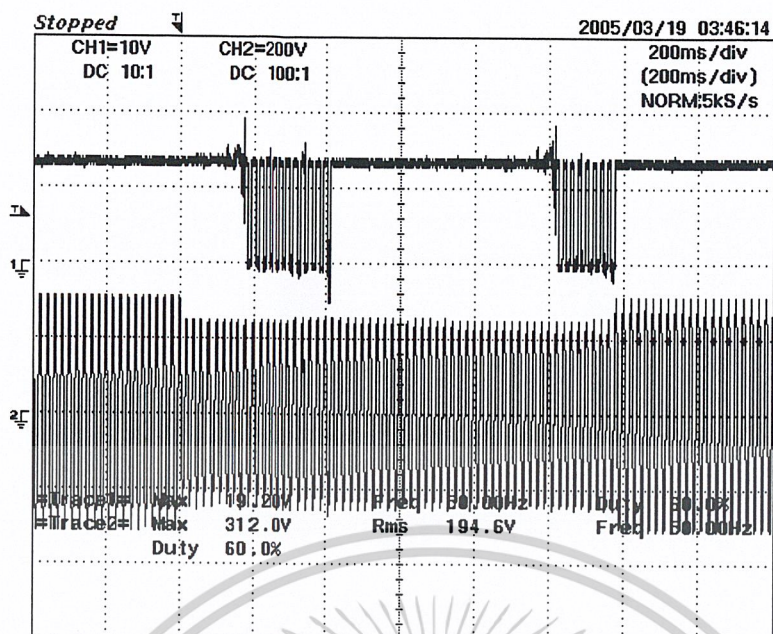


รูปที่ 4-23 รูปสัญญาณแรงดันเอาต์พุตขณะเกิดแรงดันตกที่ระยะเวลา 2 ไซเคิล



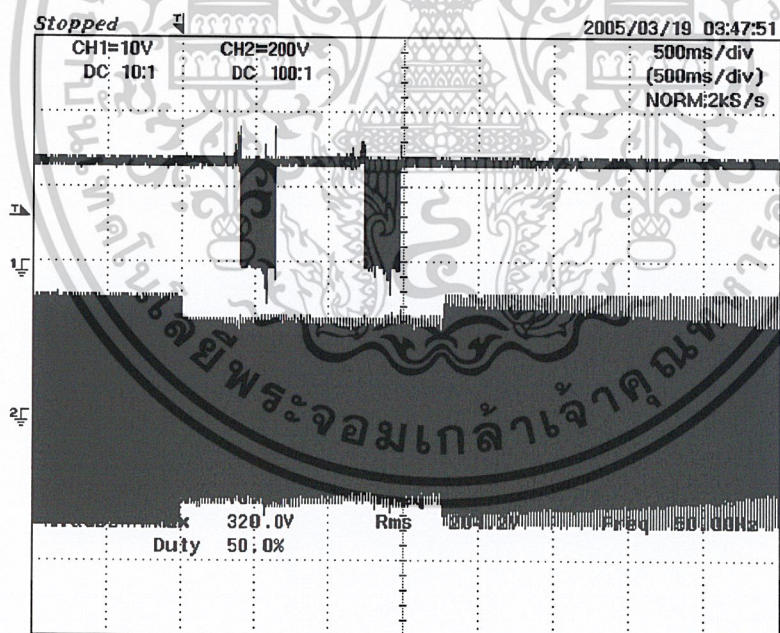
รูปที่ 4-24 รูปสัญญาณแรงดันเอาต์พุตขณะเกิดแรงดันตกที่ระยะเวลา 30 ไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



=Filter= =Offset= =Record Length= =Trigger=
 Smoothing : OFF CH1 : 0.0V Main : 10K Mode : SINGLE
 BW : FULL CH2 : 0V Zoom : 250 Type : EDGE CH1 \uparrow
 Delay : 0.0ns
 Hold Off : MINIMUM

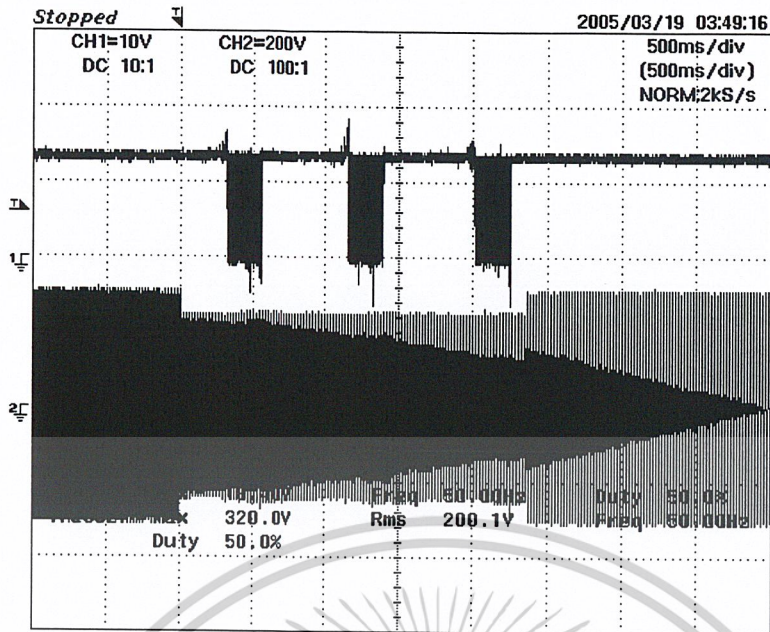
รูปที่ 4-25 รูปสัญญาณแรงดันเอาต์พุตขณะเกิดแรงดันตกที่ระยะเวลา 60 ไมโครวินาที



=Filter= =Offset= =Record Length= =Trigger=
 Smoothing : OFF CH1 : 0.0V Main : 10K Mode : SINGLE
 BW : FULL CH2 : 0V Zoom : 200 Type : EDGE CH1 \uparrow
 Delay : 0.0ns
 Hold Off : MINIMUM

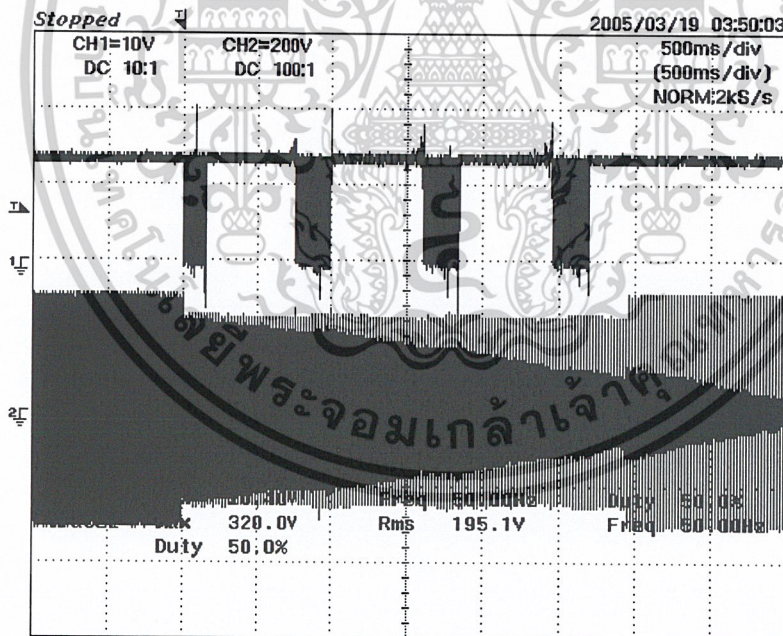
รูปที่ 4-26 รูปสัญญาณแรงดันเอาต์พุตขณะเกิดแรงดันตกที่ระยะเวลา 90 ไมโครวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



=Filter= Smoothing : OFF BW : FULL
 =Offset= CH1 : 0.0V CH2 : 0V
 =Record Length= Main : 10K Zoom : 200
 =Trigger= Mode : SINGLE Type : EDGE CH1 Delay : 0.0ns Hold Off : MINIMUM

รูปที่ 4-27 รูปสัญญาณแรงดันเอาต์พุตขณะเกิดแรงดันตกที่ระยะเวลา 120 ไมโครวินาที

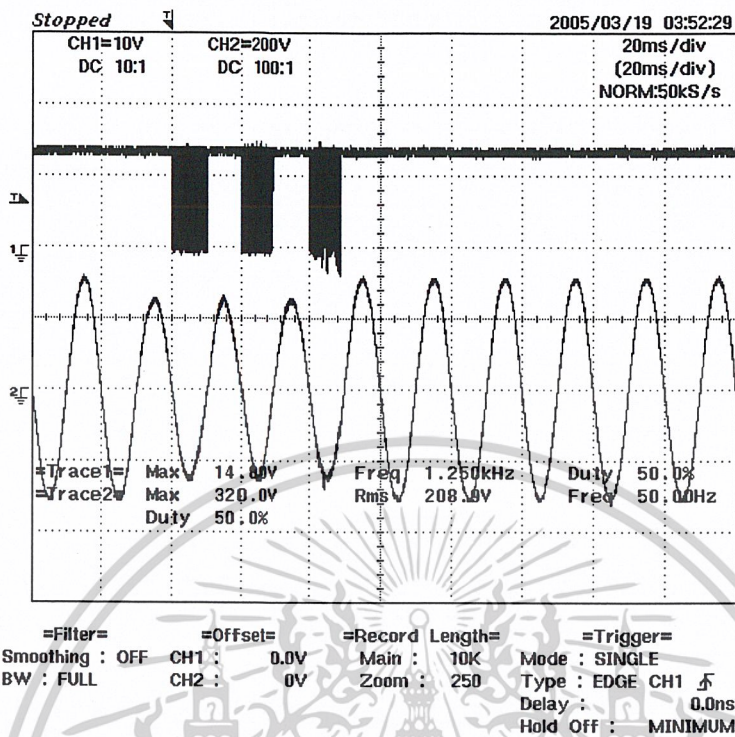


=Filter= Smoothing : OFF BW : FULL
 =Offset= CH1 : 0.0V CH2 : 0V
 =Record Length= Main : 10K Zoom : 200
 =Trigger= Mode : SINGLE Type : EDGE CH1 Delay : 0.0ns Hold Off : MINIMUM

