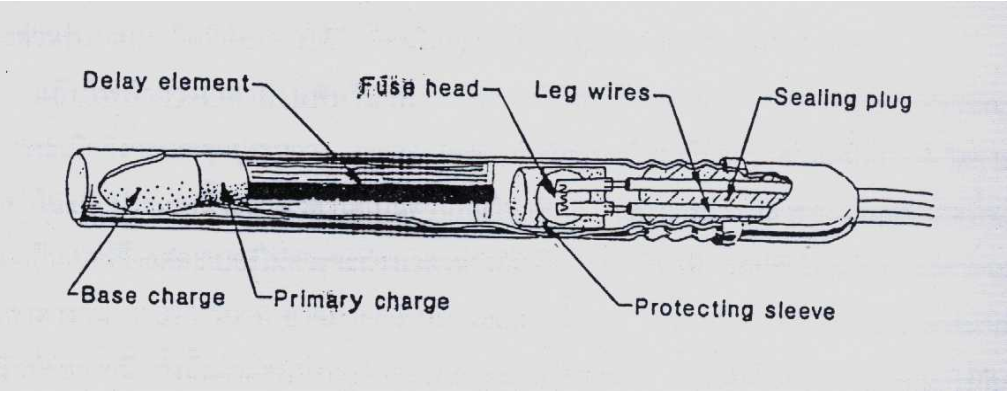
บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เชื้อปะทุสำหรับการจุดระเบิด [1]

จากลักษณะการใช้งานของวัตถุระเบิดในงานอุตสาหกรรม จะเห็นได้ว่าวัตถุระเบิดจะถูกกระตุ้นให้ระเบิดเป็นลูกโซ่ต่อๆกัน ดังนั้นวัตถุระเบิดแรงสูงจะถูกกระตุ้นให้ระเบิดได้ต้องมีการกระตุ้นจากเชื้อปะทุสำหรับจุดระเบิดชนิดใดชนิดหนึ่ง ซึ่งไม่เหมือนกับวัตถุระเบิดแรงต่ำประเภทดินดำ ซึ่งสามารถจุดได้ด้วยไม้ขีดไฟธรรมดา เชื้อปะทุสำหรับการจุดระเบิดวัตถุระเบิดแรงสูงที่มีอยู่หลายชนิดได้แก่

2.1.1 เชื้อปะทุไฟฟ้า (Electric Blasting Cap)

การใช้เชื้อปะทุไฟฟ้าเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าในการจุดระเบิด ซึ่งเพิ่มความปลอดภัยให้กับบุคคลที่ทำงานระเบิดมากขึ้น และไม่ต้องใช้ความร้อนในการจุดระเบิดสามารถควบคุมปัจจัยในงานระเบิดได้ดีกว่าระบบสายชนวนเวลาและเชื้อปะทุธรรมดา และสามารถใช้เครื่องมือตรวจสอบเชื้อปะทุที่ต่อกันทั้งหมดได้ ซึ่งเป็นการลดความเสี่ยงต่อการระเบิดด้านลักษณะทั่วไปของเชื้อปะทุไฟฟ้า



ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบของเชื้อปะทุไฟฟ้าหน่วงเวลา

ส่วนประกอบโดยทั่วไปของเชื้อปะทุไฟฟ้าจะเหมือนกับเชื้อปะทุธรรมดา แต่จะมีส่วนที่เพิ่มขึ้นมาคือส่วนของหัวจุด (Fuse Head) และหลอดที่บรรจุสารเคมีสำหรับการหน่วงเวลาสำหรับเชื้อปะทุไฟฟ้าหน่วงเวลา (Delay Element) ส่วนของหัวจุดนี้จะประกอบด้วยปลายของสายไฟฟ้า 2 เส้นที่อยู่ในซิลพลาสติกหรือยาง มีลวดความต้านทานเชื่อมระหว่างปลายสายไฟฟ้าทั้ง 2 และที่ลวดความต้านทานจะมีสารเคมีที่ไวต่อความร้อน หุ้มอยู่ลักษณะเหมือนหัวไม้ขีด (Match Head) เชื้อปะทุไฟฟ้าชนิดหน่วงเวลาจะบรรจุหลอดสารเคมีหน่วงที่ส่วนบนของวัตถุระเบิดล่อก่อน แล้วบรรจุส่วนของหัวจุดแล้วจึงหนีบส่วนที่เป็นซีลพลาสติกให้ติดอยู่ด้านในหลอดโลหะ สำหรับเชื้อปะทุไฟฟ้าธรรมดาก็จะบรรจุส่วนของหัวจุดบนวัตถุระเบิดล่อโดยตรง

2.1.2 ประเภทและการใช้งานของเชื้อปะทุไฟฟ้าสามารถแบ่งเป็น 3 ประเภท ตามเวลาในการจุดตัว

1.เชื้อปะทุไฟฟ้าธรรมดา (Instantaneous Electric Detonators)
2.เชื้อปะทุไฟฟ้าหน่วงเวลาส่วนพันวินาที (Milli-Second Delay Electric Detonators)
3.เชื้อปะทุไฟฟ้าหน่วงเวลาครึ่งวินาที (Half-Second Delay Electric Detonators)

เชื้อปะทุไฟฟ้าธรรมดา คือเชื้อปะทุที่พัฒนามาจากเชื้อปะทุธรรมดาที่ใช้ความร้อนในการจุดระเบิด โดยการระเบิดของเชื้อปะทุไฟฟ้าธรรมดานั้นเริ่มจากกระแสไฟฟ้าที่ผ่านเข้ามาทางสายเชื้อปะทุจะผ่านลวดความต้านทานที่เชื่อมวงจรในตัวเชื้อปะทุ (Bridge wire) จะทำให้เกิดความร้อนขึ้น ความร้อนนี้จะกระตุ้นให้สารเคมีที่ใช้หุ้มลวดความร้านทาน (Match head) เกิดการจุดตัว ซึ่งเกิดแรงกระตุ้นที่สามารถกระตุ้นให้วัตถุระเบิดล่อในเชื้อปะทุจุดตัวและไปกระตุ้นให้วัตถุระเบิดหลักในเชื้อปะทุจุดตัวต่อไป เชื้อปะทุไฟฟ้าธรรมดานี้เหมาะสำหรับงานระเบิดที่ต้องการได้หินก้อนใหญ่ๆ

เชื้อปะทุไฟฟ้าหน่วงเวลาแบบพันวินาที มีสารเคมีที่จะทำให้เกิดการหน่วงเวลา (Delay Element) ก่อนการระเบิดซึ่งจะบรรจุอยู่ระหว่าง (Match Head) กับวัตถุระเบิดล่อในเชื้อปะทุ สารเคมีที่ทำให้เกิดการหน่วงเวลาในเชื้อปะทุประเภทนี้จะหน่วงเวลาได้เป็นส่วนพันวินาที และการหน่วงเวลาของเชื้อปะทุประเภทนี้จะกำหนดเป็นเบอร์ซึ่งแต่ละเบอร์ไม่ควรจะหน่วงเวลาห่างกันเกิน 0.1วินาที โดยทั่วไปแต่ละเบอร์อาจจะหน่วงเวลาห่างกัน 0.025 วินาที อาจมากกว่าหรือน้อยกว่านี้และในชุดหนึ่งอาจมี 20 เบอร์ อาจมากกว่าหรือน้อยกว่านี้ ทั้งนี้แล้วแต่บริษัทผู้ผลิตจะ

ผลิตออกมาจำหน่าย ส่วนใหญ่เชื้อปะทุประเภทนี้มักใช้กับงานระเบิดที่ต้องการควบคุมทิศทางการระเบิด เช่นการระเบิดหน้าผาลำดับชั้น (BENCH) คูร่อง (TRENCH) เป็นต้น

เชื้อปะทุไฟฟ้าหน่วงเวลาครึ่งวินาที จะมีส่วนประกอบเหมือนเชื้อปะทุไฟฟ้าหน่วงเวลาส่วนพันวินาทีแตกต่างกันที่สารเคมีที่ใช้ทำให้เกิดการหน่วงเวลาในตัวเชื้อปะทุ การหน่วงเวลาจะกำหนดเป็นเบอร์ ซึ่งแต่ละเบอร์จะหน่วงเวลาห่างกันประมาณ 0.5 วินาที ส่วนใหญ่เชื้อปะทุประเภทนี้มักใช้กับงานระเบิดอุโมงค์ เพราะต้องการการหน่วงเวลาที่นานเพื่อให้เกิดช่องว่างให้หินเคลื่อนตัวออกมาได้ความแรงของเชื้อปะทุไฟฟ้าจะกำหนดเป็นเบอร์เหมือนกับเชื้อปะทุธรรมดา โดยเบอร์ 6 มีปริมาณของวัตถุระเบิด ประมาณ 0.35 กรัม และเบอร์ 8 จะมีปริมาณของวัตถุระเบิด ประมาณ 0.7 กรัม

*ไม่ควรใช้เชื้อปะทุไฟฟ้าต่างผู้ผลิตกันร่วมกันในการระเบิด เพราะคุณสมบัติของเชื้อปะทุไฟฟ้าอาจแตกต่างกัน และจะเป็นสาเหตุให้การระเบิดด้านได้

2.1.3 ข้อดีและข้อเสียของการใช้เชื้อปะทุไฟฟ้า

ข้อดี

1.สามารถตรวจสอบเชื้อปะทุไฟฟ้าก่อนใช้ และเมื่อต่อวงจรเรียบร้อยแล้ว
2.ง่ายต่อการใช้งาน และสามารถใช้กับงานระเบิดได้ทุกแบบ
3.ราคาถูก

ข้อเสีย

1.มีอันตรายจากสื่อทางไฟฟ้าและคลื่นความถี่ต่าง ๆ
2.มีปัญหาเรื่องของกระแสไฟฟ้ารั่วไหล ถ้าทำการต่อบรรจุไม่ดีหรือหน้างานเปียกชื้นอาจทำให้ระเบิดได้ไม่หมด
3.ต้องเลือกใช้หม้อจุดระเบิดที่มีกำลังเหมาะสม
4.มีขีดจำกัดของการหน่วงเวลา

2.1.4 สายชนวนระเบิด (Detonating Cord)

สำหรับสภาพหน้างานที่มีปัญหาเกี่ยวกับสื่อทางไฟฟ้า หรือคลื่นความถี่ต่างๆ ซึ่งเป็นอันตรายที่จะใช้เชื้อปะทุไฟฟ้าในการระเบิด ซึ่งมักนิยมใช้กับระบบสายชนวนระเบิดในการจุดระเบิด

ลักษณะโดยทั่วไปของสายชนวนระเบิด สายชนวนระเบิดประกอบด้วยส่วนแกนซึ่งเป็นวัตถุระเบิดซึ่งมักเป็น (PETN) และพันรอบด้วยวัสดุประเภทสิ่งทอและหุ้มอีกชั้นด้วยพลาสติก เพื่อป้องกันน้ำและการขูดข่วนของหินในขณะใช้งาน วัสดุที่ใช้หุ้มวัตถุระเบิดนี้มีหลายชนิดทำให้ได้สายชนวนระเบิดที่มีค่า Tensile strength แตกต่างกันออกไป ซึ่งสามารถเลือกใช้ให้เหมาะสมได้

2.1.5 ประเภทและการใช้งานของสายชนวนระเบิด

สายชนวนระเบิดนิยมที่จะใช้เป็นตัวใส่ลงไปในรูระเบิด (Down Line) เพื่อที่จะกระตุ้นวัตถุระเบิดแรงสูงที่อยู่ก้นหลุม และใช้เป็นตัวเชื่อมรูระเบิดหลาย ๆ รูทางด้านบน (Trunk Line) ความแรงของสายชนวนระเบิดขึ้นกับปริมาณของวัตถุระเบิดที่ใส่ไว้ในแกนกลางของสายชนวนระเบิดมีช่วงตั้งแต่ 1 ถึง 400 เกรนต่อฟุต แต่ที่นิยมใช้กันมากจะมี วัตถุระเบิดในช่วง 25 ถึง 50 เกรนต่อฟุต (น้ำหนักวัตถุระเบิด 10 กรัมต่อเมตรเท่ากับ 50 เกรนต่อฟุต) สายชนวนระเบิดอาจรู้จักกันในชื่อทางการค้าของบริษัท เช่น Cordtex , Primacord เป็นต้น

