



การควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยวิธี PWM
3 PHASE INDUCTION MOTOR CONTROL BY REGULAR SIMPLE PWM



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2534

ปริญญาโท ปีการศึกษา 2534

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สาขาวิชา เทคโนโลยีการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

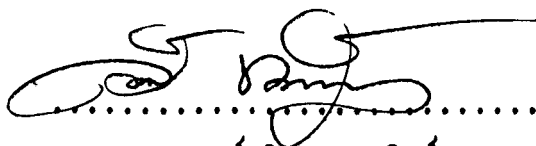
เรื่อง

การควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสโดยวิธี PWM

3 PHASE INDUCTION MOTOR CONTROL BY REGULAR SIMPLIFIED PWM

ผู้จัดทำ

1. นาย ธรรมศักดิ์ ตั้งกาญจนศรี 33.161104
2. นาย ระนอง นรเชษฐ์ 33.161122



.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ วิทยา ทิพย์สุวรรณพร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยวิธี PWM

นาย ณรงค์ศักดิ์ ตั้งกาญจนศรี

นาย รชนอง พรณะศรี

อาจารย์ วิทยา ทิพย์สุวรรณพร อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2534

บทคัดย่อ

ปฏิญานีพนธ์ฉบับนี้ กล่าวถึงการสร้างวงจรกำลัง วงจรผลิตพัลส์ วิธีการผลิตพัลส์ และวงจรขับทรานซิสเตอร์ที่สมบูรณ์ สำหรับขับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟสขนาด 1 แรงม้า โดยใช้หลักการของ pulse width modulation (PWM) โดยในภาคผลิตพัลส์นั้นจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8 บิต ตระกูล 8051 เป็นตัวผลิตสัญญาณพัลส์ ในการผลิตพัลส์นั้นจะใช้หลักการการหมุน voltage vector ตามรูปสัญญาณ sine โดยเราสามารถมองการหมุนของลูกขาคัก แทนการหมุน voltage vector ได้ จากการทดลองใช้มอเตอร์ 3 เฟส 4 pole ในสภาวะไร้ภาระ สามารถขับมอเตอร์ได้ในช่วงความเร็ว 90-3000 รอบต่อนาทีหรือสามารถปรับความถี่ที่อินเวอร์เตอร์สร้างออกมาในช่วง 3-100 Hz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3 PHASE INDUCTION MOTOR CONTROL BY REGULAR SIMPLIFIED PWM

Mr. Narongsek Tangkanjanasri

Mr. Ranong Pornnasri

Mr. Vittaya Tipsuwannaporn Advisor

1991

ABSTRACT

This thesis describes a designing of main-power circuit, generate (PWM) signal method and base-drive circuit for three phase induction motor of Pulse Width Modulation (PWM). This generate signal part is control by 8 bit microcontroller, Intel MCS 8051 using pulse width modulation method. This generate signal is use voltage vector rotation follow sine wave but we can use voltage vector rotation in a three-dimension space. From experiment use three phase induction motor four pole in condition of no-load. The inverter can variable in range of speed 90 to 3000 rpm or in range of frequency 3 to 100 Hz.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทที่ 1 คำนำ	1-5
บทที่ 2 ทฤษฎีมอเตอร์ ทฤษฎี	6 14
บทที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ลักษณะทั่วไป	15-16
การจัดขาลักษณะภายนอกของ MCS-51	16-19
การจัดการทางสถาปัตยกรรม	20-25
การจัดหน่วยความจำ	25-26
รีเซ็ต	26-28
POWER-ON-RESET	29
บทที่ 4 การออกแบบและการสร้างวงจร	30-44
บทที่ 5 การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงาน ทฤษฎีการออกแบบ	45-60
โปรแกรมควบคุมการทำงาน	61-90
บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง	91
บทที่ 7 บทวิจารณ์และสรุป	
กัณฑ์กรรมประกาศ	
เอกสารอ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

คำนำ

ในการใช้มอเตอร์เป็นต้นกำลังในงานอุตสาหกรรมนั้น ความต้องการโดยทั่วไปคือวิธีการควบคุมความเร็วมอเตอร์ที่ประหยัด สามารถควบคุมความเร็วของมอเตอร์ได้ต่อเนื่องแม่นยำ เปลี่ยนความเร็วได้รวดเร็ว มีประสิทธิภาพตามความต้องการและมีเสถียรภาพที่ดีอยู่เป็นเวลานาน

ปัจจุบันในโรงงานอุตสาหกรรม มักจะใช้ต้นกำลังเป็นมอเตอร์กระแสตรงสำหรับงานที่ต้องการปรับความเร็ว และใช้มอเตอร์กระแสสลับแบบเหนี่ยวนำกับงานที่ใช้ความเร็วคงที่ เนื่องจากมอเตอร์กระแสตรง มีคุณสมบัติที่เราต้องการทุกอย่างแต่มีสิ่งหนึ่งที่เป็นข้อเสียคือคอมมิวเตเตอร์ (COMMUTATOR) กล่าวคือ คอมมิวเตเตอร์ประดิษฐ์จากชั้นทองแดงหลายชั้นคั่นด้วยไม้ก้ำ ทำให้การสร้างเต็มไปด้วยความลำบากและมีราคาสูง เนื่องจากต้องมีแปรงถ่าน (BRUSHES) ขัดลืออยู่กับคอมมิวเตเตอร์เสมอ และประกายไฟฟ้าที่เกิดขึ้นระหว่างแปรงถ่าน กับคอมมิวเตเตอร์ทำให้มีการสึกหรอมากยิ่งขึ้น จึงต้องการซ่อมบำรุงอยู่เสมอ ทำให้เกิดความยุ่งยาก ในอุตสาหกรรมที่ใช้มอเตอร์แบบนี้ ที่มีขบวนการผลิตที่ไม่สามารถหยุดได้ นอกจากนี้ถ้าติดตั้งมอเตอร์ไว้ในตำแหน่งที่เข้าถึงได้ลำบาก ก็จะทำให้ความยุ่งยากให้กับการซ่อมบำรุง ทำให้เสียค่าใช้จ่ายสูง

เนื่องจากได้มีการพัฒนาอินเวอร์เตอร์ (INVERTER) โดยใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ เช่น ทราานซิสเตอร์ ไอซิสเตอร์ ขึ้นมาเพื่อนำมาใช้งานในการขับนำมอเตอร์กระแสสลับแบบเหนี่ยวนำให้สามารถปรับความเร็วได้ จึงทำให้การใช้มอเตอร์กระแสสลับแบบเหนี่ยวนำเป็นต้นกำลังในงานที่ต้องการปรับความเร็ว เป็นที่น่าสนใจยิ่งขึ้นเนื่องจากมอเตอร์กระแสสลับแบบเหนี่ยวนำมีข้อดีหลายประการ เช่น ลักษณะโครงสร้างที่มีความแข็งแรงทนทานและมีลักษณะมิดชิด ซึ่งประกอบด้วยส่วนสำคัญสองส่วนคือส่วนอยู่นิ่ง (STATOR) ซึ่งเป็นตัวสร้างฟลักแม่เหล็กหมุน (ROTATING MAGNETIC FLUG) และส่วนหมุน (ROTOR) ซึ่งอยู่ภายในจะเป็นตัวทำให้แรงบิด (TORQUE) ออกมา จากโครงสร้างง่าย ๆ นี้ทำให้มอเตอร์กระแสสลับแบบเหนี่ยวนำมีราคาถูก และมีขนาดเล็กกว่ามอเตอร์กระแสตรงเมื่อเปรียบเทียบที่ความเร็วและกำลังม้าเท่ากัน สามารถทำงานได้ยาวนานโดยไม่ต้องซ่อมบำรุง การบำรุงรักษา่ง่ายทำให้เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า และสามารถนำไปใช้งานในบริเวณที่มีฝุ่นละอองมาก บริเวณที่มีความชื้นสูงหรือบริเวณที่อาจจะมีการระเบิด เนื่องจากประกายไฟได้ ซึ่งข้อดีเหล่านี้ประกอบกับการที่มอเตอร์ชนิดนี้มีขนาดและมาตรฐานซึ่งหาซื้อได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะที่จะนำไปใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมมากกว่ามอเตอร์กระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสลับแบบเหนี่ยวนำ

มอเตอร์กระแสลับแบบเหนี่ยวนำที่นิยมใช้มากคือ มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก (SQUIRREL CAGE INDUCTION MOTOR) การควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสลับแบบเหนี่ยวนำนี้ สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

1) การควบคุมความเร็วโดยการปรับแรงดันไฟฟ้า

การควบคุมโดยการปรับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ โดยความถี่ของแหล่งจ่ายยังคงเดิม การปรับแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ในลักษณะนี้ จะทำได้ในช่วงแคบๆ เท่านั้น เนื่องจากแรงบิดของมอเตอร์ จะแปรผันไปตามแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ยกกำลังสอง เมื่อลดแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ขณะที่มอเตอร์รับภาระอยู่ที่โหลดใดๆก็ตาม จะทำให้ความเร็วของมอเตอร์ลดลง ในขณะที่เดียวกันการลดแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์เพียงเล็กน้อย อาจทำให้แรงบิดลดลงมากจนอาจทำงานไม่ได้ และการเพิ่มแรงดันมากเกินไปจะทำให้มอเตอร์เสียหายได้

2) การควบคุมความเร็วโดยการเปลี่ยนจำนวนขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์

ความเร็วของมอเตอร์กระแสลับแบบเหนี่ยวนำ จะแปรผันตามความถี่ของแหล่งจ่ายไฟและแปรผกผันกับจำนวนขั้วของมอเตอร์ โดยการออกแบบให้ขดลวดของส่วนอยู่นิ่ง (STATOR) สามารถเปลี่ยนจำนวนขั้วแม่เหล็กได้ เช่น เปลี่ยนจำนวนขั้วแม่เหล็กจาก 2 เป็น 4 หรือจาก 4 เป็น 8 เป็นต้น ซึ่งแต่ละแบบของการต่อขดลวด จะให้ความเร็วได้สองความเร็ว อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนขั้วแม่เหล็กของมอเตอร์ จะได้ความเร็วคงที่เป็นช่วงๆ ซึ่งไม่เหมาะสมกับลักษณะงานบางอย่าง ที่ต้องการปรับความเร็วได้ในช่วงกว้างและต่อเนื่อง

3) การควบคุมความเร็วโดยการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าและความถี่ของแหล่งจ่ายไฟที่จ่ายให้กับมอเตอร์

การควบคุมความเร็วด้วยวิธีนี้ จะต้องเปลี่ยนแรงดันไฟฟ้าและความถี่ที่คงที่จากแหล่งจ่ายไฟที่มีอยู่ ให้เป็นค่าแรงดันไฟฟ้าและความถี่ที่ปรับค่าได้ และเพื่อให้มีประสิทธิภาพที่ดีในการควบคุมความเร็ว จะต้องให้อัตราส่วนของแรงดันต่อความถี่ (V/F RATIO) ที่จ่ายให้กับมอเตอร์มีค่าคงที่ หรือปรับแต่งเล็กน้อยตามความเหมาะสม จะทำให้มอเตอร์ขับโหลดได้เต็มที่ และค่าแรงบิดที่ได้คงที่ตลอดช่วงความเร็วที่ปรับค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

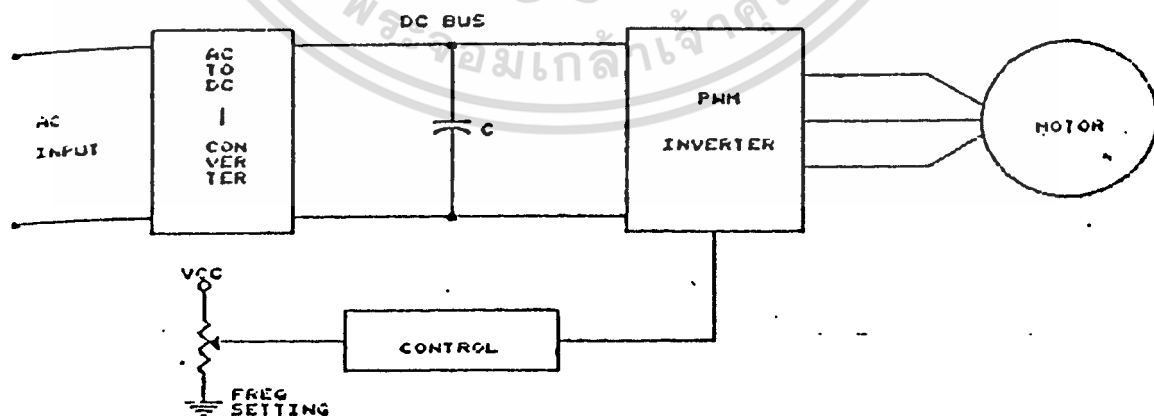
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1) ออกแบบและสร้างชุด อินเวอร์เตอร์ ในการขับนำทราซิสเตอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3φ
- 2) สามารถปรับความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ โดยอาศัยหลักการของ (V/F RATIO)
- 3) เพื่อควบคุมอัตราความเร็ว อัตราเร่ง อัตราหน่วง ของมอเตอร์
- 4) ศึกษาและออกแบบโปรแกรม ของชุด MICROCONTROLLER 8051 เพื่อใช้ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์
- 5) ศึกษาการทำงานของชุด base drive power transistor

ขอบเขตของโครงการ

ทำการสร้างชุดขับเบสของทราซิสเตอร์กำลัง เพื่อใช้ในการควบคุมมอเตอร์ และทำการสร้างวงจรควบคุมการทำงานของ MICROCONTROLLER 8051 รวมทั้งการออกแบบโปรแกรมการทำงาน เพื่อเป็นตัวกำเนิดสัญญาณ PWM โดยใช้หลักการควบคุมแบบ " โวลต์ต่อเอริทซ์คงที่ " โดยมีหลักการสำคัญดังแสดงตามรูปที่ 1



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ ๑ แสดงหลักการของการทำงานควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำด้านการคำนวณ
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC TO DC Converter เป็นวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่นสามเฟส โดยใช้ไดโอดซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนแรงดันกระแสสลับที่จ่าย ทำให้เป็นแรงดันกระแสตรง ที่ระดับแรงดันไฟฟ้าคงที่ เพื่อทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายให้แก่ชุด inverter โดยใช้ตัวเก็บประจุเป็นวงจรกรองคลื่น.

PWM Inverter ทำหน้าที่จ่ายพลังงานกระแสสลับให้มอเตอร์ โดยได้ทำการเปลี่ยนแรงดันกระแสตรง ให้เป็นกระแสสลับที่สามารถปรับความถี่ของแรงดันกระแสสลับได้และใช้เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์

Control เป็นวงจรทำหน้าที่สร้างสัญญาณในการควบคุมการสวิตช์ของอินเวอร์เตอร์ เพื่อให้ได้แรงดันไฟฟ้าและความถี่ ตามความต้องการในการขับมอเตอร์ โดยใช้ MICROCONTROLLER 8051 เป็นตัวควบคุม

วิธีการดำเนินงาน

- ทำการศึกษารายละเอียดของมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 ϕ โดยเฉพาะคุณลักษณะ (Characteristic) การเริ่มต้น (Starting) วิธีการควบคุมพารามิเตอร์ต่างๆ เวลาที่ใช้ในการเริ่มต้น กำลังงานสูญเสีย ตลอดจนประสิทธิภาพของมอเตอร์
- ศึกษาการควบคุมมอเตอร์โดยอาศัยหลักการ pulse width modulation เพื่อปรับความถี่และแรงดันให้สัมพันธ์กัน (ตามวิธี V/F คงที่) และยังสามารถทำให้ได้รูปคลื่นแรงดันใกล้เคียงรูป sine มากที่สุด
- ศึกษารายละเอียด และการทำงานของตัว MICROCONTROLLER 8051
- ออกแบบและสร้างระบบควบคุม โดยใช้ 8051 ตลอดจนวงจรสนับสนุนต่างๆ
- ศึกษาและสร้างชุด base drive สำหรับ Power Transistor ที่ต้องการกระแสและแรงดันที่เหมาะสมกับมอเตอร์
- ประกอบชุดระบบควบคุมเข้ากับวงจรกำลังแล้วทำการทดลอง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เป็นพื้นฐานในการพัฒนาวิธีการควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส ซึ่งในปัจจุบันการควบคุมมอเตอร์ในลักษณะเช่นนี้กำลังเป็นที่นิยมมากในโรงงานอุตสาหกรรม
- เป็นการประยุกต์นำเอา ไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้ในการงาน อิเล็กทรอนิกส์กำลัง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เป็นประโยชน์ต่อวงการค้าอุตสาหกรรม ที่ใช้มอเตอร์เหี้ยวนำเป็นต้นกำลัง
- เพื่อลดการนำเข้าของอุปกรณ์ควบคุมสำเร็จรูปจากต่างประเทศที่มีราคาสูง
- เพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนาเทคโนโลยีภายในประเทศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีมอเตอร์

มอเตอร์ที่ได้รับความนิยมมากในงานอุตสาหกรรม จะเป็นมอเตอร์ชนิดเหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก (squirrel-cage induction moter) และมอเตอร์ที่ได้รับความนิยมรองลงมาคือ มอเตอร์ชนิดรีลัคแตนซ์ (reluctance moter) มอเตอร์ทั้งสองมีคุณสมบัติร่วมกันอย่างหนึ่ง ที่สามารถปรับเปลี่ยนอัตราเร็วได้โดย การเปลี่ยนความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าเอซีได้

มอเตอร์เหนี่ยวนำ (INDUCTION MOTER)

มอเตอร์เหนี่ยวนำมีส่วนอยู่กับที่ (STATOR) และส่วนหมุน (ROTER) คล้ายมอเตอร์ทั่วไป โดยส่วนอยู่นิ่งมีขดลวดพันไว้ แล้วจัดเป็นแบบสองเฟสหรือสามเฟสตามแต่จะออกแบบไว้ ซึ่งไม่ต้องการวงแหวนลลิต (slip-ring) หรือคอมมิวเตเตอร์ (Commutator) จึงสามารถสร้างง่ายมีโครงสร้างแข็งแรงทนทาน ส่วนหมุนอาจเป็นแบบใช้ขดลวดพันหรือแบบกรงกระรอก ส่วนหมุนทำหน้าที่รับพลังงานจากแหล่งจ่ายไฟฟ้าเอซีผ่านส่วนอยู่นิ่งโดยอาศัย หลักการเหนี่ยวนำ ซึ่งขดลวดของส่วนอยู่นิ่งจะทำหน้าที่สร้างสนามแม่เหล็กที่มีค่าคงที่ขึ้นในช่องอากาศ (air-gap) ระหว่างส่วนอยู่นิ่งกับส่วนหมุน และหมุนด้วยอัตราเร็วซึ่งโครนัล (Synchronous)

$$\begin{aligned} W_s &= \frac{120f}{P} \quad \text{รอบต่อนาที} \\ &= \frac{4\pi f}{P} \quad \text{เรเดียนต่อวินาที} \end{aligned}$$

เมื่อ W_s คือ อัตราเร็วซึ่งโครนัลของสนามแม่เหล็ก

f คือ ความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าเอซี

P คือ จำนวนโพลที่เกิดขึ้นจากการพันขดลวดบนส่วนอยู่นิ่ง

โดยพิจารณาจากสมการข้างต้น เราสามารถที่จะเปลี่ยนแปลงอัตราเร็วของมอเตอร์เอซีได้ด้วย การเปลี่ยนแปลงความถี่ และการเปลี่ยนจำนวนโพล

ในการควบคุมอัตราเร็วของมอเตอร์เอซีโดยการเปลี่ยนแปลงความถี่ จะเป็นผลทำให้สนามแม่เหล็กหรือฟลักซ์ (flux) เปลี่ยนค่าไปตามสมการ

$$V = k\phi f$$

V เป็นค่าแรงดัน RMS ป้อนเข้าขั้วมอเตอร์

k เป็นค่าคงที่ซึ่งมีค่าขึ้นอยู่กับตัวประกอบรูปแบบ (formfactor)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวประกอบของขดลวด (winding factor) และจำนวนของขดลวดที่พันไว้บนมอเตอร์

• เป็นค่าฟลักสูงสุดต่อหนึ่งโพลของมอเตอร์

ตามปกติมอเตอร์จะถูกออกแบบให้ฟลักมีค่าอยู่ตรงส่วนเข้าโค้งของส่วนโค้ง ลักษณะสมบัติของการทำให้เป็นแม่เหล็ก (magnetization curve) ซึ่งถ้าเราลดความถี่ของฟลัก จะมีค่าสูงขึ้นและเข้าไปอยู่ในอาณาบริเวณอิ่มตัว ทำให้กำลังสูญเสียในแกนเหล็ก (iron losses) เพิ่มมากขึ้น ทำให้มีกำลังสูญเสียในทองแดง (Copper losses) เพิ่มมากขึ้น เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์ลดต่ำลง ดังนั้นเราต้องลดค่าแรงดันให้เป็นสัดส่วนกับค่าความถี่ที่ลดลง เพื่อให้ฟลักยังคงมีค่าอยู่ตรงส่วนเข้าโค้งของเส้นโค้งของการทำให้เป็นแม่เหล็ก กลับกันกับข้อความที่กล่าวข้างบน ถ้าเราเพิ่มความถี่ให้สูงขึ้น จะทำให้ฟลักลดต่ำลง และจะเป็นผลทำให้มอเตอร์มีแรงหมุนลดลงด้วย ดังนั้นเราต้องเพิ่มค่าแรงดันให้สูงขึ้น เพื่อให้ฟลักและแรงหมุน มีค่าคงเดิมซึ่งข้อความนี้เท่ากับมีความหมายว่า เราต้องปรับค่าแรงดันให้เป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่ หรือรักษาอัตราส่วนแรงดันต่อความถี่ให้คงที่ วิธีการนี้เรียกว่า " วัตถุประสงค์การแรงดันต่อความถี่คงที่ " หรือวิธี " โวลต์ต่อเฮิรตซ์คงที่ "

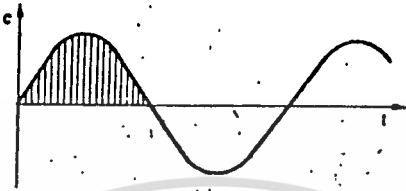
โดยการอินทิเกรตกฎของ Faraday

$$e = -\frac{d\phi}{dt}$$

เราจะได้

$$\phi = \int e dt$$

สมการนี้แสดงว่า พื้นที่ใต้เส้นโค้งรูปคลื่นแรงดันที่ได้ เขียนเส้นแรงเงาไว้ดังแสดงในรูป เป็นค่าฟลักแม่เหล็กรวม ทำให้สรุปได้ว่า "ไม่ว่าความถี่จะมีค่าเท่าไร ขอให้เพียงแต่พื้นที่ใต้เส้นโค้งแรงดันไฟฟ้า มีค่าคงที่อยู่เสมอแล้วมอเตอร์เหนี่ยวนำจะสามารถทำงานที่แรงสูงเหมาะสมที่สุด " ซึ่งหมายความว่า " โวลต์ต่อเฮิรตซ์มีค่าคงที่ "



รูปที่ 1 แรงดันเลี้ยงวงจรรูปคลื่นไซน์

ในกรณีที่ความต้านทานของขดลวดของมอเตอร์มีค่าน้อยมากเราสามารถตัดทิ้งได้ คักย์ตกคร่อมความต้านทานของขดลวดจะมีค่าเท่ากับศูนย์โดยประมาณ แรงดันเอซีที่ป้อนเข้ามอเตอร์จะมีค่าเท่ากับแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในมอเตอร์โดยการเหนี่ยวนำ แต่ในกรณีที่ความต้านทานของขดลวดมีค่าสูง จะมีคักย์ตกคร่อมขดลวดมากกว่าศูนย์ และถ้าความถี่มีค่าลดลงด้วย คักย์ตกคร่อมขดลวดจะมีค่าใหญ่ขึ้นมาก สามารถเปรียบเทียบกับขนาดของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ซึ่งเป็นสาเหตุไปทำให้ฟลักซ์ในช่องอากาศมีค่าลดลง และเป็นผลทำให้มอเตอร์มีแรงหมุนลดลงด้วย ดังนั้นในทางปฏิบัติสำหรับความถี่ที่ต่ำกว่า 20HZ โดยประมาณเราต้องรักษาแรงหมุนที่อัตราเร็วตัวไว้ให้ติดด้วยการเพิ่มค่า "โวลต์ต่อเอิร์ตซ์" ให้มีค่าสูงกว่าปกติ

ขณะมอเตอร์หมุนด้วยอัตราเร็ว W ตามปกติ มอเตอร์จะหมุนเร็วซึกกว่าอัตราเร็วซิงโครนัส W_s เพียงเล็กน้อย เป็นผลทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในส่วนหมุนของมอเตอร์มีค่าเท่ากับ

$$f_a = sf$$

เมื่อ f_a คือความถี่ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นในส่วนหมุนของมอเตอร์
 f คือความถี่ของแรงดันไฟฟ้าเลี้ยงวงจร (มีค่า = $\frac{W_s}{2\pi}$)

$$2\pi$$

s คือค่าสลลิป (Slip) ซึ่งมีค่าตามสูตร

$$s = \frac{f_a}{f} = \frac{W_s - W}{W_s}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เมื่อมอเตอร์หมุน หมุนด้วยมุมเฟส θ_2 จะมีเฟสตามหลังแรงเคลื่อนไฟฟ้าในส่วน หมุนด้วยมุมเฟส θ_2 ซึ่งมอเตอร์นี้มีแรงหมุนเป็นสัดส่วนกับองค์ประกอบของส่วนที่มีเฟสกับกับส่วนที่หมุนคือ $I_2 \cos \theta_2$ และแรงหมุนนี้ยังมีค่าเป็นสัดส่วนกับฟลักซ์ในช่องอากาศ ϕ ดังนั้นโดยทั่วไป เราจึงเขียนสมการของแรงหมุนได้ว่า

$$T = K\phi I_2 \cos \theta_2$$

เมื่อ K เป็นตัวสัดส่วนคงที่ ซึ่งสมมุติว่ามอเตอร์เหนี่ยวนำ มีแรงดันและกระแสเป็นรูปคลื่นไซน์ และความต้านทานของส่วนหมุนมีค่าคงที่ กำลังไฟฟ้าที่ส่งข้ามช่องอากาศ จากส่วนอยู่นิ่ง เข้าสู่ส่วนหมุนมีค่าเท่ากับ

$$P_{\text{เข้า}} = m_1 I_2^2 r_2$$

เมื่อ $P_{\text{เข้า}}$ เป็นค่ากำลังไฟฟ้าที่ส่งข้ามช่องอากาศจากส่วนอยู่นิ่ง เข้าสู่ส่วนหมุน
 m_1 เป็นจำนวนเฟสของส่วนอยู่นิ่ง
 I_2 เป็นกระแสในส่วนหมุน
 r_2 เป็นค่าความต้านทานในส่วนหมุน

กำลังสูญเสียของทองแดงในส่วนหมุนมีค่า

$$\begin{aligned} P_2 &= m_1 I_2^2 r_2 \\ &= s P_{\text{เข้า}} \\ &= s T W \end{aligned}$$

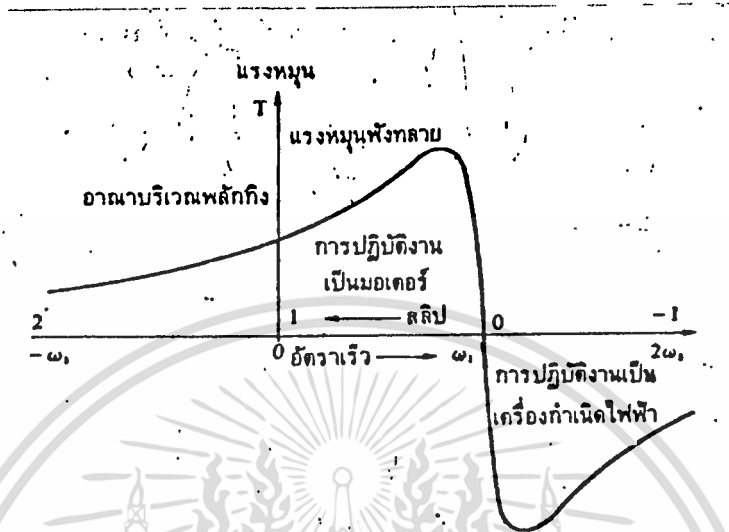
เมื่อ P_2 เป็นกำลังสูญเสียในทองแดงของส่วนหมุนหรือกำลังสลิป
 T เป็นแรงหมุนที่เกิดขึ้นภายในมอเตอร์

เพราะฉะนั้น กำลังเอาต์พุตเชิงกลที่เกิดขึ้นภายในมอเตอร์เหนี่ยวนำมีค่า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned} P_{\text{mech}} &= P_{\text{in}} - P_2 \\ &= m_1 I_2^2 \frac{r_2}{s} - m_1 I_2^2 r_2 \\ &= m_1 I_2^2 r_2 \frac{(1-s)}{s} \\ &= (1-s)P_{\text{in}} \\ &= (1-s)TW \end{aligned}$$

เมื่อ P_{mech} เป็นกำลังเอาท์พุทเชิงกลที่เกิดขึ้นภายในมอเตอร์เหนี่ยวนำ เราจะได้เห็นว่ากำลังไฟฟ้ารวมทั้งหมดที่ส่งเข้าสู่ส่วนหมุนจะแบ่งออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกมีค่า $(1-s)$ จะเปลี่ยนเป็นรูปกำลังเชิงกล ส่วนที่สองมีค่า s จะเป็นกำลังสูญเสียในทองแดง ดังนั้นถ้าเราเพิ่มค่าความต้านทานของส่วนหมุน ให้อัตราเร็วของมอเตอร์มีกำลังสูญเสียมากขึ้นและลลิตมากขึ้น (คืออัตราเร็วต่ำลง) เป็นผลทำให้มอเตอร์มีประสิทธิภาพลดลง เพราะฉะนั้นการปรับอัตราเร็วโดยวิธีปรับค่าความต้านทานของส่วนหมุนจึงเป็นการไม่ประหยัด (ยกเว้นในกรณีที่อัตราเร็วอยู่ต่ำกว่าอัตราเร็วซึ่งโครนัสเล็กน้อย) เราอาจปรับปรุงให้มอเตอร์กลับมีประสิทธิภาพดีขึ้นได้โดยการนำเอากำลัง sP_{in} ส่งกลับคืนไปสู่วงจรไฟฟ้าเอซีเลี้ยงวงจรหรือนำเอาไปขับเคลื่อนมอเตอร์ช่วยซึ่งคัปปลิง (Coupling) ต่อกับเพลลาของมอเตอร์เหนี่ยวนำโดยตรง เราเรียกวิธีการนี้ว่า "วิธีต่อเข้าเรียง" (cascade connection)



รูปที่ 2 เส้นโค้งลักษณะสมบัติระหว่างแรงหมุนกับอัตราเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

จากรูปแสดง เส้นโค้งลักษณะสมบัติระหว่างแรงหมุนกับอัตราเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ขณะกำลังทำงานด้วยแรงดันคงที่ จากแหล่งจ่ายไฟฟ้าเอซีที่มีความถี่ที่ตรงจุดที่ให้แรงหมุนมีค่าสูงสุด เรียกว่า "แรงหมุนพังทลาย" (breakdown torque) และความถี่ของส่วนหมุนตรงจุดพังทลาย เรียกว่า "ความถี่พังทลายของส่วนหมุน" ถ้าแรงหมุนภาระมีค่าใหญ่เกินกว่าค่าแรงหมุนสูงสุดจะทำให้มอเตอร์มีอัตราเร็วลดต่ำลงจนกระทั่งหยุดนิ่ง

ถ้ามอเตอร์หมุนกลับในทิศทางสวนทางกลับทางหมุนในทิศทางฟอร์เวิร์ดของสนามแม่เหล็กสลิปจะมีค่าใหญ่เกินกว่า 1 และแรงหมุนโต้กลับจะเกิดขึ้นต่อต้านกับการหมุนของมอเตอร์ปรากฏขึ้นเมื่อเรากลับเฟสอันดับ (phase sequence) ของสายไฟฟ้าเอชีสลามเฟสเป็นเหตุให้สนามแม่เหล็กในช่องอากาศหมุนกลับทาง เป็นผลทำให้มอเตอร์หยุดหมุนอย่างรวดเร็ว (และถ้ายังคงปล่อยสายไฟฟ้าไว้ในสภาวะเช่นนี้ในไม่ช้ามอเตอร์จะเริ่มหมุนกลับทิศทางต่อไปด้วยอัตราเร็วสูงขึ้น) วิธีการนี้เป็นวิธีการเบรกหรือวิธีกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์อย่างรวดเร็ว ซึ่งเรียกว่า "ปลั๊กกิง" (plugging) และบริเวณที่เส้นโค้งลักษณะสมบัติมีค่าน้อยกว่า 1 เรียกว่า "อาณาบริเวณพลังกัก" ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

