

หุ่นยนต์ตัดวัชพืชในสนามกึ่งเปิด
LAWN MOWER ROBOT IN MINEFIELD



เลขที่.....
เลขทะเบียน.....42680
วัน, เดือน, ปี..... 6 ส.ย. 2545

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

ปริญญาโทนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2544

ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง หุ่นยนต์ตัดวัชพืชในสนามกึ่งอัตโนมัติ

LAWN MOWER ROBOT IN MINEFIELD

ผู้จัดทำ

1. นายพิชิต นิ่มนวลผ่อง
2. นายวิรัตน์ มหาสำราญ

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ. ไพศาล สิทธิโยภาสกุล)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อ. นุณย์ชนะ กุระหงษ์)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หุ่นยนต์ตัดวัชพืชในสนามกอล์ฟระเบิด

นายพิชิต นิ่มนวลผ่อง
นายวิรัตน์ มหาสำราญ

ผศ.ไพศาล สติธิโยภาสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
อ.บุญยัชนะ ภูระหงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

โครงการนี้ได้นำเสนอถึงหลักการและวิธีการทำงานของหุ่นยนต์ตัดวัชพืชในสนามกอล์ฟระเบิด โดยใช้มอเตอร์กระแสสลับสองตัวเป็นตัวขับเคลื่อนและมอเตอร์กระแสตรงสองตัวเป็นตัวควบคุมการตัดวัชพืช หุ่นยนต์ตัดวัชพืชในสนามกอล์ฟระเบิดประกอบไปด้วย ส่วนของการบังคับ สามารถควบคุมได้ในระยะไกล โดยการนำวิทยุสื่อสารที่มีการส่งสัญญาณแบบ DTMF มาใช้ในการบังคับและป้อนคำสั่งให้กับตัวหุ่นยนต์ และในส่วนของการเคลื่อนที่ที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เป็นตัวควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LAWN MOWER ROBOT IN MINEFIELD

Mr.Pichit Nimnuanpong

Mr.Wirat Mahasamran

Asst.Prof.Paisan Sittiyopasakol Adviser

Boonchana Purahong Adviser

2001

ABSTRACT

This paper presents the principle of LAWN MOWER ROBOT IN MINEFIELD. This robot was built from two AC motors and two DC motors. AC motors was used to drive and DC motors to control cutting.

The LAWN MOWER ROBOT IN MINEFIELD consists of two parts. First is a radio frequency control circuit that use DTMF to control because it can sent in a long distance. Another one is a microcontroler circuit by using MCS-51.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูปภาพ	จ
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 แนวความคิดและที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	3
2.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	10
2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ	12
2.4 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์	15
บทที่ 3 การออกแบบวงจร	38
3.1 หลักการทำงานของ การสื่อสารไร้สาย	38
3.2 ภาคถอดรหัสสัญญาณ DMF	43
3.3 วงจรควบคุมการกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	48
3.4 วงจรควบคุมการขับเคลื่อนและตัดวัชพืชของหุ่นยนต์	49
บทที่ 4 โครงสร้างและการออกแบบ	50
4.1 ลักษณะโครงสร้าง	50
4.2 คู่มือการใช้งานและการซ่อมบำรุง	56
บทที่ 5 ผลการทดลอง	61
บทที่ 6 บทวิจารณ์และบทสรุป	69
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก ก	
ภาคผนวก ข	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญรูปภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 2.1 แสดงภูมิมือซ้ายของเฟลมมิ่ง	3
รูปที่ 2.2 วงจรเทียบเคียงของแรงดัน ไฟฟ้าด้านกลับ	4
รูปที่ 2.3 แสดงมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย	5
รูปที่ 2.4 แสดงการเกิดสนามแม่เหล็กที่ขดอาร์เมเจอร์	5
รูปที่ 2.5 ซีรีส์มอเตอร์	6
รูปที่ 2.6 ชั้นคัมอเตอร์	7
รูปที่ 2.7 แสดงการกลับทิศทางการหมุนของซีรีส์มอเตอร์ โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสในอาร์เมเจอร์	8
รูปที่ 2.8 แสดงการกลับทิศทางการหมุนของซีรีส์มอเตอร์ โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสในขดซีรีส์ฟิลด์	9
รูปที่ 2.9 แสดงส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ	11
รูปที่ 2.10 แสดง โรเตอร์ชนิดขั้วแม่เหล็กยื่นออกมา	11
รูปที่ 2.11 แสดงวงจรของคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์	12
รูปที่ 2.12 แสดงเวกเตอร์ของกระแสไฟฟ้า	13
รูปที่ 2.13 แสดงคุณลักษณะของมอเตอร์ชนิดค่าเดียว	14
รูปที่ 2.14 แสดงวงจรการกลับทิศทางการหมุนของคาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ค่าเดียว	14
รูปที่ 2.15 แสดงการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 DIP40	16
รูปที่ 2.16 (ก) แสดงตัวอย่างการต่อสัญญาณนาฬิกาโดยตรงจากภายนอก (ข) แสดงการใช้ X-TAL ในการเกิดสัญญาณนาฬิกาให้กับ MCU	19
รูปที่ 2.17 วงจรรีเซ็ตอัตโนมัติ	20
รูปที่ 2.18 วงจรรีเซ็ตอัตโนมัติพร้อม Switch รีเซ็ต	21
รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะการจัดขา 8255 PPI	22
รูปที่ 2.20 แสดงลักษณะการจัด Control Word	23
รูปที่ 2.21 แสดงลักษณะการจัดตำแหน่งการใช้งานหน่วยความจำของ MCS-51	25
รูปที่ 2.22 แสดงการจัดตำแหน่งหน่วยความจำข้อมูลภายใน MCS-51	27
รูปที่ 2.23 แสดงอินเตอร์เฟส MCS กับหน่วยความจำภายนอก	28
รูปที่ 2.24 แสดงการใช้งานหน่วยความจำภายในตัว MCU	29
รูปที่ 2.25 แสดงการอินเตอร์เฟส MUC, 8255 PPI, EPROM ภายนอก	31
รูปที่ 2.26 แสดงการอินเตอร์เฟส MCU,8255,EPROM ภายในรูปแบบที่ 1	32
รูปที่ 2.27 แสดงการอินเตอร์เฟส MCU,8255,EPROM ภายในรูปแบบที่ 2	33
รูปที่ 2.28 แสดงการอินเตอร์เฟส MUC,8255,EPROM ภายในรูปแบบที่ 3	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้าที่
รูปที่ 2.29 แสดงการอินเตอร์เฟส MCU กับ LCD โดยตรง	35
รูปที่ 2.30 แสดงการต่อใช้งาน Key Switch ร่วมกับ MCS-51	36
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงองค์ประกอบโดยทั่วไปของการสื่อสารทุกประเภท	38
รูปที่ 3.2 แสดงขาไอซีเบอร์ MT 8880C	44
รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างภายในของไอซีเบอร์ MT8880C	45
รูปที่ 3.4 แสดงการออกแบบวงจรควบคุมการกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	48
รูปที่ 3.5 แสดงวงจรควบคุมการขับเคลื่อนและตัดวัชพีชของหุ่นยนต์	49
รูปที่ 4.1 โครงสร้างตัวรถโดยรวม	50
รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะล้อตีนตะขาบ	51
รูปที่ 4.3 แสดงเฟืองก่อนเจาะและเฟืองหลังเจาะ	51
รูปที่ 4.4 แสดงขนาดของโซ่	52
รูปที่ 4.5 แสดงตัวตีนตะขาบ	52
รูปที่ 4.6 แสดงตีนตะขาบ	53
รูปที่ 4.7 แสดงมอเตอร์ เลื่อนขึ้น-ลง และถ่ายซ้าย-ขวา	53
รูปที่ 4.8 แสดงการเลี้ยวของรถ	54
รูปที่ 4.9 แสดงชุดขับเคลื่อน	54
รูปที่ 4.10 แสดงชุดขับเคลื่อนที่ติดตั้งแล้ว	55
รูปที่ 4.11 แสดงชุดปรับตั้งโซ่	55
รูปที่ 4.12 แสดงระบบคอมมิวเตเตอร์ที่ถูกต้อง	57
รูปที่ 4.13 แสดงลักษณะการเกิดไฟรั่ว	58
รูปที่ 4.14 แสดงการใช้เมกเกอร์ โอห์มตรวจการรั่วสวดินการหล่อลื่น	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้าที่
ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	17
ตารางที่ 2.2 ตารางความจริงของ 8255	23
ตารางที่ 2.3 แสดงเบอร์ IC EPROM และ EPROM	26
ตารางที่ 2.4 แสดงบิตควบคุมแรม RS1 , RS2	30
ตารางที่ 2.5 แสดงการจัด Memory Map ของ วงจรที่ 2.25	32
ตารางที่ 2.6 แสดงการจัด Memory Map ของ วงจรที่ 2.26	33
ตารางที่ 2.7 แสดงการจัด Memory Map ของ วงจรที่ 2.27	33
ตารางที่ 2.8 แสดงการจัด Memory Map ของ วงจรที่ 2.28	34
ตารางที่ 3.1 แสดงค่าประจำตำแหน่งของวิทยุสื่อสารชนิดคดปุ่มแบบ DTMF	43
ตารางที่ 3.2 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ	46
ตารางที่ 4.1 แสดงการใช้งานของชุดเครื่องส่ง DTMF	56
ตารางที่ 4.2 แสดงการตรวจอาการเสียเบื้องต้น	59
ตารางที่ 4.3 แสดงการตรวจเช็คและซ่อมบำรุง	60



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 แนวความคิดและที่มาของโครงการ

ในปัจจุบันตลอดแนวชายแดนประเทศไทยกับประเทศเพื่อนบ้านมีระยะทางรวมหลายร้อยกิโลเมตรซึ่งในพื้นที่เหล่านี้มีจำนวนกับระเบิดที่ยังไม่ได้ทำการกู้ก็หลายร้อยตารางกิโลเมตร พื้นที่เหล่านี้ได้มีประชาชนอาศัยอยู่บ้าง และกับระเบิดมีอันตรายต่อประชาชน ได้ทำอันตรายให้กับประชาชนทำให้ประชาชนได้รับบาดเจ็บ แขนขาดบ้าง ขาขาดบ้าง เสียชีวิตบ้าง และจำนวนเจ้าหน้าที่ที่ทำการกู้ก็กับระเบิดก็มีจำนวนไม่เพียงพอ ในการกู้ก็กับระเบิดแต่ละครั้งใช้เวลานานมาก รวมทั้งพื้นที่เหล่านั้นก็เป็นที่ยากแก่เจ้าหน้าที่ที่จะเข้าไปทำการกู้ก็กับระเบิด

ด้วยเหตุผลดังกล่าว จึงได้มีแนวความคิดที่จะสร้างหุ่นยนต์ตัดควัซพีชในสนามกู้ก็กับระเบิดขึ้น เพื่อจะเป็นตัวตัดควัซพีชก่อนที่เจ้าหน้าที่จะไปทำการกู้ก็กับระเบิด ทำให้เกิดความสะดวกแก่เจ้าหน้าที่ในการปฏิบัติงาน กล่าวคือ เจ้าหน้าที่ที่จะทำการบังคับหุ่นยนต์ให้ตัดควัซพีชในพื้นที่ที่มีควัซพีชหนาแน่นก่อน หลังจากนั้น ก็ทำการส่งเจ้าหน้าที่เข้าไปทำการกู้ก็กับระเบิดเป็นขั้นตอนต่อไป

ในโครงการนี้จึงได้คิดค้นและออกแบบ หุ่นยนต์ตัดควัซพีชในสนามกู้ก็กับระเบิดขึ้น โดยใช้วิทยุสื่อสารทางทหารระบบ DTMF ในการสั่งงาน ตัวหุ่นยนต์ซึ่งจะใช้ได้ก็เพราะสามารถสั่งงานได้ในระยะไกล ส่วนตัวรถใช้อุปกรณ์ป้องกันการระเบิดคือ เทปเปรา (Tapera) ซึ่งสามารถป้องกันตัวรถและอุปกรณ์ภายในตัวรถเสียหายได้ในระดับหนึ่ง ส่วนของการควบคุม จะใช้มอเตอร์ AC สองตัวในการขับเคลื่อนและอีกหนึ่งตัวในการหมุนใบตัด มีมอเตอร์ DC สองตัวใช้ในการเคลื่อนที่ของตัวใบตัดขึ้น-ลง และสายซ้าย-ขวา ตัวรถออกแบบเป็นตีนตะขาเพื่อการทรงตัว และเคลื่อนที่ได้ดีในพื้นที่กรวด และเป็นดินโคลนและพยายามออกแบบให้เล็ก สามารถนำไปใช้งานได้จริง ซึ่งรายละเอียดเนื้อหาต่างๆ ของปริญาพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วย

บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เช่น ทฤษฎีมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทฤษฎีเกี่ยวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ (Generator) ที่ใช้ในโครงการ

บทที่ 3 จะกล่าวถึงทฤษฎีและรายละเอียดและการออกแบบของภาครับและแปลงสัญญาณ DTMF วงจรกลับทางหมุนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ โดยใช้ Relay และ Magnetic เป็นตัวควบคุม

บทที่ 4 จะอธิบายถึงโครงสร้างรถที่ได้จัดทำขึ้นเองทั้งหมด และรายละเอียดเกี่ยวกับวัสดุที่ใช้ในโครงการ และคู่มือการใช้งานพร้อมทั้งการซ่อมบำรุง

บทที่ 5 จะเป็นการกล่าวถึงการทดลองส่งสัญญาณ DTMF ที่ใช้ในการควบคุม การเคลื่อนที่ของตัวหุ่นยนต์ พร้อมทั้งผลการทดลองที่ได้ทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 จะเป็นบทสรุปของโครงการทั้งหมด ปัญหาที่พบในการทำงานและการทดลอง ข้อเสนอแนะในการพัฒนาต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำโครงการ

1. เป็นการศึกษาการสร้าง และการออกแบบหุ่นยนต์ตัดวัชพืชในสนามกอล์ฟระยะเบ็ด ที่สามารถควบคุมผ่านเครื่องส่งวิทยุ ระบบ DTMF
2. สามารถนำเอาหุ่นยนต์ตัดวัชพืชในสนามกอล์ฟระยะเบ็ด ไปเป็นต้นแบบใบการสร้างหุ่นยนต์ตัวต่อไปได้ในอนาคต

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. เมื่อมีการสั่งงานที่เป็นของเครื่องส่งวิทยุสื่อสารระบบ DTMF หุ่นยนต์จะสามารถเคลื่อนที่ และปฏิบัติตามคำสั่งที่ได้ทำการสั่งงานที่เป็นของเครื่องส่งวิทยุ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

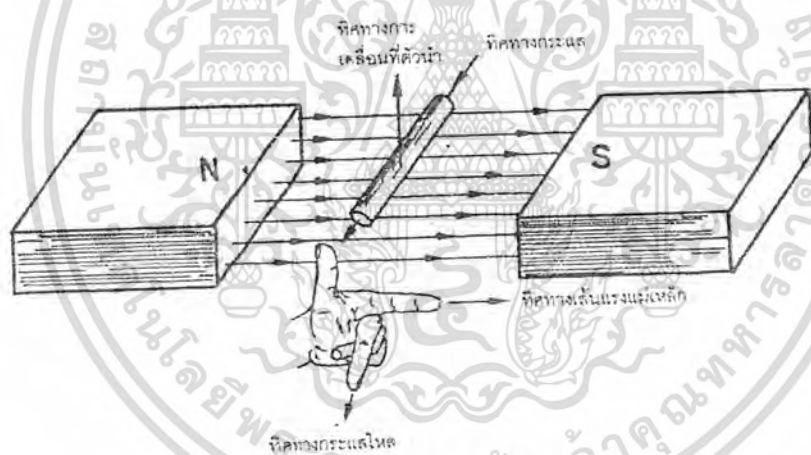
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1. หลักการทำงานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เมื่อมีลวดตัวนำหมุนตัดกับสนามแม่เหล็กจะทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในลวดตัวนำนั้น และทิศทางการไหลของกระแสในลวดตัวนำจะไหลในทิศทางที่ต้านการหมุนของขดลวดตัวนำนั้น

ถ้าทราบทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าก็จะพบความสัมพันธ์ดังนี้คือ ถ้าทราบทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก ทิศทางการไหลของกระแสในตัวนำ จะทำให้ทราบทิศทางการหมุนของขดลวดตัวนำได้ การค้นพบนี้เรียกว่ากฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง ความสัมพันธ์สามารถหาได้โดยการใช้มือซ้าย นิ้วหัวแม่มือ นิ้วชี้ และนิ้วกลางให้ตั้งฉากซึ่งกันและกัน ให้นิ้วหัวแม่มือชี้ทิศทางการเคลื่อนที่ของตัวนำ นิ้วชี้ชี้ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กและนิ้วกลางชี้ทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในตัวนำดังรูป



รูปที่ 2.1 แสดงกฎมือซ้ายของเฟลมมิ่ง

แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะเกิดขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามกับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายจากภายนอกเข้าไปในลวดตัวนำ หรือเมื่อพิจารณาโดยใช้กฎมือขวาสำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า และกฎมือซ้ายสำหรับมอเตอร์แล้ว จะเห็นว่าแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นในลวดตัวนำจะมีทิศทางตรงกันข้ามกับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ แรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า แรงดันไฟฟ้าต่อต้านหรือแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ (counter e.m.f. or back e.m.f.) ใช้สัญลักษณ์ E_c ซึ่งมันจะเกิดขึ้นในลวดอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์เสมอ

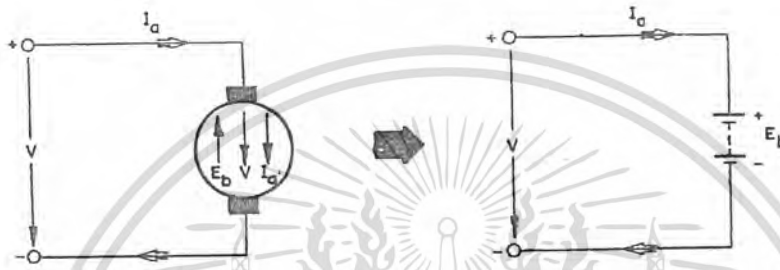
ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าที่มีผลต่อการใช้งานจริงในอาร์เมเจอร์ของมอเตอร์จึงมีค่าเท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ลดด้วยแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ เขียนเป็นสมการได้คือ

$$I_a R_a = V - E_b$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในห้องกรรณเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

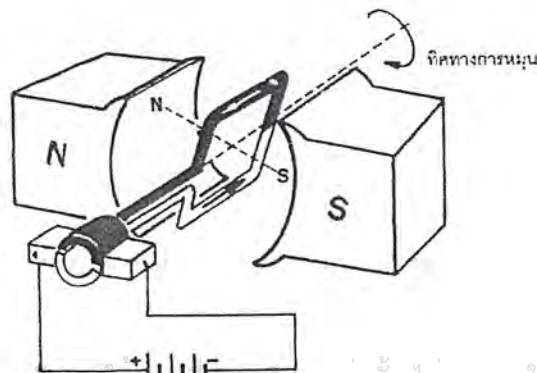
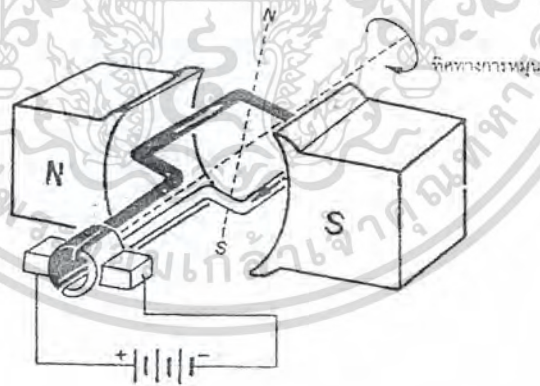
- เมื่อ E_b = แรงดันไฟฟ้าต้านกลับ
 V = แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์
 I_a = กระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์
 R_a = ความต้านทานของขดลวดอาร์เมเจอร์

ค่าของแรงดันไฟฟ้าต้านกลับนี้มีค่าไม่เท่ากับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ แรงดันไฟฟ้าต้านกลับที่เกิดขึ้นสามารถเขียนเปรียบเทียบได้เหมือนกับในอาร์เมเจอร์นั้นมีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงซ่อนอยู่ และจ่ายไฟออกมาตรงกันข้ามกับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไปดังรูป

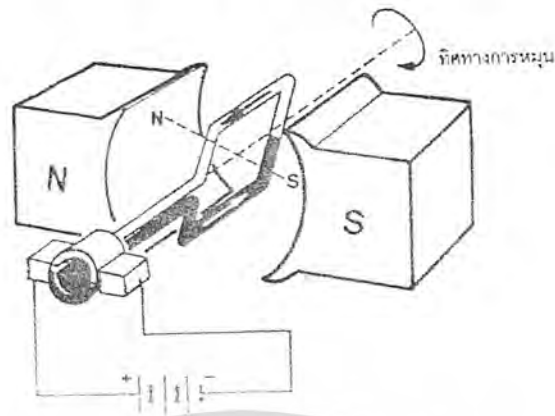


รูปที่ 2.2 วงจรเทียบเคียงของแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ

จากรูป เป็นมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย ซึ่งประกอบด้วยขดลวดที่วางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็ก โดยปลายของขดลวดทั้งสองต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์ด้านละซี่ ซึ่งจะมีแปรงถ่านต่อไว้และแปรงถ่านทั้งสองต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากภายนอก

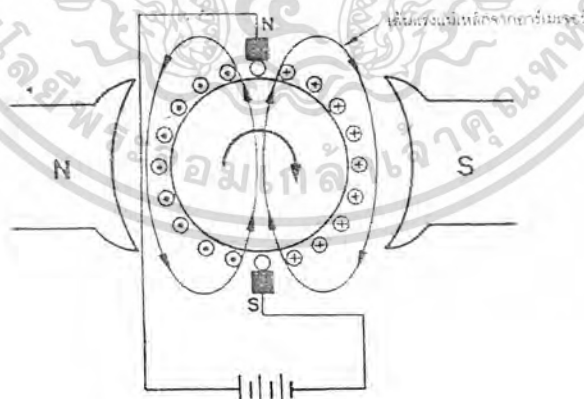


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการเชิงพาณิชย์ การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงอย่างง่าย

แต่ถ้าอาร์มเจอร์ที่ใช้ขดลวดหลายขด แต่ละขดก็จะเกิดปฏิกิริยาเช่นเดียวกันกับขดลวด 1 ขด ในขณะที่ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กซึ่งจะมีขั้วค้ำแสดงในรูป ขั้วเหนือของสนามแม่เหล็กที่ขดลวดอาร์มเจอร์จะคุดเข้าหาขั้วใต้ของขั้วแม่เหล็กจากขั้วแม่เหล็กหลัก แรงดึงดูดกันนี้ทำให้มีแรงผลักหมุนที่อาร์มเจอร์ ทำให้หมุนไปในทิศทางตามเข็มนาฬิกา เกิดแรงบิดที่สม่ำเสมอราบเรียบไม่กระตุก เพราะมีขดลวดหลายๆ ขดที่อยู่ติดกันผลัดกันทำงานทีละขดตามลำดับ การที่มีขดลวดหลายๆ ขดเช่นนี้จึงทำให้เกิดสนามแม่เหล็กที่อาร์มเจอร์ขึ้นค่าหนึ่ง ซึ่งเปรียบเหมือนว่ามีค่าคงที่ หรือสนามแม่เหล็กที่อาร์มเจอร์จะอยู่ในตำแหน่งที่คงที่ในขณะที่อาร์มเจอร์กำลังหมุนอยู่



รูปที่ 2.4 แสดงการเกิดสนามแม่เหล็กที่ขดลวดอาร์มเจอร์

แรงที่กระทำบนขดลวดตัวนำต่อหนึ่งขดในขณะที่มีกระแสไหลผ่านตัวนำนั้นจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนกระแสที่ไหล ความเข้มของสนามแม่เหล็กและความยาวของตัวนำในส่วนที่ตัดผ่านสนามแม่เหล็ก แรงที่เกิดขึ้นนี้ให้สัญลักษณ์ F ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของกรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$F = BLI$$

เมื่อ $F =$ แรงที่กระทำที่ขดลวดตัวนำมีหน่วยเป็นนิวตัน

$B =$ ความหนาแน่นของเส้นแรงแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเวเบอร์ต่อตารางเมตร

$L =$ ความยาวของตัวนำในส่วนที่ผ่านสนามแม่เหล็กมีหน่วยเป็นเมตร

$I =$ กระแสที่ไหลในขดลวดตัวนำมีหน่วยเป็นแอมแปร์

จากสมการจะเห็นว่า ถ้าสนามแม่เหล็กมีค่าคงที่ และความยาวของขดลวดตัวนำมีค่าคงที่ แรงผลักหรือแรงที่กระทำก็จะเป็นส่วนโดยตรงกับกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดตัวนำอย่างเดียว

แรงบิด (TORQUE) แรงบิดที่เกิดขึ้นนี้ใช้สัญลักษณ์ T

$$T = F * R$$

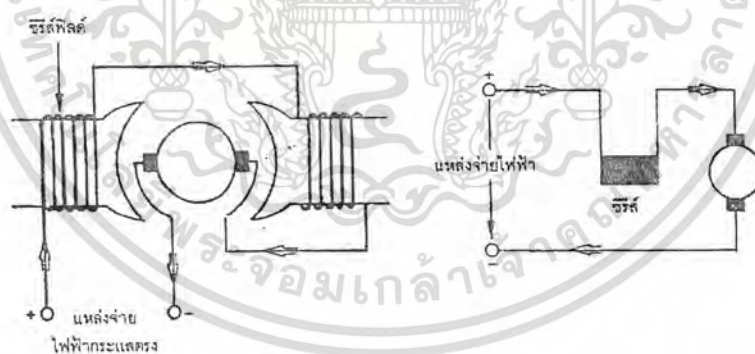
เมื่อ $T =$ แรงบิดที่เกิดขึ้นมีหน่วยวัตต์เป็นนิคตันเมตร

$R =$ ระยะห่างระหว่างจุดศูนย์กลางของเพลากับตัวนำมีหน่วยวัตต์เป็นเมตร

ชนิดของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1. ซีรีส์มอเตอร์

ซีรีส์มอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่มีขดลวดสนามแม่เหล็กพันด้วยลวดเส้นใหญ่ เรียกว่าขดซีรีส์ฟิลด์ และต่ออนุกรมเข้ากับอาร์เมเจอร์คังรูป ขดซีรีส์ฟิลด์จะมีความต้านทานต่ำ

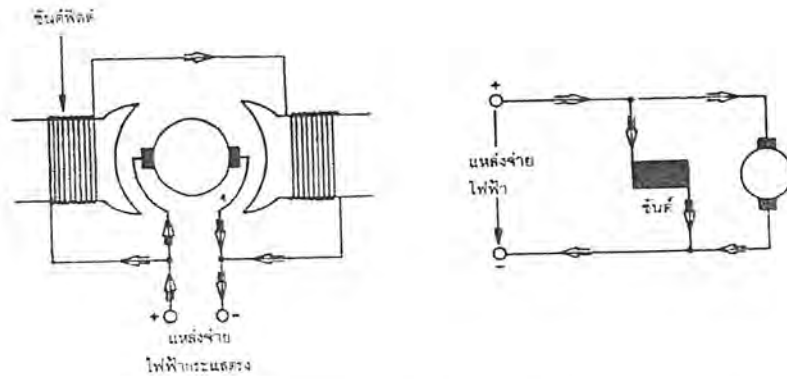


รูปที่ 2.5 ซีรีส์มอเตอร์

2. ชันต์มอเตอร์

ชันต์มอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่มีขดลวดสนามแม่เหล็กพันด้วยลวดเส้นเล็ก เรียกว่าขดชันต์ฟิลด์ขดลวดนี้ต่อขนานอยู่กับอาร์เมเจอร์คังรูป ขดชันต์ฟิลด์จะมีความต้านทานสูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 ชั้้นต์มอเตอร์

3. คอมพิวเตอร์มอเตอร์

คอมพิวเตอร์มอเตอร์ เป็นมอเตอร์ที่มีขั้วลวดสนามแม่เหล็ก 2 ขั้วพันอยู่บนขั้วแม่เหล็กอันเดียวกัน โดยขั้วแรกคือขั้วขั้วที่ผลิตซึ่งจะพันไว้ด้านในสุดของขั้วแม่เหล็ก ส่วนขั้วที่สองคือขั้วขั้วที่ผลิตจะพันไว้ด้านนอกเป็นลวดเส้นใหญ่และมีจำนวนรอบเพียงเล็กน้อย

คุณลักษณะและการนำไปใช้งานของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

1. ซีรีส์มอเตอร์

มอเตอร์ชนิดนี้ขณะได้รับโหลดมาก ๆ มอเตอร์จะหมุนช้า แต่ในขณะที่มอเตอร์มีโหลดน้อยๆ ความเร็วของมอเตอร์จะสูง ๆ แต่ถ้าไม่มีโหลดเลยมอเตอร์จะมีความเร็วสูงมากจนเกิดเป็นอันตราย เพราะในขณะที่มีโหลดน้อยหรือไม่มีโหลดเลยกระแสจะไหลผ่านขั้วซีรีส์ที่ผลิตน้อยมาก ดังนั้นซีรีส์มอเตอร์จึงต้องต่ออยู่กับโหลดเสมอ และห้ามใช้งานโดยไม่มีโหลด ซีรีส์มอเตอร์จะต้องไม่นำไปใช้กับขั้วสายพานใด ๆ เลย เพราะบางครั้งอาจเผลอปลดเอาสายพานออกไปโดยไม่ได้ตั้งใจมอเตอร์ก็จะมีความเร็วสูงมาก และมอเตอร์อาจจะชำรุดเสียหายได้ ซีรีส์มอเตอร์จะใช้กับเครื่องที่ต้องการแรงบิดสูง

2. ชั้้นต์มอเตอร์

ชั้้นต์มอเตอร์ เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับมอเตอร์คงที่ จะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กคงที่ ในขณะที่ไม่มีโหลดมอเตอร์จะใช้กระแสเพียงเล็กน้อยเพื่อเอาชนะความเสียด แต่เมื่อมอเตอร์มีโหลดกระแสในอาร์เมเจอร์จะสูงขึ้น แต่ความเร็วจะลดลงเล็กน้อย กระแสในอาร์เมเจอร์จะเปลี่ยนแปลงตามโหลดคือ โหลดมากกระแสจะสูง ถ้าลดโหลดลงกระแสจะลดลงซึ่งหาได้จากสมการคือ

$$E_b = V - I_a R_a$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

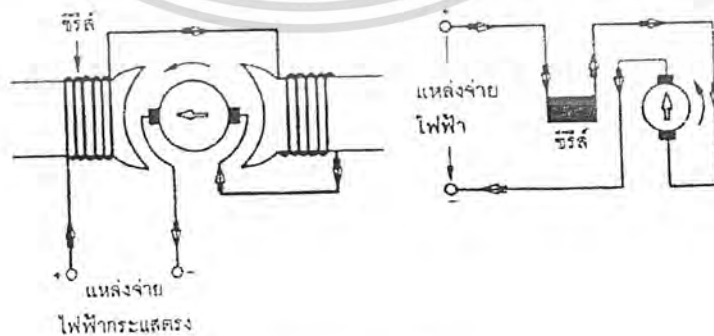
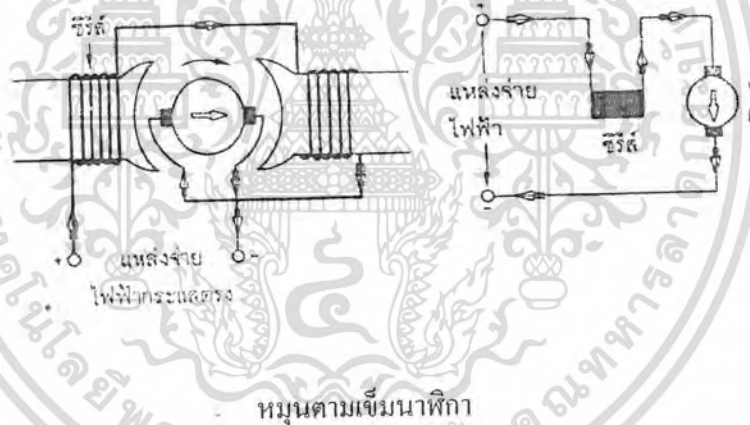
$$I_a = [V - E_b] / R_a$$

วิธีกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงนั้นขึ้นอยู่กับทิศทางของสนามแม่เหล็กที่ขดลวดฟิลด์คอยล์และทิศทางของกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์ ในขณะที่มีกระแสไหลผ่านตัวนำจะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นรอบ ๆ ตัวนำนั้น

โดยปกติแล้วมอเตอร์จะต้องหมุนในทิศทางใดทิศทางหนึ่ง แต่ด้วยเหตุบางประการจำเป็นต้องกลับทิศทางการหมุนบ้างเป็นครั้งคราวและสามารถทำได้ง่าย ๆ ก็โดยการกลับขั้วของอาร์เมเจอร์หรือขั้วของขดลวดฟิลด์คอยล์เพียงอย่างใดอย่างหนึ่ง

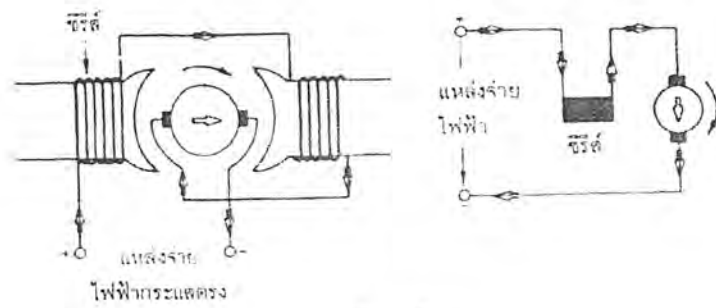
การกลับทิศทางการหมุนของซีรื้สมอเตอร์โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสที่ไหลในอาร์เมเจอร์แสดงดังรูป ส่วนการกลับทิศทางการหมุนโดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสในขดลวดฟิลด์คอยล์แสดงดังรูป



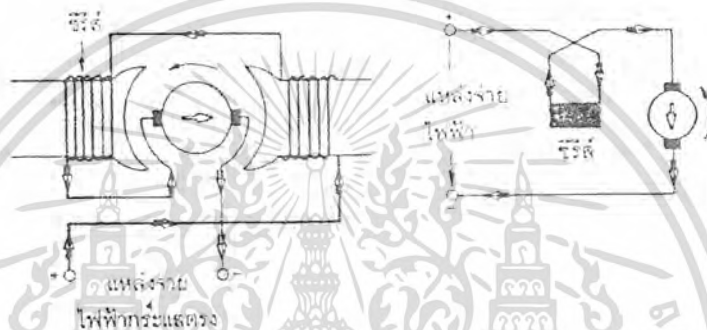
หมุนทวนเข็มนาฬิกา

รูปที่ 2.7 แสดงการกลับทิศทางการหมุนของซีรื้สมอเตอร์ โดยการกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หมุนตามเข็มนาฬิกา



หมุนทวนเข็มนาฬิกา

รูปที่ 2.8 แสดงการกลับทิศทางการหมุนของซิริสมอเตอร์

โดยการกลับทิศทางการไหลของกระแสในขดลวดซิริสฟิลด์

การกลับทิศทางการหมุนของซิริสมอเตอร์ก็สามารถทำได้เช่นเดียวกันกับการกลับทิศทางการหมุนของซิริสมอเตอร์

การควบคุมความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ความเร็วของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเป็นสัดส่วน โดยตรงกับแรงดันไฟฟ้าต้านกลับ และเป็นส่วนกลับกับเส้นแรงแม่เหล็ก

จาก $N = K [E_b / \Phi]$

แต่ $K = 60A/ZP = \text{ค่าคงที่}$

ดังนั้นจะได้ $N = [60A/ZP] * [E_b / \Phi]$

จากสมการจะเห็นว่าความเร็วรอบของมอเตอร์จะเพิ่มขึ้นเมื่อเส้นแรงแม่เหล็กลดลง หรืออาจเพิ่มแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ก็ได้ ในทางปฏิบัตินั้นการควบคุมความเร็วนั้นจะนิยมใช้การควบคุมเส้นแรงแม่เหล็ก โดยการควบคุมกระแสที่ไหลผ่านขดลวดฟิลด์คอยล์ โดยการนำความต้านทานชนิดปรับค่าได้เรียกว่ารีโอสแตตมาต่อเข้าวงจรฟิลด์คอยล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับนั้น ใช้หลักการพื้นฐานเช่นเดียวกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงคือใช้หลักการของการเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งประกอบด้วยขดลวดอาร์เมเจอร์ และขดลวดสนามแม่เหล็ก แต่มีข้อแตกต่างจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง คือในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงนั้นอาร์เมเจอร์หมุนและสนามแม่เหล็กอยู่กับที่ ส่วนเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับนั้น ตรงกันข้ามกับเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง การออกแบบต่างๆ ไปนั้นขดลวดอาร์เมเจอร์จะอยู่กับที่เรียกว่า สเตเตอร์ และขดลวดสนามแม่เหล็กหมุน เรียกว่า โรเตอร์

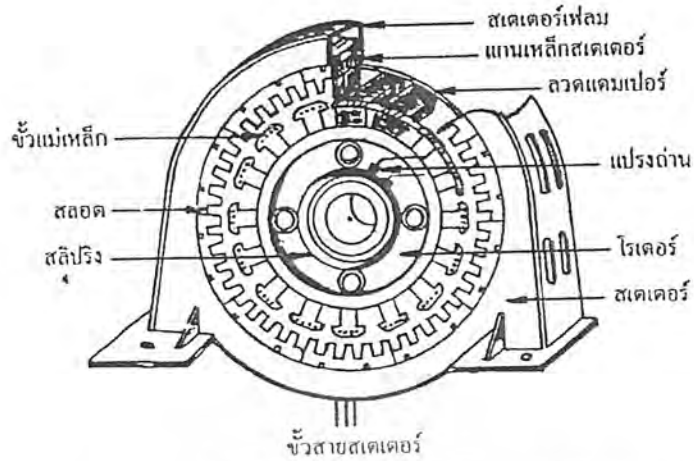
เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับแบบขดลวดอาร์เมเจอร์อยู่กับที่ หรือแบบสนามแม่เหล็กหมุน บางครั้งจะเรียกว่า ชนิดสนามแม่เหล็กหมุนและมีข้อดีดังนี้

1. กระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกสามารถต่อออกโดยตรงจากขั้วสายของสเตเตอร์ ไปยังโหลดไม่ต้องผ่านแปรงถ่าน
2. สามารถใช้ลวดเส้นโต และพันได้มากรอบ
3. ใช้แปรงถ่าน และสลีปริ่งสำหรับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง เพื่อจ่ายให้กับวงจรขดลวดสนามแม่เหล็ก
4. ขดลวดอาร์เมเจอร์สามารถที่จะยึดให้แข็งแรงได้ง่ายเพราะไม่ต้องค้ำนึ่งแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางเนื่องจากการหมุน

ส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับชนิดอาร์เมเจอร์อยู่กับที่

สเตเตอร์เฟลม

ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงนั้น สเตเตอร์เฟลมหรือเปลือกนั้นจะใช้เป็นทางเดินของเส้นแรงแม่เหล็ก จะทำหน้าที่ยึดแกนเหล็กที่บรรจุขดลวดอาร์เมเจอร์ ซึ่งสเตเตอร์เฟลมนี้อาจมีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่ และเป็นเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีความเร็วรอบต่ำ ที่สเตเตอร์เฟลมนี้ออกแบบให้มีช่องว่างสำหรับช่วยระบายความร้อน

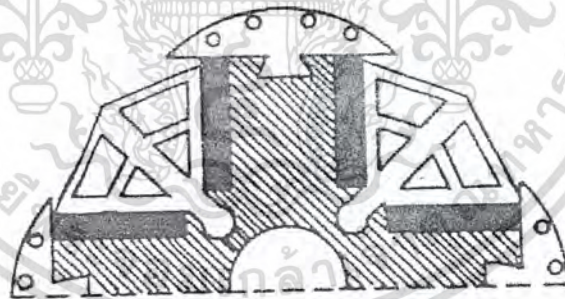


รูปที่ 2.9 แสดงส่วนประกอบของเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ

แกนเหล็กสเตเตอร์ แกนเหล็กอาร์เมเจอร์ และแกนเหล็กสเตเตอร์ที่ทำมาจากแผ่นเหล็กบาง ๆ ที่มีคุณสมบัติพิเศษต่อการเป็นแม่เหล็กมาอัดซ้อนเข้าด้วยกัน แผ่นเหล็กแต่ละแผ่นจะต้องเคลือบไว้ด้วยฉนวน และต้องยอมให้มีอากาศผ่านได้ เพื่อช่วยในการระบายความร้อน

1. โรเตอร์

ชนิดที่มีขั้วแม่เหล็กยื่นออกมา นิยมใช้กับเครื่องกำเนิดไฟฟ้าที่มีความเร็วรอบต่ำและความเร็วปานกลาง ขั้วแม่เหล็กที่ยื่นออกมาจะมีขนาดใหญ่ดังรูป



รูปที่ 2.10 แสดงโรเตอร์ชนิดขั้วแม่เหล็กยื่นออกมา

ชนิดขั้วแม่เหล็กเรียบ ส่วนมากจะใช้กับเครื่องเทอร์ไบน์ ซึ่งเป็นเครื่องที่หมุนด้วยตัวต้นกำลังขับเคลื่อนที่มีความเร็วรอบสูง

ความเร็วรอบและความถี่

ในเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับนั้น ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นนั้นจะมีความสัมพันธ์กับความเร็วรอบในการหมุนของโรเตอร์ และจำนวนขั้วแม่เหล็ก ไซเคิลของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำ คือการที่ตัวนำเคลื่อนที่ผ่านขั้วแม่เหล็ก 1 คู่ขั้วแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำในตัวนำที่อาร์เมเจอร์ 1 ไซเคิลก็เช่นเดียวกัน คือจะต้องผ่านขั้วแม่เหล็ก 2 ขั้ว