สายชนวนระเบิดสามารถจุดได้ด้วยเชื้อปะทุธรรมดาหรือเชื้อปะทุไฟฟ้าที่มีกำลังเบอร์ 8 โดยจะจุดระเบิดไปตลอดความยาวของมันด้วยความเร็วประมาณ 6500 เมตรต่อวินาที ซึ่งสายชนวนระเบิดที่มีวัตถุระเบิดตั้งแต่ 50 เกรนต่อฟุตขึ้นไป สามารถจุดระเบิดวัตถุระเบิดที่ไวต่อเชื้อปะทุได้ทุกชนิด และต้องระวังเมื่อใช้สายชนวนระเบิดกับ ANFO ในหลุมเจาะที่มีขนาดเล็กและปานกลาง เพราะจะทำให้พลังงานการระเบิดลดลง เนื่องจากเกิดการระเบิดจากปากหลุมก่อนถึงก้นหลุม ดังนั้นต้องทำการเลือกปริมาณของวัตถุระเบิดในแกนของสายชนวนให้เหมาะสมกับการใช้งาน

สายชนวนระเบิดที่มีปริมาณวัตถุระเบิดช่วง 1 ถึง 5 เกรนต่อฟุต จัดเป็นสายชนวนระเบิดพลังงานต่ำ (Low – Energy Detonating Cord, LEDC) การใช้สายชนวนประเภทนี้จะใช้กรณีที่การใช้สายชนวนระเบิดทั่วไประเบิดงาน อาจทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับแรงอัดของอากาศ (Air Blast) ซึ่งเมื่อใช้สายชนวนระเบิดพลังงานต่ำจะแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ สายชนวนแรงต่ำนี้ไม่สามารถจุดระเบิดที่ไว้ต่อเชื้อปะทุ (Cap-Sensitive) ได้ดังนั้นจึงต้องใช่ร่วมกับเชื้อปะทุ

การจุดระเบิดด้วยสายชนวนระเบิดนี้สามารถทำการระเบิดแบบหน่วงเวลาหน่วงจังหวะได้โดยใช้หลอดหน่วง

เวลา (Delay Connector) เป็นตัวต่อระหว่างสายขนวนระเบิด ลักษณะการหน่วงจังหวะเป็นเช่นเดียวกับเชื้อปะทุไฟฟ้าหน่วงเวลาซึ่งหน่วงเวลาจะมีตั้งแต่ 0.005 ถึง 0.050 วินาที อาจหน่วงเวลาแตกต่างจากนี้ทั้งนี้แล้วแต่บริษัทผู้ผลิต

2.1.6 ข้อดีและข้อเสียของการใช้สายชนวนระเบิด

ข้อดี

1.ลดอัตราเสี่ยงอันตรายจากสื่อทางไฟฟ้า และคลื่นความถี่ต่าง ๆ

2.สะดวกในการใช้

3.ไม่มีข้อจำกัดในการหน่วงเวลา

4.สามารถจุดระเบิดได้อย่างต่อเนื่อง

ข้อเสีย

1.เสียงดัง

2.ราคาต้นทุนสูง

3.เกิดการระเบิดจากปากหลุมไปถึงก้นหลุมทำให้สูญเสียกำลังในการระเบิด

4.ถ้าทำการต่อสายชนวนบนปากหลุมกับที่อยู่ในหลุมไม่ดี เมื่อทำการระเบิดอาจทำให้สายชนวนขาดและส่วนที่ต่อที่เหลือจะไม่ระเบิด

5.ไม่สามารถใช้กับงานการระเบิดได้ทุกแบบ

2.2 คุณสมบัติ ET-BASE AVR ATmega64/128 [2][5]

ET-BASE AVR ATmega64/128 เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล AVR ของบริษัทAtmel ซึ่งบอร์ดนี้เลือกใช้ MCU เบอร์ ATmega64 และ ATmega128 ขนาด 64 Pin โดยในบอร์ด ET-BASE AVR ATmega64/128 นี้จะเน้นการใช้งานทรัพยากรของตัว MCU เองเป็นหลัก ซึ่งจะมีการต่อขาสัญญาณ I/O ออกมาจัดเรียงให้เป็นพอร์ต PA,PB,PC,PD,PE,PF และพอร์ต ET-CLCD เพื่อสะดวกต่อการใช้งาน พร้อมทั้งพอร์ตสำหรับดาวน์โหลดโปรแกรม นอกจากนี้ยังได้เพิ่มวงจรไดร์ฟเวอร์ RS-232 เข้าไปด้วยเพื่อให้สามารถใช้งานทางด้านพอร์ตอนุกรม RS-232 ได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น

2.2.1. คุณสมบัติของบอร์ด

• เลือกใช้ MCU ตระกูล AVR เบอร์ ATmega64 , ATmega128 ของ Atmel ซึ่งเป็น MCU ขนาด 8–Bit โดยเลือกใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาแบบ XTAL ค่า 16 MHz ขนาด 8–Bit โดยเลือกใช้แหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาแบบ XTAL ค่า 16 MHz ซึ่งคุณสมบัติเด่น ๆ ของ MCU ได้แก่

- มีหน่วยความจำ Flash สำหรับเขียนโปรแกรม 64 KBytes สำหรับ ATmega64 และ 128K Bytes สำหรับ ATmega128 และมี RAM 4 KBytes

- มีหน่วยความจำข้อมูลถาวรแบบ EEPROM ขนาด 2K Bytes สำหรับATmega64 และ 4 K Byte สำหรับ ATmega128 ซึ่งสามารถลบและเขียนซ้ำได้กว่า 100,000 ครั้ง

- จำนวน I/O สูงสุดถึง 53 I/O Pins

- มีวงจรสื่อสาร SPI จำนวน 1 ช่อง , I2C จำนวน 1 ช่อง , Programmable Serial USARTs จำนวน 2 ช่อง

- มี ADC ขนาด 10-Bit จำนวน 8 ช่อง

- มี Timers/Counters 8-Bit จำนวน 2 ช่อง , Timers/Counters 16-Bit จำนวน 2 ช่อง , 8-Bit PWM 2 ช่อง , Watchdog Timer , Real Time Counter

• I/O PORT 10 PIN จำนวน 6 PORT ดั้งนี้ PA,PB,PC,PD,PE,PF

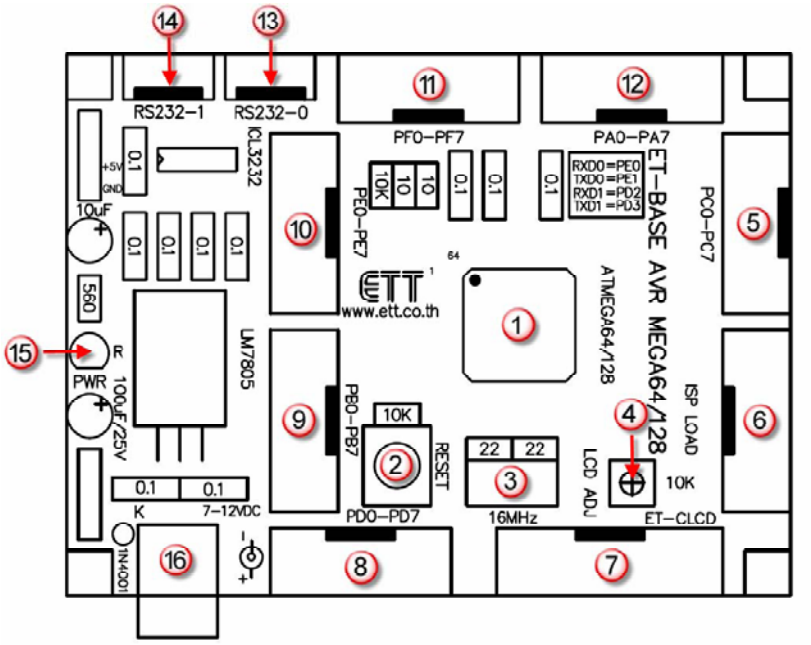
• พอร์ต ISP LOAD สำหรับโปรแกรม MCU (ต้องใช้ร่วมกับET-AVR ISP หรือเครื่องโปรแกรม ISP อื่นที่มีการจัดเรียงขาสัญญาณเหมือนกัน)

• วงจร Line Driver สำหรับพอร์ตสื่อสารอนุกรม RS232 จำนวน 2 ช่อง โดยเชื่อมต่อกับสัญญาณ PE0(RXD0) และ PE1(TXD0) จำนวน 1 ช่อง ส่วนที่เหลืออีก 1 ช่อง จะต่อกับสัญญาณ PD2(RXD1) และ PD3(TXD1) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถต่อทดลองการติดต่อสื่อสาร RS232

• วงจรเชื่อมต่อจอแสดงผล LCD แบบ Character (ET-CLCD) พร้อม VR ปรับความสว่างของ LCD ซึ่งใช้การเชื่อมต่อวงจรกับ LCD แบบ 4 Bit Interface

• วงจร Regulate ขนาด +5V/1A สำหรับใช้งานเป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงวงจรให้กับจอแสดงผล LCD และอุปกรณ์ I/O ต่างๆที่ใช้กับแหล่งจ่ายขนาด +5V พร้อม LED แสดงสถานะสีแดง

• ขนาด PCB Size เล็กเพียง 8 X 6 cm



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างของบอร์ด

•**หมายเลข 1** คือ MCU เบอร์ ATmega64 หรือ ATmega128 ซึ่งเป็น MCU ตระกูล AVR จากATMEL

• **หมายเลข 2** คือ Switch RESET ใช้สำหรับ Reset การทำงานของ MCU

• **หมายเลข 3** คือ Crystal ค่า 16 MHz

• **หมายเลข 4** คือ ตัวต้านทานสำหรับปรับค่าความสว่างให้ LCD

• **หมายเลข 5** คือ PORTC มีขนาด 8 Bit คือ PC0-PC7

• **หมายเลข 6** คือ พอร์ต ISP LOAD ใช้สำหรับดาวน์โหลด Hex File ให้กับ MCU

• **หมายเลข 7** คือ พอร์ต ET-CLCD สำหรับเชื่อมต่อกับ LCD ชนิด Character Type ซึ่งใช้การเชื่อมต่อแบบ 4 Bit

• **หมายเลข 8** คือ PORTD มีขนาด 8 Bit คือ PD0-PD7

• **หมายเลข 9** คือ PORTB มีขนาด 8 Bit คือ PB0-PB7

• **หมายเลข 10** คือ PORTE มีขนาด 8 Bit คือ PE0-PE7

• **หมายเลข 11** คือ PORTF มีขนาด 8 Bit คือ PF0-PF7

• **หมายเลข 12** คือ PORTA มีขนาด 8 Bit คือ PA0-PA7

• **หมายเลข 13 และ 14** คือ ขั้วต่อ RS232 สำหรับใช้งานทั่วไป

• **หมายเลข 15** คือ LED Power ใช้สำหรับแสดงสถานะของแหล่งจ่ายไฟ +5VDC

• **หมายเลข 16** คือ ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟสำหรับเลี้ยงวงจรของบอร์ด