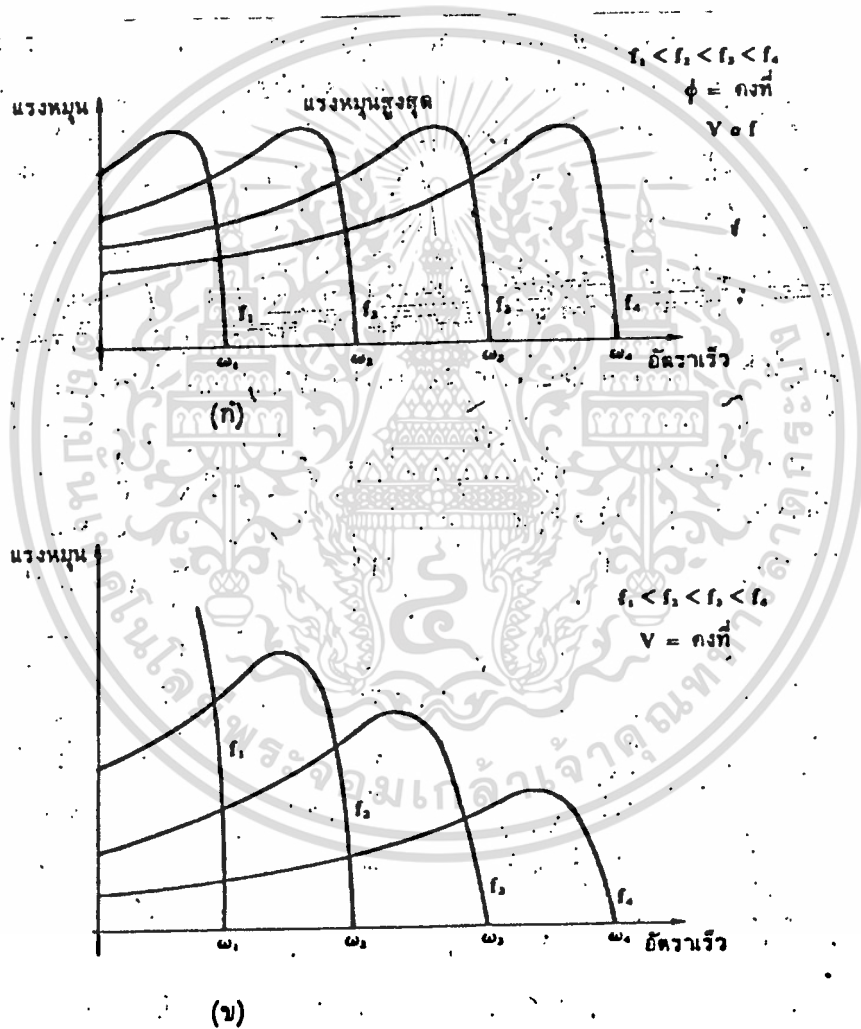
ขณะที่มอเตอร์หมุนในทิศทางฟอร์เวิร์ดตามปกติ ถ้าเราใช้วิธีการกลเข้าช่วยขับเคลื่อนให้ส่วนหมุนของมอเตอร์ หมุนเร็วขึ้นกว่าอัตราเร็วปกติ เข้าสู่อัตราเร็วซูเปอร์ซิงโครนัส (Super-Synchronous speed) สลิปมีค่าเป็นลบแล้ว มอเตอร์จะเปลี่ยนหน้าที่กลับไปเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าโดยเปลี่ยนพลังงานป้อนเข้าเวลาให้กลายเป็นพลังงานไฟฟ้า กลับเข้าสู่แหล่งจ่ายไฟฟ้า AC หรือข่ายงานเอซี (AC network) ดังนั้นเราอาจต่อเส้นโค้งออกไปในทิศทางที่มีอัตราเร็วสูงกว่าอัตราเร็วซิงโครนัส เข้าสู่การปฏิบัติการเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ถ้าหากสามารถเปลี่ยนความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้าได้ เราสามารถปรับมอเตอร์เข้าสู่อาณาบริเวณแหล่งปฏิบัติการการเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าได้อีกวิธีหนึ่ง ด้วยการลดความถี่อย่างรวดเร็วโดยมอเตอร์จะถูกจุดให้หมุนต่อไปด้วยความถี่ของพลังงานจลน์ของมวลที่อยู่ในส่วนหมุน (รวมการระดม) จะเปลี่ยนกลับเป็นพลังงานไฟฟ้าป้อนกลับเข้าแหล่งจ่ายไฟฟ้า ทำให้เกิดแรงหมุนโต้กลับขึ้นในมอเตอร์แล้ว มอเตอร์จะหมุนช้าลงหรือหยุด ซึ่งเป็นการหยุดแบบ รีเจเนอเรทีฟเบรกกิง แต่ถ้ามอเตอร์ใช้คอนเวอเตอร์เปลี่ยนความถี่แบบสถิตหรือแบบอิเล็กทรอนิกส์ พลังงานรีเจเนอเรทีฟที่ป้อนกลับจะถูกส่งผ่าน คอนเวอเตอร์กลับเข้าสู่แหล่งจ่ายไฟฟ้าเดิมได้

ถ้าเราป้อนกระแสไฟฟ้าเข้ามอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอกขณะอยู่หนึ่งโดยทั่วๆไปจะมีกระแสไหลเข้ามอเตอร์ประมาณ 5 หรือ 6 เท่าของอัตรากระแสปกติ แต่แรงหมุนขณะเริ่มสตาร์ทมีค่าน้อยเนื่องจากส่วนหมุนมีตัวประกอบกำลัง (power factor) มีค่าต่ำที่ความถี่ของส่วนหมุนมีค่าสูง ด้วยเหตุนี้ในระบบที่สามารถเปลี่ยนความถี่ได้ ขณะสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำเราจึงจะลดความถี่ลง เพื่อให้ตัวประกอบกำลังของส่วนหมุนมีค่าสูงขึ้นและเป็นการเพิ่มค่าแรงหมุนขณะสตาร์ทต่อแอมแปร์ให้สูงขึ้นโดยการปรับค่าฟลักให้สูงขึ้นด้วยวิธีการ "โวลต์ต่อเอิร์ตซ์คงที่" หลักการเช่นนี้ทำให้เราสามารถปรับค่าแรงหมุนขณะมอเตอร์อยู่หนึ่งให้มีค่าใหญ่กว่าแรงหมุนปกติหลายเท่าและสามารถควบคุมมอเตอร์ให้หมุนเร็วขึ้นได้อย่างรวดเร็วด้วยการเพิ่มความถี่ของแหล่งจ่ายไฟฟ้า โดยวิธีการแบบนี้เราสามารถหลีกเลี่ยงอันตรายที่เกิดขึ้นในมอเตอร์จากการสตาร์ทมอเตอร์ ด้วยแหล่งจ่ายไฟฟ้าเอซี ความถี่คงที่ค่าต่ำซึ่งมอเตอร์จะหมุนจะขึ้นอย่างช้าๆและจะกินกระแสไฟฟ้ามาก

จากรูปแสดงลักษณะสมบัติของแรงหมุนของมอเตอร์ที่ความถี่ต่างๆ โดยรักษาแรงหมุนนั้งทลายให้คงที่ด้วยการปรับ "โวลต์ต่อเอิร์ตซ์" ให้คงที่ ลักษณะสมบัติเช่นนี้ทำให้มอเตอร์เหนี่ยวนำเหมาะสมกับงานขับเคลื่อนภาระที่มีแรงหมุนคงที่ในอัตราเร็วต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้ารักษาแรงดันให้คงที่ขณะที่แปรเปลี่ยนค่าความถี่ ฟลักซ์ในช่องอากาศและแรงพียงทลายจะลดลงเมื่อเราเพิ่มค่าความถี่ให้สูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2 ลักษณะสมบัติเช่นนี้ทำให้มอเตอร์เหนี่ยวนำเหมาะสมกับการใช้งานโหลดลาก ซึ่งงานนี้ต้องแรงหมุนสูงที่สุดขณะสตาร์ท หรือขณะอัตราเร็วต่ำและต้องการแรงหมุนค่าน้อยที่อัตราเร็วสูง



รูปที่ 3 เส้นโค้งคุณสมบัติระหว่างแรงหมุนและอัตราเร็วเมื่อฟลักซ์ในช่องอากาศคงที่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอให้สังเกตว่า ในการขับเคลื่อนมอเตอร์เหนี่ยวนำ เราควรใช้ความถี่ต่ำใน
ตอนสตาร์ทเพื่อให้มอเตอร์มีแรงหมุนค่าสูง และกินกระแสต่ำ ต่อไปก็ค่อยๆเพิ่มความถี่ขึ้นที
ละน้อยเพื่อให้มอเตอร์เพิ่มอัตราเร็วสูงขึ้น และเมื่อมอเตอร์ได้หมุนเข้าสู่อัตราเร็วปกติ
แล้วก็ให้เรารักษาความถี่ไว้ให้คงที่นอกจากนี้แรงหมุนตอนสตาร์ทมีค่าขึ้นอยู่กับความต้าน
ทานของส่วนหมุนแต่ค่าความต้านทานค่าใหญ่ ของส่วนหมุนจะทำให้มีกำลังสูญเสียใหญ่มากขึ้น
เป็นเหตุให้มอเตอร์มีประสิทธิภาพต่ำขณะทำงานตามปกติ ถ้าความต้านทานของส่วนหมุนมี
ค่าต่ำจะทำให้แรงหมุนตอนสตาร์ทต่ำ แต่อาจทำให้สูงขึ้นได้ด้วยการใช้ความถี่ต่ำลง ซึ่งใน
ขณะทำงานตามปกติมอเตอร์จะมีประสิทธิภาพดีขึ้น และช่วยลดการสูญเสียที่อาร์โมนิคต่างๆ
ให้น้อยลงเมื่อแหล่งจ่ายไฟฟ้ามีรูปคลื่นแรงดันไม่ใช่คลื่นไซน์



บทที่ 3 ไมโครคอลโทรลเลอร์

ลักษณะทั่วไปของ MCS-51

- 1) สร้างโดยใช้ HMOS และ CHMOS เทคโนโลยีและการทำงานด้วยแหล่งจ่ายไฟขนาด 5 V เพียงแหล่งเดียว
- 2) ซีพียูมีขนาด 8 บิต
- 3) มีวงจรรออลซิลเลเตอร์ และวงจรมานีทิง
- 4) ชุดแบงก์ (BANK) เรจิสเตอร์มี 4 ชุด แต่ละชุดมีเรจิสเตอร์ 8 ตัว ทำงานเช่นเดียวกับ MCS-48
- 5) มีตัวจับเวลา/ตัวนับ ขนาด 16 บิต 2 ชุด และสำหรับเบอร์ 8032/8052 มี 3 ชุด
- 6) มีพอร์ตไอโอแบบขนานสองทิศทางจำนวน 4 พอร์ต พอร์ตละ 8 บิต รวมทั้งหมดเป็น 32 เส้น แต่จะเหลือเพียง 16 เส้น สำหรับเบอร์ 8031 อีก 16 เส้น ใช้ในการเข้าถึงทางแอดเดรสและข้อมูล
- 7) พอร์ตแบบอนุกรมสามารถที่จะโปรแกรมการรับส่งแบบ Full Duplex ที่ความเร็วสูง
- 8) หนึ่งวัฏจักรคำสั่งจะใช้เวลา 1 ไมโครวินาที ด้วยการใช้ออสซิลเลเตอร์ 12 เมกกะเฮิร์ตซ์
- 9) แอดเดรสข้อมูลภายนอกได้ 64 กิโลไบต์
- 10) แอดเดรสโปรแกรมภายนอกได้ 64 กิโลไบต์
- 11) สามารถกำหนดเลขที่อยู่ข้อมูลขนาดไบต์หรือบิตได้โดยตรง
- 12) มีซอฟต์แวร์แฟล็กสำหรับผู้ใช้ที่จะกำหนดเองได้ถึง 128 ตำแหน่งบิต
- 13) โครงสร้างอินเตอร์รัพต์ทำได้ 5 แหล่ง และ 6 แหล่ง สำหรับ 8032/8052 พร้อมด้วยการจัดไพรอริตี้ (Priority) ได้ 2 ระดับ
- 14) ตัวโปรแกรมเมอร์สามารถใช้งานแบบบูลีน (Boolean) ได้ ใช้งานได้สำหรับการใช้งานควบคุม
- 15) มีคำสั่งคูณ และหารทางฮาร์ดแวร์ทำได้ภายใน 4 ไมโครวินาที
- 16) ตัวเลขทางคณิตศาสตร์ ใช้ได้ทั้งแบบไบนารี และเดซิมีล
- 17) การใช้พื้นที่สแต็กสำหรับโปรแกรมย่อยต่างๆ ทำได้กว้างขึ้น
- 18) ชุดคำสั่งของ MCS 51 จะมิมมากกว่าชุดคำสั่งของ MCS 48

ตระกูล MCS 51 จะมีทั้งแบบมี ROM ในตัว หรือไม่มี ROM หรือมี EPROM บนชิป
เดียวกันและจะมีตำแหน่งขาที่เหมือนกัน รูปที่ X แสดงถึงตารางรายละเอียดของเบอร์

เบอร์	หน่วยความจำภายใน		ตัวตั้งเวลา/ ตัวนับจำนวน	อินเตอร์รัพต์
	โปรแกรม	ข้อมูล		
8052 AH	8K x 8 ROM	256 x 8 RAM	3 x 16 BIT	6
8051 AH	4K x 8 ROM	128 x 8 RAM	2 x 16 BIT	5
8051	4K x 8 ROM	128 x 8 RAM	2 x 16 BIT	5
8032 AH	ไม่มี ROM	256 x 8 RAM	3 x 16 BIT	6
8031 AH	ไม่มี ROM	128 x 8 RAM	2 x 16 BIT	5
8031	ไม่มี ROM	128 x 8 RAM	2 x 16 BIT	5
8751 H	4K x 8 EPROM	128 x 8 RAM	2 x 16 BIT	5
8751 H-12	4K x 8 EPROM	128 x 8 RAM	2 x 16 BIT	5

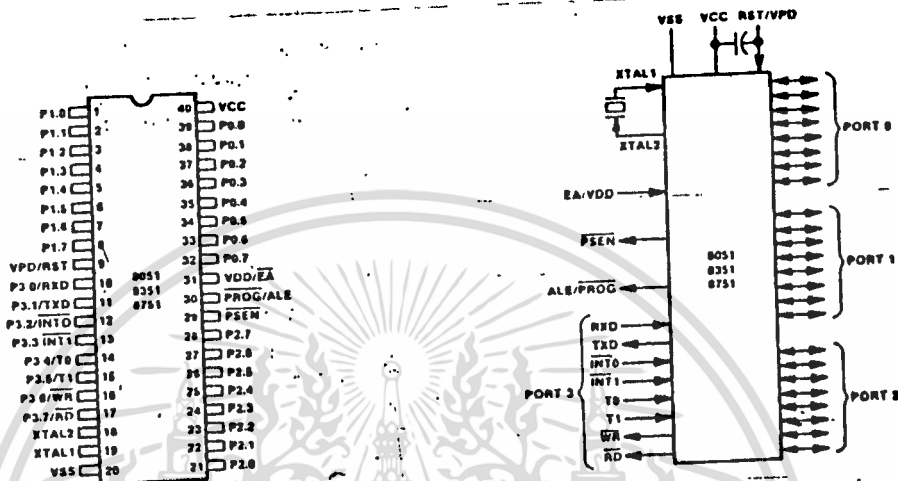
8751H อยู่ในกลุ่มรุ่นเดียวกับ 8051AH ที่เราสามารถโปรแกรมได้ด้วยระบบไฟ
สามารถลบโปรแกรมออกได้ด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต นอกเหนือจากไอซีที่แสดงในตาราง
ข้างบนที่ใช้เทคโนโลยี HMOS แล้วยังมีตระกูลอื่นที่ใช้เทคโนโลยี CHMOS ที่ประหยัดพลัง
งานได้มากกว่า 4 เท่าของ HMOS ที่มีจำหน่ายขณะนี้คือ เบอร์ 80C51, 80C31 และ 87C51

การจัดขาลักษณะภายนอกของ MCS-51

รูปที่ 2 แสดงการจัดขาตามลักษณะภายนอกของชิป MCS-51 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- ขา Vss (ขา 20) เป็นขาลำดับต่อลงดิน *
- ขา Vcc (ขา 40) เป็นขาที่ต่อแรงดันไฟกระแสตรงขนาด 5 V และใช้สำหรับการโปรแกรม
- ขา PORT 0 (PO.0 - PO.7/AD0 - AD7) (ขา 32 - 39) เป็นพอร์ตไอโอ 8 บิต แบบ Open Drain Bidirectional สามารถที่จะรับโหลดที่ทีแอลดี 8 ตัว การเขียนค่า "1" ไปที่พอร์ตนี้ จะเป็นการปล่อยลอย (Float) ขาของพอร์ตนี้ ทำให้มันทำงานเป็นอินพุต มีสถานะอิมพีแดนซ์สูง ในการให้พอร์ตนี้บริการแบบไอโอ พอร์ต 0 จะทำงานเป็นมัลติเพลกซ์ ด้วยสัญญาณแอดเดรสไบต์ต่ำกับบัสข้อมูล สำหรับการใช้งานด้านหน่วยความจำภายนอก ในการใช้งานแบบนี้จะใช้ลักษณะภายในเป็นตัวนำอินพุตพอร์ต 0 ไม่วากรัมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังใช้งานเป็นตัวส่งข้อมูลออกทางพอร์ตนี้เมื่อใช้บริการทางด้านการตรวจสอบโปรแกรม ROM ภายใน และการโปรแกรมตัว EPROM ภายใน ถ้าใช้งานในลักษณะนี้การพูล ออกจากภายนอกจะต้องต่อด้วยค่า 10 กิโลโอห์ม



รูปที่ 2 (A) ลักษณะขาภายนอกของ MCS-51 (B) สัญลักษณ์ทางตรรกของ MCS-51

-ขา PORT 1 (P1.0 - P1.7)(ขา 1-8) เป็นพอร์ตไอโอ 8 บิตแบบ Open Drain Bidirectional พร้อมด้วยการพูลอ์ภายใน ถ้าเป็นพอร์ตเอาต์พุต บัฟเฟอร์สามารถขับโหลดที่ที-แอลตระกูลแอลเอสไอได้ 4 ตัว พอร์ต 1 เมื่อถูกเขียนค่า "1" ด้วยโปรแกรม มันจะมีสถานะสูงด้วยการพูลอ์ภายใน การให้สถานะเช่นนี้ จะเป็นการ Initial ใช้งานพอร์ตนี้ให้เป็นอินพุต ขณะที่พอร์ต 1 เป็นอินพุต การให้สัญญาณลงต่ำจะเป็นการจ่ายกระแสออกเนื่องจากการพูลอ์ภายใน

ในเบอร์ 8052 ขา P1.0 และ P1.7 จะใช้งานเป็น T2 และ T2EX โดยขา T2 จะทำหน้าที่รับสัญญาณจากภายนอกให้ตัวตั้งเวลา 2 ทำงาน และขา T2EX จะเป็นอินพุตผ่านเข้าตัวตั้งเวลา 2 ถูกกระตุ้นให้ทำงานแบบปกติตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ หรือ เค็ปเจอร์ (Capture)

ขา PORT 2 (P2.0 - P2.7)(ขา 21 - 28) เป็นพอร์ตไอโอ 8 บิตแบบ Open Drain Bidirectional ด้วยการพูลอ์ภายใน พอร์ต 2 ที่ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์เอาต์พุตสามารถจ่ายโหลดที่ทีแอลตระกูลแอลเอสไอได้ 4 ตัว พอร์ตจะถูกใช้งานเป็นตัวส่งแอดเดรสไบต์สูงด้วย เมื่อใช้งานร่วมกับหน่วยความจำภายนอกเพื่อให้แอดเดรสได้ถึง 16 บิต ด้วยการใช้งานแบบนี้มันจะมีพูลอ์ภายในที่ช่วยให้การส่งค่า "1" ได้ระดับที่แน่นอน นอกจากการใช้งานสำหรับแอดเดรสอันดับสูงยังใช้เป็นควบคุมในการใช้งานตรวจสอบ และเขียนโปรแกรมเบอร์ 8751 และตรวจสอบโปรแกรมภายใน 8051

ขา PORT 3 (P3.0 - P3.7) (ขา 10 - 17) เป็นพอร์ตไอโอ 8 บิต แบบพูล
อานภายใน นอกจากทำเป็นพอร์ตไอโอที่สามารถรับโหลดที่ทีแอลพวคตระกูลแอลเอสได้ 4
ตัวแล้วยังใช้งานเป็นพิเศษสำหรับตระกูล MCS-51 ตามรายการดังนี้

ขาพอร์ต	ขา	การทำงานตามฟังก์ชันพิเศษ
P3.0	10	RXD พอร์ตอนุกรมอินพุต
P3.1	11	TXD พอร์ตอนุกรมเอาต์พุต
P3.2	12	INT0 อินเตอร์รัพภายนอกตัวที่ 1
P3.3	13	INT1 อินเตอร์รัพภายนอกตัวที่ 2
P3.4	14	TO สัญญาณกระตุ้นเข้าที่ตัวตั้งเวลา/นับ
P3.5	15	T1 สัญญาณกระตุ้นเข้าที่ตัวตั้งเวลา/นับ
P3.6	16	WR สัญญาณควบคุมการเขียน
P3.7	17	RD สัญญาณควบคุมการอ่าน

การที่จะให้ทำงานตามฟังก์ชันข้างบน จะต้องเริ่มโปรแกรมด้วยการส่งค่า "1" ไป
แลทซ์ไว้ก่อนที่ให้ทำงานตามฟังก์ชันข้างบน

ขา RST (ขา 9) ต้องคงสถานะค่าสูงเป็นเวลาประมาณอย่างน้อยสองวัฏ
จักรระหว่างออสซิลเลเตอร์ทำงานขณะที่ต้องการรีเซตทั้งระบบงาน โดยจะต่อเรจิสเตอร์
พูลดาวน์ (8.2 กิโลโอห์ม) จากขา RST ไปลงดิน และเพื่อให้ตัวชิปรีเซตได้โดยอัตโนมัติ
ขณะเปิดไฟจะใช้คาปาซิเตอร์ (10 ไมโครฟารัด) ต่อคร่อมระหว่างขา RST กับ ขา Vcc

ขา ALE/PROG (ขา 30) เป็นขาแอดเดรสแลทซ์อานาเบิ้ลด้วยการส่งพัลส์
ออกไปใช้สำหรับแลทซ์ค่าแอดเดรสไบต์ต่ำจากพอร์ต 0 ในระหว่างการเข้าถึงข้อมูลจาก
หน่วยความจำภายใน ALE จะถูกส่งสัญญาณนาฬิกาออกมา ในอัตราความเร็วคงที่ที่ 1/8
ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ตลอดเวลา แม้ว่าจะไม่มีการเข้าถึงข้อมูลจากภายใน ดังนั้นจึง
สามารถที่จะใช้สัญญาณจากขานี้เป็นตัวตั้งเวลาภายนอกหรือเป็นความถี่สัญญาณนาฬิกา แต่
อย่างไรก็ตามความถี่สัญญาณนี้จะลดความถี่ซาลงไปเท่าหนึ่งระหว่างการทำงานแบบการเข้า
ถึงของหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ข้านี้ยังใช้เป็นสัญญาณพัลส์เข้า สำหรับการควบคุมการ
โปรแกรม EPROM ภายในชิป

ขา PSEN (ขา 29) Program Storage Enable เป็นสโตรบอานข้อ
มูลจากโปรแกรมหน่วยความจำภายนอก เมื่อชิปทำงานด้วยโปรแกรมภายนอก ขา PSEN
จะสร้างสโตรบต่ำสองครั้งภายในแต่ละวัฏจักรแม่ทซึน สัญญาณจะมีสถานะสูง หรือพัลส์ต่ำ
ทั้งสองลูกจะหายไป เมื่อทำงานในช่วงการอ่านหรือเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูล
ภายนอก และ PSEN จะไม่มีพัลส์ส่งออก ถ้าชิปทำงานด้วยโปรแกรมหน่วยความจำภายใน

ขา EA/Vpp (ขา 31) มีสถานะสูง ตัวซีพียูในชิปจะทำงานตามโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำภายใน (โดยที่โปรแกรมจะต้องไม่ยาวกว่า 4 กิโลไบต์ สำหรับเบอร์ 8051 AH และ 8 กิโลไบต์ สำหรับเบอร์ 8052 AH การทำให้ EA มีสถานะต่ำจะเป็นการควบคุมให้ซีพียูทำงานตามโปรแกรมหน่วยความจำภายนอก ซึ่งขยายโปรแกรมได้ยาวถึง 64 กิโลไบต์ ในตัว 8031 AH และ 8032 AH ขา EA จะต้องต่อลงดินเช่นกัน แม้ว่า不会有 ROM อยู่ภายในก็ตาม ในตัว 8751 H จะใช้ขานี้จ่ายแรงดันขนาด 21 V ขณะทำการเขียนโปรแกรมเข้า EPROM ของชิป 8751 H ตัวนี้

ขา XTAL1 (ขา 19) ใช้เป็นตัวอินพุตเข้าสู่ตัวออสซิลเลเตอร์ขยายแบบ Invert

ขา XTAL2 (ขา 18) ใช้เป็นตัวเอาต์พุตจากตัวออสซิลเลเตอร์ขยายแบบ Invert

ตามตาราง 3 MCS-51 ทั้งสามกลุ่มคือ กลุ่มที่มี ROM ไม่มี ROM และพวก EPROM จะมีขาใช้งานเหมือนกันหมด ยกเว้นขา 1 จะใช้งานเป็น T2 และขา 2 เป็น T2EX ในเบอร์ 8032/8052 ตลอดถึงจังหวะเวลา (Timing Diagram) และคุณสมบัติทางไฟฟ้า ทั้งสามจะแตกต่างกันเฉพาะการโปรแกรมชิป MCS-51 เท่านั้น ซึ่งแต่ละแบบจัดไปตามความต้องการของผู้ใช้เช่น 8751 จะมี 4 กิโลไบต์ของ Ultraviolet-Erasable Programmable Read Only Memory (EPROM) เหมาะสำหรับการพัฒนาเครื่องต้นแบบ และการผลิตอุปกรณ์ที่มีจำนวนจำกัด เมื่อต้องการจะเขียนโปรแกรมเข้า EPROM จะมีตัวเขียนโปรแกรมพิเศษสำหรับเขียนโปรแกรมที่ผู้ออกแบบเขียนขึ้นมาได้ ถ้าโปรแกรมมีส่วนผิดพลาดที่ต้องการจะแก้ไข ก็สามารถแก้ไขได้โดยการนำตัว 8751 นี้ไปล้างโปรแกรมเดิมออกด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต และอัดข้อมูลโปรแกรมที่ได้แก้ไขแล้วเข้าไปใหม่ ทำเช่นนี้จนกระทั่งได้โปรแกรมสมบูรณ์ และเมื่อต้องการผลิตจำนวนมากก็สามารถที่จะใช้ MCS-51 เบอร์ 8051 ที่มี 4 กิโลไบต์ของ ROM ซึ่งจะถูกอัดข้อมูลโปรแกรมตามความต้องการของผู้ออกแบบโดยโรงงานผู้ผลิตชิปเบอร์นี้ การผลิตลักษณะนี้จะถูกกว่าการใช้เซออร์ 8751 แต่โปรแกรมภายในจะไม่สามารถลบ และโปรแกรมใหม่ได้หลังจากผลิตไปแล้ว

ส่วนเบอร์ 8031 จะไม่มีหน่วยความจำของโปรแกรมบนชิป แต่อาจต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกด้วย ROM EPROM หรือ PROM ได้ถึง 64 กิโลไบต์ ดังนั้น 8031 จึงเหมาะสำหรับการใช้งานที่โปรแกรมมีขนาดใหญ่กว่า 4 กิโลไบต์ และสำหรับผู้ออกแบบที่ต้องการแยกส่วนของโปรแกรมออกจากชิป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดการทางสถาปัตยกรรม

รูปที่ 3 เป็นบล็อกไดอะแกรมที่แบ่งตามลักษณะงานทางสถาปัตยกรรมภายในของ MCS-51 โดยซึ่งเกิดขึ้นแต่ละตัวของตระกูลนี้จะประกอบด้วยหน่วยศูนย์กลางประมวลผล หน่วยความจำสองชนิด คือ แบบ RAM กับ ROM หรือ EPROM พอร์ตเอาต์พุต อินพุต โหมด เรจิสเตอร์ สถานะและข้อมูล ส่วนวงจรตรรกในการ RANDOM ที่จำเป็นสำหรับตัวแปร ของฟังก์ชันการต่อพ่วงส่วนต่าง ๆ ที่กล่าวนี้จะติดต่อกันด้วยบัสข้อมูลขนาด 8 บิต และจะมี บัสเฟ้อร์สำหรับการติดต่อข้อมูลกับภายนอกผ่านพอร์ตไอโอ เมื่อต้องการขยายหน่วยความจำ หรือพอร์ตไอโอ

หน่วยศูนย์กลางประมวลผลหรือซีพียู

ซีพียูเป็นมันสมองของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ การอ่านโปรแกรม และทำงาน ตามคำสั่งโปรแกรมจะกระทำที่ส่วนนี้ โดยการใช้ส่วนคณิตศาสตร์ และตรรกศาสตร์ทำ งานร่วมกับเรจิสเตอร์ A, B, PSW (Program Status Word), SP (Stack Pointer) , PC (Program Counter) ขนาด 16 บิต และ DPTR (Data Pointer) ส่วนคณิต ศาสตร์ และตรรกศาสตร์ (ALU : Arithmetic Logic Unit) ALU นี้ทำงานในฟังก์ชัน ทางคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์ด้วยตัวแปรต่าง ๆ ขนาด 8 บิต ที่มีลักษณะการทำงานทางคณิตศาสตร์เป็น บวก ลบ คูณ หาร รวมทั้งทางตรรกศาสตร์ เช่น AND OR XOR รวมทั้งการเลื่อนและวนรอบบิต การเคลียร์ค่าและกลับค่า (Complement) เป็นต้น ALU ยังสามารถที่จะตัดสินใจในการให้กระโดดไปทำคำสั่งของโปรแกรมในส่วนอื่น ๆ ตามเงื่อนไขที่ตั้งขึ้น และยังแบ่งเรจิสเตอร์ชั่วคราวใช้สำหรับเป็นทางผ่านชั่วคราวของข้อมูลในการ ถ่ายเทภายในระบบ คำสั่งอื่นที่มีการใช้ ALU ยังมีความสามารถที่จะเพิ่มค่าในเรจิสเตอร์ ในลักษณะการบวกด้วยหนึ่ง (Increment) หรือ คำนวณเลขที่อยู่ของข้อมูลที่จะนำไปเก็บ หรือการลดค่าลงครึ่งละหนึ่งในลักษณะการลบด้วยค่าหนึ่ง (Decrement) โดยอัตโนมัติ หรือใช้ในการเปรียบเทียบค่าของตัวแปรทั้งสอง