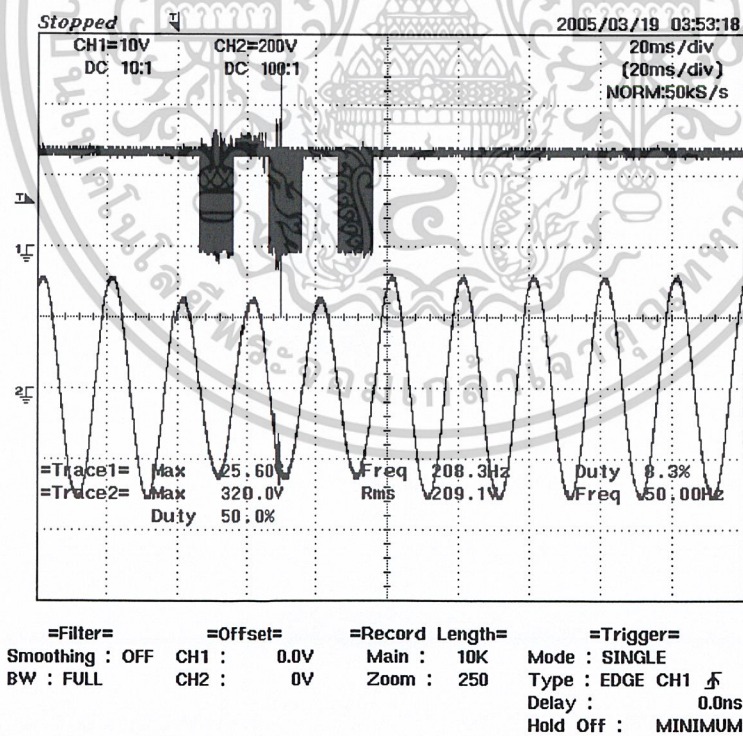
รูปที่ 4-28 รูปสัญญาณแรงดันเอาต์พุตขณะเกิดแรงดันตกที่ระยะเวลา 150 ไมโครวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เงื่อนไขที่ 3 ให้เกิดแรงดันตกคงที่ที่เหลือ 176 โวลต์ (80%) และ ระยะเวลาคงที่เท่ากับ 3 ไมโครวินาที

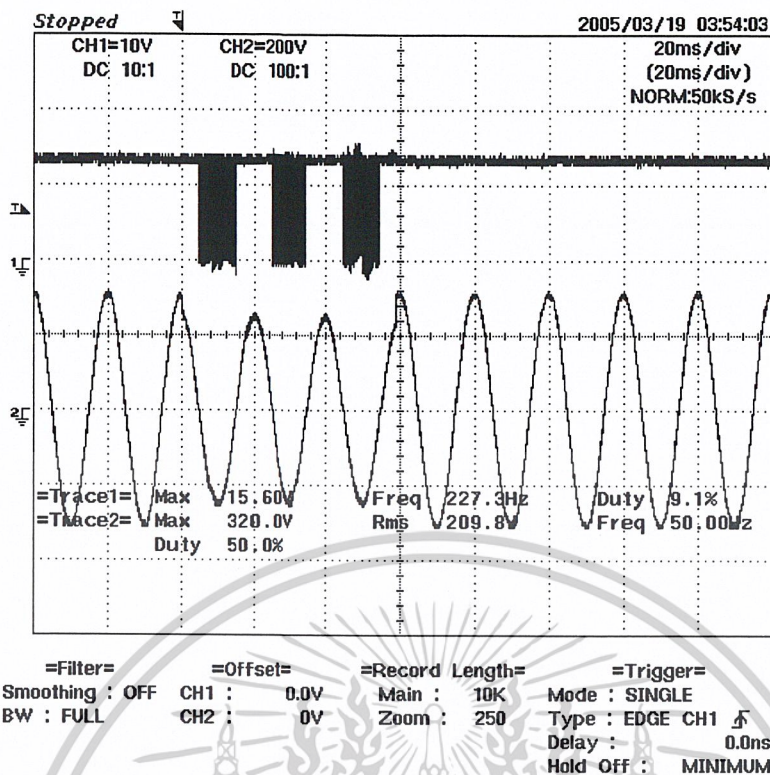


รูปที่ 4-29 รูปสัญญาณแรงดันเอาต์พุตขณะเกิดแรงดันตกที่มุม 0 องศา

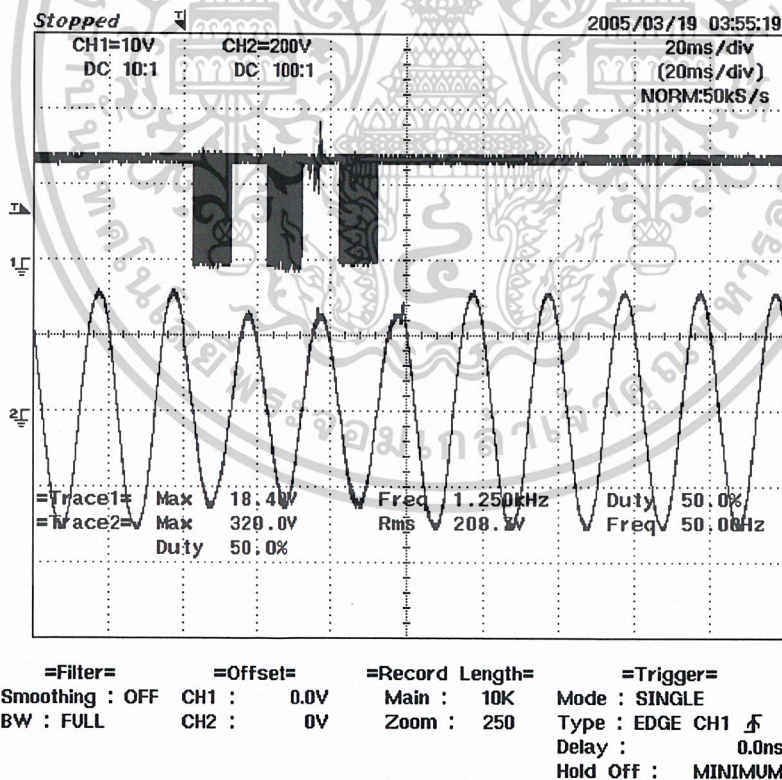


รูปที่ 4-30 รูปสัญญาณแรงดันเอาต์พุตขณะเกิดแรงดันตกที่มุม 45 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

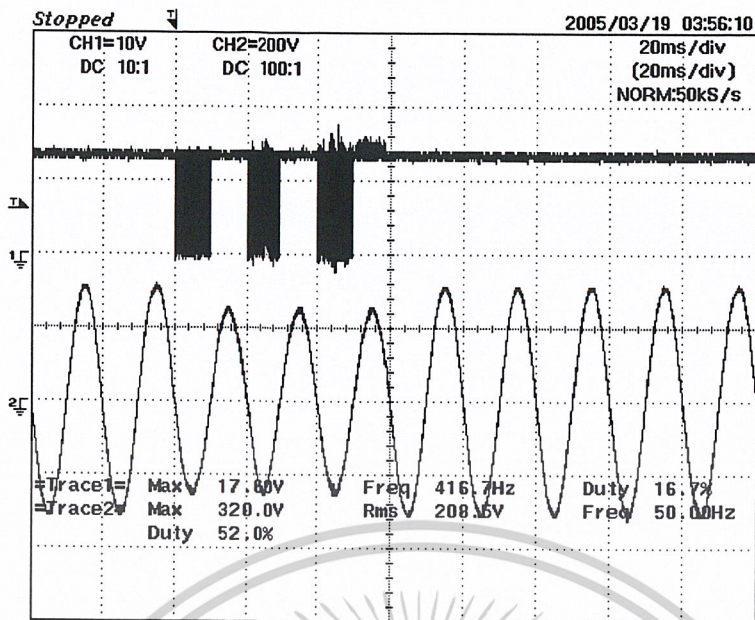


รูปที่ 4-31 รูปสัญญาณแรงดันเอาต์พุตขณะเกิดแรงดันตกที่มุม 90 องศา



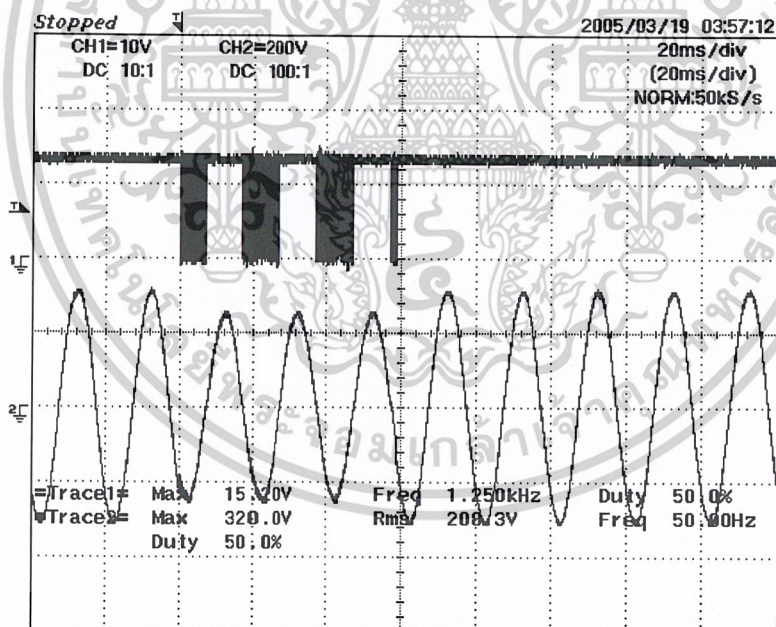
รูปที่ 4-32 รูปสัญญาณแรงดันเอาต์พุตขณะเกิดแรงดันตกที่มุม 135 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



=Filter= =Offset= =Record Length= =Trigger=
 Smoothing : OFF CH1 : 0.0V Main : 10K Mode : SINGLE
 BW : FULL CH2 : 0V Zoom : 250 Type : EDGE CH1 \uparrow
 Delay : 0.0ns
 Hold Off : MINIMUM