2.2.2 ขั้วต่อสัญญาณต่าง ๆ

สำหรับขั้วต่อสัญญาณของพอร์ต I/O จาก MCU นั้นจะถูกออกแบบและจัดเตรียมไว้ผ่านทางขั้วต่อแบบ IDC-Header ขนาด 10 Pin (2X5) จำนวน 6 ชุด คือ PA,PB,PC,PD,PE,PF ตามลำดับ โดยที่ขั้วต่อสัญญาณแต่ละชุด จะประกอบไปด้วยสัญญาณของ I/O ที่เชื่อมต่อมาจากขาสัญญาณของ MCU โดยตรงทั้งหมด โดยจุดเชื่อมต่อกับสัญญาณภายนอกบอร์ดมีดังนี้

• ขั้วต่อแหล่งจ่ายไฟสำหรับเลี้ยงวงจรของบอร์ด

• ขั้วต่อ PORTA มีขนาด 8 Bit คือ PA0-PA7

• ขั้วต่อ PORTB มีขนาด 8 Bit คือ PB0-PB7

• ขั้วต่อ PORTC มีขนาด 8 Bit คือ PC0-PC7

• ขั้วต่อ PORTD มีขนาด 8 Bit คือ PD0-PD7

• ขั้วต่อ PORTE มีขนาด 8 Bit คือ PE0-PE7

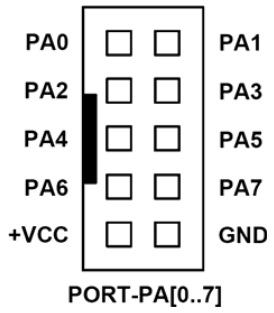
• ขั้วต่อ PORTF มีขนาด 8 Bit คือ PF0-PF7

• ขั้วต่อ ET-CLCD สำหรับเชื่อมต่อกับ LCD ชนิด Character Type

• ขั้วต่อ RS232 จำนวน 2 ช่อง โดยเชื่อมต่อกับสัญญาณ PE0(RXD0) และ PE1(TXD0) จำนวน 1 ช่อง ส่วนที่เหลืออีก 1 ช่อง จะต่อกับสัญญาณ PD2(RXD1) และ PD3(TXD1) เพื่อให้ผู้ใช้สามารถต่อทดลองการติดต่อสื่อสาร RS232

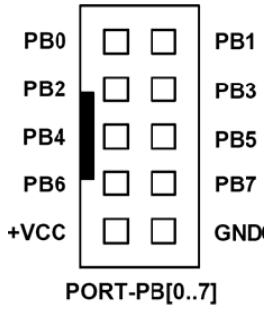
• ขั้วต่อ ISP LOAD ใช้สำหรับดาวน์โหลด Hex File ให้กับ MCU

พอร์ต PA มีขนาด 8 บิต



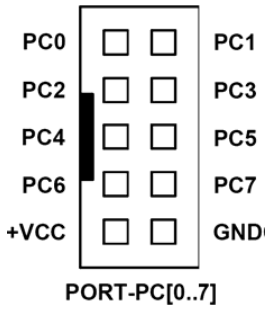
ภาพที่ 2.3 พอร์ต พีเอ มีขนาด 8 บิต

พอร์ต PB มีขนาด 8 บิต



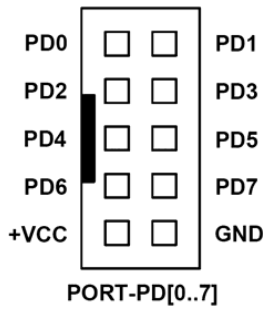
ภาพที่ 2.4 พอร์ต พีบี มีขนาด 8 บิต

พอร์ต PC มีขนาด 8 บิต



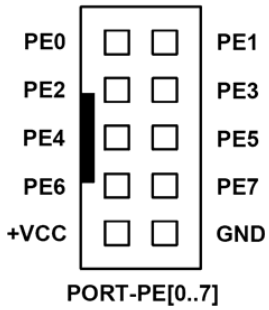
ภาพที่ 2.5 พอร์ต พีซี มีขนาด 8 บิต

พอร์ต PD มีขนาด 8 บิต



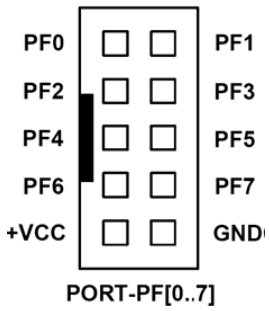
ภาพที่ 2.6 พอร์ต พีดี มีขนาด 8 บิต

พอร์ต PE มีขนาด 8 บิต



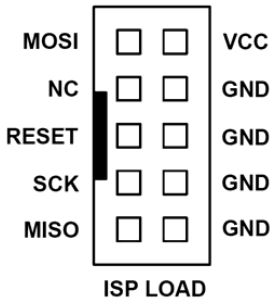
ภาพที่ 2.7 พอร์ต พีอี มีขนาด 8 บิต

พอร์ต PF มีขนาด 8 บิต

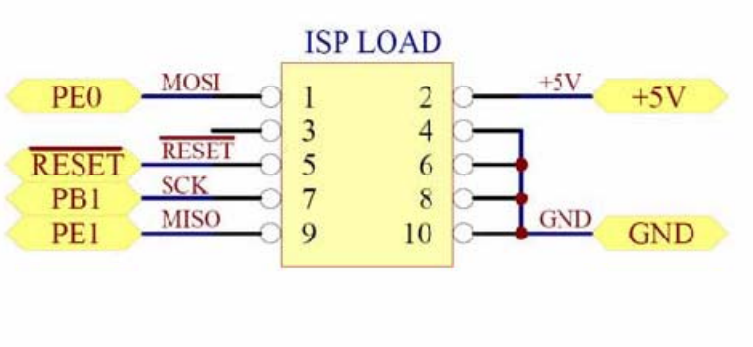


ภาพที่ 2.8 พอร์ต พีเอฟ มีขนาด 8 บิต

พอร์ต ISP LOAD



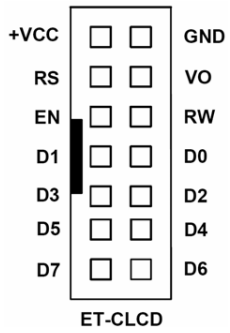
ภาพที่ 2.9 พอร์ต ไอเอสพี แอลโอเอดี



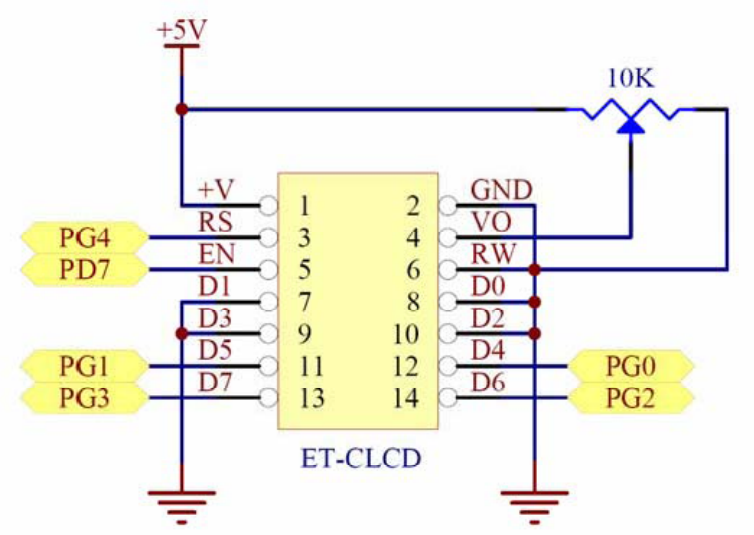
ภาพที่ 2.10 วงจรส่วนที่เชื่อมต่อกับ ไอเอสพี แอลโอเอดี

2.2.3 พอร์ต ET-CLCD

ใช้กับ Character Type LCD โดยใช้การเชื่อมต่อแบบ 4 บิต โดยสัญญาณที่ใช้เชื่อมต่อกับ LCD จะเป็นสัญญาณจากพอร์ต PG และ PD (PD7) โดยในการเชื่อมต่อสายสัญญาณจากขั้วต่อของพอร์ต LCD ไปยังจอแสดงผล LCD นั้นให้ยึดชื่อขาสัญญาณเป็นจุดอ้างอิง โดยให้ต่อสัญญาณที่มีชื่อตรงกันเข้าด้วยกันให้ครบทั้ง 14 เส้น



ภาพที่ 2.11 พอร์ต อีที – ซีแอลซีดี



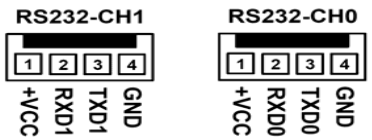
ภาพที่ 2.12 วงจรอีที – ซีแอลซีดี

ตารางที่ 2.1 การจัดเรียงขาสัญญาณของ ซีเอชเออาร์เอซีทีอีอาร์ แอลซีดี มาตรฐาน

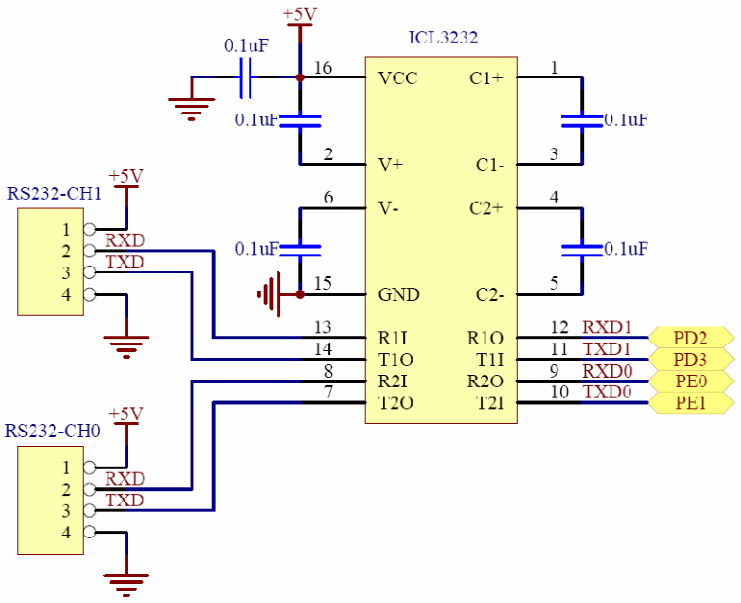
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
GND	**+V CC**	**VO**	**RS**	**R W**	**EN**	**D0**	**D1**	**D2**	**D3**	**D4**	**D5**	**D6**	**D7**

2.2.4 พอร์ต RS232

จำนวน 2 ช่อง โดยเชื่อมต่อกับสัญญาณ PE0(RXD0) และ PE1(TXD0) จำนวน 1 ช่อง ส่วนที่เหลืออีก 1 ช่อง จะต่อกับสัญญาณ PD2(RXD1) และ PD3(TXD1)



ภาพที่ 2.13 พอร์ต อาร์เอส 232



ภาพที่ 2.14 วงจรส่วนที่เชื่อมต่อกับ อาร์เอส232

2.3 จอแสดงผล

ในปัจจุบันนิยมใช้จอแสดงผลเป็นจอแสดงผล LCD มากยิ่งขึ้น เนื่องจากจอแสดงผล LCD สามารถแสดงได้ทั้งด้วยตัวอักษร และตัวเลขบางรุ่นสามารถแสดงภาพกราฟิกหรือแสดงผลเป็นภาษาไทยได้ จอแสดงผล LCD จะมีตัวควบคุมการทำงานอยู่ภายในทำให้ง่ายต่อการเขียนโปรแกรมควบคุมการแสดงผล

2.3.1 การควบคุมจอแสดงผล LCD

จอแสดงผล LCD ที่ใช้ในบทนี้ เป็นแบบตัวอักษรรุ่นใดก็ได้ ที่มีชิปควบคุมการทำงานภายในเป็นของบริษัท Hitachi เบอร์ HD44780 หรือเทียบเท่า จอแสดงผล LCD นี้บางทีเรียกว่า LCD โมดูลเนื่องจากภายในประกอบด้วยซีพียูที่มีรีจิสเตอร์คำสั่ง มีหน่วยความจำรวมตัวอักษร (Charater Generator Rom: CGROM) มีหน่วยความจำแรมแสดงผล (DisplayData RAM: DDRAM)

การสั่งงานให้จอแสดงผล LCD แสดงตัวอักษรทำได้โดยการส่งรหัสควบคุมการทำงานและส่งตัวอักษรที่ต้องการให้แสดงไปให้ ตัวควบคุมภายในของจอแสดงผล LCD จะนำข้อมูลคำสั่งและตัวอักษรไปประมวลผลเองและแสดงตัวอักษรออกที่หน้าจอโดยที่ตัว AVR128 ไม่ต้องสั่งงานอีก

ภาพที่ 2.15 จอแอลซีดี

สำหรับจอแสดงผล LCD ที่แสดงผลบรรทัดละไม่เกิน 80 ตัวอักษร จะมีขาต่อกับจอแสดงผล LCD จำนวน 14 ขา ดังแสดงในภาพที่ 2.15 โดยแต่ละขาจะมีหน้าที่การทำงานดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 การกำหนดขาของ แอลซีดี โมดูล

หมายเลข	สัญลักษณ์	ระดับลอจิก	I/O	หน้าที่การทำงาน
1	Vss	-	-	Power supply (GND)
2	Vcc	-	-	Power supply (5+)
3	RS	-	-	Contrast adjust
4	R/W	0/1	I	0 = Instruction input 1 = Data input
5	R/W	0/1	I	0 = Write to LCD module 1 = Read from LCD module
6	EN	1,1->0	I	Enable singnal
7	D0	0/1	I/O	Data bus line 0 (LSB)

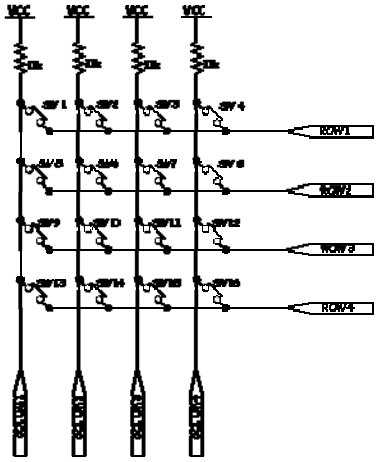
8	D1	0/1	I/O	Data bus line 1
9	D2	0/1	I/O	Data bus line 2
10	D3	0/1	I/O	Data bus line 3
11	D4	0/1	I/O	Data bus line 4
12	D5	0/1	I/O	Data bus line 5
13	D6	0/1	I/O	Data bus line 6
14	D7	0/1	I/O	Data bus line7 (MSB)

2.4 สวิทช์เมตริกซ์

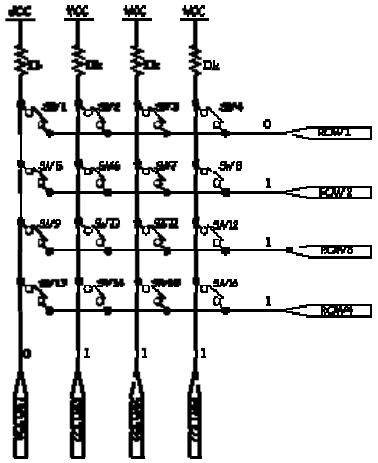
ภาพที่ 2.16 สวิทช์เมตริกซ์ 4 x 4

2.4.1 หลักการทำงานของสวิทช์เมตริกซ์ 4 x 4

หลักการทำงานของวงจร Scan key 4 x 4 วงจรของสวิตช์เมตริกซ์ขนาด 4 x 4 ภาพที่ 2.17 สวิตช์แต่ละตัวจะเชื่อมต่อกันแบบ ROW และแบบ COLUM ในรูปแบบของเมตริกซ์ ในการตรวจสอบการกดสวิตช์แบบเมตริกซ์นั้น ทำได้โดยการป้อนค่าตรวจสอบค่าหนึ่งไปยังด้าน ROW และตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นทางด้าน COLUM อาจจะกล่าวได้ว่าตำแหน่งของการกดสวิตช์ต่างๆ ได้จากการเขียนโปรแกรมเพื่อวนลูปส่งค่าตรวจสอบไปทางด้าน ROW และตรวจสอบค่าที่รับเข้ามาทางด้าน COLUM ภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.17 สวิทช์แบบเมตริกซ์



ภาพที่ 2.18 เมื่อ เอสดับเบิลยู 1 ถูกกด

เริ่มต้นตรวจสอบการกดสวิตช์ในแถว ROW1 จะต้องกำหนดให้ ROW1 มีค่าเป็นลอจิก ’0’ และ ROW2 – ROW4 มีค่าเป็นลอจิก ‘1’ จากนั้นพิจารณาค่าที่รับมาได้จาก COLUM1 - COLUM4 หาก COLUM1 มีค่าเท่ากับลอจิก ‘0’ แสดงว่า SW1 ถูกกด หาก COLUM2 มีค่าเท่ากับลอจิก ‘0’ แสดงว่า SW2 ถูกกด หาก COLUM3 มีค่าเท่ากับลอจิก ‘0’ แสดงว่า SW3 ถูกกดและหาก COLUM4 มีค่าเท่ากับลอจิก ‘0’ แสดงว่า SW4 ถูกกด เมื่อทำการตรวจสอบการกดสวิตช์ในแถว ROW1 เสร็จแล้วก็ทำการตรวจสอบการกดสวิตช์ในแถวต่อไปคือแถว ROW2 ,ROW3 และ ROW4 ตามลำดับ

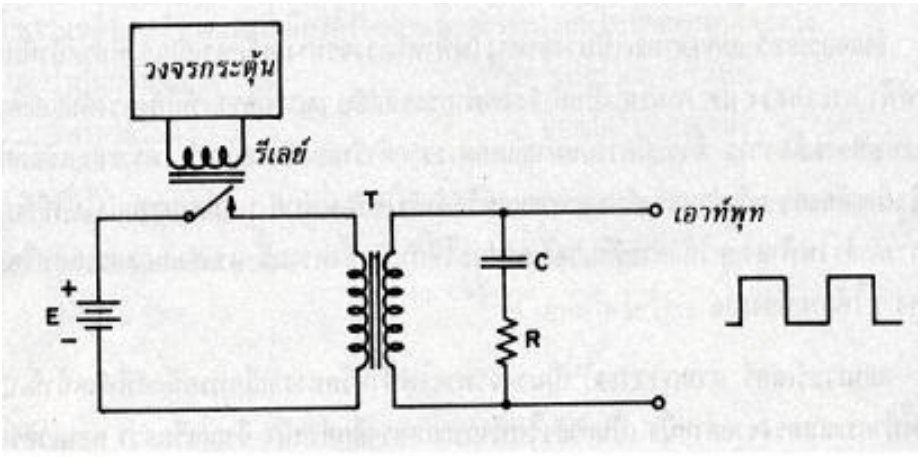
2.5 อินเวอร์เตอร์ [6]

อินเวอร์เตอร์เป็นวงจรทางไฟฟ้าหรือวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังไฟฟ้ากระแสตรง เป็นกำลังไฟฟ้ากระแสสลับ ที่มีทั้งแรงดันและความถี่ออกเอาต์พุตตามต้องการซึ่งจะมีความหมายแตกต่างจากคำว่าออสซิลเลเตอร์เพราะออสซิลเลเตอร์จะให้กำเนิดเพียงความถี่ ส่วนแรงดันและกระแสหรือกำลังไฟฟ้าต่ำมากๆ ไม่สามารถนำไปใช้กับวงจรที่ต้องการกำลังไฟฟ้าสูงๆ ได้ ส่วนอินเวอร์เตอร์จะให้กำเนิดทั้งความถี่ แรงดันและกระแสหรือกำลังไฟฟ้าสูงๆได้ตามต้องการ

2.5.1 หลักการเบื้องต้นของอินเวอร์เตอร์

ในการเปลี่ยนแหล่งจ่ายไฟตรงเป็นไฟสลับนั้นจะมีเทคนิคและวิธีการได้หลายวิธีจะกล่าวสรุปได้ดังนี้

1.การใช้หลักทางกลผสมอิเล็กทรอนิกส์โดยการใช้การทำงานของอินเวอร์เตอร์จากกลไกร่วมกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทำให้เกิดสัญญาณไฟสลับเป็นลักษณะสัญญาณสี่เหลี่ยมออกเอาท์พุทแรงดันและกระแสที่จ่ายออกมาขึ้นอยู่กับจำนวนรอบของการพันหม้อแปลงและขนาดเบอร์ของขดลวดที่ใช้ส่วนการให้กำเนิดความถี่ของสัญญาณไฟสลับขึ้นอยู่กับสัญญาณกระตุ้นมาทำให้หน้าสัมผัสรีเลย์ตัดต่อวงจรตามจังหวะ วงจรอินเวอร์เตอร์แบบทางกลผสมอิเล็กทรอนิกส์
ภาพที่ 2.19 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบทางกลผสมอิเล็กทรอนิกส์

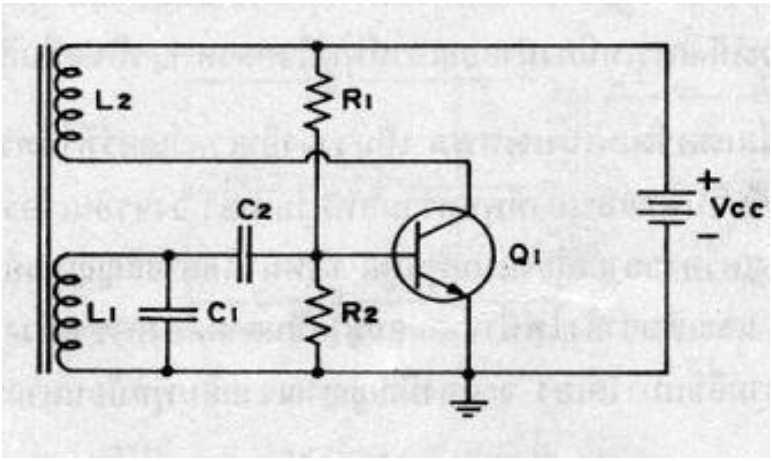


ภาพที่ 2.19 วงจรอินเวอร์เตอร์ทางกลผสมอิเล็กทรอนิกส์

ภาพที่ 2.19 เป็นวงจรอินเวอร์เตอร์แบบทางกลผสมอิเล็กทรอนิกส์ การทำงานจะใช้วงจรกระตุ้นกำเนิดโดยอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้หน้าสัมผัสรีเลย์ตัดต่อตามจังหวะของสัญญาณที่มากระตุ้นแรงดันจากแบตเตอรี่ E จ่ายผ่านเข้าขดปฐมภูมิของหม้อแปลง T เป็นจังหวะ ทำให้ขดปฐมภูมิเกิดสนามแม่เหล็กยุบตัวและพองตัวเป็นจังหวะเช่นกัน ชักนำสนามแม่เหล็กไปยังขดทุติยภูมิของหม้อแปลง T เกิดเป็นแรงดันชักนำขึ้นที่ขดทุติยภูมิเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยมตามต้องการ