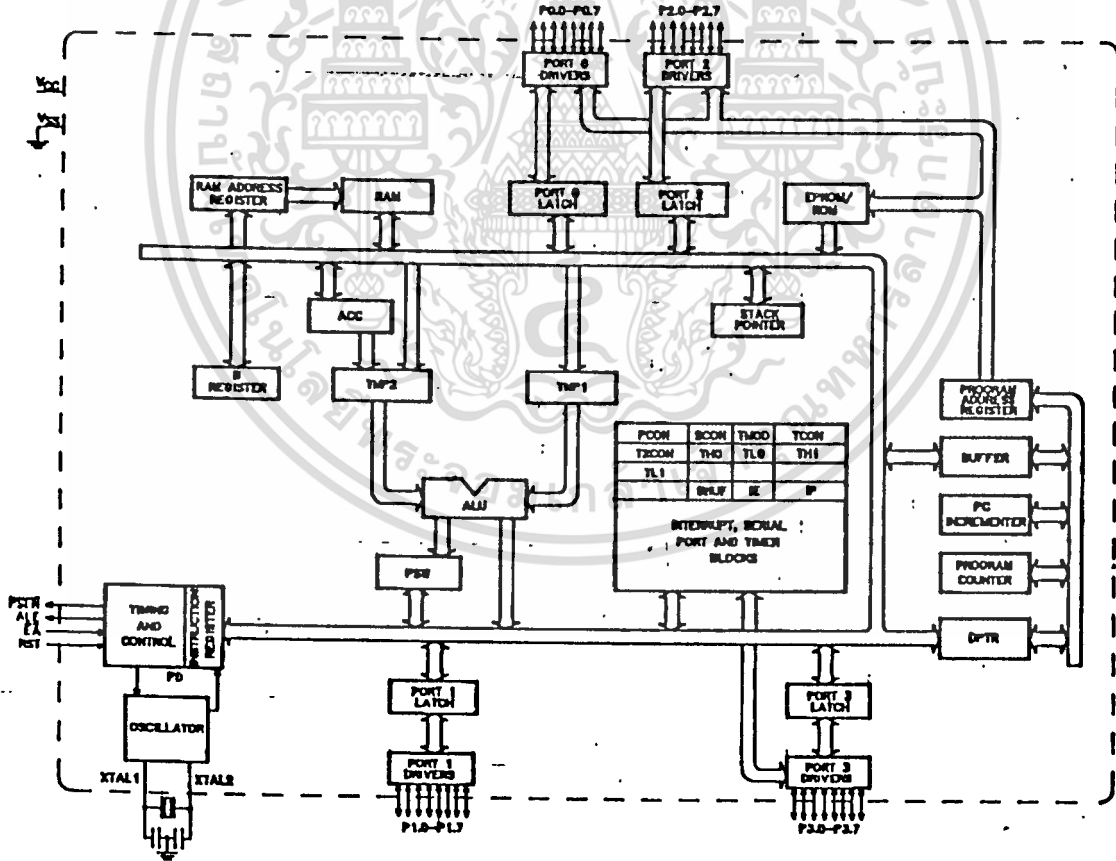
สิ่งสำคัญในการทำงานทางสถาปัตยกรรมของ MCS-51 คือ ความสามารถในการทำ งานสำหรับจข้อมูลขนาด 8 บิต และ 1 บิต การใช้งานในระดับบิตในการเซต เคลียร์ หรือกลับค่า การเคลื่อนย้าย การทดสอบ และใช้ในการคำนวณทางตรรกขนาด 1 บิต ความสามารถเช่นนี้เหมาะสำหรับใช้ในงานควบคุมของสัญญาณเข้า และออกที่มีการคิดและ ออกแบบทางตรรกด้วย พิชคณิต Boolean ซึ่งโดยปกติทำได้ลำบากสำหรับไมโครโพรเซสเซอร์ทั่ว ๆ ไป งานในลักษณะเช่นนี้จึงได้ชื่ออีกอย่างหนึ่งว่า ตัวประมวลผลบูลีน (Boolean Processor) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม้วารณใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอกคิวมิวเลเตอร์ (Accumulator : ACC)

MCS-51 ก็เช่นเดียวกับ MCS-48 ที่ใช้ ACC ที่มีขนาด 8 บิต เป็นแอกคิวมิวเลเตอร์หลัก คำสั่งส่วนใหญ่จะอ้างถึงตัวเรจิสเตอร์นี้ โดยถือค่าภายในเป็นค่าตัวตั้ง และรับค่าผลลัพธ์ที่ได้จากคำสั่งทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ คูณหาร เข้ามาเก็บในตัว ACC ยังสามารถใช้เป็นตัวแทนกระทำหรือถูกกระทำในการทำงานทางตรรก และใช้เป็นตัวกลางในการถ่ายเทข้อมูลในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกไอโอ และหน่วยความจำภายนอก รวมถึงการตรวจสอบตารางข้อมูล

เรจิสเตอร์ B

เป็นเรจิสเตอร์พิเศษที่ใช้งานสำหรับคำสั่งของการคูณและหาร โดยใช้เป็นที่เก็บตัวคูณหรือตัวหารและเป็นที่เก็บผลลัพธ์ตัวที่สองหลังการคูณและเศษหลังการหาร



รูปที่ 3 สถาปัตยกรรม MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญลักษณ์	ตำแหน่ง	ข้อกำหนดการทำงาน
CY	PSW7	<u>แฟลกตัวทศ</u> จะเซต/เคลียร์ด้วยอาร์ตแวร์ หรือซอฟต์แวร์ ระหว่างผลลัพธ์หลังการใช้คำสั่งทางคณิตศาสตร์ หรือ ตรรกศาสตร์ที่แน่นอน
AC	PSW6	<u>แฟลกตัวทศของ Auxiliary</u> จะเซตหรือเคลียร์ด้วยอาร์ตแวร์ ระหว่างการบวกและ ลบ ที่แสดงผลจากการทศหรือยืมจากบิตที่ 3 ของ ACC
FO	PSW5	<u>แฟลก 0</u> จะเซต/เคลียร์ด้วยซอฟต์แวร์ที่ผู้ใช้กำหนดสถานะแฟลคนี้อเอง .
RS1	PSW4	<u>รีจิสเตอร์ตัวควบคุมการเลือกแบงค์</u> ด้วยค่า RS1 และ RSO
RSO	PSW3	จะเซต/เคลียร์ด้วยซอฟต์แวร์ เพื่อเลือกกลุ่มรีจิสเตอร์ทำงานในแต่ละแบงค์ โดยปรับค่าใน RS1 และ RSO ให้โอนาเบิลคุณลักษณะการเลือกแบงค์ต่อไปนี้

RS1	RSO	เลือกแบงค์	ค่าแอดเดรส
0	0	แบงค์ 0	00H-07H
0	1	แบงค์ 1	08H-0FH
1	0	แบงค์ 2	10H-17H
1	1	แบงค์ 3	18H-1FH

OV	PSW2	<u>แฟลก Overflow</u> จะเซต/เคลียร์ด้วยอาร์ตแวร์ระหว่างการใช้คำสั่งที่ แสดงผลถึงการเกิดลักษณะ Overflow ทางคณิตศาสตร์
----	------	---

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-	PSW1	บิตสำรอง จะไม่สามารถเซต หรือเคลียร์ด้วยผู้ใช้เพราะสำรองไว้สำหรับโรงงานผู้สร้าง
P	PSWO	แฟลกพาริตี จะเซต หรือเคลียร์ด้วยฮาร์ดแวร์ในแต่ละวัฏจักรคำสั่ง แสดงถึงตัวเลขค่า "1" ในแต่ละบิต ของแอกคิwmิวเลเตอร์ เช่น "1" มี 6 ตัว จะมีพาริตีคู่ P บิตจะเท่ากับ 0

หมายเหตุ ความหมายของฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ในตารางต่าง ๆ ในแต่ละบิตของตัวรีจิสเตอร์ การที่บิตจะเซตหรือเคลียร์นั้น ถ้าเกิดขึ้นจากฮาร์ดแวร์จะหมายถึงว่าค่าบิตในรีจิสเตอร์จะเกิดเซตตัวเอง เนื่องจากผลของความหมายของการทำงานตามคำสั่งของบิตนั้น เช่น T1 จะเซตตัวเองด้วยฮาร์ดแวร์ เมื่อการส่งข้อมูลได้สิ้นสุดถึง STOP บิตแล้ว ช่วยให้เราสามารถตรวจสอบได้ว่าการส่งข้อมูลครั้งละไบต์นั้นสิ้นสุดหรือยัง ถ้ายังจะได้ออกไปก่อน หรือมีการคำนวณแล้วผลลัพธ์เกิด Overflow ใน PSW ก็เซตตัวเองที่บิต OV ส่วนทางซอฟต์แวร์ หมายถึงว่าเราสามารถที่จะเซต หรือเคลียร์ได้ด้วยการใช้คำสั่งต่าง ๆ ในการเซตหรือเคลียร์ในบิตแต่ละบิตของรีจิสเตอร์เป็นลักษณะทางซอฟต์แวร์

รีจิสเตอร์แสดงสถานะโปรแกรม (Program Status Word : PSW)

รีจิสเตอร์ PSW เป็นรีจิสเตอร์ที่แสดงผลที่ได้หลังจากการใช้คำสั่งต่าง ๆ และใช้เป็นตัวเลือกกลุ่มการทำงานของรีจิสเตอร์กลุ่มต่าง ๆ

ตัวชี้สแต็ก (Stack Pointer : SP)

MCS-51 จะรวมเอาสแต็กทางฮาร์ดแวร์ที่ใช้ RAM ภายในสำหรับการเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมหลัก สแต็กการผ่านพารามิเตอร์ระหว่างงานในแต่ละส่วนโปรแกรม และสแต็กเก็บตัวข้อมูลชั่วคราว หรือสแต็กเก็บสถานะระหว่างการบริการงานอินเตอร์รัปต์ไว้ในชิป โดยที่ SP จะมีขนาด 8 บิต จะเพิ่มค่าขึ้นโดยอัตโนมัติก่อนที่ข้อมูลจะนำมาเก็บในหน่วยความจำระหว่างการที่ใช้คำสั่ง PUSH และ CALL และจะลดค่าของ SP ลงหลังจากที่ได้ถ่ายเทข้อมูลออกไปแล้วในคำสั่ง POP หรือ RETURN โดยทฤษฎีทางสถาปัตยกรรม MCS-51 สามารถใช้สแต็กให้มากถึง 128 ไบต์ แต่ในทางปฏิบัติสำหรับโปรแกรมทั่วไปไม่ควรเกิน 64 ไบต์ อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะใช้น้อยกว่านี้ SP จะเริ่มที่ตำแหน่ง 07H ดังนั้น สแต็กจะเริ่มบรรจุข้อมูลที่ตำแหน่ง 08H MCS-51 สามารถเปลี่ยนแปลงค่าใน SP ได้ ซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนตำแหน่งสแต็กไปยังที่ใดของ RAM ภายในชิป

ตัวชี้ข้อมูล (Data Pointer : DPTR)

DPTR รีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ที่ประกอบด้วยไบนารีสูง (DPH) และ (DPL) ที่เราสามารถเลือกแบ่งออกเป็น รีจิสเตอร์ 8 บิตสองตัวที่ใช้ได้อย่างอิสระ หรือจะใช้รวมกันทั้ง 16 บิต ก็ได้ ในการ Increment หรือ Decrement เพื่อประโยชน์ในการใช้เป็นฐานของเลขที่อยู่ในรีจิสเตอร์ในการกระโดดโดยทางอ้อมในการใช้คำสั่งเกี่ยวกับตารางข้อมูล และชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำภายนอก

พอร์ต 0 ถึง พอร์ต 3

รีจิสเตอร์ PO, P1, P2, และ P3 ของกลุ่มรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (Special Function Register : SFR) จะเป็นตัวรีจิสเตอร์ที่แลทซ์ค่าของพอร์ต 0, 1, 2, และ 3 ตามลำดับ ในขณะที่ใช้งาน

บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม (Serial Data Buffer)

บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรมแบ่งออกเป็นรีจิสเตอร์สองตัว ตัวหนึ่งเป็นบัฟเฟอร์การส่งและอีกตัวเป็นบัฟเฟอร์การรับ เมื่อข้อมูลถ่ายเทเข้า SBUF มันจะถ่ายเข้าบัฟเฟอร์ส่งซึ่งเป็นตัวจัดการส่งข้อมูลอนุกรม วิธีการเคลื่อนย้ายเข้า SBUF ขึ้นอยู่กับการเริ่มแรก (Initial) การส่งเมื่อข้อมูลย้ายออกจาก SBUF จะเป็นการรับข้อมูลจากบัฟเฟอร์ตัวรับ

รีจิสเตอร์ CAPTURE

ไอซีเบอร์ 8032/8052 จะมีคู่อรีจิสเตอร์ (RCAP2H, RCAP2L) เพิ่มเติมเป็นรีจิสเตอร์เค็ปเจอร์สำหรับตัวตั้งเวลาหมายเลข 2 ในโหมดการใช้งานของรีจิสเตอร์ตัวนี้จะรับการเปลี่ยนแปลงที่เข้ามาที่ขา T2EX ตัว TH2 และ TL2 จะลอกข้อมูลเข้าไปในรีจิสเตอร์คู่ RCAP2H และ RCAP2L ด้วยการใช้นี้ตัวตั้งเวลา จะมีโหมดการบรรจุอัตโนมัติขนาด 16 บิต สำหรับการใช้นี้ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ 2 ซึ่งจะมีรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ควบคุม (Control Register)

กลุ่ม SFR ที่ เป็น IP, IE, TMOD, TCON, T2CON, SCON และ PCON จะประกอบด้วย บิตที่ใช้ในการควบคุม และแสดงสถานะของการทำงานของงานในระบบอินเทอร์พรีต ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ และพอร์ตออสซิลเลเตอร์

การจัดการหน่วยความจำ

MCS-51 จะจัดแบ่งตำแหน่งสำหรับ SFR ให้ทำงานเป็นรีจิสเตอร์ต่าง ๆ ดังนี้

รีจิสเตอร์ควบคุม	ตำแหน่ง
ACC : Accumulator	* 0E0H
B : B รีจิสเตอร์	* 0F0H
PSW : Program Status Word	* 0D0H
SP : Stack Pointer	081H
DPTR : ตัวชี้ข้อมูล ประกอบด้วย DPH และ DPL	083H 082H
P0 : พอร์ต 0	* 080H
P1 : พอร์ต 1	* 090H
P2 : พอร์ต 2	* 0A0H
P3 : พอร์ต 3	* 0B0H
IP : ตัวควบคุมการอินเทอร์พรีตตามลำดับ	* 0B8H
IE : ตัวควบคุมการอินเทอร์พรีตอีนาเบิล	* 0A8H
TMOD : ตัวควบคุมการเลือกโหมดตัวตั้งเวลา/ตัวนับ	089H
T2CON : ตัวควบคุมตัวตั้งเวลา/ตัวนับ 2	* 088H
TCON : ตัวควบคุมตัวตั้งเวลา/ตัวนับ	0C8H
TH0 : รีจิสเตอร์ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ 0 (ไบต์สูง)	08CH
TLO : รีจิสเตอร์ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ 0 (ไบต์ต่ำ)	08AH
TH1 : รีจิสเตอร์ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ 1 (ไบต์สูง)	08DH
TL1 : รีจิสเตอร์ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ 1 (ไบต์ต่ำ)	08BH

TH2	: รีจิสเตอร์ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ 2 (ไบต์สูง)	+ OCDH
TL2	: รีจิสเตอร์ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ 2 (ไบต์ต่ำ)	+ OCCH
RLDH	: รีจิสเตอร์ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ 2 ประจุ่มใหม่อัตโนมัติ (ไบต์สูง)	+ OCBH
RLDL	: รีจิสเตอร์ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ 2 ประจุ่มใหม่อัตโนมัติ (ไบต์ต่ำ)	+ OCAH
SCON	: ความคุมการส่งข้อมูลอนุกรม	* 098H
SBUF	: บัฟเฟอร์ข้อมูลการส่งอนุกรม	099H
PCON	: ความคุมการใช้พลังงาน (Power)	097H

หมายเหตุ เครื่องหมาย * ที่แอดเดรส หมายถึง รีจิสเตอร์นั้นสามารถ
แอดเดรสข้อมูลได้ทั้งข้อมูลขนาดไบต์
เครื่องหมาย + ที่แอดเดรสหมายถึง จะมีเฉพาะในเบอร์ 8032 และ
8052 เท่านั้น

รีเซต (RESET)

การรีเซตนับเป็นส่วนสำคัญของการที่จะให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานได้อย่างน่า
เชื่อถือ เพราะถ้าการให้จังหวะแก่ขา รีเซตไม่ถูกต้องจะทำให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์
มีปัญหา ดังนั้นจึงควรที่จะทำความเข้าใจกับความถี่ของจังหวะเวลาของไมโครคอนโทรล
เลอร์แต่ละชนิดอย่างถูกต้องเสียก่อนที่จะออกแบบสร้างวงจรรีเซต

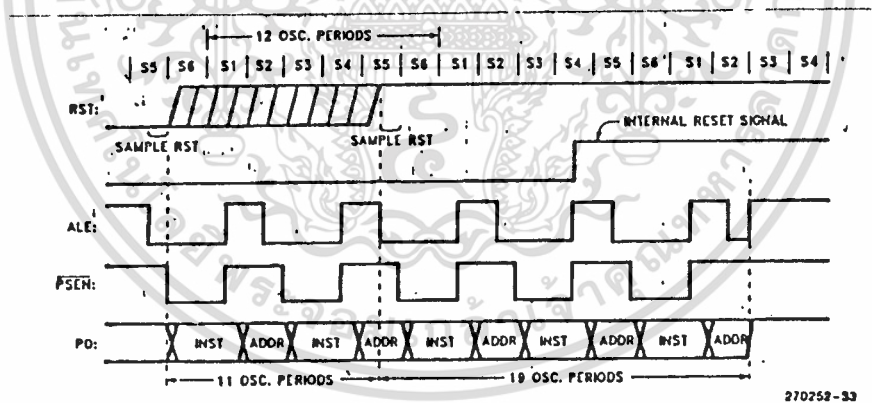
วงจรรีเซตสำหรับรุ่น 8051 ที่เป็น HMOS จะต่อที่ขา รีเซตคือขา RST/VPD ดัง
แสดงในรูปที่ 4 วงจร Schmitt trigger จะถูกสุมเก็บเข้าไปด้วยวงจรรีเซต เกิดที่
S5P2 ของทุก ๆ วัฏจักรแมชชีน

ข้อกำหนดวงจรสำหรับ CHMOS จะแสดงในรูปที่ 4 RAM ภาาภายในจะถูกจ่ายพลังไฟ
ด้วยแบตเตอรี่สำรองจากขา Vcc

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้ง HMOS และ CHMOS จะทำงานได้ด้วยการรีเซ็ตสถานะสูงที่ขา RST/VPD เป็นเวลาอย่างน้อย 2 วัฏจักรแมชชีน นับจากที่ออสซิลเลเตอร์เริ่มทำงาน ตัวซีพียูจะตอบสนองด้วยการสร้างสัญญาณรีเซ็ตภายในที่แสดงแผนภูมิเวลาในรูปที่ 4 สัญญาณรีเซ็ตภายนอกจะเป็นแบบ Asynchronous ต่อสัญญาณนาฬิกาภายใน โดยที่สัญญาณรีเซ็ตจะถูกแซมปลิ่งช่วงระหว่าง SSP2 สำหรับทุกๆ วัฏจักรแมชชีน ส่วนขาพอร์ตจะยังคงรักษาสถานะตามสภาพขณะนั้นเป็นเวลา 19 คาบเวลาของออสซิลเลเตอร์หลังจากสถานะสูงทางแซมปลิ่ง และใช้เวลาประมาณ 19-31 คาบเวลาออสซิลเลเตอร์ หลังจากสัญญาณรีเซ็ตจากภายนอก เข้าขา RST

ขณะที่ RST มีสถานะสูง ALE และ PSEN จะถูกดึงให้สถานะสูงแบบอ่อนหลังจาก RST ถูกดึงลงสถานะต่ำมันจะใช้เวลาประมาณ 1 ถึง 2 วัฏจักรแมชชีน สำหรับการเริ่มสัญญาณของ ALE และ PSEN ด้วยเหตุผลนี้อุปกรณ์อื่น ๆ ไม่สามารถที่ Synchronous กับช่วงจังหวะภายในของ 8051



รูปที่ 4 แผนภูมิช่วงจังหวะรีเซ็ต

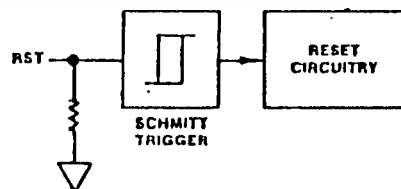
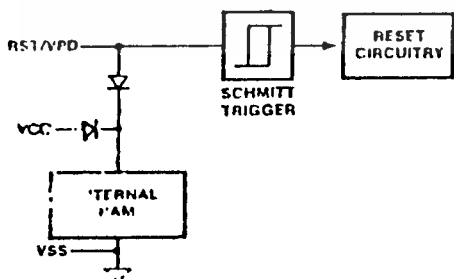
ลำดับการทำงานแอสซิงโครนัสของการรีเซ็ตภายในก็โดยการเขียนค่า "0" ใส่ลงในบิตทกตัวของ SFR ยกเว้นพอร์ตแลทซ์ตัวชี้สแต็กและ SBUF พอร์ตแลทซ์จะถูกใส่ค่า FFH สแต็กมีค่าเป็น 07H และ SBUF ไม่ทราบค่า ดังแสดงค่าต่าง ๆ ในรีจิสเตอร์ในตารางต่อไปนี้ หลังการรีเซ็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์	มีค่าข้อมูลเป็น	รีจิสเตอร์	มีค่าข้อมูลเป็น
PC	00H	T2CON	00H
ACC	00H	TH0	00H
B	00H	TLO	00H
PSW	00H	TH1	00H
SP	07H	TL1	00H
DPTR	0000H	TH2	00H
PO-P3	0FFH	TL2	00H
IP	(XX000000)B	RLDH	00H
IE	(OX000000)B	RLDL	00H
TMOD	00H	SCON	00H
TCON	00H	SUUF	Intermediate
PCON (CMOS)	(OXXX0000)B	PCON (HMOS)	(OXXXXXXX)B

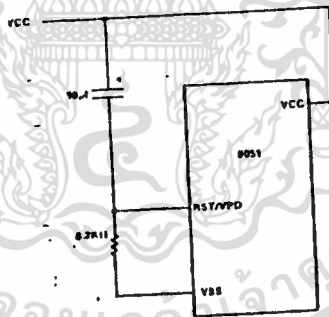
แรมภายในจะไม่มีผลจากการรีเซต เมื่อมีแรงดันไฟจ่ายที่ Vcc ค่าต่าง ๆ ในแรมจะเป็นค่าที่ไม่แน่นอน ถ้าส่วนนั้นไม่ได้กลับมาจากการใช้งานของโหมดลดพลังงาน (Reduced Power Mode)



รูปที่ 5 วงจรการจัดการรีเซตของ HMOS รูปที่ 6 วงจรการจัดการรีเซตของ CMOS
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในทางอื่น
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Power-On Reset

การรีเซ็ตอัตโนมัติสามารถทำได้เมื่อมีแรงดันไฟที่ V_{CC} ด้วยการต่อกับขา RST ผ่านตัวคาปาซิเตอร์ขนาด 10 ไมโครฟารัด และต่อตัวต้านทานขนาด 8.2 กิโลโอห์ม ต่อคร่อมระหว่าง V_{SS} กับ RST เพื่อที่จะแบ่งให้ช่วงเวลาขอบขาขึ้นมีไม่เกินมิลลิวินาที และช่วงเวลาที่เกิดออสซิลเลชันเริ่มต้นจะไม่เกิน 10 มิลลิวินาที โดยวงจรการรีเซ็ตแบบ Power-on มีแสดงดังรูปที่ 7 เมื่อเปิดไฟ กระแสจะไหลผ่านเข้า RST ความต่างศักย์ระหว่าง V_{CC} กับแรงดันที่ตกคร่อมตัวคาปาซิเตอร์ และจะลดลงจากค่า V_{CC} เป็นลักษณะซาร์ตเข้า ยิ่งถ้าค่าคาปาซิเตอร์มีขนาดใหญ่ขึ้น แรงดัน V_{RST} ที่คร่อม RST ก็จะลดช้าลง ค่า V_{RST} จะต้องมีรักษาระดับให้นานมากกว่าระดับเทลโฮล (Threshold) ของตัวสมิททริกเกอร์ ที่พอจะมีเวลาให้การรีเซ็ตเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ เวลาที่ต้องการคือช่วงการเกิดออสซิลเลชันเริ่มต้นบวกกับอีก 2 วัฏจักรแมชชีน



รูปที่ 7 วงจร Power-on Reset

บทที่ 4

การออกแบบและสร้างวงจร

การใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวสวิตช์

ในปัจจุบันการใช้ทรานซิสเตอร์ในงานอิเล็กทรอนิกส์กำลัง ได้ขยายตัวไปอย่างกว้างขวาง ทั้งนี้เพราะในปัจจุบันทรานซิสเตอร์ได้รับการพัฒนาไปอย่างมาก ทำให้สามารถทนกระแสและแรงดันได้สูงขึ้น อีกทั้งความเร็วในการสวิตช์ก็สูงขึ้นด้วย การเพิ่มความเร็วยุทธศาสตร์ทรานซิสเตอร์ทำให้สามารถทำงานที่ความถี่สูงขึ้น คุณสมบัติทางด้านความเร็วของทรานซิสเตอร์นี้ นับเป็นจุดเด่นที่สำคัญที่สุดอันหนึ่งของทรานซิสเตอร์ และเนื่องจากทรานซิสเตอร์ PNP จะทนแรงดันได้ไม่สูงนัก อีกทั้งความเร็วในการสวิตช์ยังต่ำกว่าทรานซิสเตอร์แบบ NPN ดังนั้น ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังจึงใช้ทรานซิสเตอร์แบบ NPN

การขับนำเบสของทรานซิสเตอร์

ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์กำลังที่ใช้ทรานซิสเตอร์เป็นสวิตช์นั้น การขับนำเบสของทรานซิสเตอร์นับเป็นสิ่งสำคัญมากอย่างหนึ่ง เพราะคุณสมบัติที่สำคัญบางอย่างของทรานซิสเตอร์ เช่น แรงดันสูงสุด (V_{CE0}) เวลาหยุดนำกระแส (t_{off}) เวลาเริ่มนำกระแส (t_{on}) และย่านทำงานที่ปลอดภัย (SOA) จะขึ้นอยู่กับลักษณะการขับนำเบส ในปัจจุบันได้มีการเสนอวิธีการขับนำเบสได้หลายวิธี ซึ่งส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์ที่จะลดเวลาในการสวิตช์ เพื่อลดการสูญเสียในการสวิตช์และเพิ่มความถี่ในการทำงานให้สูงขึ้น อย่างไรก็ตามคุณสมบัติของการขับนำเบสที่ดีควรมีลักษณะดังนี้คือ

1) ในการเริ่มขับนำทรานซิสเตอร์ควรที่จะให้การเพิ่มของกระแสเบส $dI_{B,dc}$ มีค่าสูง และควรจะให้กระแสเบสมีค่ายอดสูงกว่ากระแสเบสซึ่งเพียงพอ ที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์อิ่มตัวประมาณ 2-3 เท่า อันเป็นการลด t_{on} ให้สั้นลงได้

2) ควรจะใช้กระแสเบสที่เหมาะสมกับกระแสคอลเลคเตอร์ คือให้เพียงพอที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์อิ่มตัวพอดี แต่ไม่ควรให้มีความมากเกินไป เพราะจะเป็นการเพิ่ม t_{off} อันเนื่องมาจาก storage time ซึ่งเป็นเวลาที่ใช้ในการกวาดพาหะข้างน้อยส่วนเกินออกจากเบส

3) การทำให้ทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแส ควรจะมีการดึงกระแสออกจากเบส โดยให้มีค่า $dI_{B,dc}$ สูง แต่ไม่ควรเกิน 40 A เพราะอาจจะทำให้เกิด secondary breakdown ขึ้นได้ การดึงกระแสออกจากเบสจะเป็นช่วงกวาดพาหะข้างน้อย ส่วนเกินออกจากเบสของทรานซิสเตอร์ อันเป็นการลด t_{off} ของทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) ในระหว่างที่ทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะปิดกั้นกระแส (off-state)
ควรถือว่าไบอัสย้อนหัวต่อเบส-อิมิตเตอร์ เพื่อการนำกระแสอันเนื่องมาจากสัญญาณรบกวน และ
การเปลี่ยนแปลงแรงดัน $dV_{ce/dt}$ ที่มีค่าสูง

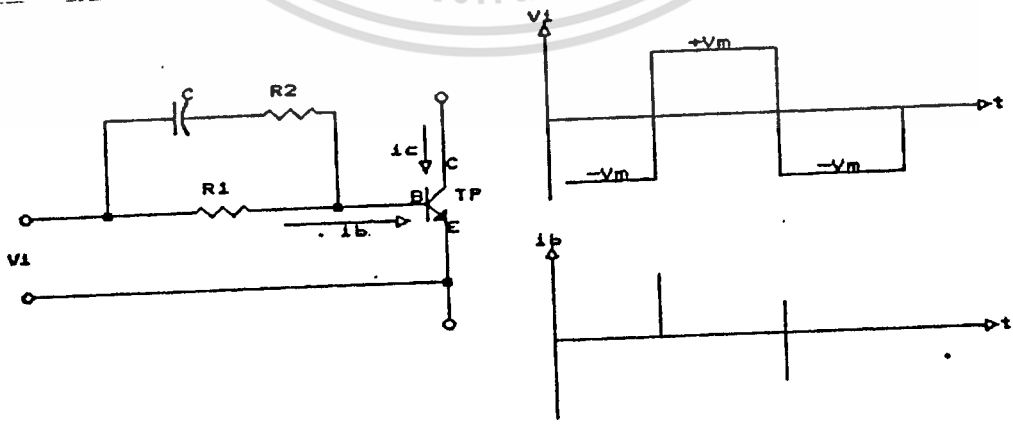
5) วงจรขับเบสควรมีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากทรานซิสเตอร์กำลังสูงจะมี
อัตราการขยายกระแสต่ำ คือ ประมาณ 5-10 เท่า ซึ่งทำให้จำเป็นต้องใช้กระแสขับนำ
เบสมากดังนั้น แรงดันในวงจรเบสไม่ควรจะสูงเกินไป และไม่ควรถือให้มีกระแสไหล
ในวงจรเบสมาก เมื่อทรานซิสเตอร์อยู่ในสภาวะปิดกั้นกระแส

6) วงจรขับเบสควรถือว่าเป็นวงจรง่าย ๆ และมีความเชื่อถือได้สูง ถ้าสามารถ
เข้าได้กับ TTL (TTL Compatible) จะทำให้การควบคุมทำได้สะดวกมากขึ้น นอก
จากนี้ถ้าหากมีการแยกกันไฟระหว่างวงจรขับกับทรานซิสเตอร์กำลัง หรือแยกกันระ
หว่างสัญญาณควบคุมกับวงจรขับ จะเป็นการลดปัญหาเรื่องสายดินการแยกอาจทำได้โดย
การใช้หม้อแปลงความถี่สูง (pulse transformer) หรือถ้าในระดับวงจรขับกับสัญญาณ
ควบคุมซึ่งมีกำลังต่ำอาจใช้ opto coupler ก็ได้

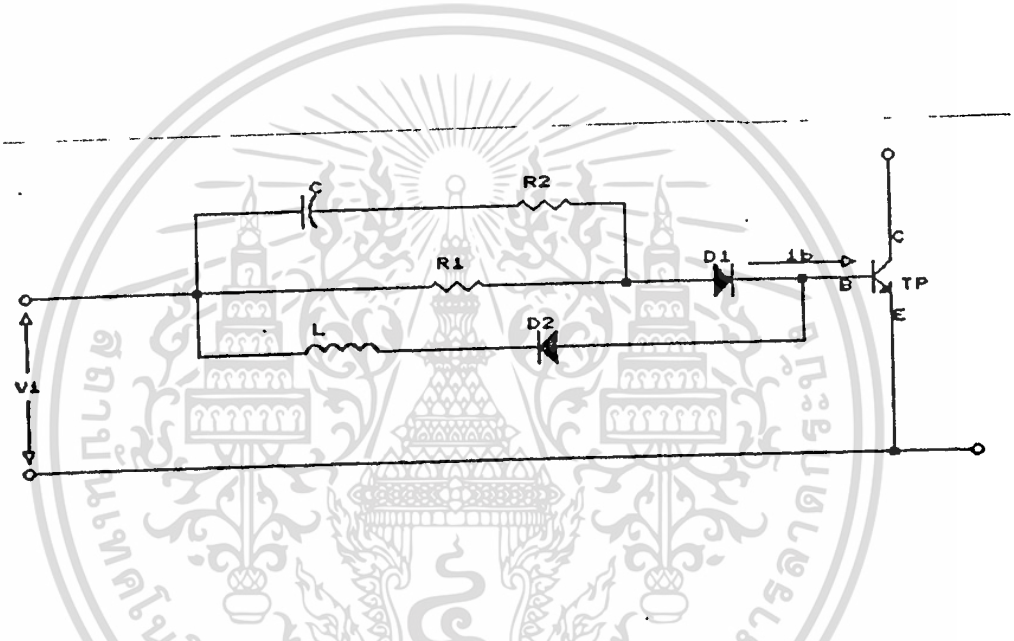
วงจรขับนำเบส

การที่จะได้มาซึ่งลักษณะของวงจรขับเบสที่ดีนั้น เราจำเป็นต้องรู้จักวงจรพื้นฐาน
ให้ได้มาซึ่งฟังก์ชันที่เราต้องการ และต่อไปนี้จะแนะนำให้รู้จักกับวงจรพื้นฐาน
ต่างๆที่ใช้ในวงจรขับเบสทั่วไป

1) วงจรเร้ากระแสเบส



จากวงจรรูปที่ 1 ซึ่งเป็นตัวเก็บประจุ เร่งกระแส (Speed up capacitor) จะทำตัวเสมือนกับวงจรลัดในตอนที่เกิดการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น ในตอนที่ V_i เพิ่มขึ้นจาก $-V_m$ ไปเป็น $+V_m$ กระแสไหลมีค่าสูงสุด และในสภาวะอยู่ตัว ตัวเก็บประจุ C จะทำตัวเสมือนเป็นวงจรเปิด ในกรณีที่เรากำลังต้องการจำกัดค่า $dI_{b,c}$ ช่วงที่ V_i เปลี่ยนจาก $+V_m$ เป็น $-V_m$ เราอาจทำได้โดยใช้ตัวเหนี่ยวนำและไดโอดต่อดังในวงจรตามรูปที่ 2