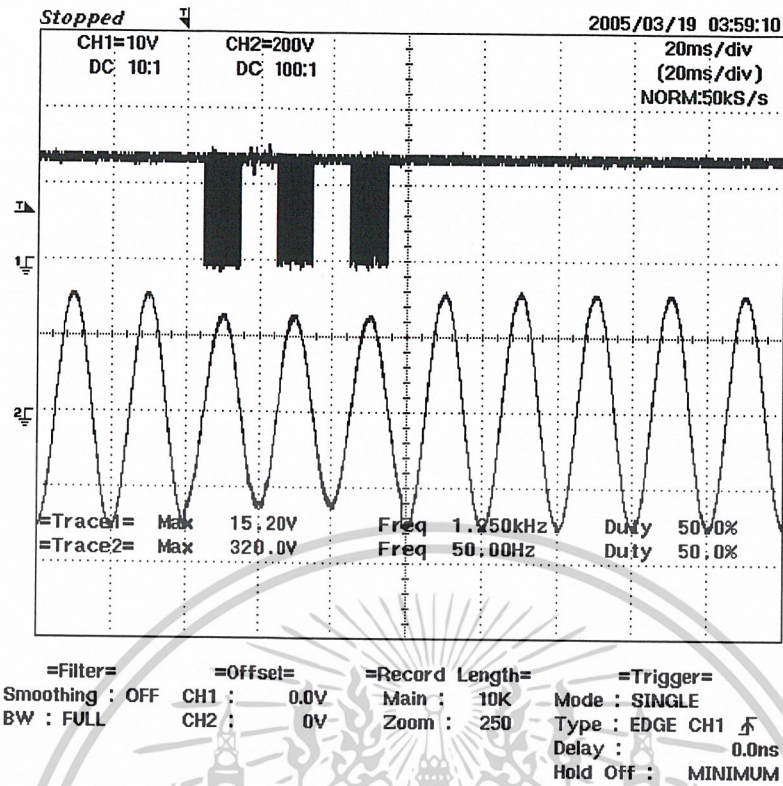
รูปที่ 4-33 รูปสัญญาณแรงดันเอาท์พุทขณะเกิดแรงดันตกที่มุม 180 องศา



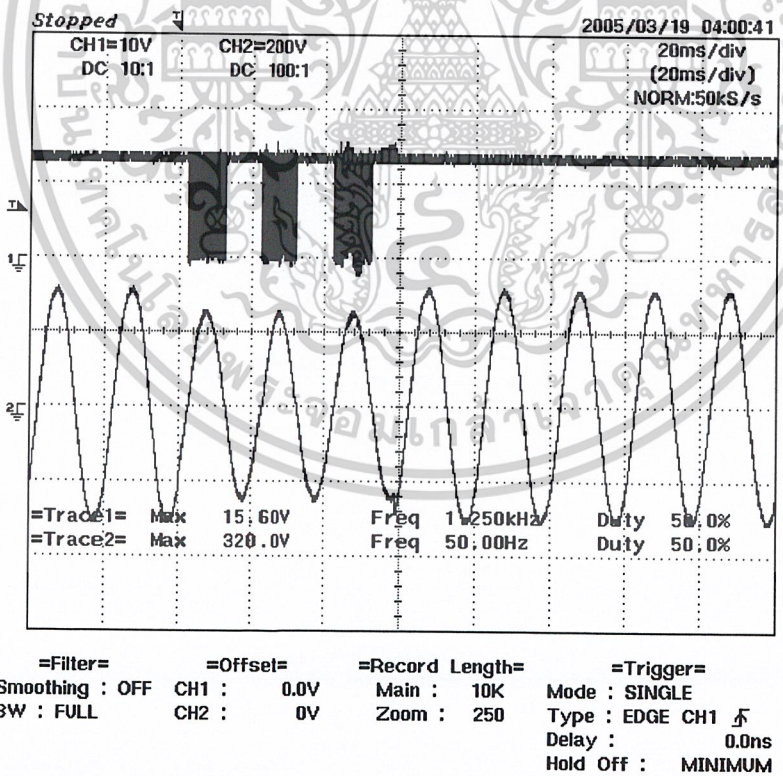
=Filter= =Offset= =Record Length= =Trigger=
 Smoothing : OFF CH1 : 0.0V Main : 10K Mode : SINGLE
 BW : FULL CH2 : 0V Zoom : 250 Type : EDGE CH1 \uparrow
 Delay : 0.0ns
 Hold Off : MINIMUM

รูปที่ 4-34 รูปสัญญาณแรงดันเอาท์พุทขณะเกิดแรงดันตกที่มุม 225 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-35 รูปสัญญาณแรงดันเอาต์พุตขณะเกิดแรงดันตกที่มุม 270 องศา



รูปที่ 4-36 รูปสัญญาณแรงดันเอาต์พุตขณะเกิดแรงดันตกที่มุม 315 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปโครงการและวิจารณ์ผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลองและวิจารณ์

จากผลการทดลองโครงการเครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะชนิดหนึ่งเฟสแบบไม่ใช้หม้อแปลง สามารถยืนยันแนวความคิด ในการใช้หลักการของวงจรเอชซีชอปเปอร์ร่วมกับการควบคุมการทำงานด้วยระบบไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถสร้างแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะได้จริง ตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ ดังนี้

- สามารถปรับขนาดในการเกิดแรงดันตกได้ตั้งแต่ 0 – 220 โวลต์
- สามารถปรับมุมเริ่มต้นในการเกิดแรงดันตกได้ตั้งแต่ 0° – 359°
- สามารถปรับความยาวนานของการเกิดแรงดันตกได้เป็นตั้งแต่ 0.5 – 3 วินาที

จากผลการทดลองยังพบว่าโครงการนี้ยังมีขีดจำกัดในการทำงานอยู่บ้าง เช่น ขณะทำงานมักจะเกิดสัญญาณรบกวนไมโครคอนโทรลเลอร์ ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เกิดการผิดพลาดในการทำงานและสัญญาณไซน์ที่ได้จากการตัดของสัญญาณอินพุตมักจะไม่ค่อยสวยเท่าไรนัก ซึ่งกระบวนการดังกล่าวนี้สามารถที่จะพัฒนาต่อไปให้มีประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงาน

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

5.2.1 ปัญหาการเกิดสัญญาณรบกวนภายในวงจร ก่อให้เกิดความผิดพลาดของสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมการทำงาน ส่งผลให้อุปกรณ์สวิตซ์ทำงานผิดพลาด
แนวทางแก้ไข

5.2.1.1 แยกไฟเลี้ยงระหว่างอุปกรณ์อนาล็อก (Analog) กับอุปกรณ์ดิจิทัล (Digital)

5.2.1.2 ต่อตัวเก็บประจุเซรามิกขนาด 0.1 ไมโครฟารัด ไว้ที่ขาไฟเลี้ยง (Vcc) ของไอซีทุกตัว

5.2.2 ปัญหาเรื่องเฟสของแรงดัน ต้องตรวจสอบสัญญาณซิงเกิลกับแรงดันที่จ่ายให้กับไอจีบีทีมีเฟสการทำงานที่ตรงกัน เพราะหากเฟสของแรงดันไม่ตรงกันแล้ววงจรจะไม่สามารถทำงานได้ อาจส่งผลให้เกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์ภายในวงจร

แนวทางแก้ไข

5.2.2.1 ต้องใช้มัลติมิเตอร์ตรวจจับสัญญาณให้พร้อมก่อนการทดลองจริงทุกครั้งอย่างสม่ำเสมอ

5.2.3 ปัญหาจากการป้อนแรงดันให้แก่วงจรกำลัง โดยไม่มีการป้อนสัญญาณซิงเกิลให้แก่ไอจีบีที จะทำให้ไอจีบีทีอาจเกิดการเสียหายทันทีได้

แนวทางแก้ไข

5.2.3.1 ต้องเปิดสวิตซ์ตัวที่ 1 ตามวิธีการใช้งานของเครื่องเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางการพัฒนา

ในการทำเครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะชนิดหนึ่งเฟสแบบไม่ใช่หม้อในอนาคตก็น่าจะมีการพัฒนาได้ดังต่อไปนี้

5.3.1 การประยุกต์จากการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ มาเป็นการใช้ตัวประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (DSP) เพื่อสามารถควบคุมคุณภาพของรูปคลื่นไซน์เอาต์พุตให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

5.3.2 พัฒนาจากเครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะชนิดหนึ่งเฟสแบบไม่ใช่หม้อ มาเป็นเครื่องกำเนิดแรงดันไฟฟ้าตกชั่วขณะชนิดสามเฟสแบบไม่ใช่หม้อได้

5.3.2 พัฒนาให้สามารถรองรับการทำงานและโหลดได้ทุกสภาวะการทำงานหรือการทดสอบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] นายวัชรินทร์ เคารพ. “คู่มือการทดลอง PIC 16F877 และ PIC 18F458” พิมพ์ครั้งที่ 1 บริษัท ETT จำกัด, กทม. 3 มกราคม 2546
- [2] รศ.ดร.โคทม อารียา. “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 1” บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, กทม. มปป
- [3] รศ.ดร.โคทม อารียา. “อิเล็กทรอนิกส์กำลัง 2” บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, กทม. มปป
- [4] “คุณภาพไฟฟ้า” www.9Engineer.com
- [5] B.H.kwon, B.D.Min, J.H.kim IEE Proc – Electr Power Appl. “Novel topologies of AC Choppers” Vol143. No4, July 2002
- [6] N.Mohan, T.M. Underland, W.P.Robbins. “Power Electronic: Converters, Application and Design” John Wiley & Sons, New York. 1989



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำสั่งที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล PIC 18F458

ADDLW – Add Literal and W

คำอธิบาย — คำสั่งนี้เป็นการบวกค่าคงที่ กับข้อมูลที่อยู่ในรีจิสเตอร์ W ผลลัพธ์จากการกระทำคำสั่งจะถูกเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ W

ADDWF – Add W and F

คำอธิบาย — คำสั่งนี้จะเป็นการบวกค่าข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์ W กับรีจิสเตอร์ File ผลลัพธ์ที่ได้สามารถกำหนดตำแหน่งการเก็บข้อมูลได้โดยกำหนดข้อมูลใน d ถ้าเป็น 1 ผลลัพธ์จะถูกเก็บในรีจิสเตอร์ File และหากเป็น 0 ผลลัพธ์จะถูกเก็บที่รีจิสเตอร์ W

ANDLW – AND Literal with W

คำอธิบาย — เป็นคำสั่งที่นำค่าคงที่ (k) มาทำการ AND กับรีจิสเตอร์ W ซึ่งค่าที่ได้จะถูกเก็บลงในรีจิสเตอร์ W

BCF – Bit Clear f

คำอธิบาย — เป็นคำสั่งเคลียร์บิตในรีจิสเตอร์ไฟล์ เมื่อทำคำสั่งนี้บิตที่กำหนดจะมีค่าเป็น “0”

BSF – Bit Set f

คำอธิบาย — เป็นคำสั่งในการเซตบิตในรีจิสเตอร์ไฟล์ โดยเมื่อกระทำคำสั่งนี้บิตที่กำหนดจะมีค่าเป็น “1”