P = จำนวนขั้วแม่เหล็กทั้งหมด

N = ความเร็วรอบของการหมุนของโรเตอร์ เป็น รอบ/นาที

F = ความถี่ของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้น

เมื่อ 1 ไซเคิล คือ ตัวนำหมุนผ่านขั้วแม่เหล็ก 1 คู่ขั้ว ดังนั้นจำนวนไซเคิลของแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำเมื่อโรเตอร์หมุน 1 รอบ จะมีค่าเท่ากับจำนวนคู่ขั้วแม่เหล็ก

$$\text{จำนวนไซเคิล / รอบการหมุน} = P/2$$

$$\text{รอบการหมุน / วินาที} = N/60$$

$$f = [P/2] * [N/60]$$

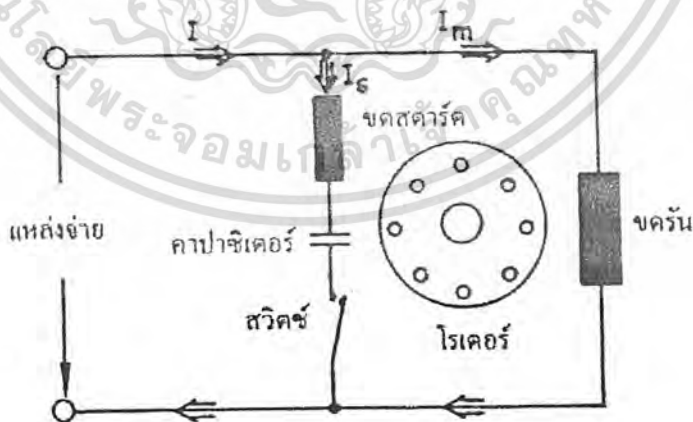
$$= PN/120 \text{ Hz}$$

2.3 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ

มอเตอร์เหนี่ยวนำเฟสเดียว

คาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ (Capacitor Start Motor)

ในมอเตอร์เหนี่ยวนำนั้นกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดและขดสตาร์ทจะต้องมีความต่างเฟสกัน คือ I_M กับ I_S ซึ่งสามารถทำได้โดยการต่อคาปาซิเตอร์อนุกรมเข้ากับขดลวดขดสตาร์ทคั้งรูปคาปาซิเตอร์ที่ใช้กับมอเตอร์ชนิดนี้โดยทั่วไปจะเป็นชนิดอิเล็กโทรไลต์ ซึ่งคาปาซิเตอร์จะติดตั้งอยู่ที่ด้านนอกของตัวมอเตอร์

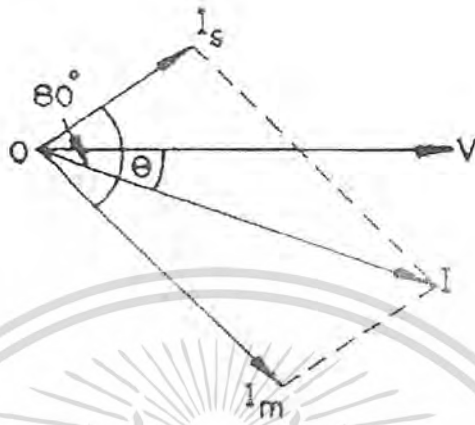


รูปที่ 2.11 แสดงวงจรของคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์

คาปาซิเตอร์ที่นำมาตอนนี้จะถูกออกแบบให้ทำงานในช่วงสั้น ๆ คือประมาณ 3 วินาที เมื่อมอเตอร์มีความเร็วถึง 75 เปอร์เซ็นต์ของความเร็วสูงสุดแล้วสวิทช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจะเปิดวงจรของขดลวดขด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สตาร์ทออก และคาปาซิเตอร์จะหลุดตัดออกจากแหล่งจ่ายด้วย ดังนั้นจะยังคงเหลือขดลวดชุดรันต่ออยู่กับแหล่งจ่ายเพียงชุดเดียว คาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ในขณะที่เริ่มหมุนนั้นสามารถเขียนเวกเตอร์ของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในมอเตอร์ได้ดังรูป



รูปที่ 2.12 แสดงเวกเตอร์ของกระแสไฟฟ้า

จากรูปเป็นการแสดงเวกเตอร์ของกระแสไฟฟ้าที่ไหลในคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ขณะเริ่มหมุน โดยให้ I_M เป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดลวดรันซึ่งจะล่าหลังแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายเข้าไปเป็นมุมแกก ส่วน I_S เป็นกระแสไฟฟ้าที่ไหลในขดสตาร์ทซึ่งจะนำหน้าแรงดันไฟฟ้า V โดยกระแสไฟฟ้าทั้งสองจะต่างเฟสกันอยู่ประมาณ 80 องศา ดังนั้น ผลรวมของกระแสไฟฟ้าทั้งสองคือ I ก็จะต่างเฟสกับ V เป็นมุมน้อยมาก คือมุม θ ดังรูป ในขณะที่เดียวกันแรงบิดที่เกิดขึ้นขณะเริ่มหมุนในคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์นี้จะมีค่าสูงประมาณ 2 เท่าของแรงบิดขณะเริ่มหมุนของสปลิตเฟสมอเตอร์และนอกจากนี้ยังสามารถออกแบบให้เกิดแรงบิดขณะเริ่มหมุนสูง 350-450 %

คาปาซิเตอร์สตาร์ทและรันมอเตอร์

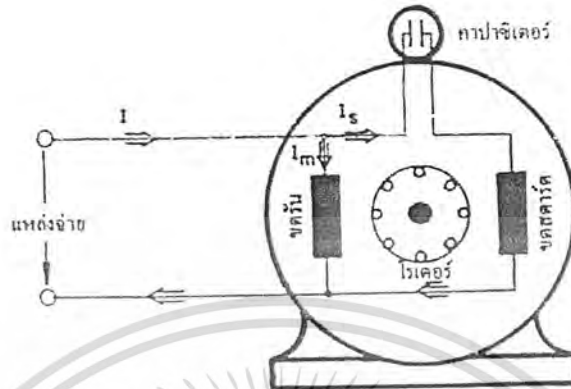
มอเตอร์ชนิดนี้เหมือนกับคาปาซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ โดยจะมีคาปาซิเตอร์ต่ออนุกรมอยู่กับขดลวดชุดสตาร์ทตลอดเวลา ข้อดีของการที่ต่อคาปาซิเตอร์ไว้อย่างถาวรนี้เพื่อ

- เป็นการปรับหรือช่วยให้มอเตอร์ทำงานเกินกว่าโหลดปกติ
- เกิดเพาเวอร์แฟกเตอร์ที่สูงกว่า
- เกิดประสิทธิภาพสูงกว่า
- ขณะที่มอเตอร์หมุนอยู่จะเงียบ

คาปาซิเตอร์รันมอเตอร์ชนิดค่าเดียว

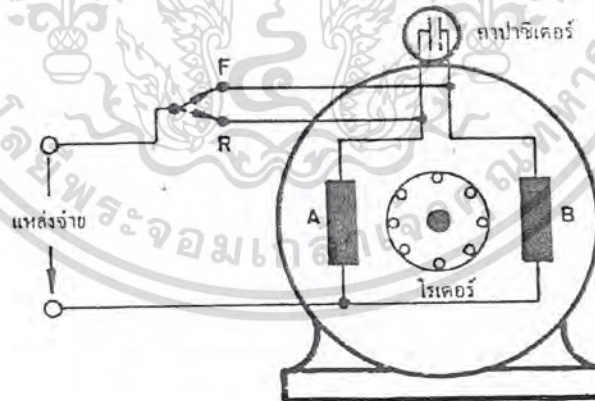
มอเตอร์ชนิดนี้จะมีขดลวดและขดสตาร์ทอย่างละชุด โดยขดลวดสตาร์ทจะมีคาปาซิเตอร์ต่ออนุกรมอยู่ คาปาซิเตอร์จะต่ออยู่กับวงจรขดลวดชุดสตาร์ทตลอดเวลา และจะไม่มีสวิตช์แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง คาปาซิเตอร์นี้จะทำหน้าที่ทั้งสตาร์ตและรันต่อเนื่องกันไป ขนาดความจุของคาปาซิเตอร์ที่ใช้จะมีค่าเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 2-20 ไมโครฟารัด ซึ่งเป็นแบบน้ำมัน หรือแบบกระดาษ มอเตอร์ชนิดนี้นิยมใช้กับงานที่ต้องการแรงบิดขณะเริ่มหมุนต่ำ ได้แก่ พัดลม โบลว์เวอร์ คุณสมบัติของมอเตอร์แสดงดังรูป



รูปที่ 2.13 แสดงคุณลักษณะของมอเตอร์ชนิดค่าเดียว

คาปาซิเตอร์ในมอเตอร์ชนิดค่าเดียวนี้สามารถที่จะทำให้กลับทางหมุนได้ง่าย ด้วยการ ใช้สวิตช์จากภายนอก แต่ขดรีนและขดสตาร์ทจะร้องพันด้วยลวดขนาดเดียวกัน โดยมันจะผลัดกันทำหน้าที่เป็นขดรีนและขดสตาร์ท เมื่อต้องการให้หมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาก็ปรับสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง F ขดลวดขุด B จะทำหน้าที่เป็นขดรีน ส่วนขด A จะทำหน้าที่เป็นขดสตาร์ท แต่ถ้าต้องการให้หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา ก็ปรับสวิตช์ไปที่ตำแหน่ง R ขดลวดขุด A จะทำหน้าที่เป็นขดรีน และขดลวดขุด B จะทำหน้าที่เป็นขดสตาร์ท ดังแสดงในรูป



รูปที่ 2.14 แสดงวงจรการกลับทิศทางหมุนของคาปาซิเตอร์เริ่มมอเตอร์ค่าเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ก่อนที่จะทำความรู้จักกับไมโครคอนโทรลเลอร์ เราควรทำความรู้จักกับที่มาและที่ไปของชิปตัวนี้ เพื่อความเข้าใจที่ดีในการกล่าวถึงเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์กันซะก่อนเดิมทีเดียวในงานควบคุมระบบต่าง ๆ ได้นำไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้ในงานควบคุม โดยในการใช้งานนั้นจะต้องมีการต่อกับอุปกรณ์ภายนอก จำพวกพอร์ต I/O หน่วยความจำข้อมูล (RAM) หน่วยความจำโปรแกรม (ROM) ทั้งยังมีชิปจำพวก UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) เพื่อใช้ในการรับส่งข้อมูลจากรูปแบบขนาน (Parallel) ไปเป็นข้อมูลในรูปแบบอนุกรม (Series) สำหรับการส่งชุดข้อมูล และแปลงข้อมูลจากรูปแบบอนุกรมกลับเป็นรูปแบบขนานในขั้นตอนการรับข้อมูล ซึ่งจะเห็นว่ากว่าจะนำไมโครโปรเซสเซอร์ หรือไมโครคอมพิวเตอร์ดังกล่าวมาใช้ในระบบควบคุมโดยเฉพาะนั้น จะค่อนข้างยุ่งยากสิ้นเปลืองอุปกรณ์ร่วมต่าง ๆ เพื่อที่จะให้ครอบคลุมการใช้งานควบคุมที่มีประสิทธิภาพ ฉะนั้นจากปัญหาต่าง ๆ ที่ผ่านมา จึงทำให้มีบริษัทผู้ผลิตชิปไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอมพิวเตอร์ดังกล่าวได้ทำการพัฒนา และผลิตชิปที่มีการรวมคุณสมบัติต่างๆ เอาไว้ครบถ้วนเพื่องานควบคุมโดยเฉพาะ

โดยในชิปจะประกอบไปด้วย ไมโครโปรเซสเซอร์, พอร์ต I/O หน่วยความจำข้อมูลขนาดเล็ก ตลอดจนอาจจะมีพอร์ตใช้งานในการรับส่งข้อมูล (UART) และหน่วยความจำโปรแกรม (ROM) เข้าไปด้วยภายในชิปเพื่อใช้ในระบบควบคุมอย่างเต็มประสิทธิภาพสามารถประยุกต์ใช้งานง่ายและประหยัดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับอุปกรณ์เสริมต่าง ๆ ชิปที่รวมคุณสมบัติต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาข้างต้นนี้จึงถูกเรียกว่า ไมโครคอนโทรลเลอร์ชิปเดี่ยว (Microcontroller Unit ; MCU) นั่นเอง

คุณสมบัติของ MCS-51

1. ใช้เทคโนโลยีขั้นสูงในการสร้าง โดยมีทั้งประเภท HMOS, CMOS และ CHMOS ทำงานด้วยแหล่งจ่ายไฟ +5 Vbc เพียงแหล่งเดียว
2. มีหน่วยประมวลผลขนาน 8 บิต
3. สามารถติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกทั้งหน่วยความจำโปรแกรม และหน่วยความจำข้อมูลได้สูงสุด 64 KByte
4. มีพอร์ต I/O แบบขนานสองทิศทางจำนวน 4 พอร์ต พอร์ตละ 8 บิต รวมทั้งหมดเป็น 32 บิต แต่จะเหลือเพียง 16 บิต สำหรับเบอร์ 8031/8032 เนื่องจากพอร์ต 0 และพอร์ต 2 รวม 16 บิต จะใช้ในการเข้าถึงแอดเดรสและข้อมูลสำหรับติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก
5. พอร์ตใช้งานทุกพอร์ตจะมีลักษณะเป็นแล็ช (Latch) คงสถานะ
6. มีขาพอร์ตที่ใช้สำหรับการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม
7. หนึ่ง Machine cycle จะใช้เวลา 1 ไมโครวินาที โดยใช้ X-TAL 12 MHz
8. สามารถกำหนดการใช้งานพอร์ต I/O ได้ในระดับไบต์หรือบิตได้โดยตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 9. ตัวเลขทางคณิตศาสตร์ใช้ได้ทั้งระบบฐานสอง และฐานสิบหก
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตระกูลของ MCS-51 จะมีทั้งแบบมี EPROM ในตัวหรือไม่มี EPROM ภายใน ซึ่งจะมีตำแหน่งขาที่เหมือนกัน ตารางที่ 1.1 แสดงถึงรายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 89XX ของบริษัท ATMEL และเบอร์ 80C31,80C32ของบริษัท INTEL

ลักษณะการจัดขาภายนอกของ MCS-51

รูปที่ 2.1 แสดงการจัดขาตามลักษณะภายนอกของชิป MCS-51 ซึ่งจะมีการแบ่งกลุ่มการจัดขาของ MCS-51 มีอยู่ 4 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มขาแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง และสัญญาณนาฬิกา
2. กลุ่มขาสำหรับอั่งแอดเดรสและรับส่งข้อมูล
3. กลุ่มขาที่ใช้ในการควบคุม
4. กลุ่มขาพอร์ตการใ้ใช้งานแบบขนานและอนุกรม

พอร์ตใช้งานบางพอร์ตจะทำหน้าที่ได้สองหน้าที่ขึ้นอยู่กับการทำงานด้วยซอฟต์แวร์หรือการติดตั้งทางฮาร์ดแวร์เช่น พอร์ต 0 จะมีหน้าที่ใช้อั่งแอดเดรส และอ่านข้อมูลจาก EPROM ภายนอก หรือจะทำหน้าที่เป็นกลุ่มขาพอร์ตแบบขนาน I/O ปกติในกรณี MCU ตัวนั้นมี EPROM ภายในตัว



รูปที่ 2.15 แสดงการจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 DIP40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงรายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

Features	89C1051	89C2051	80C31	80C32	89C51	89C52	89LV51	89LV52
Flash Memory	1K	2K	-	-	4K	8K	4K	8K
20K	8K							
Ram	64	128	128	256	128	256	128	256
256	256							
EEPROM	-	-	-	-	-	-	-	-
-	2K							
Porgramming	Yes	Yes	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes
Yes	Yes							
Timers/Counters	1	2	2	3	2	3	2	3
3	4							
Serial UART	-	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Yes	Yes							
Power supply	2.7-6.0	2.7-6.0	4.0-6.0	4.0-6.0	4.0-6.0	4.0-6.0	2.7-6.0	2.7-6.0
2.7-6.0	2.7-6.0							
Frequency	0-24	0-24	0-24	0-24	0-24	0-24	0-24	0-24
0-33	0-33							
I/O Pins	15	15	32	32	32	32	32	32
32	32							
External address/ Data bus	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Yes	Yes							
Pin Count	20	20	40/44	40/44	40/44	40/44	40/44	40/44
40/44	40/44							

ขาที่สำคัญของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

1. ขา V_{CC} เป็นขารับแรงดันไฟกระแสตรง +5 Vdc
2. ขา GND เป็นขากกราวด์

3. พอร์ต 0 (Port) มี 8 บิต ได้แก่บิต P0.0 – P0.7 เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเช็ตค่า 1 ไปยังพอร์ตเมื่อต้องการใช้งาน พอร์ตนั้นทั้งพอร์ตเป็นอินพุตถ้าต้องการใช้งานแต่ละบิตของพอร์ตเป็นอินพุตในระดับบิต เพื่อกำหนดให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาพอร์ตหรือแต่ละบิตเหล่านั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย ซึ่งในสถานะนี้เองที่นำมาใช้เป็นพอร์ตอินพุตอิมพีแดนซ์สูงได้ นอกจากพอร์ตนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก (EPEOM, RAM) ได้อีกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (A0 – A7) ซึ่งจะใช้งานเป็นแบบมัลติเพล็กซ์สำหรับการรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิต (D0 – D7)

4. พอร์ต 1 (Port 1) มี 8 บิต ได้แก่บิต P1.0 – P1.7 เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตหรืออินพุตในระดับบิต สามารถกระทำได้โดยวิธีเช่นเดียวกับพอร์ต 0 ข้างต้น

5. พอร์ต 2 (Port 2) มี 8 บิต ได้แก่บิต P2.0 – P2.7 เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตหรืออินพุตในระดับบิต สามารถกระทำได้เช่นเดียวกันกับพอร์ต 0 ข้างต้น เช่นเดียวกันกับพอร์ต 0 นอกจากใช้งานเป็นอินพุตเอาต์พุตแล้ว มันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก (EPROM, RAM) ได้อีกด้วย โดยทำหน้าที่ในการอ้างตำแหน่งแอดเดรสไบต์สูงสุด (A8 – A15)

6. พอร์ต 3 (Port 3) มี 8 บิต ได้แก่บิต P3.0 – P3.7 เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตหรืออินพุตในระดับบิต สามารถกระทำได้เช่นเดียวกันกับพอร์ต 0 ข้างต้น นอกจากจะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วมันยังสามารถใช้งานในหน้าที่พิเศษต่าง ๆ

7. ขารีเซต (RST) ใช้สำหรับการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการรีเซ็ตต้องคงสถานะ high อย่างน้อยนาน 2 Machine cycle ในขณะที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่

8. ขา ALE/PROG เป็นขาสัญญาณเพื่อทำหน้าที่ควบคุมการแล็ช (Latch) ค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (Address Latch Enable) เมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก นอกจากนี้ขาขี้ยังทำหน้าที่เป็นอินพุตรับพัลส์ในการโปรแกรม (Program Pulse Input) ในส่วนของหน่วยความจำ EPROM สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมในเป็น EPROM

9. ขา PSEN (Program Store Enable) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณสไตรบเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก ขาขี้จะส่งสัญญาณสไตรบจำนวน 2 ครั้งในแต่ละ Machine Cycle แต่ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะไม่มี การส่งสัญญาณ แต่อย่างใด

10. ขา EA/Vcc (External access Enable/Vcc) เป็นขาสำหรับการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายในหรือจากภายนอกโดยมีสถานะเป็น 0 และ 1 จะหมายถึงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก และภายในตามลำดับ อย่างไรก็ตามถ้าบิตป้องกัน (Security Bit) ในหน่วยความจำ EPROM ถูกโปรแกรมไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกนอกจากนี้ ขาขี้ยังทำหน้าที่รับแรงดันไฟสำหรับการโปรแกรม (Vcc) ขนาด 10 โวลต์ เพื่อใช้ในระหว่างการโปรแกรมหน่วยความจำโปรแกรม (EPROM) ภายในตัว MCU

11. ขา XTAL1 และขา XTAL2 เป็นขาใช้งานของวงจรอินเวอร์ตติ้งออสซิลเลเตอร์แอมพลิไฟ

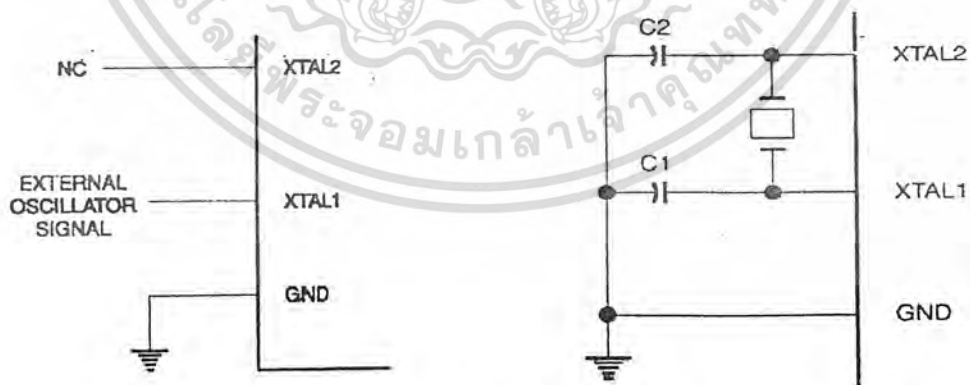
เออร์ (Inverting Oscillator amplifier) สำหรับใช้คู่ร่วมกับคริสตัลภายนอก นำไปใช้ประโยชน์ด้านการคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Machine Cycle

ในการทำงานของ MCU นั้นจะถูกกำหนดความเร็วในการทำงานหรือการประมวลผล ต่าง ๆ ด้วยสัญญาณนาฬิกา (Clock) ที่ป้อนให้กับ MCU ไม่ว่าจะเป็นการต่อสัญญาณนาฬิกาโดยตรง ซึ่งวิธีการนี้จะต้องคำนึงถึงชนิดหรือประเภทของ MCU นั้น ๆ ด้วยว่าเป็น CMOS, CHMOS หรือ HMOS โดยแต่ละชนิดประเภทจะมีการต่อสัญญาณนาฬิกาโดยตรงที่แตกต่างกันไป จากรูปที่ 1.2 (ก) นั้นจะเป็นตัวอย่างการต่อสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกสำหรับ MCU ชนิดประเภท CMOS, CHMOS โดยวิธีการต่อสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกวิธีนี้ออกจะยุ่งยาก และต้องระมัดระวังในการต่อใช้งาน ผู้เขียนจึงขอแนะนำให้ใช้วิธีที่ 2 ดังแสดงในรูปที่ 2.2 (ข) จะเป็นการใช้ X-TAL ในการกำเนิดสัญญาณให้กับ MCU ซึ่งจะมีความแน่นอนและมีวงจรใช้งานที่มีความซับซ้อนน้อยกว่าวิธีแรก แต่ขอให้ผู้อ่านคำนึงถึงการเลือกใช้ความถี่ของ X-TAL ให้เหมาะสมกับประเภทและชนิดของงานด้วย เพราะ X-TAL นั้นยังมีความถี่มากก็จะเป็นตัวกำเนิดสัญญาณรบกวนมากเช่นกัน (การแก้ไขสัญญาณรบกวนในเบื้องต้นนั้นให้ทำการ ชีลด์ (Shield) หรือ คัดตัวถึง X-TAL ลงกราวด์ก็จะแก้ปัญหานี้ได้บ้าง)

สัญญาณนาฬิกาจะเป็นตัวควบคุมการทำงาน การประมวลผลคำสั่งต่าง ๆ ของ MCU โดยการประมวลผลคำสั่งของ MCS-51 จะทำงานเป็นรอบวัฏจักรของภาษาเครื่อง หรือที่เรียกว่า Machine Cycle โดย 1 Machine Cycle จะใช้ช่วงเวลาในการทำงานเท่ากับคาบเวลาของสัญญาณนาฬิกาจำนวน 12 ลูก (12 Oscillatorperiod) จากคุณสมบัติข้างต้นเราสามารถ คำนวณเวลาการทำงานใน 1 Machine Cycle ของ MCS-51 จากความถี่ของ X-TAL ที่เลือกนำมาใช้งานได้สมการ

โดยเมื่อเรารู้ระยะเวลาในการทำงานใน 1 Machine Cycle ของ CPU แล้ว จะช่วยให้สามารถประมาณช่วงเวลาในการทำงานของคำสั่งแต่ละคำสั่งในการเขียนโปรแกรมได้ ซึ่งคำสั่งแต่ละคำสั่งจะถูกกำหนดการทำงานเป็น Machine Cycle เช่นกัน



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

(ก)

(ข)

รูปที่ 2.16 (ก) แสดงตัวอย่างการต่อสัญญาณนาฬิกาโดยตรงจากภายนอก

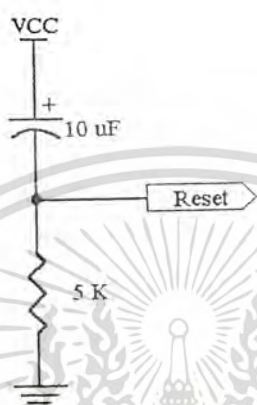
(ข) แสดงการใช้ X-TAL ในการกำเนิดสัญญาณนาฬิกาให้กับ MCU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reset Operation

ในการรีเซ็ต ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นั้นจะต้องทำให้สถานะที่ขา RST ของตัว MCU อยู่ในสถานะ High ที่ค่าเวลาที่เหมาะสมโดยครอบคลุมช่วงเวลา 2 Machine Cycle ของการทำงานเป็นอย่างน้อย (ทำนองว่าเกินได้แต่ต่ำกว่าไม่ได้) แล้วกลับสู่สถานะ Low โดย Timming Diagram ต่าง ๆ การใช้ฉักรณ R, C ในการรีเซ็ต MCU

วิธี R,C Reset

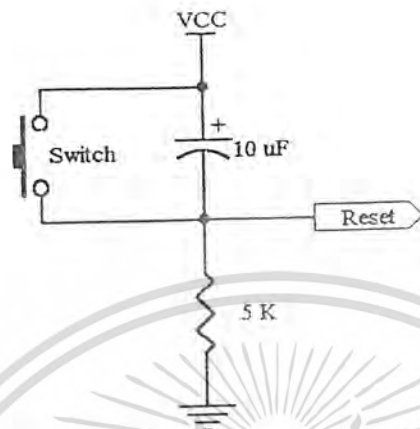


รูปที่ 2.17 วงจรรีเซ็ตอต์โนมิต

จากรูปที่ 2.3 นั้นจะเป็นการต่อวงจร R, C ใช้ในการรีเซ็ตอต์โนมิตให้กับ MCS-51 โดยการทำงานของวงจรมัน เมื่อมีการจ่ายไฟเลี้ยงให้กับระบบ วงจรจะกำเนิดสัญญาณ Active High เพื่อทำการรีเซ็ต MCS-51 โดยอต์โนมิต

จากวงจรรูปที่ 2.3 ที่สถานะปกติยังไม่จ่ายไฟเลี้ยงให้กับระบบ การต่อวงจรดังรูปจะทำให้ C รักษาสถานะเป็นกลาง คือ C จะถูก Discharge ประจุออกจนหมด จากนั้นเมื่อเริ่มจ่ายไฟให้กับระบบ จะทำให้มีกระแสไหลผ่าน C ได้ในช่วงเวลาหนึ่ง (Initial State) โดยขึ้นอยู่กับค่าความจุของ C นั่นคือ ยิ่ง C มีค่ามากช่วงเวลาในการไหลของกระแสผ่าน C ก็จะมีค่ามาก (เป็นคุณสมบัติของ C) ฉะนั้นขณะที่มีกระแสไหลผ่าน C กระแสก็จะไหลผ่าน R ซึ่งจะทำให้เกิดแรงดันตกคร่อม R ขึ้น เป็นผลให้สถานะที่ขา RST ของ MCU มีสถานะ High จนกระทั่งกระแสหยุดไหลผ่าน C (เมื่อ C ถูก Charge ประจุเต็มที่แล้ว, Steady State) ก็จะทำให้แรงดันที่ตกคร่อม R มีค่าเป็นศูนย์ เป็นผลให้ขา RST ของ MCU เปลี่ยนสถานะจาก High เป็น Low ในที่สุดเสมือนเป็นการส่งสัญญาณ Active High ให้กับขา RST ของ MCU ทำให้ MCU กลับมาเริ่มต้นการทำงานต่อไป โดยจากวิธีนี้จะเห็นว่าระยะเวลาสถานะ High ของขา RST นั้นขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของ C และ R โดยถ้า C และ R มีค่าที่ไม่สัมพันธ์กัน ก็จะทำให้สถานะของขา RST นั้นผิดเพี้ยน อาจส่งผลให้ตัว MCU ทำงานผิดพลาด

การทดลองต่อวงจรรีเซ็ต โดยเลือกค่า R และ C ค่าต่าง ๆ พบว่าค่า R และ C ที่เหมาะสมในการรีเซ็ต MCU จะใช้ค่า C ประมาณ 10 μF ชนิดอิเล็กโทรไลต์ และ R ค่าประมาณ 5-10 K $\frac{1}{4}$ W 5%



รูปที่ 2.18 วงจรรีเซ็ตอัตโนมัติพร้อม Switch รีเซ็ต

จากวงจรในรูปที่ 2.4 นั้นยังจัดอยู่ในรูปแบบการรีเซ็ตแบบเดียวกับวิธีแรก แต่จะต่อสวิตช์ตามวงจรเพื่อทำการรีเซ็ต MCU แบบ Manual Rest กรณี MCU เกิดการทำงานผิดพลาดในระบบแล้วไม่ต้องการเปิด / ปิดการจ่ายไฟให้แก่ระบบใหม่

จากวงจรในรูปที่ 2.4 เมื่อทำการกดสวิตช์จะทำให้มีแรงดันตกคร่อม R จึงเกิดสถานะ High ขึ้นที่ขา รีเซ็ต โดยระยะเวลาที่จะขึ้นกับช่วงเวลากดสวิตช์นั่นเอง ถ้าใช้วิธีนี้คงจะให้ความแน่นอนน้อยกว่าวิธีแรกแต่ก็สามารถรีเซ็ต MCU ได้เช่นกัน จากที่กล่าวมาแล้วสถานะ High ที่ขา รีเซ็ต นั้นอาจจะนานเกินได้แต่ห้าน้อยกว่าช่วงเวลากดรีเซ็ต นั่นก็คือการกดสวิตช์ด้วยมือในช่วงเวลาจะเกินช่วงเวลาที่ทำให้ MCU รู้ว่าถูกรีเซ็ตแน่นอน จึงไม่มีปัญหาอะไรสำหรับวงจรนี้ แต่จากการทดลองใช้การรีเซ็ตแบบ Manual Reset ผลปรากฏว่าไม่สามารถรีเซ็ต MUC ได้เป็นบางครั้ง ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดและคุณสมบัติของสวิตช์ที่นำมาใช้ การกระแ็งของหน้าสัมผัส ความสนิทของหน้าสัมผัส (Bounce) เป็นต้น

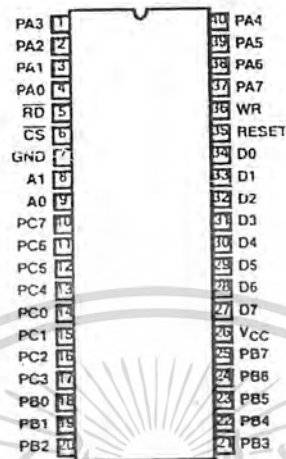
8255 Programmable Peripheral Interface

IC อีกตัวหนึ่งที่เป็นที่รู้จักกันดี และนิยมนำมาใช้ร่วมกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในลักษณะงานควบคุมระบบที่พอร์ต I/O ของ MCU ไม่เพียงพอต่อการใช้งานนั้น IC 8255 PPI ตัวนี้เป็น IC ที่ผลิตมาโดยมีคุณสมบัติในการควบคุมการทำงานที่ง่ายและมีจำนวนพอร์ต I/O ขนาด 8 บิต จำนวน 3 พอร์ต ภายในตัวจึงเป็น IC ที่น่าสนใจจะนำมาใช้งานในการเพิ่มขยายพอร์ต I/O ให้กับ MCU โดยรูปแบบโครงสร้างคุณสมบัติต่าง ๆ มีดังนี้

- เป็นชิปขนาด 40 ขา
- มีพอร์ตใช้งาน 3 พอร์ต แบ่งออกเป็นพอร์ต A,B และ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ควบคุมการทำงานพอร์ตด้วยขา AO และ AI
- สามารถโปรแกรมเลือกลักษณะการใช้งานพอร์ตได้ทั้งในลักษณะ Input ,Output หรือ Bi-Directional พอร์ต



รูปที่ 2.19 แสดงลักษณะการจัดขา 8255 PPI

คุณสมบัติขาสัญญาณต่างๆ ของ 8255

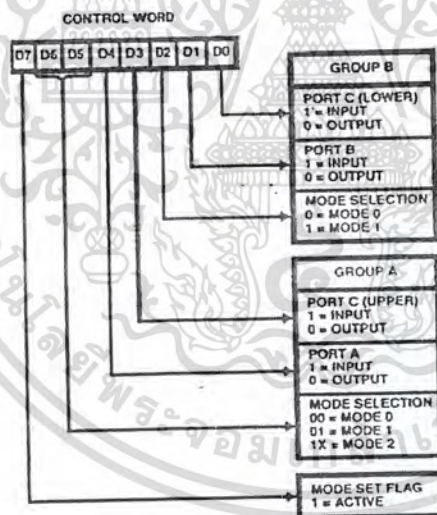
Vcc	เป็นขารับไฟเลี้ยงระบบ +5 Vdc
GND	เป็นขาต่อกราวด์ของระบบ
D0-D7	เป็นขา Bi - Directional Bus โดยใช้เป็น Data Bus ของระบบ
RESET	เมื่อขานี้มีสถานะ High จะทำให้ 8255 ถูกรีเซ็ตมีผลทำให้ทุกพอร์ตเปลี่ยนเป็นอินพุตพอร์ตนั่นที่ หรือในลักษณะอินพุตโหมด
CS	(chip Select) เป็นขาที่ใช้เป็นตัวควบคุมเลือกจังหวะการทำงานของ 8255 โดย 8255 จะทำงาน เมื่อขานี้อยู่ในสถานะ Low
RD	(Read) เมื่อขานี้มีสถานะ Low MCU จะทำการอ่านข้อมูลผ่านทาง Data ของ 8255 ได้ โดย พร้อมกับขา CS ต้องมีสถานะ Low
WR	(Write) เมื่อขานี้มีสถานะ Low 8255 จะทำการรับข้อมูลหรือ Control Word ที่ส่งมาจาก MCU ได้โดยพร้อมกับขา CS ต้องมีสถานะ Low
A0-A1	ใช้ในการรับสัญญาณควบคุมหรือเลือกการใช้งานพอร์ต A,B และ C ของ 8255
PA0-PA7	เป็นพอร์ต I/O ขนาด 8 บิต
PB0-PB7	เป็นพอร์ต I/O ขนาด 8 บิต
PC0-PC7	เป็นพอร์ต I/O ขนาด 8 บิตและมีคุณสมบัติแตกต่างจากพอร์ต A และ B คือสามารถแบ่งการใช้งานเป็น 4 บิตบน (C4-C7) และ 4 บิตล่าง (C0-C3) ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ตารางความจริงของ 8255

A1	A0	RD	WR	CS	INPUT OPERATION (READ)
0	0	0	1	0	Port A → Data Bus
0	1	0	1	0	Port B → Data Bus
1	0	0	1	0	Port C → Data Bus
1	1	0	1	0	Control Word → Data Bus
OUTPUT OPERATION (WRITE)					
0	0	1	0	0	Data Bus → Port A
0	1	1	0	0	Data Bus → Port B
1	0	1	0	0	Data Bus → Port C
1	1	1	0	0	Data Bus → Control
DISABLE FUNCTION					
X	X	X	X	1	Data Bus → Three-State
X	X	1	1	0	Data Bus → Three-State

8255 PPI นั้น สามารถที่จะเลือกโหมดการใช้งานได้จากคำสั่งทาง Software จาก MCU ผ่านทาง Data Bus D0 – D7 ของ 8255 โดยโหมดการใช้งาน 8255 จะมีด้วยกัน 3 โหมด คือ



รูปที่ 2.20 แสดงลักษณะการจัด Control Word

โหมด 0 (Basic I/O) จะเป็นลักษณะการใช้งานพอร์ต A,B และ C ของ 8255 เป็น I/O ปกติ

โหมด 1 (Strobed I/O) จะมีลักษณะการตรวจสอบสัญญาณ Strobe ก่อนที่จะทำงาน

โหมด 2 (Bi-directional Bus) จะใช้งานพอร์ตในลักษณะ I/O แบบ 2 ทิศทาง (รับส่งข้อมูล)

โดยข้อมูลที่ถูกส่งไปควบคุมการทำงานของ 8255 ผ่านทาง Data Bus D0 – D7 นั้น จะถูกเรียกว่า Control Word หรือ Control Code โดยมีรูปแบบหรือคำสั่งอยู่ในแต่ละบิตของชุด Control Word ที่ส่งไปควบคุม 8255 ดังรูปที่ 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้งาน 8255 PPI นั้น จะขออธิบายการใช้งานในโหมด 0 หรือใช้งาน 8255 เป็น Basic I/O Port ในระดับต้นคั้งต่อไปนี้

เมื่อเริ่มต้นก่อนที่จะใช้งาน 8255 นั้นจำเป็นต้องกำหนดโหมดการใช้งานรวมถึงลักษณะการใช้งาน พอร์ตต่าง ๆ ของ 8255 ในลักษณะใดด้วย ซึ่งคำสั่งในการกำหนดโหมดการใช้งานรวมถึงลักษณะการใช้งาน พอร์ตต่าง ๆ ของ 8255 ทั้งหมดที่กล่าวมาจะถูกเรียกว่า Control Word ดังในรูปที่ 2.6 จะแสดงลักษณะการจัด Control Word ในการควบคุม 8255 โดยจะเห็นว่าการใช้งาน 8255 ในโหมด 0 นั้นชุดคำสั่งของ Control Word ในบิตที่ 2, 5 และ 6 จะต้องเป็น "0" ส่วนบิตที่เหลือจะเป็นบิตที่กำหนดการใช้งานพอร์ตของ 8255 ในลักษณะ I/O Port สรุปแล้วก็คือ ชุดคำสั่งหรือ Control Word นั้น จะประกอบไปด้วยการเซตโหมดการใช้งาน 8255 และเซตพอร์ต I/O ต่าง ๆ ของ 8255 ว่าเป็นในลักษณะใด

คราวนี้ย้อนกลับไปดูที่ตาราง 2.2 เป็นตารางความจริงของ 8255 โดยจะพบว่า A0 และ A1 เป็นตัวกำหนดการใช้งานพอร์ตของ 8255 ว่าจะใช้งานพอร์ตใด ที่นี้ในการที่จะส่ง Control Word ไปยัง 8255 เพื่อให้ 8255 รับรู้ว่าเป็นชุดข้อมูลซึ่งเป็น Control Word ไม่ใช่ชุด Data ธรรมดา จะต้องเซตค่าให้ A0 และ A1 เป็น "1" ทั้งคู่ หลังจากนั้นขา A0 และ A1 ก็จะถูกใช้งานเป็นขาเลือก (Select) ความต้องการใช้พอร์ตของ 8255 ว่าต้องการรับส่งข้อมูลกับพอร์ตใดของ 8255 ต่อไป

สรุปการใช้งาน 8255 ในโหมด 0 อย่างง่าย ๆ ออกเป็น 2 ขั้นตอนคือ

1. ทำการเซต A0 และ A1 ของ 8255 ให้เป็น "1" ทั้งคู่ แล้วทำการส่ง Control Word 8 บิตไปยัง 8255 เพื่อเริ่มการใช้งาน
2. เลือกใช้งานพอร์ตของ 8255 ได้อย่างอิสระ โดยการควบคุมขา A0 และ A1 ของ 8255

2.4.1 หน่วยความจำ

ส่วนประกอบสำคัญภายในตัว ไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่เรานำมาใช้งานนั้นจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลัก ๆ อยู่ 2 ส่วน เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานได้ตามความต้องการของเรา ส่วนแรกก็คือ ส่วนควบคุมการประมวลผลหรือที่เรียกกันว่า CPU (Central Processing Unit) และส่วนที่สอง คือ ส่วนของหน่วยความจำ โดยหน่วยความจำนั้นก็จะมีการแยกชนิดประเภทตามคุณสมบัติและการใช้งานได้เป็น 2 ชนิดประเภท คือ

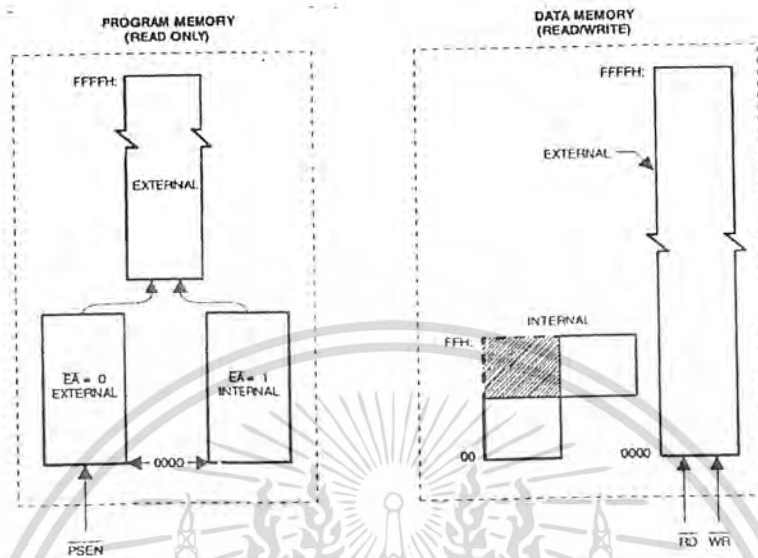
1. หน่วยความจำโปรแกรม (Read Only Memory , ROM)
2. หน่วยความจำข้อมูล (Random Access Memory , RAM)