รูปที่ 2 วงจรขั้วกระแสไหลที่มีการเร่งกระแสไหลในตอนทำให้ TP เริ่มนำกระแสและมีการหน่วงกระแสในตอนทำให้ TP หยุดนำกระแส

2) การปรับกระแสไหลที่เหมาะสม

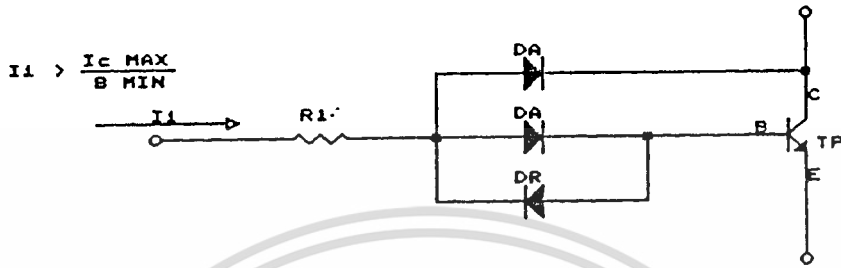
ในการขั้วนำกระแสของทรานซิสเตอร์กำลัง เพื่อใช้เป็นสวิตช์เรามาักก็ใช้สัญญาณขั้นที่มีค่าคงที่ ทำให้กระแสไหลมีค่าคงที่ ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องตัวปรับ I_b ที่เหมาะสมซึ่งทำได้โดย

ก) ใช้ไดโอดป้องกันการอิ่มตัวเกินควาร

วิธีนี้เราใช้วิธีปรับ I_b ให้เหมาะสมโดยใช้ไดโอดป้องกันการอิ่มตัวเกินควาร (Antisaturation diode)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



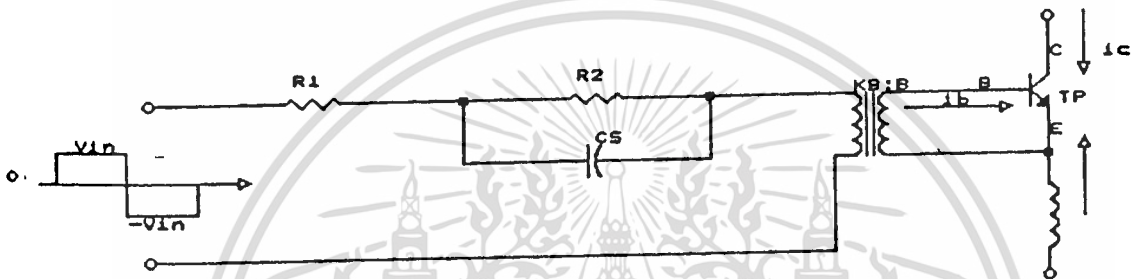
รูปที่ 3 วงจรปรับ I_B ให้เหมาะสมกับกระแสคอลเล็กเตอร์

ในการออกแบบวงจรขับเบสนั้น ถ้ากระแส I_i มีค่าคงที่และมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับอัตราส่วนกระแสคอลเล็กเตอร์สูงสุดที่จะมีได้ ($I_{c\ max}$) กับอัตราขยายกระแสต่ำสุดของทรานซิสเตอร์ (B_{min}) แล้ว TP จะอยู่ในสภาวะอิ่มตัวเสมอถ้า $V_{ce} > V_{ce\ cutin}$ ไดโอด D_{cut} ซึ่งเป็นไดโอดป้องกันการอิ่มตัวของ TP จะไม่นำกระแส แต่ถ้า I_i มีค่าเกินไปจะทำให้ V_{ce} ลดลง จนกระทั่ง V_{ce} สูงกว่า $V_{ce\ cutin}$ เท่ากับแรงดันเริ่มนำกระแสของไดโอด (Cutin voltage มีค่าประมาณ 0.5V) D_{cut} จะเริ่มนำกระแส ทำให้กระแสเบส I_B ลดลง โดยที่แรงดันตกคร่อมไดโอด D_{cut} และ D_{cut} ใกล้เคียงกัน จากรูปที่ 3 เราจะเห็นได้ว่า จะรักษาคັกดาไฟฟ้าของคอลเล็กเตอร์ให้เท่ากับคັกดาไฟฟ้าของทรานซิสเตอร์กำลัง

ข) ใช้การขับนำตามกระแสขาออก (Regeneration or proportional feedback drive)

เป็นการส่งผ่านหม้อแปลงกลับมาขับนำเบส หลังจากที่วงจรเริ่มขับนำเบสได้ ทำให้ทรานซิสเตอร์เริ่มนำกระแสได้ในรูปที่ 4 เราจะให้กระแสอิมิตเตอร์ไหลผ่านขดลวดขดลวด ซึ่งมีเพียงหนึ่งขดของหม้อแปลง กระแสอิมิตเตอร์นี้จะเหนี่ยวนำทำให้เกิดกระแสไหลในขดลวดในวงจรเบส เพื่อที่จะให้กระแสที่เกิดจากการเหนี่ยวนำมีค่ามากพอ ที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในสถานะนำกระแสได้ เราจะให้ขดลวดของวงจรเบสมีจำนวนรอบน้อยกว่าอัตราขยายกระแสของทรานซิสเตอร์ในสภาวะอิ่มตัว (β) และมีขั้วดังแสดงดังรูปที่ 5

การเริ่มขับนำเบสและการให้ทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแสจะทำได้โดยการใช้อัตราขยายที่ 3 ซึ่งมีขดลวดมากกว่า ๓ เพื่อเป็นการลดกระแสในวงจรขับ C_u จะต้องมีค่าใหญ่มากพอที่จะสามารถทำให้ทรานซิสเตอร์เริ่มหรือหยุดนำกระแสได้ R_2 มีไว้สำหรับที่จะทำให้มีกระแสขับนำเบสในตอนที่มีกระแสไหลน้อย การใช้สัญญาณขับบวกลบทำให้เวลาในการสวิตช์ลดลง



รูปที่ 5 วงจรขับนำเบสตามกระแสขาออก

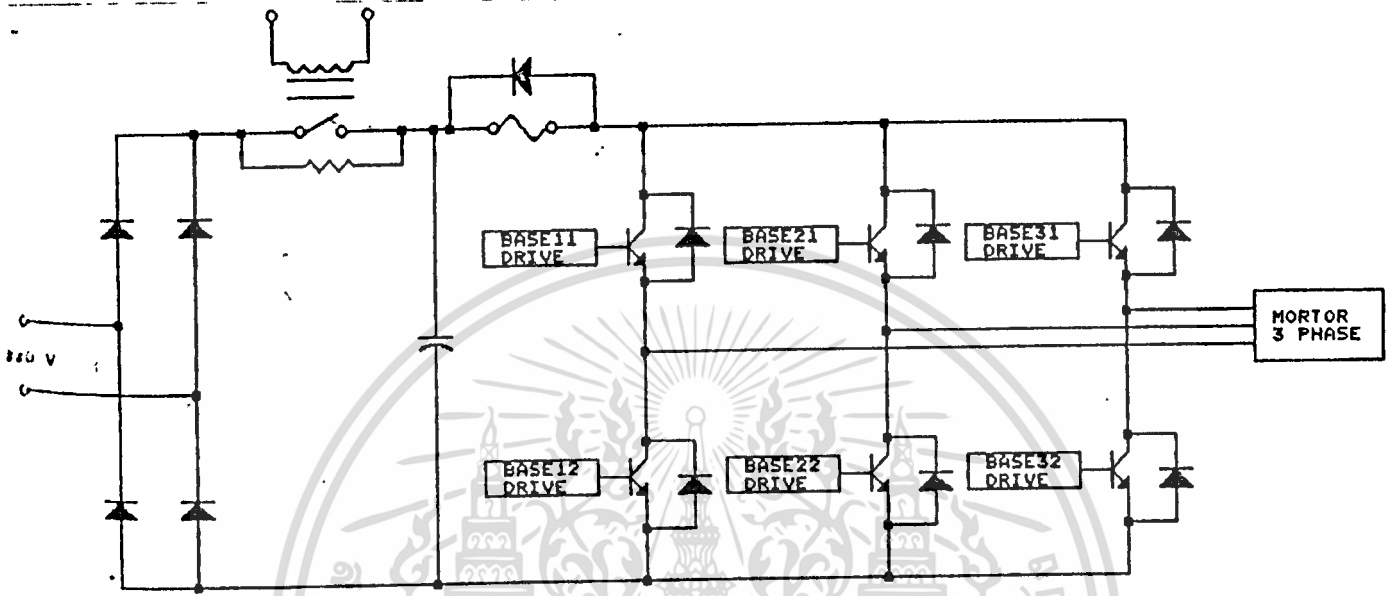
วงจรกำลังของพัลส์วิตมอดเลชั่น

วงจรกำลังประกอบด้วยวงจรต่างๆดังนี้

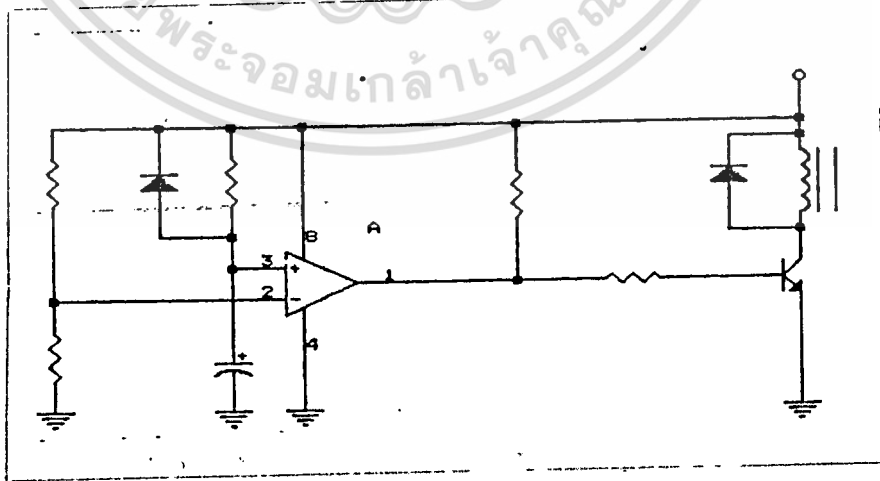
- วงจรกำลังหลัก
- วงจรอินเวอร์เตอร์
- วงจรจ่ายแรงดันไฟต่ำและหม้อแปลงไฟฟ้า

ส่วนของวงจรกำลังหลักประกอบด้วยวงจรเร็คตีไฟเออร์ ทำหน้าที่แปลงไฟสลับเป็นไฟตรง จากนั้นผ่านวงจรกรองแรงดันไฟฟ้าและจ่ายให้แก่วงจรทรานซิสเตอร์อินเวอร์เตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 6 โดยก่อนที่จะผ่านวงจรกรองแรงดันไฟฟ้าเราจะให้ผ่านตัวต้านทานก่อน เพื่อที่จะจำกัดกระแสไหลของคอลเล็คเตอร์ โดยใช้วงจรหน่วงเวลาการทำงานของรีเลย์ได้แสดงในรูปที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



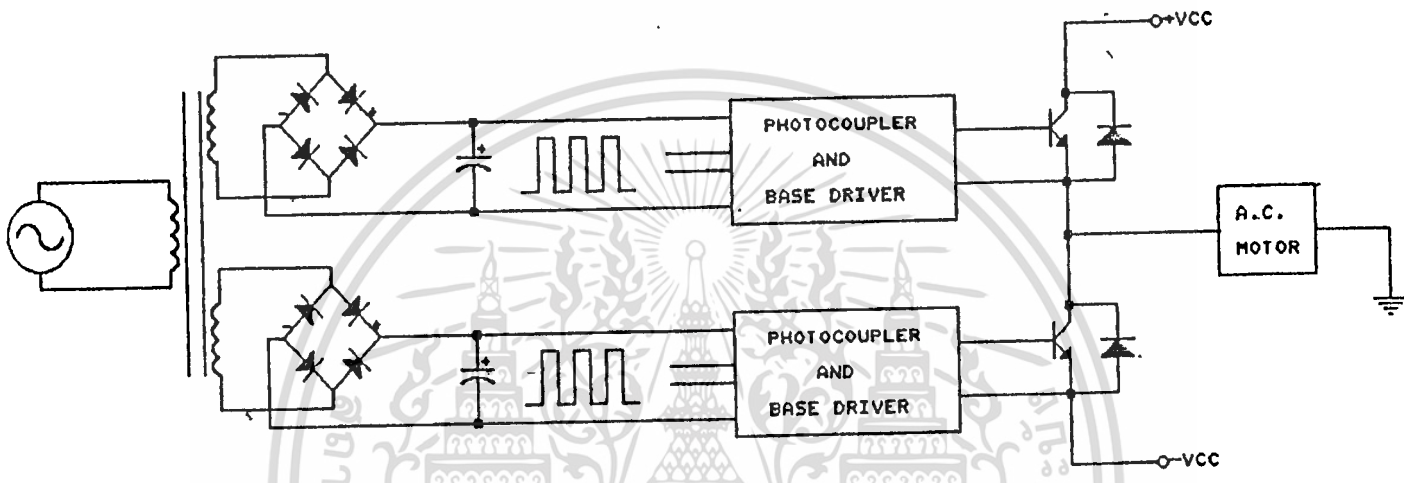
รูปที่ 6 วงจรกำลังหลัก



รูปที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ที่มีการนำไปใช้

วงจรอินเวอร์เตอร์ประกอบด้วย วงจรรวมในภาคกำลังกับภาคขับ
เบสเข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 8 ในรูปเป็นวงจรอินเวอร์เตอร์ 1φ



รูปที่ 8 แสดงวงจรทรานซิสเตอร์อินเวอร์เตอร์

วงจรขับเบส

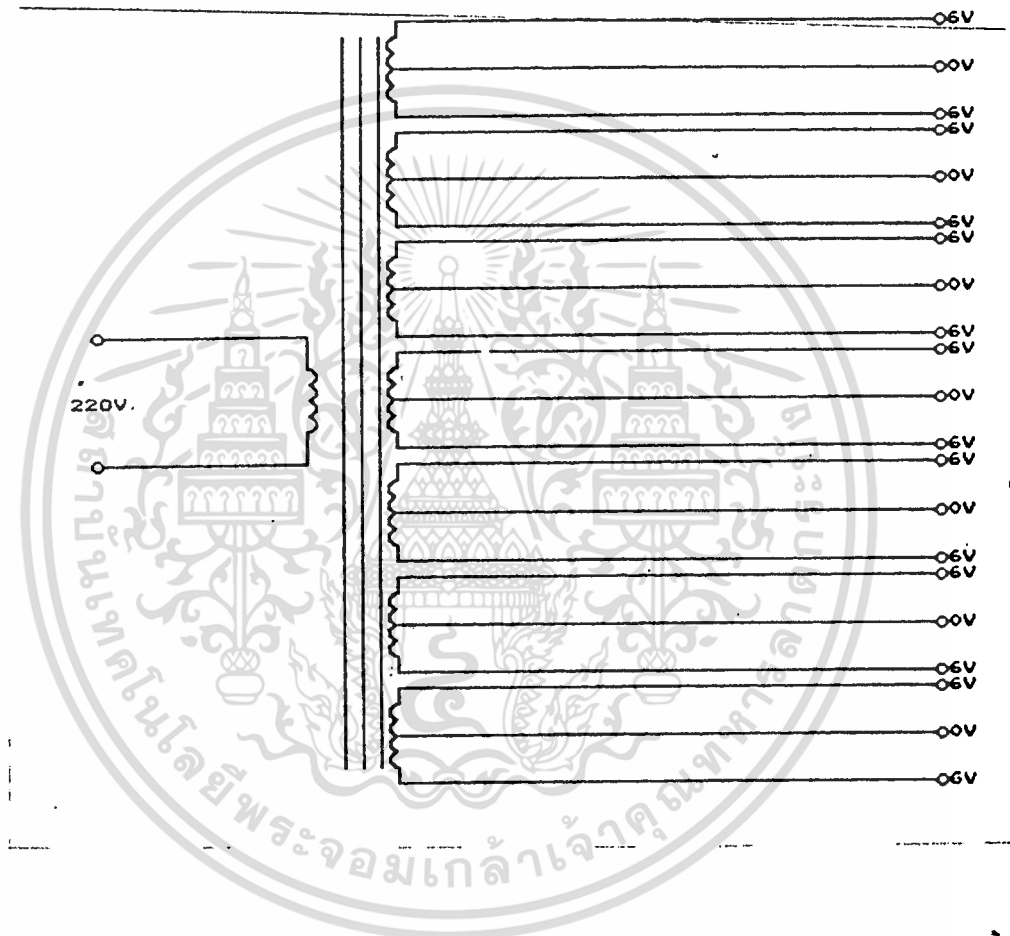
สิ่งที่ต้องพิจารณาถึงในการออกแบบวงจรขับเบสคือ อัตราการขยาย (h_{FE}) ของทรานซิสเตอร์กำลัง แรงดันอิ่มตัวของทรานซิสเตอร์ ($V_{ce\ set}$) และความเร็วในการสวิตช์ ในการไบอัสทรานซิสเตอร์นั้น ถ้ากระแสที่เราไบอัสน้อยเกินไป จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงานในย่านแอกทีฟ ซึ่งอาจทำความเสียหายแก่ทรานซิสเตอร์ได้แต่ถ้ากระแสไบอัสมากเกินไป ก็อาจทำให้เกิดความสูญเสีย (I_{oss}) มากขึ้น เพราะช่วงหยุดนำกระแสของทรานซิสเตอร์นานขึ้น และอาจมีผลต่อความเร็วในการสวิตช์ด้วย ดังนั้นในการเลือกใช้งานที่ความถี่สูงๆ เราจะต้องให้เวลาในการที่ทรานซิสเตอร์หยุดทำงานสั้นลง โดยการให้ไบอัสกลับ

ทั้งนี้ทั้งนั้น หวังว่าผู้อ่านทุกท่านจะได้อ่านและทำความเข้าใจกับเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรากำหนดให้ D_4 เป็นตัวตรวจสอบการทำงานของ Power transistor และจะทำงานร่วมกับ D_9 และ R_{17} ซึ่งในการทำงานปกติ V_{ce} ของ Transistor จะมีค่าน้อยมาก แรงเคลื่อนที่ขั้ว Anode ของ D_4 มากกว่า cathode เมื่อมีการเกิด over current จะทำให้ V_{ce} ของ transistor มีคักดีไฟฟ้าสูงขึ้น และสูงมาก V_{ce} ของ Q_9 ทำให้กระแสจาก R_{17} เปลี่ยนทิศทางมาไหล ผ่าน D_9 แทนทำให้ V_{ce} สูงกว่า V_{ce} Q_9 ไม่สามารถทำงานได้ Q_4 ก็ไม่สามารถทำงานได้เช่นกัน มีผลทำให้ขา base ของ Power Transistor เป็น Low Power Transistor จะไม่ทำงาน การกำหนดขึ้นอยู่กับ R_{18} ซึ่งเป็นตัวกำหนดกระแสเบสให้แก่ Power Transistor เมื่อ Power Transistor ต้องการกระแสเบสมากกว่าที่กำหนด จะทำให้ Power Transistor ทำงานในย่านแอดทิว V_{ce} ของ Power Transistor จะสูงกว่า V_{ce} ของ Q_9 Power transistor ก็จะหยุดทำงาน

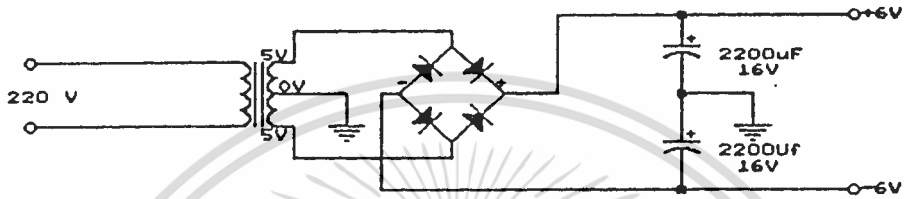


วงจรจ่ายแรงดันต่ำและหม้อแปลง

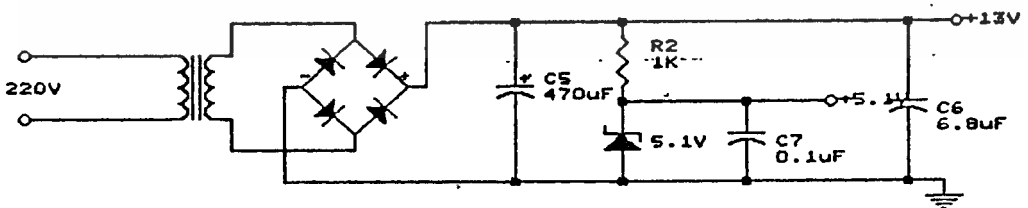


รูปที่ 9 แสดงวงจรหม้อแปลง

ในส่วนของวงจรควบคุม เราต้องสร้างแหล่งจ่ายไฟาระดับตรงที่มีระดับต่าง ๆ กัน มี +6v , -6v ใช้สำหรับวงจรขับเบส Power Transistor และ +13V ใช้สำหรับเลี้ยงป้องกันอินเวอร์เตอร์ตาวรูปที่ 10 และ รูปที่ 11 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 แสดงวงจรไฟเลี้ยงชุดขับเบส



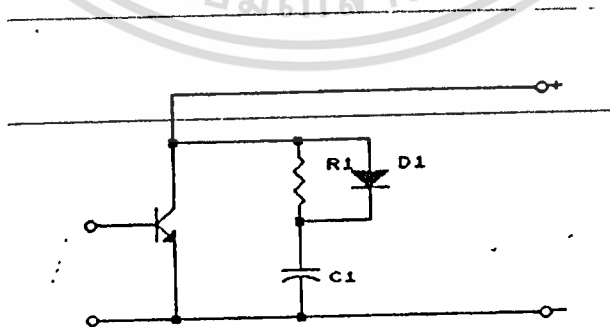
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเอาไปตีพิมพ์ ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 11 แสดงวงจรไฟเลี้ยงแกว่งจรป้องกัน
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

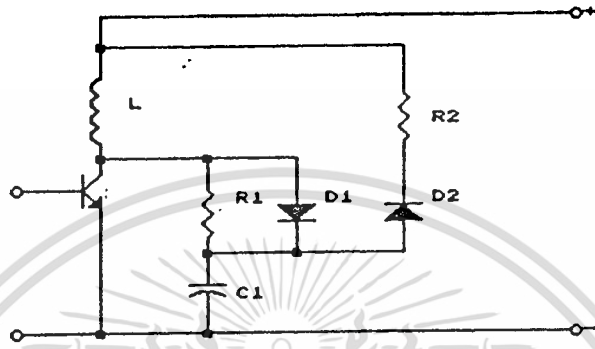
การใช้ทรานซิสเตอร์สำหรับวงจรมอเตอร์กระแสสลับ

สวิทซ์ซึ่งทรานซิสเตอร์ส่วนมากในระบบ พัลส์วิตช์มอดูเลชันเอานเวอ์เตอร์ ค่าพลังงานสูงสุดประมาณ 200 กิโลวัตต์ ถ้ามากกว่านี้นิยมใช้ GTO จะดีกว่า ส่วนสวิทซ์ซึ่งทรานซิสเตอร์จะเหมาะกับพวกที่เป็นแหล่งจ่ายกำเนิดแรงดันไฟฟ้า และจำเป็นต้องต่อไดโอดย้อนกลับคร่อมไว้เพื่อให้กระแสสามารถไหลย้อนกลับได้ ขณะเกิดการรีเจนเนอเรทีฟ

การป้องกันการสวิทซ์ซิ่ง

เมื่อนำเอาทรานซิสเตอร์มาใช้ในการขับมอเตอร์ โดยขณะมอเตอร์เริ่มทำงาน กระแสจะถูกเปลี่ยนจากการไหลผ่านไดโอดมาผ่านทรานซิสเตอร์ และจากคุณสมบัติของไดโอดทำให้เป็นปัญหาของทรานซิสเตอร์ได้ โดยในขณะไดโอดหยุดทำงานกระแสย้อนกลับของไดโอด จะทำให้เกิดกระแสสูงไหลผ่านทรานซิสเตอร์ถ้าไดโอดมีช่วงการหยุดทำงานช้า จะทำให้ทรานซิสเตอร์มีค่าเกินย่านความปลอดภัยของทรานซิสเตอร์ได้ โดยขณะเริ่มทำงานค่า V_{CE} ควรมีค่าลดลงอย่างรวดเร็วและกระแสคอลเลคเตอร์จะเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ขณะหยุดทำงานกระแสคอลเลคเตอร์ควรลดลงอย่างรวดเร็ว และแรงดันไฟฟ้าควรเพิ่มขึ้นอย่างช้าๆ ดังนั้นจึงมีวงจรช่วยในการสวิทซ์ดังรูปที่ 12





รูปที่ 12 แสดงวงจรช่วยในการสวิตช์ซึ่งของทรานซิสเตอร์

จากรูปที่ 12(a) นั้นจะทำให้กระแสในขณะหยุดทำงานของทรานซิสเตอร์มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วโดยไหลผ่านไดโอด (D_1) ไปยังตัวเก็บประจุ (C_1) ในขณะที่แรงดันไฟฟ้าเพิ่มตัวต้านทาน (R_1) จำกัดการคายประจุของตัวเก็บประจุ ไปยังทรานซิสเตอร์ขณะเริ่มทำงาน

จากรูปที่ 12(b) ตัวอินดักแตนซ์ (L) ช่วยลดอัตราการเพิ่มของกระแสในขณะที่ทรานซิสเตอร์เริ่มทำงาน และค่า R_2 และ D_2 จะป้องกันค่าแรงดันไฟฟ้าขณะเริ่มสูงอันเริ่มมาจาก *sapping off* ของกระแสใน D_1 และ L ในขณะหยุดทำงาน

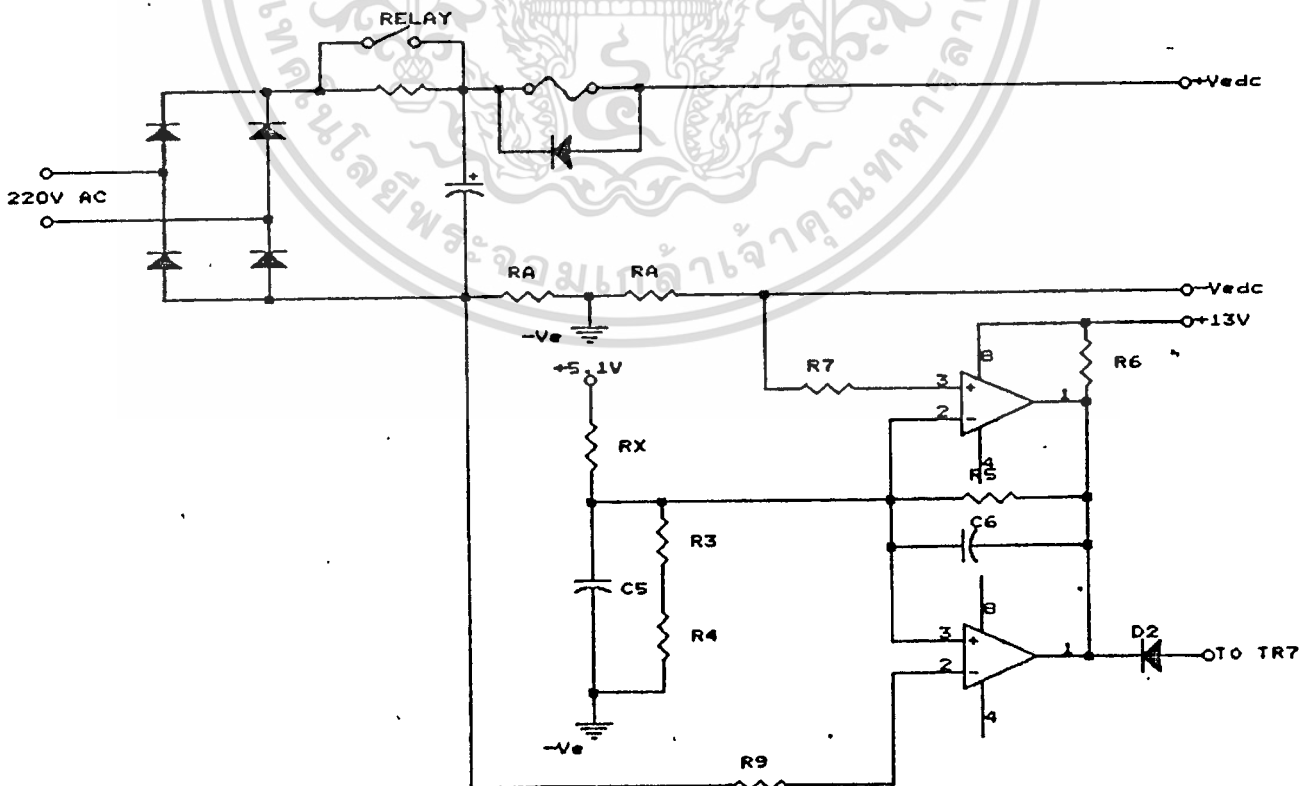
การป้องกันความเสียหายแก่อินเวอร์เตอร์ (Fault Protection)

การป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นการป้องกันอินเวอร์เตอร์ก่อนที่จะเกิดความเสียหาย วงจรป้องกันการเสียหายต่างๆมีดังนี้ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรป้องกันกระแสเกิน

ขณะที่อินเวอร์เตอร์ทำงานตามปกติที่กระแสที่ไหล ในวงจรกำลังจะถูกจำกัดโดยค่ากระแสที่เกิดจากตัวมอเตอร์ แต่ถ้าอินเวอร์เตอร์เกิดการทำงานผิดปกติขึ้นมา จะทำให้วงจรจ่ายกระแสเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะทำให้ทรานซิสเตอร์เกิดการเสียหายได้ จึงจำเป็นต้องมีวงจรป้องกันกระแสเกิน หลักการวัดกระแสนั้นทำได้โดยการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมตัวต้านทานเทียบกับแรงดันอ้างอิง โดยใช้ LM 339 เป็นตัวเปรียบเทียบ (Comparator) ดังรูปที่ 13

ในขณะสภาวะปกติเมื่อกระแสในวงจรหลักมีค่าต่ำกว่าที่กำหนด ก็จะทำให้แรงดันไฟฟ้าที่จุด X และ Y ในรูปมีค่าต่ำกว่าแรงดันไฟฟ้าที่จุด Z ก็จะได้แรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุทของตัวเปรียบเทียบ B และตัว C เป็น $+V_{cc}$ ซึ่งประมาณ $+V_{cc}$ หรือ $+13v$ และเมื่อกระแสในวงจรหลัก มีค่าเกินกว่าที่กำหนด ก็จะทำให้แรงดันไฟฟ้าที่จุด X มีค่ามากกว่าแรงดันไฟฟ้าที่จุด Z ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าที่เอาต์พุทของตัวเปรียบเทียบ B มีค่าเปลี่ยนแปลง ซึ่งเป็นสัญญาณที่จะนำไปใช้ต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 13 วงจรป้องกันกระแสเกิน
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรป้องกันแรงดันสูงและแรงดันต่ำ

วงจรป้องกันแรงดันไฟฟ้านี้ จะใช้คอมพาราเตอร์จำนวนสองตัวเปรียบเทียบระหว่าง วงจรไฟฟ้าอ้างอิงกับแรงดันไฟฟ้าที่วัดจากวงจรหลักแสดงดังรูปที่ 34 ซึ่งเป็นลักษณะของวงจรเปรียบเทียบแบบวินโดว์ (window circuit)