BTFSS – Bit Test f, Skip if Set

คำอธิบาย — เป็นคำสั่งในการตรวจสอบบิต โดยหากบิตที่ทำการทดสอบมีค่าเป็น “1” โปรแกรมจะกระโดดข้ามการทำงานไปหนึ่งคำสั่งแต่หากเป็น “0” โปรแกรมจะทำงานในคำสั่งต่อมา

BTFSC – Bit Test f, Skip if Clear

คำอธิบาย — เป็นคำสั่งในการตรวจสอบบิต โดยหากบิตที่ทำการทดสอบมีค่าเป็น “0” โปรแกรมจะกระโดดข้ามการทำงานไปหนึ่งคำสั่งแต่หากเป็น “1” โปรแกรมจะทำงานในคำสั่งต่อมา

CALL – Call Subroutine

คำอธิบาย — คำสั่งนี้เป็นการกระโดดไปทำงานในโปรแกรมย่อย โดยสามารถกระโดดได้อยู่ในช่วง 2Kwords (0 – 2047 ตำแหน่ง) การดำเนินการคือเมื่อกระทำคำสั่งนี้ CPU จะเก็บตำแหน่งที่อยู่ปัจจุบันของ PC ไว้ในหน่วยความจำสแต็ค จากนั้นจะถ่ายโอนค่าคงที่ k ไปยังรีจิสเตอร์ PC <10:0> และจะถ่ายโอนค่าใน PCLATH <4:3> ไปยัง PC <12:11> ซึ่งจะทำให้ตำแหน่งการทำงานของโปรแกรมเปลี่ยนไปตามค่าคงที่ดังกล่าว คำสั่งนี้จะใช้งานร่วมกับคำสั่ง Return เพื่อคืนค่าตำแหน่งแอดเดรสของโปรแกรมหลัก

CLRF – Clear f

คำอธิบาย — คำสั่งนี้เป็นการเคลียร์ค่าในรีจิสเตอร์ไฟล์ต่าง ๆ เมื่อทำคำสั่งนี้ค่าในรีจิสเตอร์ f จะมีค่าเป็น 00h และจะทำให้แฟล็ก Z เซ็ตเป็น “1”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DECFSZ – Decrement f , Skip if 0

คำอธิบาย — คำสั่งนี้จะทำการลบข้อมูลในรีจิสเตอร์ f แล้วเช็คเงื่อนไข โดยเมื่อกระทำคำสั่งนี้ค่าของรีจิสเตอร์ f จะถูกลบด้วย 1 จากนั้นจะตรวจสอบผลลัพธ์ หากผลลัพธ์ที่ได้รีจิสเตอร์ f มีค่าเป็น 0 CPU จะกระโดดข้ามการทำงานในคำสั่งถัดไป แต่หากผลลัพธ์ไม่เป็น 0 CPU จะทำคำสั่งถัดไป ผลลัพธ์จากการลดค่าในรีจิสเตอร์นี้สามารถเลือกตำแหน่งการเก็บผลลัพธ์ได้โดยกำหนดที่ d หากเป็น 0 คือการเก็บผลลัพธ์ลงในรีจิสเตอร์ W และหากเป็น 1 จะเป็นการเก็บผลลัพธ์ลงในรีจิสเตอร์ไฟล์นั้น ๆ คำสั่งนี้จะใช้ช่วงเวลา 2 TcY Instruction

GOTO – Unconditional Branch

คำอธิบาย — เป็นคำสั่งในการกระโดดแบบไม่มีเงื่อนไข สามารถกระโดดได้อยู่ในช่วง 2 Kwords (0-2047) โดยเมื่อทำคำสั่งนี้ค่า k จะถูกถ่ายโอนไปยังรีจิสเตอร์ PC<10:0> และ PCLATH<4:3> - PC<12:1> ทำให้ตำแหน่งการทำงานดังกล่าวเปลี่ยนแปลงตามค่าดังกล่าว คำสั่งนี้จะใช้ 2 Cycle Instruction

INCF SZ – Increment f, skip if 0

คำอธิบาย — คำสั่งนี้เป็นการเพิ่มค่าข้อมูลในรีจิสเตอร์ไฟล์ (f) ขึ้นหนึ่งแล้วมีการตรวจสอบผลลัพธ์กับศูนย์ โดยหากผลลัพธ์ที่ได้มีค่าเป็นศูนย์โปรแกรมจะกระโดดข้ามในคำสั่งถัดมา แต่หากผลลัพธ์ไม่เป็นศูนย์โปรแกรมจะกระทำคำสั่งถัดมา โดยการเก็บผลลัพธ์สามารถกำหนดได้จากค่า d (destination) หาก d = “1” ผลลัพธ์จะถูกเก็บในรีจิสเตอร์ไฟล์ (f) และหาก d = “0” ผลลัพธ์จะถูกเก็บในรีจิสเตอร์

IORLW – Inclusive OR Literal with W

คำอธิบาย — คำสั่งนี้เป็นการนำค่าคงที่ k มากระทำการ OR กับรีจิสเตอร์ W โดยผลลัพธ์ที่ได้จะถูกเก็บในรีจิสเตอร์ W จะมีผลต่อแฟลค Z

MOVF – Move f

คำอธิบาย - เป็นคำสั่งโอนย้ายข้อมูลระหว่างรีจิสเตอร์ W กับ รีจิสเตอร์ ไฟล์ หรือรีจิสเตอร์ไฟล์กับรีจิสเตอร์ไฟล์ด้วยกัน ซึ่งในกรณีหลังนี้มักจะใช้ในการตรวจสอบข้อมูลว่าเป็นศูนย์หรือไม่ เนื่องจากผลลัพธ์จากการทำคำสั่งจะมีผลต่อแฟลค Z โดยหากการโอนย้ายข้อมูลมีค่าเป็นศูนย์ จะทำให้แฟลค Z เป็น “1” หรือหากผลลัพธ์จากการโอนย้ายข้อมูลไม่เท่ากับศูนย์แฟลค Z ก็จะเคลียร์เป็น “0” โดยสามารถกำหนดตำแหน่งปลายทางในการเก็บข้อมูลได้โดยการกำหนดค่าที่ d ซึ่งหากกำหนดให้ d = “0” จะหมายถึงนำข้อมูลที่อยู่ในรีจิสเตอร์ไฟล์ (f) ไปไว้ในรีจิสเตอร์ W และหาก d = “1” หมายถึงนำค่ารีจิสเตอร์ไฟล์ไว้ในรีจิสเตอร์ไฟล์

MOVLW – Move Literal to W

คำอธิบาย - เป็นคำสั่งการถ่ายโอนค่าคงที่ k ให้กับรีจิสเตอร์ W คำสั่งนี้จะไม่ผลกับแฟลคใด ๆ

MOVWF – Move W to f

คำอธิบาย - เป็นคำสั่งโอนย้ายข้อมูล จากรีจิสเตอร์ W ไปยังรีจิสเตอร์ไฟล์ (f)

RETFIE – Return form Interrupt

คำอธิบาย - เป็นคำสั่ง ในการออกจากโปรแกรมการอินเตอร์รัพท์ เพื่อกลับสู่โปรแกรมหลักเมื่อกระทำคำสั่งนี้ ค่าแอดเดรสที่ถูกเก็บไว้ในขณะที่เกิดการอินเตอร์รัพท์ซึ่งอยู่ใน สแต็ก (TOS: Top Of Stack) จะถูกถ่ายโอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้กลับรีจิสเตอร์ PC ทำให้ CPU กลับไปทำงานในตำแหน่งแอดเดรสที่ถูกขัดจังหวะจากการอินเตอร์รัพท์ และคำสั่งนี้จะมีผลทำให้บิต GIE เซ็ตเป็น “1”

RETURN – Return form Subroutine

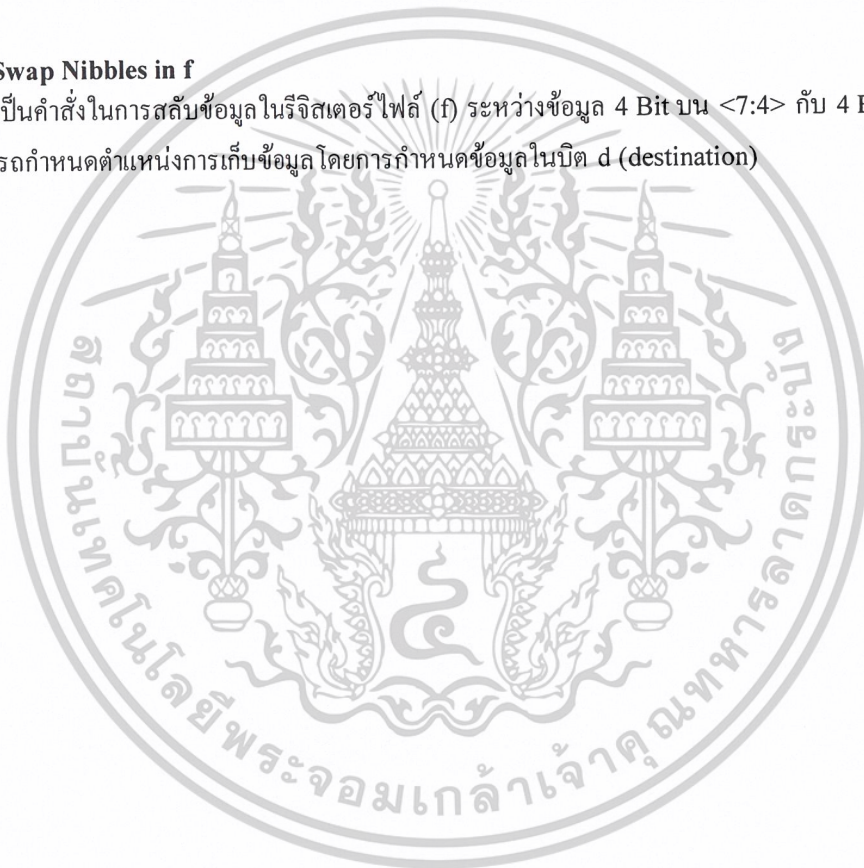
คำอธิบาย - เป็นคำสั่งในการกระโดดจากโปรแกรมย่อยกลับไปยังโปรแกรมหลักในตำแหน่งแอดเดรสที่มา โดยเมื่อกระทำคำสั่งนี้ค่าที่อยู่ใน Stack ตำแหน่งบนสุดจะถูกถ่ายโอนมายังรีจิสเตอร์ PC คำสั่งนี้มักจะใช้คู่กับคำสั่งที่เรียกใช้โปรแกรมย่อย (Call)