หน่วยความจำโปรแกรม

การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจำเป็นต้องมีส่วนของหน่วยความจำโปรแกรมเข้ามามีส่วนร่วมในการใช้งานเสมอเพื่อให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานที่เราต้องการและทำให้งานสมบูรณ์ยิ่งขึ้น โดยหน่วยความจำประเภทแรกที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้ จะเป็นหน่วยความจำประเภท Nonvolatile (สามารถเก็บรักษาข้อมูลเอาไว้ได้ แม้จะหยุดจ่ายไฟเลี้ยงให้ก็ตาม) หน่วยความจำที่กล่าวถึงนี้คือหน่วยความจำโปรแกรมหรือ ROM (Read Only Memory) นั่นเอง โดยเราจะใช้ในการเก็บข้อมูลหลักหรือ

เอกสารที่พิมพ์ขึ้นมานี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นโดยอัตโนมัติของระบบเอกสารอัตโนมัติของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง และขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมที่สำคัญเอาไว้ หรือจะเก็บในรูปแบบของตัวอักษรสัญลักษณ์พิเศษต่าง ๆ เป็นต้น แต่ที่นิยมใช้โดยมาก จะใช้การเก็บโปรแกรมในการควบคุมและสั่งงานให้กับ CPU ให้ทำงานตามที่โปรแกรมเอาไว้



รูปที่ 2.21 แสดงลักษณะการจัดตำแหน่งการใช้งานหน่วยความจำของ MCS-51

ชนิดประเภทของ ROM

- ROM (Read Only Memory) ประเภทนี้จะเป็นประเภทที่ถูกโปรแกรมมาแล้วจากโรงงานมาสามารถลบแล้วโปรแกรมใหม่ได้โดยจะเป็นประเภทที่สั่งให้โรงงานผลิต ขึ้นโดยเฉพาะ

- PROM (Programmable ROM) โดย ประเภทนี้ จะสามารถทำการโปรแกรมได้ด้วยเครื่องโปรแกรม แต่จะสามารถกระทำได้เพียงครั้งเดียว และไม่สามารถลบแล้วโปรแกรมใหม่ได้

- EPROM (Erasable PROM) โดย ROM ประเภทนี้จะเป็นที่รู้จักและนิยมกันมากในอดีต (โดยในขณะที่ผู้เขียนแต่งหนังสือเล่มนี้ก็ยังคงนิยมใช้กันอยู่ แต่กำลังลดความนิยมลงเรื่อยๆ) ซึ่ง ROM ประเภทนี้เป็น ROM ที่สามารถทำการโปรแกรมลงไปแล้วลบออกเพื่อทำการ โปรแกรมใหม่ได้ วิธีการลบนั้นกระทำได้โดยการฉายแสงอัลตราไวโอเลต (UV) ผ่านแผ่นกระจของ IC โดยมีช่วงระยะเวลาตามมาตรฐาน เมื่อลบเสร็จแล้วสามารถนำมาโปรแกรมใช้ได้ อีก แต่จะมีข้อเสียตรงที่ ถ้ากระทำการฉายแสงไม่ได้มาตรฐาน จะลบโปรแกรมเก่าออกไม่หมดและ จะเกิดการด้านทำให้ ROM ตัวนี้ใช้งานไม่ได้อีก

- EEPROM (Electrical EPROM) ROM ประเภทนี้ผลิตออกมาเพื่อแก้ไขข้อเสียของ EPROM ก็คือเสียเวลามากในการลบโปรแกรมโดยกรรมวิธีการฉายแสง และเสี่ยงต่อการเกิดการด้านของ IC ฉะนั้น EEPROM จะเป็น ROM ที่สามารถลบและเขียนใหม่ได้ด้วยวิธีการทางไฟฟ้า ซึ่งให้ความสะดวกและรวดเร็วมากในการใช้งานทั้งยังสามารถลบเขียนใหม่ได้หลายร้อยหลายพันครั้ง มีความแน่นอน และไม่ทำให้ IC เกิดการด้านได้ง่าย ๆ

- FLASH MEMORY ล่าสุดได้มีหน่วยความจำที่ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ โดยเป็นหน่วยความจำ

ที่สามารถลบได้ทางไฟฟ้าเช่นเดียวกับ EEPROM แต่มีความสามารถในการเข้าถึงข้อมูลได้รวดเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กว่า โดยก่อนที่จะทำการโปรแกรมลงภายในชิปทุกครั้งจะต้องทำการลบข้อมูลเดิมในหน่วยความจำทั้งหมดก่อนซึ่งหน่วยความจำชนิดนี้จะมีอยู่ภายในตัว MCU เป็นส่วนมาก

ตารางที่ 2.3 แสดงเบอร์ IC EPROM และ EPROM

เบอร์	หน่วยความจำ	จำนวนขา
2716/2816	2K	24
2732/2832	4K	24
2764/2864	8K	24
27129/28128	16K	24

หน่วยความจำข้อมูล

ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะมีหน่วยความจำข้อมูลอยู่ภายในตัวชิปอยู่แล้ว ซึ่งจะเป็นประเภท Volatile (เมื่อหยุดจ่ายไฟเลี้ยงข้อมูลจะสูญหายไป) โดยขนาดของหน่วยความจำข้อมูล (RAM) นั้นแต่ละเบอร์ของ MCU จะมีขนาดไม่เท่ากัน ซึ่งประโยชน์ของหน่วยความจำข้อมูลนั้น จะถูกใช้งานในลักษณะจัดเก็บหรือพักข้อมูลเพียงชั่วคราวในขณะที่ CPU ทำการประมวลผล โดยขึ้นอยู่กับการใช้งานซอฟต์แวร์การใช้งานนั่นเอง

หน่วยความจำข้อมูล (RAM) ภายใน MCS-51 ได้ถูกแบ่งย่อยลักษณะการทำงานหรือใช้งานออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

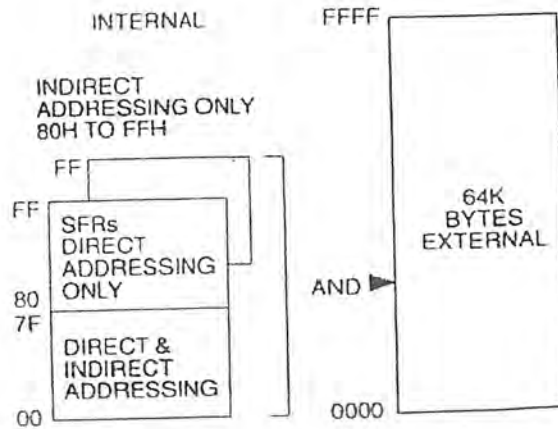
ส่วนที่ 1 หน่วยความจำข้อมูลทั่วไป 128 ไบต์ล่าง (00H – 7FH) มีทุกเบอร์ใน MCS-51

ส่วนที่ 2 หน่วยความจำข้อมูลทั่วไป 128 ไบต์บน (80H – FFH) มีเฉพาะบางเบอร์

ส่วนที่ 3 หน่วยความจำข้อมูลที่ใช้งานเป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ (80H – FFH) มีทุกเบอร์

ในหน่วยความจำข้อมูลภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์นั้นจะประกอบไปด้วยหน่วยความจำข้อมูลทั่วไป 128 ไบต์ล่าง และหน่วยความจำข้อมูลที่ใช้เป็น รีจิสเตอร์เฉพาะเป็นอย่างน้อย และจะมีหน่วยความจำข้อมูลที่ใช้งานทั่วไป 128 ไบต์บน เพิ่มขึ้นมาในบางเบอร์ของ MCU นั่นคือกรณีทางผู้ผลิตระบุไว้ว่า MCU เบอร์นั้น ๆ มี RAM ภายใน 128 ไบต์ ซึ่งจะหมายถึงมี RAM สำหรับใช้งานทั่วไป 128 ไบต์ล่าง RAM ที่ใช้เป็น รีจิสเตอร์เฉพาะรวมอยู่ด้วย ส่วนกรณี MCU เบอร์นั้น ๆ มี RAM ภายใน 256 ไบต์จะหมายถึง มี RAM สำหรับใช้งานทั่วไป 128 ไบต์ล่าง และ 128 ไบต์บน รวมทั้ง RAM ที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์เฉพาะรวมอยู่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.22 แสดงการจัดตำแหน่งหน่วยความจำข้อมูลภายใน MCS-51

การเข้าถึงหน่วยความจำข้อมูลของ MCS-51

ในการที่จะใช้งานหรือการเข้าถึงหน่วยความจำของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นั้นในแต่ละส่วนของหน่วยความจำ จำเป็นที่จะต้องมียุทธวิธีในการใช้งานหรือเข้าถึงที่แตกต่างกันเพื่อให้ CPU สามารถรับรู้หรือแยกแยะการใช้งานได้ โดยวิธีในการเข้าถึงหน่วยความจำนั้นมีหลายวิธีแต่วิธีที่สำคัญและจำเป็นจะต้องรู้จักเพื่อการใช้งานหน่วยความจำมี 2 วิธีดังนี้

1. วิธีการเข้าถึงหน่วยความจำข้อมูลโดยตรง (Direct Addressing) วิธีนี้จะเป็นการกำหนดตำแหน่งหน่วยความจำที่ต้องการเข้าถึงหรืออ้างถึงโดยตรง ซึ่งหน่วยความจำที่สามารถเข้าถึงหรืออ้างถึงได้โดยวิธีนี้ จะเป็นหน่วยความจำข้อมูลใช้งานทั่วไปภายในชิป 128 ไบต์ล่าง, หน่วยความจำข้อมูลภายในชิปที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ และ หน่วยความจำข้อมูลภายนอกชิป (RAM ภายนอก)

2. วิธีการเข้าถึงหน่วยความจำข้อมูลทางอ้อม (Indirect Addressing) วิธีนี้จะเป็นการเข้าถึงหน่วยความจำข้อมูล โดยจะเก็บค่าตำแหน่งของหน่วยความจำที่ต้องการเข้าถึงไว้ในรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปหรือรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ นั่นคือโดยวิธีนี้จะใช้รีจิสเตอร์เป็นตัวชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำนั่นเอง ซึ่งหน่วยความจำที่สามารถเข้าถึงหรืออ้างถึงได้โดยวิธีนี้ได้คือ หน่วยความจำ ข้อมูลใช้งานทั่วไปภายในชิป 128 ไบต์ล่างและ 128 ไบต์บน (กรณี MCU เบอร์นั้นไม่มีหน่วยความจำ 128 ไบต์บน) และหน่วยความจำข้อมูลภายนอกชิป โดย รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปและรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะที่สามารถใช้เป็นตัวเก็บตำแหน่งของหน่วยความจำที่อ้างถึงได้ดังต่อไปนี้

- รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0 และ R1 ของแต่ละแบงค์
- รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ SP (Stack Pointer)
- รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ DPTR (Data Pointer)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์ ไม่ว่าจะจะมีหน่วยความจำโปรแกรม (EPROM) ภายในตัวชิปหรือไม่ก็จะมีหน่วยความจำข้อมูล (RAM) อยู่ภายในตัวชิปทุกเบอร์ โดยขนาดน้อยที่สุดจะมีจำนวน 128 ไบต์ ซึ่งจำนวนขนาดของหน่วยความจำทั้ง 2 ชนิดดังที่กล่าวมานั้นจะขึ้นอยู่กับเบอร์ของ MCU อย่างไรก็ตามถ้าต้องการใช้งานขนาดหน่วยความจำเพิ่มขึ้น ที่เกินจากหน่วยความจำข้อมูลภายในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

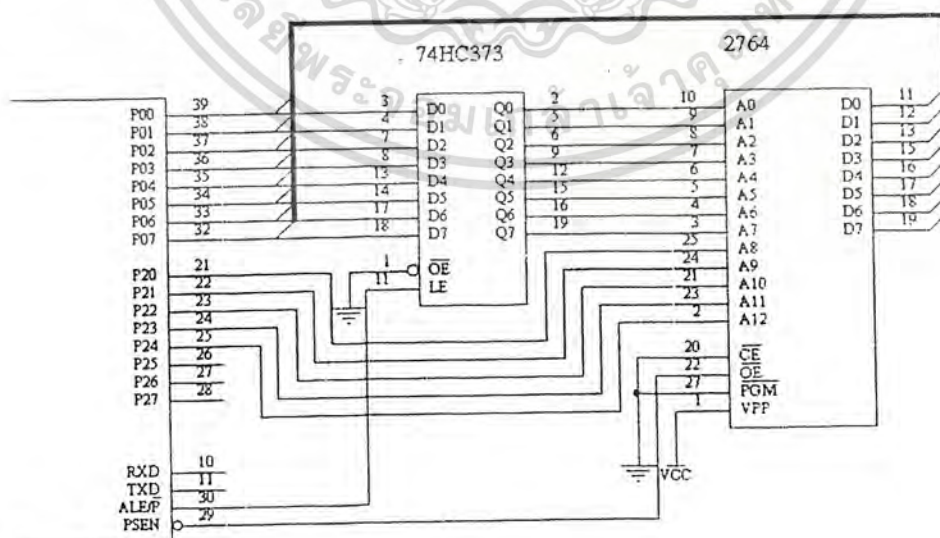
ตัวชิป สามารถต่อขยายกับ IC หน่วยความจำภายนอกได้เช่นกัน โดยสามารถขยายได้สูงสุดถึง 64 กิโลไบต์ ซึ่งในบทความต่อไปจะเป็นการกล่าวถึง การประยุกต์ใช้งานหน่วยความจำทั้งภายนอก และภายในชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของหน่วยความจำ 2 ชนิดในเบื้องต้น

2.4.2 การประยุกต์ใช้งานหน่วยความจำ

จากการที่ได้รู้จักคุณสมบัติของพอร์ตต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 กันมาพอสมควรแล้ว จะเห็นว่า พอร์ต 0 และพอร์ต 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 นั้นจะมีคุณสมบัติที่นอกจากจะเป็นพอร์ตใช้งาน I/O ธรรมดาแล้ว ยังสามารถใช้เป็นพอร์ตในการเข้าถึงหน่วยความจำภายนอกได้อีกด้วย โดยพอร์ต 0 และพอร์ต 2 ของ MCU จะใช้เป็น แอดเดรสไบต์ต่ำและแอดเดรสไบต์สูงตามลำดับ

การอินเตอร์เฟส MCS-51 กับ EPROM ภายนอก

ดังนั้นในการใช้งาน MCU ร่วมกับ EPROM ภายนอกก็จะใช้พอร์ต 0 และพอร์ต 2 ต่อเข้ากับขาแอดเดรสของ EPROM ดังแสดงในรูปที่ 1.9 โดยจากวงจรจะเห็นว่า มี IC 74HC373 มาต่อร่วมระหว่างพอร์ต 0 กับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของ EPROM ทั้งนี้เพื่อทำหน้าที่เป็นตัว Latch แอดเดรสไบต์ต่ำ ให้กับ EPROM โดยมีขา ALE ของ MCU เป็นตัวควบคุมจังหวะการทำงานให้กับ IC 74HC373 ทุกครั้งที่มีการอ้างแอดเดรสติดต่อกับ EPROM พอร์ต 0 เมื่อต่อใช้งานดังรูปแล้วจะทำให้การอ้างแอดเดรสไบต์ต่ำให้กับ EPROM และอ่านข้อมูลจากขา DATA ของ EPROM ซึ่งผู้อ่านคงพอจะทราบกันดีแล้วว่าการทำงานของพอร์ต I/O ของ MCU นั้นมีการทำงานอย่างไร ฉะนั้นในจังหวะที่อ้างแอดเดรสไบต์ต่ำให้กับ EPROM พอร์ต 0 จะไม่สามารถอ่านข้อมูลจาก EPROM ได้พร้อม ๆ กัน ดังนั้นจะต้องมี IC 74HC373 มาต่อร่วมเพื่อทำการ Latch แอดเดรสไบต์ต่ำเอาไว้แล้วพอร์ต 0 จึงจะสามารถทำการอ่านข้อมูลจากขา DATA ของรูปที่ 2.23

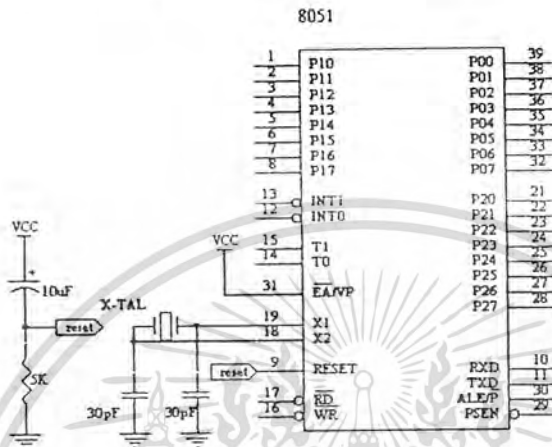


รูปที่ 2.23 แสดงอินเตอร์เฟส MCS กับหน่วยความจำภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่ารูป 2.23 เป็นวงจรตัวอย่างสำหรับการต่อใช้งาน MCU กับ EPROM ภายนอก ซึ่งเป็นเบอร์ 2764 โดยจะมีหน่วยความจำขนาด 8 Kbyte และจำนวนขาแอดเดรสที่ใช้จำนวน 12 ขา โปรแกรมภายในตัว EPROM จะมีขา A0–A12 ซึ่งเป็นขาที่ใช้ในการอ้างแอดเดรสของหน่วยความจำ

การใช้หน่วยความจำ (EPROM) ภายใน MCS-51



รูปที่ 2.24 แสดงการใช้งานหน่วยความจำภายในตัว MCU

พิจารณาวงจรในรูปที่ 2.10 เพียงต้องวงจรตามรูปนั้น ก็สามารถจะใช้งาน EPROM ภายในของตัว MCU ได้แล้ว โดยจะมีพอร์ตเหลือให้ใช้งานได้ครบทุกพอร์ตของ MCU ข้อเสียของการใช้งาน EPROM ภายในตัว MCU คือ ในขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมนั้นไม่สามารถที่จะใช้ EPROM Emulator เข้ามาช่วยในการพัฒนาได้ ซึ่งการที่จะใช้งานในลักษณะนี้ จะต้องมีกรเขียนโปรแกรมที่สมบูรณ์และแน่นอน แล้วจึงทำการโหลดโปรแกรม (Load Program) ลงภายใน EPROM ภายในตัว MCU ด้วยเครื่องโปรแกรม EPROM ภายในตัว MCU วิธีเดียวกันนั้น

ฉะนั้นวงจรดังรูป 2.10 หรือการใช้งาน EPROM ภายในตัว MCU มักจะใช้งานในขั้นตอนสุดท้ายในการนำไปใช้งานจริง โดยหลังจากที่ได้ทำการพัฒนาโปรแกรมจากวงจรในรูปที่ 2.9 แล้ว ซึ่งจะใช้ EPROM Emulator ช่วยในการพัฒนา ซึ่งจะเห็นได้ว่าการต้องวงจรใช้งานใน รูปที่ 2.10 จะมีความซับซ้อนน้อยกว่า และประหยัดค่าใช้จ่ายมากกว่าในวงจรรูปที่ 2.9 ดังนั้นจึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานจริง แต่ข้อเสียก็คือยากต่อการพัฒนาโปรแกรม ซึ่งทั้งสองวงจรก็จะมีข้อได้เปรียบและเสียเปรียบดังที่ได้กล่าวมา

การประยุกต์ใช้งานหน่วยความจำข้อมูลภายในชิป MCS-51

โดยในการใช้งานหน่วยความจำข้อมูลภายในนั้น จะขออธิบายการใช้งานรีจิสเตอร์สำหรับการใช้งานทั่วไปภายใน RAM และรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะที่เกี่ยวข้องในการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในระดับต้น เพราะ รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะนั้นก็จะมีรูปแบบการใช้งานเฉพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัว ซึ่งจะมีรายละเอียดในการใช้งานที่ค่อนข้างซับซ้อน ในขั้นต้นแล้วส่วนมากจะนิยมใช้งาน RAM ในการจัดเก็บหรือพักข้อมูลระหว่างการประมวลผลของ CPU เพียงเท่านั้น

ฉะนั้นรีจิสเตอร์ที่จะถูกนำมาใช้งานในลักษณะดังกล่าวจะเป็นรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป 128 ไบต์ล่าง (รีจิสเตอร์ที่หน่วยความจำข้อมูล ณ ตำแหน่ง 00H – 1FH รวม 32 ไบต์จะมีอยู่ในทุกเบอร์ของ MCS-51) ซึ่งจะถูกจัดแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มในการใช้งาน โดยในแต่ละกลุ่มจะประกอบไปด้วยรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปจำนวน 8 ไบต์ (รีจิสเตอร์ R0 – R7) ซึ่งจะเรียกแต่ละกลุ่มดังกล่าวว่าแบงก์ (Bank) นั่นก็คือภายใน MCS-51 จะมีการแบ่งรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป ณ ตำแหน่ง 00H – FH1 ออกเป็นแบงก์ 0 ถึงแบงก์ 3 ซึ่งในแต่ละแบงก์นั้นก็จะมีชื่อ รีจิสเตอร์ในการใช้งานเหมือนกันคือ R0 – R7 ซึ่ง CPU จะรับรู้ความแตกต่างในการใช้งานรีจิสเตอร์ R0 – R7 ตัวอย่างเช่น รีจิสเตอร์ R0 ในแบงก์ 0 จะเป็นคนละรีจิสเตอร์กับ R0 ในแบงก์ 1 เป็นต้น ฉะนั้นเราจะมีรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปซึ่งมีจำนวนถึง 32 ตัวนั่นเอง

ที่นี้มาถึงการควบคุมแบงก์และการใช้งานบ้างว่าจะต้องทำอะไร ก่อนอื่นต้องขบออกไว้ก่อนว่าเมื่อทำการเริ่มต้นงานหรือจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ MCU แบงก์การใช้งานหน่วยความจำข้อมูลจะเริ่มที่แบงก์ 0 โดยอัตโนมัติทุกครั้งและถ้าจะเปลี่ยนไปใช้งานรีจิสเตอร์ในแบงก์ใดจะต้องมีการเปลี่ยนหรือกำหนดใหม่ทุกครั้งเท่านั้น

รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW : Program Status Word (Bit Addressable)

CY			RS	RS	OV	-	P
	AC	FO	1	0			

รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ PSW ภายในนั้นจะมีการจัดเรียงของบิตใช้งานเฉพาะต่าง ๆ จำนวน 8 บิต ดังตารางข้างต้น โดยที่เราจะกล่าวถึงนั่นก็คือ บิต RS1 และ RS0 ซึ่งจะมีหน้าที่ในการควบคุม ในการเลือกใช้งานแบงก์ของรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป R0 – R7 โดยตารางการใช้งานแบงก์ที่ควบคุมโดยบิต RS1 และ RS0 แสดงดังตารางที่ 2.4

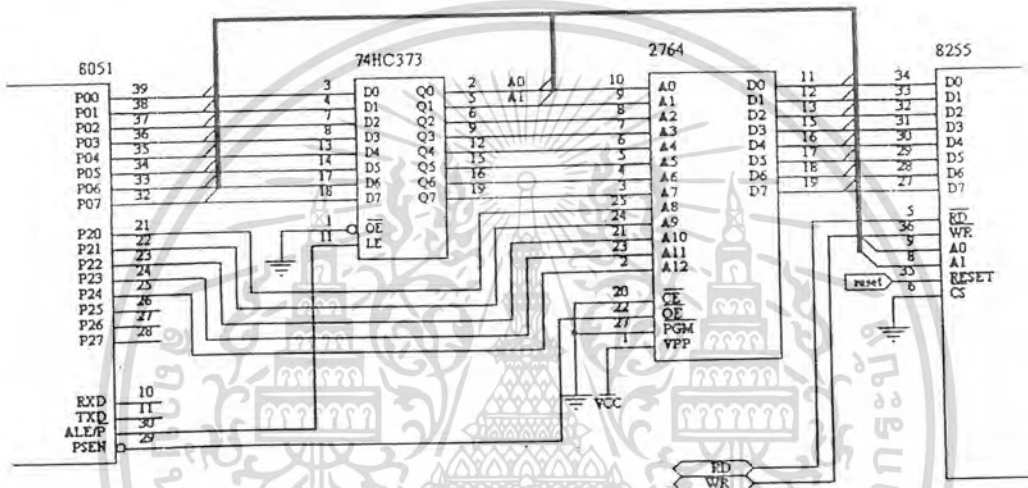
ตารางที่ 2.4 แสดงบิตควบคุมแบงก์ RS1 , RS2

RS	RS0	Register Bank	Address
0	0	0	00H – 07H
0	1	1	08H – 0FH
0	0	2	10H – 17H
0	1	3	18H – 1FH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 การอินเตอร์เฟส MCS-51 กับ 8255 PPI

การอินเตอร์เฟส MCS-51 กับ 8255 โดยมีการใช้งานทั้งกับ EPROM ภายนอก/ภายในของ MCU ซึ่งวงจรดังรูปที่-2.11 เป็นการต่อวงจรใช้งาน MUC กับ EPROM ภายนอก และมีการขยายพอร์ต I/O เพิ่มขึ้นโดยการต่อร่วมกับ IC 8255 PPI จากวงจรจะเห็นว่าจะมีการใช้ IC 74HC373 ในการ Latch แอดเดรสไบต์ต่ำ A0 -A7 ในการรับส่งข้อมูลกับ EPROM และ 8255 โดย IC 74HC373 ยังถูกใช้งานในการ Latch Control Word , A0 และ A1 ให้กับ 8255 อีกด้วย การต่อวงจรแบบนี้จะสามารถใช้งาน 8255 ได้ง่ายโดยจะมีการจัด Memory Map เพื่อการใช้งาน 8255 จากวงจรในรูปที่ 2.11 ดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.25 แสดงการอินเตอร์เฟส MUC, 8255 PPI, EPROM ภายนอก

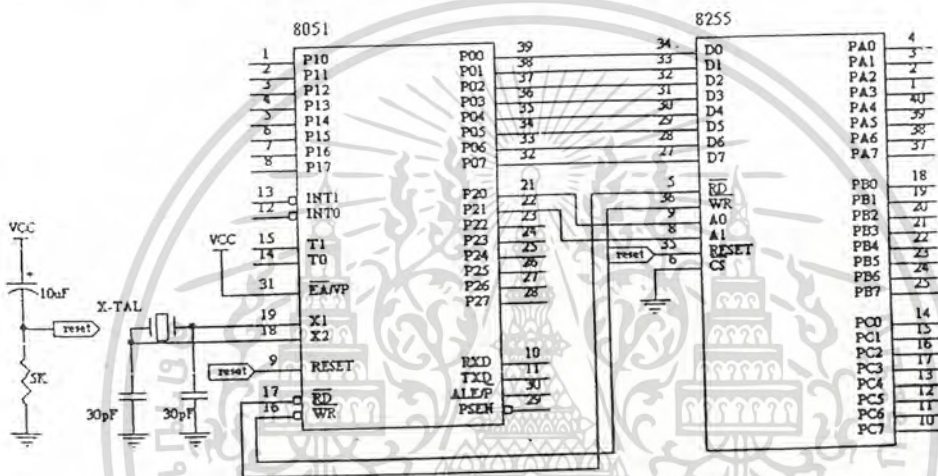
การอินเตอร์เฟส MCS-51 กับ 8255 โดยใช้ EPROM ภายนอก

จากตารางที่ 2.5 จะเป็นการแสดงการจัด Memory Map ของวงจรในรูปที่ 2.11 จะเห็นว่าเมื่อต้องการใช้งาน PORT_A, B และ C หรือส่ง Control Word เพื่อทำการเซต 8255 ให้ทำงานตามความต้องการนั้น ก็เพียงแต่อ้างแอดเดรสของหน่วยความจำเท่านั้น เช่น ต้องการใช้งาน PORT_A ก็เพียงแต่อ้างแอดเดรสของหน่วยความจำตำแหน่ง 00H เท่านั้น ก็จะทำให้ขา A0 และ A1 ของ 8255 มีค่าเป็นลอจิก "0" หรือสภาวะ Low ก็จะเป็นการควบคุม 8255 ในการใช้งาน PROT_A นั่นเอง ต่อไปจะขอยกตัวอย่างโปรแกรมการใช้งาน 8255 PROT_A โดยมีวงจรการใช้งานในรูปที่ 2.11 และมีการจัด Memory Map ตามตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงการจัด Memory Map ของ วงจรที่ 2.25

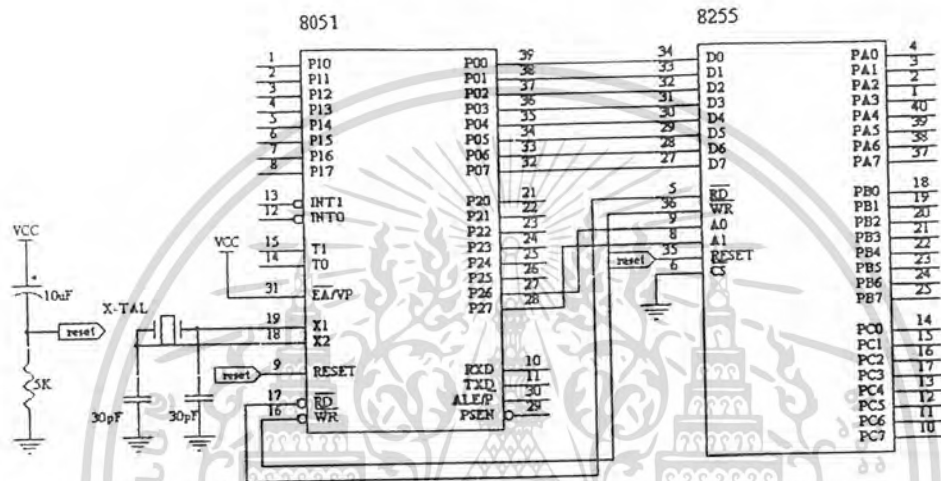
Memory Map	Address	A1	A0
PORT_A	EQU 00H	0	0
PORT_B	EQU 01H	1	1
PORT_C	EQU 02H	0	1
Control Word	EQU 03H	0	1

การอินเตอร์เฟส MCS-51 กับ 8255 โดยใช้ EPROM ภายใน



ตารางที่ 2.6 แสดงการจัด Memory Map ของ วงจรที่ 2.26

Memory Map	Address	A1(P2,1)	A0(P2,0)
PORT_A	EQU 0FFFH	0	0
PORT_B	EQU 1FFFH	0	1
PORT_C	EQU 2FFFH	1	0
Control Word	EQU 3FFFH	1	1



รูปที่ 2.27 แสดงการอินเตอร์เฟส MCU,8255,EPROM ภายในรูปแบบที่ 2

จากวงจรในรูปที่ 2.27 จะต่างจากวงจรในรูปที่ 2.26 โดยการใช้งานของ P2.6 และ P2.7 แทน P2.0 และ P2.1 ในการควบคุม A0 และ A1 ของ 8255 ซึ่งถ้าใช้ P2.7 เป็น A1 และ P2.6 เป็น A0 ก็จะสามารถจัด Memory Map ได้ใหม่ดังตารางที่ 2.26 โดยเปลี่ยนแค่ Memory Map เท่านั้น แต่การทำงานในรูปที่ 2.26 และรูปที่ 2.27 ก็ยังคงเหมือนกัน ซึ่งวงจรในรูปที่ 2.27 สร้างขึ้นเพื่อให้เข้าใจการใช้ Memory Map ได้ดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 2.7 แสดงการจัด Memory Map ของ วงจรที่ 2.27

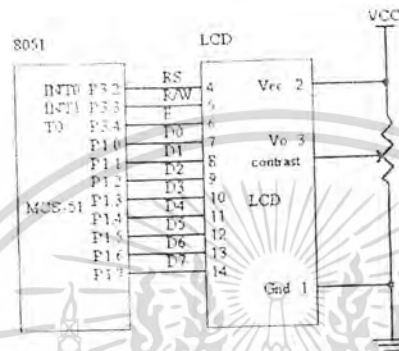
Memory Map	Address	A1(P2,7)	A0(P2,6)
PORT_A	EQU 0FFFH	0	0
PORT_B	EQU 4FFFH	0	1
PORT_C	EQU 8FFFH	1	0
Control Word	EQU CFFH	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ใช้งานในระดับบิตได้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นมีประโยชน์ในการใช้งานได้มากกว่า จึงนิยมใช้พอร์ตของ 8255 ในการเป็น Data Bus Bit ให้กับ LCD Module นั้นเอง

การใช้งานพอร์ตของ MCU ในการอินเตอร์เฟสร่วมกับ LCD Module

LCD Module นั้นจะมีใช้งานอยู่ 14 ขา โดย ขา 1, 2 และ 3 จะไม่พุดถึงเนื่องจากไม่มีความซับซ้อนในการใช้งาน สามารถต่อตามข้อขาได้เลย จะเหลืออยู่ 11 ขา คือ ขา RS, R/W, E และ D0-D7



รูปที่ 2.29 แสดงการอินเตอร์เฟส MCU กับ LCD โดยตรง

จากวงจรรูปที่ 2.29 จะเห็นว่า ใช้บิต P3.2 เป็น RS บิต P3.3 เป็น R/W และบิต P3.4 เป็น E (Enable) ให้กับ LCD (หรือจะใช้งานบิตอิสระอื่นๆ ของตัว MCU มาควบคุมขา RS, R/W และ E ของ MCU ก็ได้แต่จากวงจรข้างต้นจะใช้บิต P3.2, P3.3, P3.4 ของพอร์ต 3 ในการควบคุม) และพอร์ต 1 ทั้งหมดเป็น Data Bus 8 บิต ให้กับ LCD ในการอธิบายการทำงานหรือการใช้งาน LCD ตามวงจรรูปที่ 2.15 นั้นจะต้องให้ผู้อ่านดูตารางคำสั่งในการใช้งาน ควบคู่ไปด้วย แล้วพยายามทำความเข้าใจตาม เพราะถ้าดูตารางคำสั่งเป็นแล้วจะรู้สึกว่าง่ายมากในการใช้งาน LCD ซึ่งในการใช้งาน LCD นั้น สรุปเป็นขั้นตอนดังนี้

1. เริ่มต้นด้วยการ Set Function ของ LCD ในที่นี้คือ การเซตชนิดประเภทของ LCD นั้นเอง เช่น จำนวนบรรทัด จำนวนตัวอักษร
2. ทำการส่งคำสั่งควบคุมการแสดงผลคือ การเซตหน้าจอ LCD ให้ปิดหรือเปิด มีเคอร์เซอร์หรือไม่ ถ้ามีจะให้กระพริบหรือไม่กระพริบ
3. ทำการ Clear หน้าจอ LCD ให้พร้อมในการใช้งาน

จะเห็นว่าเพียงแค่ 3 คำสั่งข้างต้นที่กล่าวมานั้น ก็สามารถที่จะทำให้ LCD พร้อมทั้งจะรับการควบคุมการแสดงผลต่างๆ ที่เราต้องการบนจอ LCD ได้แล้ว ในการใช้งานเพื่อเขียนข้อความแสดงบนจอ LCD นั้นผู้เขียนได้ทดลองเขียนข้อความหรือตัวอักษรบน LCD โดยมี 2 วิธี

วิธีแรกเป็นการส่งรหัส ASCII Code ไปยัง LCD แทนตัวอักษรหรือตัวสัญญาณบน Keyboard ของ Computer ได้เลย โดยจะขอยกตัวอย่างโปรแกรมของแต่ละวิธีดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีแรก ใช้คำสั่ง MOV A,#41H ซึ่ง 41H นั้น เป็นรหัส ASCII แทนอักษร เก็บไว้ในแอสกีว มูเลเตอร์ไปยัง LCD ต่อไป หรือจะส่ง ASCII Code ไปยัง LCD โดยตรงเลยก็ได้

วิธีที่สอง ใช้คำสั่ง MOV A,# "A" ก็จะให้ผลเช่นเดียวกันกับวิธีแรก แต่วิธีนี้จะจำกัดตัวอักษร และสัญลักษณ์เฉพาะบน Keyboard Computer เท่านั้น เพื่ออธิบายขั้นตอนการใช้งาน LCD โดยการ ต่อวงจรใช้งานในรูปแบบที่ 2.15

2.4.5 การอินเตอร์เฟส MCS-51 ร่วมกับ Key Switch

ในการอินเตอร์เฟส Key Switch กับ MCS-51 โดยเบื้องต้นจะมี Key Switch 2 ชนิด คือ

1. สวิตซ์ชนิดกดติดปลายด้าม (Single pole/Single throw ; SPST)
2. IC Key Encoder

ทั้งสองชนิดดังที่กล่าวนั้นถูกนำมาใช้เป็น Key Switch หรือ Keyboard ในการใช้งานร่วมกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์

การประยุกต์ใช้งานสวิตซ์ (SPST) ร่วมกับ MCS-51



รูปที่ 2.30 แสดงการต่อใช้งาน Key Switch ร่วมกับ MCS-51

ในการใช้งาน Key Switch ในรูปแบบที่ 1 นั้นเป็นรูปแบบที่ใช้งานระดับเบื้องต้น ซึ่งในรูปแบบนี้จะได้จำนวน Keyboard ที่น้อย ถ้าต้องการจำนวน Keyboard ที่มาก ก็จะไม่นิยมใช้ในรูปแบบที่ 1 จะใช้รูปแบบที่ 2 แทนเนื่องจากใช้งานง่ายและมีจำนวน Keyboard ที่เพียงพอ คือ 16 Key ใน IC เบอร์ 74C922 และ 20 Key ในเบอร์ 74C923 ซึ่งเป็น IC Key Encoder ทั้งคู่ โคนจะกล่าวถึงวงจร การใช้งานในรูปแบบที่ 1 ก่อน ซึ่งมีรูปแบบการต่อใช้งานได้อีก 2 รูปแบบดังนี้

ในการใช้งานวงจรในรูปแบบที่ 2.16 (ก) และ 2.16 (ข) นั้นจะใช้สวิตซ์ชนิด กดติดปลายด้าม (SPST) เป็นตัวควบคุมในการเปลี่ยนสถานะจาก Low เป็น High หรือจาก High เป็น Low ที่ขาปัด P1.0 ฉะนั้นจากเปลี่ยนสถานะของระดับแรงดันที่ขาของ MCS-51 นี้เองที่เราจะนำเป็นตัว บ่งบอกการ กด Key นั้น ๆ โดยการใช่วิธีนี้จำเป็นจะต้องใช้งานพอร์ตที่นำมาต่อกับสวิตซ์ดังรูปที่ 2.16 ในลักษณะ Input Port หรือ Input ในระดับบิต สำหรับ MCS-51 นั้นทุกพอร์ตสามารถเป็นพอร์ต Input Output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระดับบิตได้ทุกพอร์ตอยู่แล้ว แต่ส่วนมากจะใช้งานพอร์ต 0 และพอร์ต 2 ในการอ้างแอดเดรสกับหน่วยความจำภายนอกจึงเหลือพอร์ต 1 กับพอร์ต 3 ให้ในงานได้อิสระ จากตัวอย่างวงจรในรูปที่ 2.16 (ก) และ (ข) จะใช้บิต P1.0 ในการใช้งานเป็นบิตอินพุต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

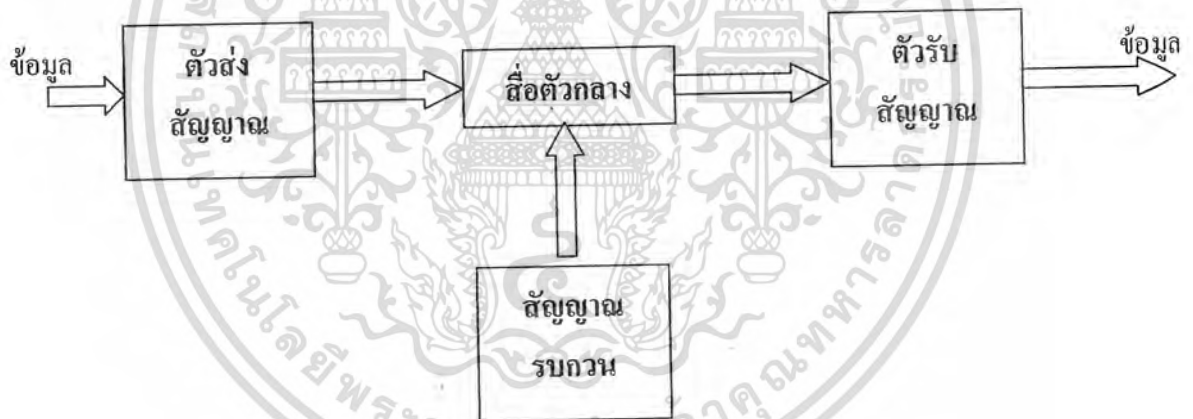
บทที่ 3

การออกแบบวงจร

3.1 หลักการทำงานของ การสื่อสารไร้สาย

พื้นฐานการสื่อสาร

หลักการสื่อสาร คือ ขั้นตอนและเทคโนโลยีต่างๆ ที่ทำให้สามารถส่งหรือแปลความหมายของข้อมูลข่าวสารได้ ซึ่งเป็นกระบวนการในการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารกัน ในการติดต่อสื่อสารกันในระยะทางไกล อาจจะไม่สะดวกในการใช้สายส่งเป็นตัวนำพาสัญญาณข้อมูลข่าวสารกัน หรือเพื่อลดขีดจำกัดในด้านต่างๆของการสื่อสาร ดังเช่นการพัฒนาของการสื่อสารไร้สาย สำหรับคำว่าไร้สาย นั้นแสดงให้ทราบว่าสื่อตัวกลางที่นำพาสัญญาณให้กับระบบสื่อสารนั้น ไม่จำเป็นต้องใช้สายแต่มีการใช้เทคนิคและวิธีการเข้ามาช่วยในการนำพาข้อมูลข่าวสารผ่านตัวกลางที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ก่อนที่จะเริ่มกล่าวต่อไปในรายละเอียดของระบบสื่อสารไร้สาย ขอให้พิจารณาองค์ประกอบของระบบการสื่อสารไร้สาย ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกันกับองค์ประกอบโดยทั่วไปของการสื่อสารทุกประเภท ดังรูป