ค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุด Q ขณะตัวคอมพาราเตอร์ตัว A มีค่าเอาต์พุทเป็น +V_{out} หาได้จาก

$$(V_q - 5.1)/R_{16} + V_q - (+V_{out})/R_{16} = 0$$

จากค่า V_q ที่หาได้ทำการเปรียบเทียบค่า +V_{o1} ได้จากสมการนี้

$$[(V_q/R_{14}) - (13 - V_q)/R_{15}] * R_{13} = +V_{o1} - V_q$$

ค่าแรงดันไฟฟ้าที่จุด Q ขณะคอมพาราเตอร์ A มีเอาต์พุทเป็น 0V หาได้จาก

$$5.1 * (R_{17}/R_{18}) / (R_{17}/R_{18}) + R_{16} = V_q$$

ดังนั้นเมื่อเทียบค่า +V_{o2} ได้

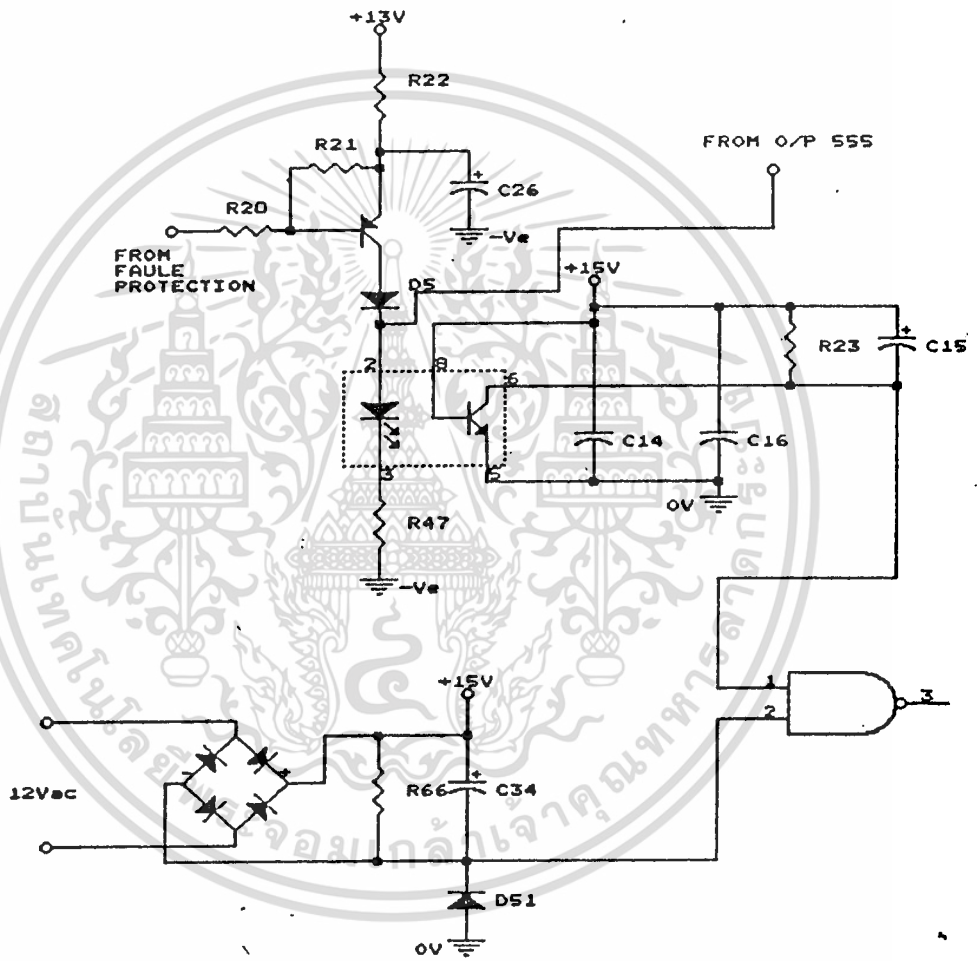
$$[(V_q/R_{14}) - (13 - V_q)/R_{15}] * R_{13} = +V_{o2} - V_q$$

ดังนั้นวงจรป้องกันแรงดันไฟสูงเกิน เมื่อค่า +V_o มีค่าเกิน +V_{o1} จะทำให้คอมพาราเตอร์ A ให้เอาต์พุทออกมาเป็น 0V ทำให้ไดโอดเปล่งแสงทำงาน แสดงผลของการเกิดแรงดันไฟฟ้าเกิน

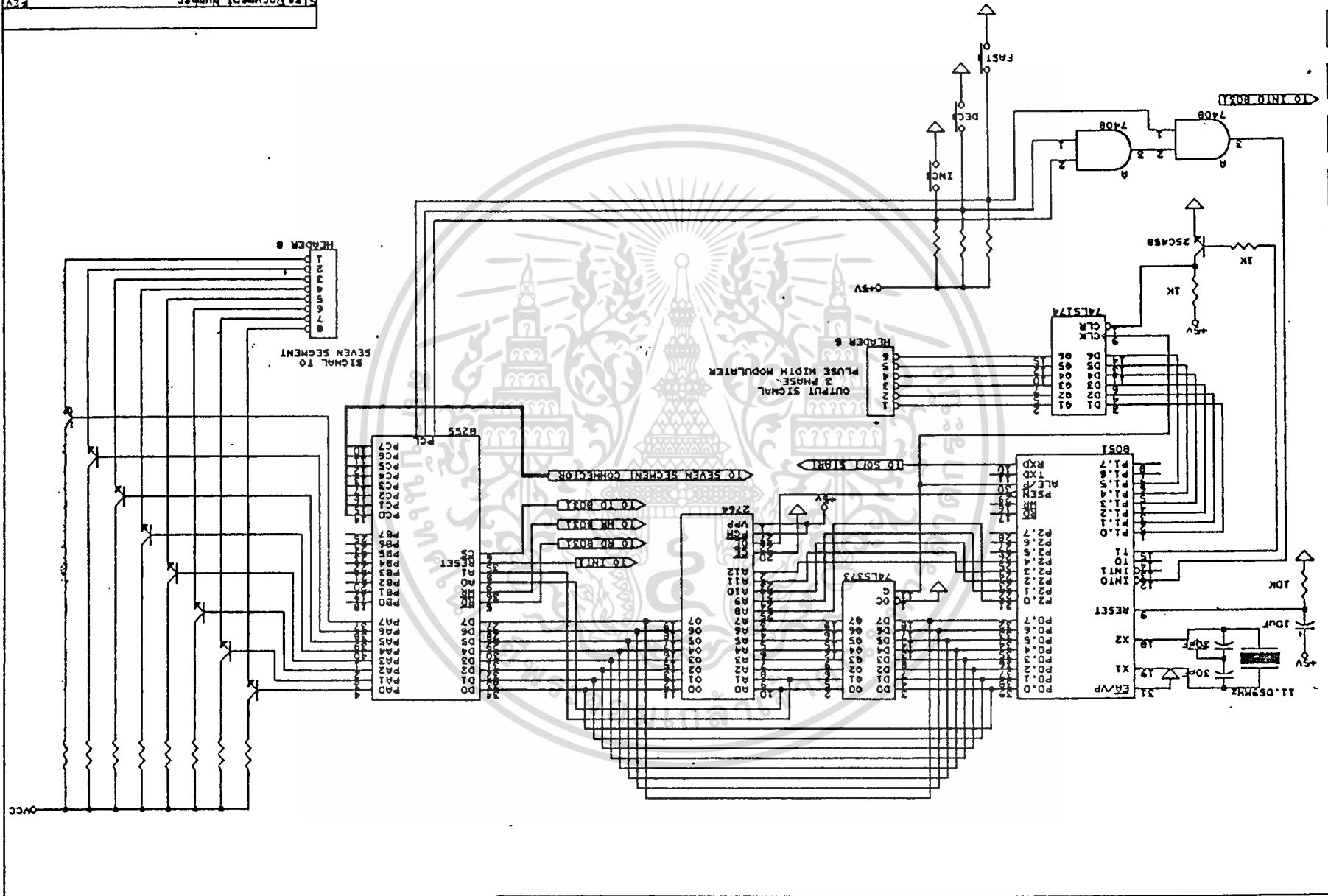
วงจรแยกแ้วด์เพื่อความปลอดภัย

เอาต์พุทของคอมพาราเตอร์ ที่ได้จากวงจรป้องกันกระแสเกิน วงจรป้องกันแรงดันไฟฟ้าที่จะนำมาขับมอเตอร์นี้ จะนำมาขับทรานซิสเตอร์ เพื่อให้ถอดตัดขับเบิลทำงานอีกที โดยการทำหน้าที่แยกแ้วด์ระหว่างตัวตรวจจับความผิดปกติซึ่งมีกราวด์ต่อร่วมกับวงจรกำลัง และควบคุมการทำงานของมอเตอร์

เมื่อเกิดความผิดปกติขึ้นที่ขา 3 แนนเกทจะเป็น 1 ส่งไปยังส่วนรับค่าความผิดปกติ สำหรับขา 2 นั้นทำการต่อกับวงจรตรวจจับกระแสเกินที่มอเตอร์ซึ่งทำเพื่อไว้โดยปกติขานี้มีค่าเป็น 1 และเมื่อเกิดความผิดปกติขึ้นที่กระแสของมอเตอร์จะทำให้ขา 2 มีค่าเป็น 0



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้รูปที่ 14 แสดงวงจรแยกกราวด์ เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อเผยแพร่ให้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

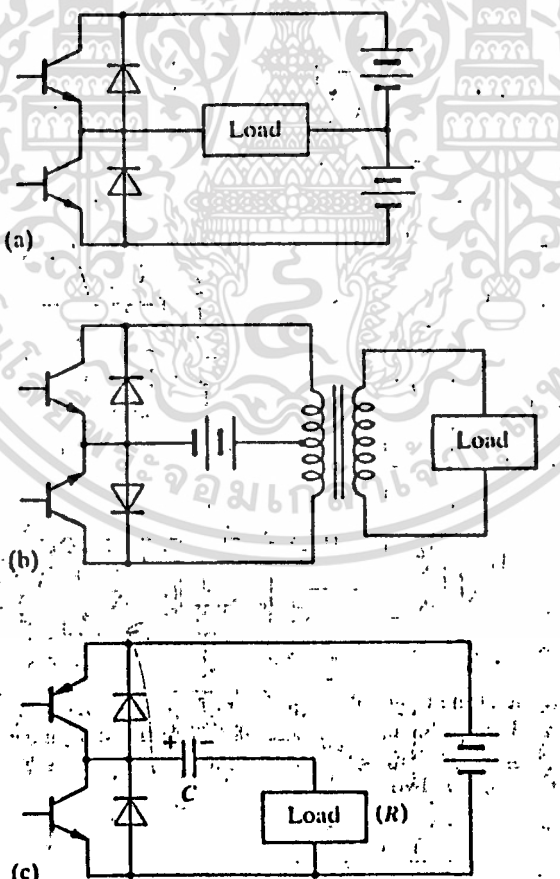


บทที่ 5

การออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงาน

พื้นฐานของ 3 เฟส INVERTER

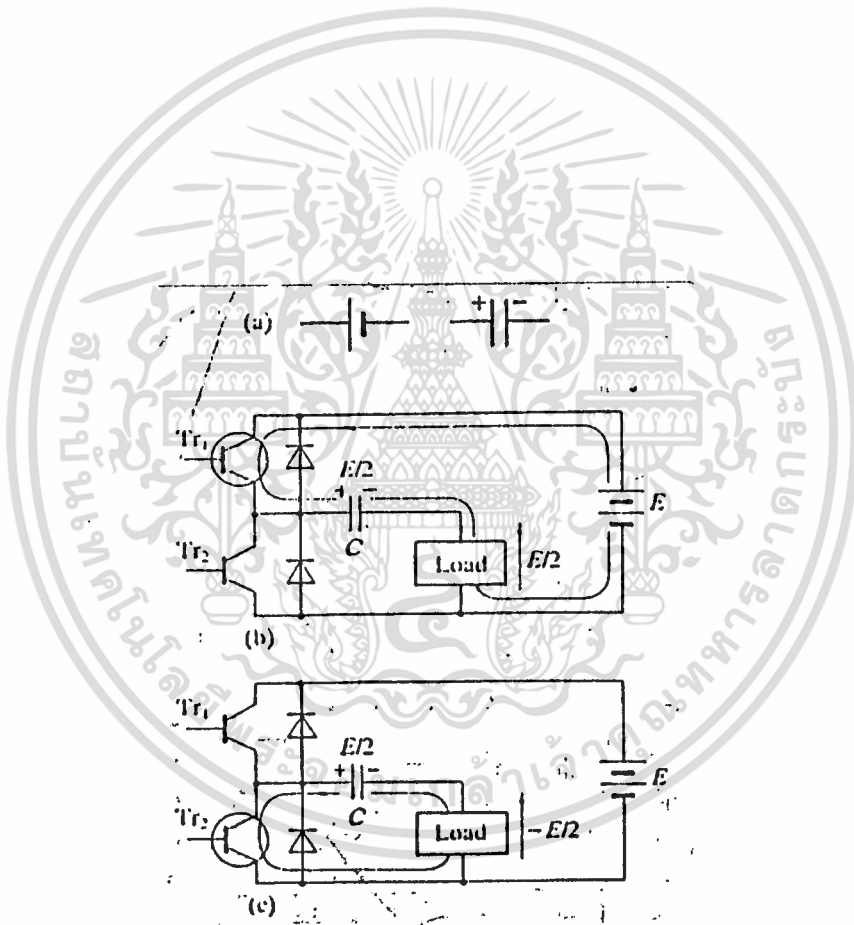
เป็นพื้นฐานของ INVERTER 3 เฟส โดยมีกระแสไหลจาก POWER SUPPLY ผ่านไปยัง A.C. MOTOR ซึ่งดังแสดงดังในรูปที่ 1 ซึ่ง SWITCH ทั้งสามนั้นใช้สำหรับเป็นตัวผ่านกระแสที่ไหลจาก D.C. POWER SUPPLY และจะหมุนโดยการ เปิด-ปิด สวิตซ์เหล่านั้นให้เป็นตามลำดับ ซึ่งการทำงานของลำดับต่างๆนั้น จะมีพื้นฐานอยู่ 2 แบบคือ ใช้แบบ 120 องศา และอีกอย่างคือ 180 องศา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สรุปไว้สำหรับใช้ประกอบการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 1 แสดงพื้นฐานของ 3 เฟส อินเวอร์เตอร์
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. ชนิด 120 องศา

ลำดับของสวิทช์จะเป็นดังนี้คือ สวิทช์อันหนึ่ง จะต่ออยู่กับขั้วบวก และอีกอันหนึ่งจะต่ออยู่กับขั้วลบ และสวิทช์อีกอันที่เหลือนั้น จะเปิดออกคือจะไม่ต่อทั้งขั้วบวกและลบเลย ดูตัวอย่างดังรูปที่ 2 กระแสที่ไหลจะแสดงผลของสนามแม่เหล็ก ซึ่งแสดงการหมุนของมอเตอร์ ถ้าป้อนลำดับดังรูปแล้ว MOTOR จะหมุนดังรูป แต่ถ้าเราป้อนให้ลำดับนั้นกลับทางกันไปจะทำให้มอเตอร์นั้นหมุนกลับทางได้



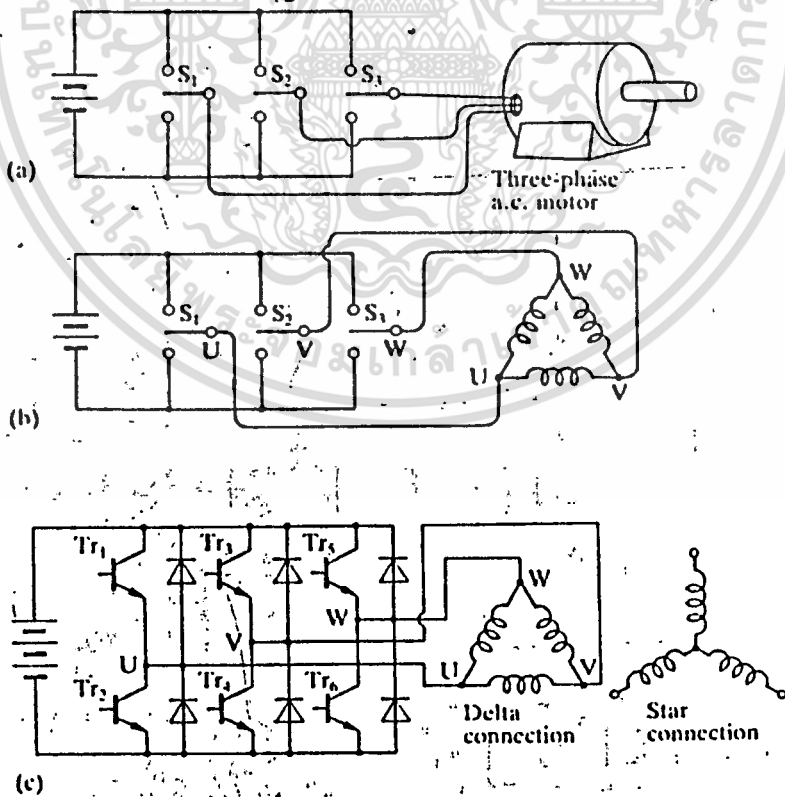
รูปที่ 2 แสดง อินเวอร์เตอร์ ชนิด 120 องศา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชนิด 180 องศา

ในแบบที่ SWITCH นั้นจะไม่มีการเปิด SWITCH ออกเลยแต่ SWITCH จะอยู่ทางด้านบวกหรือลบ ลำดับของการหมุนตามเข็มนั้นจะแสดงในรูปที่ 3 ซึ่งในรูปนี้มุมของ U, V และ W นั้นจะห่างกัน 180 องศา

ในลำดับของ 120 องศา และ 180 องศา นั้นสนามแม่เหล็กจะหมุนไป 60 องศา แต่ความแตกต่างของทั้งสองนี้จะอยู่ที่ระดับ VOLTAGE ซึ่งในรูปที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบระดับ VOLTAGE ทั้งสอง เมื่อต่อแบบ STAR ซึ่งจะเห็นระดับ VOLTAGE ของ 180 องศา และ 120 องศา นั้นจะไม่เท่ากันเหตุผลที่ $1/3 E$ และ $2/3 E$ ปรากฏในชั่ว VOLTAGE มีความเกี่ยวข้องเมื่อใช้แบบ 180 องศา ซึ่งเมื่อขับด้วย 120 องศา รูปแบบจะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม เพราะมีขั้วหนึ่งจะต้องเปิดออก จะมีผลโดยกระแส TRANSIENT เท่านั้น ถ้าเราใช้ MICROPROCESSOR เป็นตัวผลิตสัญญาณแล้วจะใช้แบบ 180 องศา จะเหมาะสมที่สุด เพราะในแบบ 180 องศา จะมีสถานะ 'HIGH' หรือ 'LOW' เท่านั้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งรูปที่ 3 แสดงถึงอินเวอร์เตอร์ที่ชนิด 180 องศาไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหมุน VOLTAGE VECTOR ในรูปสามมิติ

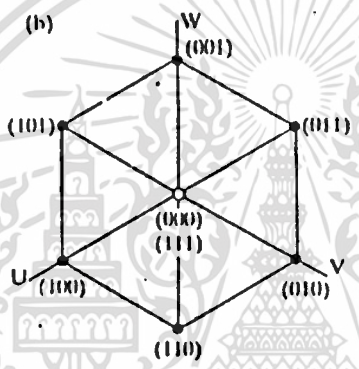
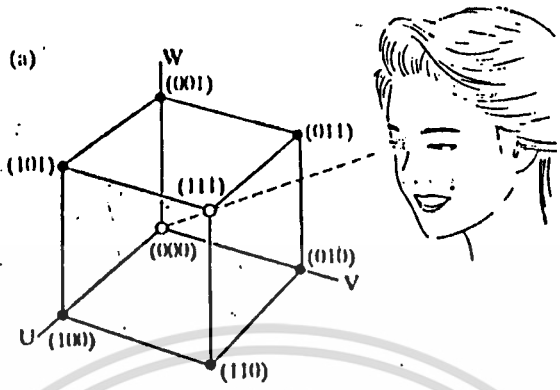
ในเพื่ออธิบายมาแล้วการลำดับสวิตช์จะใช้ VOLTAGE INVERTER ซึ่ง INVERTER จะมี สวิตช์ 3 สวิตช์คือ S1, S2 และ S3 แต่สวิตช์นั้นจะเป็นบวกหรือลบ ซึ่งให้บวกแทน '1' และ ลบแทน '0' ซึ่งเมื่อแทนแล้วเราจะได้ความแตกต่างของ SWITCH ทั้งสามนั้นถึง 8 แบบด้วยกัน ดังต่อไปนี้

	S1	S2	S3
(1)	0	0	0
(2)	0	0	1
(3)	0	1	0
(4)	0	1	1
(5)	1	0	0
(6)	1	0	1
(7)	1	1	0
(8)	1	1	1

ในทั้ง 8 แบบนี้ แบบแรกและแบบสุดท้ายนั้น จะไม่มีกระแสไหลผ่านเข้าไปยังมอเตอร์ ดังนั้นทั้ง 3 ชุด U, V, W จะมีศักย์ไฟฟ้าที่ LINE-TO-LINE จะมีระดับ VOLTAGE เป็นศูนย์ ส่วนอีก 6 แบบที่เหลือนั้นสามารถที่จะผลิต VOLTAGE เข้าไปยังมอเตอร์ได้ตามรูปที่ 3 ซึ่งแสดงระดับของ SIX-STEP ซึ่งใช้แบบ 180 องศา

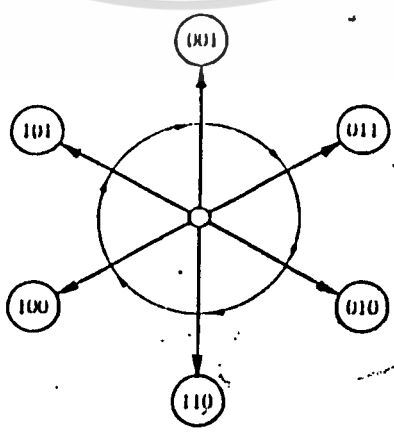
จากกฎตั้งที่กล่าวมาแล้วเราใช้การเปลี่ยนแปลงของ VOLTAGE ในแต่ละ PHASE มาใส่ในแกน 3 แกน ดังในรูปที่ 4 ซึ่งแสดงแกนสามแกน ซึ่งในแกน U, V และ W ซึ่งนำความแตกต่างของ SWITCH ข้างต้นมาจุดในส่วนต่างๆของแกน U, V, W และที่ SWITCH (000) และ (111) นั้นจะแสดงด้วยวงกลมเปิด () และส่วนทั้ง 6 แบบที่เหลือนั้นจะแสดงเป็นวงกลมทึบ () จุดยอดของลูกบาศก์นั้นจะมีความยาวเท่ากับ 1 ถ้าเราทอกรูปลูกบาศก์และจุดยอด จากมุมที่แสดงดังรูปที่ 4 โดยการดึงจุด (000) และ (111) มาต่อกันใน (a) เมื่อดึงจุดมาต่อกันแล้วจะได้ในรูป (b) ซึ่งตามรูป (000) และ (111) นั้นจะทับกันอยู่ที่จุดกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



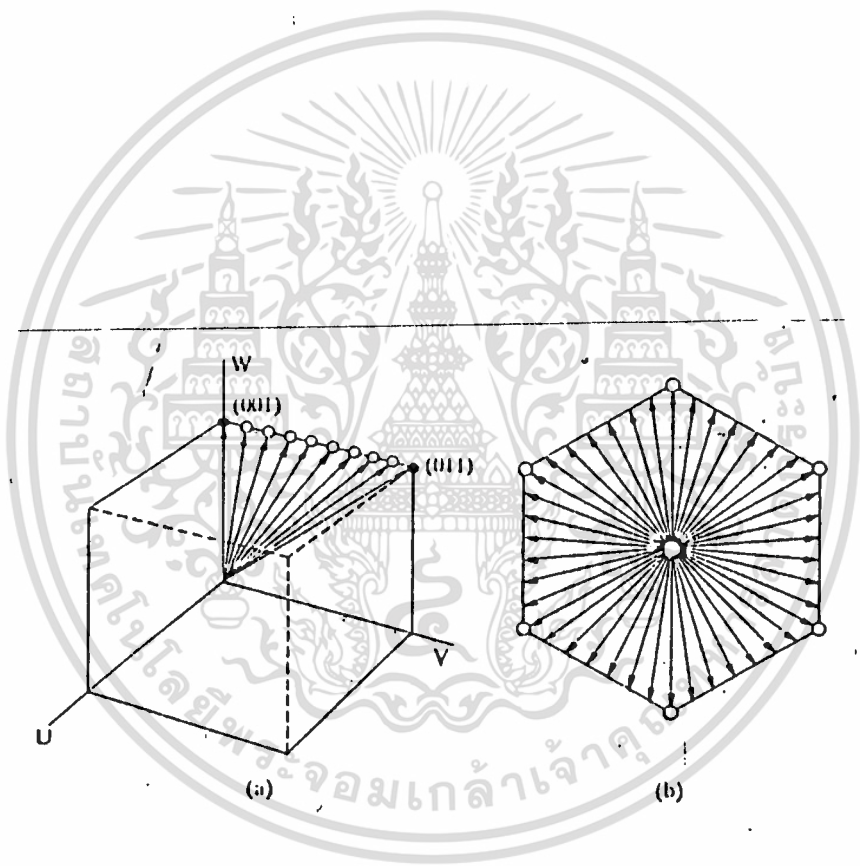
รูปที่ 4

ลูกศรจะมีได้โดยการต่อจุดยอดและจุดกึ่งกลาง ซึ่งแสดงในรูปที่ 5 และย้อนกลับไปในรูปที่ 3 ให้ดูตามลำดับในรูปนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเราใช้แบบ 180 องศา ในการทำงานนั้นแสดงในรูปที่ 3 VECTOR VOLAGE จะทำงานตามลำดับคือ (001) - (011) - (010) - (110) - (100) - (101) - (001) ถ้าเรากลับทางของลำดับนั้นแล้ว จะทำให้ MOTOR หมุนกลับทิศทางอีกทางหนึ่งได้ การเริ่มต้น STATE นั้นเราสามารถเริ่มต้นที่ลำดับไหนก็ได้ ซึ่งตามรูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง SWITCH STATE, TRANSISTOR SWITCH STATE กับ TERMINAL VOLTAGE เมื่อ VECTOR VOLTAGE หมุนตามเข็มจาก 001



รูปที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pulse-width modulation ในรูปแบบของรูปคลื่นช้ายด์

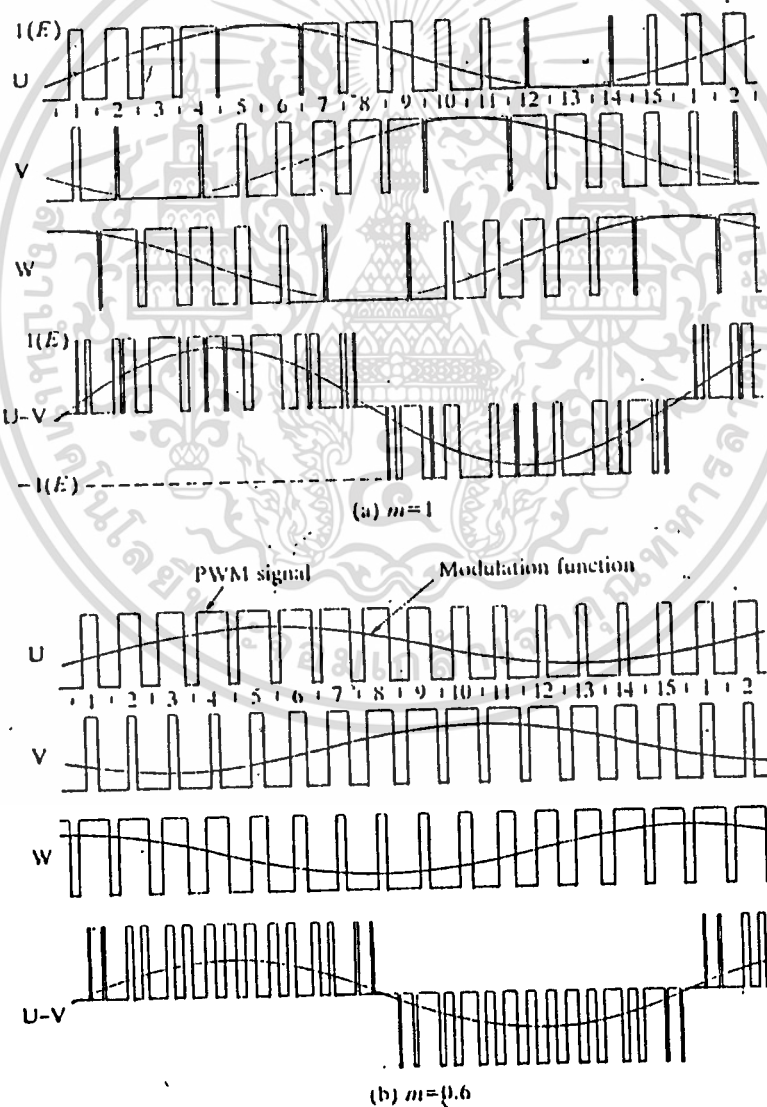
ในสภาวะแรกในแต่ละเฟสที่เป็นรูป Pulse-width modulation ที่จุดต่อ U, V และ W โดยการอาศัยฟังก์ชันของ modulation ดังนี้

$$u = 1/2[m\sin(\omega t)+1]$$

$$v = 1/2[m\sin(\omega t-2\pi/3)+1]$$

$$w = 1/2[m\sin(\omega t+2\pi/3)+1]$$

เมื่อ m คือค่า modulation factor ที่สามารถแปรค่าจาก 0 ไปที่ค่าสูงสุดคือ 1 ดังรูปที่ 7 ได้แสดงรูปคลื่นของ PWM เมื่อรูปคลื่น 1 ลูกคลื่นมีจำนวนพัลส์ 15 พัลส์ จาก $m=1$ และจาก $m=0.6$



รูปที่ 7 แสดงรูปคลื่นช้ายด์ PWM เมื่อมีจำนวนพัลส์ 15 พัลส์ใน 1 ลูกคลื่น
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
(a) $m=1$ (b) $m=0.6$
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

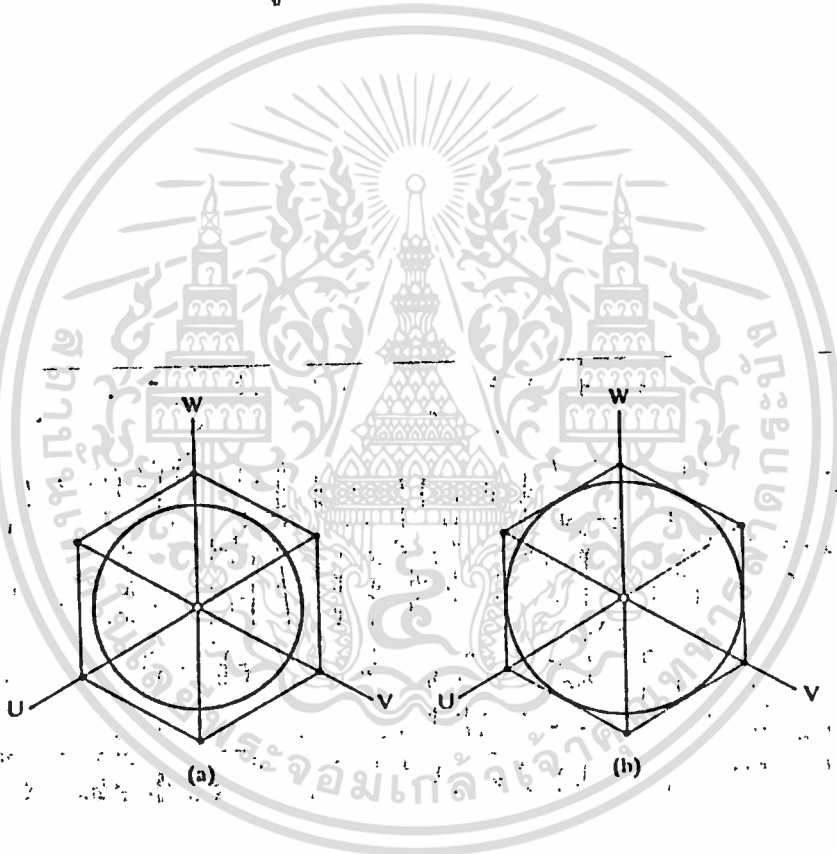
เมื่อกำหนดให้ E คือค่าของแรงดันกระแสตรง ค่าแรงดัน demodulation แบบ line-to-line จะได้

$$U-V = (\sqrt{3}/2)mE\sin(\omega t + \pi/6)$$

$$V-W = (\sqrt{3}/2)mE\sin(\omega t + \pi/6 - 2\pi/3)$$

$$W-U = (\sqrt{3}/2)mE\sin(\omega t + \pi/6 + 2\pi/3)$$

เมื่อ $m=1$ จะไม่ได้ค่าขนาดสูงสุด คือ $(\sqrt{3}/2)E$ และขนาดของเวกเตอร์โลกัล จะมีขนาดเล็กกว่าเล็กน้อยดังแสดงในรูปที่ 8



รูปที่ 8 (a) รูปคลื่น PWM เมื่อค่ามอดูเลชัน $m=1$

(b) รูปคลื่น PWM เมื่อรวมค่าฮาร์โมนิกส์ที่ 3 ด้วยค่า $m=1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปรับปรุงรูปคลื่นโดยอาศัยการรวมกับค่าฮาร์มอนิกส์ที่ 3