RLF – Rotate Left f through Carry

คำอธิบาย - เป็นคำสั่งในการหมุนข้อมูลในรีจิสเตอร์ไฟล์ (f) ไปทางซ้ายซึ่งจะหมุนผ่าน Carry Flag และสามารถเลือกตำแหน่งการเก็บผลลัพธ์ได้จากการกำหนดค่า d (destination)

SWAPF – Swap Nibbles in f

คำอธิบาย - เป็นคำสั่งในการสลับข้อมูลในรีจิสเตอร์ไฟล์ (f) ระหว่างข้อมูล 4 Bit บน <7:4> กับ 4 Bit ล่าง <3:0> สามารถกำหนดตำแหน่งการเก็บข้อมูลโดยการกำหนดข้อมูลในบิต d (destination)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นักศึกษาที่ร่วมทำโครงการ



แฉวนบจากซ้ายไปขวา

นายคนุพล	ภูจิระเกษม	รหัสประจำตัว	45015097
นายณัฐพล	อันเตวาสิก	รหัสประจำตัว	45015142

แฉวล่างจากซ้ายไปขวา

นายณรงค์ฤทธิ์	ศรिताพัฒน์	รหัสประจำตัว	45015143
นายปฏิภาณ	มิ่งกมลกุล	รหัสประจำตัว	45015162

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 1 is a required voltage sag ride-through capability curve in which semiconductor processing, metrology, and automated test equipment must be designed and built to conform. The equipment must be able to continuously operate without interruption during conditions identified in the area above the defined solid black line.

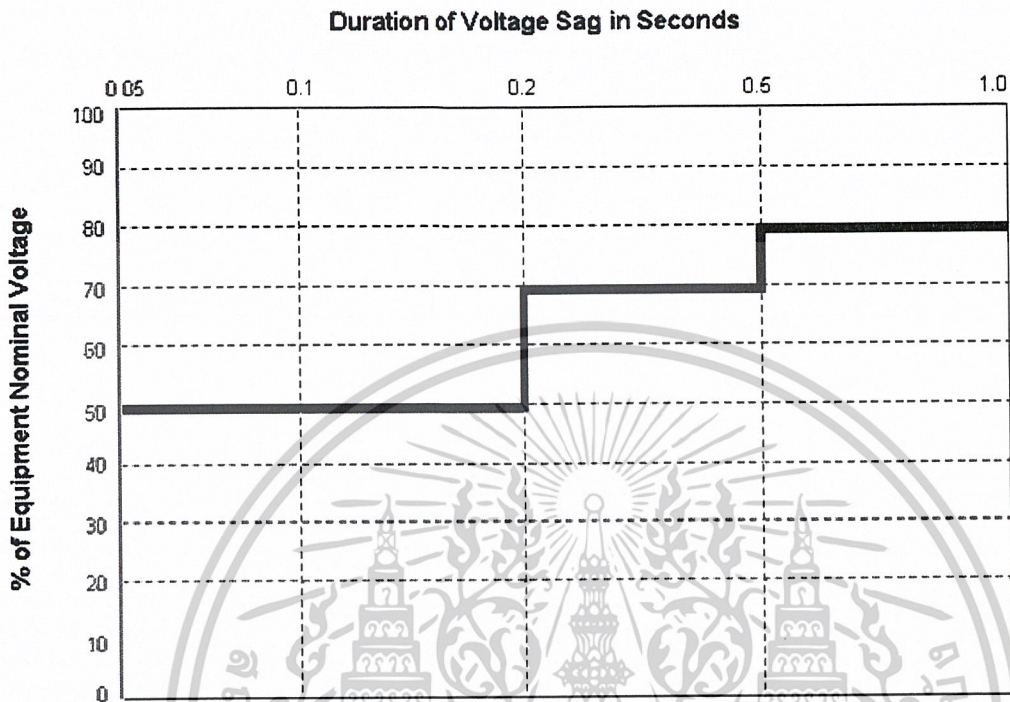


Figure 1- Required Semiconductor Equipment Voltage Sag Ride-Through Capability Curve

Note: Equipment must continue to operate without interruption during voltage above the line.

There are additional thresholds recommended by SEMI F47 but are not requirements of the standard. These include that equipment tolerate sags to 0% for 1.0 cycle, sags to 80% for 10 seconds, and continuous sags to 90% as shown in **Figure 2**.

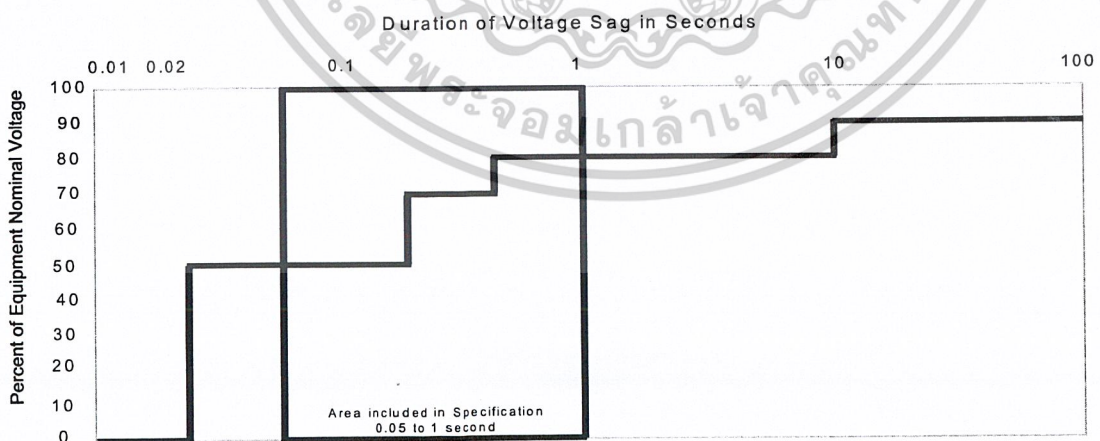


Figure 2 - Recommended Semiconductor Equipment Voltage Sag Ride-Through Capability Curve from 0 to 100 Seconds

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

For New Equipment:

SEMI F47 suggests that semiconductor users may use this sag standard when procuring new equipment to specify the capability of equipment ride-through requirements to the equipment manufacturer. In addition, semiconductor processing equipment manufacturers may in turn specify ride-through requirements to component and module suppliers.

SEMI F42 defines the testing procedures and test equipment required to characterize the susceptibility of equipment to voltage sags by showing voltage sag duration and magnitude performance data for the equipment. Also, it describes safety precautions, processing modes, test sequences, phase connections, reporting requirements, and determining compliance with the requirements and recommendations of SEMI F47.

For Existing Equipment:

There are several third-party consultants that can come into a customer's facility and conduct a thorough investigation of equipment immunity to voltage sags and momentary interruptions. Portable instrumentation such as a sag generator, are designed specifically to test compliance with SEMI F47 and SEMI F42 standards for equipment ride-through of voltage sags. Therefore, process vulnerabilities and weak elements can be determined with the creation of an electrical disturbance in the power that supplies critical process equipment.

There are several simple ways in which you can increase voltage sag immunity yourself. The best place to start is to find and fix the problem. Once you know what the problem is, it will be much easier to fix. The following are examples of simple corrections that can be implemented to help increase voltage sag immunity –

1. **Switch power supply settings.** Many power supplies can be set to accommodate different voltage ranges. Choose a range where your nominal voltage is near the top of the range to allow more room for voltage sags.
2. **Connect your single-phase power supply phase-to-phase.** You can get a 70% margin in available voltage by connecting phase-to-phase, if you can stay within your power supply's acceptable voltage range and have three-phase power available.
3. **Reduce the load on your power supply.** If you can determine that a particular power supply is causing your equipment to misoperate during voltage sag, consider moving some of its loads to another power supply.
4. **Increase the rating of your power supply.** If you can not move the loads, use a larger supply for the same load relative to its rating. It will then be more lightly loaded.
5. **Use a three-phase power supply instead of a single-phase power supply.** A properly designed (and lightly loaded) three-phase power supply will effectively tolerate voltage sags on one or two phases that would shut down a single-phase power supply.
6. **Run your power supply from a DC bus.** If possible, substitute a DC-operated power supply for an AC-sourced supply. This will narrow down your problems to supporting a DC bus, which can often be done with simple capacitors or batteries.

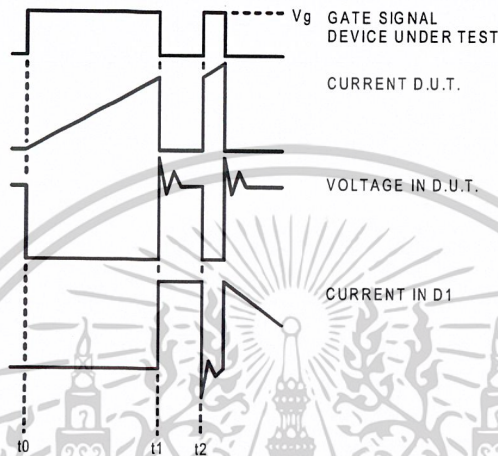


Figure 18e. Macro Waveforms for Figure 18a's Test Circuit

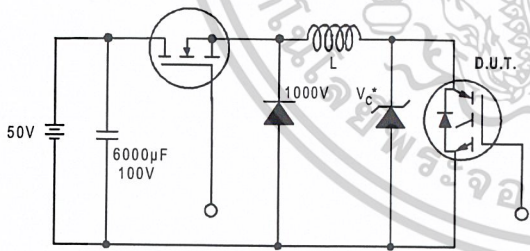


Figure 19. Clamped Inductive Load Test Circuit

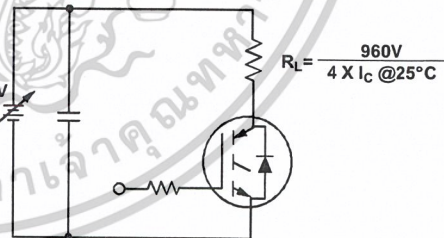


Figure 20. Pulsed Collector Current Test Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