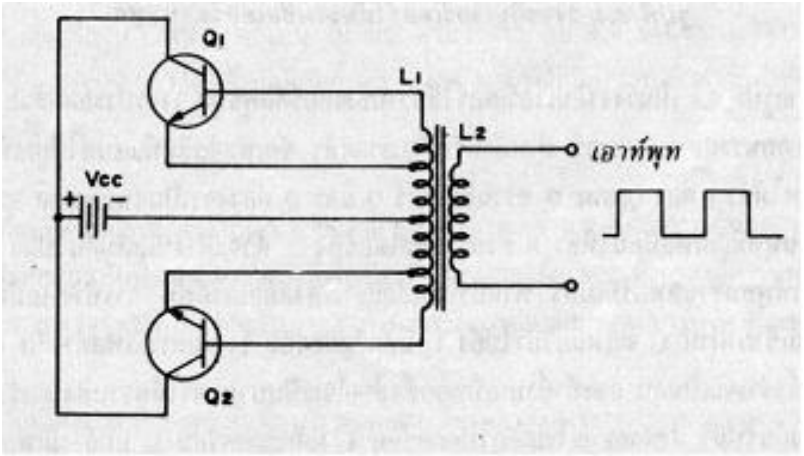
2. ใช้หลักการกำเนิดความถี่ วงจรกำเนิดความถี่หรือออสซิลเลเตอร์ จะถือว่าเป็นส่วนหนึ่งของวงจรอินเวอร์เตอร์ โดยให้ออสซิลเลเตอร์กำหนดความถี่ขึ้นมา ที่มีค่าแรงดันและกำลังไฟฟ้าต่ำส่งผ่านหม้อแปลง เพื่อเพิ่มแรงดันไฟฟ้าตามต้องการ หลักการของออสซิลเลเตอร์ ใช้หลักการป้อนกลับทางบวกเข้าช่วยให้ความถี่ถูกกำหนดขึ้นมาตลอดเวลา วงจรกำเนิดความถี่สามารถสร้างขึ้นมาได้หลายวงจรด้วยกัน เช่น ฮาร์ทเลย์ออสซิลเลเตอร์ โคลปิทท์ออสซิลเลเตอร์ จุดชนวนออสซิลเลเตอร์ เป็นต้น

ภาพที่ 2.20 เป็นวงจรจุดชนวนออสซิลเลเตอร์ การทำงานจะอาศัยหลักการป้อนกลับทางบวก จากเอาต์พุตไปอินพุต วงจรประกอบไปด้วย L1 C1 เป็นวงจรรีโซแนนท์แบบขนาน เพื่อกำหนดความถี่ในวงจร C2 เป็นตัวคัปปลิ้งสัญญาณไปเข้าขา B ของ Q1 ตัว R1,R2 เป็นวงจรแบ่งแรงดัน เพื่อกำหนดไบอัสให้ขา B ของ Q1 ขดลวด L2 เป็นโหลดของวงจร และทำหน้าที่ป้อนสัญญาณกลับมากระตุ้นวงจรรีโซแนนท์แบบขนาน L1 C1 เป็นแบบป้อนกลับทางบวก เมื่อกำหนดค่า L1C1 ให้พอเหมาะถูกต้องก็จะได้ค่าความถี่ตามต้องการ แต่จะเป็นความถี่ค่อนข้างสูง



ภาพที่ 2.20 วงจรจุดชนวนออสซิลเลเตอร์

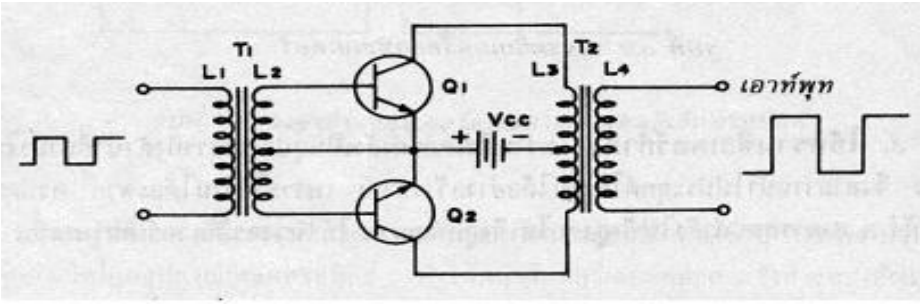
3. ใช้ทรานซิสเตอร์กำลังทรานซิสเตอร์กำลังเป็นอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่นำมาใช้งานนานแล้ว จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง เพราะใช้งานได้สะดวก ควบคุมการทำงานได้ง่าย สามารถทนกำลังไฟฟ้าสูงๆได้ จึงถูกพัฒนามาใช้ในวงจรอินเวอร์เตอร์มากขึ้นวงจรอินเวอร์เตอร์แบบใช้ทรานซิสเตอร์กำลัง



ภาพที่ 2.21 วงจรจุดชนวนออสซิลเลเตอร์กำลังในการกำเนิดความถี่

ภาพที่ 2.21 วงจรอินเวอร์เตอร์แบบใช้ทรานซิสเตอร์กำลังในการกำเนิดความถี่โดยมีขดลวดจากหม้อแปลงเป็นตัวป้อนกลับซึ่งเป็นวิธีการป้อนกลับทางด้านสนามแม่เหล็ก จะมีลักษณะการทำงานเหมือนวงจรมัลติไวเบรเตอร์ คือ ทรานซิสเตอร์ทั้งสองจะทำงานสลับกัน ตัวหนึ่งคัตออฟตัวหนึ่งอิ่มตัวในเวลาสั้นๆก็จะสลับไปสลับมาความถี่ของออสซิลเลเตอร์ขึ้นอยู่กับค่าความเหนี่ยวนำของขดลวดที่ใช้ หรือจำนวนรอบที่พันของขดลวดนั่นเอง การออสซิลเลตความถี่ของวงจรอาศัยการยุบตัวพองตัวของสนามแม่เหล็กในขดลวด L1 ไปทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 สลับกันทำงาน เมื่อตัวหนึ่งทำงาน จะบังคับให้อีกตัวหนึ่งหยุดทำงานสลับไปมาตลอดเวลา ที่จ่ายแหล่งจ่ายแบตเตอรี่ให้วงจร จะเกิดการเหนี่ยวนำออกเอาต์พุตที่ขดลวด L2 เป็นคลื่นสี่เหลี่ยม

4. ใช้ทรานซิสเตอร์ต่อแบบพุชพูลเป็นวงจรอินเวอร์เตอร์ที่ใช้ทรานซิสเตอร์กำลังเช่นเดียวกัน โดยทำงานร่วมกับอินพุตและเอาต์พุตทรานฟอร์เมอร์ วงจรอินเวอร์เตอร์แบบนี้จะทำงานเหมือนกับวงจรขยายของเครื่องขยายเสียงแบบพุชพูล ทำหน้าที่ขยายสัญญาณอินพุต ให้มีระดับความแรงมากขึ้นออกเอาต์พุต และเพิ่มกำลังไฟฟ้าจ่ายออกมากขึ้นตามต้องการ แต่วงจรอินเวอร์เตอร์แบบนี้จะไม่สามารถกำเนิดความถี่ขึ้นมาได้เอง จะต้องมีสัญญาณจากอินพุตป้อนมากระตุ้น

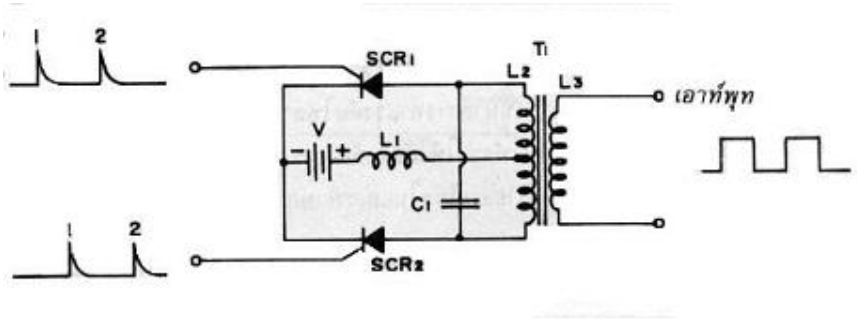


ภาพที่ 2.22 วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้ทรานซิสเตอร์ต่อแบบพุชพูล

ภาพที่ 2.22 วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้ทรานซิสเตอร์ต่อพุชพูล วงจรประกอบด้วย หม้อแปลง T1 อินพุตทรานฟอร์เมอร์ ทำหน้าที่รับสัญญาณเข้า จัดเฟสจัดอิมพีแดนซ์ให้ถูกเพื่อป้อนสัญญาณอินพุตให้ขา B ของ Q1และQ2ต่อวงจรเป็นแบบพุชพูล จะทำงานโดยสัญญาณอินพุตที่ถูกเฟสป้อนให้ขา B ซึ่งทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวจะทำงานสลับกันไปมา หม้อแปลง T2 เป็นเอาต์พุต ทรานฟอร์เมอร์ ทำหน้าที่รับสัญญาณส่งออกเอาต์พุต การทำงานเมื่อมีสัญญาณอินพุตป้อนเข้ามาผ่าน L1 จะเหนี่ยวนำไปยัง L2 มีศักย์ตกคร่อม L2 บนล่างมีเฟสต่างกัน เช่น ขั้วบนเป็นบวก ขั้วล่างจะเป็นลบ

และถ้าขั้วบนเป็นลบขั้วล่างก็จะเป็นบวก ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 และQ2 ทำงานสลับกันไปมา ส่งสัญญาณไฟสลับไปตกคร่อม L3 มีศักย์ตกคร่อม L3 บนล่างมีเฟสต่างกันและสลับกันไปมาตลอดเวลา ชักนำสัญญาณไฟสลับส่งไป L4 เป็นสัญญาณเอาต์พุต

5. ใช้ SCR ทำงานสลับกัน การใช้ SCR ต่อในวงจรอินเวอร์เตอร์ ได้รับความนิยมและได้นำมาประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย เพราะสามารถเลือก SCR ที่ทนกำลังไฟฟ้าสูงๆมาใช้ในการทำงานได้ แต่จะต้องควบคุมสัญญาณที่จะใช้กระตุ้นขา G ของSCR แต่ละตัวอย่างถูกต้องและสอดคล้องกับการทำงานของวงจร เมื่อ SCR นำกระแสแล้วในการใช้กับแรงดันไฟตรง SCR จะนำกระแสตลอดเวลา จึงต้องใช้เทคนิคการหยุดนำกระแสของ SCR เข้าช่วย วงจรเบื้องต้น



ภาพที่ 2.23 วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้ เอสซีอาร์

ภาพที่ 2.23 วงจรอินเวอร์เตอร์ใช้ SCR 2 ตัวสลับกันทำงาน ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ตัดต่อการจ่ายแรงดันในวงจร ตัว L1 หน่วงการไหลของกระแสที่ผ่าน SCR ตัว C1 จะประจุแรงดันต้านการนำกระแสของ SCR และหม้อแปลง T1 เป็นโหลดในการทำงานของ SCR และส่งสัญญาณสี่เหลี่ยมออกเอาต์พุต

การทำงานเมื่อมีพัลส์ลูกแรกมากระตุ้นที่ขา G ของSCR1 ให้นำกระแส มีกระแสไหลจากขั้วบวกจากแบตเตอรี่ผ่าน L1 ไป L2 ครึ่งบน ไป SCR1 ครบวงจรขั้วลบ SCR1 จะนำกระแสคงที่ตลอดเวลาตัว C1 จะได้รับการประจุแรงดันขั้วบนที่ต่อกับขา A ของ SCR1 มีศักย์เป็นลบ ขั้วล่างที่ต่อกับขา A ของ SCR2 มีศักย์เป็นบวก

เมื่อมีพัลส์ลูกที่สองกระตุ้นที่ขา G ของSCR1ให้นำกระแส จะทำให้ SCR 2 หยุดนำกระแสทันทีสลับกันไป เพราะขณะที่ SCR2 นำกระแส C1จะได้รับการประจุแรงดันจากแบตเตอรี่ V ขั้วที่

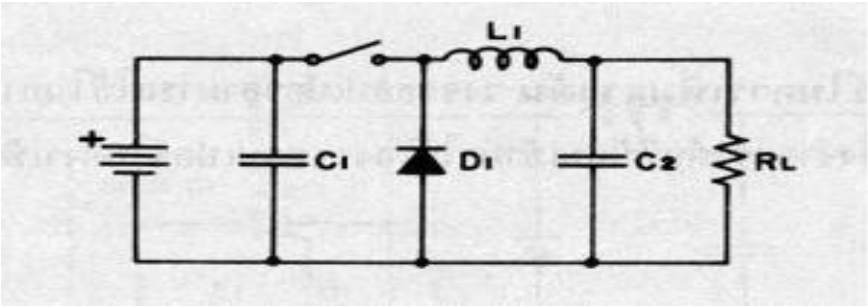
ต่อกับขา A ของSCR2 มีศักย์เป็นลบขั้วบนที่ต่อกับขา A ของSCR1 เป็นบวก เมื่อ SCR1 นำกระแส จึงมีไบอัสกลับจาก C1 จ่ายให้ SCR2 ทำให้ SCR2 หยุดนำกระแส

การนำกระแสของ SCR แต่ละตัวสลับกันไปมานี้ จะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านขดลวด L2 สลับทิศไปมา เกิดการยุบตัวของสนามแม่เหล็ก เหนี่ยวนำจากขด L2 ไปขด L3 ได้สัญญาณสี่เหลี่ยมไฟสลับออกเอาต์พุต

2.5.2 หลักการสวิตช์โหมดอินเวอร์เตอร์

หลักการทางด้านสวิตช์โหมดเป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน โดยที่มีการพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์พวกสวิตช์กำลัง ให้มีขีดการทำงานได้สูงมากขึ้นและสามารถทำงานได้ที่กระแสสูงๆ และความเร็วสูงๆ อุปกรณ์ที่เลือกมาใช้งานก็หาได้ง่าย เช่น ทรานซิสเตอร์หรือไทริสเตอร์ เป็นต้น หลักการที่ใช้สวิตช์โหมดอินเวอร์เตอร์ สรุปได้ดังนี้

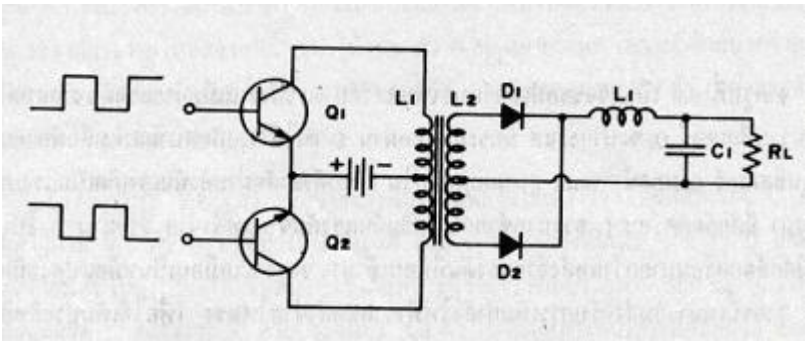
1.ใช้หลักการเร็กกูเลตแรงดันไฟตรง



ภาพที่ 2.24 สวิตช์โหมดใช้หลักการเร็กกูเลเตอร์

ภาพที่ 2.24 เป็นวงจรสวิตช์โหมดใช้หลักการเรกกูเลเตอร์ แรงดันไฟตรง โดยให้แรงดันเอาต์พุตมีค่าน้อยกว่าแรงดันอินพุต จึงสามารถทำการเร็กกูเลตได้อาศัยหลักการในการสวิตช์นั่นเอง ถ้าหากแรงดันเอาต์พุตตกก็จะมีการเพิ่มดิวตี้ไซเกิลของการสวิตช์ให้มากขึ้น และถ้าแรงดันเอาต์พุตสูงก็จะลดขนาดความกว้างของพัลส์ในการสวิตช์ลง คือปรับความกว้างของพัลส์ให้ได้แรงดันเฉลี่ยออกเอาต์พุตดีที่สุด

2.ใช้อุปกรณ์สวิตช์ทางอิเล็กทรอนิกส์

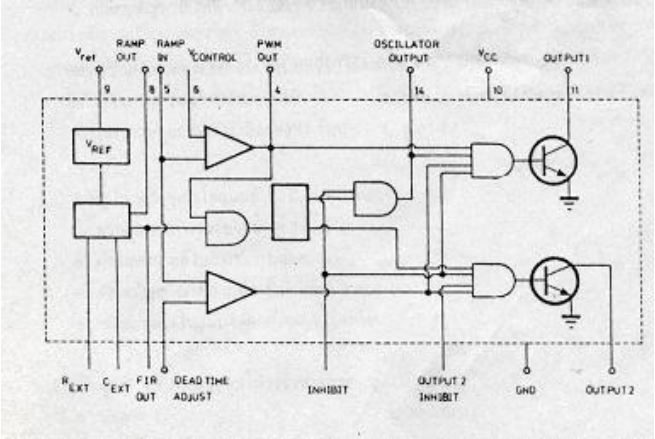


ภาพที่ 2.25 สวิตช์โหมดใช้อุปกรณ์สวิตช์ทางอิเล็กทรอนิกส์

ภาพที่ 2.25 เป็นสวิตช์โหมดใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ถูกควบคุมด้วยพัลส์ที่ขา B ของ Q1 และ Q2 สลับกัน จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่ L1 ยุบตัวและพองตัวสลับกัน เหนี่ยวนำผ่านไป L2 เกิดแรงดันชักนำ ส่งผ่านไดโอด D1,D2 เร็กติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น ผ่าน L1,C1 ฟิลเตอร์แรงดันไฟตรงที่เรียบส่งต่อไปยังโหลด RL ระดับแรงดันที่โหลด RL ได้รับจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับการควบคุมความกว้างของพัลส์ทางอินพุตควบคุมการสวิตช์ของ Q1 และ Q2 ทำให้ได้ระดับแรงดันไฟตรงคงที่ออกเอาต์พุต

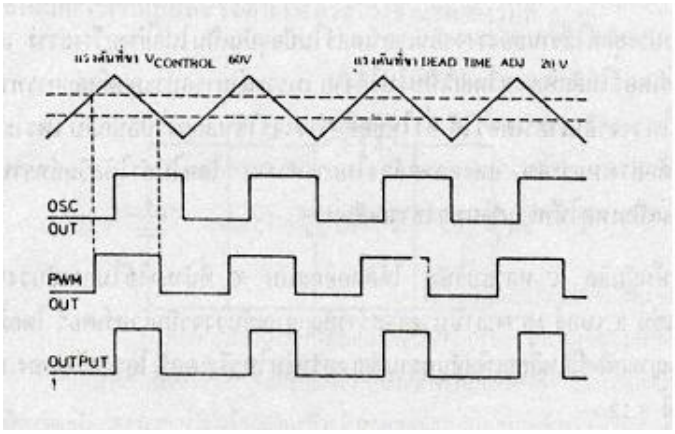
การประยุกต์ใช้งานของวงจรอินเวอร์เตอร์ในปัจจุบันเป็นไปอย่างกว้างขวาง และการออกแบบวงจรอินเวอร์เตอร์ในลักษณะสวิตช์ก็เป็นไปได้ง่าย เพราะสามารถประยุกต์หลักการทางดิจิตอลมาเป็น ตัวขับสวิตช์ในวงจรอินเวอร์เตอร์ได้ ซึ่งให้ข้อดีกว่าวงจรใช้หลักการป้อนกลับเพราะสามารถควบคุมการทำงานได้อย่างเหมาะสม และสอดคล้องในการทำงาน โดยไม่ทำให้สวิตช์ทรานซิสเตอร์ทำงานพร้อมกัน อันเป็นเหตุให้ทรานซิสเตอร์ชำรุดเสียหาย

บริษัทผู้ผลิต IC หลายบริษัท ได้คิดออกแบบ IC ที่นำมาใช้ในการขับวงจรอินเวอร์เตอร์โดยเฉพาะเช่น IC เบอร์ MC3420 เป็นวงจรสร้างสัญญาณขับวงจรอินเวอร์เตอร์ โดยมีจุดมุ่งหมายในการสร้างสัญญาณพัลส์สี่เหลี่ยมเพื่อขับทรานซิสเตอร์หรือไทริสเตอร์ โครงสร้างของ IC เบอร์ MC3420



ภาพที่ 2.26 โครงสร้างของ ไอซี เบอร์ เอ็มซี3420

ภาพที่ 2.26 เป็นโครงสร้างของ IC เบอร์MC3240 เป็น IC ขนาด 16 ขา ภายในตัว IC สามารถควบคุมความกว้างของพัลส์รูปสี่เหลี่ยมได้โดยขา 6 ซึ่งเป็นขา VCONTROL เพื่อให้ความกว้างของพัลส์แปรตามแรงดันควบคุมความถี่ของออสซิลเลเตอร์ กำหนดได้ด้วยตัวต้านทานจากภายนอก Rext และตัวเก็บประจุจากภายนอก Cext ซึ่งสามารถหาได้จากกราฟคุณสมบัติที่ผู้ผลิตกำหนดมาให้ ลักษณะของสัญญาณควบคุม



ภาพที่ 2.27 ลักษณะของสัญญาณควบคุม

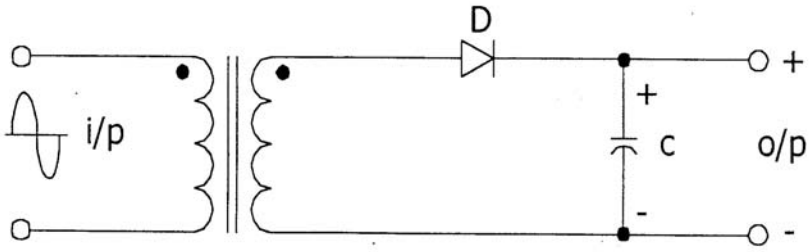
2.6 วงจรเร็กติไฟเออร์ [7]

นิยมใช้กันในปัจจุบันมีอยู่ 3 แบบด้วยกันดังนี้

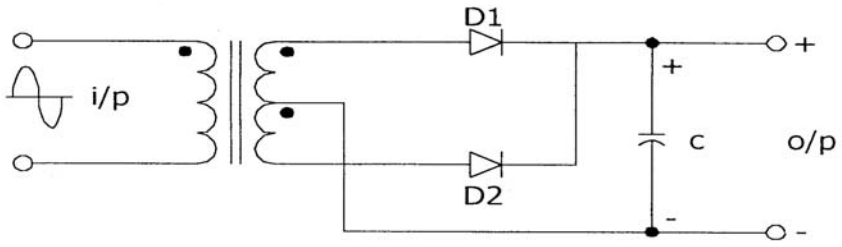
1. แบบครึ่งคลื่น (Half-Wave-Rectifier) เป็นแบบง่ายๆที่มักใช้ในวงจรที่ไม่ต้องการเสถียรภาพมากนัก มักพบเจอได้ในอแดปเตอร์ขนาดเล็กที่มีขายทั่วไป มีอัตราการกระเพื่อม(Ripple)ของแรงดันสูง ถ้าต้องการให้แรงดันราบเรียบมากๆ ก็ต้องใช้ตัวเก็บประจุกรองแรงดันค่าสูงๆและต้องใช้หม้อแปลงที่มีขนาดใหญ่มากๆถ้าต้องการจ่ายกระแสสูงๆ วงจรภาพที่ 2.28

2. แบบเต็มคลื่นใช้แท็ปกลาง (Full-Wave Center Tap Rectifier) แบบนี้จะต้องใช้หม้อแปลงที่มีแท็ปกลาง (Center Tap) ด้วยเพื่อผลของการจ่ายกระแสสูงๆมีอัตราการกระเพื่อมน้อยกว่าแบบครึ่งคลื่นเพราะใช้แรงดันไฟกระแสสลับทั้งขั้วบวกขั้วลบ ทำให้ใช้ตัวเก็บประจุกรองไฟที่มีค่าไม่สูงนักได้ ตามลักษณะการต่อวงจรภาพที่ 2.29