ค่าสูงสุดของเซอร์คูล่าโลกัส (circular locus) ดังแสดงในรูปที่ 8 (b) เมื่อแต่ละจุดต่อคือ โมดูลเตในรูปคลื่นซายด์ ที่รวมกับค่าฮาร์มอนิกส์ที่ 3 ด้วยค่าของขนาดที่ เท่ากันคือ 1/6 ของเวลา จะได้สมการดังนี้

$$u = (1/\sqrt{3})m[\sin wt + (1/6\sin 3wt)]+1/2$$

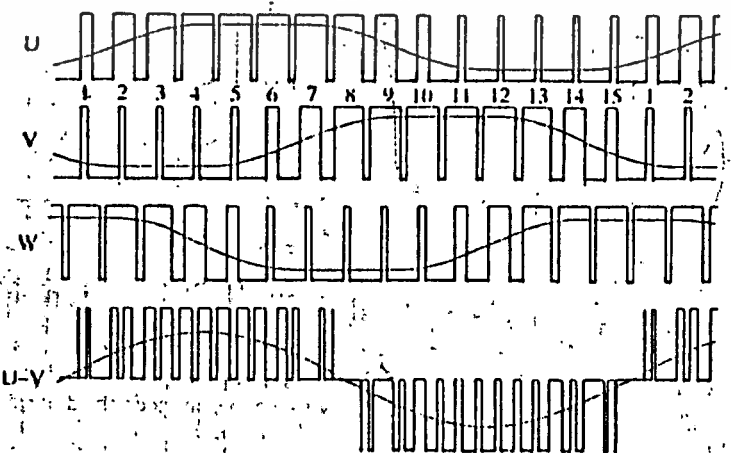
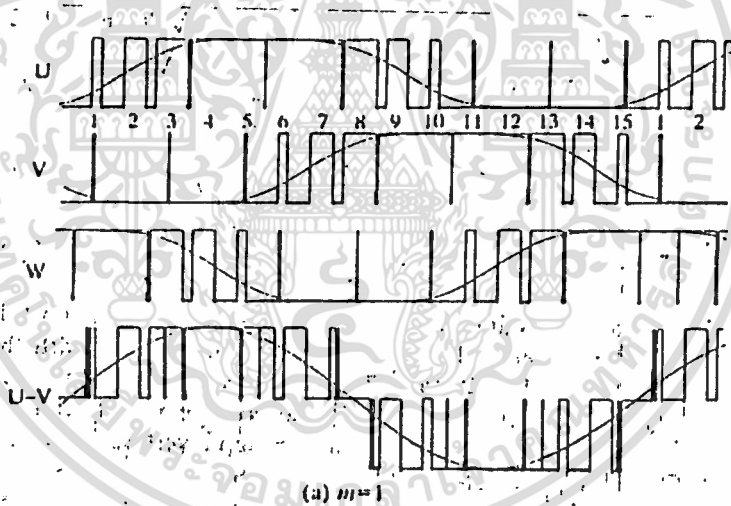
$$v = (1/\sqrt{3})m[\sin (wt + 2\pi/3) + (1/6\sin 3wt)]+1/2$$

$$w = (1/\sqrt{3})m[\sin (wt - 2\pi/3) + (1/6\sin 3wt)]+1/2$$

ค่าของฟังก์ชันจะแปรค่าได้ตั้งแต่ 0 ถึง 1 และจะปรากฏค่าแรงดันระหว่างสาย (line-to-line) เมื่อไม่ได้รวมกับค่าฮาร์มอนิกส์ที่ 3 ดังนี้

$$U-V = mE\sin (wt+\pi/6)$$

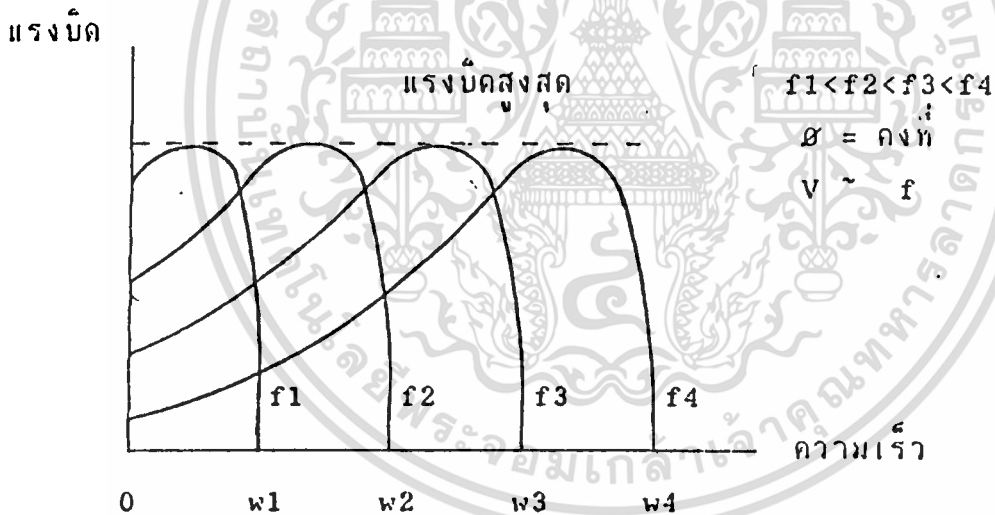
โดยได้แสดงในรูปที่ 9 เมื่อค่า 1 ลูกคลื่นประกอบด้วย 15 พัลส์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ (b) $m=0.69$ เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะสมบัติของเครื่องควบคุมความเร็ว โดยการปรับค่าแรงดันไฟฟ้าและความถี่ของแหล่งจ่ายไฟ

เพื่อกำหนดแรงบิดที่คงที่ เครื่องควบคุมความเร็วจะต้องให้ค่าของฟลักในอากาศคงที่ ตามรูปที่ 10 แสดงลักษณะคุณสมบัติของแรงบิดของมอเตอร์ที่ความถี่ต่างๆ โดยรักษาแรงบิดนั้งทลายให้คงที่ด้วยปรับค่า "โวลท์ต่อเฮิรตซ์" ให้คงที่ ลักษณะคุณสมบัติเช่นนี้ทำให้อัตราเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำ เหมาะสมกับการขับเคลื่อนโหลดที่มีแรงบิดคงที่ให้มีอัตราเร็วต่างๆ

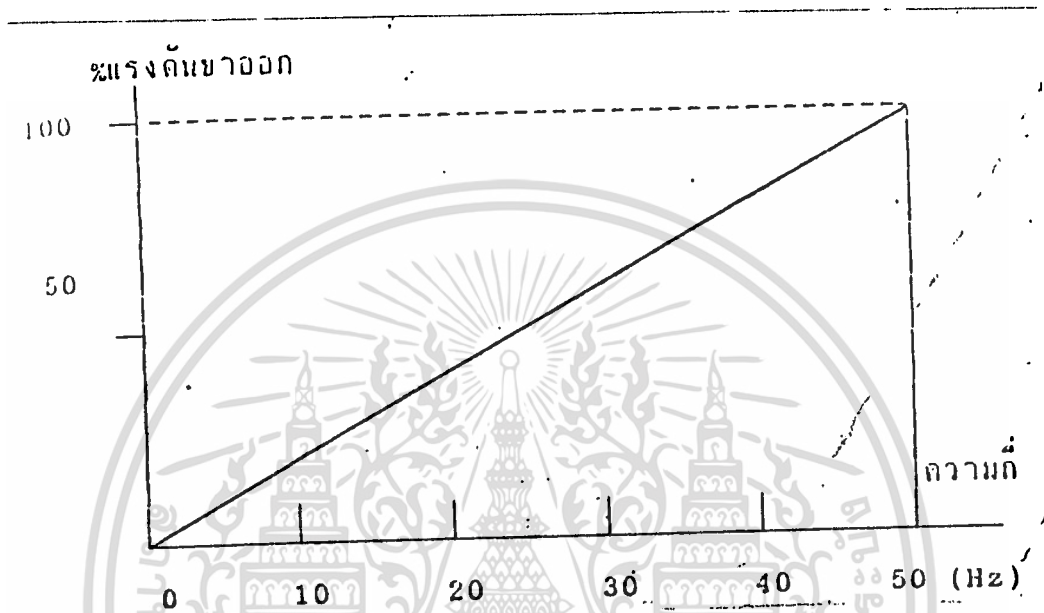


รูปที่ 10 ลักษณะสมบัติระหว่างแรงบิดกับความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ความถี่ต่างๆของแหล่งจ่ายไฟฟ้าเมื่อฟลัก ในช่องอากาศมีค่าคงที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

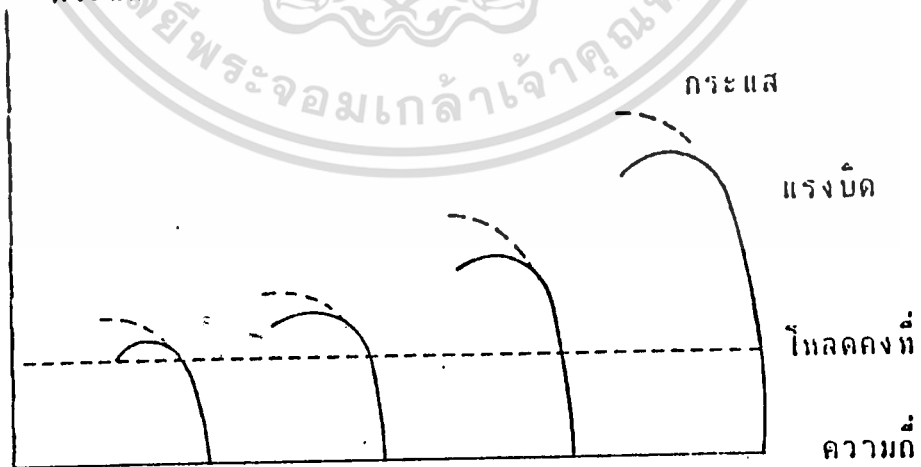
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางปฏิบัติเมื่อเราทำให้เครื่องควบคุมมีอัตราส่วนของ "โวลต์ต่อเฮิรตซ์" คงที่ดังรูปที่ x เมื่อความถี่เปลี่ยนไปมอเตอร์จะมีลักษณะของความเร็ว-แรงบิด และกระแสไฟฟ้าสำหรับแต่ละความถี่แสดงในรูปที่ 11



รูปที่ 11 ลักษณะของ "โวลต์ต่อเฮิรตซ์"

กระแสและแรงบิด



รูปที่ 12 แรงบิดและกระแสกับความถี่ที่โหลดคงที่และไม่มีแรงต้านเอาฟเซ็ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อความถี่ลดลงค่าแรงบิดสูงสุดจะลดลง สาเหตุเกิดจากแรงดันตกคร่อมที่ความต้านทานของขดลวดบนตัวอยู่กับที่ (Stator) จะมีขนาดมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับแรงดันขาออกที่ความถี่ต่ำ มีผลทำให้ฟลักซ์ในช่องอากาศลดลง และแรงบิดลดลงด้วยการลดลงของแรงบิดสูงสุดนี้เราสามารถเอาชนะได้ด้วยการเพิ่มแรงดันไฟฟ้าที่ความถี่ต่ำเรียกว่า "แรงดันออฟเซต" (Offset voltage) ค่าแรงดันไฟฟ้านี้จะไปชดเชยแรงดันตกคร่อม ในขดลวดอยู่กับที่จะได้ลักษณะของ "โวลต์ต่อเฮิรตซ์" ดังรูปที่ 13 เมื่อปรับค่าแรงดันออฟเซตแล้วมอเตอร์จะกำเนิดแรงบิดคงที่ตลอดช่วงความเร็ว



รูปที่ 13 "โวลต์ต่อเฮิรตซ์" เมื่อมีการชดเชยแรงดัน

รูปคลื่น PWM ทางอุดมคติบนการหมุนของเวกเตอร์

จากหัวข้อที่ผ่านมาเรารู้ถึงการใช้อาร์มอนิกส์ที่รวมกับลูกคลื่น เพื่อใช้ประโยชน์ในการทำให้ค่าของแรงดันกระแสตรงมีค่าสูงสุด ด้วยจุดหมายนี้เราสามารถที่จะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ในการกำเนิดสัญญาณ PWM เราสามารถที่จะหาความสัมพันธ์ของการกำเนิดสัญญาณ PWM โดยอาศัยพื้นฐานของการหมุนเวกเตอร์แรงดันบนผิวหน้าของสี่เหลี่ยมลูกบาศก์

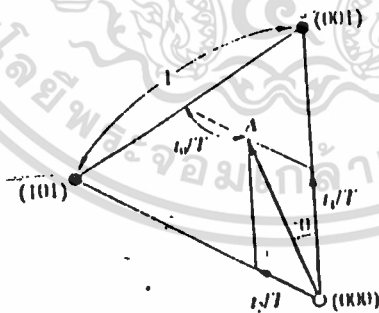
ดังรูปที่ 14 เป็นการกำหนดเวกเตอร์ A บนผิวหน้าที่ล้อมรอบด้วย 3 line ที่สัมพันธ์กับค่าสูงสุด 3 ค่า คือ (000), (001), และ (101) กำหนดให้ค่าเวลาของการกำเนิดสัญญาณพัลส์บนเวกเตอร์นี้เป็นค่า T โดยประกอบด้วยเวกเตอร์ย่อยคือ $t_0, t_1,$ และ t_2 เมื่อสภาวะในการสวิตช์ที่เหมาะสม ทั้ง 3 จุดดังนี้

t_0 ที่ (000);

t_1 ที่ (001);

t_2 ที่ (101);

โดยแสดงไว้ในรูปที่ 14



รูปที่ 14 กำหนดค่าของเวกเตอร์แรงดันที่บนผิวหน้าของลูกบาศก์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราสามารถคำนวณค่าเวลาแต่ละค่าได้ดังนี้

$$t_1 = qT(2/\sqrt{3})\sin(\pi/3 - \theta)$$

$$t_2 = qT(2/\sqrt{3})\sin \theta$$

$$t_0 = T - t_1 - t_2$$

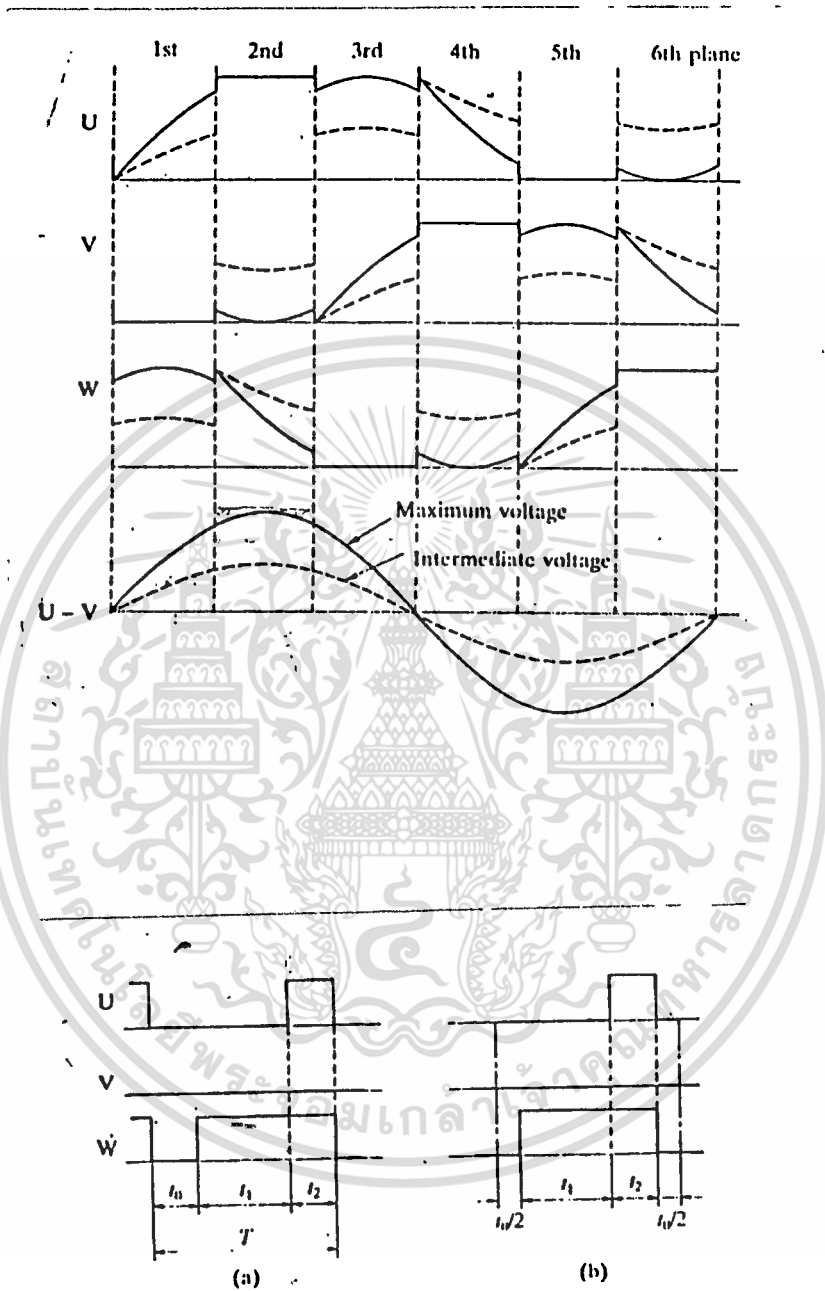
เมื่อ θ คือค่ามุมของเวกเตอร์จากแกน W และมีค่าสูงสุด คือ 60 องศา

q คือค่าของขนาดที่เหมือนกันที่ โมดูลัส แฟกเตอร์ และจะมีค่าสูงสุดตั้งแต่ $\sqrt{3}/2 = 0.866$

และรูปที่ 15 แสดงการเคลื่อนที่ของเวกเตอร์ 6 แกน โดยมีลำดับดังนี้

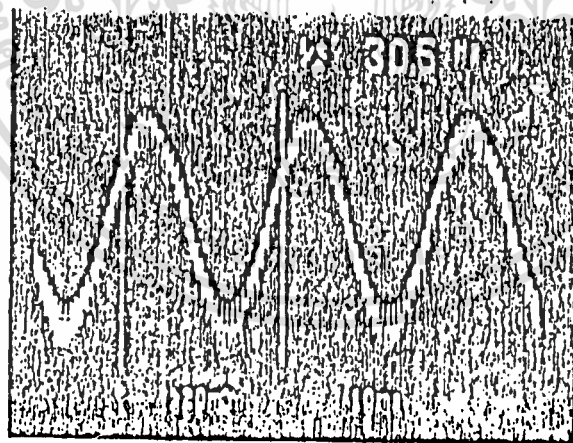
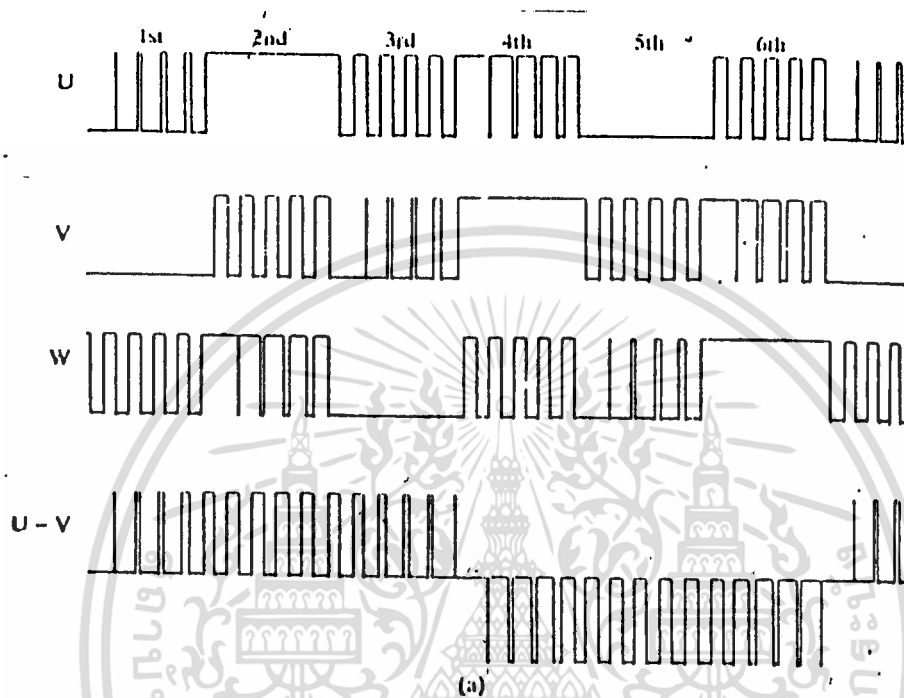
ระนาบที่ 1	(000)	(001)	(101)
ระนาบที่ 2	(111)	(101)	(100)
ระนาบที่ 3	(000)	(100)	(110)
ระนาบที่ 4	(111)	(110)	(010)
ระนาบที่ 5	(000)	(010)	(011)
ระนาบที่ 6	(111)	(011)	(001)

รูปของลูกคลื่นทางอุดมคติ และค่าแรงดันระหว่างสาย (line-to-line) ดังแสดงในรูปที่ 5 โดยแต่ละส่วนของสัญญาณมาจากพื้นฐานของรูปคลื่นไซน์ การแสดงตัวอย่างของลำดับของเวลา t_0 , t_1 และ t_2 โดยแยกให้เห็นในรูปที่ 16 ตัวอย่าง (a) แสดงให้เห็นลำดับของ t_0 , t_1 และ t_2 และตัวอย่าง (b) t_0 ถูกแยกเป็นสองส่วนในส่วนเริ่มต้นและส่วนสุดท้าย



รูปที่ 15 ตัวอย่างของลำดับเวลา t_0 , t_1 และ t_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(b)

รูปที่ 16 รูปคลื่น PWM ที่สร้างโดยทฤษฎีของผิวหน้าลูกบาศก์ (Cubic Surface method)

และลักษณะของกระแส (a) รูปแสดงรูปคลื่นแรงดันแต่ละเฟส เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับทหารใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

< Program Control >

OUTPUT	BIT	P3.5
RE_SET	BIT	P3.3
CS	BIT	P3.4
VAL_PLANE	EQU	40H
TIME	EQU	41H
VAL_SPEED	EQU	42H
BUFFER_DPTR	EQU	43H
VAL_TIME_LOW	EQU	44H
PLANE	EQU	45H
LIMIT_PLANE	EQU	46H
TIME_HIGH	EQU	47H
VAL_TIME_HIGH	EQU	48H
BUFF_KEY	EQU	49H
BUFFER4	EQU	4DH
BUFFER5	EQU	4EH
BUFFER1	EQU	4AH
BUFFER2	EQU	4BH
BUFFER3	EQU	4CH
BUFFER6	EQU	52H
BUFFER7	EQU	53H
BUFFER8	EQU	54H
DELAY	EQU	55H
DELAY_SPEED1	EQU	4FH
KEY_LIMIT_HIGH	EQU	50H
KEY_LIMIT_LOW	EQU	51H
BUF_VAL_TIME_LOW	EQU	56H
BUF_VAL_TIME_HIGH	EQU	57H
BUF_VAL_SPEED	EQU	58H
BUF_PLANE	EQU	59H
BUF_LIMIT_PLANE	EQU	5AH
BUF_TIME	EQU	5BH
DELAY_SPEED2	EQU	5CH
BUFFER13	EQU	5DH
OUTDISP1	EQU	5EH
OUTDISP2	EQU	5FH
OUTDISP3	EQU	60H
OUTDISP4	EQU	61H
BUFFER9	EQU	62H
BUFFER10	EQU	63H
BUFFER11	EQU	64H
DIGI_DISP	EQU	65H
STEP	EQU	66H
BUF_STEP	EQU	67H
BUF_OUTDISP1	EQU	68H
BUF_OUTDISP2	EQU	69H
BUF_OUTDISP3	EQU	6AH
BUF_OUTDISP4	EQU	6BH
CAL_LOW	EQU	6CH
CAL_HIGH	EQU	6DH
INT_NUMBER	EQU	6EH
OVER_NUMBER	EQU	6FH
DIGI_DISP1	EQU	70H

LJMP START

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ORG 0003H
AJMP SCANKEY
```

```
ORG 000BH
AJMP GENERATE
```

```
ORG 001BH
;*****
; SUBRUTEEN DISPLAY
;*****
```

```
DISPLAY: CLR TR1
          CLR ET1
          MOV TH1,#0FOH
          MOV TL1,#00H
          MOV BUFFER9,A
          MOV BUFFER10,RO
          MOV BUFFER11,B
REN_SEGMENT: MOV OUTDISP1,BUF_OUTDISP1
             MOV OUTDISP2,BUF_OUTDISP2
             MOV OUTDISP3,BUF_OUTDISP3
             MOV OUTDISP4,BUF_OUTDISP4
             MOV A,OUTDISP1
             ACALL CHANGE_CHR
             MOV OUTDISP1,A
             MOV A,OUTDISP2
             ACALL CHANGE_DOT
             MOV OUTDISP2,A
             MOV A,OUTDISP3
             ACALL CHANGE_CHR
             MOV OUTDISP3,A
             MOV A,OUTDISP4
             ACALL CHANGE_CHR
             MOV OUTDISP4,A
             SJMP OUTDISP
```

```
CHANGE_CHR: ADD A,#01H
             MOVC A,@A+PC
             RET
DB 00111111B,00000110B,01011011B,01001111B
DB 01100110B,01101101B,01111101B,00000111B
DB 01111111B,01101111B,00000000B
```

```
CHANGE_DOT: ADD A,#01H
             MOVC A,@A+PC
             RET
DB 10111111B,10000110B,11011011B,11001111B
DB 11100110B,11101101B,11111101B,10000111B
DB 11111111B,11101111B,10000000B
```

```
OUTDISP: MOV RO,#02H
          MOV A,DIGI_DISP
          CJNE A,#01H,CHECK 2
          MOV A,#00010111B
          CLR CS
          MOVX @RO,A
          SETB CS
          MOV A,OUTDISP1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ACALL OUT_INC
SJMP OUT_END
CHECK_2: CJNE A,#02H,CHECK_3
MOV A,#00100111B
CLR CS
MOVX @RO,A
SETB CS
MOV A,OUTDISP2
ACALL OUT_INC
SJMP OUT_END
CHECK_3: CJNE A,#03H,CHECK_4
MOV A,#01000111B
CLR CS
MOVX @RO,A
SETB CS
MOV A,OUTDISP3
ACALL OUT_INC
SJMP OUT_END
CHECK_4: MOV A,#10000111B
CLR CS
MOVX @RO,A
SETB CS
MOV A,OUTDISP4
ACALL OUT_INC
SJMP OUT_END
OUT_INC: MOV RO,#01H
CLR CS
MOVX @RO,A
SETB CS
INC DIGI_DISP
MOV A,DIGI_DISP
CJNE A,#05H,END_SUB
MOV DIGI_DISP,#01H
END_SUB: RET
OUT_END: MOV A,BUFFER9
MOV RO,BUFFER10
MOV B,BUFFER11
SETB ET1
SETB TR1
SETB EX0
RETI
;*****
; SUBRUTEEN FOR GENERATE PLUSE
;*****
GENERATE: CLR TRO
CLR ETO
MOV BUFFER4,A
MOV BUFFER5,RO
PUSH B
DJNZ TIME_HIGH,BUFFER
SJMP VAL_DPTR
BUFFER: AJMP END_GEN
VAL_DPTR: MOV A,VAL_SPEED
MOV B,#03H
MUL AB
ADD A,TIME
ADD A,#04H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV BUFFER_DPTR,A
MOVC A,@A+PC
MOV DPL,A
SJMP DATA_HIGH
DB      0BCH,1CH,7CH,0B8H
DB      0C8H,0D8H,0E8H,0F0H
DB      0F8H,00H,06H,0CH
DB      12H,16H,1AH,1EH
DB      20H,22H,24H,26H,28H
DATA_HIGH:
MOV A,BUFFER_DPTR
MOVC A,@A+PC
MOV DPH,A
SJMP CONTINUS
DB      0BH,0CH,0CH,0CH
DB      0CH,0CH,0CH,0CH
DB      0CH,0DH,0DH,0DH
DB      0DH,0DH,0DH,0DH
DB      0DH,0DH,0DH,0DH,0DH
CONTINUS:
MOV A,VAL_PLANE
MOVC A,@A+DPTR
SUBB A,VAL_TIME_LOW
JNC CON_TI
INC VAL_TIME_HIGH
CON_TI:
MOV TH0,A
INC VAL_PLANE
MOV A,VAL_PLANE
MOVC A,@A+DPTR
ADD A,VAL_TIME_HIGH
MOV TIME_HIGH,A
MOV A,PLANE
MOV B,#03H
MUL AB
ADD A,TIME
MOV RO,#VAL_SPEED
CJNE @RO,#06,PLUSE
AJMP ONE_PLUSE
JNB FO,FORWORD
PLUSE:
REWORD:
ADD A,#02H
MOVC A,@A+PC
SJMP CHECK_END
DB      010101B,010110B,100110B
DB      101010B,100110B,100101B
DB      010101B,100101B,101001B
DB      101010B,101001B,011001B
DB      010101B,011001B,011010B
DB      101010B,011010B,010110B
FORWORD:
ADD A,#02H
MOVC A,@A+PC
SJMP CHECK_END
DB      010101B,011001B,101001B
DB      101010B,101001B,100101B
DB      010101B,100101B,100110B
DB      101010B,100110B,010110B
DB      010101B,010110B,011010B
DB      101010B,011010B,011001B
CHECK_END:
INC TIME
INC VAL_PLANE

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

XCH A,VAL_PLANE
CJNE A,LIMIT_PLANE,CHECK_OUT
XCH A,TIME
CJNE A,#03H,CHECK_IN
XCH ,TIME
MOV TIME,#00H
MOV A,#02H
INC PLANE
MOV R7,PLANE
SJMP XXX
CHECK_IN:
XCH A,TIME
SJMP CHECK_OUT
XXX:
CJNE R7,#06H,CHECK_OUT
MOV PLANE,#00H
CHECK_OUT:
XCH A,VAL_PLANE
MOV RO,TIME
CJNE RO,#03H,EXIT
MOV TIME,#00H
SJMP OUT_PORT
EXIT:
DEC VAL_PLANE
DEC VAL_PLANE
OUT_PORT:
ANL P1,A
MOV R3,#0FH
DJNZ R3,$
ORL P1,A
END_GEN:
SETB ETO
SETB TRO
POP B
MOV A,BUFFER4
MOV RO,BUFFER5
RETI
ONE_PLUSE:
REWORD_ONE:
JNB FO,FORWORD_ONE
ADD A,#02H
MOVC A,@A+PC
SJMP CHECK_ONE
DB 100100B,100100B,100100B
DB 100001B,100001B,100001B
DB 001001B,001001B,001001B
DB 011000B,011000B,011000B
DB 010010B,010010B,010010B
DB 000110B,000110B,000110B
FORWORD_ONE:
ADD A,#02H
MOVC A,@A+PC
SJMP CHECK_ONE
DB 100001B,100001B,100001B
DB 100100B,100100B,100100B
DB 000110B,000110B,000110B
DB 010010B,010010B,010010B
DB 011000B,011000B,011000B
DB 001001B,001001B,001001B
CHECK_ONE:
AJMP CHECK_END

```

```

;*****
; SUBRUTEEN FOR SCANKEY
;*****

```

```

SCANKEY:
CLR EXO
MOV BUFFER6,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV BUFFER7,R0
MOV BUFFER8,R1
MOV RO,#02H
CLR CS
MOVX A,@RO
SETB CS
ANL A,#00000111B
CJNE A,#04H,CHECK_STOP
CPL FO
ACALL STOP_RUN
MOV A,BUFFER6
MOV RO,BUFFER7
MOV R1,BUFFER8
SETB EXO
RETI
CHECK_STOP: CJNE A,#03H,INC_KEY
MOV P1,#00H
MOV RO,#02H
GET_VAL1: CLR CS
MOVX A,@RO
SETB CS
JNB ACC.2,GET_VAL1
ACALL STOP_RUN
MOV A,BUFFER6
MOV RO,BUFFER7
MOV R1,BUFFER8
SETB EXO
RETI
INC_KEY: MOV BUF_VAL_SPEED,VAL_SPEED
MOV BUF_LIMIT_PLANE,LIMIT_PLANE
MOV BUF_VAL_TIME_LOW,VAL_TIME_LOW
MOV BUF_VAL_TIME_HIGH,VAL_TIME_HIGH
JB ACC.0,DEC_KEY
JNB ACC.2,FAST_INC
DJNZ DELAY_SPEED1,EXIT_INC
MOV DELAY_SPEED1,#OFFH
FAST_INC: DEC BUF_VAL_TIME_LOW
MOV A,BUF_VAL_TIME_LOW
CJNE A,#OFFH,EXIT_INC
MOV BUF_VAL_TIME_LOW,KEY_LIMIT_LOW
DEC BUF_VAL_TIME_HIGH
MOV A,BUF_VAL_TIME_HIGH
CJNE A,#OFFH,EXIT_INC
INC BUF_VAL_SPEED
MOV A,BUF_VAL_SPEED
CJNE A,#07H,GET_VAL
DEC BUF_VAL_SPEED
MOV BUF_VAL_TIME_LOW,#00H
MOV BUF_VAL_TIME_HIGH,#00H
SJMP EXIT_INC
GET_VAL: ACALL GET_STRING
MOV BUF_VAL_TIME_LOW,KEY_LIMIT_LOW
MOV BUF_VAL_TIME_HIGH,KEY_LIMIT_HIGH
CLR TRO
MOV VAL_SPEED,BUF_VAL_SPEED
MOV TIME,#00H
MOV PLANE,#00H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV VAL_PLANE,#00H
MOV TIME_HIGH,#01H
EXIT_INC: CLR TRO
MOV VAL_TIME_HIGH,BUF_VAL_TIME_HIGH
MOV VAL_TIME_LOW,BUF_VAL_TIME_LOW
MOV LIMIT_PLANE,BUF_LIMIT_PLANE
SETB TRO
ACALL CAL
LCALL REN_SEGMENT1
MOV A,BUFFER6
MOV RO,BUFFER7
MOV R1,BUFFER8
SETB EXO
RETI
DEC_KEY: JB ACC.1,EXIT_INC
JNB ACC.2,FAST_DEC
DJNZ DELAY_SPEED1,EXIT_INC
FAST_DEC: MOV DELAY_SPEED1,#0FFH
INC BUF_VAL_TIME_LOW
MOV A,BUF_VAL_TIME_LOW
MOV BUFFER13,KEY_LIMIT_LOW
INC BUFFER13
CJNE A,BUFFER13,EXIT_INC
MOV BUF_VAL_TIME_LOW,#00H
INC BUF_VAL_TIME_HIGH
MOV A,BUF_VAL_TIME_HIGH
MOV BUFFER13,KEY_LIMIT_HIGH
INC BUFFER13
CJNE A,BUFFER13,EXIT_INC
DEC BUF_VAL_SPEED
MOV A,BUF_VAL_SPEED
CJNE A,#0FFH,GET_VAL11
INC BUF_VAL_SPEED
MOV BUF_VAL_TIME_HIGH,KEY_LIMIT_HIGH
MOV BUF_VAL_TIME_LOW,KEY_LIMIT_LOW
SJMP EXIT_INC
GET_VAL11: ACALL GET_STRING
MOV BUF_VAL_TIME_HIGH,#00H
MOV BUF_VAL_TIME_LOW,#00H
CLR TRO
MOV VAL_SPEED,BUF_VAL_SPEED
MOV TIME,#00H
MOV PLANE,#00H
MOV VAL_PLANE,#00H
MOV TIME_HIGH,#01H
CLR TRO
MOV VAL_TIME_HIGH,#00H
MOV VAL_TIME_LOW,#00H
MOV LIMIT_PLANE,BUF_LIMIT_PLANE
SETB TRO
ACALL CAL
LCALL REN_SEGMENT1
MOV A,BUFFER6
MOV RO,BUFFER7
MOV R1,BUFFER8
SETB EXO
RETI

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;*****
; SUBRUTEEN GET LIMIT DATA
;*****
GET_STRING:  MOV A,BUF_VAL_SPEED
              MOV B,#03H
              MUL AB
              MOV R4,A
              ADD A,#21
              MOVC A,@A+PC
              MOV KEY_LIMIT_LOW,A
              MOV A,R4
              ADD A,#16
              MOVC A,@A+PC
              MOV KEY_LIMIT_HIGH,A
              MOV A,R4
              ADD A,#11
              MOVC A,@A+PC
              MOV BUF_LIMIT_PLANE,A
              MOV BUF_VAL_TIME_LOW,KEY_LIMIT_LOW
              MOV BUF_VAL_TIME_HIGH,KEY_LIMIT_HIGH
              RET
              DB 20,04,60,20,02,16,37,01,08
              DB 60,00,06,40,00,04,50,00,02,26,02,02

;*****
; SUBRUTEEN STOP MOTOR
; AND DISPLAY AT STOP
;*****
STOP_RUN:    MOV BUFFER1,A
              MOV BUFFER2,R0
              MOV BUFFER3,R1
              CLR TRO
              CLR ETO
              MOV P1,#00H
              SETB P3.0
              JNB FO,FOR_RUN
RE_RUN:      MOV R0,#01H
              MOV R1,#02H
              MOV A,#11111001B
              CLR CS
              MOVX @R0,A
              SETB CS
              MOV A,#00101111B
              CLR CS
              MOVX @R1,A
              SETB CS
              ACALL DELAY1
              MOV A,#01010000B
              CLR CS
              MOVX @R0,A
              SETB CS
              MOV A,#01001111B
              CLR CS
              MOVX @R1,A
              SETB CS
              ACALL DELAY1
              CLR CS
              MOVX A,@R1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

RECALL_RE:
SETB CS
JB ACC.2,RE_RUN
MOV A,#11111001B
CLR CS
MOVX @R0,A
SETB CS
MOV A,#00101111B
CLR CS
MOVX @R1,A
SETB CS
ACALL DELAY1
MOV A,#01010000B
CLR CS
MOVX @R0,A
SETB CS
MOV A,#01001111B
CLR CS
MOVX @R1,A
SETB CS
ACALL DELAY1
CLR CS
MOVX A,@R1
SETB CS
JNB ACC.2,RECALL_RE
MOV A,BUFFER1
MOV R0,BUFFER2
MOV R1,BUFFER3
CLR P3.0
SETB ETO
SETB TRO
RET
FOR_RUN:
MOV R0,#01H
MOV R1,#02H
MOV A,#11010000B
CLR CS
MOVX @R0,A
SETB CS
MOV A,#00011111B
CLR CS
MOVX @R1,A
SETB CS
ACALL DELAY1
MOV A,#01011100B
CLR CS
MOVX @R0,A
SETB CS
MOV A,#00101111B
CLR CS
MOVX @R1,A
SETB CS
ACALL DELAY1
MOV A,#01110001B
CLR CS
MOVX @R0,A
SETB CS
MOV A,#01001111B
CLR CS

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOVX @R1,A
SETB CS
ACALL DELAY1
CLR CS
MOVX A,@R1
SETB CS
JB ACC.2,FOR_RUN
RECALL_FOR: MOV A,#11010000B
CLR CS
MOVX @R0,A
SETB CS
MOV A,#00011111B
CLR CS
MOVX @R1,A
SETB CS
ACALL DELAY1
MOV A,#01011100B
CLR CS
MOVX @R0,A
SETB CS
MOV A,#00101111B
CLR CS
MOVX @R1,A
SETB CS
ACALL DELAY1
MOV A,#01110001B
CLR CS
MOVX @R0,A
SETB CS
MOV A,#01001111B
CLR CS
MOVX @R1,A
SETB CS
ACALL DELAY1
CLR CS
MOVX A,@R1
SETB CS
JNB ACC.2,RECALL_FOR
MOV A,BUFFER1
MOV R0,BUFFER2
MOV R1,BUFFER3
CLR P3.0
SETB ETO
SETB TRO
RET
DELAY1: MOV R2,#OFFH
DJNZ R2,$
RET

```

```

;*****
; SUBRUTEN CALCULATOR
; DISPLAY
;*****

```

```

CAL: MOV A,VAL_SPEED
CAL_SPEED0: CJNE A,#00H,CAL_SPEED11
SJMPC X0
CAL_SPEED11: AJMP CAL_SPEED1

```

เอกสาร CAL_SPEED11: สำหรับใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์รุ่น 8080 เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

X0:      MOV BUF_OUTDISP4,#0AH
        MOV A,VAL_TIME_LOW
        CJNE A,#00H,CAL_CONTIO
        MOV A,VAL_TIME_HIGH
        CJNE A,#00H,CAL_CONTIO
        MOV BUF_OUTDISP3,#01H
        MOV BUF_OUTDISP2,#00H
        MOV BUF_OUTDISP1,#00H
        RET
CAL_CONTIO:  MOV BUF_OUTDISP3,#0AH
        MOV A,VAL_TIME_HIGH
CHECK0_0:   CJNE A,#00H,CHECK1_0
        MOV A,VAL_TIME_LOW
        ADD A,#04
        MOVC A,@A+PC
        MOV BUF_OUTDISP2,A
        SJMP DISP2_0
        DB 00,09,09,09,09,09,09,09,09,09
        DB 09,09,09,09,09,09,09,09,09,09
DISP2_0:   MOV A,VAL_TIME_LOW
        ADD A,#03
        MOVC A,@A+PC
        MOV BUF_OUTDISP1,A
        RET
        DB 00,09,09,08,08,07,07,06,06,05
        DB 05,04,04,03,03,02,02,01,01,00,00
CHECK1_0:  CJNE A,#01H,CHECK2_0
        MOV A,VAL_TIME_LOW
        ADD A,#04
        MOVC A,@A+PC
        MOV BUF_OUTDISP2,A
        SJMP DISP2_1
        DB 09,08,08,08,08,08,08,08,08,08
        DB 08,07,07,07,07,07,07,07,07,07,07
DISP2_1:  ADD A,#03
        MOVC A,@A+PC
        MOV BUF_OUTDISP1,A
        RET
        DB 00,08,08,07,06,05,04,03,02,01
        DB 00,09,08,07,06,05,04,03,02,01,00
CHECK2_0:  CJNE A,#02H,CHECK3_0
        MOV A,VAL_TIME_LOW
        ADD A,#04
        MOVC A,@A+PC
        MOV BUF_OUTDISP2,A
        SJMP DISP2_2
        DB 07,06,06,06,06,06,06,06,06,06
        DB 06,05,05,05,05,05,05,05,05,05,05
DISP2_2:  MOV A,VAL_TIME_LOW
        ADD A,#03
        MOVC A,@A+PC
        MOV BUF_OUTDISP1,A
        RET
        DB 00,09,08,07,06,05,04,03,02,01
        DB 00,09,08,07,06,05,04,03,02,01,00
CHECK3_0:  CJNE A,#03H,CHECK4_0
        MOV A,VAL_TIME_LOW

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ADD A,#04
MOVC A,@A+PC
MOV BUF_OUTDISP2,A
SJMP DISP2_3
DISP2_3:
DB 05,04,04,04,04,04,04,04,04,04
DB 04,04,04,04,04,04,04,04,03,03,03
MOV A,VAL_TIME_LOW
ADD A,#03
MOVC A,@A+PC
MOV BUF_OUTDISP1,A
RET
CHECK4_0:
DB 00,09,08,07,06,06,05,05,04,04
DB 03,03,02,02,01,01,00,00,09,09,08
MOV A,VAL_TIME_LOW
ADD A,#04
MOVC A,@A+PC
MOV BUF_OUTDISP2,A
SJMP DISP2_4
DISP2_4:
DB 03,03,03,03,03,03,03,03,03,03
DB 03,03,03,03,03,03,03,03,03,03,03
MOV A,VAL_TIME_LOW
ADD A,#03
MOVC A,@A+PC
MOV BUF_OUTDISP1,A
RET
DB 08,08,07,07,06,06,05,05,04,04
DB 03,03,02,02,01,01,01,00,00,00,00
;-----
CAL_SPEED1: CJNE A,#01H,CAL_SPEED22
SJMP X1
CAL_SPEED22: AJMP CAL_SPEED2
X1:
MOV BUF_OUTDISP4,#0AH
MOV A,VAL_TIME_LOW
CJNE A,#00H,CAL_CONTI1
MOV A,VAL_TIME_HIGH
CJNE A,#00H,CAL_CONTI1
MOV BUF_OUTDISP3,#02H
MOV BUF_OUTDISP2,#00H
MOV BUF_OUTDISP1,#00H
RET
CAL_CONTI1: MC. BUF_OUTDISP3,#01H
MOV A,VAL_TIME_HIGH
CHECKO_1: CJNE A,#00H,CHECK1_1
MOV A,VAL_TIME_LOW
ADD A,#04
MOVC A,@A+PC
MOV BUF_OUTDISP2,A
SJMP DISP3_0
DISP3_0:
DB 00,09,09,09,09,09,08,08,08,08
DB 08,07,07,07,07,07,06,06,06,06,06
MOV A,VAL_TIME_LOW
ADD A,#03
MOVC A,@A+PC
MOV BUF_OUTDISP1,A
RET
DB 00,08,06,04,02,00,08,06,04,02

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;
CHECK1_1: DB 00,08,06,04,02,00,08,06,04,02,00
           CJNE A,#01H,CHECK2_1
           MOV A,VAL_TIME_LOW
           ADD A,#04
           MOVC A,@A+PC
           MOV BUF_OUTDISP2,A
           SJMP DISP3_1

           DB 06,05,05,05,05,04,04,04,04
           DB 04,03,03,03,03,03,02,02,02,02,02
DISP3_1:   MOV A,VAL_TIME_LOW
           ADD A,#03
           MOVC A,@A+PC
           MOV BUF_OUTDISP1,A
           RET

           DB 00,08,06,04,02,00,08,06,04,02
           DB 00,08,06,04,02,00,08,06,04,02,00
CHECK2_1:  MOV A,VAL_TIME_LOW
           ADD A,#04
           MOVC A,@A+PC
           MOV BUF_OUTDISP2,A
           SJMP DISP3_2

           DB 02,01,01,01,01,01,01,01,01,01
           DB 01,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
DISP3_2:   MOV A,VAL_TIME_LOW
           ADD A,#03
           MOVC A,@A+PC
           MOV BUF_OUTDISP1,A
           RET

           DB 00,09,08,07,06,05,04,03,02,01
           DB 00,09,08,07,06,05,04,03,02,01,01
;-----
CAL_SPEED2: CJNE A,#02H,CAL_SPEED33
            SJMP X2
CAL_SPEED33: AJMP CAL_SPEED3
X2:          MOV BUF_OUTDISP4,#0AH
            MOV A,VAL_TIME_LOW
            CJNE A,#00H,CAL_CONTI2
            MOV A,VAL_TIME_HIGH
            CJNE A,#00H,CAL_CONTI2
            MOV BUF_OUTDISP3,#03H
            MOV BUF_OUTDISP2,#00H
            MOV BUF_OUTDISP1,#00H
            RET
CAL_CONTI2:  MOV BUF_OUTDISP3,#02H
            MOV A,VAL_TIME_HIGH
CHECK0_2:   CJNE A,#00H,CHECK1_2
            MOV A,VAL_TIME_LOW
            ADD A,#04
            MOVC A,@A+PC
            MOV BUF_OUTDISP2,A
            SJMP DISP4_0

           DB 00,09,09,09,09,09,09,09,09,09,09,08
           DB 08,08,08,08,08,08,08,08,08,08,07,07,07
           DB 07,07,07,07,07,07,07,07,06,06,06,06,06,06,06
DISP4_0:   MOV A,VAL_TIME_LOW
           ADD A,#03
           MOVC A,@A+PC

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV BUF_OUTDISP1,A
RET
DB 00,09,08,07,06,05,04,03,02,01,00,09
DB 08,07,06,05,04,03,02,01,00,09,08,07
DB 06,05,04,03,02,01,00,09,08,07,06,05,04,03
CHECK1_2: MOV A,VAL_TIME_LOW
ADD A,#04
MOVC A,@A+PC
MOV BUF_OUTDISP2,A
SJMP DISP4_1
DB 06,06,06,06,05,05,05,05,05,05,05,05
DB 05,04,04,04,04,04,03,03,03,03,03,02
DB 02,02,02,02,01,01,01,01,01,00,00,00,00,00
DISP4_1: MOV A,VAL_TIME_LOW
ADD A,#03
MOVC A,@A+PC
MOV BUF_OUTDISP1,A
RET
DB 03,02,01,00,09,08,07,06,05,04,03,02
DB 00,08,06,04,02,00,08,06,04,02,00,08
DB 06,04,02,00,08,06,04,02,00,08,06,04,02,02
;-----

```

```

CAL_SPEED3: CJNE A,#03H,CAL_SPEED44
SJMP X3
CAL_SPEED44: AJMP CAL_SPEED4
X3: MOV BUF_OUTDISP4,#0AH
MOV A,VAL_TIME_LOW
CJNE A,#00H,CAL_CONTI3
MOV A,VAL_TIME_HIGH
CJNE A,#00H,CAL_CONTI3
MOV BUF_OUTDISP3,#04H
MOV BUF_OUTDISP2,#00H
MOV BUF_OUTDISP1,#00H
RET
CAL_CONTI3: MOV BUF_OUTDISP3,#03H
MOV A,VAL_TIME_LOW
ADD A,#04
MOVC A,@A+PC
MOV BUF_OUTDISP2,A
SJMP DISP5_0
DB 00,09,09,09,09,09,08,08,08,08
DB 08,07,07,07,07,07,06,06,06,06
DB 06,05,05,05,05,05,04,04,04,04
DB 04,03,03,03,03,03,02,02,02,02
DB 02,01,01,01,01,01,01,01,01,01
DB 01,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
DISP5_0: MOV A,VAL_TIME_LOW
ADD A,#03
MOVC A,@A+PC
MOV BUF_OUTDISP1,A
RET
DB 00,08,06,04,02,00,08,06,04,02
DB 00,08,06,04,02,00,08,06,04,02
DB 00,08,06,04,02,00,08,06,04,02
DB 00,08,06,04,02,00,08,06,04,02
DB 00,09,08,07,06,05,04,03,02,01

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานาน นโมอนุญาดหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DB 00,09,08,07,06,05,04,03,02,01,01

```
-----
CAL_SPEED4:  CJNE A,#04H,CAL_SPEED55
              SJMP X4
CAL_SPEED55: LJMP CAL_SPEED5
X4:          MOV BUF_OUTDISP4,#0AH
              MOV A,VAL_TIME_LOW
              CJNE A,#00H,CAL_CONTI4
              MOV A,VAL_TIME_HIGH
              CJNE A,#00H,CAL_CONTI4
              MOV BUF_OUTDISP3,#05H
              MOV BUF_OUTDISP2,#00H
              MOV BUF_OUTDISP1,#00H
              RET
CAL_CONTI4:  MOV BUF_OUTDISP3,#04H
              MOV A,VAL_TIME_LOW
              ADD A,#04
              MOVC A,@A+PC
              MOV BUF_OUTDISP2,A
              SJMP DISP6_0
DB          00,09,09,09,08,08,08,07,07,07
DB          07,06,06,06,05,05,05,04,04,04
DB          04,03,03,03,02,02,02,01,01,01
DISP6_0:    DB          01,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00,00
              MOV A,VAL_TIME_LOW
              ADD A,#03
              MOVC A,@A+PC
              MOV BUF_OUTDISP1,A
              RET
DB          00,07,04,01,08,05,02,09,06,03
DB          00,07,04,01,08,05,02,09,06,03
DB          00,07,04,01,08,05,02,09,06,03
DB          00,07,04,01,08,05,02,09,06,03,03
-----
```

```
CAL_SPEED5:  CJNE A,#05H,CAL_SPEED66
              SJMP X5
CAL_SPEED66: AJMP CAL_SPEED6
X5:          MOV BUF_OUTDISP4,#0AH
              MOV A,VAL_TIME_LOW
              CJNE A,#00H,CAL_CONTI5
              MOV A,VAL_TIME_HIGH
              CJNE A,#00H,CAL_CONTI5
              MOV BUF_OUTDISP3,#06H
              MOV BUF_OUTDISP2,#00H
              MOV BUF_OUTDISP1,#00H
              RET
CAL_CONTI5:  MOV BUF_OUTDISP3,#05H
              MOV A,VAL_TIME_LOW
              ADD A,#04
              MOVC A,@A+PC
              MOV BUF_OUTDISP2,A
              SJMP DISP7_0
DB          00,09,09,09,09,09,08,08,08,08
DB          08,07,07,07,07,07,06,06,06,06
DB          06,05,05,05,05,05,04,04,04,04
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DB 04,0,03,03,03,03,02,02,02,02
DB 02;01,01,01,01,01,01,00,00,00,00,00
DISP7_0: MOV A,VAL_TIME_LOW
        ADD A,#03
        MOVC A,@A+PC
        MOV BUF_OUTDISP1,A
        RET
DB 00,08,06,04,02,00,08,06,04,02
DB 00,08,06,04,02,00,08,06,04,02
DB 00,08,06,04,02,00,08,06,04,02
DB 00,08,06,04,02,00,08,06,04,02
DB 00,08,06,04,02,00,08,06,04,02,02

```

```

CAL_SPEED6: MOV A,VAL_TIME_LOW
            CJNE A,#00H,CAL_CONTI6
            MOV A,VAL_TIME_HIGH
            CJNE A,#00H,CAL_CONTI6
            MOV BUF_OUTDISP4,#01H
            MOV BUF_OUTDISP3,#00H
            MOV BUF_OUTDISP2,#00H
            MOV BUF_OUTDISP1,#00H
            RET
CAL_CONTI6: MOV BUF_OUTDISP4,#0AH
CHECK0_6:  MOV A,VAL_TIME_HIGH
            CJNE A,#00H,CHECK1_6
            MOV A,VAL_TIME_LOW
            ADD A,#04
            MOVC A,@A+PC
            MOV BUF_OUTDISP3,A
            SJMP DISP8_0
DB 00,09,09,09,09,09,09,09,09,09,09,09
DB 09,09,09,09,08,08,08,08,08,08,08,08,08
DISP8_0:  MOV A,VAL_TIME_LOW
            ADD A,#04
            MOVC A,@A+PC
            MOV BUF_OUTDISP2,A
            SJMP DISP8_1
DB 00,09,08,08,07,07,06,05,05,04,04,03,02
DB 02,01,01,00,09,09,08,08,07,06,06,05,05,05
DISP8_1:  MOV A,VAL_TIME_LOW
            ADD A,#03H
            MOVC A,@A+PC
            MOV BUF_OUTDISP1,A
            RET
DB 00,04,08,02,06,00,04,08,02,06,00,04,08
DB 02,06,00,04,08,02,06,00,04,08,02,06,00,00
CHECK1_6: CJNE A,#01H,CHECK2_6
            MOV A,VAL_TIME_LOW
            ADD A,#04
            MOVC A,@A+PC
            MOV BUF_OUTDISP3,A
            SJMP DISP8_2
DB 08,08,08,08,08,08,07,07,07,07,07,07,07
DB 07,07,07,07,07,07,07,07,06,06,06,06,06,06
DISP8_2:  MOV A,VAL_TIME_LOW
            ADD A,#04

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV C A,@A+PC
MOV BUF_OUTDISP2,A
SJMP DISP8_3
DISP8_3:
DB 04,03,03,02,02,01,09,08,08,07,06,05,05
DB 04,04,03,02,02,01,01,00,09,09,09,08,08,08,08
MOV A,VAL_TIME_LOW
ADD A,#04
MOV C A,@A+PC
MOV BUF_OUTDISP1,A
RET
DISP8_4:
DB 04,08,02,06,00,01,02,08,06,00,04,08,02
DB 06,00,04,08,02,06,00,04,08,05,02,09,06,06,06
MOV A,VAL_TIME_LOW
ADD A,#04
MOV C A,@A+PC
MOV BUF_OUTDISP3,A
SJMP DISP8_5
DISP8_5:
DB 06,06,06,06,06,06,06,06,06,06,06,06
DB 06,06,06,06,06,06,06,06,06,06,06,06,06
MOV A,VAL_TIME_LOW
ADD A,#04
MOV C A,@A+PC
MOV BUF_OUTDISP2,A
SJMP DISP8_4
DISP8_4:
DB 08,07,07,07,07,06,06,06,05,05,05,04,04
DB 04,03,03,03,02,02,02,01,01,00,00,00,00
MOV A,VAL_TIME_LOW
ADD A,#03
MOV C A,@A+PC
MOV BUF_OUTDISP1,A
RET
DISP8_5:
DB 02,09,06,03,00,07,04,01,08,05,02,09,06
DB 03,00,07,04,01,08,05,02,09,05,09,05,02,02
;

```

```

;*****
; SUBRUTEEN DISPLAY FREQUENCY
; AT SCANKEY
;*****

```

```

REN_SEGMENT1:
MOV OUTDISP1,BUF_OUTDISP1
MOV OUTDISP2,BUF_OUTDISP2
MOV OUTDISP3,BUF_OUTDISP3
MOV OUTDISP4,BUF_OUTDISP4
MOV A,OUTDISP1
LCALL CHANGE_CHR
MOV OUTDISP1,A
MOV A,OUTDISP2
LCALL CHANGE_DOT
MOV OUTDISP2,A
MOV A,OUTDISP3
LCALL CHANGE_CHR
MOV OUTDISP3,A
MOV A,OUTDISP4
LCALL CHANGE_CHR
MOV OUTDISP4,A
MOV RO,#02H
MOV A,DIGI_DISP1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CHECK_11:    CJNE A,#01H,CHECK_22
              MOV A,#00010111B
              CLR CS
              MOVX @R0,A
              SETB CS
              MOV A,OUTDISP1
              ACALL OUT_INC1
              ACALL DELAYO
              RET
CHECK_22:    CJNE A,#02H,CHECK_33
              MOV A,#00010111B
              CLR CS
              MOVX @R0,A
              SETB CS
              MOV A,OUTDISP2
              ACALL OUT_INC1
              ACALL DELAYO
              RET
CHECK_33:    CJNE A,#03H,CHECK_44
              MOV A,#01000111B
              CLR CS
              MOVX @R0,A
              SETB CS
              MOV A,OUTDISP3
              ACALL OUT_INC1
              ACALL DELAYO
              RET
CHECK_44:    MOV A,#10000111B
              CLR CS
              MOVX @R0,A
              SETB CS
              MOV A,OUTDISP4
              ACALL OUT_INC1
              ACALL DELAYO
              RET
OUT_INC1:    MOV R0,#01H
              CLR CS
              MOVX @R0,A
              SETB CS
              INC DIGI_DISP1
              MOV A,DIGI_DISP1
              CJNE A,#05H,END_SUB1
              MOV DIGI_DISP1,#01H
              RET
END_SUB1:    RET
DELAYO:     MOV R6,#0FFH
              DJNZ R6,$
              RET

```

```

;*****
;          MAIN PROGRAM
;*****

```

```

START:      MOV P1,#00H
              CLR FO
              MOV TH1,#0FOH
              MOV TL1,#00H
              MOV BUF_OUTDISP4,#0AH
              MOV BUF_OUTDISP3,#05H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV BUF_OUTDISP2,#00H
MOV BUF_OUTDISP1,#00H
MOV DIGI_DISP1,#01H
MOV DIGI_DISP,#01H
MOV DELAY_SPEED1,#OFFH
MOV DELAY_SPEED2,#OFFH
MOV VAL_TIME_LOW,#00
MOV VAL_TIME_HIGH,#00
MOV TMOD,#00010010B
MOV IP,#02H
MOV BUF_VAL_SPEED,#04
MOV BUF_LIMIT_PLANE,#04
MOV KEY_LIMIT_HIGH,#00
MOV KEY_LIMIT_LOW,#40
MOV PLANE,#00H
MOV VAL_PLANE,#00H
MOV TIME,#00H
MOV VAL_SPEED,#04
MOV LIMIT_PLANE,#04
MOV TIME_HIGH,#01H
CLR RE_SET
CLR OUTPUT
MOV R1,#03H
MOV A,#10000001B
CLR CS
MOVX @R1,A
SETB CS
MOV R1,#02H
MOV A,#00000111B
CLR CS
MOVX @R0,A
SETB CS
LCALL STOP_RUN
SETB EA
SETB ETO
SETB TRO
SETB EXO
SETB ET1
SETB TR1
SJMP $

```

```

;*****;
; DATA 180 PLUSE (1R,3R,5R,7R,9R,11R,13R,15R,17R,19R ;
; 21R,23R,25R,27R,29R,31R,33R,35R,37R,39R ;
; 41R,43R,45R,47R,49R,51R,53R,55R,57R,59R) ;
; TIME = 0.000555555 S ;
;*****;

```

```

ORG 0BBCH
DB 194,01,203,01,211,01,218,01,224,01,231,01,236,01
DB 241,01,245,01,249,01,252,01,253,01,253,01,253,01
DB 253,01,253,01,253,01,253,01,253,01,252,01,249,01
DB 245,01,241,01,236,01,231,01,224,01,218,01,211,01
DB 203,01,194,01
ORG 0C1CH
DB 160,02,165,02,160,02,175,02,181,02,186,02,192,02
DB 198,02,205,02,202,02,218,02,125,01,140,01,155,01
DB 170,01,77,01,93,01,109,01,128,01,145,01,162,01,179

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DB 01,196,01,213,01,231,01,248,01,254,01,254,01,252
DB 01,250,01
  ORG OC7CH
DB 250,01,252,01,254,01,246,01,254,01,241,01,213,01
DB 196,01,179,01,162,01,145,01,128,01,109,01,93,01,77
DB 01,170,01,155,01,140,01,125,01,218,02,212,02,205
DB 02,198,02,192,02,186,02,181,02,175,02,170,02,165
DB 02,160,02
```

```
;*****;
; DATA 48 PLUSE (3.75R,11.25R,18.75R,26.25R,33.75R ;
;                               41.25R,48.75R,56.25R) ;
; TIME = 0.001041666 S ;
;*****;
```

```
  ORG OCB8H
DB 155,01,204,01,236,01,252,01,252,01,236,01,204,01,155,01
  ORG OCC8H
DB 55,03,81,03,111,03,73,02,127,02,85,01,206,01,253,01
  ORG OCD8H
DB 253,01,206,01,85,01,127,02,73,02,111,03,81,03,55,03
```

```
;*****;
; DATA 24 PLUSE (7.5R,22.5R,37.5R,52.5R) ;
; TIME = 0.001388888 S ;
;*****;
```

```
  ORG OCE8H
DB 157,01,244,01,244,01,157,01
  ORG OCF0H
DB 53,04,56,03,89,02,220,01
  ORG OCF8H
DB 220,01,89,02,56,03,53,04
```

```
;*****;
; DATA 18 PLUSE (10R,30R,50R) ;
; TIME = 0.001388888 S ;
;*****;
```

```
  ORG ODO0H
DB 179,01,253,01,179,01
  ORG ODO6H
DB 66,04,107,03,163,01
  ORG ODOCH
DB 160,01,107,03,66,04
```

```
;*****;
; DATA 12 PLUSE (15R,45R) ;
; TIME = 0.001666666 S ;
;*****;
```

```
  ORG OD12H
DB 253,01,253,01
  ORG OD16H
DB 105,05,130,02
  ORG OD1AH
DB 130,05,105,04
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*****;  
; DATA 6 PULSE (30R)  
; TIME = 0.002777777 S ;  
;*****;
```