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงองค์ประกอบโดยทั่วไปของการสื่อสารทุกประเภท

จากรูป ระบบสื่อสารไม่ว่าในรูปแบบใดจะมีส่วนประกอบพื้นฐานที่เหมือนกันอยู่ 4 อย่างคือ

1. ตัวส่งสัญญาณ (Transmitter) ตัวส่งสัญญาณคือ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกออกแบบมาเพื่อที่จะแปลงข้อมูลข่าวสารหรือเสียงพูดให้เป็นสัญญาณรูปแบบที่สามารถส่งออกไปในตัวกลางหรือช่องสัญญาณได้แก่ อุปกรณ์ที่ใช้ในการส่งสัญญาณคลื่นวิทยุไมโครเวฟ
2. สื่อตัวกลาง หรือช่องสื่อสาร (Communication Channel) เป็นตัวกลางที่ให้สัญญาณอิเล็กทรอนิกส์สามารถส่งจากผู้ส่ง ณ สถานที่หนึ่งไปยังผู้รับในอีกสถานที่หนึ่งได้ ตัวกลางในที่นี้ได้แก่คลื่นวิทยุ และ ในตัวกลางนี้มีส่วนทำให้สัญญาณที่ถูกส่งลดทอนลงไปได้ส่วนหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สัญญาณรบกวน (Noise) เป็นสัญญาณของพลังงานรูปแบบต่างๆ ที่มีลักษณะไม่แน่นอนเข้ามาในระบบสื่อสาร มีผลรบกวนสัญญาณข้อมูลที่ถูกส่งมายังในช่องสื่อสาร บางครั้งสัญญาณรบกวนอาจเกิดขึ้นในวงจรของตัวรับสัญญาณก็ได้ สำหรับระบบสื่อสารไร้สายนั้น สัญญาณรบกวนมีอยู่ทั่วไปในอากาศ เช่น สัญญาณจากปรากฏการณ์ฟ้าแลบ
- ตัวรับสัญญาณ (Receiver) เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ถูกออกแบบให้รับสัญญาณ ที่ถูกส่งออกมาทางช่องสื่อสาร และทำการแปลงสัญญาณให้กับไปอยู่ในรูปแบบที่ผู้รับปลายทางสามารถเข้าใจได้ เช่น ตัวรับสัญญาณดาวเทียม

ความรู้พื้นฐานการสื่อสารไร้สาย

การทำการเข้าในระบบสื่อสารไร้สายควรที่จะทราบว่าสิ่งใดเป็นองค์ประกอบเบื้องต้นบ้าง ความคิดในครั้งแรกนั้นสงสัยว่าในเมื่อไม่มีสาย สิ่งใดบ้างที่เป็นตัวกลางสำหรับระบบ หากพิจารณาขยับไปในอดีตของวิธีการสื่อสารที่มนุษย์เคยใช้มา จะพบว่ามีรูปแบบการใช้พาหนะในการสื่อสารเป็นหลักใหญ่ ๆ อยู่สองรูปแบบนั่นคือ

- ระบบที่ใช้คลื่นวิทยุเป็นพาหนะ (Radio carrier) ได้แก่ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบวิทยุติดตามตัว ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม ระบบวิทยุกระจายเสียง และระบบคลื่นไมโครเวฟ
- ระบบที่ใช้คลื่นแสงเป็นพาหนะ (Light carrier) ได้แก่ระบบส่งข้อมูลผ่านแสงอินฟราเรดที่นำไปประยุกต์ใช้เช่น ระบบโลกอลแอเรียเน็ตเวิร์ก (LAN) ระบบสื่อสารผ่านแสงเลเซอร์อินฟราเรด

แถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetics Spetrum)

เนื่องจากสื่อตัวกลางทั้งสองแบบมีคุณสมบัติเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า จะขออธิบายถึงการจัดเรียงความถี่ต่าง ๆ ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้ในระบบสื่อสารซึ่งเสมือนการจัดการจัดสรรการใช้ความถี่ที่เป็นทรัพยากรที่สำคัญมาก เพราะคลื่นวิทยุและคลื่นแสงรวมอยู่ในแถบความถี่ดังกล่าวด้วย

ความถี่ (Frequency) หมายถึง จำนวนรอบของการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณใด ๆ ในช่วงเวลาหนึ่ง โดยหน่วยของการวัดความถี่นั้นมีค่าเป็นเฮิรตซ์

ส่วนประกอบของสัญญาณความถี่ก็จะมีระดับของสัญญาณหรือที่เรียกว่า แอมพลิจูด และความยาวคลื่นที่เรียกว่า แลมด้า

แถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบ่งออกเป็นแถบย่อยๆ ดังนี้

- ช่วงความถี่ต่ำสุด $30 \text{ Hz} - 300 \text{ Hz}$ มีความยาวคลื่น $10^7 - 10^6 \text{ m}$ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงนี้เป็นสัญญาณเสียงความถี่ต่ำสุดที่มนุษย์สามารถได้ยิน และเป็นช่วงความถี่ไฟฟ้าบ้านที่ $50 \text{ Hz} - 60 \text{ Hz}$
- ช่วงความถี่เสียง เป็นช่วงความถี่ $300 \text{ Hz} - 3000 \text{ Hz}$ มีความยาวคลื่น $10^6 - 10^5 \text{ m}$ คลื่นในช่วงนี้เป็นช่วงสัญญาณเสียงพูดปกติของมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ช่วงความถี่ต่ำมาก (Very Low Frequency) เป็นช่วงความถี่ $3 \text{ kHz} - 30 \text{ kHz}$ มีความยาวคลื่น $10^5 - 10^4 \text{ m}$ เป็นช่วงสัญญาณเสียงของเครื่องดนตรีและคลื่นสื่อสารของทหารใช้
 4. ช่วงความถี่ต่ำ (Low Frequency) เป็นช่วงความถี่ $30 \text{ kHz} - 300 \text{ kHz}$ มีความยาวคลื่น $10^4 - 10^3 \text{ m}$ เป็นช่วงสัญญาณที่ใช้ในการนำร่องของระบบการบินและการเดินเรือ
 5. ช่วงความถี่กลาง (Medium Frequency) เป็นช่วงความถี่ $300 \text{ kHz} - 3000 \text{ kHz}$ มีความยาวคลื่น $10^3 - 10^2$ ใช้สำหรับคลื่นวิทยุกระจายเสียงในระบบ AM (Amplitude Modulation) และยังใช้สำหรับการสื่อสารในระบบการบินและการเดินเรือ
 6. ช่วงความถี่สูง (High Frequency) เป็นช่วงความถี่ $3 \text{ MHz} - 30 \text{ MHz}$ มีความยาวคลื่น $10^2 - 10^1$ ความถี่สูงหรือที่เรียกว่า คลื่นสั้นนั้นใช้ในการกระจายเสียงวิทยุคลื่นสั้น เช่น สถานีวิทยุ ใช้ในการสื่อสารคลื่นวิทยุสองทิศทาง ใช้ในวิทยุสื่อสารของทหารหรือวิทยุสมัครเล่น
 7. ช่วงความถี่สูงมาก (Very High Frequency) เป็นช่วงความถี่ $30 \text{ MHz} - 300 \text{ MHz}$ มีความยาวคลื่น $10 - 1 \text{ m}$ เป็นช่วงความถี่ที่มีความหนาแน่นของการใช้งานมาก ได้แก่วิทยุกระจายเสียงในระบบ FM มีสถานีโทรทัศน์ช่อง 2 ถึงช่อง 13 มีบางช่วงเป็นความถี่สำหรับวิทยุสมัครเล่น และนอกจากนั้นยังมีการใช้งานในการบินและการเดินเรือ
 8. ช่วงความถี่อัลตราไฮ (Ultra High Frequency) เป็นช่วงความถี่ $300 \text{ MHz} - 3000 \text{ MHz}$ มีความยาวคลื่น $1 - 10^{-1}$ เป็นช่วงความถี่ที่มีการใช้งานมากอีกช่วงหนึ่งเช่นกัน มีสถานีโทรทัศน์ตั้งแต่ช่อง 14 ถึงช่อง 83 และถูกใช้งานอย่างมากในระบบสื่อสารเคลื่อนที่บริการด้านโทรศัพท์ระบบเซลลูลาร์ มีช่องความถี่สำหรับทหาร ระบบนำร่อง (Navigation) และระบบเรดาร์ สำหรับความถี่ที่สูงกว่า 1 GHz ขึ้นไปจะถูกเรียกว่า คลื่นไมโครเวฟ
 9. ช่วงความถี่ซูเปอร์ไฮ (Super High Frequency) เป็นช่วงความถี่ $3 \text{ GHz} - 30 \text{ GHz}$ มีความยาวคลื่น $10^{-1} - 10^{-2}$ คือย่านความถี่ไมโครเวฟ ซึ่งถูกใช้งานอย่างมากในระบบสื่อสารดาวเทียมและระบบเรดาร์
 10. ช่วงความถี่สูงสุด (Extremely High Frequency) เป็นช่วงความถี่ $30 \text{ GHz} - 300 \text{ GHz}$ มีความยาวคลื่น $10^{-2} - 10^{-3}$ ใช้สำหรับระบบสื่อสารดาวเทียมและระบบเรดาร์พิเศษ เนื่องจากอุปกรณ์สื่อสารที่ใช้ในย่านความถี่นี้มีความซับซ้อนมาก จึงยังมีการใช้งานในย่านนี้น้อย และสำหรับสัญญาณความถี่ที่อยู่เหนือขึ้นไปจากนี้จะถูกเรียกว่า มิลลิเมตร (Millimeter Wave)
 11. ช่วงความถี่อินฟราเรด (Infrared) มีความยาวคลื่น $0.7 - 100$ ไมครอน สำหรับสัญญาณไฟฟ้าที่มีความถี่สูงกว่า 300 GHz จะไม่นับเป็นคลื่นวิทยุ แต่มีการตั้งชื่อให้กับแต่ละความถี่ ช่วงความถี่อินฟราเรดนี้อยู่ระหว่างคลื่นวิทยุที่สูงสุดและคลื่นแสงที่ตามองเห็น
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาระดับอุดมศึกษาเท่านั้น การนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย การนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย การนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตถือว่าผิดกฎหมาย

กำเนิดความร้อนก็จะมีการแพร่กระจายอินฟราเรดความถี่อินฟราเรดสามารถสร้างขึ้นได้ด้วย LED ชนิดพิเศษการใช้งานของอินฟราเรดก็เช่นในงานดาราศาสตร์ สำหรับการตรวจจับดาวหรือวัตถุในอวกาศ ใช้ในระบบควบคุมระยะไกล (Remote control) เช่น ของโทรทัศน์ นอกจากนี้อินฟราเรดยังมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับแสง โดยสามารถถูกควบคุมด้วยเลนส์และกระจกได้

12. ช่วงความถี่ที่มองเห็นได้ (Visible Spectrum) มีความยาวคลื่น 4000 – 8000 อังสตรอม ความถี่ของอินฟราเรด เป็นแถบของคลื่นที่มนุษย์มองเห็นได้ นั่นคือแสงมีหน่วยของการวัดความยาวของคลื่นเป็นอังสตรอม คลยหนึ่งอังสตรอมมีค่าเท่ากับหนึ่งส่วนหมื่นของไมครอนช่วงของคลื่นแสงสีแดงจะอยู่ที่ 8000 อังสตรอมส่วนคลื่นสีม่วง อยู่ที่ 4000 อังสตรอม แสงถูกใช้ในการสื่อสารหลายอย่างเพราะสามารถมอดูเลตและส่งสัญญาณเข้าไปในสายใยแก้วนำแสง (Fiber Optic) ได้แสงมีประโยชน์สูงสุด เนื่องจากความถี่มีค่าสูงทำให้สามารถบรรจุข้อมูลจำนวนมากลงไปได้ แสงสามารถส่งออกไปในอากาศได้โดยการเพิ่มความเข้มของแสงและทำให้ลำของแสงมีขนาดเล็กลง ซึ่งเรียกว่า เลเซอร์ (Lazer) ทำให้มีการใช้แสงเลเซอร์ในการมอดูเลตสัญญาณเสียง ภาพ และข้อมูลลงไปได้

ในสภาวะปกติคลื่นวิทยุจะเดินทางจากจุดหนึ่งถึงจุดหนึ่ง โดยความเร็วเท่ากับแสงคือมีความเร็วเท่ากับแสง ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ ความยาวคลื่นและความเร็วหาได้จากสูตร

$$\lambda = v/f$$

$$\lambda = \text{ความยาวคลื่น (เมตร)}$$

$$v = \text{ความเร็วของคลื่นวิทยุ (เมตร / วินาที)}$$

$$f = \text{ความถี่ (เฮิรตซ์)}$$

ระบบคลื่นพาหะที่เป็นคลื่นวิทยุ (Radio Carrier)

การสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุอาจเรียกได้ว่า เป็นการพัฒนาให้มนุษย์สามารถส่งข้อมูลหรือเสียงไปได้ไกล ๆ โดยไม่ต้องพึ่งสาย โดยธรรมชาติของคลื่นวิทยุนั้นเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ขั้นตอนคือมีการแพร่กระจายพลังงานคลื่นจากสายอากาศทางด้านผู้ส่ง ซึ่งคลื่นสามารถเดินทางได้เร็วเท่ากับความเร็วแสง นั่นคือ 186000 ไมล์ ต่อวินาทีหรือ 300000000 เมตรต่อวินาที เมื่อคลื่นเดินทางมาถึงสายอากาศด้านผู้รับจะเกิดค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าจำนวนน้อย ๆ ค่าหนึ่ง ซึ่งหากมีการขยาย และมีการแปลงสัญญาณที่มีการส่งมาก็จะได้สัญญาณเดิมกลับมา ส่วนข้อมูลข่าวสารหรือเสียงของมนุษย์นั้นไม่มีวิธีการก็คือ นำเสียงพูดรวมเข้าไปกลับสัญญาณคลื่นวิทยุที่เป็นสื่ออีกช่วงความถี่หนึ่ง เราเรียกขั้นตอนดังกล่าวว่าการมอดูเลต (Modulation)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมอดูเลชัน (Modulation Technique)

จากความต้องการที่จะมีการติดต่อสื่อสารระยะไกล สัญญาณเสียงพูดของมนุษย์ซึ่งอยู่ในช่วงความถี่ต่ำมีความยาวคลื่นมาก หากต้องการส่งสัญญาณเสียงพูดออกไปในอากาศก็จำเป็นต้องใช้เสาอากาศที่มีขนาดสูงมากซึ่งไม่เหมาะสมและอาจมีสัญญาณรบกวนได้ง่าย จึงมีการคิดค้นเทคนิคที่จะทำให้เปลี่ยนความถี่ของเสียงพูดให้ไปอยู่ในอีกช่วงความถี่หนึ่งบนแถบความถี่ที่เหมาะสมสำหรับการส่งออกไปในอากาศ การมอดูเลชันเป็นเทคนิคที่สำคัญเป็นวิธีการเปลี่ยนรูปแบบของสัญญาณหนึ่งให้เป็นไปตามรูปแบบของสัญญาณอีกชุดหนึ่ง ซึ่งเป็นข้อมูลหรือเสียงพูดที่ต้องการส่ง สัญญาณข้อมูลหรือเสียงพูดจะถูกเรียกว่ามอดูเลตติ้งซิกแนล (Modulating Signal) ส่วนสัญญาณจะถูกเรียกว่า Carrier หรือมอดูเลตเวฟ

เครื่องส่งสัญญาณคลื่นวิทยุ (Radio Transmitters)

จุดเริ่มต้นของการส่งคลื่นวิทยุนั้นประกอบด้วย การสร้างสัญญาณที่เป็นสื่อหรือพาหะ ที่เรียกว่า Carrier Generation นำสัญญาณมอดูเลตกับสัญญาณข้อมูลหรือเสียง แล้วจึงทำการขยายสัญญาณเพื่อส่งออกไปยังสายอากาศ หรือตัวนำคลื่นเป็นสัญญาณความถี่วิทยุยกตัวอย่างเช่น เครื่องส่งสัญญาณรหัสมอร์สหรือเครื่องส่งสัญญาณแบบคลื่นต่อเนื่อง ที่ให้สัญญาณแบบสั้นและยาวที่เรียกว่า Dot and Dash โดยมีวงจรสร้างสัญญาณพาหะก็คือ ออสซิลเลเตอร์ ซึ่งต่อเชื่อมเข้ากับวงจรขยายเพื่อเพิ่มกำลังส่งออกไปกับสายอากาศ ส่วนที่สร้างสัญญาณข้อมูลเพียงต่อสัญญาณที่ได้จากออสซิลเลเตอร์เข้ากับสวิทช์แบบกดติดปล่อยดับที่ต่อสัญญาณลงกราวด์ จากตัวอย่างดังกล่าวทำให้พอที่จะมองภาพของส่วนประกอบของเครื่องส่งสัญญาณได้ดังนี้

1. วงจรสร้างสัญญาณพาหะ (Carrier Generator) โดยส่วนมากจะเป็นวงจรคริสตอลออสซิลเลเตอร์ (Crystal Oscillator) ซึ่งจะให้สัญญาณความถี่ที่ต้องการได้เที่ยงตรงและมีเสถียรภาพดี โดยส่วนมากมักมีการต่อวงจรขยายแบบบัฟเฟอร์เข้าไปเพื่อแยกวงจรออสซิลเลเตอร์ออกจากโหลด เป็นการป้องกันการเปลี่ยนความถี่เนื่องจากค่าโหลดของวงจรออสซิลเลเตอร์มีการเปลี่ยนแปลงไป
2. วงจรมอดูเลตสัญญาณ ทำการแปลงคุณสมบัติของสัญญาณพาหะ ให้มีลักษณะตามการเปลี่ยนแปลงข้อมูลหรือเสียงพูดที่ต้องการส่ง จากตัวอย่างข้างต้นก็เหมือนกับสวิทช์ที่ต่อลงกราวด์หรือจะเป็นวงจรมอดูเลตในวิธีการต่าง ๆ เช่น แอมพลิจูดมอดูเลชัน หรือรีคลอนซีมมอดูเลชัน
3. วงจรขยาย (Amplifier) เป็นการขยายสัญญาณในรูปแบบต่างๆ ในขั้นตอนที่ต่างกัน ตัวอย่างเช่นวงจรขยายภาคสุดท้ายก่อนที่จะออกไปที่สายอากาศ
4. วงจรอิมพีแดนซ์แมตชิ่ง (Impedance Matching Circuit) เป็นวงจรที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อระหว่างวงจรขยายความถี่วิทยุ ในแต่ละภาคเพื่อให้ได้กำลังส่งมากที่สุด การที่จะทำให้มีการถ่ายพลังงานมากที่สุดจากวงจรขยายชุดหนึ่งจะต้องมีค่าของอิมพีแดนซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของวงจรแรก เท่ากับค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าของวงจรถัดไป วงจรอิมพีแดนซ์แมตซ์ชิ่งโดยทั่วไปเป็นวงจรของตัวนำและตัวเก็บประจุ LC ที่มีรูปแบบการต่อต่างๆกัน

5. วงจรกระบวนการเสียง (Speech Processing Circuit) เป็นวงจรอีกส่วนหนึ่งซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวกับเสียงในระบบของเครื่องส่ง เช่น ในเครื่องส่งอาจมีวงจรที่ใช้สำหรับป้องกันการมอดูเลชันมากเกินไป หรือตัวอย่างของวงจรกระบวนการเสียง เช่น วงจรจำกัดกำลังงานของเสียง ซึ่งใช้ไดโอดในการลดแอมพลิจูดของสัญญาณในการมอดูเลชันเสียง

เครื่องรับสัญญาณ (Communication Receiver)

หน้าที่ของเครื่องรับสัญญาณคือ ทำการเลือกช่องสัญญาณที่ต้องการออกมาจากสัญญาณอื่นๆ ที่ถูกส่งออกมาในอากาศ และขยายสัญญาณกลังไปเป็นสัญญาณข้อมูลที่ส่งมาได้ โดยปกติเครื่องรับจะมีปัจจัย 2 ประการที่ต้องคำนึงดังนี้

1. ค่า Selectivity หมายถึง ความสามารถในการรับสัญญาณ โดยเลือกเอาเฉพาะช่องสัญญาณที่ต้องการเข้ามาเท่านั้น หากค่าเครื่องรับสัญญาณมีค่า Selectivity ที่ดี ก็จะสามารถรับสัญญาณช่องที่ต้องการและกำจัดช่องสัญญาณข้างเคียงออกไปได้
2. ค่า Sensitivity หมายถึง ความสามารถในการรับสัญญาณที่ต้องการที่มีขนาดเล็กหรือสัญญาณอ่อนแล้วนำมาขยายให้ได้สัญญาณที่มีความแรงมากขึ้น โดยปกติค่า Sensitivity จะแสดงถึงการขยายสัญญาณด้วย นั่นคือยังมีกำลังขยายมากค่า Sensivity ยิ่งดี และจะแสดงอยู่ในรูปของค่าแรงดันของสัญญาณขาเข้าที่มีขนาดเล็กที่สุดซึ่งจะสามารถขยายสัญญาณได้มากกว่า 10 เท่าของสัญญาณรบกวน

3.2 ภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF

วิทยุสื่อสารชนิดคดปุ่มแบบ DTMF ประกอบด้วยปุ่มกดจำนวน 12 ปุ่ม มีการทำงานเป็นแบบ Dual Tone Multi Frequency ปุ่มกดจะแบ่งเป็น Row 4 แถว และ Colum 3 แถว ประกอบกันเป็นรูป Matrix ในแต่ละ Row แต่ละ Colum จะมีค่าความถี่ประจำตำแหน่งตาราง

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าประจำตำแหน่งของวิทยุสื่อสารชนิดคดปุ่มแบบ DTMF

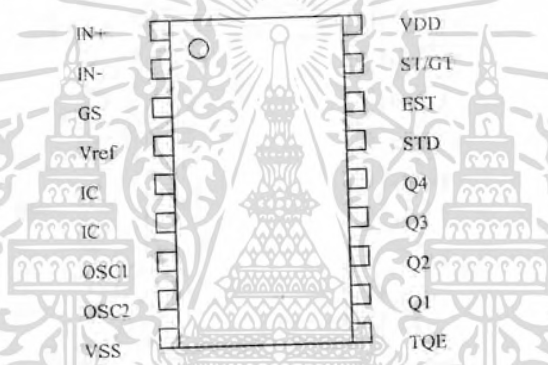
	C1	C2	C3
	1209 Hz	1336 Hz	1447 Hz
R1 695 Hz	1	2	3
R2 770 Hz	4	5	6
R3 852 Hz	7	8	9
R4 941 Hz	*	0	#

การสร้างวงจรเพื่อถอดรหัสค่าความถี่นี้ ในปัจจุบันได้มีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นี้โดยเฉพาะ คือ ไอซีเบอร์ MT 8880C ของบริษัท Intel ซึ่งทำหน้าที่รับสัญญาณ DTMF มาแปลงให้เป็นค่าตัวเลขฐานสองขนาด 4 บิต ซึ่งในโครงการนี้จะใช้ ไอซี เบอร์นี้มาทำเป็นตัวถอดรหัส DTMF

คุณสมบัติของ MT 8880C

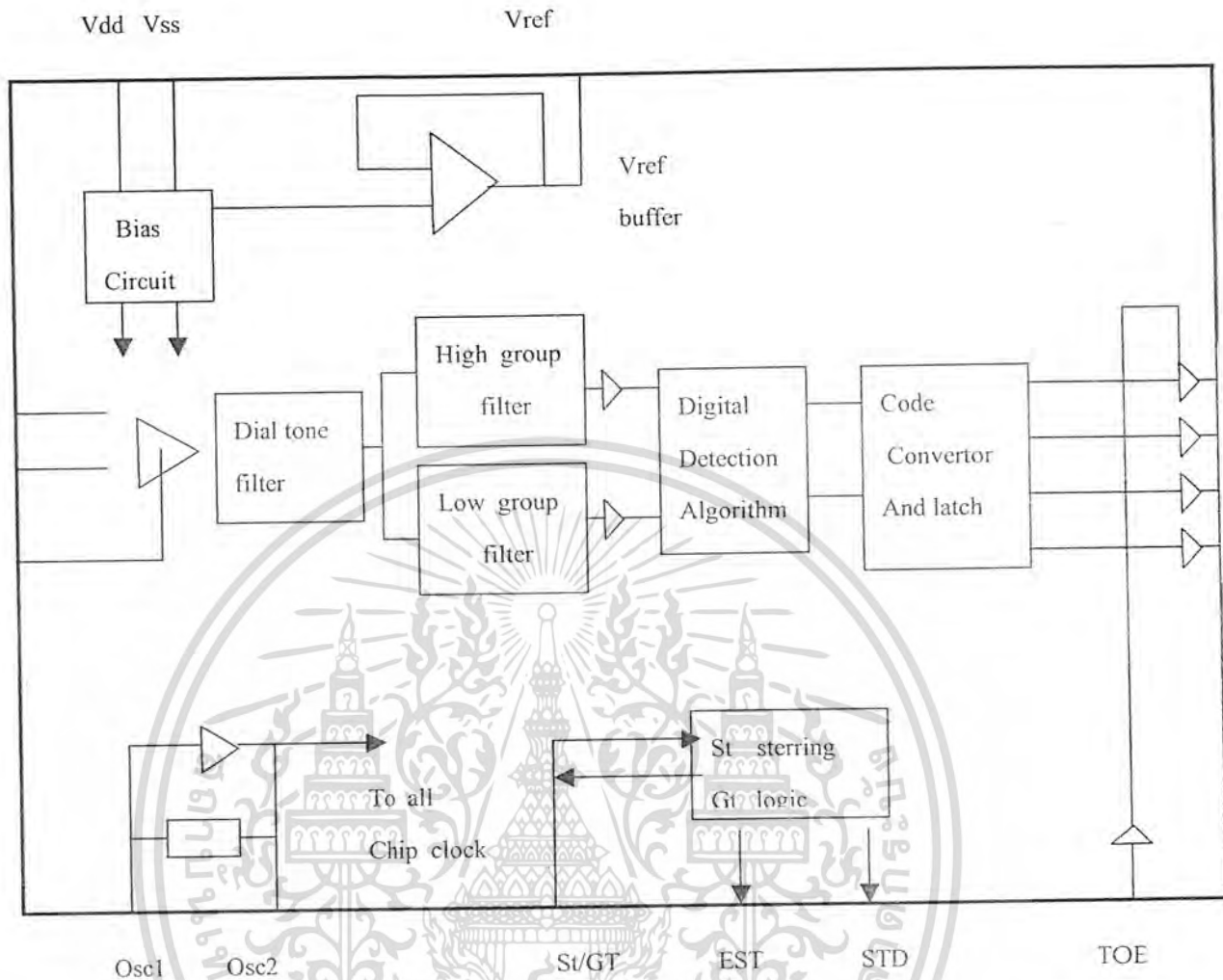
- เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ DTMF
- กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
- เป็นไอซีคุณภาพสูง

ไอซีเบอร์ MT 8880C นี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณ DTMF ซึ่งเป็นสัญญาณ Analog สองความถี่ได้เป็นอย่างดีแม้ว่าสัญญาณที่ได้จากการกดปุ่มของวิทยุสื่อสารจะมีลักษณะไม่เป็นคลื่น Sine ที่แท้จริงก็ตาม ไอซีเบอร์นี้ก็ยังสามารถยอมรับและถอดรหัสออกมาได้



รูปที่ 3.2 แสดงขาไอซีเบอร์ MT 8880C

โครงสร้างของ MT 8880C ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่ และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิทัล ซึ่งเป็นไอซีที่สร้างขึ้นโดยใช้เทคโนโลยี ISO2-CMOS ในส่วนของวงจรกรองความถี่ใช้เทคนิคของสวิทช์คาปาซิเตอร์ สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางดิจิทัล เพื่อตรวจจับสัญญาณ และถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ให้ออกเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต และเช็คช่วงเวลาที่ได้รับสัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุทเป็นออปแอมป์ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้ ส่วนภาควงจรเอาต์พุทเป็นวงจรเลขที่ 3 สถานะ



รูปที่ 3.3 แสดงโครงสร้างภายในของไอซีเบอร์ MT8880C

ฟังก์ชันการทำงานภายในของ MT 8880C แบ่งได้ออกเป็น 5 ส่วนคือ

1. ภาคกรองความถี่ (Filter Section) ในส่วนนี้จะแยกสัญญาณ DTMF เข้ามาออกเป็นกลุ่มความถี่ คือช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองแถบความถี่ 6 อันดับ สวิตซ์คาปาซิเตอร์ (Six-Order Switched Capacitor Band Pass Filter)
2. ภาคถอดรหัส (Decode Section) ความถี่ที่ได้ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกมาเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอลและมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบได้ว่าความถี่ถูกต้องสัญญาณที่ขา Est ก็จะแอกทีฟ สำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ
3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering Circuit) ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาท์พุทจะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามกำหนดหรือไม่โดย

เป็นช่วง ๆ เป็นเวลาพอสมควร ไม่เช่นนั้นวงส่วนนี้จะไม่ได้รับโดยที่ว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลาจะยาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดย RC ต่อภายนอก สัญญาณที่ขา Est จะเป็นระดับสูง นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่ความถี่ DTMF เข้ามา เมื่อขา Est เป็น HIGH ทำให้ Vc สูงขึ้นถึงค่าเทรซโวลต์วงจรต่อรหัสจึงจะถอดรหัสออกเป็นเลข 4 บิต

4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (Differential Input) วงจรส่วนอินพุทของ MT 8880C เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตรา โดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไป ดังรูปที่ 3.2 แสดงการต่อวงจรภายนอกเข้ากับอินพุท ซึ่งสามารถคำนวณอัตราขยายความแตกต่างของอินพุทและอิมพีแดนซ์ได้

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่าง ๆ

F _{Low}	F _{High}	NO	TOE	Q4	Q3	Q2	Q1
697	1209	1	H	0	0	0	1
697	1336	2	H	0	0	1	0
697	1477	3	H	0	0	1	1
770	1209	4	H	0	1	0	0
770	1336	5	H	0	1	0	1
770	1477	6	H	0	1	1	0
852	1209	7	H	0	1	1	1
852	1336	8	H	1	0	0	0
852	1477	9	H	1	0	0	1
941	1336	0	H	1	0	1	0
941	1209	*	H	1	0	1	1
941	1477	#	H	1	1	0	1
697	1633	A	H	1	1	0	1
770	1633	B	H	1	1	1	0
852	1633	C	H	1	1	1	1
941	1633	D	H	0	0	0	0
-	-	-	ANY	Z	Z	Z	Z

5. ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator) ในภาคนี้ไอซีจะมีวงจรอยู่แล้วภายใน เพียงแค่ต่อ

แร่คริสตัลก็สามารถใช้งานได้ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ DTMF ที่ถูกส่งมาจากภาคส่งสัญญาณจะถูกแยกองค์ประกอบของสัญญาณเพื่อนำเอาข้อมูลที่ได้ไปเข้ารหัสเลขฐานสองอีกครั้งหนึ่ง ก่อนส่งไปควบคุมที่ภาคเอาต์พุต เกือบทั้งหมดนี้เราสามารถทำงานโดยใช้ไอซีเพียงตัวเดียว ในโครงการนี้ใช้ไอซีเบอร์ MT 8880C ซึ่งเป็นไอซีถอดรหัสที่ใช้กันกันอย่างแพร่หลาย

โครงสร้างภายในของ Mt 8880C ประกอบไปด้วย ภาคกรองความถี่ ภาคถอดรหัส ภาคตรวจสอบสัญญาณ ภาคขยายสัญญาณอินพุต และภาคกำเนิดความถี่

การทำงานจะเริ่มจากสัญญาณจากภาคส่งสัญญาณ ถูกป้อนเข้ามาทางอินพุต ซึ่งจะถูกลบโดยออปแอมป์ จากนั้นสัญญาณที่ถูกขยายแล้วจะถูกส่งต่อไปยังภาคกรองสัญญาณ ซึ่งมีอยู่ 2 ส่วนกรองสัญญาณ DTMF เป็นแบนด์พาสฟิลเตอร์ ทำหน้าที่กรองเอาเฉพาะสัญญาณ DTMF ออกมาเนื่องจากสัญญาณที่ส่งมาจากภาคส่งสัญญาณ อาจมีสัญญาณอื่นปะปนเข้ามาระหว่างทางได้ จึงจำเป็นต้องกรองออกไป และยังมีส่วนกรองสัญญาณความถี่สูงก็กรองความถี่ต่ำ

ที่ภาคกรองความถี่สูงจะกรองเฉพาะกลุ่มความถี่สูงของ DTMF และภาคกรองความถี่ต่ำก็จะกรองเอาเฉพาะกลุ่มความถี่ต่ำของ DTMF จากนั้นสัญญาณทั้ง 2 ส่วน ที่ผ่านวงจรกรองแล้วจะถูกส่งต่อไปยังภาคถอดรหัสเพื่อทำการแปลงความถี่ DTMF ที่ได้ ให้เป็นรหัสเลขฐานสอง

แต่ถึงแม้ว่าภาคกรองความถี่จะมีถึง 2 ส่วน แต่ก็เชื่อว่าความถี่ที่ผ่านวงจรกรองมาได้จะเป็นความถี่ DTMF ที่ถูกต้องเสมอไป แต่อาจเป็นสัญญาณรบกวนที่ความถี่ใกล้เคียงกันก็ได้ ดังนั้นจึงต้องมีการตรวจสอบสัญญาณเพื่อตรวจสอบว่า ความถี่ที่ผ่านวงจรกรองมาได้ ใช่ความถี่ DTMF ที่ต้องการหรือไม่โดยมีการตรวจสอบทั้งที่ภาคถอดรหัสสัญญาณ และภาคตรวจสอบสัญญาณ

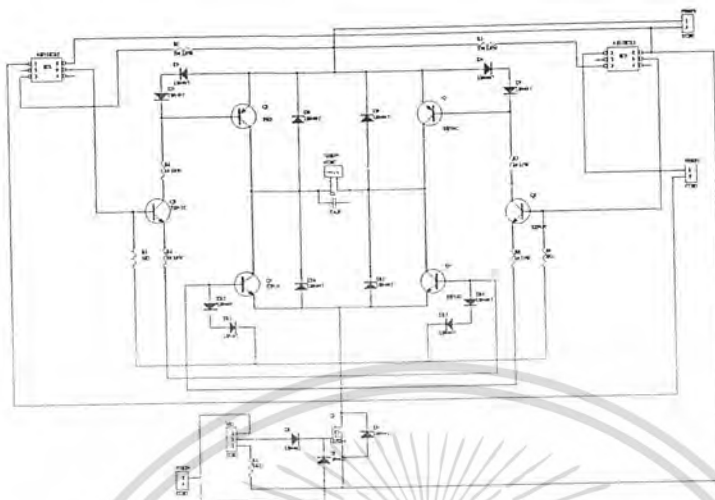
การถอดรหัส DTMF จะใช้ไอซี MT 8880C เป็นตัวถอดรหัส โดยสัญญาณ DTMF ที่ถูกส่งมาจากภาคกำเนิดสัญญาณควบคุมจะถูกขับไปถึงผ่าน C1 ไปยังไอซีถอดรหัส ซึ่งจะทำการแปลงสัญญาณ DTMF ให้เป็นรหัสเลขฐานสอง 4 บิต ออกมาทางขา Q1, Q2, Q3, และ Q4 โดยที่ Q1 เป็นตำแหน่งบิตสูงสุดและ Q4 เป็นตำแหน่งบิตต่ำสุดจากนั้นรหัสเลขฐานสอง 4 บิต จะถูกส่งต่อไปยังไอซีเบอร์ 74154 ซึ่งเป็นไอซีถอดรหัสเข้า 4 ออก 16 ไบนารีจะถูกแปลงเป็นหมายเลขต่าง ๆ แล้วแสดงผลออกทางขาหมายเลขนั้น ซึ่งจะถูกใช้เป็นส่วนสัญญาณนาฬิกาป้อนให้กับภาคตัดต่อสวิทช์

ในส่วนของไอซี MT 8880C นี้จะใช้คริสตอล 30579 MHz₂ ต่อเข้ากับขา oscillator ทั้ง 2 ขาของไอซีซึ่งภายในจะเป็นนอร์เกต ทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดสัญญาณอ้างอิงภายในไอซีเพื่อใช้ถอดรหัสความถี่ DTMF

สำหรับวงจรของภาคถอดรหัสสัญญาณ DTMF สามารถเปิดศึกษาได้ที่ภาคผนวกท้ายปริญญา นีพนธ์ฉบับนี้ ซึ่งจะแสดงการต่อการใช้งานของขาต่าง ๆ ของไอซี เบอร์ MT 8880C ต่อการใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ภายนอก ที่อินพุตของไอซี จะทำการรับ เอ้าท์พุตมาจากอุปกรณ์ภายนอก และทำการแปลงสัญญาณ DTMF ที่ได้รับมาจากอินพุต เป็นแรงดันไฟ แรงดันไฟฟ้าป้อนให้กับภาคของวงจรควบคุมการทำงาน โดยมี ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS51 เป็นหัวใจหลักในการทำงานของภาคควบคุมการทำงาน และทำให้ตัวหุ่นยนต์ สามารถปฏิบัติตามคำสั่งตามที่เราได้ทำการกดแป้นคำสั่งที่เครื่องส่งวิทยุได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรควบคุมการกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

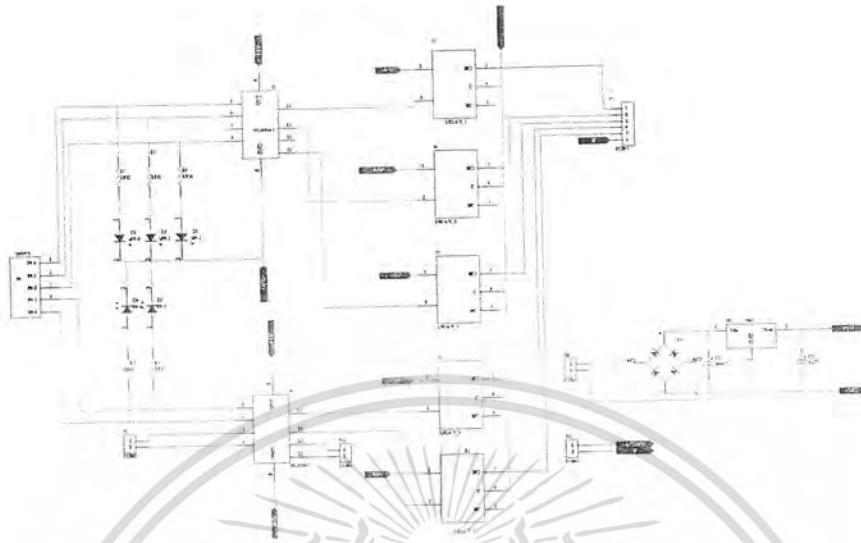


รูปที่ 3.4 แสดงการออกแบบวงจรควบคุมการกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

วงจรควบคุมการกลับทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ได้ทำการออกแบบมานี้จะมีหน้าที่ในการบังคับให้แทนที่ใช้สำหรับตัดวงจรพีชสามารถเคลื่อนที่เลื่อนขึ้น-ลง และสายซ้าย-ขวาไปมาได้ และได้ใช้วงจรที่ได้ทำการออกแบบนี้เป็นจำนวน 2 ชุด โดยชุดที่ 1 ใช้ควบคุมการเลื่อนขึ้น-ลง ของแทนตัดวงจรพีช และชุดที่ 2 ใช้ในการสายซ้าย-ขวา ของมอเตอร์ที่ใช้ในการตัดวงจรพีช ที่ได้กล่าวไปแล้วในข้างต้น และมีหลักการทำงานที่เหมือนกัน คือ เมื่อเราป้อนสัญญาณอินพุตให้กับ ออปโตทรานซิสเตอร์ตัวที่ 1 (Opto Transistor 1) ก็จะทำให้มีกระแสไหลจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรง (V_{cc}) ผ่านตัวต้านทานตัวที่ 1 (R_1) ทำให้เกิดแรงดันคร่อมตัวต้านทานตัวที่ 7 (R_7) ไปอัสให้กับทรานซิสเตอร์ตัวที่ 1 (Q_1) ซึ่งก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 5 (Q_5) เกิดการนำกระแส ด้วย โดยมีไดโอดตัวที่ 1 (D_1) และไดโอดตัวที่ 2 (D_2) จำกัดแรงดันที่ขาเบส (Base) และขาอิมิตเตอร์ (Emitter) (V_{BE}) ของทรานซิสเตอร์ตัวที่ 5 (Q_5) ให้มีขนาดไม่เกิน 1.4 โวลต์ เพื่อป้องกันการเสียหายที่จะเกิดขึ้นกับทรานซิสเตอร์ตัวที่ 5 (Q_5) ในขณะที่น่ากระแสมา ๆ และในขณะเดียวกันเมื่อทรานซิสเตอร์ตัวที่ 1 นำกระแส ก็จะมีกระแสส่วนหนึ่งจากขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์ตัวที่ 1 ไปไบอัส (Bias) ที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ตัวที่ 3 (Q_3) ซึ่งก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์ตัวที่ 3 นำกระแส แรงดันไฟจากแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงผ่านทรานซิสเตอร์ตัวที่ 4 (Q_4) ผ่านทรานซิสเตอร์ตัวที่ 6 (Q_6) ซึ่งมอเตอร์ก็จะเริ่มหมุนได้นั่นเอง และในหลักการทำงานที่เหมือนกันเมื่อต้องการกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงให้หมุนกลับในอีกทางหนึ่งก็ทำการจ่ายแรงดันอินพุต 5 โวลต์ให้กับออปโตทรานซิสเตอร์ตัวที่ 2 (Opto Transistor 2) การทำงานก็จะเหมือนกับที่ได้กล่าวมาแล้วซึ่งจะทำให้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหมุนกลับอีกทางหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรควบคุมการขับเคลื่อนและตัดวัชพืชของหุ่นยนต์