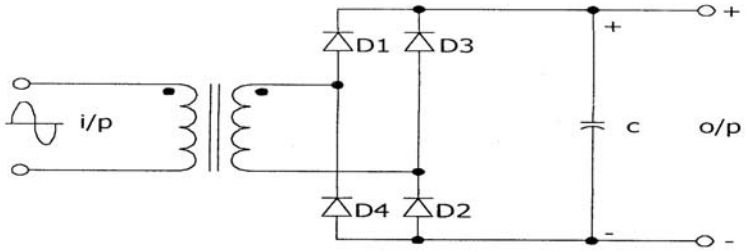
3. แบบเต็มคลื่นใช้บริดจ์ (Full-Wave Bridge Rectifier) มีคุณสมบัติเหมือนเต็มคลื่นใช้แท็ปกลาง แต่ใช่หม้อแปลงแบบไม่มีแท็ปกลาง ทำให้ใช้ประสิทธิภาพของหม้อแปลงได้เต็มที่ แสดงการต่อวงจรภาพที่ 2.30



ภาพที่ 2.28 วงจรเร็กติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น



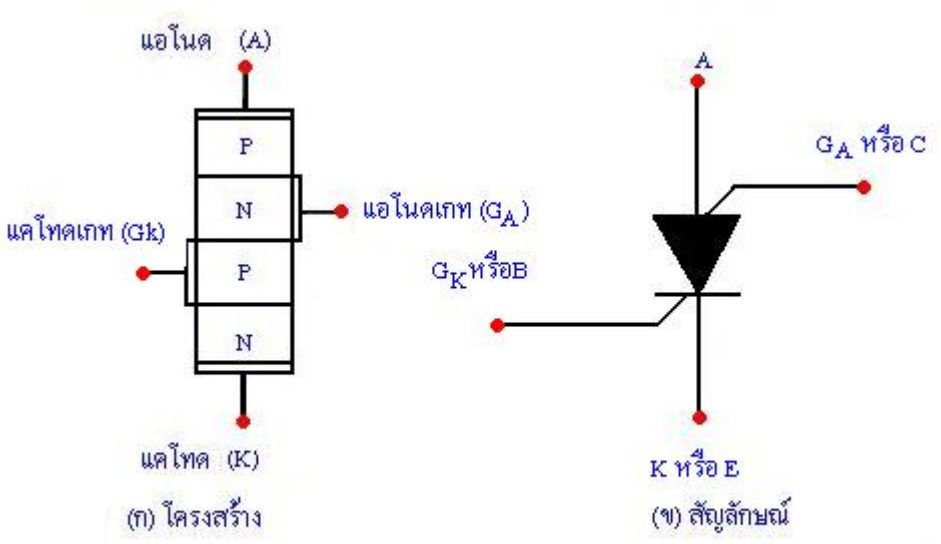
ภาพที่ 2.29 วงจรเร็กติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นใช้แท็ปกลาง



ภาพที่ 2.30 วงจรเร็กติไฟเออร์แบบเต็มคลื่นแบบบริดจ์

2.7 ไทริสเตอร์ [8]

SCR หรือไทริสเตอร์ประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำ 4 ชั้น P , N , P , N ต่อกันดังรูปแต่ว่ามีขั้วออกมาเพียงแค่ 3ขั้ว คือ ขั้วแอโนด , แคโทด และ เกท สัญลักษณ์ของ SCR ภาพที่ 2.31

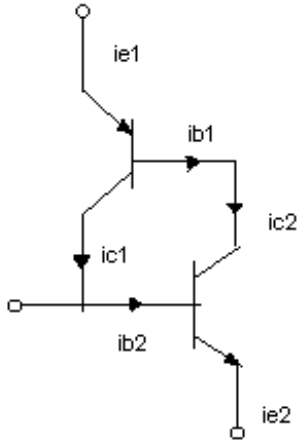


ภาพที่ 2.31 โครงสร้างและสัญลักษณ์ของไทริสเตอร์

2.7.1 การทำงานของ ไทริสเตอร์

พิจารณาโครงสร้างของไทริสเตอร์ เป็นทรานซิสเตอร์ PNP และ NPN ต่อกันดังแสดงในรูปขาอีมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 จะเป็นขั้วแอโนด , ขาอีมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q2 จะเป็นขั้วแคโทด และขาคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 จะต่อร่วมกับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q2 เป็นขั้วเกท

การทำงานของไทริสเตอร์คือ ขณะที่ยังไม่มีกระแสไหลเข้าเกทสู่แคโทด แรงดันที่แอโนดเมื่อเทียบกับแคโทดจะเป็นบวกหรือเป็นลบก็ตาม ไทริสเตอร์จะไม่นำกระแส และขณะที่มีกระแสไหลเข้าเกทสู่แคโทด แรงดันที่แอโนดเทียบกับแคโทดเป็นลบ ไทริสเตอร์ก็จะไม่นำกระแส แต่เมื่อแรงดันที่แอโนดเทียบกับแคโทดเป็นบวก และมีกระแสไหลเข้าเกทสู่แคโทด ไทริสเตอร์จะนำกระแสการจ่ายกระแสไหลเข้าเกทสู่แคโทดเพื่อให้ ไทริสเตอร์นำกระแส เรียกกันว่า ทำการจุดชนวนไทริสเตอร์ให้นำกระแส



ภาพที่ 2.32 การทำงานของไทริสเตอร์

พิจารณาตามวงจรที่แสดงในรูป เมื่อมีกระแส I_G ไหลเข้าเบสสู่อีมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q2 หรือมีกระแสไหลเข้าเกทสู่แคโทดของ ไทริสเตอร์จะมีกระแสไหลเข้าคอลเลคเตอร์ (I_{c2}) ของทรานซิสเตอร์ Q2 เท่ากับ ($_2$ เท่าของ I_G (ค่า($_2 = I_{C2}/I_{B2}$) กระแส I_{C2} จะเท่ากับ I_{B1} ซึ่งจะทำให้มีกระแสไหลจากขั้วแอโนด เข้าอีมิเตอร์สู่เบสของทรานซิสเตอร์ Q1 และผ่านคอลเลคเตอร์สู่อีมิเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q2 ครบวงจรที่ขั้วแคโทด และกระแสเบส (I_{B1})จะทำให้มีกระแส I_{C1} ไหลจากอีมิเตอร์เข้าสู่คอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์ Q1 เท่ากับ ($_1$ เท่าของ I_{B2} จะเท่ากับI_{C1} รวมกับ I_G จนในที่สุดทรานซิสเตอร์ทั้งสองนำกระแส หรือเรียกกันว่า ไทริสเตอร์นำกระแส คือความต้านทานระหว่างขั้วแอโนดและแคโทดของไทริสเตอร์มีค่าต่ำมาก แรงดันไฟฟ้าเกือบทั้งหมดจะไปตกคร่อมโหลด โดยมีแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมไทริสเตอร์ น้อยมาก จะเห็นว่าสามารถใช้กระแสไหลเข้าเกทเพียงเล็กน้อย ก็สามารถจะทำให้ไทริสเตอร์นำกระแสได้ และเมื่อจ่ายกระแสเข้าเกทเพียงชั่วครู่แล้วหยุดจ่ายกระแสเข้าเกท กระแส I_{B2} จะเท่ากับ I_{C1}ไทรริสเตอร์ ก็จะยังนำกระแสอยู่ กล่าวสรุปได้ว่าเมื่อทำการจุดชนวนให้ไทริสเตอร์นำกระแสแล้ว ไทริสเตอร์จะยังคงนำกระแสต่อไป แม้จะนำกระแสจุดชนวนออกแล้ว

2.7.2 รายละเอียดของขีดจำกัดของเอสซีอาร์

รายละเอียดของขีดจำกัดก็คือสเปคของเอสซีอาร์ดีๆนี่เอง โดยปกติในการออกแบบวงจรเอสซีอาร์จะต้องคำนึงถึงขีดจำกัดเหล่านี้ เพราะขีดจำกัดเหล่านี้จะบอกถึงช่วงที่เอสซีอาร์ยังทำงานได้โดยไม่เกิดการเสียหาย โดยปกติขีดจำกัดของเอสซีอาร์จะยังคงเปลี่ยนแปลงขึ้นอยู่กับสภาวะ

แวดล้อมได้อีกเล็กน้อย ดังนั้นทางผู้ผลิตจึงกำหนดขีดจำกัดไว้ที่อุณหภูมิห้องหรืออุณหภูมิประมาณ 25 องศาเซลเซียส ขีดจำกัดของเอสซีอาร์ที่สำคัญมีดังนี้

แรงดันไบแอสตรงจุดชนวน หรือแรงดันพังขณะไบแอสตรง (Forward breakdown voltage) แรงดันขณะไบแอสตรงคือแรงดันที่ป้อนขั้วบวกให้กับแอโนดและขั้วลบให้แคโทดแล้วเอสซีอาร์จะนำกระแสได้และถ้าไม่มีตัวจำกัดกระแสจากภายนอกเอสซีอาร์ก็จะพังทันที การนำกระแสของเอสซีอาร์นี้ไม่ต้องมีการจุดชนวนสัญลักษณ์ที่ใช้แทนแรงดันพังนี้ คือ V_{BO} ในการใช้งานเอสซีอาร์ เรามักจะไม่ให้เอสซีอาร์นำกระแสด้วยการป้อนแรงดันนี้ เพราะจะเป็นการเสี่ยงต่อการเสียหายของเอสซีอาร์อยู่มาก ดังนั้นสมมุติเมื่อใช้งานที่แหล่งจ่ายไฟสูงสุด400V เราต้องให้แรงดันค่านี้มีค่ามากกว่า 400V

แรงดันบล็อกกิ้งขณะไบแอสตรง (Forward blocking voltage) แรงดันบล็อกกิ้งขณะไบแอสตรงนี้คือ ค่าแรงดันสูงสุดที่คร่อมเอสซีอาร์ซึ่งไม่ทำให้มันนำกระแส ผู้ผลิตบางบริษัทก็ใช้ค่าแรงดันไบแอสตรงจุดชนวนเพราะความหมายใกล้เคียงกันมาก สัญลักษณ์ที่ใช้จะใช้ว่า V_{FX}

กระแสไบแอสสูงสุด(Maximum forward current)กระแสที่ไหลผ่านเอสซีอาร์ขณะที่มันนำกระแสจะแปรตามอุณหภูมิที่ขั้วต่อของเอสซีอาร์ โดยปกติกระแสนี้จะเป็นกระแสที่ทำให้รอยต่อเกิดความร้อนจนมันพังได้ ดังนั้นในขณะใช้งานจึงต้องเลือกค่ากระแสไบแอสตรงสูงสุดให้พอเหมาะ จากข้อแนะนำของผู้ผลิตได้กล่าวไว้ว่าถ้าให้กระแสใช้งานมีค่าเฉลี่ย 1 แอมแปร์ จะต้องเลือกเอสซีอาร์ที่มีกระแสไบแอสตรงสูงสุดอย่างน้อย 1.57 แอมแปร์ และจะต้องมีแผ่นระบายความร้อนด้วย ค่ากระแสนี้ใช้สัญลักษณ์ว่า I_{FMAX}

กระแสจุดชนวนเกท(Gate trigger current) เป็นกระแสที่ใช้ในการจุดชนวนหรือจุดชนวนให้เอสซีอาร์ทำงาน โดยทั่วไปผู้ผลิตมักจะบอกค่ากระแสนี้เป็นกระแสต่ำสุดที่ต้องการเพื่อนำไปจุดขนวนให้เอสซีอาร์ทำงาน โดยใช้สัญลักษณ์ว่า $I_{GT(min)}$ ค่ากระแสนี้จะเปลี่ยนแปลงกับอุณหภูมิได้บ้าง