```
ORG OD1EH  
DB 253,01  
ORG OD20H  
DB 50,05  
ORG OD22H  
DB 50,05
```

```
;*****;  
; DATA 2 PULSE (30R)  
; TIME = .000833333 ;  
;*****;
```

```
ORG OD24H  
DB 253,01  
ORG OD26H  
DB 118,04  
ORG OD28H  
DB 118,04
```



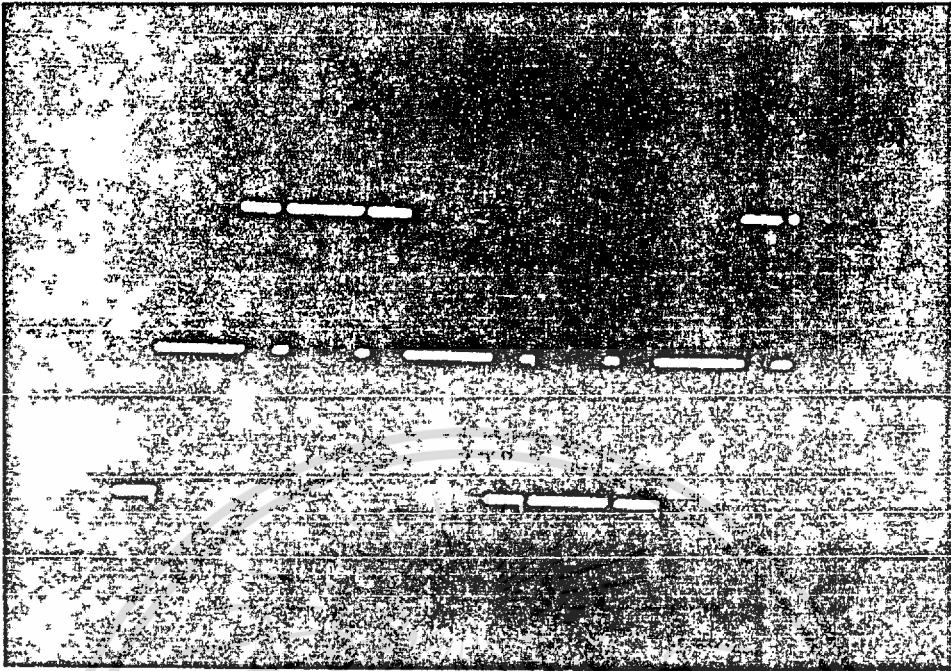
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

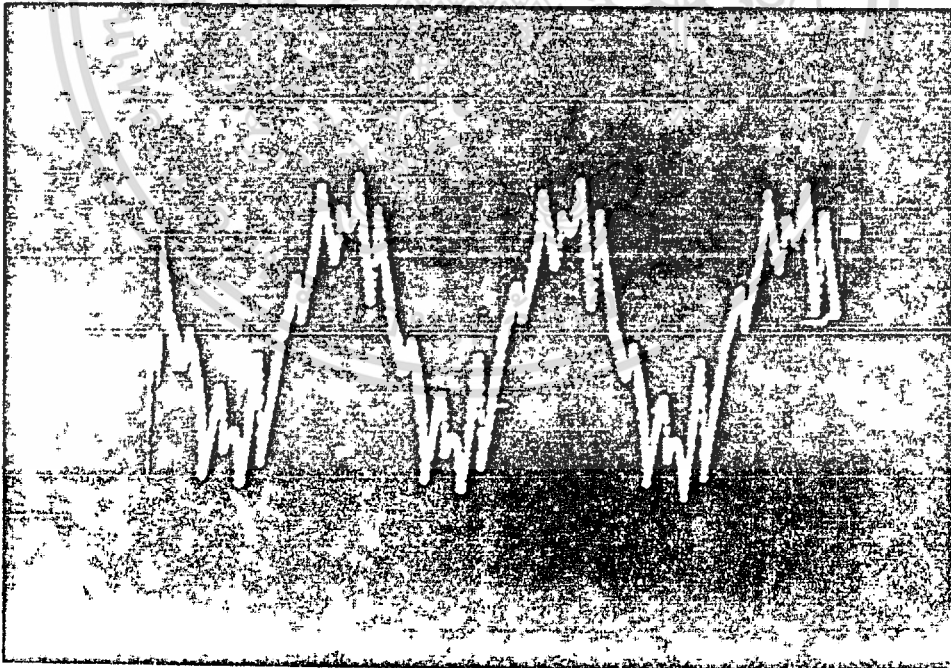
การทดลองและผลการทดลอง

ขั้นตอนการทดลอง

- ทำการต่อวงจรด้านเพาเวอร์ เข้ากับชุดสร้างสัญญาณพัลส์วិทยุมอดุเลชัน ที่ได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051
- ทำการปรับความถี่ โดยการปรับที่สวิทช์ INC หรือ DEC เพื่อให้ได้ค่าความถี่ที่ค่าต่างๆกัน ถ้าต้องการเพิ่มความเร็วในการเพิ่มหรือลดความถี่ ให้ใช้สวิทช์ FAST ควบคู่กับสวิทช์ INC หรือ DEC
- ทำการวัดแรงดันระหว่างเฟส ที่เฟส R-S และ S-T
- ทำการวัดกระแสที่เฟส S ที่ความถี่ต่างๆกัน

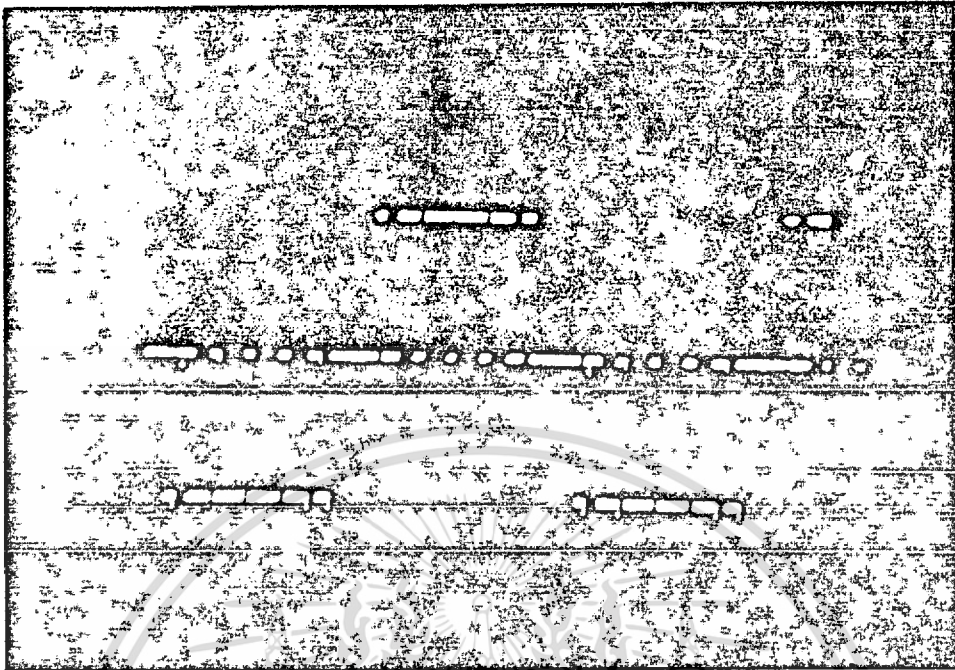


รูปที่ 1 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์
ที่ประกอบด้วย PWM 6 ลูก ในหนึ่งไซเคิล

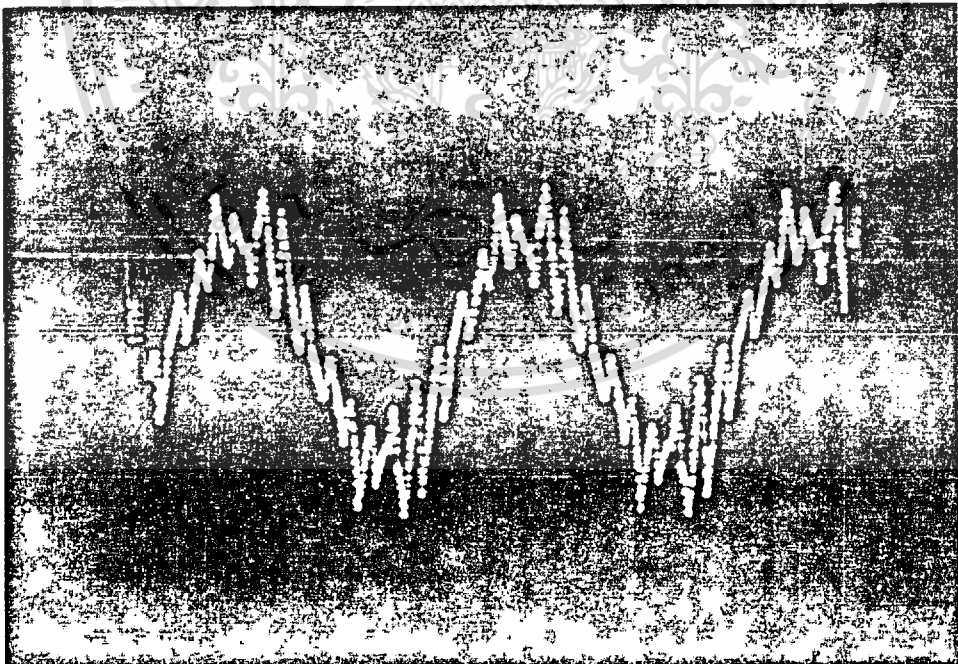


รูปที่ 2 แสดงรูปสัญญาณกระแสเฟส ที่ความถี่ 60 HZ
เมื่อได้รับสัญญาณอินพุต PWM ที่ประกอบด้วย 6 ลูกคลื่นในหนึ่งไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

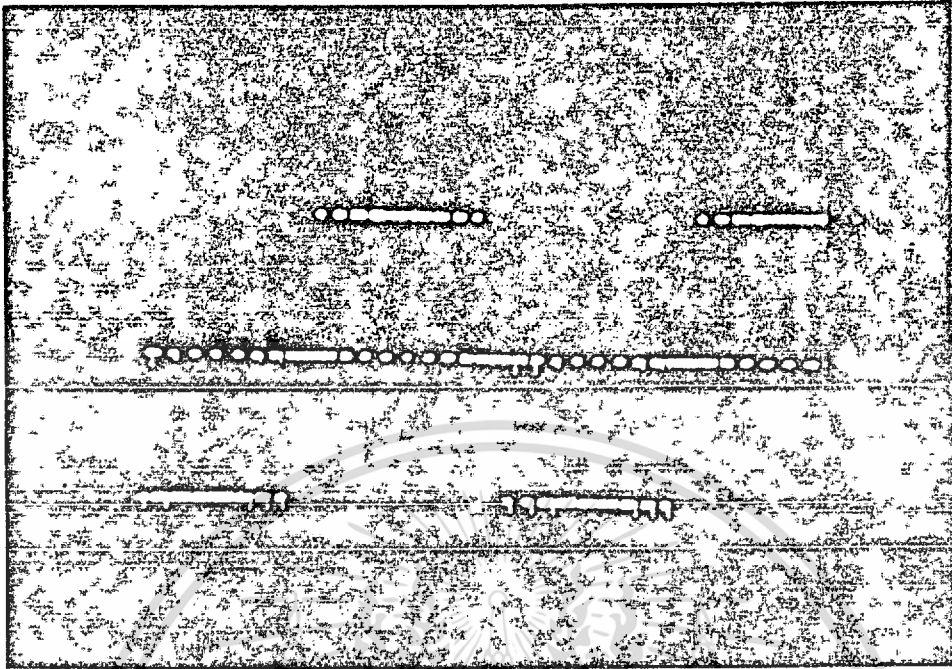


รูปที่ 3 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์
ที่ประกอบด้วย PWM 12 ลูก ในหนึ่งไซเคิล

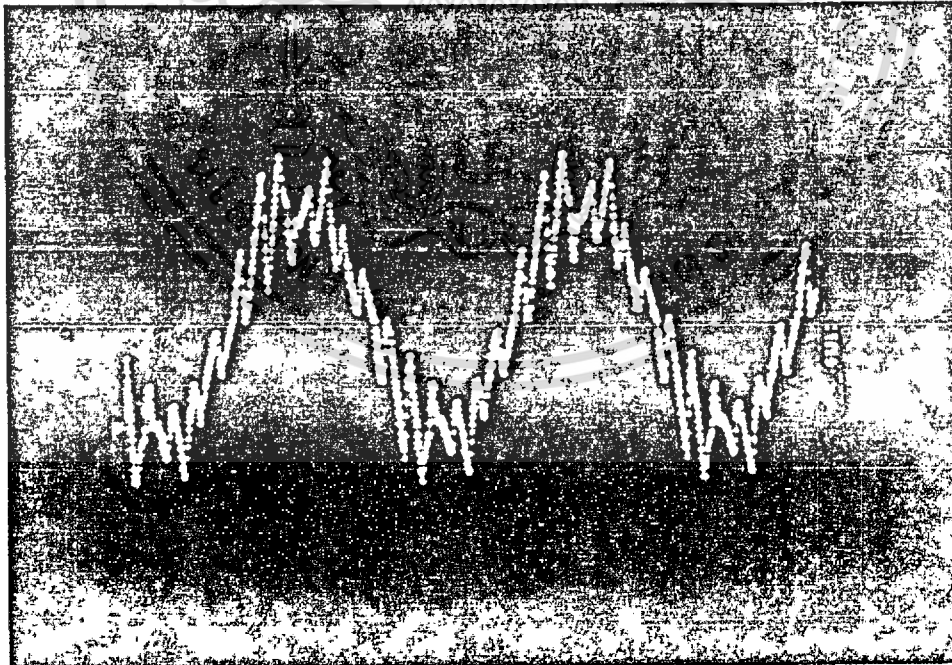


รูปที่ 4 แสดงรูปสัญญาณกระแสเฟส ที่ความถี่ 50 HZ
เมื่อได้รับสัญญาณอินพุต PWM ที่ประกอบด้วย 12 ลูกคลื่นในหนึ่งไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

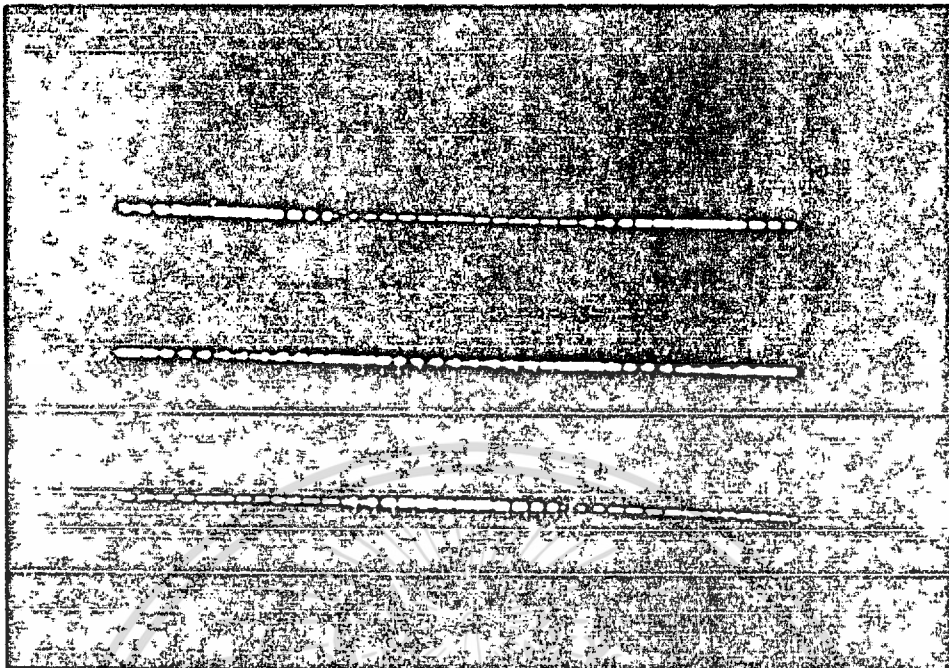


รูปที่ 5 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์
ที่ประกอบด้วย PWM 18 ลูก ในหนึ่งไซเคิล

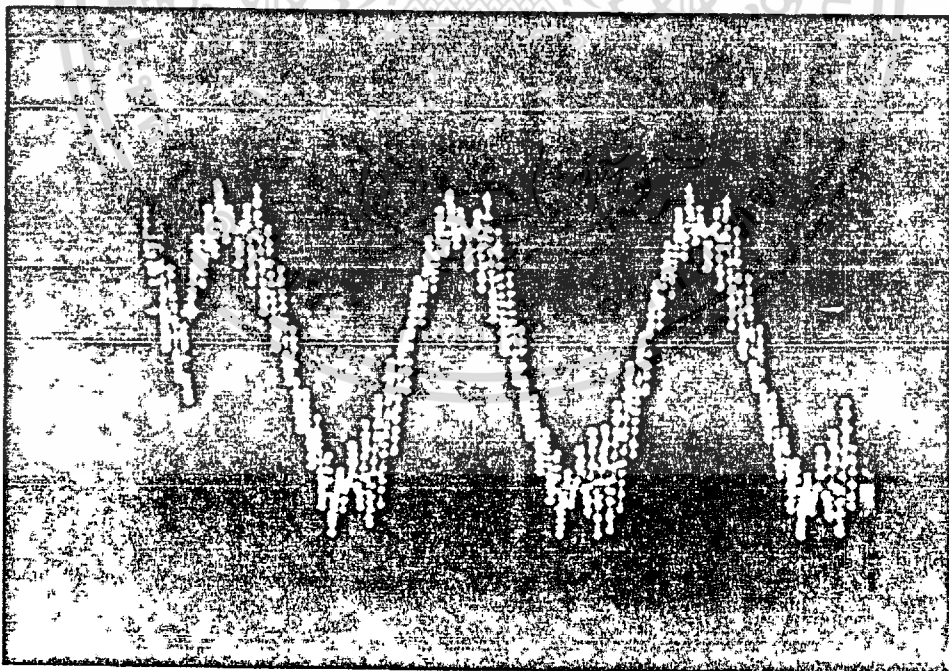


รูปที่ 6 แสดงรูปสัญญาณกระแสเฟส ที่ความถี่ 40 HZ
เมื่อได้รับสัญญาณอินพุต PWM ที่ประกอบด้วย 18 ลูกคลื่นในหนึ่งไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

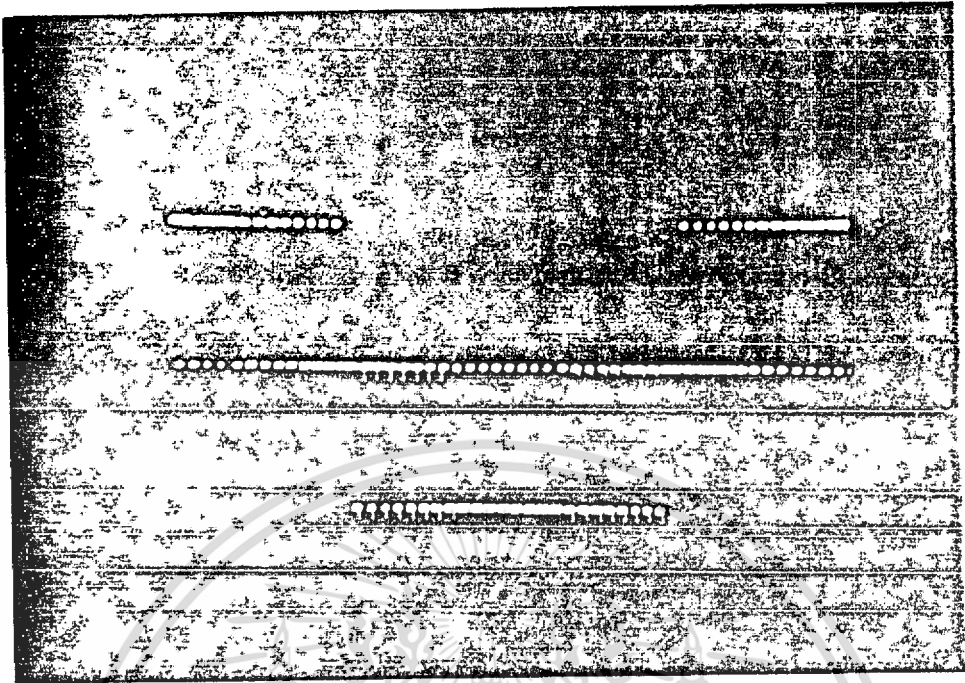


รูปที่ 7 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์
ที่ประกอบด้วย PWM 24 ลูก ในหนึ่งไซเคิล

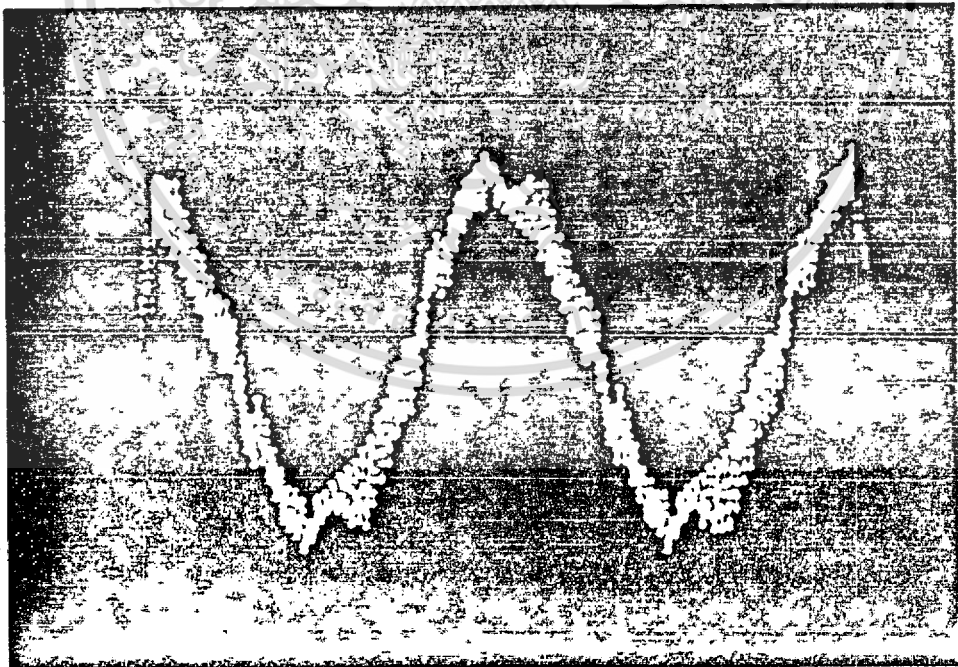


รูปที่ 8 แสดงรูปสัญญาณกระแสเฟส ที่ความถี่ 30 HZ
เมื่อได้รับสัญญาณอินพุต PWM ที่ประกอบด้วย 24 ลูกคลื่นในหนึ่งไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

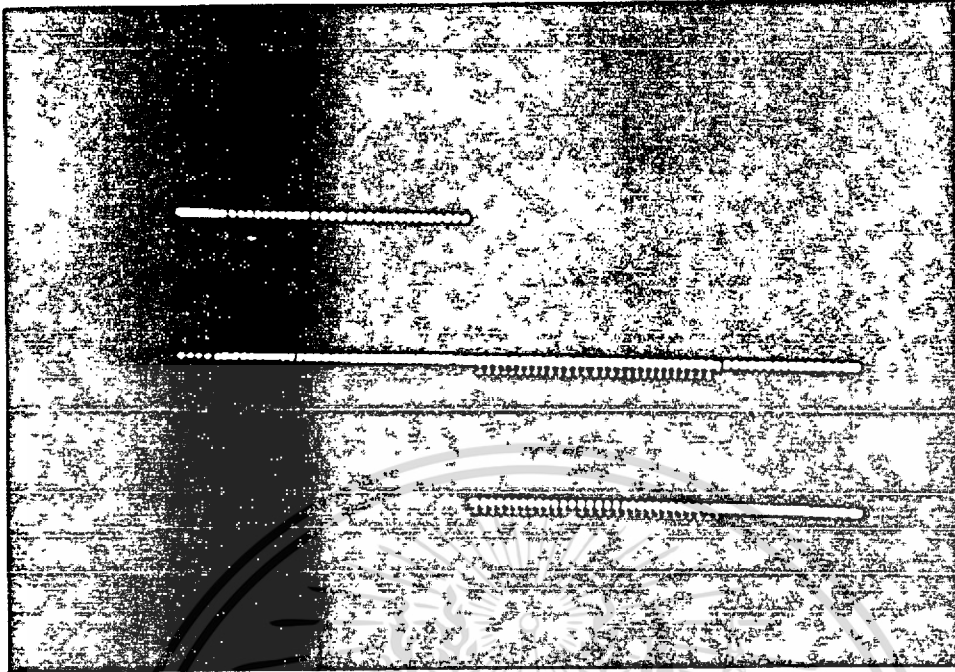


รูปที่ 9 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์
ที่ประกอบด้วย PWM 48 ลูก ในหนึ่งไซเคิล



รูปที่ 10 แสดงรูปสัญญาณกระแสเฟส ที่ความถี่ 20 HZ
เมื่อได้รับสัญญาณอินพุต PWM ที่ประกอบด้วย 48 ลูกคลื่นในหนึ่งไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

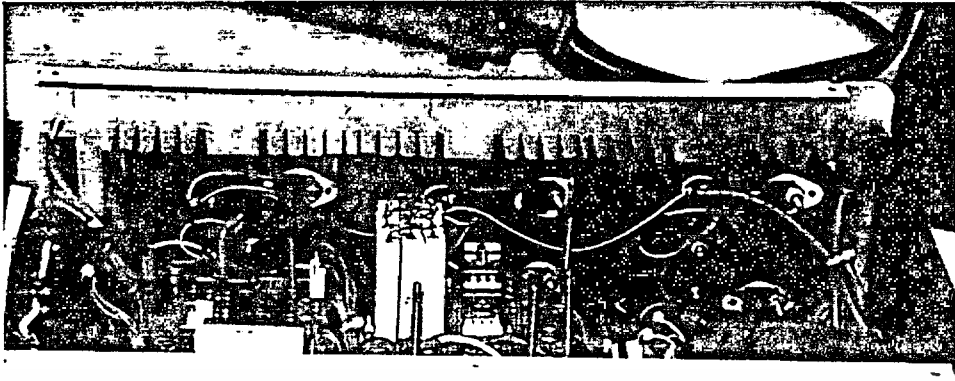


รูปที่ 11 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์
ที่ประกอบด้วย PWM 180 ลูก ในหนึ่งไซเคิล



รูปที่ 12 แสดงรูปสัญญาณกระแสเฟส ที่ความถี่ 10 HZ
เมื่อได้รับสัญญาณอินพุต PWM ที่ประกอบด้วย 180 ลูกคลื่นในหนึ่งไซเคิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

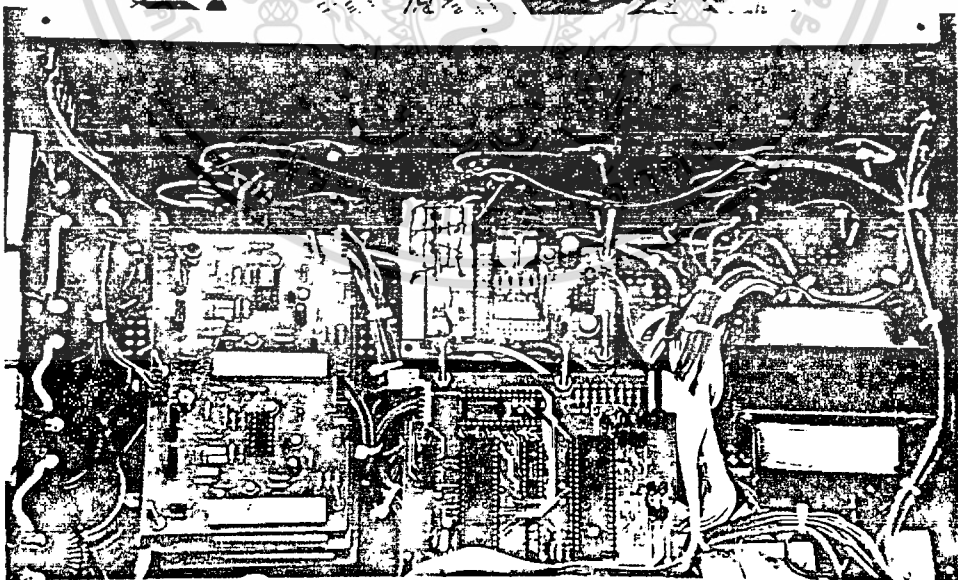


PHASE INDUCTION MOTOR CONTROL
 S REGULAR SAMPLED PWM

LAPOKSAJ TANGKANJASRI 33161104
 LANONG, PORNASRI 33161122



รูปที่ 13 แสดงส่วนประกอบต่างๆของโครงการ



รูปที่ 14 แสดงลักษณะโครงสร้างภายในของโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7 บทวิจารณ์และสรุป

ในโครงการนี้ มุ่งเน้นในการนำเอาไมโครโปรเซสเซอร์ MCS 8051 มาทำการสร้างสัญญาณควบคุมวงจรรีเลย์เตอร์เป็นหลัก เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นว่า MCS 8051 มีความสามารถในการควบคุมสูงในงานควบคุมของระบบควบคุมเล็ก ๆ และการใช้งานสะดวก อย่างเช่น โครงการนี้ และยังประหยัตอบกรณ์ภายนอก (Peripheral Device) ที่นำมาอินเตอร์เฟส (Interface) ซึ่งต่างจากการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ เบอร์ Z-80 เป็น CPU ในการกำเนิดสัญญาณ

การออกแบบโปรแกรมการทำงาน จะเป็นส่วนที่มีความสำคัญมากที่สุดของโครงการนี้ ทั้งนี้เนื่องจากจะต้องทำการออกแบบให้สามารถที่จะสร้างสัญญาณพัลส์วิตมอดเลชั่นที่มีความถี่ต่างๆโดยจะต้องคำนึงถึงหลักการโวลท์ต่อเอิร์ตซ์ด้วย จากโปรแกรมในส่วนนี้ได้ทำการแยกความถี่ออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงความถี่ตั้งแต่ 3 ถึง 60 เอิร์ตซ์และ 60 ถึง 100เอิร์ตซ์อีกช่วงหนึ่ง โดยในช่วง 3 ถึง 60 เอิร์ตซ์ นั้นจะใช้สัญญาณ PWM ในการทำงาน ซึ่งจำนวนลูกสัญญาณต่อ 1 ไซเคิล นั้นจะแบ่งออกเป็น 6 ช่วงดังแสดงตารางข้างล่าง เหตุที่ใช้จำนวนลูกไม่เท่ากันนี้ก็เพราะที่ความถี่ต่ำนั้นมอเตอร์จะดังกระแสมาก จึงจำเป็นต้องเพิ่มความต้านทานในมอเตอร์ โดยการเพิ่มจำนวนลูกให้มากขึ้นทำให้ค่า X_c มากขึ้นด้วย ทำให้มอเตอร์ดังกระแสน้อยลง ข้อเสียของการใช้จำนวนลูกมากนั้นคือ ทำให้อินเวอร์เตอร์มีประสิทธิภาพต่ำลง เพราะความถี่ที่ทรานซิสเตอร์ทำงานสูงขึ้น

3-10 Hz	ใช้จำนวนลูก	180	ลูกต่อ 1 ไซเคิล
10-20 Hz	ใช้จำนวนลูก	48	ลูกต่อ 1 ไซเคิล
20-30 Hz	ใช้จำนวนลูก	24	ลูกต่อ 1 ไซเคิล
30-40 Hz	ใช้จำนวนลูก	12	ลูกต่อ 1 ไซเคิล
40-50 Hz	ใช้จำนวนลูก	6	ลูกต่อ 1 ไซเคิล
50-60 Hz	ใช้จำนวนลูก	3	ลูกต่อ 1 ไซเคิล

ส่วนในช่วง 60 ถึง 100 เอิร์ตซ์นั้นจะให้แบบ six-step เพราะว่า ในช่วง 60 ถึง 100 เอิร์ตซ์นั้นการทำงานของมอเตอร์เป็นการ generate voltage จึงจำเป็นต้องถ่ายพลังงานจากมอเตอร์ไปยังแหล่งจ่ายพลังงานด้วยการ run มอเตอร์แบบ six-step

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการสร้างชุดอินเวอร์เตอร์ จะต้องคำนึงถึงสัญญาณที่ออกมาจากชุดอินเวอร์เตอร์ ให้เป็นสัญญาณที่มีลักษณะเป็น พัลส์วิดมอดูเลชัน เพราะ เพราะสัญญาณนี้จะต้องไปขับชุดเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์ และเป็นการทำงานร่วมกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้น สัญญาแท้ได้จะต้องมีความถูกต้องมากที่สุด การที่จะทำเช่นนี้ได้ จะได้มาจากการออกแบบ และกำหนดค่าอุปกรณ์ต่างๆให้ถูกต้องและเหมาะสม

เนื่องจากโครงการนี้เป็นการควบคุมความเร็วมอเตอร์ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการทำงาน ดังนั้นจึงมีความยืดหยุ่นในการทำงานและพัฒนา ให้มีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้นไป และสามารถที่จะพัฒนา ให้ใช้กับมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นไปได้

แต่อย่างไรก็ตามโครงการนี้ก็ยังมีส่วนที่ต้องทำการพัฒนาต่อไปอีก เช่น ระบบการควบคุมในโครงการนี้เป็นระบบเปิดทำให้การต่อภาระที่มอเตอร์ทำได้ย่านแคบ ถ้าระบบได้มีการพัฒนาเป็นระบบปิด (closed loop) จะทำให้การต่อภาระที่มอเตอร์สามารถทำได้ย่านกว้างขึ้น



กิติกรรมประกาศ

การที่โครงการนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้น ต้องขอขอบพระคุณ อาจารย์
วิทยา กัญญาสุวรรณเพร เป็นอย่างสูงที่ท่านได้ช่วยให้ข้อเสนอแนะ ที่สำคัญและมีประโยชน์
ตลอดมา และขอขอบพระคุณอาจารย์ทุกๆท่านที่ได้กรุณาให้คำแนะนำ และข้อมูลที่มีประโยชน์
รวมทั้งเพื่อนทุกคนที่ได้ให้ความร่วมมือ คำแนะนำ และกำลังใจที่ติดต่อออกมา และที่ล้ำค่าคือ
เพื่อร่วมโครงการนี้ ที่ได้ช่วยเหลือกัน ร่วมกันแก้ปัญหา และทำงานในส่วนที่แต่ละคนรับ
ผิดชอบ อย่างเต็มที่ และเต็มกำลังความสามารถในการทำโครงการนี้

20 มีนาคม 2535



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- POWER ELECTRONIC FOR THE MICROPROCESSOR AGE

Tekashi Kenjo

Professor in Department of Electrical Engineering
and Power Electronics

University of Industrial Technology

Kanagawa, Japan.

- Protection and Switching-Aid Networks for
Transistor Bridge Inverters

K.S RAJASHEKARA, JOSEPH VITHYATHIL, member, IEEE,

V. RAJAGOPALAN, senior member, IEEE

- PARESH C. SEN, "Electric Motor Drives and Control
Past, Present, and Future"

IEEE Trans. Ind. Electron. Contr. Instrum.,

- ความคุมเครื่องกลไฟฟ้า ด้วยอิเล็กทรอนิกส์กำลัง 1

วิจัย คังฉันทราชนนท์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

- ความคุมเครื่องกลไฟฟ้า ด้วยอิเล็กทรอนิกส์กำลัง 2

วิจัย คังฉันทราชนนท์ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้