รูปที่ 3.5 แสดงวงจรควบคุมการขับเคลื่อนและตัดวัชพืชของหุ่นยนต์

วงจรควบคุมการขับเคลื่อนของตัวหุ่นยนต์ประกอบไปด้วยส่วนที่สำคัญ คือ รีเลย์ 4 ตัว ที่ใช้ในการควบคุมซึ่งเมื่อมีแรงดันไฟ 5 โวลต์ ที่ได้จาก ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS 51 ทำการ Trig เข้าที่ รีเลย์ ตัวใดหน้าสัมผัสของรีเลย์ตัวนั้นจะทำการตัดต่อแรงดันไฟ 110 โวลต์ ให้ผ่านตัวมันเองไปทำการ Trig ให้แมกเนติก (MAGNETIC) ทำการส่งผ่านแรงดันไฟ 220 โวลต์ให้กับมอเตอร์กระแสสลับที่ทำหน้าที่ในการขับเคลื่อนตัวหุ่นยนต์ให้เคลื่อนที่ได้อีกทีหนึ่ง และรีเลย์ อีก 1 ตัว จะใช้ในการควบคุมการหมุนของมอเตอร์ที่ใช้ในการตัดวัชพืช ของหุ่นยนต์ซึ่งมีหลักการและการทำงาน เหมือนกับรีเลย์ที่ใช้ในการควบคุมการเคลื่อนที่ของตัวหุ่นยนต์นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

โครงสร้างและการออกแบบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดและการออกแบบส่วนต่างๆ ของการสร้างหุ่นยนต์ตัดวัชพืชในสนามกอล์ฟที่ระเบิดทั้งหมด

4.1 ลักษณะโครงสร้าง

ในการออกแบบสร้างหุ่นยนต์ตัดวัชพืชในสนามกอล์ฟที่ระเบิด ได้ออกแบบให้มีลักษณะเป็นล้อตีนตะขาบ ซึ่งข้อดีของล้อตีนตะขาบมีดังนี้

1. จะมีกำลังดูดลากสูง ระหว่างที่ตัวรถเคลื่อนที่จะทำให้มีแรงดูดสูง จึงทำให้แรงขับเคลื่อนจากระบบถ่ายทอดกำลังของรถ ส่งกำลังขับให้ตัวรถเคลื่อนที่ได้โดยใช้ตีนตะขาบไม่ลื่นไถล หรือลื่นไถลก็เพียงเล็กน้อย ไม่เกินร้อยละ 3 ของกำลังดูดลาก

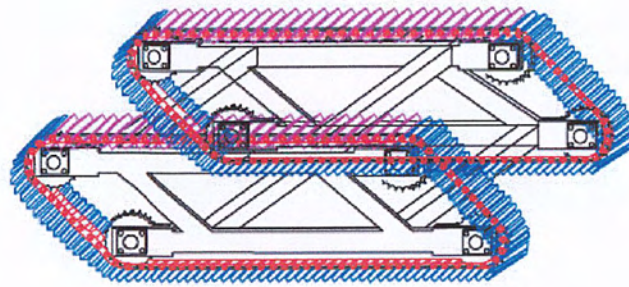
2. บรรทุกน้ำหนักได้มาก เนื่องจากตัวรถมีความดันเฉลี่ยกับพื้นน้อย และมีการทรงตัวดีทั้งนี้เนื่องจากระบบเครื่องล่างของรถตีนตะขาบได้รับการออกแบบให้มีโครงเครื่องล่าง ซึ่งเป็น โครงสร้างซึ่งสามารถรับน้ำหนักได้มาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ขนาดของแผ่นตะขาบจะรับน้ำหนักได้มากขึ้น

3. รถตีนตะขาบมีการทรงตัวดีขณะแล่นเคลื่อนที่ ทั้งนี้เนื่องจากใช้ตีนตะขาบทั้ง 2 ข้างมีพื้นที่รองรับกว้างและติดตั้งอยู่ห่างกัน นอกจากนี้ ใช้ตีนตะขาบเกาะยึดพื้นได้แน่น ไม่ลื่นไถล และมีเฟืองล้อขับ สับลงบนสลักของใช้ตีนตะขาบ ไม่หลุดลื่นเมื่อถูกใช้งาน



รูปที่ 4.1 โครงสร้างตัวรถโดยรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โครงการตัวรถไฮดรอลิก

รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะล้อตีนตะขาบ

เนื่องจากตัวหุ่นยนต์ต้องการความแข็งแรงทนทานเป็นอย่างมาก ได้ออกแบบโดยใช้เหล็กเป็นวัสดุในการทำโครงสร้างหุ่นยนต์ทั้งหมดจะทำให้มีความแข็งแรง ทนทาน และรับน้ำหนักได้มาก

ขนาดของเฟืองที่ใช้ในการขับเคลื่อน

เป็นเฟืองเหล็กขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 นิ้ว จำนวนฟันเฟือง 21 ฟัน ใช้กับเพลานขนาด 1 นิ้ว เจาะรูเพื่อลดน้ำหนักของตัวเฟือง และเพื่อความสวยงาม

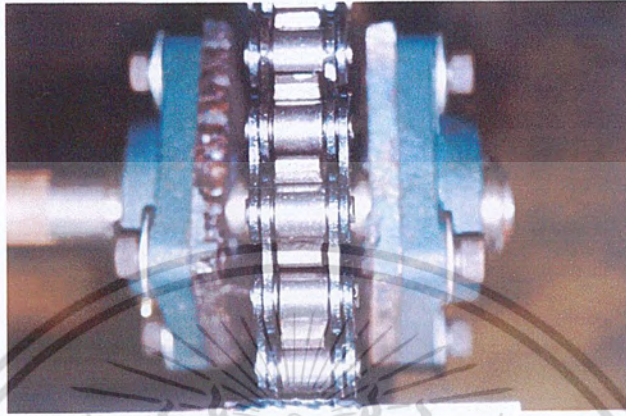


รูปที่ 4.3 แสดงเฟืองก่อนเจาะและเฟืองหลังเจาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของโซ่ที่ใช้ในโรงงาน

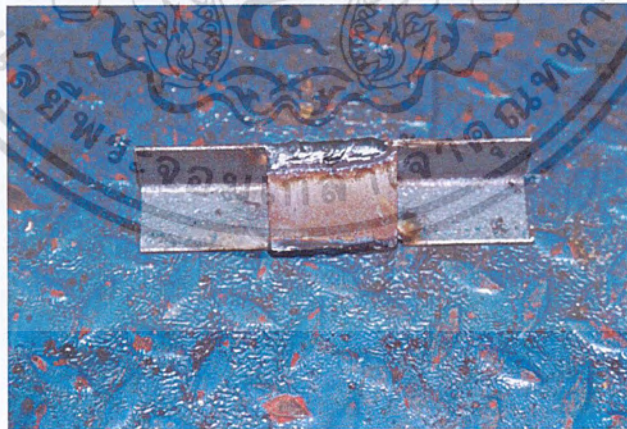
ใช้โซ่เพื่อเป็นตัวส่งกำลังดินตะขาบให้เคลื่อนที่ไป ขนาดของโซ่ เบอร์ 80 ซึ่งเป็นโซ่ขนาดใหญ่พอที่จะสามารถรับน้ำหนักของตัวหุ่นยนต์ได้



รูปที่ 4.4 แสดงขนาดของโซ่

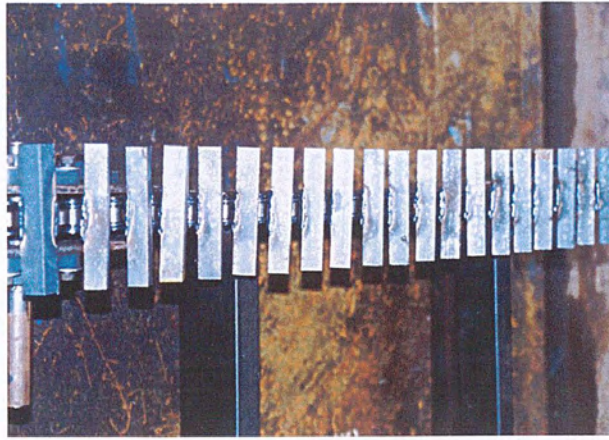
ลักษณะของตัวดินตะขาบ

ใช้เหล็กฉากตัดมีขนาด 13 x 3.5 ซม. เชื่อมต่อกับเหล็กแผ่นตัดมีขนาด 3.5 x 4.2 x 0.3 ซม. จากนั้นนำไปเชื่อมต่อกับโซ่อีกครั้งซึ่งจะได้เป็นลักษณะของล้อดินตะขาบ ดังรูป



รูปที่ 4.5 แสดงตัวดินตะขาบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แสดงดินตะขบ

ใบตัดและมอเตอร์ควบคุมใบตัด

มอเตอร์ควบคุมใบตัดใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับที่มีอัตราการหมุนที่เร็วจำนวนรอบประมาณ 1400 รอบ/นาที เพื่อบังคับใบตัดหมุนในอัตราเร็วเช่นกัน ส่วนตัวใบตัดเป็นการประยุกต์ใช้จากใบตัดเครื่องตัดหญ้าที่มีขายอยู่ตามท้องตลาดทั่วไป ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการซ่อมบำรุงและซื้ออะไหล่เปลี่ยน

4.1.2 ระบบขับเคลื่อนขึ้น-ลง และสายซ้าย-ขวา

ใช้มอเตอร์กระแสตรงในการควบคุม เพื่อสะดวกในการควบคุม การหมุนขึ้น-ลง และการเคลื่อนซ้าย-ขวา ทำให้ใบตัดหมุนสายซ้าย-ขวา ได้รัศมีวงกว้าง ในการตัดวัชพืช และมอเตอร์ที่ใช้ควบคุมการเคลื่อนขึ้น-ลงของแท่นตัด ทำให้สามารถปรับตำแหน่งในการตัดได้ และสะดวกในการเคลื่อนที่ขึ้นในพื้นที่ที่เป็นเนินต่างระดับกัน

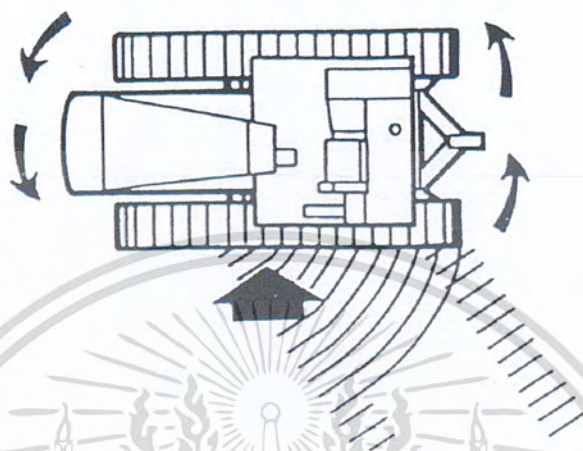


รูปที่ 4.7 แสดงมอเตอร์ เคลื่อนขึ้น-ลง และสายซ้าย-ขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ระบบบังคับลิ้ว

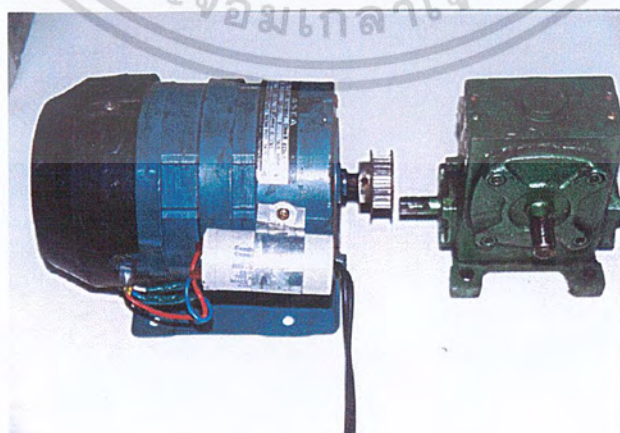
ชุดบังคับลิ้วจะใช้มอเตอร์ 2 ตัว ในการลิ้ว จะทำการลิ้วโดยให้มอเตอร์ซ้ายซ้ายหมุนทางหนึ่งและมอเตอร์ด้านขวาหมุนอีกทางหนึ่ง แสดงได้ดังรูป



รูปที่ 4.8 แสดงการลิ้วของรถ

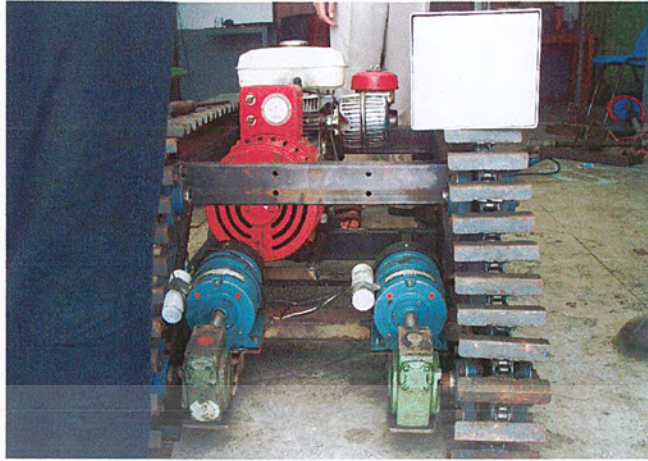
4.1.4 ระบบขับเคลื่อน

ระบบขับเคลื่อนของหุ่นยนต์ตัวนี้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขนาดตัวละ 300 วัตต์ จำนวน 2 ตัว โดยให้มอเตอร์แต่ละตัวขับเคลื่อนล้อดินตะขามตัวละข้าง ใช้โซ่เป็นตัวส่งกำลังขับเคลื่อนล้อทั้ง 2 ข้าง โดยต่อเข้ากับชุดเกียร์ทดใช้อัตราทด 1 : 60 เพื่อให้ได้แรงบิดและความเร็วที่คงที่ เหมาะสมในการเคลื่อนที่ โดยใช้มอเตอร์และเกียร์ทดแสดงดังรูป



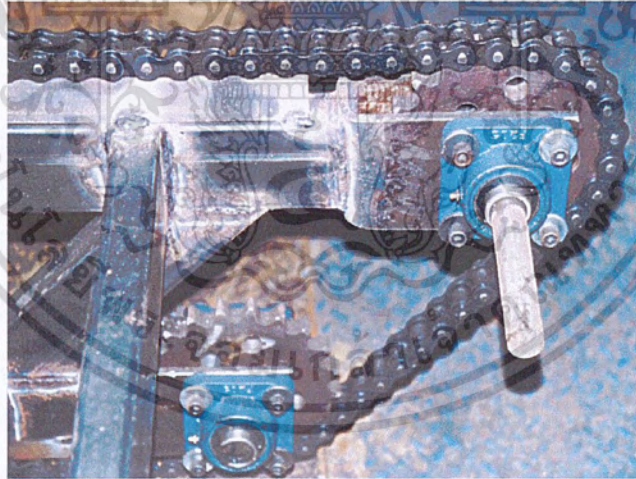
รูปที่ 4.9 แสดงชุดขับเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงชุดขับเคลื่อนที่ติดตั้งแล้ว

ทั้งนี้ ได้ทำการติดตั้งชุดปรับตั้งโซ่ โดยใช้ตัวบังคับเพลลาที่เชื่อมต่ออยู่กับเฟืองขับเคลื่อนตัวบน ด้านหน้าทั้ง 2 ข้าง และออกแบบตัวโครงสร้างส่วนนั้นให้สามารถปรับได้ ทำให้โซ่ไม่หย่อนยานเวลาใช้งาน และช่วยให้เกิดความสะดวกในการปรับตั้งโซ่ให้ตึงเวลาที่โซ่หย่อน เพื่อให้การส่งกำลังเป็นไปได้ อย่างสมบูรณ์ และมีประสิทธิภาพสูงสุด



รูปที่ 4.11 แสดงชุดปรับตั้งโซ่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 คู่มือการใช้งานและการซ่อมบำรุง

ในบทนี้จะกล่าวถึง คู่มือการใช้งาน และการซ่อมบำรุงหุ่นยนต์คัตวักซ์พีชในสนามกอล์ฟกระบะเปิด เพื่อจะทำให้ทราบขั้นตอนต่างๆ รวมไปถึงการซ่อมบำรุงรถได้อย่างถูกต้อง

4.2.1 ขั้นตอนการใช้งาน

1. เมื่อต้องการขับเคลื่อนหุ่นยนต์คัตวักซ์พีชในสนามกอล์ฟกระบะเปิดให้เคลื่อนที่ไปตามต้องการนั้น ตำแหน่งของสวิทช์ที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ต้องอยู่ในตำแหน่ง ON ตรวจสอบปริมาณน้ำมัน น้ำมันเครื่อง ต้องมีปริมาณที่มากพอ ปริมาณแบตเตอรี่ ของชุดเครื่องส่ง DTMF ต้องอยู่ในสถานะที่เต็ม
2. ทำการปิดเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ทิ้งไว้สักครู่ ให้เครื่องอยู่ในสถานะที่คงที่ (Stable)
3. ทำการสับสวิทช์ Reset ให้อยู่ในสถานะ ON
4. เริ่มใช้คำสั่งของชุดเครื่องส่ง DTMF ซึ่งสามารถกดได้ตาม หมายเลขวิทยุดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงการใช้งานของชุดเครื่องส่ง DTMF

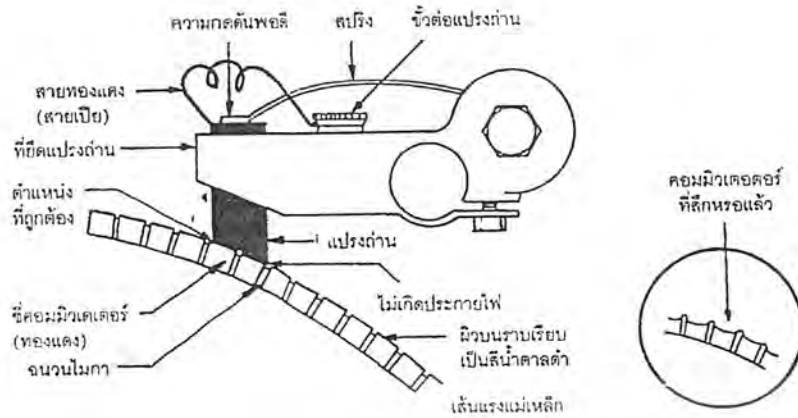
หมายเลข	สถานะการทำงาน
2	เดินหน้า
8	ถอยหลัง
4	เลี้ยวซ้าย
6	เลี้ยวขวา
1	คัตวักซ์พีช
3	หยุดการตัด
A	เลื่อนไปตัดขึ้น
B	เลื่อนไปตัดลง

4.2.2 วิธีบำรุงรักษาแปร่งถ่าน

คอมมิวเตเตอร์และชุดจับแปร่งถ่านก็อาจเป็นสาเหตุของข้อบกพร่องในการทำงานของเครื่องกลไฟฟ้าอยู่บ่อย ๆ ประการยไฟที่เกิดขึ้นมากเกินไประหว่างหน้าสัมผัสของแปร่งถ่านกับคอมมิวเตเตอร์นั้น ประกอบด้วยหลายสาเหตุคือ

- 1 ขดลวดอาร์เมเจอร์เกิดลัดวงจร
- 2 มีการใช้งานเกินพิกัด
- 3 สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นที่ขดลวดฟิลด์คอยล์ลึศิดค่าไปมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 แสดงระบบคอมมิวเตเตอร์ที่ถูกต้อง

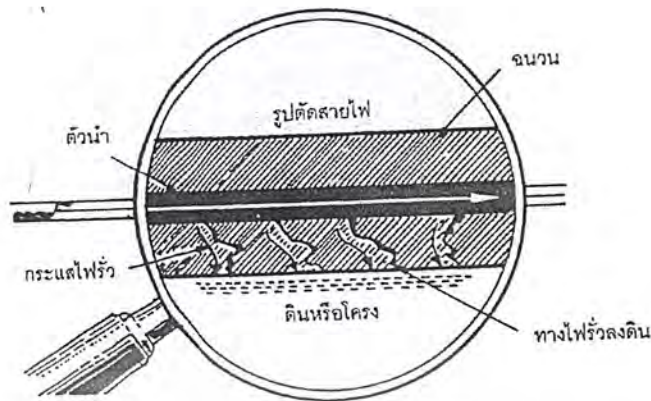
เมื่อเกิดประกายไฟขึ้นมากที่คอมมิวเตเตอร์ จะทำให้แปร่งถ่านและคอมมิวเตเตอร์เกิดสึกหรอมากและชำรุดได้ ดังนั้นจะต้องทำการตรวจที่คอมมิวเตเตอร์และแปร่งถ่านทันที ถ้าพบว่ามิอะไรชำรุดให้เปลี่ยนและแก้ไขอย่างรวดเร็วที่สุด ซึ่งวิธีตรวจและขั้นตอนในการแก้ไขทำได้ดังนี้

1. ให้ตรวจโดยสังเกตุว่าเครื่องกลไฟฟ้านั้นหมุนทำงานเป็นอย่างไรเสียก่อน ซึ่งสามารถมองเห็นจุดที่เกิดประกายไฟขึ้นอย่างมาก ณ ที่ใดก่อน จุดที่เกิดประกายไฟเหล่านั้นแสดงว่ามีข้อต่อหลวมก่อนหรือไม่
2. ให้ตรวจตำแหน่งของแปร่งถ่านว่าอยู่ถูกตำแหน่ง และยังคงอยู่ที่ตำแหน่งที่เป็นกลาง
3. ให้หยุดการทำงานของเครื่องกลไฟฟ้า นั้น และตรวจให้แน่ใจว่าไฟฟ้าทุกอย่างได้ปลดออกหมดแล้ว ก่อนที่จะตรวจในลำดับต่อไป
4. ตรวจขั้วและจุดต่อทุกจุดว่ามีจุดใดหลวมหรือไม่
5. ตรวจตำแหน่งที่แปร่งถ่านวางลงบนคอมมิวเตเตอร์ ถ้าหากเว้นระยะห่างได้ไม่เท่ากันให้พิจารณาที่จับแปร่งถ่านที่มีการแอ่นงอหรือโค้งออก
6. ตรวจสอบสภาพตัวแปร่งถ่าน ถ้าสึกหรอมากก็ให้เปลี่ยนใหม่ และในขณะที่ถอดแปร่งถ่านออกจะต้องยกสปริงขึ้น เพื่อลดแรงกดที่แปร่งถ่านออกเสียก่อน
7. ตรวจดูตรวจคอมมิวเตเตอร์ว่ามีฝุ่นหรือสิ่งสกปรก และความไม่เรียบร้อยหรือไม่

4.2.3 วิธีตรวจการเสื่อมสภาพของฉนวนไฟฟ้า

ในสถานะที่ใช้งานปกติขดลวดฟิวส์คอล์ยและอาร์เมเจอร์ในเครื่องกลไฟฟ้าจะต้องมีฉนวนไฟฟ้ากันไว้ไม่ให้ต่อติดเข้ากับโครงได้เลย และถ้าวัดค่าความต้านทานระหว่างโครงกับขดลวดฟิวส์คอล์ยหรืออาร์เมเจอร์ดูแล้วควรวัดได้ก่อนนั้น แต่ในบางครั้งเครื่องกลไฟฟ้าถูกใช้งานเกินพิกัดจะทำให้เกิดความร้อนขึ้นหรือถ้ามีความชื้นในอากาศอยู่มากค่าความต้านทานไฟฟ้าของฉนวนจะลดลง ทำให้มีกระแสไฟฟ้าบางส่วนรั่วลงโครง ดังนั้นขดลวดฟิวส์คอล์ยและขดลวดอาร์เมเจอร์จะต้องได้รับการตรวจสอบเป็นระยะ ๆ อย่างสม่ำเสมอว่ามีไฟรั่วหรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 แสดงลักษณะการเกิดไฟรั่ว



รูปที่ 4.14 แสดงการใช้เมกเกอร์ โอห์มตรวจสอบการรั่วลงดินการหล่อลื่น

การหล่อลื่น

การหล่อลื่นเบร้ง ถ้ากระทำมากเกินไปจะทำให้การทำงานของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าและมอเตอร์เกิดปัญหาได้ แต่ถ้าการหล่อลื่นไม่ถี่เลขก็จะกลับซึ่งเป็นปัญหาใหญ่ เบร้งใดที่ขาดการหล่อลื่นจะทำให้เบร้งเกิดร้อนจัดขึ้นได้ ทำให้เพลลาเกิดการขยายตัวออกและในขณะที่เดียวกันชุดประกอบเบร้งอาจจับยึดเพลลาหมุนนั้นให้หยุดได้ การหล่อลื่นไม่ถี่จะทำให้เครื่องกลไฟฟ้าหมุนเสียดังขึ้นมาก แต่ถ้าพบว่าร้อนมากก็อย่าได้รีบเติมสารหล่อลื่นลงไป หรืออย่ารีบเปลี่ยนเบร้งใหม่ จนกว่าจะได้ตรวจสอบของเดิมว่าสาเหตุนั้นมีที่มาอย่างไร

เครื่องกลไฟฟ้าส่วนใหญ่จะเว้นระยะระหว่างอาร์เมเจอร์กับขั้วแม่เหล็กไว้แคบมาก ดังนั้นถ้าหากเบร้งเกิดการสึกหรอหรือเคลื่อนผิดไปจากของเดิม ถึงแม้จะเพียงเล็กน้อยตัวอาร์เมเจอร์อาจหมุนเสียดสีหรือกระทบกับขั้วแม่เหล็กได้ จึงเกิดเสียดังขึ้น สาเหตุของการหล่อลื่นที่ไม่เพียงพอจะทำให้เกิด

เอกสารอ้างอิง: การที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงการตรวจอาการเสียเบื้องต้น

อาการเสีย	สาเหตุ
เครื่องกำเนิดไฟฟ้าไม่เกิดแรงดัน ไฟฟ้าเหนี่ยวนำขึ้น	<ul style="list-style-type: none"> ● ความเร็วรอบต่ำเกินไป หรือหมุนกลับทิศทาง ● วงจรฟิลต์คอยล์ขาด ● วงจรภายนอกลัดวงจร
เครื่องกำเนิดไฟฟ้าเกิดแรงดันไฟฟ้าสูงเกินไป	<ul style="list-style-type: none"> ● กระแสที่ไหลในฟิลต์คอยล์สูงไป ● ตัวต้นกำลังขับหมุนเร็วไป ● อุปกรณ์ควบคุมแรงดันไฟฟ้าเกิดชำรุด
มอเตอร์ไม่สามารถเริ่มหมุนได้	<ul style="list-style-type: none"> ● ไม่มีกำลัง ● ขั้วต่อสายหลวมหรือหลุด ● โหลดมากเกินไป แบรีงชำรุด
มอเตอร์หมุนเร็วเกินไป	<ul style="list-style-type: none"> ● กระแสที่ไหลในฟิลต์คอยล์ต่ำเกินไป ● วงจรฟิลต์คอยล์ขาด
มีประกายไฟมากที่หน้าสัมผัสระหว่างคอมมิวเตเตอร์กับแปรงถ่าน	<ul style="list-style-type: none"> ● โหลดมากเกินไป ● แปรงถ่านสัมผัสไม่ดี ผิวคอมมิวเตเตอร์ไม่เรียบ ● แปรงถ่านทำมุมสัมผัสผิด หรือขดลวดที่ต่อคอมมิวเตเตอร์ผิด ● กระแสที่ไหลในวงจรฟิลต์คอยล์ไม่ถูกต้อง
มีเสียงดัง มีอาการสั่นมาก	<ul style="list-style-type: none"> ● แบรีงชำรุด หรือแบรีงหลวม ● อาร์เมเจอร์หมุนเสียดสีกับขั้วแม่เหล็ก ● อาร์เมเจอร์หมุนไม่สมดุล
แบรีงร้อน	<ul style="list-style-type: none"> ● ไม่มีน้ำมันหล่อลื่น หรือแบรีงสกปรก ● แบรีงชำรุด ● แบรีงหมุนไม่สมดุล หรือแน่นเกินไป
ชิ้นส่วนไฟฟ้าร้อนจัดเกินไป	<ul style="list-style-type: none"> ● โหลดมากเกินไป ● กระแสที่ไหลในฟิลต์คอยล์มากเกินไป ● แปรงถ่านและคอมมิวเตเตอร์ไม่ได้ศูนย์หรือเกิดการสึกหรอมาก ● ขดลวดอาร์เมเจอร์ลัดวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นับผูกพันให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงการตรวจเช็คและซ่อมบำรุง

อุปกรณ์	ทุกวัน	ทุกสัปดาห์	ทุกเดือน	อื่นๆ	หมายเหตุ
Generator					
น้ำมันเชื้อเพลิง	•				
น้ำมันเครื่อง			•		
ทำความสะอาด					ตามความเหมาะสม
มอเตอร์					
ตรวจสอบ		•			สายไฟ C start
ชุดขับเคลื่อน					
เฟือง				•	คู่มือที่ยึดลูกปืน คู่มือเหียงตัวของเฟือง ศูนย์ของเฟือง
โซ่				•	หยอดน้ำมันหล่อลื่น
เกียร์ทด				•	เติมจารบี คู่มือที่ยึดตัวเกียร์ทด
ชุดสวิง ไบต์					
ไบต์	•				ความคมของ ไบต์ น็อตยึดไบต์
ชุดControl ไบต์			•		แทน slide ชุดมอเตอร์ หยอดน้ำมันหล่อลื่น
ชุด Control System			•		ตรวจสอบทำความสะอาด
Manetic			•		ตรวจทำความสะอาด สายไฟที่ยึดกับ Connector น็อตยึดตัว Manetic
Control box			•		ทำความสะอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลองและผลการทดลอง

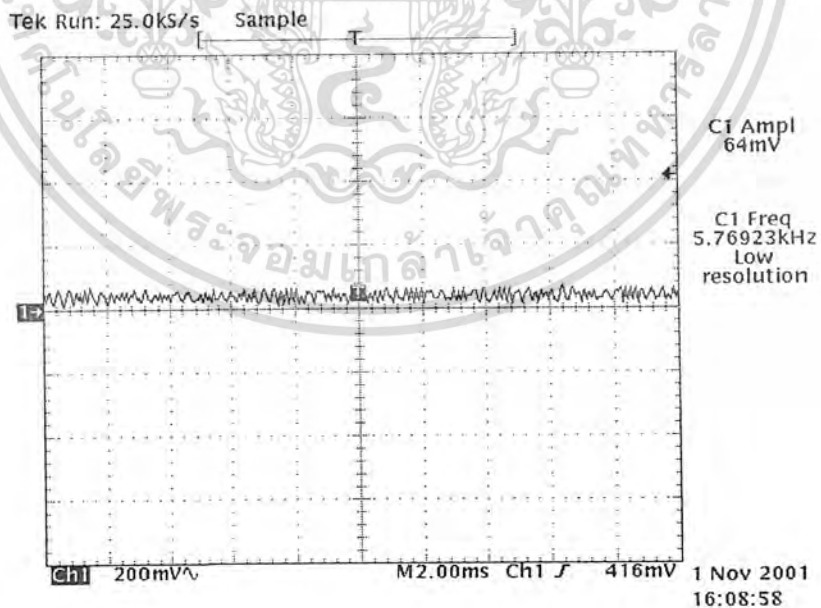
วัตถุประสงค์ เพื่อตรวจสอบสัญญาณทางค่านส่ง

ขั้นตอนการทดลอง

1. เตรียมออสซิลโลสโคป เพื่อใช้ในการวัดสัญญาณ DTMF ที่ภาครับสัญญาณ DTMF
2. ใช้ออสซิลโลสโคปวัดสัญญาณ DTMF จากขา Tone Out ของไอซีกำเนิดสัญญาณ DTMF
3. เริ่มทำการกดปุ่ม
4. ทำการบันทึกสัญญาณที่วัดได้
5. ทำการทดลองซ้ำข้อ - ใหม่อีกครั้งโดยเปลี่ยนหมายเลขไปเรื่อยๆ

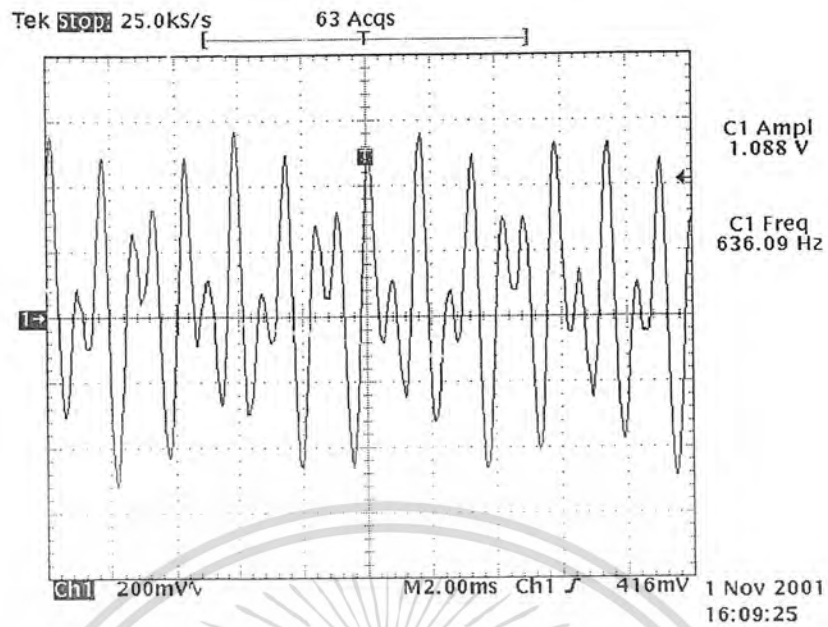
ผลการทดลอง

จากขั้นการทดลองสามารถแสดงได้ดังรูป

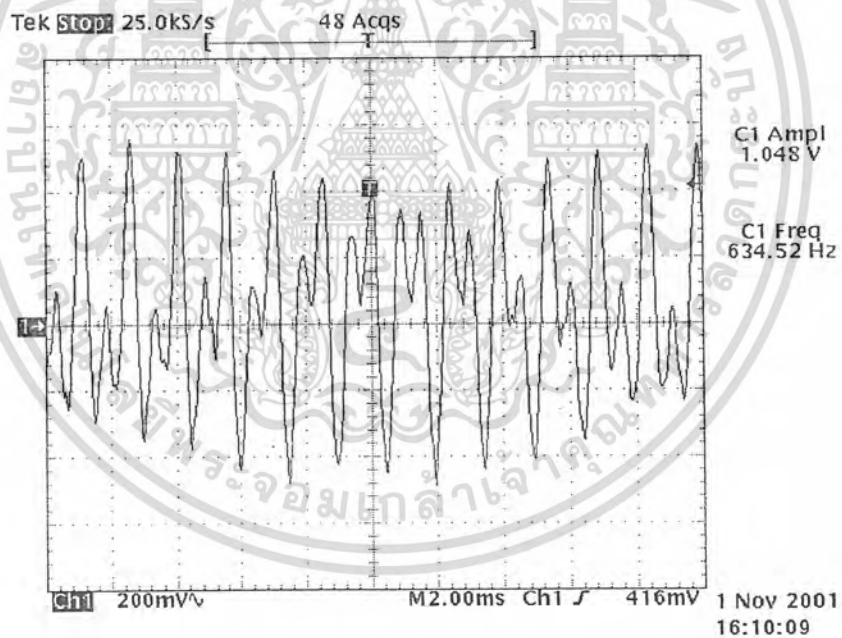


รูปแสดงสัญญาณที่ไม่ได้ทำการส่งสัญญาณ DTMF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

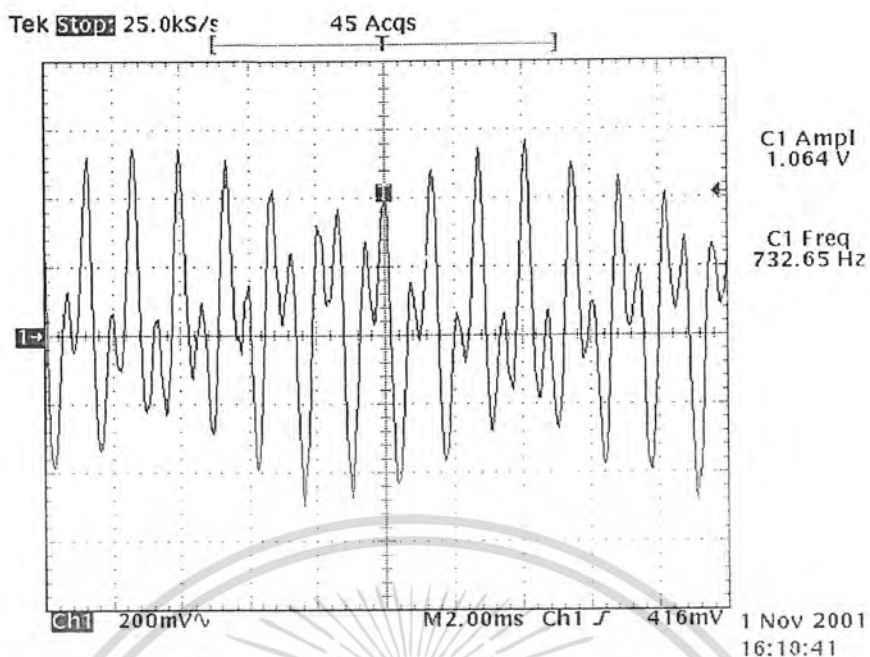


รูปแสดงสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดหมายเลข 1

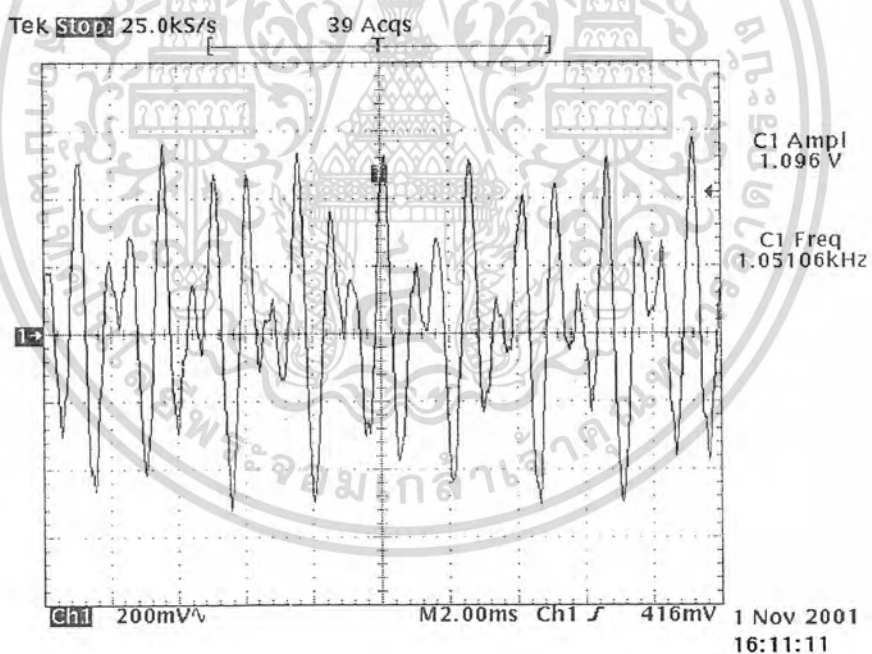


รูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดหมายเลข 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

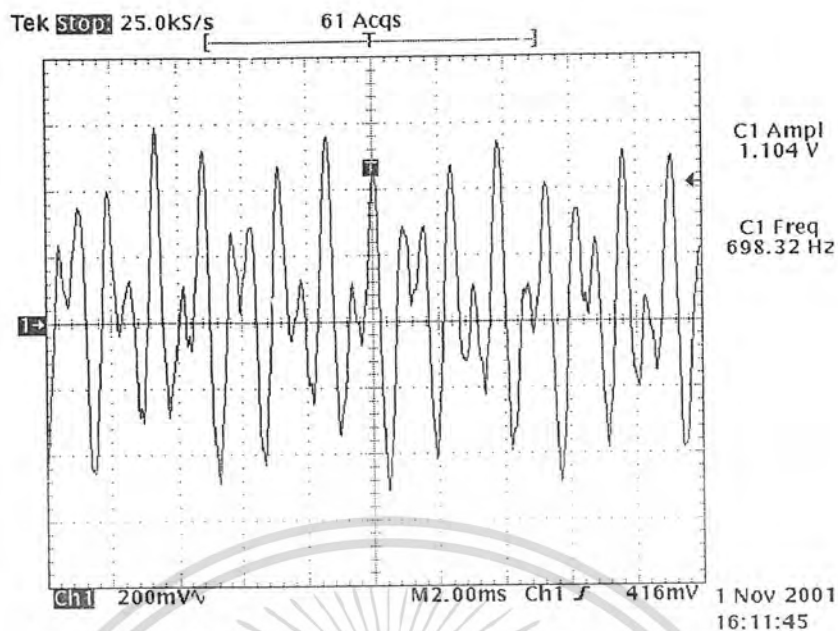


รูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดหมายเลข 3

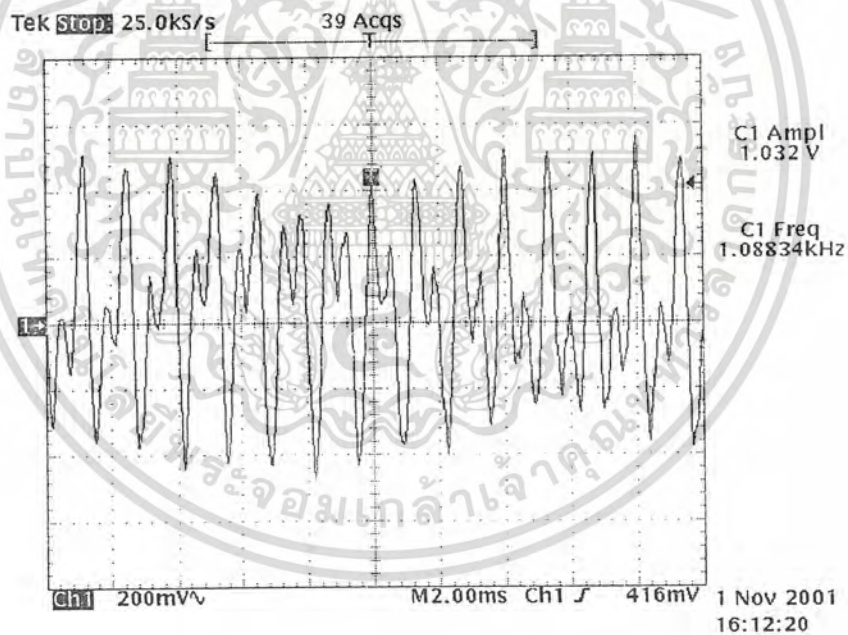


รูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดหมายเลข 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