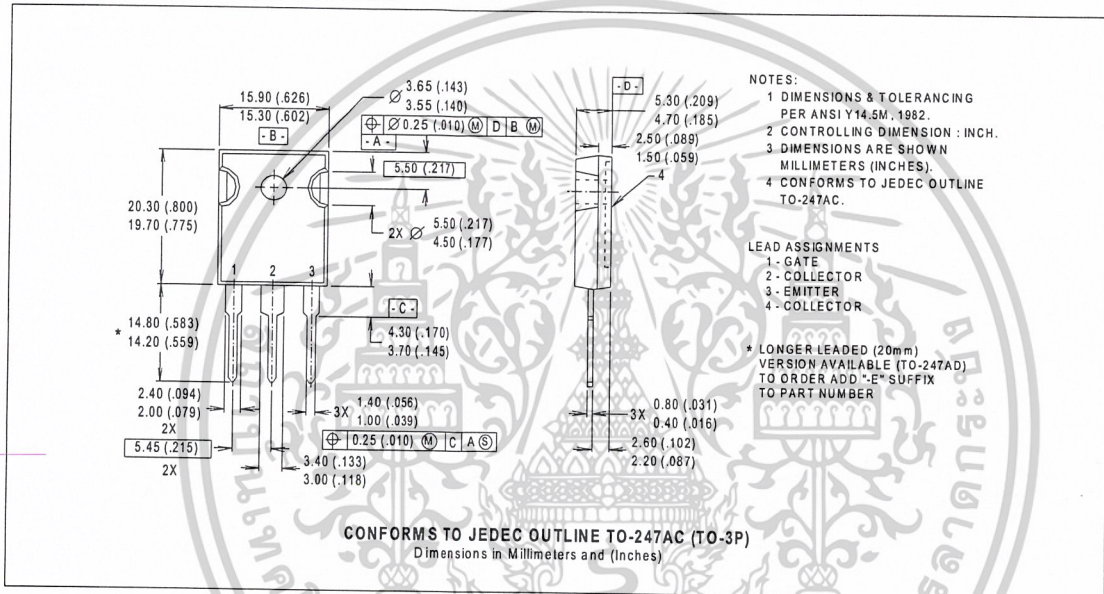
IRG4PH50KD

International
IR Rectifier

Notes:

- ① Repetitive rating: $V_{GE}=20V$; pulse width limited by maximum junction temperature (figure 20)
- ② $V_{CC}=80\%(V_{CES})$, $V_{GE}=20V$, $L=10\mu H$, $R_G=5.0\Omega$ (figure 19)
- ③ Pulse width $\leq 80\mu s$; duty factor $\leq 0.1\%$.
- ④ Pulse width $5.0\mu s$, single shot.

Case Outline — TO-247AC



International
IR Rectifier

WORLD HEADQUARTERS: 233 Kansas St., El Segundo, California 90245, Tel: (310) 322 3331
EUROPEAN HEADQUARTERS: Hurst Green, Oxted, Surrey RH8 9BB, UK Tel: ++ 44 1883 732020
IR CANADA: 7321 Victoria Park Ave., Suite 201, Markham, Ontario L3R 2Z8, Tel: (905) 475 1897
IR GERMANY: Saalburgstrasse 157, 61350 Bad Homburg Tel: ++ 49 6172 96590
IR ITALY: Via Liguria 49, 10071 Borgaro, Torino Tel: ++ 39 11 451 0111
IR FAR EAST: K&H Bldg., 2F, 30-4 Nishi-Ikebukuro 3-Chome, Toshima-Ku, Tokyo Japan 171 Tel: 81 3 3983 0086
IR SOUTHEAST ASIA: 315 Outram Road, #10-02 Tan Boon Liat Building, Singapore 0316 Tel: 65 221 8371
<http://www.irf.com/> Data and specifications subject to change without notice. 4/98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. **Change the trip settings.** If you can identify an unbalance relay, an under voltage relay, or an internal reset or protection circuit that is inadvertently tripping during a voltage sag, change its settings. Consider changing the threshold and/or the trip delay. This solution resolves trip settings set too conservatively to begin with. However, trips are useful and important so use good judgment as to not eliminate them completely.
8. **Slow the relay down.** Use a relay with more mechanical mass, such as a contactor or use a relay hold-in accessory.
9. **Get rid of the voltage sag itself.** As a last resort, consider installing a quick-operating voltage regulator on your AC supply. There are a variety of technologies including ferro-resonant transformers, solid-state voltage compensation, etc. Be careful not to make the problem worse if the original cause of the voltage sag is downstream from your voltage sag regulator. The voltage sags will actually get deeper and longer.

For additional information on voltage tolerance relating to these standards, please see our Power Note titled [Voltage Tolerance Boundary](#).

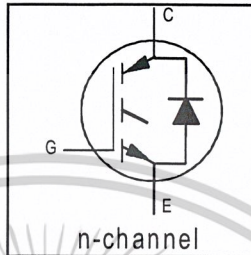


**INSULATED GATE BIPOLAR TRANSISTOR WITH
ULTRAFAST SOFT RECOVERY DIODE**

**Short Circuit Rated
UltraFast IGBT**

Features

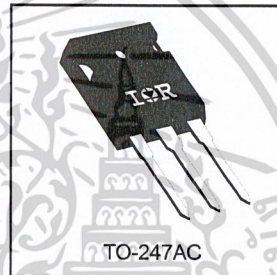
- High short circuit rating optimized for motor control, $t_{sc} = 10\mu s$, $V_{CC} = 720V$, $T_J = 125^\circ C$, $V_{GE} = 15V$
- Combines low conduction losses with high switching speed
- Tighter parameter distribution and higher efficiency than previous generations
- IGBT co-packaged with HEXFRED™ ultrafast, ultrasoft recovery antiparallel diodes



$V_{CES} = 1200V$
$V_{CE(on)} \text{ typ.} = 2.77V$
@ $V_{GE} = 15V, I_C = 24A$

Benefits

- Latest generation 4 IGBT's offer highest power density motor controls possible
- HEXFRED™ diodes optimized for performance with IGBTs. Minimized recovery characteristics reduce noise, EMI and switching losses
- This part replaces the IRGPH50KD2 and IRGPH50MD2 products
- For hints see design tip 97003



Absolute Maximum Ratings

	Parameter	Max.	Units
V_{CES}	Collector-to-Emitter Voltage	1200	V
$I_C @ T_C = 25^\circ C$	Continuous Collector Current	45	A
$I_C @ T_C = 100^\circ C$	Continuous Collector Current	24	
I_{CM}	Pulsed Collector Current $\text{\textcircled{D}}$	90	
I_{LM}	Clamped Inductive Load Current $\text{\textcircled{D}}$	90	
$I_F @ T_C = 100^\circ C$	Diode Continuous Forward Current $\text{\textcircled{D}}$	16	
I_{FM}	Diode Maximum Forward Current $\text{\textcircled{D}}$	90	μs
t_{sc}	Short Circuit Withstand Time	10	
V_{GE}	Gate-to-Emitter Voltage	± 20	V
$P_D @ T_C = 25^\circ C$	Maximum Power Dissipation	200	W
$P_D @ T_C = 100^\circ C$	Maximum Power Dissipation	78	
T_J	Operating Junction and	-55 to +150	$^\circ C$
T_{STG}	Storage Temperature Range		
	Soldering Temperature, for 10 sec.	300 (0.063 in. (1.6mm) from case)	
	Mounting Torque, 6-32 or M3 Screw.	10 lbf•in (1.1 N•m)	

Thermal Resistance

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case - IGBT	—	—	0.64	$^\circ C/W$
$R_{\theta JC}$	Junction-to-Case - Diode	—	—	0.83	
$R_{\theta CS}$	Case-to-Sink, flat, greased surface	—	0.24	—	
$R_{\theta JA}$	Junction-to-Ambient, typical socket mount	—	—	40	
Wt	Weight	—	6 (0.21)	—	g (oz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IRG4PH50KD

International
IGOR Rectifier

Electrical Characteristics @ T_J = 25°C (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
V _{(BR)CES}	Collector-to-Emitter Breakdown Voltage ^③	1200	—	—	V	V _{GE} = 0V, I _C = 250μA
ΔV _{(BR)CES/ΔT_J}	Temperature Coeff. of Breakdown Voltage	—	0.91	—	V/°C	V _{GE} = 0V, I _C = 1.0mA
V _{CE(on)}	Collector-to-Emitter Saturation Voltage	—	2.77	3.5	V	I _C = 24A
		—	3.28	—		I _C = 45A
		—	2.54	—		I _C = 24A, T _J = 150°C
V _{GE(th)}	Gate Threshold Voltage	3.0	—	6.0		V _{CE} = V _{GE} , I _C = 250μA
ΔV _{GE(th)/ΔT_J}	Temperature Coeff. of Threshold Voltage	—	-10	—	mV/°C	V _{CE} = V _{GE} , I _C = 250μA
g _{fe}	Forward Transconductance ^④	13	19	—	S	V _{CE} = 100V, I _C = 24A
I _{CES}	Zero Gate Voltage Collector Current	—	—	250	μA	V _{GE} = 0V, V _{CE} = 1200V
		—	—	6500		V _{GE} = 0V, V _{CE} = 1200V, T _J = 150°C
V _{FM}	Diode Forward Voltage Drop	—	2.5	3.5	V	I _C = 16A
		—	2.1	3.0		I _C = 16A, T _J = 150°C
I _{GES}	Gate-to-Emitter Leakage Current	—	—	±100	nA	V _{GE} = ±20V

Switching Characteristics @ T_J = 25°C (unless otherwise specified)

	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Units	Conditions
Q _g	Total Gate Charge (turn-on)	—	180	270	nC	I _C = 24A
Q _{ge}	Gate - Emitter Charge (turn-on)	—	25	38		V _{CC} = 400V
Q _{gc}	Gate - Collector Charge (turn-on)	—	70	110		V _{GE} = 15V
t _{d(on)}	Turn-On Delay Time	—	87	—	ns	T _J = 25°C
t _r	Rise Time	—	100	—		I _C = 24A, V _{CC} = 800V
t _{d(off)}	Turn-Off Delay Time	—	140	300		V _{GE} = 15V, R _G = 5.0Ω
t _f	Fall Time	—	200	300		Energy losses include "tail" and diode reverse recovery
E _{on}	Turn-On Switching Loss	—	3.83	—		See Fig. 9,10,18
E _{off}	Turn-Off Switching Loss	—	1.90	—	mJ	V _{CC} = 720V, T _J = 125°C
E _{ts}	Total Switching Loss	—	5.73	7.9		V _{GE} = 15V, R _G = 5.0Ω
t _{sc}	Short Circuit Withstand Time	10	—	—	μs	
t _{d(on)}	Turn-On Delay Time	—	67	—	ns	T _J = 150°C, See Fig. 10,11,18
t _r	Rise Time	—	72	—		I _C = 24A, V _{CC} = 800V
t _{d(off)}	Turn-Off Delay Time	—	310	—		V _{GE} = 15V, R _G = 5.0Ω,
t _f	Fall Time	—	390	—		Energy losses include "tail" and diode reverse recovery
E _{ts}	Total Switching Loss	—	8.36	—		mJ
L _E	Internal Emitter Inductance	—	13	—	nH	Measured 5mm from package
C _{ies}	Input Capacitance	—	2800	—	pF	V _{GE} = 0V
C _{oes}	Output Capacitance	—	140	—		V _{CC} = 30V
C _{res}	Reverse Transfer Capacitance	—	53	—		f = 1.0MHz
t _{rr}	Diode Reverse Recovery Time	—	90	135	ns	T _J = 25°C
		—	164	245		T _J = 125°C
I _{rr}	Diode Peak Reverse Recovery Current	—	5.8	10	A	T _J = 25°C
		—	8.3	15		T _J = 125°C
Q _{rr}	Diode Reverse Recovery Charge	—	260	675	nC	T _J = 25°C
		—	680	1838		T _J = 125°C
di _{(rec)M/dt}	Diode Peak Rate of Fall of Recovery During t _b	—	120	—	A/μs	T _J = 25°C
		—	76	—		T _J = 125°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