แรงดันจุดชนวนเกท(Gate trigger voltage) เป็นค่าแรงดันที่ใส่เข้าทางเกทเมื่อเทียบกับขาแคโทด แรงดันที่ให้เกทนี้ถ้ามีค่าเท่ากับแรงดันจุดชนวนแล้วจะทำให้เอสซีอาร์นำกระแส ค่าแรงดันนี้ใช้สัญลักษณ์ V_{GT}

กระแสโฮลดิ้ง (Holding current) เป็นค่ากระแสที่ไหลระหว่างแอโนด กับแคโทดที่ต่ำที่สุดที่ยังทำให้เอสซีอาร์นำกระแสได้ หลังจากที่ได้ทำการจุดชนวนเกท กระแสโฮลดิ้งจะมีค่าสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดลง สัญลักษณ์ที่ใช้แทนคือ I_H

แรงดันไบแอสกลับสูงสุด(Peak reverse voltage) โดยปกติถ้าทำการไบแอสกลับระหว่างแอโนดกับแคโทด จะทำให้เอสซีอาร์มีลักษณะเหมือนกับไดโอดธรรมดาตัวหนึ่ง ดังนั้นถ้าหากให้แรงดันไบแอสกลับนี้มีค่าสูงมากจนเกินไปแล้วเอสซีอาร์ก็จะพังเสียหายได้ เอสวีอาร์ทั่วไปจะให้แรงดันไบแอสกลับในขณะที่เกิดขึ้นบ่อยๆหรือถี่มากตามลูกคลื่นที่ใช้ได้ต่ำกว่าแรงดันไบแอสกลับขณะที่มีพัลส์ของแรงดันชั่วขณะ สัญลักษณ์ที่ใช้คือ V_R

แรงดันไบแอสกลับสูงสุดที่เกท(Peak reverse gate voltage) ในสภาวะที่เอสซีอาร์ได้รับการไบแอสกลับจะทำให้มันไม่นำกระแส การที่มันไม่นำกระแสนั้นก็หมายความว่าเรายังไม่มีการจุดชนวนที่เกทของเอสซีอาร์ แต่ถ้าเราให้เกทกับแคโทดมีแรงดันไบแอสกลับมันจะมีค่าแรงดันสูงสุดค่าหนึ่งที่ทำให้รอยต่อเกทพัง ค่าแรงดันนี้เรียกว่า แรงดันไบแอสกลับสูงสุดที่เกท ใช้สัญลักษณ์ว่า V_{RGM}

กระแสเกทสูงสุด(Maximum gate current) ในการจุดชนวนให้เอสซีอาร์นำกระแสนั้นเราทำได้โดยการให้กระแสกับเกทของมัน ค่ากระแสเกทนี้ จะมีค่าขอบเขตจำกัดทางด้านค่าสูงสุดนั่นคือค่ากระแสสูงสุดที่ทำให้ตัวเอสซีอาร์พังได้ดังนั้นในการจุดชนวนเอสซีอาร์ให้นำกระแสจะต้องให้ค่ากระแสนี้มีค่าน้อยกว่าค่ากระแสเกทสูงสุด สัญลักษณ์ที่ใช้คือ $I_{G(MAX)}$

2.7.3 การจุดชนวนไทริสเตอร์

ไทริสเตอร์สามารถเปลี่ยนสถานะจากสภาวะปิดกระแสเข้าสู่สภาวะเปิดกระแสได้โดยอาศัยวิธีการต่างดังนี้

1. ใช้ป้อนแรงดันค่าบวกเข้าที่ขาเกท การป้อนแรงดันค่าบวกเข้าที่ขั้วเกทของไทริสเตอร์จะทำให้มีกระแสพุ่งเข้าเบสของทรานซิสเตอร์ เอ็นพีเอ็น ดังรูปที่ 3 จะส่งผลให้ไทริสเตอร์นำกระแสได้ดังที่เคยอธิบายไว้แล้วในเรื่องไทริสเตอร์

2. ใช้แสงช่วยจุดชนวน ไทริสเตอร์แบบที่ใช้แสงช่วยจุดชนวนนี้เป็นแบบที่เรียกว่า “ แอลเอเอสซีอาร์ “ (LASCR = light activated SCR) สร้างขึ้นโดยให้มีช่องโปร่งแสงเพื่อให้แสงลอดเข้าไปถึงสาร P ที่เป็นขั้วเบสของทรานซิสเตอร์ N P N ด้วยคุณสมบัติรอยต่อ P N ที่สามารถเกิดคู่ของอิเล็กตรอนและโฮลขึ้นได้เมื่อมีรังสีพลังงานมาตกกระทบ (โดยคุณสมบัตินี้สามารถผลิตโฟโต้ไดโอด (photodiode) และโฟโต้ทรานซิสเตอร์ (phototransistor) ออกมาใช้งาน) เมื่อมี

คู่ของอิเล็กตรอนและโฮลขึ้นจำนวนมากก็จะเกิดกระบวนการ ที่รอยต่อสามารถเปิดให้ไทริสเตอร์นำกระแสได้

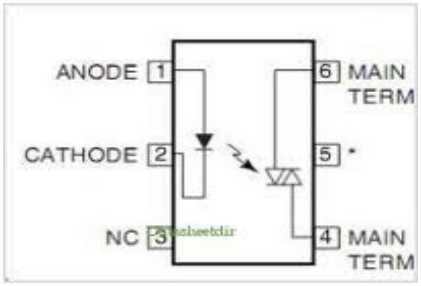
3. ใช้แรงดันพังข้ามทำให้ไทริสเตอร์เปิดกระแส โดยการป้อนแรงดันสูงเข้าระหว่างแอโนดกับแคโทด ของไทริสเตอร์ ในทิศฟอร์เวิร์ดจะทำให้ชั้นปลอดพาหะที่รอยต่อ j2 กว้างออกและแรงดันจะไปทำให้พาหะข้างน้อยมีอัตราเร่งสูงขึ้น วิ่งข้ามรอยต่อ j2 เข้าชนกับอะตอมของสารกึ่งตัวนำเป็นผลให้พาหะข้างน้อยหลุดเพิ่มออกมา เมื่อแรงดันแอโนดถึงค่าแรงดันพังข้าม ก็ทำให้รอยต่อ j2 เกิดพังถล่มทลาย ทำให้รอยต่อ j2 กลายเป็นถูกฟอร์เวิร์ดไบแอสทำให้กระแสแอโนดไหลผ่านไทริสเตอร์ได้มากมาย และไทริสเตอร์จึงเข้าอยู่ในสภาวะเปิดกระแส

4. ใช้การเปลี่ยนแปลงแรงดันต่อเวลาในอัตราสูง (dV/dt) เข้าจุดชนวน เมื่อแรงดันที่ต่ออยู่ระหว่างแอโนดกับแคโทดของไทริสเตอร์ในทิศฟอร์เวิร์ด เปลี่ยนแปลงค่าด้วยความเร็วสูงจะทำให้เกิดกระแสเกทชั่วครู่ซึ่งกระแสนี้เกิดขึ้นจากค่าความจุ C ระหว่างแอโนดกับเกท และระหว่างเกทกับแคโทดด้วยค่าตามสูตร i = c(dV/dt) กระแสเกทนี้จะทำให้ไทริสเตอร์เข้าสู่สภาวะนำกระแส

5. ใช้อุณหภูมิสูงเข้าจุดชนวน ที่อุณหภูมิสูงรอยต่อ j2 ซึ่งตามปกติถูกไบแอสกลับจะมีพาหะข้างน้อยซึ่งทำให้กลายเป็นกระแสรั่วมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าทุกๆครั้งที่อุณหภูมิสูงขึ้น 80 องศาเซลเซียส ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิสูงมากพอก็จะมีพาหะข้างน้อยจำนวนมากที่ทำให้เกิดกระแสที่มีขนาดสูงพอที่จะไปทำให้ไทริสเตอร์เข้าสู่สภาวะนำกระแสได้

2.8 ออปโต้คัปเปอร์ (Optocoupler) [9]

เป็นการเชื่อมโยงทางแสง สามารถใช้ในการแยกระบบไฟฟ้าของทั้งสองวงจรออกจากกัน ภายในจะประกอบไปด้วย LED และโฟโต้ไทรแอก โดยทั้งสองชิ้นส่วนจะถูกบรรจุในตัวถังทึบแสง ดังแสดงดังภาพที่ 2.33

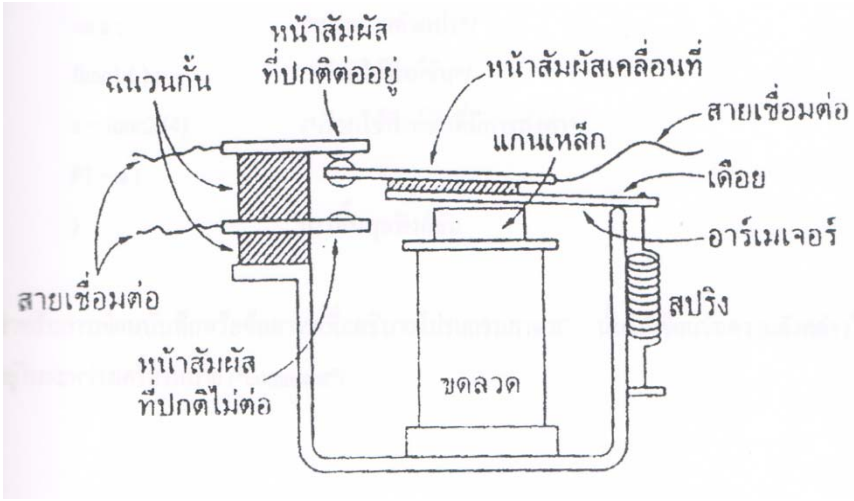


ภาพที่ 2.33 โครงสร้างภายในของออปโต้คัปเปอร์ซึ่งประกอบด้วย LED และโฟโต้ไทรแอก

แหล่งกำเนิดสำหรับตัวเชื่อมโยงแสงจะใช้ไดโอดเปล่งแสงอินฟาเรด (Infrared Emitting Diode) ส่วนตัวตรวจรับหรือเอาต์พุตนั้นจะเป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์จะทำงานเมื่อมีแสงมากระตุ้น และ SCR ที่กระตุ้นด้วยแสง สัญญาณจะถูกส่งระหว่างชิ้นส่วนทั้งสองจะแยกจากกันทางไฟฟ้า โดยอยู่ในรูปของแสง ประโยชน์ที่แยกวงจรทั้งสองคือเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนใดๆหรือแรงดันที่เป็นยอดแหลม (Spike Voltage) ที่เกิดจากสายกราวด์ของวงจร Optoisolate จาก Data Sheet

2.9 คุณสมบัติของรีเลย์ [10]

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้กระแสต่ำ เพื่อควบคุมสวิตช์ให้ตัดต่อโหลดที่มีกระแสสูงๆ โครงสร้างส่วนประกอบของรีเลย์ภาพที่ 2.34 โครงสร้างของรีเลย์ รีเลย์จะทำงานเมื่อมีแรงดันตกคร่อมขดลวดจะทำให้กระแสไหลผ่านขดลวดซึ่งจะทำให้หน้าสัมผัสเคลื่อนที่เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าดูหน้าสัมผัส NO (ปกติเปิดวงจร) ให้ต่อวงจรและเมื่อปลดแรงดันออกสนามแม่เหล็กจะหมดลงหน้าสัมผัสเคลื่อนที่ก็จะดีดกลับมาต่อยังหน้าสัมผัส NC (ปกติต่อวงจร)



ภาพที่ 2.34 โครงสร้างของรีเลย์