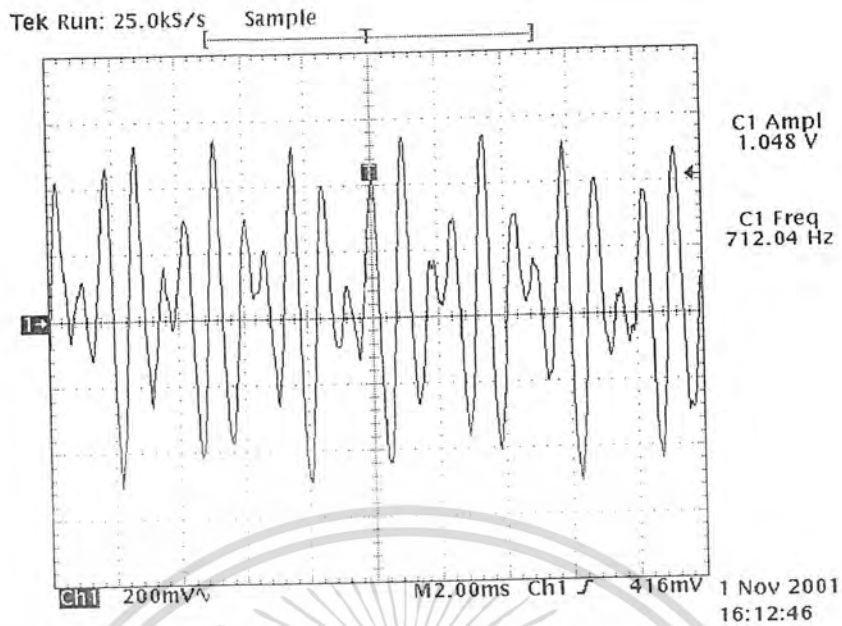


รูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดหมายเลข 5

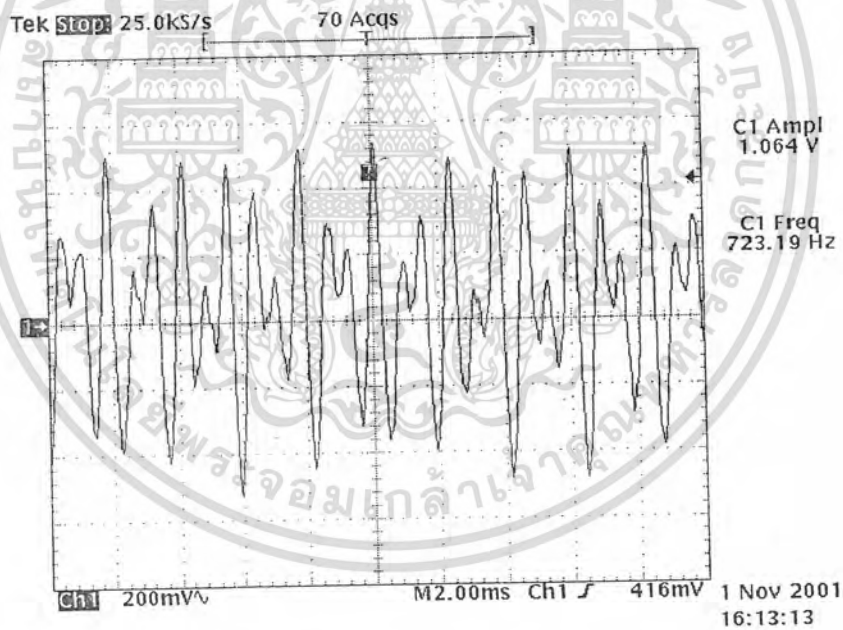


รูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดหมายเลข 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

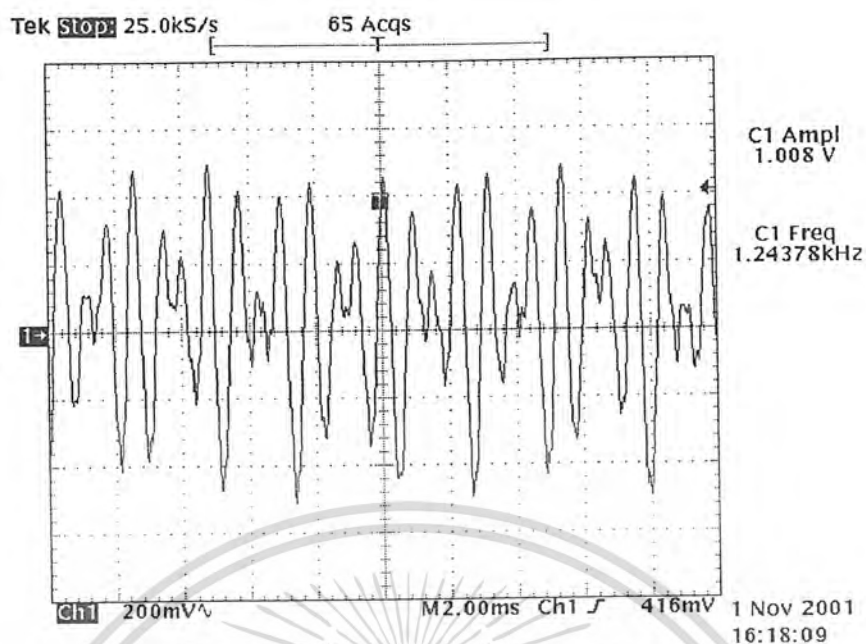


รูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดหมายเลข 8

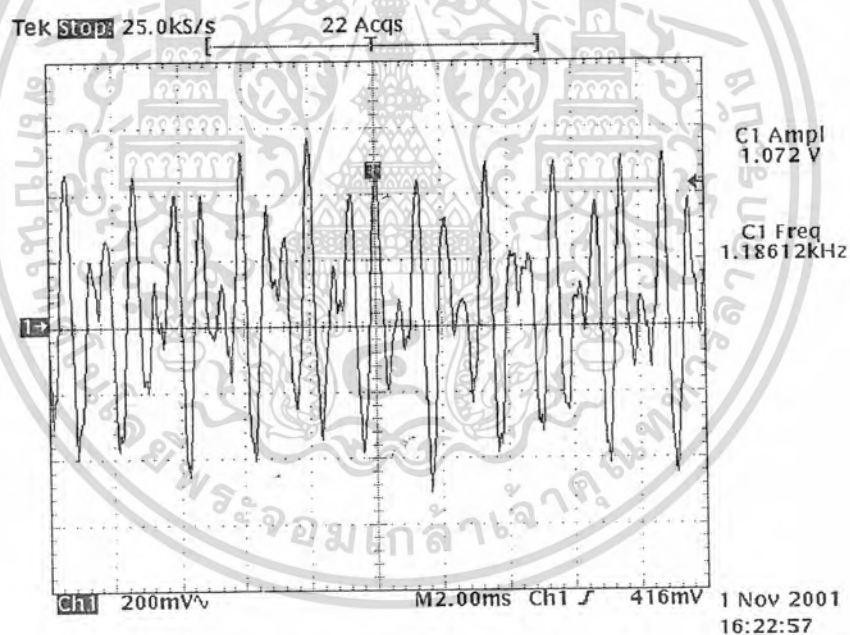


รูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดหมายเลข 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

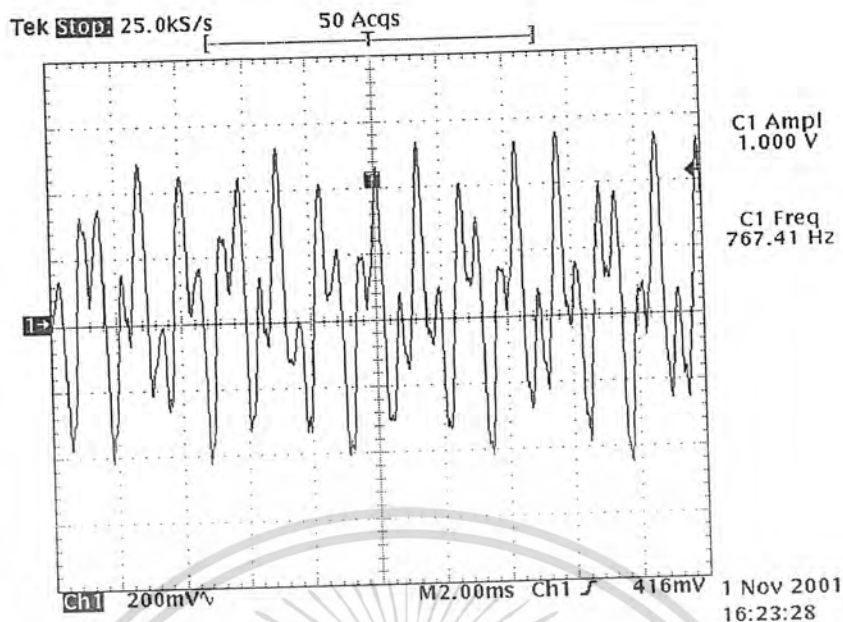


รูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดเครื่องหมาย *

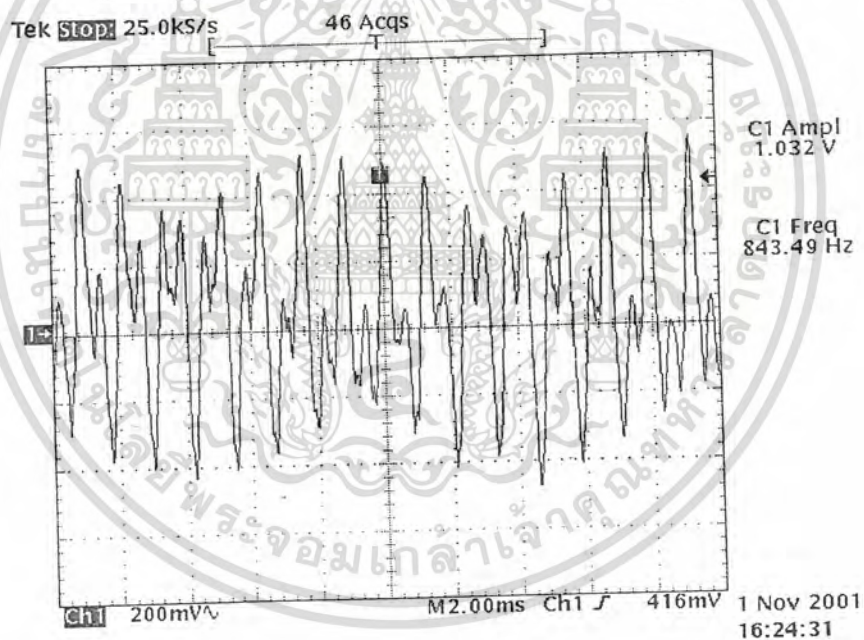


รูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดเครื่องหมาย #

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

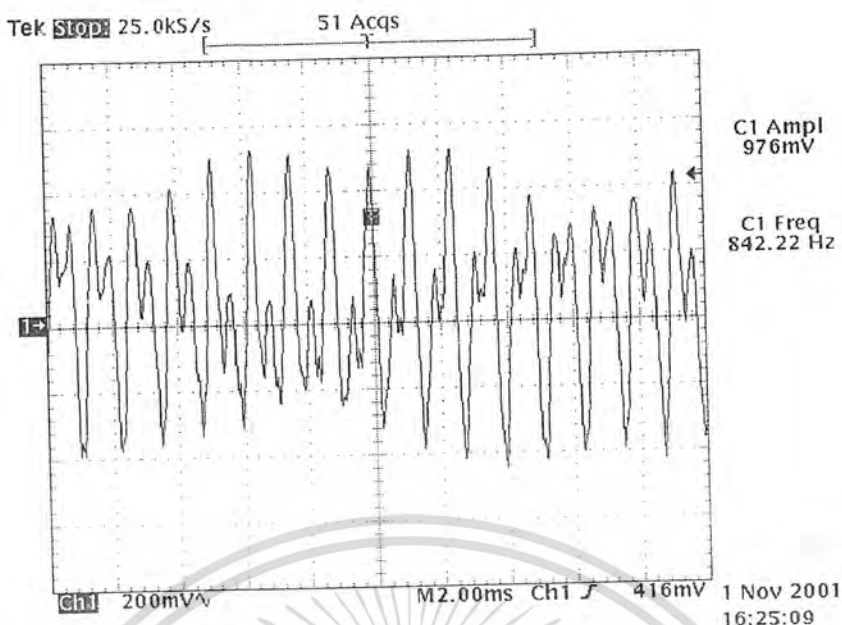


รูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดตัวอักษร A

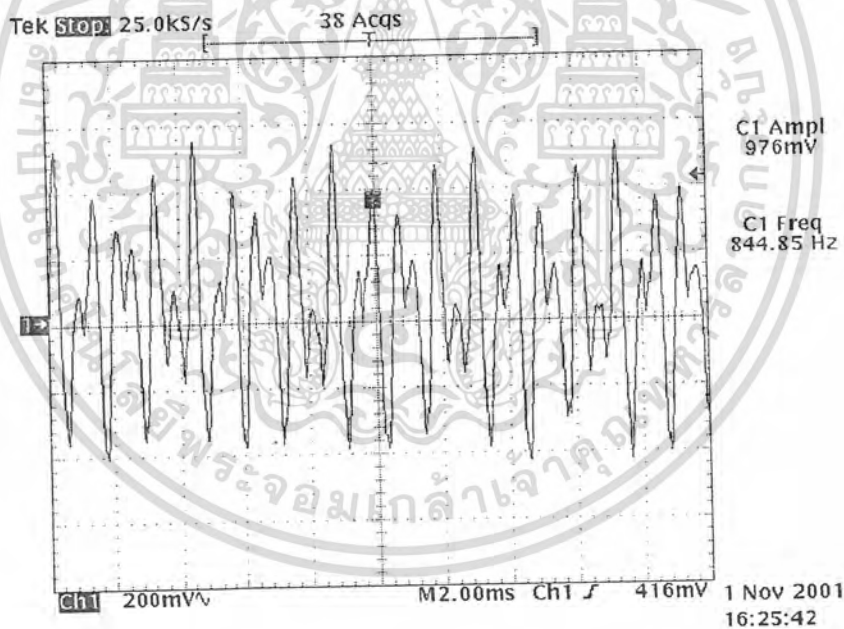


รูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดตัวอักษร B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดตัวอักษร C



รูปสัญญาณ DTMF ที่ได้จากการกดตัวอักษร D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทวิจารณ์และบทสรุป

จากการขับเคลื่อนหุ่นยนต์คัตวรีพีซ ในสนามกอล์ฟกระเบิดสามารถขับเคลื่อนได้และสามารถใช้งาน ในการคัตวรีพีซได้จริงสามารถควบคุมได้ไกลมากโดยใช้วิทยุสื่อสารระบบ DTMF ซึ่งเป็นผลตามจุดมุ่ง หมายที่ตั้งไว้

วิจารณ์ผลการทดลอง

จากการทดลองในห้องทดลอง ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของมอเตอร์ทั้งสองที่ทดสอบได้มีค่าใกล้เคียงกันก็จริง แต่เมื่อนำมาติดตั้งบนตัวหุ่นยนต์และทำการทดสอบจริงแล้ว ปรากฏว่ามอเตอร์ทั้งสองตัว หมุนไม่เท่ากัน ทำให้รถเคลื่อนที่ในลักษณะที่ไม่ตรงและถึงแม้ว่าระบบล้อตีนตะขาบจะมีแรงจูงมาก สามารถเคลื่อนที่ในพื้นที่ที่เป็นดินโคลนได้ แต่ในทางทหารแล้วระบบล้อตีนตะขาบจะไม่นิยมใช้ไปใน พื้นที่ที่ขรุขระและแข็ง ซึ่งคืออย่างที่มีลักษณะใหญ่จะเคลื่อนที่ได้ดีกว่าในพื้นที่ลักษณะนี้

ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางแก้ไข

1. มอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนไม่เหมือนกันทุกประการ
2. เมื่อตัวหุ่นยนต์เกิดอาการขัดข้องจะไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวกเพราะเพียงขับไม่สามารถหมุนเป็นอิสระได้
3. เมื่อมอเตอร์เกิดอาการร้อนจัดเนื่องจากการใช้งานจะหยุดการทำงาน ทำให้หุ่นยนต์ไม่สามารถเคลื่อนที่ได้
4. เมื่อหินก้อนเล็กเข้าไปติดในเฟือง จะทำให้ตีนตะขาบติดไม่สามารถเคลื่อนที่ได้

แนวทางการดำเนินงานต่อไป

ควรมีการจัดทำในส่วนของตัวถังภายนอกให้มีลักษณะเบา แข็งแรง ป้องกันแรงกระเบิดได้มาก และควรมีชุดตรวจจับวัตถุระเบิดติดตั้งบนตัวรถด้วย เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพที่สมบูรณ์ โดยไม่ต้องใช้บุคลากรในการกู้ระเบิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

อนันต์ มีชูเวท, ดิเรก ชูวิเชียร, นพรัตน์ เลาหบุตร. แทรกเตอร์ตีนตะขาบ กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2531.

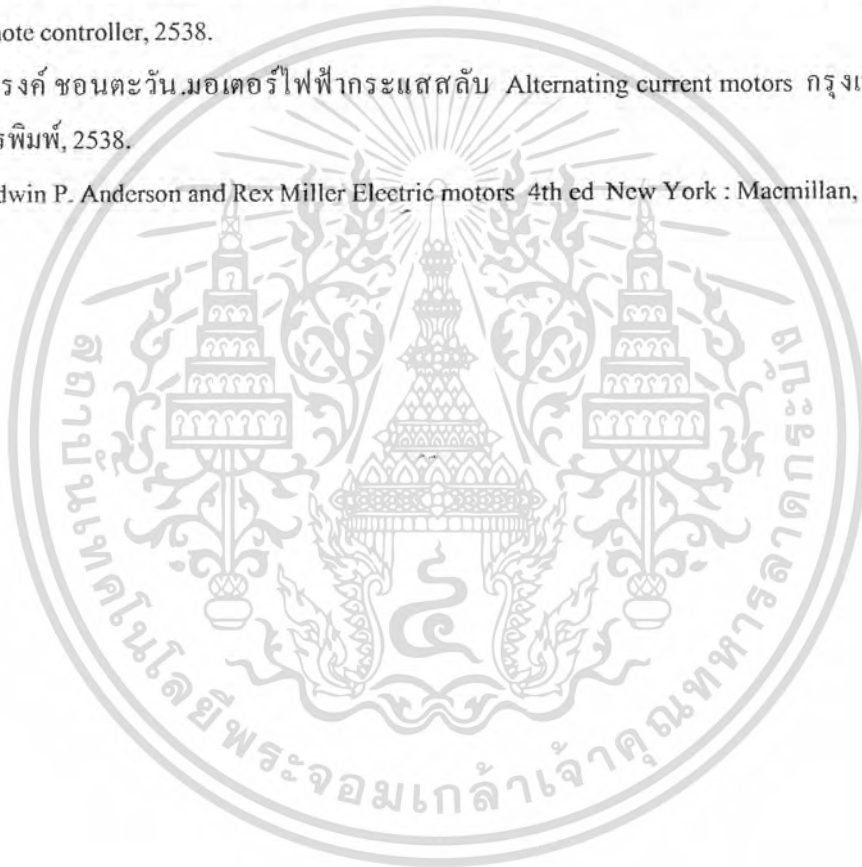
พงศ์ สุวรรณปิฎก.มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง : กระแสสลับ D.C.-A.C. electric motor กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์, 2525.พิมพ์ครั้งที่ 2.

ศิวะ หงษ์นภา.ระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ : วงจรภาคกำลัง กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2543.

ปรีดา ศิลปวิทย์รักษ์, มนต์รัชต์ เสนิวงค์ ณ อยุรยา.เครื่องควบคุมระยะไกลด้วย DTMF DTMF remote controller, 2538.

ณรงค์ ขอนตะวัน.มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ Alternating current motors กรุงเทพฯ : เรวดีการพิมพ์, 2538.

Edwin P. Anderson and Rex Miller Electric motors 4th ed New York : Macmillan, c1986.

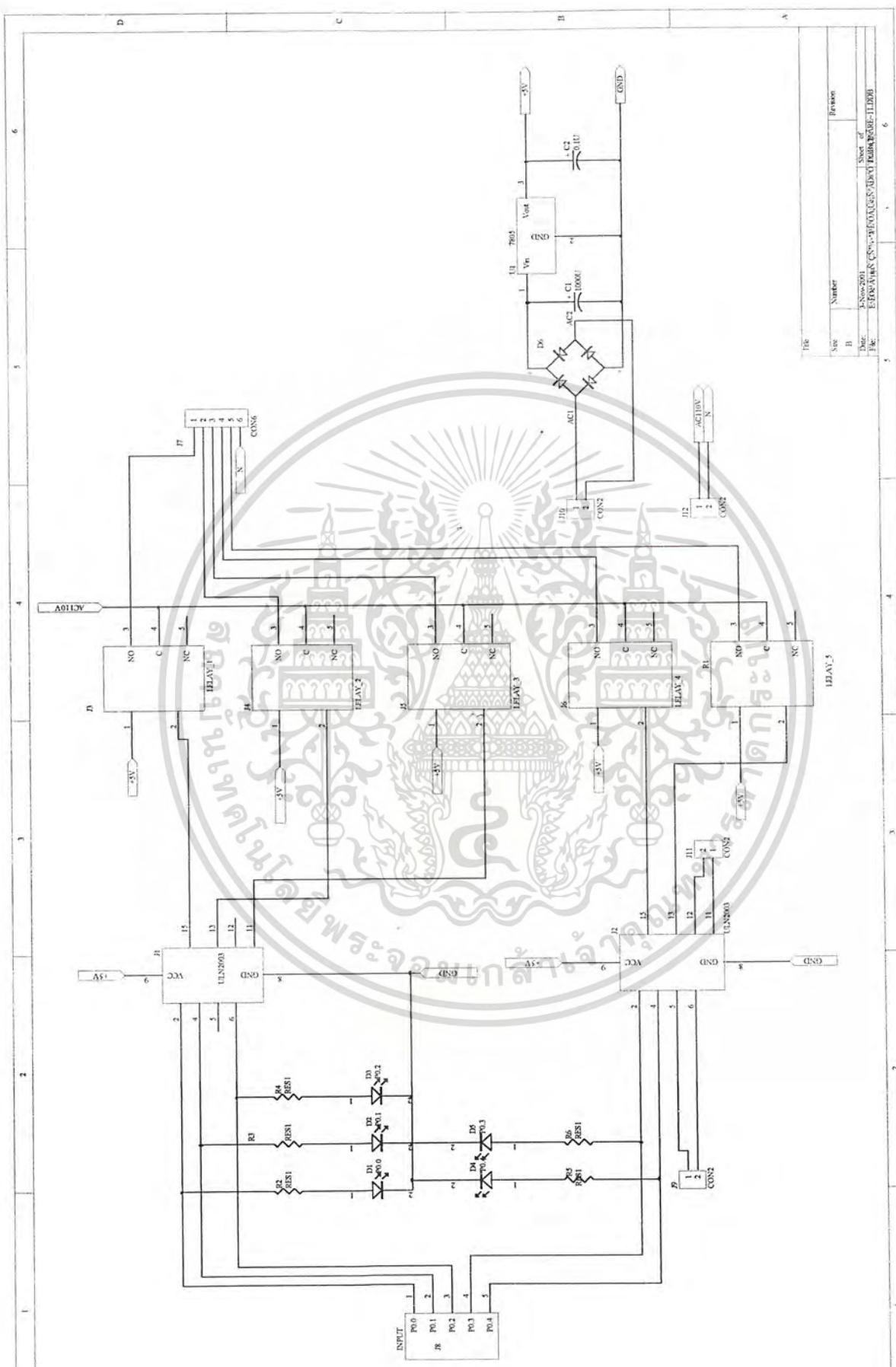


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก

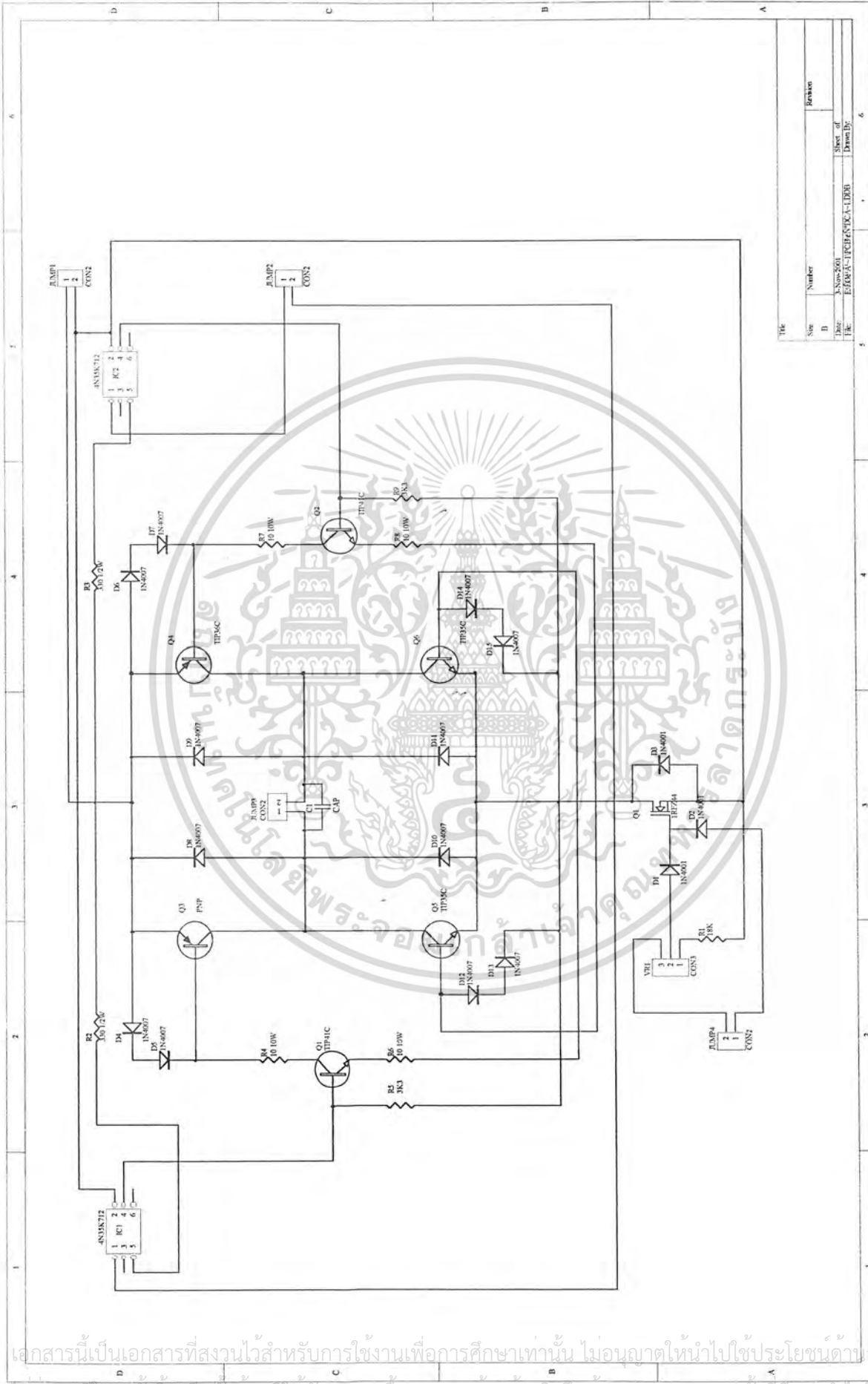
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title	Number	Revision
Size	B	X-Size-2011
Date	2011/05/20	Sheet of
File	EE601/AN_CS_VV_REALTIME_DSO_INTERFACE_ILDOB	6

วงจรควบคุมการขับเคลื่อนและตัดวงจรพีซของหุ่นยนต์

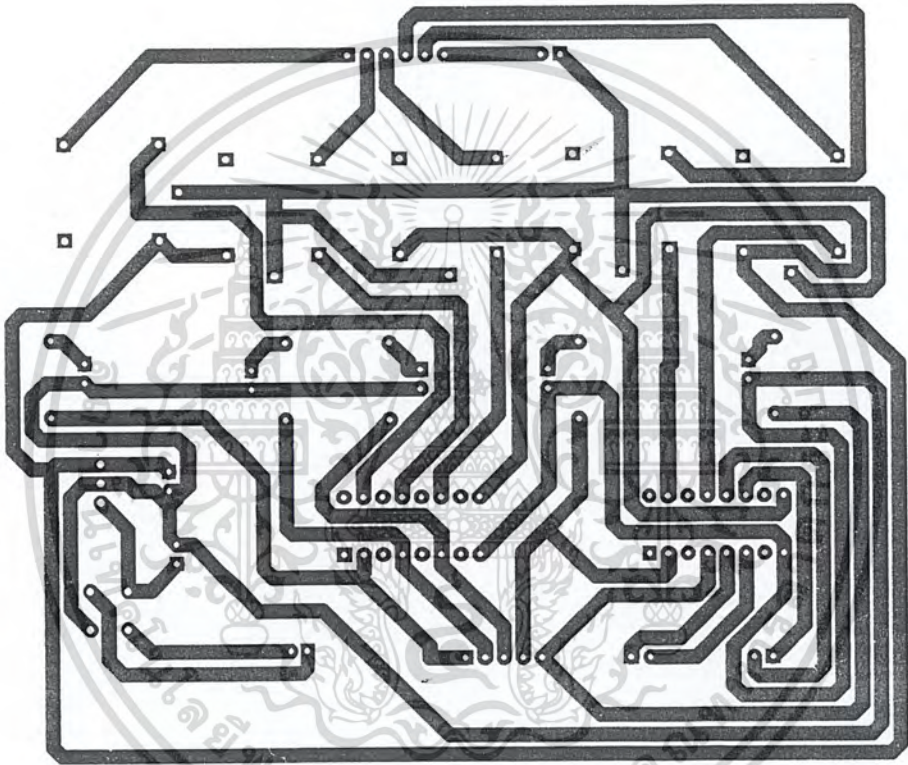
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Title	Number	Revision
D		
Date	1. Nov. 2001	Sheet of
By	EAWAN-UPH/ENCA-1/001	Drawn by

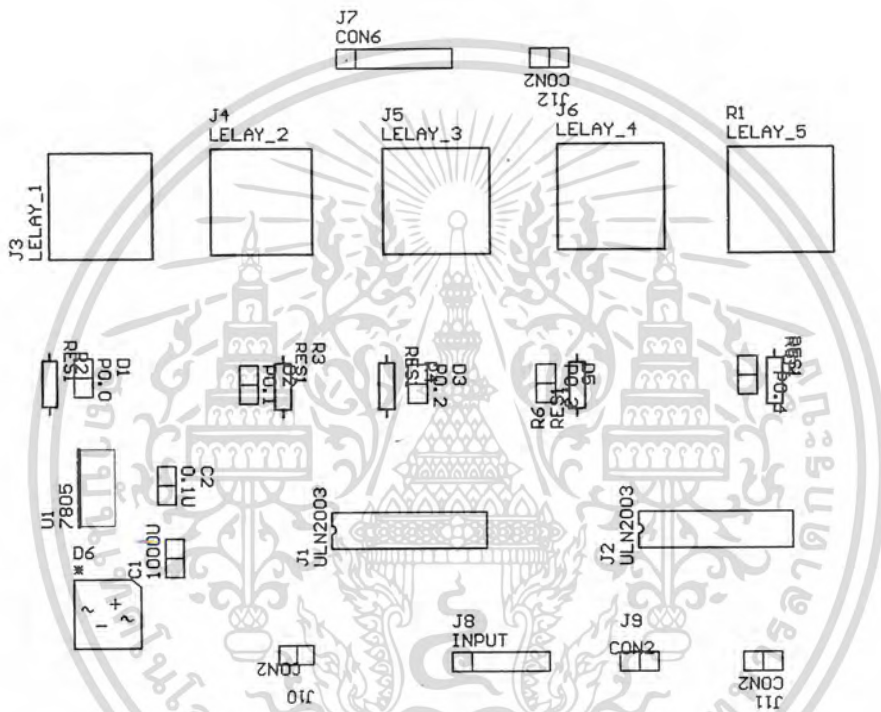
วงจรรวมการกักทางหมุนของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



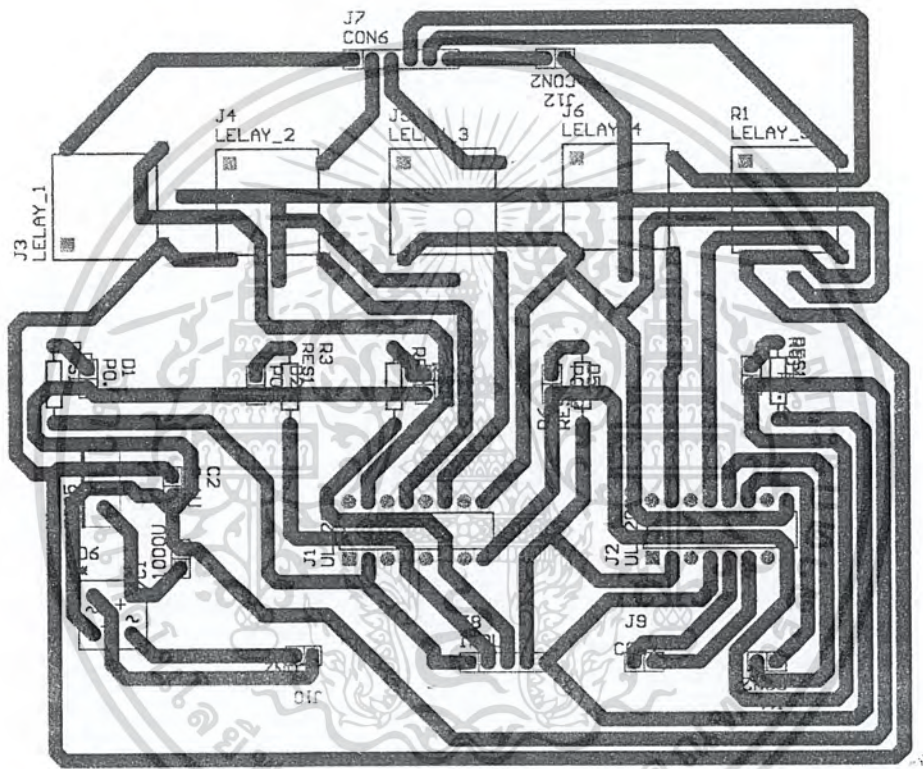
ลักษณะสายทองแดงของวงจรควบคุมการขับเคลื่อนของตัวหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



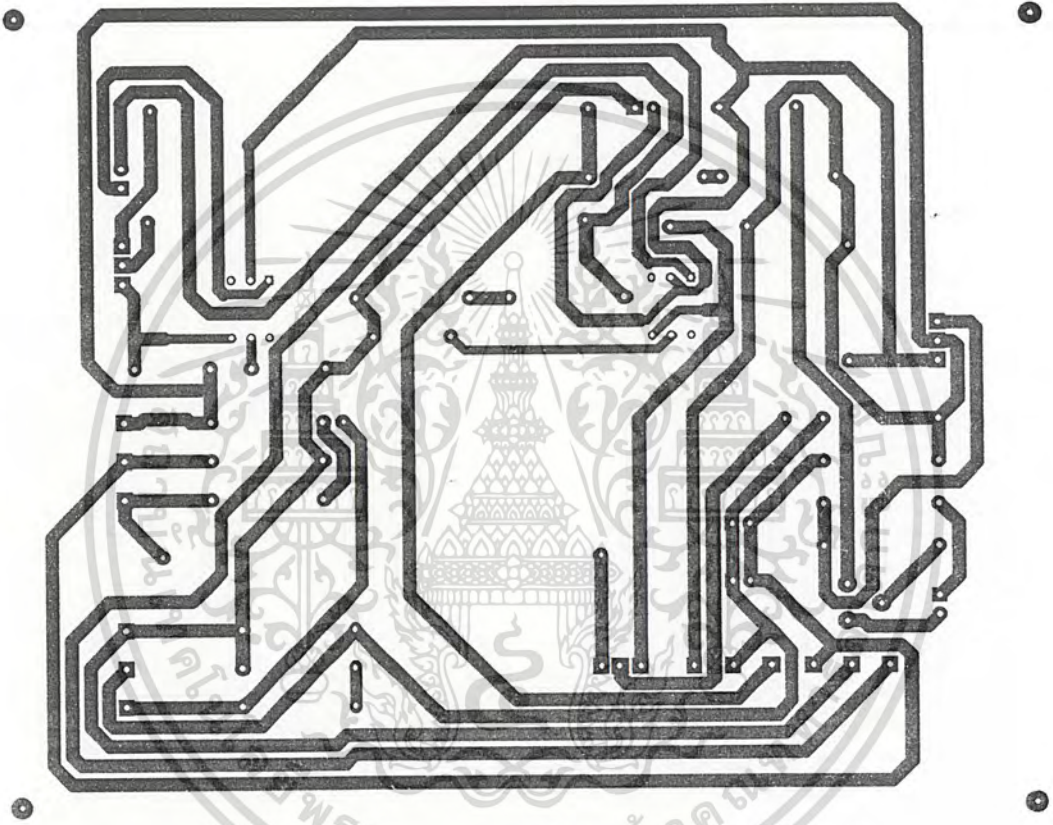
ลักษณะการวางอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการขับเคลื่อนของตัวหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



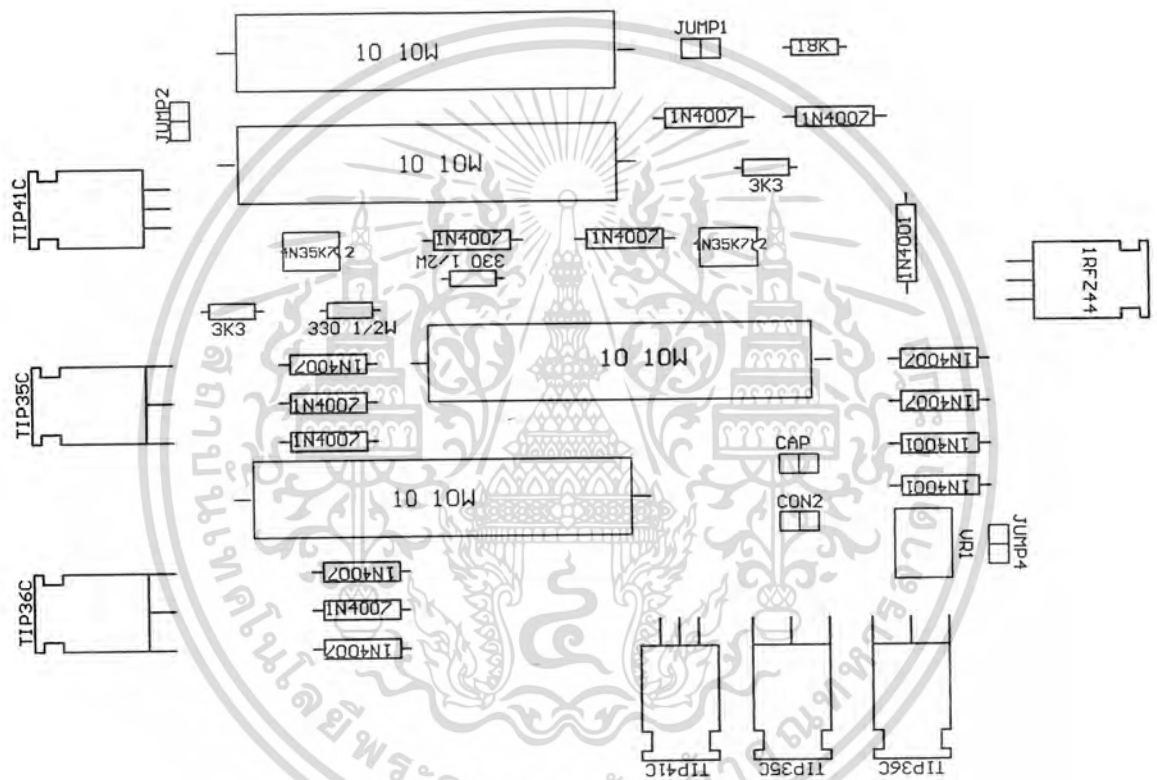
ลักษณะการวางอุปกรณ์ของวงจรควบคุมการขับเคลื่อนของตัวหุ่นยนต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