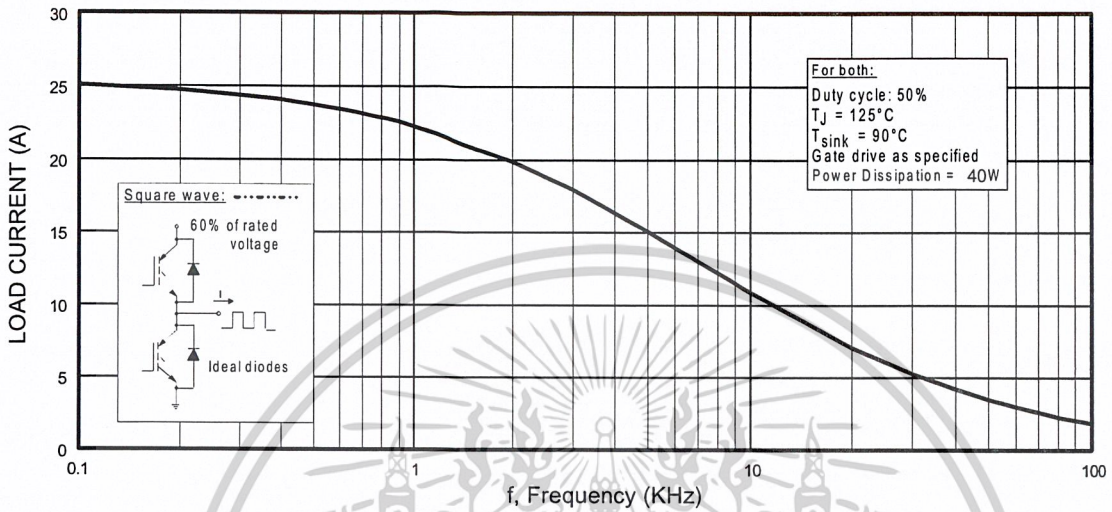


Fig. 1 - Typical Load Current vs. Frequency
 (Load Current = I_{RMS} of fundamental)

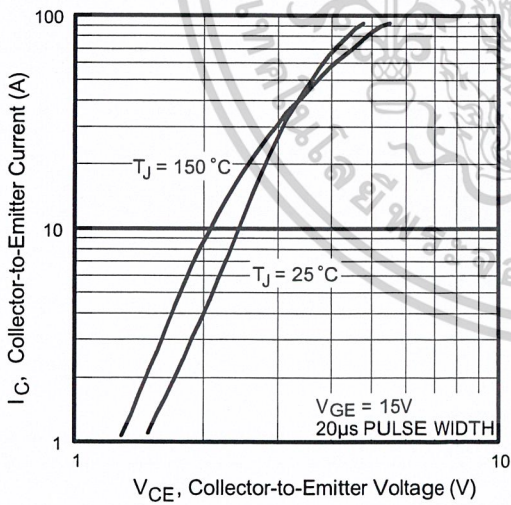


Fig. 2 - Typical Output Characteristics

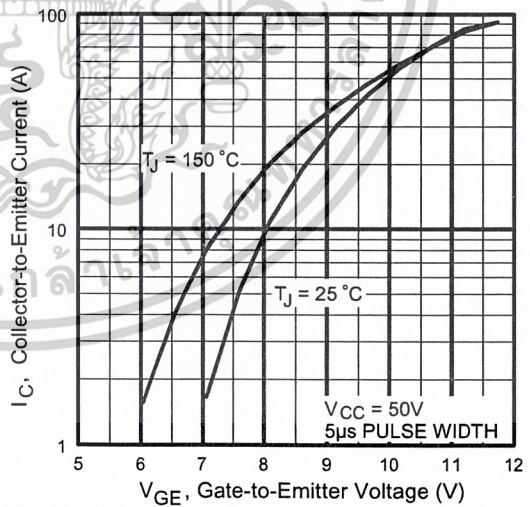


Fig. 3 - Typical Transfer Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

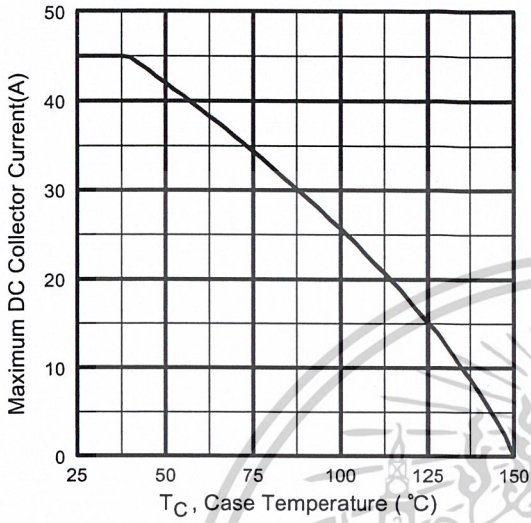


Fig. 4 - Maximum Collector Current vs. Case Temperature

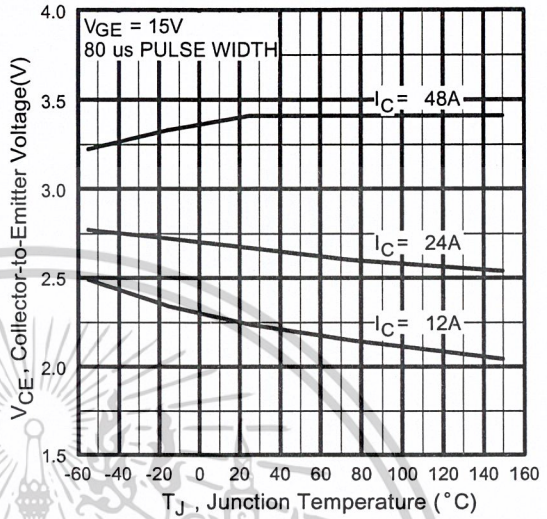


Fig. 5 - Typical Collector-to-Emitter Voltage vs. Junction Temperature

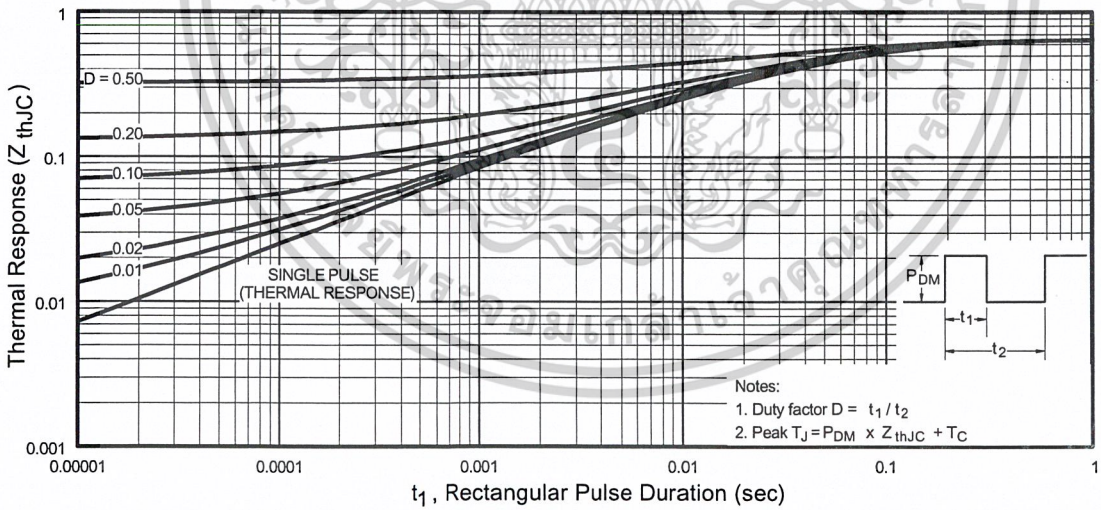


Fig. 6 - Maximum Effective Transient Thermal Impedance, Junction-to-Case

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

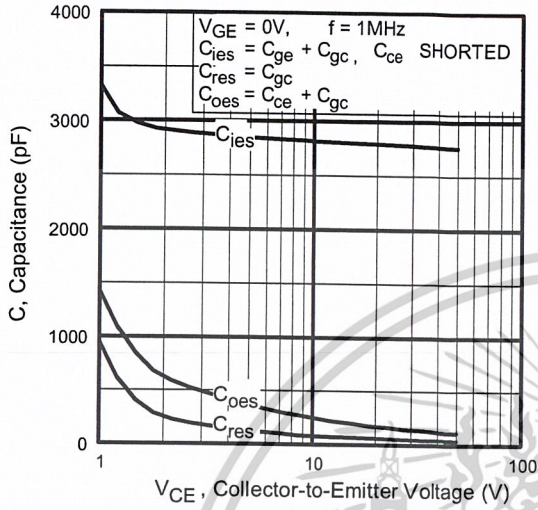


Fig. 7 - Typical Capacitance vs. Collector-to-Emitter Voltage

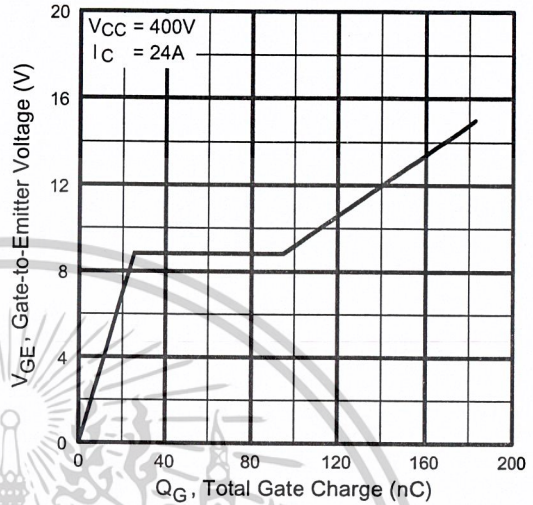


Fig. 8 - Typical Gate Charge vs. Gate-to-Emitter Voltage

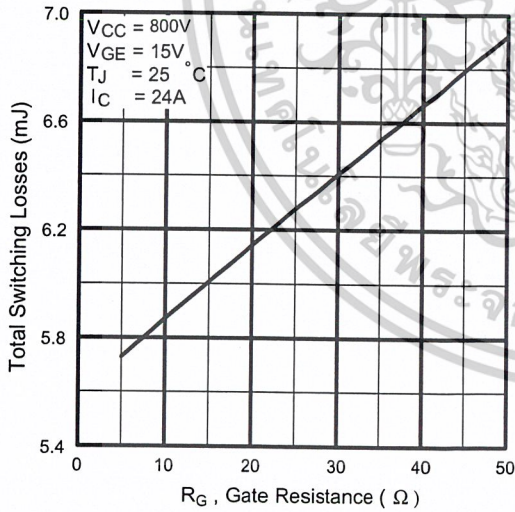


Fig. 9 - Typical Switching Losses vs. Gate Resistance

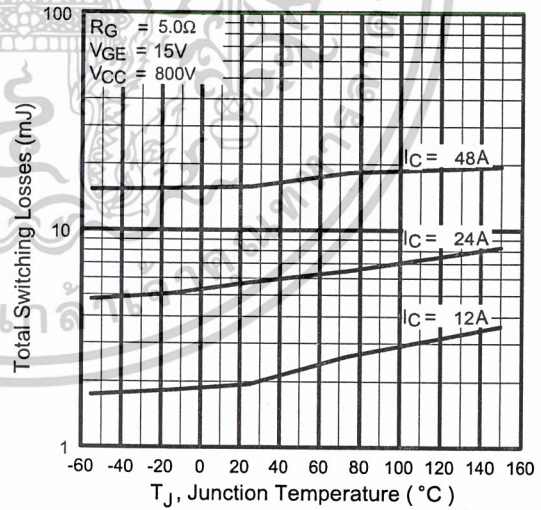


Fig. 10 - Typical Switching Losses vs. Junction Temperature

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

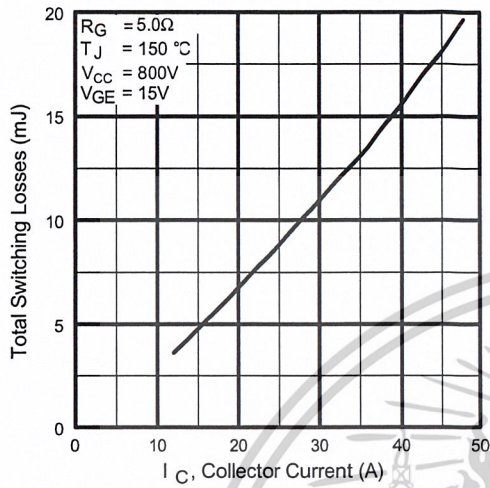


Fig. 11 - Typical Switching Losses vs. Collector Current

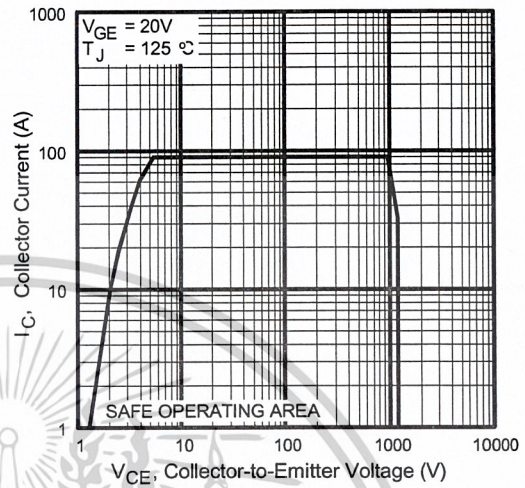


Fig. 12 - Turn-Off SOA

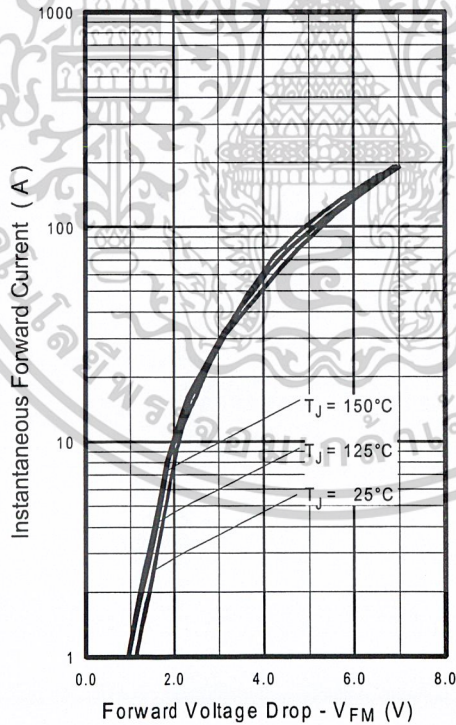


Fig. 13 - Typical Forward Voltage Drop vs. Instantaneous Forward Current

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

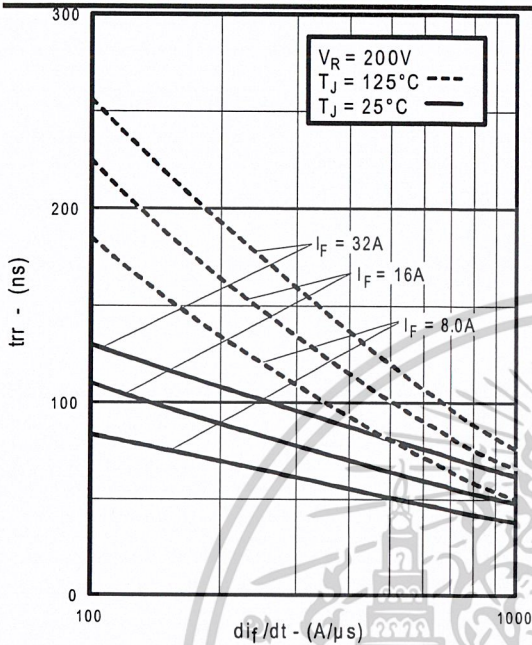


Fig. 14 - Typical Reverse Recovery vs. di_f/dt

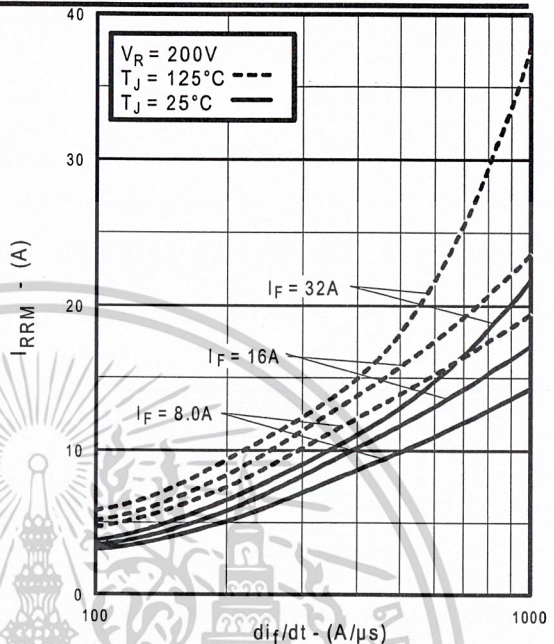


Fig. 15 - Typical Recovery Current vs. di_f/dt

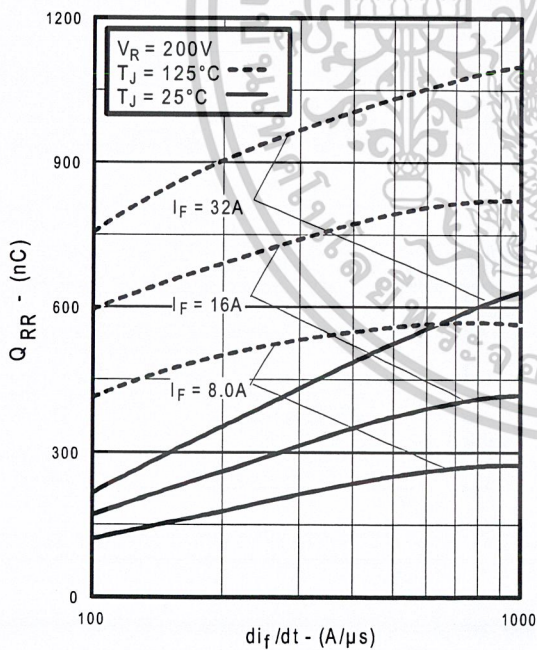


Fig. 16 - Typical Stored Charge vs. di_f/dt

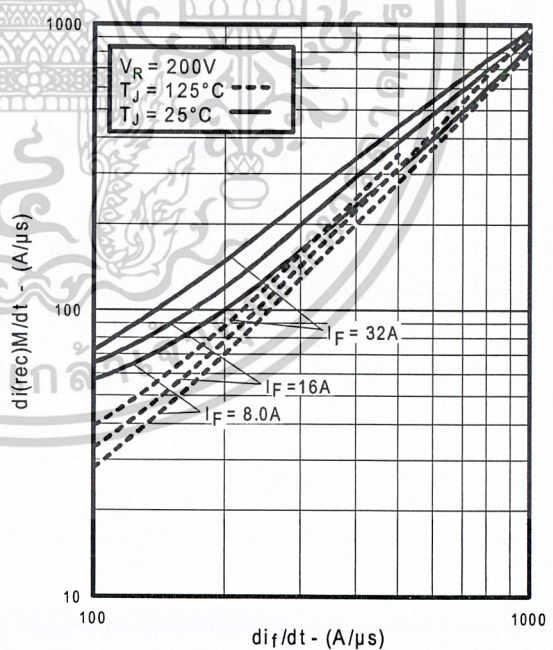


Fig. 17 - Typical $di_{(rec)M}/dt$ vs. di_f/dt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้