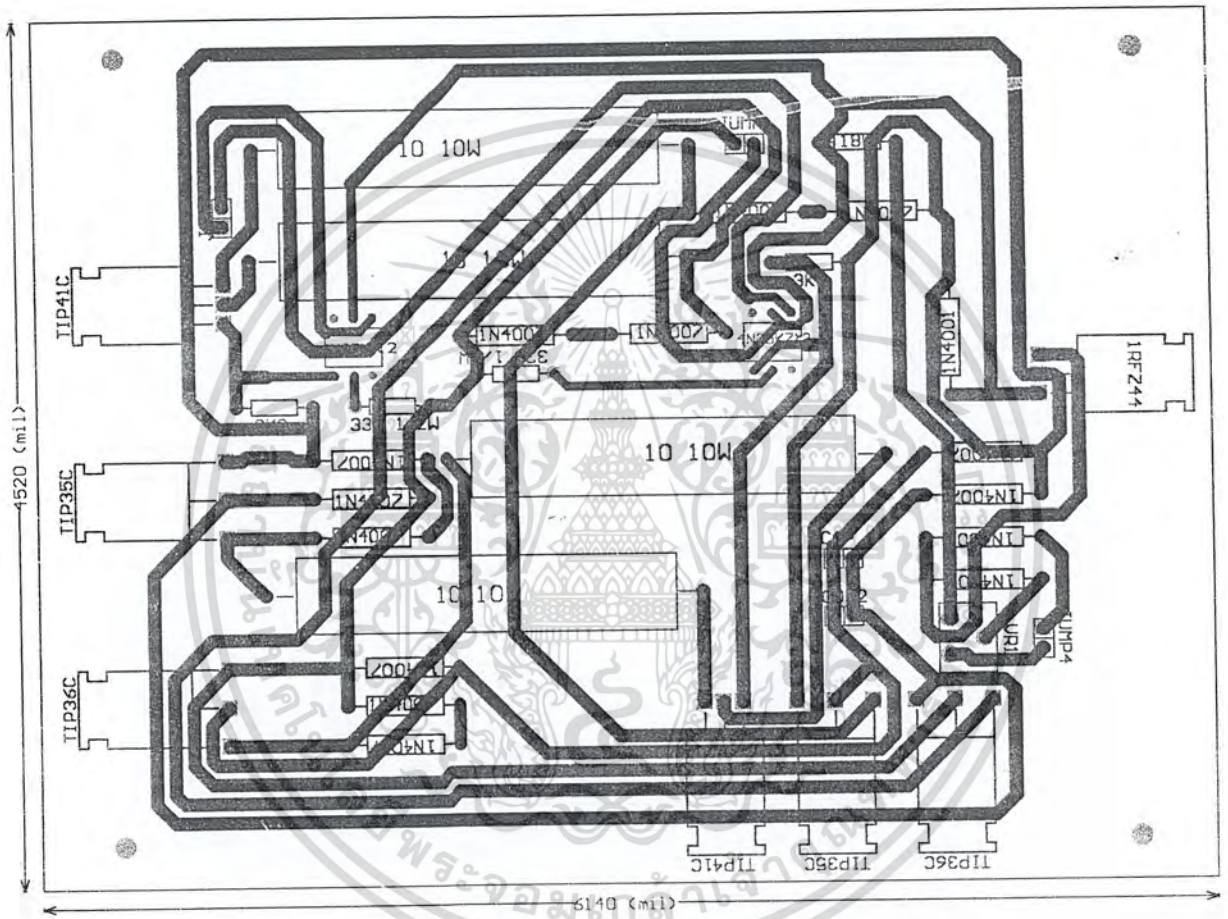
ลักษณะลายทองแดงของวงจร ขั้วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลักษณะการวางอุปกรณ์ของวงจร ขั้วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ลักษณะการวางอุปกรณ์ของวงจร ขั้วมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

:FILENAME TankTx.ASM
:DESCRIPTION ROBOT PROGRAM
:HARDWARE ROBOT
:ASSEMBLER SXA51
:START-DATE 28/08/2001
:SOFTWARE ENG. JATURAWIT J.
:COMPANY KMITL

```

```

:*****
:Clock = 11.0592MHz
:1 Cye = 1.085 uSec
:0.1mSec = 92.166 Cye = 5C = FFA3 Hex
:0.5mSec = 460.83 Cye = ICC = FE33 Hex
:*****

```

```

D_LED EQU 20H :SET CONSTANT
COMMAND EQU 21H :
TIME EQU 22H :TIME 5 msec
PH2 BIT P1.5
RS BIT P1.6
RW BIT P1.7
xPH2 BIT P0.5
xRS BIT P0.6
xRW BIT P0.7

ORG 0000H
SJMP TEST_LED

ORG 000BH :INTERRUPT TIMER0
JMP TIME0

:*****START*****

TEST_LED: MOV A,#00H :TURN OFF LED
MOV P0,A

START: MOV COMMAND,#00H :
MOV TMOD,#21H :SET TIMER1 MODE2(AUTO RE-LOAD)
:SET TIMER0 MODE1(16 BIT)

MOV SCON,#50H :SET SERIAL MODE1
MOV TH0,#0F0H :5 msec TIMER #0EDFFH
MOV TL0,#00H :1 msec TIMER #0FC66H
:0.5 msec Timer #0FE33H
:0.1 msec Timer #0FFA3H

MOV IE,#10010010B :SET INTERRUPT ENABLE SERIAL AND TIMER0
MOV IP,#00000010B :HIGHER PRIORITY TIMER0
MOV TIME,#02 :TIME 100 msec
SETB TR0 :START TIMER0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

mov    r0,#10000000b
mov    r7,#0ffh
mov    d_led,#7fh
JMP    $

```

```

:*****TIMER0*****

```

```

TIME0: CLR    TR0
        CLR    TF0
        MOV    TH0,#0D0H
        MOV    TL0,#00H
        :mov    p3,#0ffh
        DJNZ   TIME.TTT
        :LCALL  SCAN
        mov    a,r0
        rl     a
        mov    r0,a
        mov    p3,#0h
        CLR    RS
        CLR    RW
        SETB   PH2
        ANL    P1,#0F0H
        anl    p0,#0f0h
        anl    a,#0fh
        ORL    P1,A
        NOP
        lcall  delay1
        CLR    PH2
        mov    p0,a
        MOV    TIME,#0FH
TTT:    SETB   TR0
        RETI

```

```

:*****END TIMER0*****

```

```

DELAY1: MOV    R1,D_LED
DI:     MOV    R2,#0FFH
        DJNZ   R2,$
        DJNZ   R1,DI
        RET

```

```

SCAN:   MOV    P2,#00011111B
        MOV    A,P2
        JNB   ACC.0,NUM1
        JNB   ACC.1,NUM2
        JNB   ACC.2,NUM3
        JNB   ACC.3,NUM4

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV     P2,#00101111B
MOV     A,P2
JNB     ACC.0,NUM5
JNB     ACC.1,NUM6
JNB     ACC.2,NUM7
JNB     ACC.3,NUM8
MOV     P2,#01001111B
MOV     A,P2
JNB     ACC.0,NUM9
JNB     ACC.1,NUMA
JNB     ACC.2,NUMB
JNB     ACC.3,NUMC
MOV     A,#00H
RET
NUM1:   MOV     A,#01H
RET
NUM2:   MOV     A,#02H
RET
NUM3:   MOV     A,#03H
RET
NUM4:   MOV     A,#04H
RET
NUM5:   MOV     A,#05H
RET
NUM6:   MOV     A,#06H
RET
NUM7:   MOV     A,#07H
RET
NUM8:   MOV     A,#08H
RET
NUM9:   MOV     A,#09H
RET
NUMA:   MOV     A,#0AH
RET
NUMB:   MOV     A,#0BH
RET
NUMC:   MOV     A,#0CH
RET

```

END



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

:FILENAME TankRx.ASM
:DESCRIPTION ROBOT PROGRAM
:HARDWARE ROBOT
:ASSEMBLER SXA51
:START-DATE 28/08/2001
:SOFTWARE ENG. JATURAWIT J.
:COMPANY KMITL

```

```

:*****

```

```

:Clock = 11.0592MHz
:1 Cye = 1.085 uSec
:0.1mSec = 92.166 Cye = 5C = FFA3 Hex
:0.5mSec = 460.83 Cye = 1CC = FE33 Hex

```

```

:*****

```

```

D_LED EQU 20H :SET CONSTANT
COMMAND EQU 21H :
TIME EQU 22H :TIME 5 msec
PH2 BIT P1.5
RS BIT P1.6
RW BIT P1.7

ORG 0000H
SJMP TEST_LED

ORG 000BH :INTERRUPTTIMER0
JMP TIME0

:*****START*****

MOV A,#00H :TURN OFF LED
MOV P0,A

START: MOV COMMAND,#00H :
MOV TMOD,#21H :SET TIMER1 MODE2(AUTO RE-LOAD)
:SET TIMER0 MODE1(16 BIT)
MOV SCON,#50H :SET SERIAL MODE1
MOV TH0,#0F0H :5 msec TIMER #0EDFFH
MOV TL0,#00H :1 msec TIMER #0FC66H
:0.5 msec Timer #0FE33H
:0.1 msec Timer #0FFA3H

MOV IE,#10010010B :SET INTERRUPT ENABLE SERIAL AND TIMER0
MOV IP,#0000010B :HIGHER PRIORITY TIMER0
MOV TIME,#02 :TIME 100 msec
SETB TR0 :START TIMER0

JMP $

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

:*****TIMER0*****

```
TIME0: CLR TR0
        CLR TF0
        MOV TH0,#0F0H
        MOV TL0,#00H
        DJNZ TIME,TTT
        MOV TIME,#02
```

```
        SETB RS
        SETB RW
        SETB PH2
        MOV A,P1
        nop
        CLR PH2
        JNB ACC.2,TTT
```

```
        CLR RS
        SETB RW
        SETB PH2
        nop
        MOV A,P1
        ANL A,#0FH
        CLR PH2
        :MOV P0,A
```

```
        CJNE A,#02H,LEFT
        SETB P0.0
        SETB P1.0
        SETB P0.1
        SETB P1.1
```

```
LEFT:   CJNE A,#04H,RIGHT
        SETB P0.1
        SETB P1.1
```

```
RIGHT:  CJNE A,#06H,HH1
        SETB P0.0
        SETB P1.0
```

```
HH1:    CJNE A,#0DH,HH2
        CPL P0.2
        CPL P1.2
```

```
HH2:    CJNE A,#0EH,HS1
        CPL P0.3
        CPL P1.3
```

```
HS1:    CJNE A,#0FH,HS2
        CPL P0.4
        CPL P1.4
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

HS2:  CJNE  A,#00H,HF1
      CPL   P0.5
      CPL   P1.5
HF1:  CJNE  A,#0BH,HF2
      SETB  P0.6
      SETB  P1.6
HF2:  CJNE  A,#0CH,SS0
      CLR   P0.6
      CLR   P1.6
SS0:  CJNE  A,#0AH,ST0
      CLR   P0.0
      CLR   P0.1
      CLR   P1.0
      CLR   P1.1

ST0:
TTT:  SETB  TR0
      RETI

:*****END TIMER0*****
DELAY1: MOV  R1,D_LED
DI:    MOV  R2,#0FFH
      DJNZ R2,S
      DJNZ R1,DI
      RET

END

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**TIP41 SERIES
(TIP41/41A/41B/41C)**

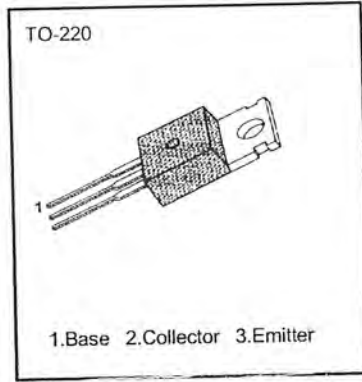
NPN EPITAXIAL SILICON TRANSISTOR

**MEDIUM POWER LINEAR
SWITCHING APPLICATIONS**

• Complement to TIP42/42A/42B/42C

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Characteristic	Symbol	Rating	Unit
Collector Base Voltage	V _{CB0}	TIP41	40 V
		TIP41A	60 V
		TIP41B	80 V
		TIP41C	100 V
Collector Emitter Voltage	V _{CEO}	TIP41	40 V
		TIP41A	60 V
		TIP41B	80 V
		TIP41C	100 V
Emitter-Base Voltage	V _{EB0}	5 V	V
Collector Current (DC)	I _C	6 A	A
Collector Current (Pulse)	I _C	10 A	A
Base Current	I _B	2 A	A
Collector Dissipation (T _C =25°C)	P _C	65 W	W
Collector Dissipation (T _A =25°C)	P _C	2 W	W
Junction Temperature	T _J	150 °C	°C
Storage Temperature	T _{STG}	-65 ~ 150 °C	°C



ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_C = 25°C)

Characteristic	Symbol	Test Conditions	Min	Max	Unit
*Collector Emitter Sustaining Voltage	BV _{CEO(sus)}	I _C = 30mA, I _B = 0	40		V
			60		V
			80		V
			100		V
Collector Cutoff Current	I _{CEO}	V _{CE} = 30V, I _B = 0		0.7	mA
		V _{CE} = 60V, I _B = 0		0.7	mA
Collector Cutoff Current	I _{CES}	V _{CE} = 40V, V _{EB} = 0		400	µA
		V _{CE} = 60V, V _{EB} = 0		400	µA
		V _{CE} = 80V, V _{EB} = 0		400	µA
		V _{CE} = 100V, V _{EB} = 0		400	µA
Emitter Cutoff Current	I _{EB0}	V _{EB} = 5V, I _C = 0		1	mA
*DC Current Gain	h _{FE}	V _{CE} = 4V, I _C = 0.3A	30		
		V _{CE} = 4V, I _C = 3A	15	75	
*Collector-Emitter Saturation Voltage	V _{CE(sat)}	I _C = 6A, I _B = 600mA		1.5	V
*Base-Emitter On Voltage	V _{BE(on)}	V _{CE} = 4V, I _C = 6A		2.0	V
Current Gain Bandwidth Product	f _T	V _{CE} = 10V, I _C = 500mA f = 1MHz	3.0		MHz

* Pulse Test: PW < 300µs, Duty Cycle < 2%

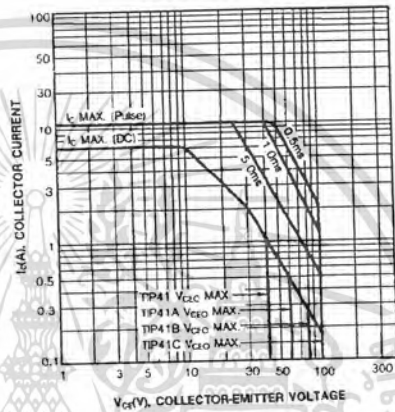
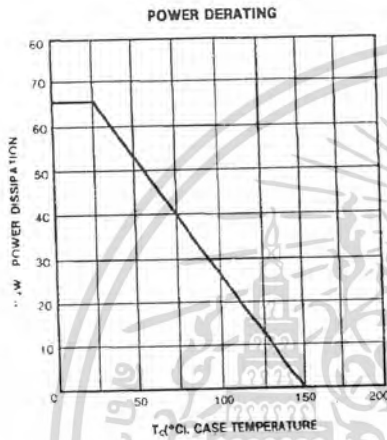
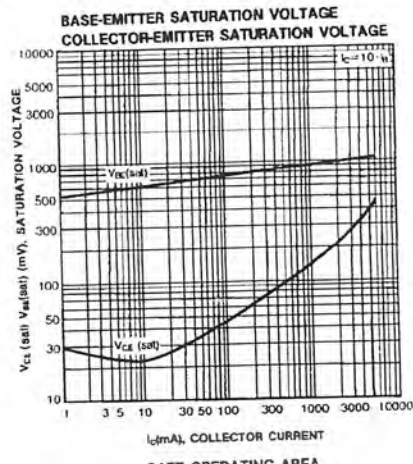
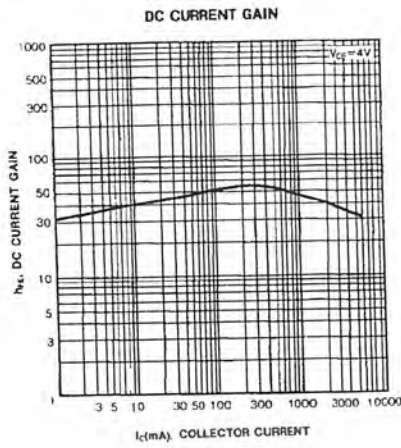
Rev. B

FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR
© 1999 Fairchild Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIP41 SERIES
(TIP41/41A/41B/41C)

NPN EPITAXIAL SILICON TRANSISTOR



FAIRCHILD
SEMICONDUCTOR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TRADEMARKS

The following are registered and unregistered trademarks Fairchild Semiconductor owns or is authorized to use and is not intended to be an exhaustive list of all such trademarks.

ACE^x™
CoolFET™
CROSSVOLT™
E²CMOS™
FACT™
FACT Quiet Series™
FAST®
FASTr™
GTO™
HiSeC™

ISOPLANAR™
MICROWIRE™
POP™
PowerTrench™
QS™
Quiet Series™
SuperSOT™-3
SuperSOT™-6
SuperSOT™-8
TinyLogic™

DISCLAIMER

FAIRCHILD SEMICONDUCTOR RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES WITHOUT FURTHER NOTICE TO ANY PRODUCTS HEREIN TO IMPROVE RELIABILITY, FUNCTION OR DESIGN. FAIRCHILD DOES NOT ASSUME ANY LIABILITY ARISING OUT OF THE APPLICATION OR USE OF ANY PRODUCT OR CIRCUIT DESCRIBED HEREIN; NEITHER DOES IT CONVEY ANY LICENSE UNDER ITS PATENT RIGHTS, NOR THE RIGHTS OF OTHERS.

LIFE SUPPORT POLICY

FAIRCHILD'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF FAIRCHILD SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, or (c) whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

PRODUCT STATUS DEFINITIONS

Definition of Terms

Datasheet Identification	Product Status	Definition
Advance Information	Formative or In Design	This datasheet contains the design specifications for product development. Specifications may change in any manner without notice.
Preliminary	First Production	This datasheet contains preliminary data, and supplementary data will be published at a later date. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
No Identification Needed	Full Production	This datasheet contains final specifications. Fairchild Semiconductor reserves the right to make changes at any time without notice in order to improve design.
Obsolete	Not In Production	This datasheet contains specifications on a product that has been discontinued by Fairchild semiconductor. The datasheet is printed for reference information only.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Complete DTMF transmitter/receiver
- Central office quality
- Low power consumption
- Microprocessor port
- Adjustable guard time
- Automatic tone burst mode
- Call progress mode

ISSUE 6

March 1997

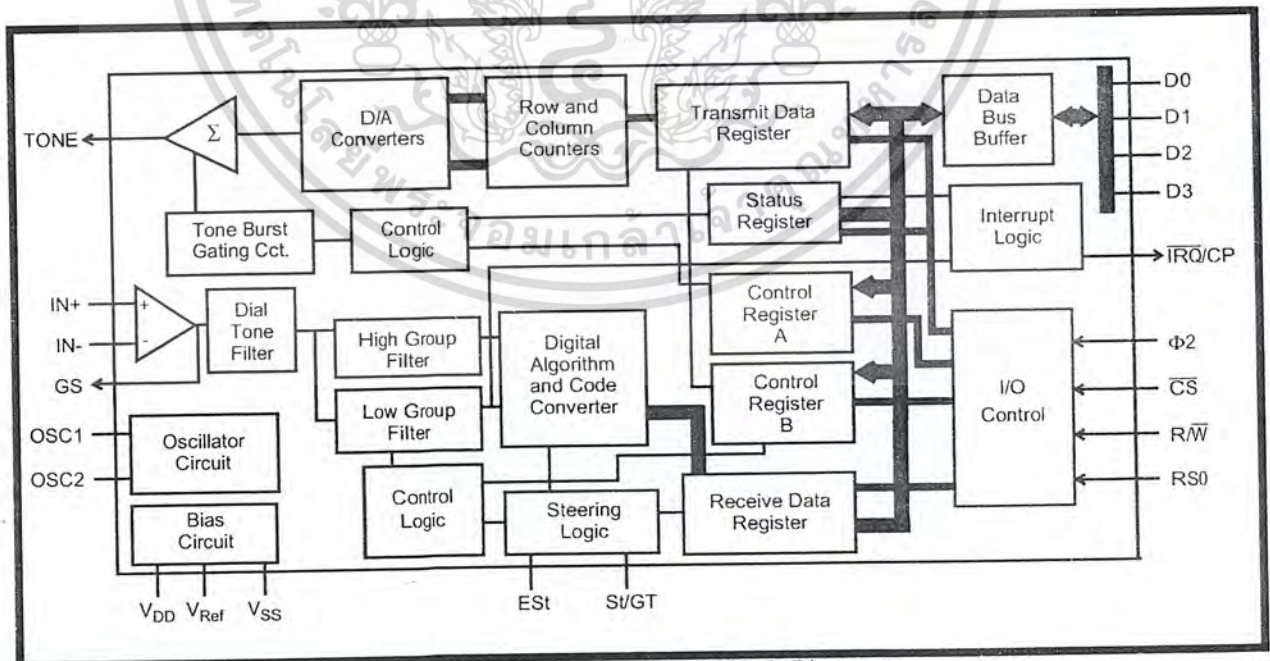
Ordering Information

MT8880CE	20 Pin Plastic DIP
MT8880CS	20 Pin SOIC
MT8880CN	24 Pin SSOP
MT8880CP	28 Pin Plastic LCC
-40°C to +85°C	

Description
Applications

- Credit card systems
- Paging systems
- Repeater systems/mobile radio
- Interconnect dialers
- Personal computers

The MT8880C is a monolithic DTMF transceiver with call progress filter. It is fabricated in Mitel's ISO²-CMOS technology, which provides low power dissipation and high reliability. The DTMF receiver is based upon the industry standard MT8870 monolithic DTMF receiver; the transmitter utilizes a switched capacitor D/A converter for low distortion, high accuracy DTMF signalling. Internal counters provide a burst mode such that tone bursts can be transmitted with precise timing. A call progress filter can be selected allowing a microprocessor to analyze call progress tones. A standard microprocessor bus is provided and is directly compatible with 6800 series microprocessors.


Figure 1 - Functional Block Diagram

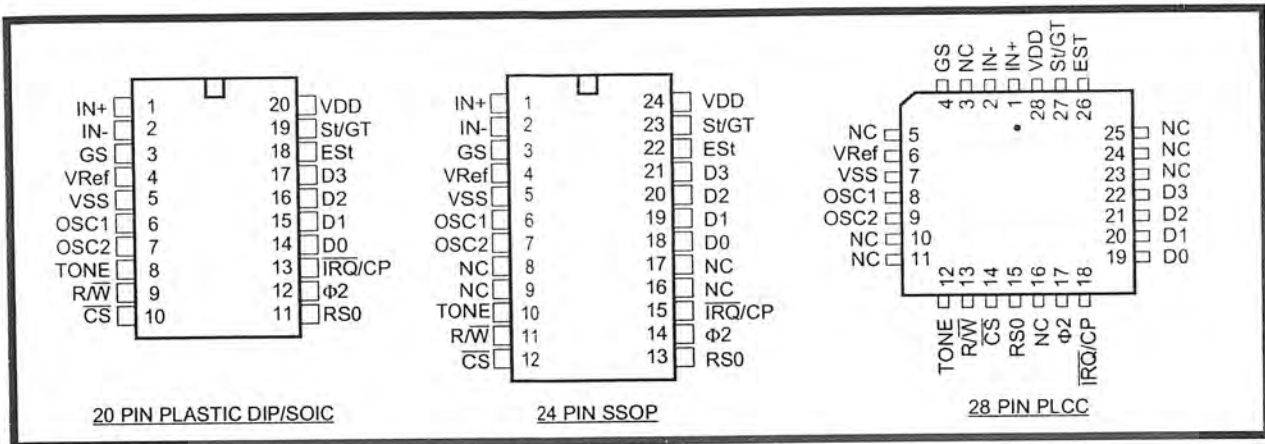


Figure 2 - Pin Connections

Pin Description

Pin #			Name	Description
20	24	28		
1	1	1	IN+	Non-inverting op-amp input.
2	2	2	IN-	Inverting op-amp input.
3	3	4	GS	Gain Select. Gives access to output of front end differential amplifier for connection of feedback resistor.
4	4	6	V _{Ref}	Reference Voltage output, nominally V _{DD} /2 is used to bias inputs at mid-rail (see Fig. 13).
5	5	7	V _{SS}	Ground input (0V).
6	6	8	OSC1	DTMF clock/oscillator input.
7	7	9	OSC2	Clock output. A 3.579545 MHz crystal connected between OSC1 and OSC2 completes the internal oscillator circuit. Leave open circuit when OSC1 is clock input.
8	10	12	TONE	Tone output (DTMF or single tone).
9	11	13	R/W	Read/Write input. Controls the direction of data transfer to and from the MPU and the transceiver registers. TTL compatible.
10	12	14	CS	Chip Select , TTL input ($\overline{CS}=0$ to select the chip).
11	13	15	RS0	Register Select input. See register decode table. TTL compatible.
12	14	17	φ2	System Clock input. TTL compatible. N.B. φ2 clock input need not be active when the device is not being accessed.
13	15	18	IRQ/CP	Interrupt Request to MPU (open drain output). Also, when call progress (CP) mode has been selected and interrupt enabled the IRQ/CP pin will output a rectangular wave signal representative of the input signal applied at the input op-amp. The input signal must be within the bandwidth limits of the call progress filter. See Figure 8.
14-17	18-21	19-22	D0-D3	Microprocessor Data Bus (TTL compatible). High impedance when $\overline{CS} = 1$ or φ2 is low.
18	22	26	Est	Early Steering output. Presents a logic high once the digital algorithm has detected a valid tone pair (signal condition). Any momentary loss of signal condition will cause Est to return to a logic low.
19	23	27	St/GT	Steering Input/Guard Time output (bidirectional). A voltage greater than V _{TSt} detected at St causes the device to register the detected tone pair and update the output latch. A voltage less than V _{TSt} frees the device to accept a new tone pair. The GT output acts to reset the external steering time-constant; its state is a function of Est and the voltage on St.
20	24	28	V _{DD}	Positive power supply input (+5V typical).
	8,9,16,17	3,5,10,11,16,23-25	NC	No Connection.

Functional Description

The MT8880C Integrated DTMF Transceiver architecture consists of a high performance DTMF receiver with internal gain setting amplifier and a DTMF generator which employs a burst counter such that precise tone bursts and pauses can be synthesized. A call progress mode can be selected such that frequencies within the specified passband can be detected. A standard microprocessor interface allows access to an internal status register, two control registers and two data registers.

Input Configuration

The input arrangement of the MT8880C provides a differential-input operational amplifier as well as a bias source (V_{Ref}) which is used to bias the inputs at $V_{DD}/2$. Provision is made for connection of a feedback resistor to the op-amp output (GS) for adjustment of gain. In a single-ended configuration, the input pins are connected as shown in Figure 3.

Figure 4 shows the necessary connections for a differential input configuration.

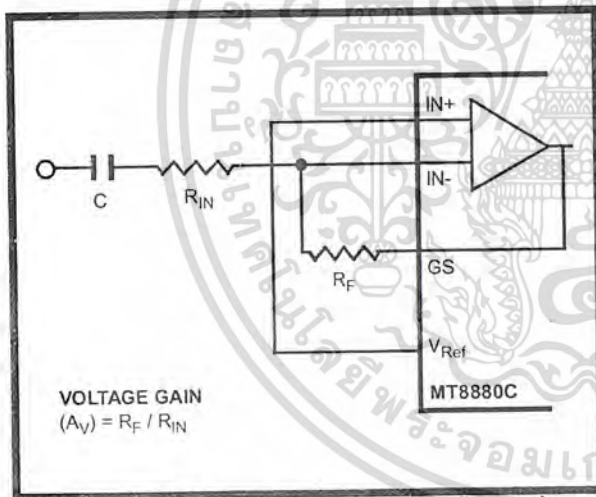


Figure 3 - Single-Ended Input Configuration

Receiver Section

Separation of the low and high group tones is achieved by applying the DTMF signal to the inputs of two sixth-order switched capacitor bandpass filters, the bandwidths of which correspond to the low and high group frequencies (see Fig. 7). These filters also incorporate notches at 350 Hz and 440 Hz for exceptional dial tone rejection. Each filter output is followed by a single order switched capacitor filter section which smooths the signals prior to limiting. Limiting is performed by high-gain comparators

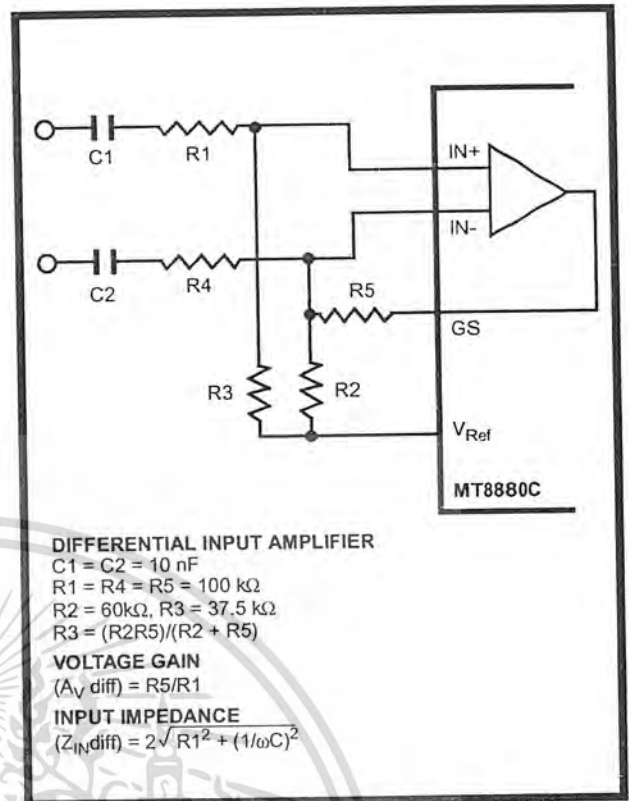


Figure 4 - Differential Input Configuration

which are provided with hysteresis to prevent detection of unwanted low-level signals. The outputs of the comparators provide full rail logic swings at the frequencies of the incoming DTMF signals.

Following the filter section is a decoder employing digital counting techniques to determine the frequencies of the incoming tones and to verify that they correspond to standard DTMF frequencies. A complex averaging algorithm protects against tone simulation by extraneous signals such as voice while providing tolerance to small frequency deviations and variations. This averaging algorithm has been developed to ensure an optimum combination of immunity to talk-off and tolerance to the presence of interfering frequencies (third tones) and noise. When the detector recognizes the presence of two valid tones (this is referred to as the "signal condition" in some industry specifications) the "Early Steering" (Est) output will go to an active state. Any subsequent loss of signal condition will cause Est to assume an inactive state.

Steering Circuit

Before registration of a decoded tone pair, the receiver checks for a valid signal duration (referred to as character recognition condition). This check is performed by an external RC time constant driven by EST. A logic high on EST causes v_c (see Figure 5) to rise as the capacitor discharges. Provided that the signal condition is maintained (EST remains high) for the validation period (t_{GTP}), v_c reaches the threshold (V_{TST}) of the steering logic to register the tone pair, latching its corresponding 4-bit code (see Figure 7) into the Receive Data Register. At this point the GT output is activated and drives v_c to V_{DD}. GT continues to drive high as long as EST remains high. Finally, after a short delay to allow the output latch to settle, the delayed steering output flag goes high, signalling that a received tone pair has been registered. The status of the delayed steering flag can be monitored by checking the appropriate bit in the status register. If Interrupt mode has been selected, the IRQ/CP pin will pull low when the delayed steering flag is active.

The contents of the output latch are updated on an active delayed steering transition. This data is presented to the four bit bidirectional data bus when the Receive Data Register is read. The steering circuit works in reverse to validate the interdigit pause between signals. Thus, as well as rejecting signals too short to be considered valid, the receiver will tolerate signal interruptions (drop out) too short to be considered a valid pause. This facility, together with the capability of selecting the steering time constants externally, allows the designer to tailor performance to meet a wide variety of system requirements.

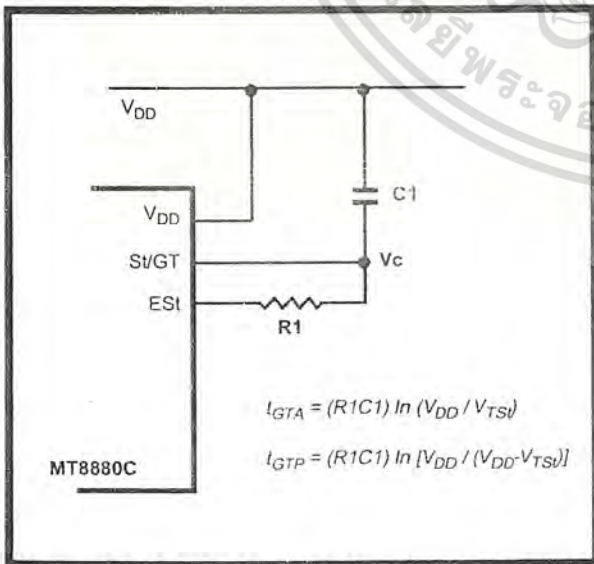


Figure 5 - Basic Steering Circuit

Guard Time Adjustment

The simple steering circuit shown in Figure 5 is adequate for most applications. Component values are chosen according to the formula:

$$t_{REC} = t_{DP} + t_{GTP}$$

$$t_{ID} = t_{DA} + t_{GTA}$$

The value of t_{DP} is a device parameter (see AC Electrical Characteristics) and t_{REC} is the minimum signal duration to be recognized by the receiver. A value for C1 of 0.1 μF is recommended for most applications, leaving R1 to be selected by the designer. Different steering arrangements may be used to select independently the guard times for tone present (t_{GTP}) and tone absent (t_{GTA}). This may be necessary to meet system specifications which place both accept and reject limits on both tone duration and interdigital pause. Guard time adjustment also allows the designer to tailor system parameters such as talk off and noise immunity.

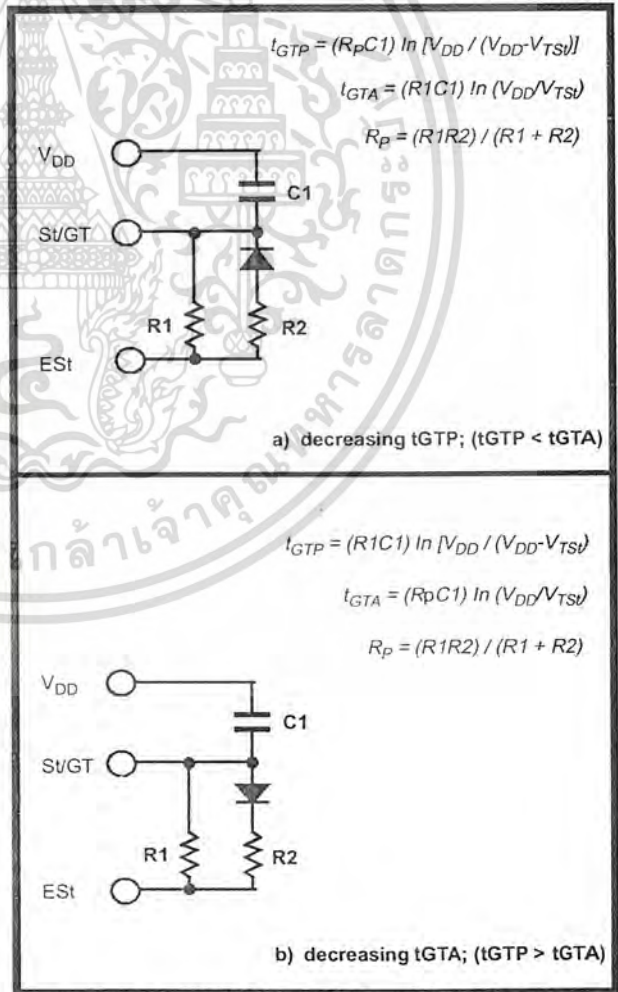


Figure 6 - Guard Time Adjustment

Increasing t_{REC} improves talk-off performance since it reduces the probability that tones simulated by speech will maintain a valid signal condition long enough to be registered. Alternatively, a relatively short t_{REC} with a long t_{DO} would be appropriate for extremely noisy environments where fast acquisition time and immunity to tone drop-outs are required. Design information for guard time adjustment is shown in Figure 6. The receiver timing is shown in Figure 9 with a description of the events in Figure 11.

Call Progress Filter

A call progress mode, using the MT8880C, can be selected allowing the detection of various tones which identify the progress of a telephone call on the network. The call progress tone input and DTMF input are common, however, call progress tones can only be detected when CP mode has been selected. DTMF signals cannot be detected if CP mode has been selected (see Table 5). Figure 8 indicates the useful detect bandwidth of the call progress filter. Frequencies presented to the input, which are within the 'accept' bandwidth limits of the filter, are hard-limited by a high gain comparator with the \overline{IRQ}/CP pin serving as the output. The squarewave output obtained from the schmitt trigger can be analyzed by a microprocessor or counter arrangement to determine the nature of the call progress tone being detected. Frequencies which are in the 'reject' area will not be detected and consequently the \overline{IRQ}/CP pin will remain low.

DTMF Generator

The DTMF transmitter employed in the MT8880C is capable of generating all sixteen standard DTMF tone pairs with low distortion and high accuracy. All frequencies are derived from an external 3.579545 MHz crystal. The sinusoidal waveforms for the individual tones are digitally synthesized using row and column programmable dividers and switched capacitor D/A converters. The row and column tones are mixed and filtered providing a DTMF signal with low total harmonic distortion and high accuracy. To specify a DTMF signal, data conforming to the encoding format shown in Figure 7 must be written to the transmit Data Register. Note that this is the same as the receiver output code. The individual tones which are generated (f_{LOW} and f_{HIGH}) are referred to as Low Group and High Group tones. As seen from the table, the low group frequencies are 697, 770, 852 and 941 Hz. The high group frequencies are 1209, 1336, 1477 and 1633 Hz. Typically, the high group to low group amplitude ratio (pre-emphasis) is 2dB to compensate for high group attenuation on long loops.

F _{LOW}	F _{HIGH}	DIGIT	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀
697	1209	1	0	0	0	1
697	1336	2	0	0	1	0
697	1477	3	0	0	1	1
770	1209	4	0	1	0	0
770	1336	5	0	1	0	1
770	1477	6	0	1	1	0
852	1209	7	0	1	1	1
852	1336	8	1	0	0	0
852	1477	9	1	0	0	1
941	1336	0	1	0	1	0
941	1209	*	1	0	1	1
941	1477	#	1	1	0	0
697	1633	A	1	1	0	1
770	1633	B	1	1	1	0
852	1633	C	1	1	1	1
941	1633	D	0	0	0	0

0= LOGIC LOW, 1= LOGIC HIGH

Figure 7 - Functional Encode/Decode Table

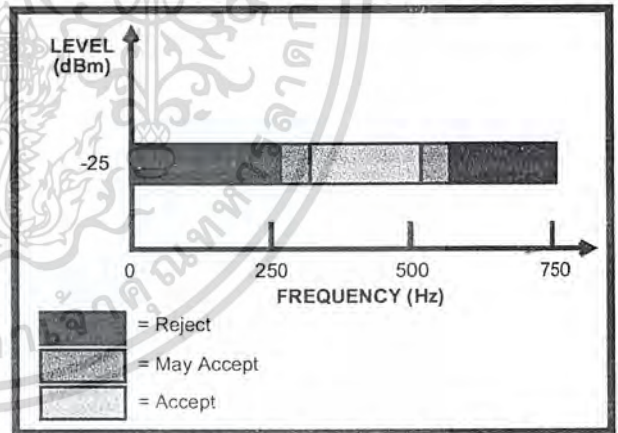


Figure 8 - Call Progress Response

The period of each tone consists of 32 equal time segments. The period of a tone is controlled by varying the length of these time segments. During write operations to the Transmit Data Register the 4 bit data on the bus is latched and converted to 2 of 8 coding for use by the programmable divider circuitry. This code is used to specify a time segment length which will ultimately determine the frequency of the tone. When the divider reaches the appropriate count, as determined by the input code, a reset pulse is issued and the counter starts again. The number

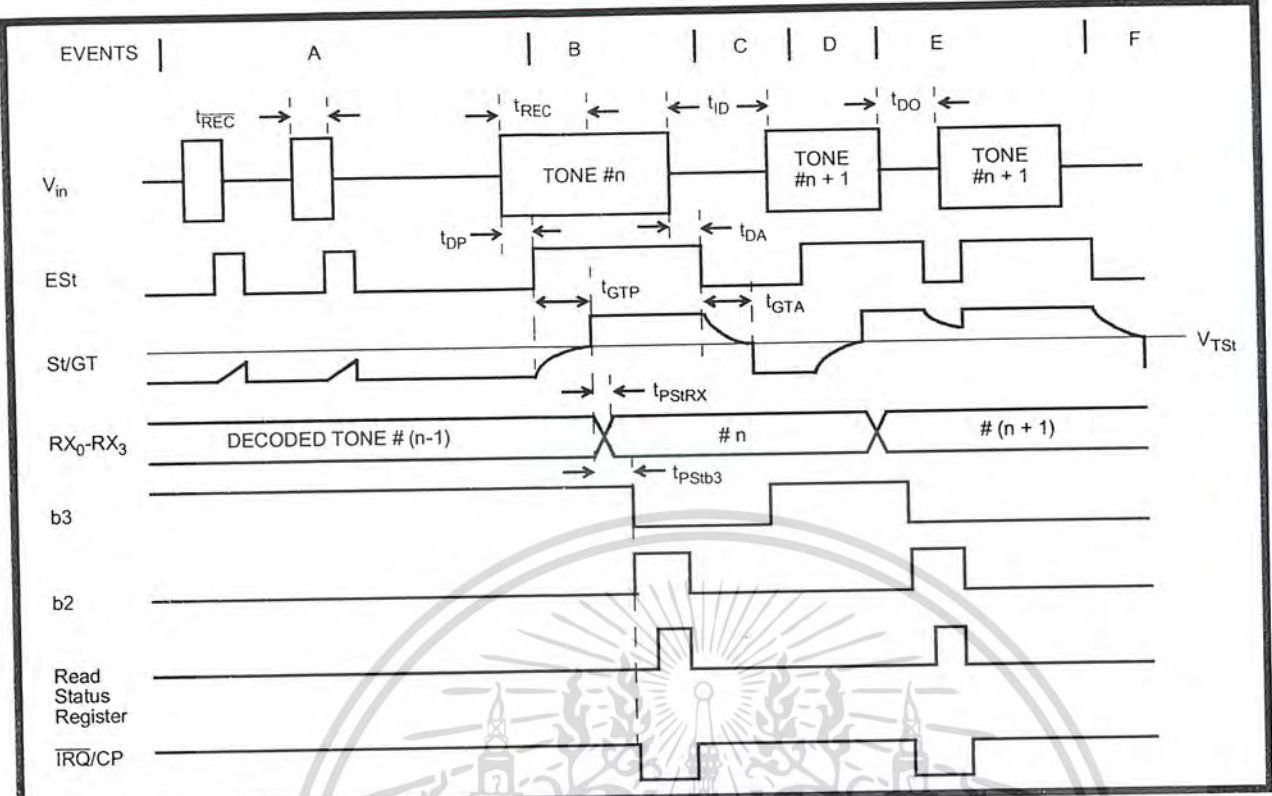


Figure 9 - Receiver Timing Diagram

of time segments is fixed at 32, however, by varying the segment length as described above the tone output signal frequency will be varied. The divider output clocks another counter which addresses the sinewave lookup ROM.

The lookup table contains codes which are used by the switched capacitor D/A converter to obtain discrete and highly accurate DC voltage levels. Two identical circuits are employed to produce row and

column tones which are then mixed using a low noise summing amplifier. The oscillator described needs no "start-up" time as in other DTMF generators since the crystal oscillator is running continuously thus providing a high degree of tone burst accuracy. A bandwidth limiting filter is incorporated and serves to attenuate distortion products above 8 kHz. It can be seen from Figure 10 that the distortion products are very low in amplitude.

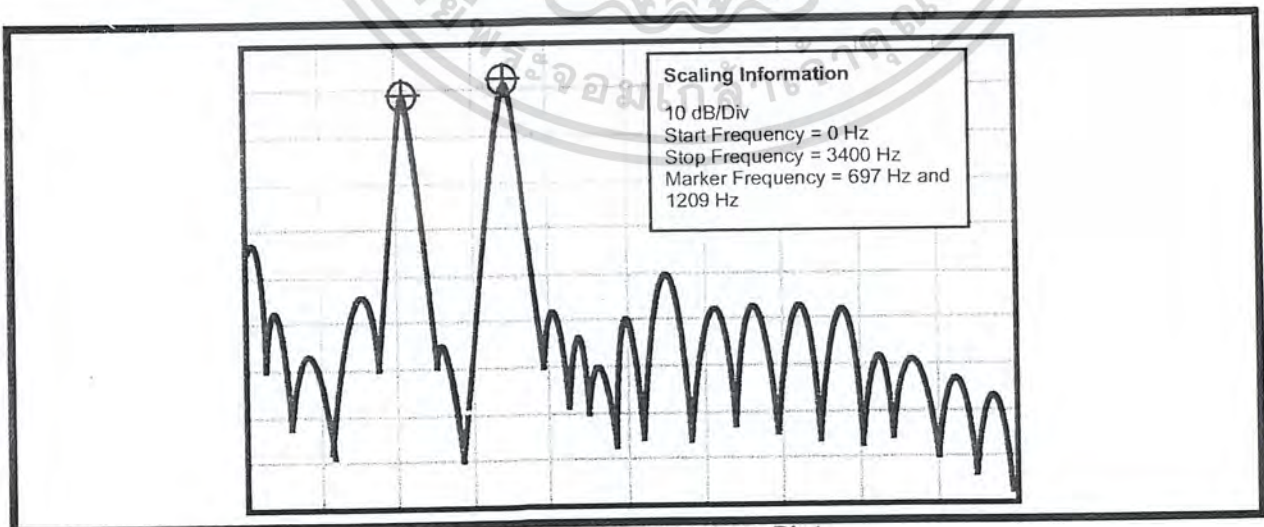


Figure 10 - Spectrum Plot

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Burst Mode

In certain telephony applications it is required that DTMF signals being generated are of a specific duration determined either by the particular application or by any one of the exchange transmitter specifications currently existing. Standard DTMF signal timing can be accomplished by making use of the Burst Mode. The transmitter is capable of issuing symmetric bursts/pauses of predetermined duration. This burst/pause duration is $51 \text{ ms} \pm 1 \text{ ms}$ which is a standard interval for autodialer and central office applications. After the burst/pause has been issued, the appropriate bit is set in the Status Register indicating that the transmitter is ready for more data. The timing described above is available when DTMF mode has been selected. However, when CP mode (Call Progress mode) is selected, a second burst/pause time of $102 \text{ ms} \pm 2 \text{ ms}$ is available. This extended interval is useful when precise tone bursts of longer than 51 ms duration and 51 ms pause are desired. Note that when CP mode and Burst mode have been selected, DTMF tones may be transmitted only and *not* received.

In applications where a non-standard burst/pause duration is required, burst mode must be disabled

and the transmitter gated on and off by an external hardware or software timer.

Single Tone Generation

A single tone mode is available whereby individual tones from the low group or high group can be generated. This mode can be used for DTMF test equipment applications, acknowledgment tone generation and distortion measurements. Refer to Control Register B description for details.

Distortion Calculations

The MT8880C is capable of producing precise tone bursts with minimal error in frequency (see Table 1). The internal summing amplifier is followed by a first-order lowpass switched capacitor filter to minimize harmonic components and intermodulation products. The total harmonic distortion for a *single tone* can be calculated using Equation 1, which is the ratio of the total power of all the extraneous frequencies to the power of the fundamental frequency expressed as a percentage. The Fourier components of the tone output correspond to $V_{2f} \dots V_{nf}$ as measured on the output waveform. The total harmonic distortion for a *dual tone* can be calculated

EXPLANATION OF EVENTS

- A) TONE BURSTS DETECTED, TONE DURATION INVALID, RX DATA REGISTER NOT UPDATED.
- B) TONE #*n* DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN RX DATA REGISTER.
- C) END OF TONE #*n* DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, INFORMATION IN RX DATA REGISTER RETAINED UNTIL NEXT VALID TONE PAIR.
- D) TONE #*n*+1 DETECTED, TONE DURATION VALID, TONE DECODED AND LATCHED IN RX DATA REGISTER.
- E) ACCEPTABLE DROPOUT OF TONE #*n*+1, TONE ABSENT DURATION INVALID, DATA REMAINS UNCHANGED.
- F) END OF TONE #*n*+1 DETECTED, TONE ABSENT DURATION VALID, INFORMATION IN RX DATA REGISTER RETAINED UNTIL NEXT VALID TONE PAIR.

EXPLANATION OF SYMBOLS

- V_{in} DTMF COMPOSITE INPUT SIGNAL.
- EST EARLY STEERING OUTPUT, INDICATES DETECTION OF VALID TONE FREQUENCIES.
- St/GT STEERING INPUT/GUARD TIME OUTPUT. DRIVES EXTERNAL RC TIMING CIRCUIT.
- RX₀-RX₃ 4-BIT DECODED DATA IN RECEIVE DATA REGISTER
- b3 DELAYED STEERING. INDICATES THAT VALID FREQUENCIES HAVE BEEN PRESENT/ABSENT FOR THE REQUIRED GUARD TIME THUS CONSTITUTING A VALID SIGNAL. ACTIVE LOW FOR THE DURATION OF A VALID DTMF SIGNAL.
- b2 INDICATES THAT VALID DATA IS IN THE RECEIVE DATA REGISTER. THE BIT IS CLEARED AFTER THE STATUS REGISTER IS READ.
- \overline{IRQ}/CP INTERRUPT IS ACTIVE INDICATING THAT NEW DATA IS IN THE RX DATA REGISTER. THE INTERRUPT IS CLEARED AFTER THE STATUS REGISTER IS READ.
- t_{REC} MAXIMUM DTMF SIGNAL DURATION NOT DETECTED AS VALID.
- t_{REC} MINIMUM DTMF SIGNAL DURATION REQUIRED FOR VALID RECOGNITION.
- t_{ID} MINIMUM TIME BETWEEN VALID SEQUENTIAL DTMF SIGNALS.
- t_{DO} MAXIMUM ALLOWABLE DROPOUT DURING VALID DTMF SIGNAL.
- t_{DP} TIME TO DETECT VALID FREQUENCIES PRESENT.
- t_{DA} TIME TO DETECT VALID FREQUENCIES ABSENT.
- t_{GTP} GUARD TIME, TONE PRESENT.
- t_{GTA} GUARD TIME, TONE ABSENT.

Figure 11 - Description of Timing Events

$$THD(\%) = 100 \frac{\left(\sqrt{V_{2f}^2 + V_{3f}^2 + V_{4f}^2 + \dots + V_{nf}^2} \right)}{V_{\text{fundamental}}}$$

Equation 1. THD (%) For a Single Tone

$$THD(\%) = 100 \frac{\left(\sqrt{V_{2L}^2 + V_{3L}^2 + \dots + V_{nL}^2 + V_{2H}^2 + V_{3H}^2 + \dots + V_{nH}^2 + V_{IMD}^2} \right)}{\sqrt{V_L^2 + V_H^2}}$$

Equation 2. THD (%) For a Dual Tone

ACTIVE INPUT	OUTPUT FREQUENCY (Hz)		%ERROR
	SPECIFIED	ACTUAL	
L1	697	699.1	+0.30
L2	770	766.2	-0.49
L3	852	847.4	-0.54
L4	941	948.0	+0.74
H1	1209	1215.9	+0.57
H2	1336	1331.7	-0.32
H3	1477	1471.9	-0.35
H4	1633	1645.0	+0.73

Table 1. Actual Frequencies Versus Standard Requirements

using Equation 2. V_L and V_H correspond to the low group amplitude and high group amplitude, respectively, and V_{IMD}^2 is the sum of all the intermodulation components. The internal switched-capacitor filter following the D/A converter keeps distortion products down to a very low level as shown in Figure 10.

DTMF Clock Circuit

The internal clock circuit is completed with the addition of a standard television colour burst crystal. The crystal specification is as follows:

- Frequency: 3.579545 MHz
- Frequency Tolerance: ±0.1%
- Resonance Mode: Parallel
- Load Capacitance: 18pF

Maximum Series Resistance: 150 ohms
Maximum Drive Level: 2mW

e.g. CTS Knights MP036S
Toyocom TQC-203-A-9S

A number of MT8880C devices can be connected as shown in Figure 12 such that only one crystal is required. Alternatively, the OSC1 inputs on all devices can be driven from a TTL buffer with the OSC2 outputs left unconnected.

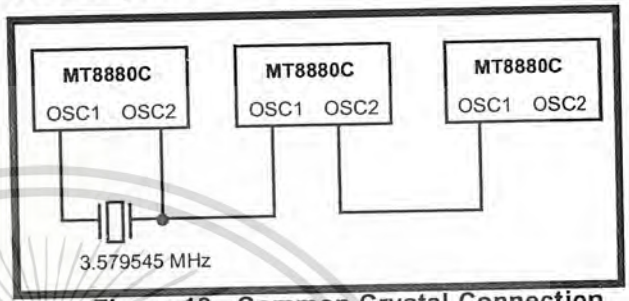


Figure 12 - Common Crystal Connection

Microprocessor Interface

The MT8880C employs a microprocessor interface which allows precise control of transmitter and receiver functions. There are five internal registers associated with the microprocessor interface which can be subdivided into three categories, i.e., data transfer, transceiver control and transceiver status. There are two registers associated with data transfer operations.

The Receive Data Register contains the output code of the last valid DTMF tone pair to be decoded and is a read only register. The data entered in the Transmit Data Register will determine which tone pair is to be generated (see Figure 7 for coding details). Data can only be written to the transmit register. Transceiver control is accomplished with two Control Registers (CRA and CRB) which occupy the same address space. A write operation to CRB can be executed by setting the appropriate bit in CRA. The following write operation to the same address will then be directed to CRB and subsequent write cycles will then be directed back to CRA. A software reset must be included at the beginning of all programs to initialize the control and status registers after power up or power reset (see Figure 16). Refer to Tables 3, 4, 5 and 6 for details concerning the Control Registers. The \overline{IRQ}/CP pin can be programmed such that it will provide an interrupt request signal upon validation of DTMF signals or when the transmitter is ready for more data (Burst mode only). The \overline{IRQ}/CP pin is configured as an open drain output device and as such requires a pull-up resistor (see Figure 13).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RS0	R/W	FUNCTION
0	0	Write to Transmit Data Register
0	1	Read from Receive Data Register
1	0	Write to Control Register
1	1	Read from Status Register

Table 2. Internal Register Functions

b3	b2	b1	b0
RSEL	IRQ	CP/DTMF	TOUT

Table 3. CRA Bit Positions

b3	b2	b1	b0
C/R	S/D	TEST	BURST

Table 4. CRB Bit Positions

BIT	NAME	FUNCTION	DESCRIPTION
b0	TOUT	tone output	A logic '1' enables the tone output. This function can be implemented in either the burst mode or non-burst mode.
b1	CP/DTMF	MODE CONTROL	In DTMF mode (logic '0') the device is capable of generating and receiving Dual Tone Multi-Frequency signals. When the CP (Call Progress) mode is selected (logic '1') a 6th order bandpass filter is enabled to allow call progress tones to be detected. Call progress tones which are within the specified bandwidth will be presented at the $\overline{\text{IRQ}}/\text{CP}$ pin in rectangular wave format if the IRQ bit has been enabled (b2=1). Also, when the CP mode and BURST mode have both been selected, the transmitter will issue DTMF signals with a burst and pause of 102 ms (typ) duration. This signal duration is twice that obtained from the DTMF transmitter if DTMF mode had been selected. Note that DTMF signals cannot be decoded when the CP mode of operation has been selected.
b2	IRQ	INTERRUPT ENABLE	A logic '1' enables the INTERRUPT mode. When this mode is active and the DTMF mode has been selected (b1=0) the $\overline{\text{IRQ}}/\text{CP}$ pin will pull to a logic '0' condition when either 1) a valid DTMF signal has been received and has been present for the guard time duration or 2) the transmitter is ready for more data (BURST mode only).
b3	RSEL	REGISTER SELECT	A logic '1' selects Control Register B on the next Write cycle to the Control Register address. Subsequent Write cycles to the Control Register are directed back to Control Register A.

Table 5. Control Register A Description

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BIT	NAME	FUNCTION	DESCRIPTION
b0	BURST	BURST MODE	A logic '0' enables the burst mode. When this mode is selected, data corresponding to the desired DTMF tone pair can be written to the Transmit Register resulting in a tone burst of a specific duration (see AC Characteristics). Subsequently, a pause of the same duration is induced. Immediately following the pause, the Status Register is updated indicating that the Transmit Register is ready for further instructions and an interrupt will be generated if the interrupt mode has been enabled. Additionally, if call progress (CP) mode has been enabled, the burst and pause duration is increased by a factor of two. When the burst mode is not selected (logic '1') tone bursts of any desired duration may be generated.
b1	TEST	TEST MODE	By enabling the test mode (logic '1'), the \overline{IRQ}/CP pin will present the delayed steering (inverted) signal from the DTMF receiver. Refer to Figure 9 (b3 waveform) for details concerning the output waveform. DTMF mode must be selected (CRA b1=0) before test mode can be implemented.
b2	S/ \overline{D}	SINGLE /DUAL TONE GENERATION	A logic '0' will allow Dual Tone Multi-Frequency signals to be produced. If single tone generation is enabled (logic '1'), either row or column tones (low group or high group) can be generated depending on the state of b3 in Control Register B.
b3	C/ \overline{R}	COLUMN/ROW TONES	When used in conjunction with b2 (above) the transmitter can be made to generate single row or single column frequencies. A logic '0' will select row frequencies and a logic '1' will select column frequencies.

Table 6. Control Register B Description

BIT	NAME	STATUS FLAG SET	STATUS FLAG CLEARED
b0	IRQ	Interrupt has occurred. Bit one (b1) or bit two (b2) is set.	Interrupt is inactive. Cleared after Status Register is read.
b1	TRANSMIT DATA REGISTER EMPTY (BURST MODE ONLY)	Pause duration has terminated and transmitter is ready for new data.	Cleared after Status Register is read or when in non-burst mode.
b2	RECEIVE DATA REGISTER FULL	Valid data is in the Receive Data Register.	Cleared after Status Register is read.
b3	DELAYED STEERING	Set upon the valid detection of the absence of a DTMF signal.	Cleared upon the detection of a valid DTMF signal.

Table 7. Status Register Description

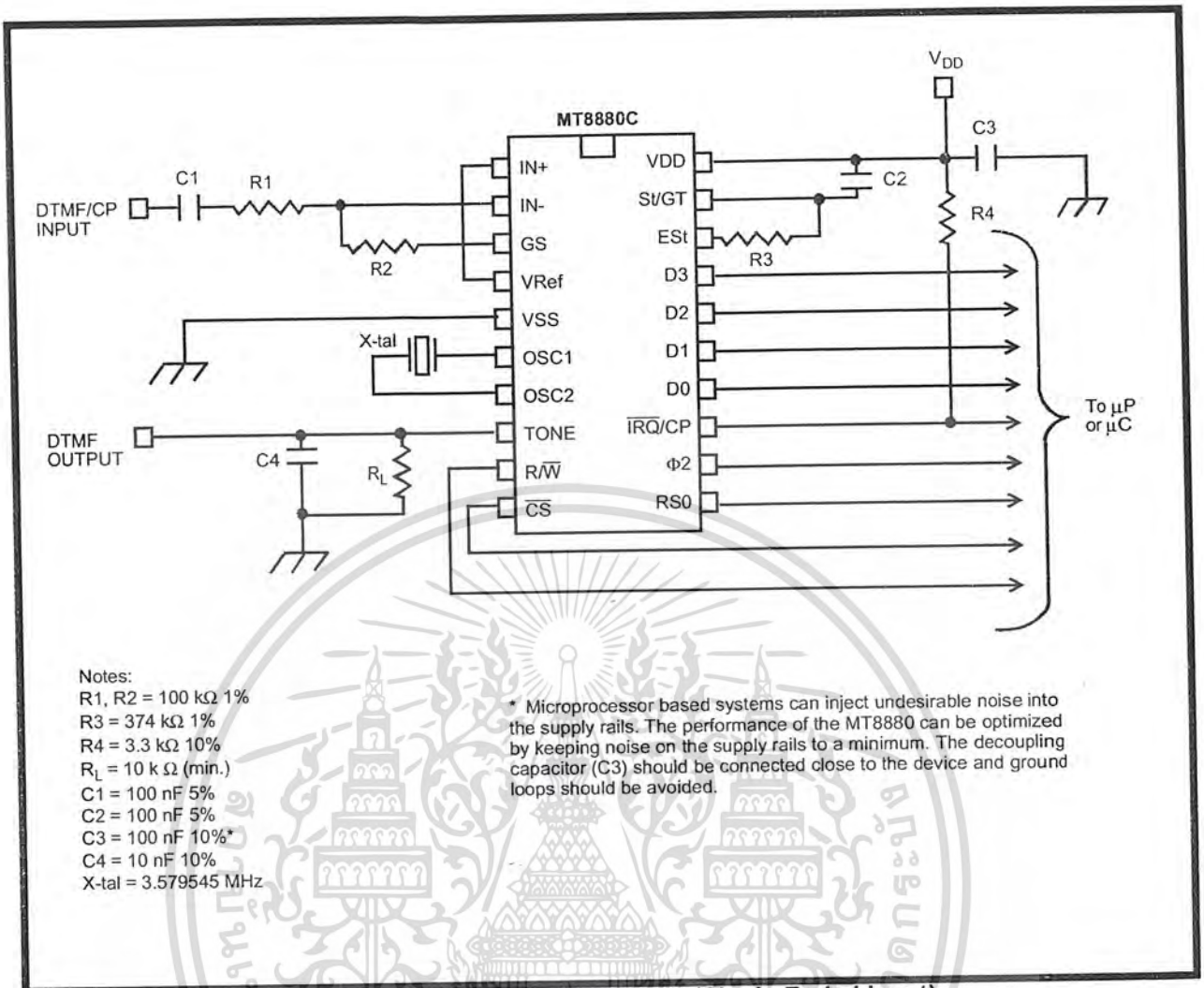


Figure 13 - Application Circuit (Single-Ended Input)

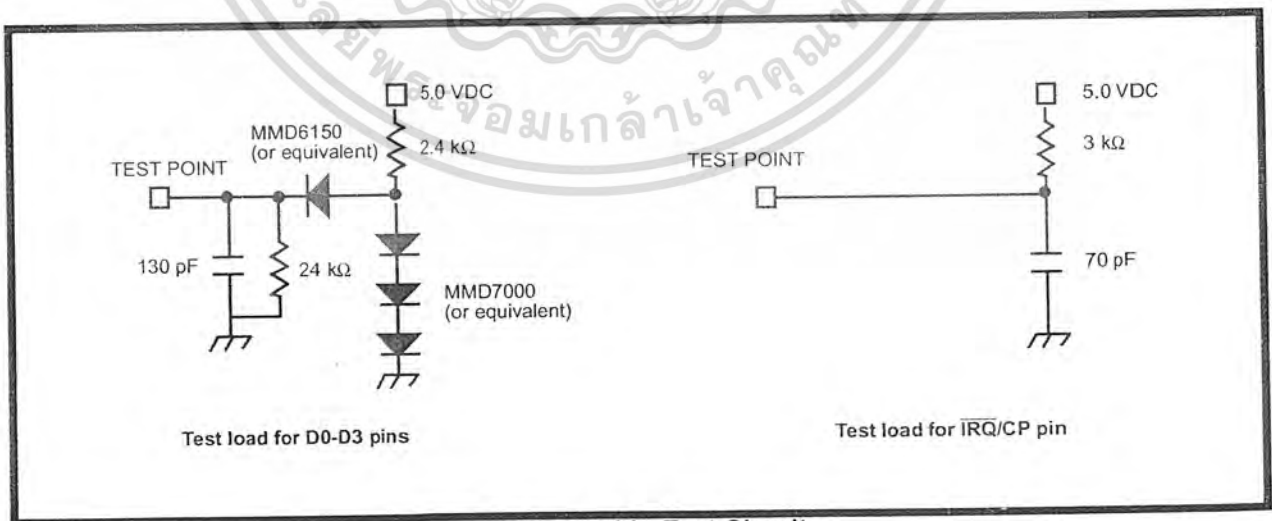


Figure 14 - Test Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

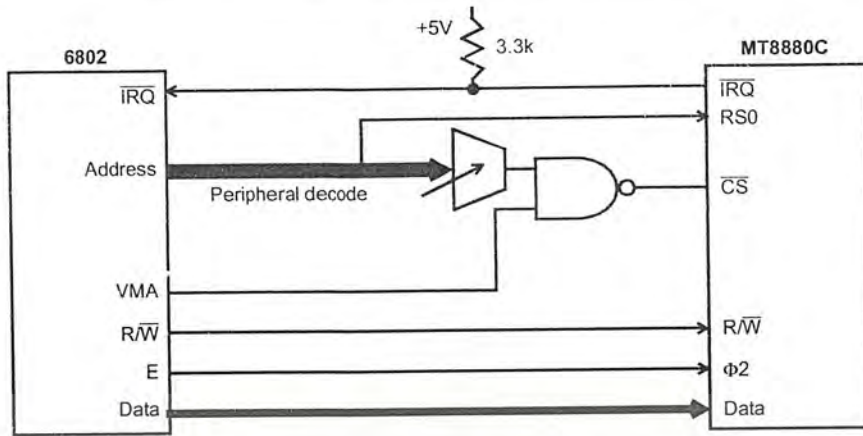


Figure 15 - MT8880C to 6802 Interface

EXAMPLE 1: A software reset must be included at the beginning of all programs to initialize the control registers after power up. The initialization procedure should be implemented 100ms after power up.

Description	Control			Data			
	CS	RS0	R/W	b3	b2	b1	b0
1) Read Status Register	0	1	1	X	X	X	X
2) Write to Control Register	0	1	0	0	0	0	0
3) Write to Control Register	0	1	0	0	0	0	0
4) Write to Control Register	0	1	0	1	0	0	0
5) Write to Control Register	0	1	0	0	0	0	0
6) Read Status Register	0	1	1	X	X	X	X

EXAMPLE 2: Transmit DTMF tones of 50 ms burst/50 ms pause and Receive DTMF Tones

Description	Control			Data			
	CS	RS0	R/W	b3	b2	b1	b0
1) Write to Control Register A (tone out, DTMF, $\overline{\text{IRQ}}$, Select Control Register B)	0	1	0	1	1	0	1
2) Write to Control Register B (burst mode)	0	1	0	0	0	0	0
3) Write to Transmit Data Register (send a digit 7)	0	0	0	0	1	1	1
-----wait for an interrupt or poll Status Register-----							
4) Read the Status Register	0	1	1	X	X	X	X
-if bit 1 is set, the Tx is ready for the next tone, in which case...							
Write to Transmit Register (send a digit 5)	0	0	0	0	1	0	1
-if bit 2 is set, a DTMF tone has been received, in which case....							
Read the Receive Data Register	0	0	1	X	X	X	X
-if both bits are set...							
Read the Receive Data Register	0	0	1	X	X	X	X
Write to Transmit Data Register	0	0	0	0	1	0	1

NOTE: IN THE TX BURST MODE, STATUS REGISTER BIT 1 WILL NOT BE SET UNTIL 100 ms (± 2 ms) AFTER THE DATA IS WRITTEN TO THE TX DATA REGISTER. IN EXTENDED BURST MODE THIS TIME WILL BE DOUBLED TO 200 ms (± 4 ms).

Figure 16 - Application Hints

Absolute Maximum Ratings*

	Parameter	Symbol	Min	Max	Units
1	Power supply voltage V_{DD} - V_{SS}	V_{DD}		6	V
2	Voltage on any pin	V_I	$V_{SS}-0.3$	$V_{DD}+0.3$	V
3	Current at any pin (Except V_{DD} and V_{SS})			10	mA
4	Storage temperature	T_{ST}	-65	+150	°C
5	Package power dissipation	P_D		1000	mW

* Exceeding these values may cause permanent damage. Functional operation under these conditions is not implied.

Recommended Operating Conditions - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated.

	Parameter	Sym	Min	Typ [‡]	Max	Units	Test Conditions
1	Positive power supply	V_{DD}	4.75	5.00	5.25	V	
2	Operating temperature	T_O	-40		+85	°C	
3	Crystal clock frequency	f_{CLK}	3.575965	3.579545	3.583124	MHz	

‡ Typical figures are at 25 °C and for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

DC Electrical Characteristics[†] - $V_{SS}=0$ V.

		Characteristics	Sym	Min	Typ [‡]	Max	Units	Test Conditions
1	S U P	Operating supply voltage	V_{DD}	4.75	5.0	5.25	V	
2		Operating supply current	I_{DD}		7.0	11	mA	
3		Power consumption	P_C			57.8	mW	
4	I N P U T S	High level input voltage (OSC1)	V_{IHO}	3.5			V	
5		Low level input voltage (OSC1)	V_{ILO}			1.5	V	
6		Steering threshold voltage	V_{Tst}	2.2	2.3	2.5	V	$V_{DD}=5V$
7	O U T P U T S	Low level output voltage (OSC2)	V_{OLO}			0.1	V	No load
8		High level output voltage (OSC2)	V_{OHO}	4.9			V	No load $V_{DD}=5V$
9		Output leakage current (IRQ)	I_{OZ}		1	10	μA	$V_{OH}=2.4V$
10		V_{Ref} output voltage	V_{Ref}	2.4	2.5	2.6	V	No load, $V_{DD}=5V$
11		V_{Ref} output resistance	R_{OR}		1.3		kΩ	
12	D i g i t a l	Low level input voltage	V_{IL}			0.8	V	
13		High level input voltage	V_{IH}	2.0			V	
14		Input leakage current	I_{IZ}			10	μA	$V_{IN}=V_{SS}$ to V_{DD}
15	Data Bus	Source current	I_{OH}	-1.4	-6.6		mA	$V_{OH}=2.4V$
16		Sink current	I_{OL}	2.0	4.0		mA	$V_{OL}=0.4V$
17	ESt and St/Gt	Source current	I_{OH}	-0.5	-3.0		mA	$V_{OH}=4.6V$
18		Sink current	I_{OL}	2	4		mA	$V_{OL}=0.4V$
19	IRQ/CP	Sink current	I_{OL}	4	16		mA	$V_{OL}=0.4V$

† Characteristics are over recommended operating conditions unless otherwise stated.

‡ Typical figures are at 25 °C, $V_{DD}=5V$ and for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics

Gain Setting Amplifier - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated, $V_{SS} = 0V$.

	Characteristics	Sym	Min	Typ	Max	Units	Test Conditions
1	Input leakage current	I_{IN}			100	nA	$V_{SS} \leq V_{IN} \leq V_{DD}$
2	Input resistance	R_{IN}	10			M Ω	
3	Input offset voltage	V_{OS}			25	mV	
4	Power supply rejection	PSRR	50			dB	1 kHz
5	Common mode rejection	CMRR	40			dB	
6	DC open loop voltage gain	A_{VOL}	40			dB	$C_L = 20p$
7	Unity gain bandwidth	BW	1.0			MHz	$C_L = 20p$
8	Output voltage swing	V_O	0.5		$V_{DD}-0.5$	V	$R_L \geq 100 k\Omega$ to V_{SS}
9	Allowable capacitive load (GS)	C_L			100	pF	PM>40°
10	Allowable resistive load (GS)	R_L	50			k Ω	$V_O = 4V_{pp}$
11	Common mode range	V_{CM}	1.0		$V_{DD}-1.0$	V	$R_L = 50k\Omega$

Figures are for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.
 Characteristics are over recommended operating conditions unless otherwise stated.

MT8880C AC Electrical Characteristics[†] - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ [†]	Max	Units	Notes*	
1	Valid Input signal levels (each tone of composite signal)	R X		-29		dBm	1,2,3,5,6,9	
				27.5		mV _{RMS}	1,2,3,5,6,9	
						+1	dBm	1,2,3,5,6,9
						869	mV _{RMS}	1,2,3,5,6,9

[†] Characteristics are over recommended operating conditions (unless otherwise stated) using the test circuit shown in Figure 13.

AC Electrical Characteristics[†] - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated, $f_c = 3.579545$ MHz.

	Characteristics	Sym	Min	Typ [†]	Max	Units	Notes*
1	Positive twist accept				8	dB	2,3,6,9
2	Negative twist accept				8	dB	2,3,6,9
3	Freq. deviation accept		$\pm 1.5\% \pm 2Hz$				2,3,5,9
4	Freq. deviation reject		$\pm 3.5\%$				2,3,5
5	Third tone tolerance			-16		dB	2,3,4,5,9,10
6	Noise tolerance			-12		dB	2,3,4,5,7,9,10
7	Dial tone tolerance			22		dB	2,3,4,5,8,9,11

[†] Characteristics are over recommended operating conditions unless otherwise stated.

[‡] Typical figures are at 25°C, $V_{DD} = 5V$, and for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

* See "Notes" following AC Electrical Characteristics Tables.

AC Electrical Characteristics[†] - Call Progress - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated.

	Characteristics	Sym	Min	Typ [‡]	Max	Units	Notes*
1	Lower freq. (ACCEPT)	f _{LA}		320		Hz	@ -25 dBm
2	Upper freq. (ACCEPT)	f _{HA}		510		Hz	@ -25 dBm
3	Lower freq. (REJECT)	f _{LR}		290		Hz	@ -25 dBm
4	Upper freq. (REJECT)	f _{HR}		540		Hz	@ -25 dBm
5	Call progress tone detect level (total power)		-30			dBm	

[†] Characteristics are over recommended operating conditions unless otherwise stated

[‡] Typical figures are at 25°C, V_{DD} = 5V, and for design aid only: not guaranteed and not subject to production testing

* See "Notes" AC Electrical Characteristics Tables

AC Electrical Characteristics[†] - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated.

		Characteristics	Sym	Min	Typ [‡]	Max	Units	Conditions
1	R X	Tone present detect time	t _{DP}	3	11	14	ms	Note 12
2		Tone absent detect time	t _{DA}	0.5	4	8.5	ms	Note 12
3		Tone duration accept	t _{REC}			40	ms	User adjustable [#]
4		Tone duration reject	t _{REC}	20			ms	User adjustable [#]
5		Interdigit pause accept	t _{ID}			40	ms	User adjustable [#]
6		Interdigit pause reject	t _{DO}	20			ms	User adjustable [#]
7		Delay St to b3	t _{PSStb3}		13		µs	
8		Delay St to RX ₀ -RX ₃	t _{PSIRX}		8		µs	
9	T X	Tone burst duration	t _{BST}	50		52	ms	DTMF mode
10		Tone pause duration	t _{PS}	50		52	ms	DTMF mode
11		Tone burst duration (extended)	t _{BSTE}	100		104	ms	Call Progress mode
12		Tone pause duration (extended)	t _{PSE}	100		104	ms	Call Progress mode
13	T O N E O U T	High group output level	V _{HOUT}	-6.1		-2.1	dBm	R _L = 10kΩ
14		Low group output level	V _{LOUT}	-8.1		-4.1	dBm	R _L = 10kΩ
15		Pre-emphasis	dB _P		2	3	dB	R _L = 10kΩ
16		Output distortion (Single Tone)	THD		-35		dB	25 kHz Bandwidth R _L = 10kΩ
17		Frequency deviation	f _D		±0.7	±1.5	%	f _C = 3.579545 MHz
18		Output load resistance	R _{LT}	10		50	kΩ	
19	M P U I N T E R F A C E	Φ2 cycle period	t _{CYC}		250		ns	
20		Φ2 high pulse width	t _{CH}		115		ns	
21		Φ2 low pulse width	t _{CL}		110		ns	
22		Φ2 rise and fall time	t _{R, F}			25	ns	
23		Address, R/W hold time	t _{AH, RWH}	26			ns	
24		Address, R/W setup time (before Φ2)	t _{AS, RWS}	23			ns	
25		Data hold time (read)	t _{DHR}	22			ns	*
26		Φ2 to valid data delay (read)	t _{DDR}			100	ns	200 pF load
27		Data setup time (write)	t _{DSW}	45			ns	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics[†] (Cont'd) - Voltages are with respect to ground (V_{SS}) unless otherwise stated.

		Characteristics	Sym	Min	Typ [‡]	Max	Units	Notes*
28		Data hold time (write)	t _{DHW}	10			ns	
29		Input Capacitance (data bus)	C _{IN}		5		pF	
30		Output Capacitance (IRQ/CP)	C _{OUT}		5		pF	
31	D T M F	Crystal/clock frequency	f _C	3.5759	3.5795	3.5831	MHz	
32		Clock input rise time	t _{LHCL}			110	ns	Ext. clock
33		Clock input duty cycle	t _{HLCL}			110	ns	Ext. clock
34	C L K	Clock input duty cycle	DC _{CL}	40	50	60	%	Ext. clock
35		Capacitive load (OSC2)	C _{LO}			30	pF	

† Timing is over recommended temperature & power supply voltages.

‡ Typical figures are at 25°C and for design aid only; not guaranteed and not subject to production testing.

* The data bus output buffers are no longer sourcing or sinking current by t_{DHR}.

See Figure 6 regarding guard time adjustment.

- NOTES:**
- 1) dBm=decibels above or below a reference power of 1 mW into a 600 ohm load.
 - 2) Digit sequence consists of all 16 DTMF tones.
 - 3) Tone duration=40 ms. Tone pause=40 ms.
 - 4) Nominal DTMF frequencies are used.
 - 5) Both tones in the composite signal have an equal amplitude.
 - 6) The tone pair is deviated by ±1.5%±2 Hz.
 - 7) Bandwidth limited (3 kHz) Gaussian noise.
 - 8) The precise dial tone frequencies are 350 and 440 Hz (±2%).
 - 9) For an error rate of less than 1 in 10,000.
 - 10) Referenced to the lowest amplitude tone in the DTMF signal.
 - 11) Referenced to the minimum valid accept level.
 - 12) For guard time calculation purposes.



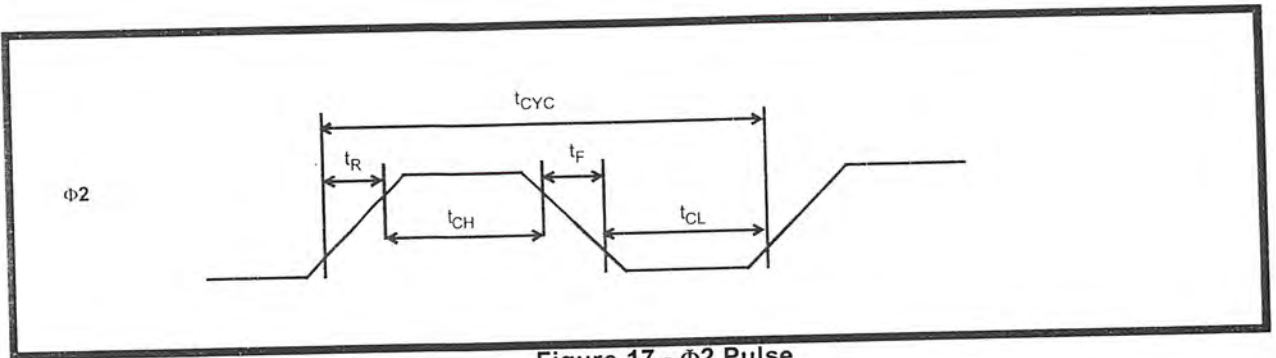


Figure 17 - $\Phi 2$ Pulse

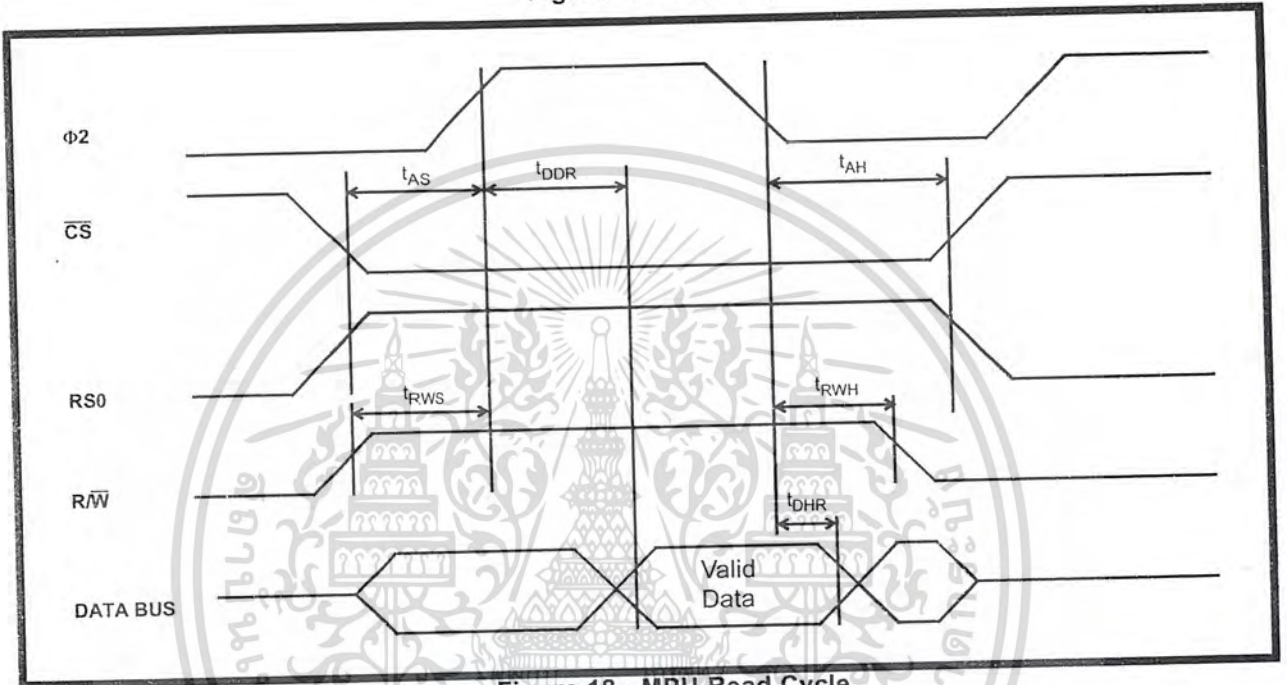


Figure 18 - MPU Read Cycle

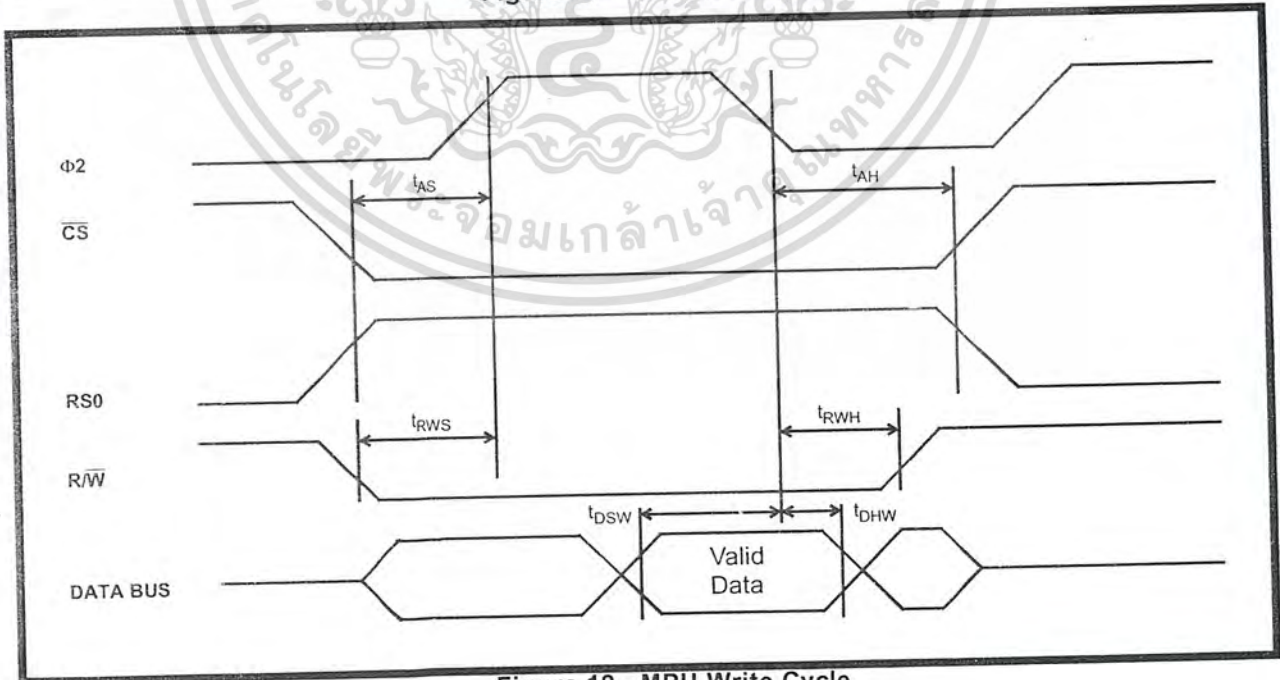


Figure 19 - MPU Write Cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Notes:

