สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องไล่นกในนาข้าวด้วยเสียง

(Bird Repulsing Device by Sound Blast)

T117537

โดย

นางสาวอัจฉราภรณ์ คมกล้า

นางสาวอัจฉริยา สังข์ตรีเศียร

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 117537
วัน,เดือน,ปี..... 5 ส.ค. 2554

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องไล่นกในนาข้าวด้วยเสียง

(Bird Repulsing Device by Sound Blast)

โดย

นางสาวอัจฉราภรณ์ คมกล้า รหัส 50011916

นางสาวอัจฉริยา สังข์ตรีเศียร รหัส 50011919

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร.กิติพล ชิตสกุล

ปริญญานิพนธ์เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง เครื่องไล่นกในนาข้าวด้วยเสียง(Bird Repulsing Device by Sound Blast)

จัดทำโดย นางสาวอัจฉราภรณ์ คมกล้า รหัส 50011916
นางสาวอัจฉริยา สังข์ตรีเศียร รหัส 50011919
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.กิติพล ชิตสกุล

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ผ่านการตรวจสอบโดยอาจารย์ที่ปรึกษาแล้ว

ชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(.....)

วันที่ 21 / 03 / 2554

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทั้งนี้เพราะได้รับคำแนะนำและคำปรึกษาจากอาจารย์ที่ปรึกษาในการทำปริญญานิพนธ์ และโครงงาน ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงนอกจากนี้ขอขอบพระคุณทุกๆท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆจนทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จโดยสมบูรณ์ได้คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีในปริญญานิพนธ์นี้ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

อัจฉราภรณ์ คมกล้า

(นางสาวอัจฉราภรณ์ คมกล้า)

อัจฉริยา สังข์ตรีเศียร

(นางสาวอัจฉริยา สังข์ตรีเศียร)

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องไล่นกในนาข้าวด้วยเสียง

น.ส.อัจฉราภรณ์ คมกล้า รหัสนักศึกษา 50011916
น.ส.อัจฉริยา สังข์ตรีเศียร รหัสนักศึกษา 50011919
ผศ.ดร.กิติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2553

บทคัดย่อ

โครงงานเครื่องไล่นกในนาข้าวด้วยเสียงนี้ ได้แนวความคิดมาจากการจุดประทัดไล่นกของชาวนา ซึ่งมีความยากลำบากเพราะพื้นที่นาข้าวมีขนาดใหญ่ เมื่อมองเห็นนกในระยะไกลเครื่องซึ่งติดตั้งในนาข้าวจะถูกจุดชนวนประทัดผ่านโทรศัพท์ไร้สาย โครงงานนี้ประกอบด้วยสี่ส่วนหลัก คือส่วนของการสั่งงานทางโทรศัพท์ไร้สาย การจุดชนวนประทัด การชาร์จแบตเตอรี่และการส่งข้อมูลกลับผ่านโทรศัพท์ไร้สาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Bird Repulsing Device by Sound Blast

Miss.Autcharaporn Khomkla ID 50011916

Miss.Atchariya Sangtreesian ID 50011919

Assist. Prof. Dr.Kitiphol Chitsakul Advisor

Education Year 2010

Abstract

The idea of bird repeller by sound blast came from the problems of bird repelling by sound blast mostly deployed in Thai farm. Due to large area of paddy fields, when farmer see birds in the distance, it is difficult to activate the sound blast generators such as firecracker nearby the target area. The idea is to use many mobile phones command the sound blast generators in defined area. This project consists of four parts, the command sending via mobile phones, sound blaster, battery charger and information sending back via the mobile phone.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstrac	II
สารบัญ	III
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VIII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและวัตถุประสงค์	1
1.2 โครงสร้างของระบบ	1
1.3 เนื้อหาของรายงาน	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการทำงาน	3
2.1 โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Station)	3
2.1.1พื้นฐานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ประกอบด้วย	3
2.1.2 โครงสร้างของโทรศัพท์เคลื่อนที่	3
2.1.3 ส่วนควบคุม (Control Part)	3
2.1.4 ขอบเขตในการติดต่อกับสถานีฐานของ โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Range of Mobile Station)	4
2.1.5 สถานีฐาน (Base Station)	4
2.1.6 อุปกรณ์เกี่ยวกับคลื่นวิทยุ (Radio Equipment)	4
2.2 MT8870 ไอซีถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ (Integrated DTMF Receiver)	5
2.2.1 คุณสมบัติของ MT8870	5
2.2.2 โครงสร้างของ MT8870	6
2.2.3 ภาคกรองสัญญาณความถี่	7
2.2.4 ภาคถอดรหัส	7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.2.5 ภาคตรวจสอบสัญญาณ	8
2.2.6ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง	9
2.2.7 ภาคกำเนิดความถี่	10
2.3 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877	11
2.4.1 สัญญาณนาฬิกา	12
2.4.2 การจัดขาของไอซี	12
2.4.3 คุณสมบัติของ 16F877	12
2.4.4 โครงสร้างภายในชิพ	13
2.4 Modulation	14
2.5 Demodulation	19
2.6 แบตเตอรี่	20
2.6.1 แบตเตอรี่แห้ง (Dry Cell)	20
2.6.2 แบตเตอรี่น้ำ (Storage Battery)	21
2.7 เซลล์แสงอาทิตย์	23
2.8 เลเซอร์	24
2.8.1 เลเซอร์ไดโอด	24
2.8.2 การประยุกต์ใช้งานเลเซอร์	25
บทที่ 3 การออกแบบ	27
3.1 โครงสร้าง	27
3.2 หลักการทำงานและการออกแบบ	
3.2.1 โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile)	27
3.2.2 MT8870 ไอซีถอดรหัสความถี่โทรศัพท์	27
3.2.3 PIC Microcontroller (A)	28
3.2.4 PIC Microcontroller (B)	29
3.2.5 Modulation	30
3.2.6 Demodulation	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.7 LCD	31
3.2.8 Battery Charger	31
3.2.9 Drive Laser	32
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
วิธีการทดลอง	33
ผลการทดลอง	34
บทที่ 5 บทสรุป	37
บรรณานุกรม	38
ภาคผนวก	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1 โครงสร้างของเครื่องไล่นก	1
รูปที่ 2.1 แสดงขาของ MT8870	5
รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870	6
รูปที่ 2.3 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่	7
รูปที่ 2.4 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณและแสดงการกำหนดเวลาการ์ดไทม์ พร้อมวิธีคำนวณ	8
รูปที่ 2.5 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุต	9
รูปที่ 2.6 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่	10
รูปที่ 2.7 แสดงแผนภูมิเวลาหรือไทมิ่งไดอะแกรม	10
รูปที่2.8 การจัดขาของ PIC16F877	12
รูปที่2.9 ผังไดอะแกรมของ PIC 16F877	14
รูปที่ 2.10 สัญญาณการมอดูเลตทางแอมปลิจูด	15
รูปที่ 2.11 สัญญาณการมอดูเลตทางความถี่	16
รูปที่ 2.12 สัญญาณการมอดูเลตทางเฟส	17
รูปที่ 2.13 สัญญาณการมอดูเลตเชิงเลขทางแอมปลิจูด	17
รูปที่ 2.14 สัญญาณการมอดูเลตเชิงเลขทางความถี่	18
รูปที่ 2.15 สัญญาณการมอดูเลตเชิงเลขทางเฟส	19
รูปที่ 2.16 โครงสร้างภายในแบตเตอรี่	20
รูปที่ 2.17 เซลแบบแห้ง	21
รูปที่ 2.18 เซลแบบกระดุม	21
รูปที่ 2.19 ส่วนประกอบแบตเตอรี่น้ำ	22
รูปที่ 2.20 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์	24
รูปที่ 3.1 แสดงการเชื่อมต่อของระบบ	27
รูปที่ 3.2 แสดงวงจรถอดรหัส DTMF	28
รูปที่ 3.3 การจัดขาของ PIC16F877	28
รูปที่ 3.4 การจัดขาของ PIC16F877	29
รูปที่ 3.5 รูปวงจร Modulation	30
รูปที่ 3.6 รูปวงจร Demodulation	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.7 แสดงตำแหน่งขาของจอ LCD 31
รูปที่ 3.8 Battery Charger 32
รูปที่ 3.9 Drive Laser Diode 32
รูปที่ 4.1 ระบบตรวจสอบแบตเตอรี่ 33
รูปที่ 4.2 ระบบการจุดชนวนประทัด 34
รูปที่ 4.3 สัญญาณอินพุทก่อน Modulation เทียบกับสัญญาณเอาท์พุต Demodulation 35
รูปที่ 4.4 วงจรถอดรหัสและไมโครคอนโทรลเลอร์ 35
รูปที่ 4.5 วงจร Modulation 35
รูปที่ 4.6 วงจร Demodulation 35
รูปที่ 4.7 วงจรBattery Charger และวงจร Drive Laser 36
รูปที่ 4.8 อุปกรณ์ที่จะติดตั้งไว้ในนาข้าว 36
รูปที่ 4.9 อุปกรณ์ที่ใช้อ่านค่าแรงดันแบตเตอรี่ 36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ 7

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877 11

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงตำแหน่งขาและหน้าที่การใช้งานของจอ LCD 31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

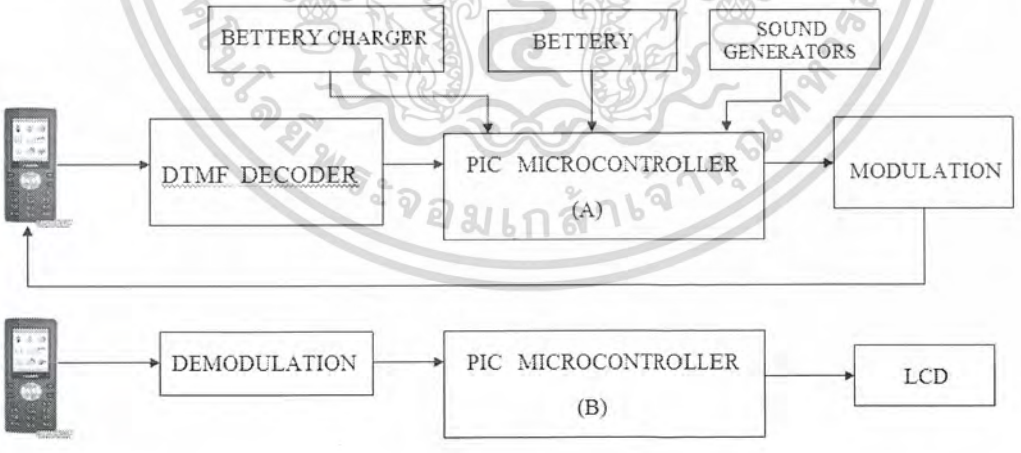
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและวัตถุประสงค์

ปัจจุบันพบว่าปัญหาที่ทำให้ผลผลิตของชาวนาลดลงหรือเสียหายนั้น ส่วนหนึ่งมาจากปัญหาเรื่องนก ทำให้ชาวนาต้องใช้วิธีจุดประทัดไล่ ซึ่งมีความยากลำบากเพราะพื้นที่นาข้าวมีขนาดใหญ่ ดังนั้นจึงมีแนวคิดในการพัฒนาเครื่องไล่นกในนาข้าวด้วยเสียงขึ้นมา ซึ่งเป็นการนำเทคโนโลยีการสื่อสารทางโทรศัพท์ระบบ 2G มาประยุกต์ใช้งานในการสั่งการระยะไกล โดยใช้การถอดรหัส DTMF ในการสั่งการ ระบบอิเล็กทรอนิกส์ ในการจุดระเบิดประทัดมี PIC Microcontroller เป็นตัวควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ เนื่องจากอุปกรณ์จะต้องอยู่ระยะไกลในนาข้าวทำงานด้วยแบตเตอรี่

เครื่องไล่นกในนาข้าวด้วยเสียงนี้ได้ออกแบบมาเพื่อให้สามารถส่วนตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่ เพื่อให้แน่ใจว่าอุปกรณ์จะสามารถทำงานอย่างที่กำหนดไว้ การวัดแรงดันแบตเตอรี่ระยะไกลใช้การเปลี่ยนค่าแรงดันแบตเตอรี่เป็นดิจิตอล แล้วมอดดูเลตแบบ FSK (Frequency Shift Keying) ส่งผ่านระบบโทรศัพท์ไร้สาย มาแสดงค่าของแรงดันออกทางจอ LCD ซึ่งแบตเตอรี่นี้จะถูกต่อเข้ากับวงจรชาร์จโซล่าเซลล์ และส่วนการจุดชนวนจะใช้โทรศัพท์เป็นตัวสั่งการ
โดยแสดงโครงสร้างของระบบในรูปที่ 1

1.2 โครงสร้างของระบบ



รูปที่ 1 โครงสร้างของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 เนื้อหาของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นปริญญานิพนธ์การศึกษาและทดลอง เพื่อออกแบบสร้างเครื่องไล่นกในนาข้าวด้วยเสียงขึ้นมา ซึ่งเนื้อหาของปริญญานิพนธ์จะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆแยกได้ดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึง ความเป็นมาและวัตถุประสงค์ของโครงงาน

บทที่ 2 กล่าวถึง โครงสร้างของระบบตรวจสอบแบตเตอรี่

บทที่ 3 กล่าวถึง ขั้นตรียมการ

บทที่ 4 กล่าวถึง การทดลองและวิธีการทดลอง

บทที่ 5 กล่าวถึง ผลการทดลอง

บทที่ 6 กล่าวถึง สรุปผลการทดลอง

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการทำงาน

2.1 โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Station)

โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Station) หมายถึง อุปกรณ์โทรศัพท์ที่ใช้กับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ โดยที่ผู้ใช้สามารถนำอุปกรณ์นี้เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ในขณะติดต่อสนทนาภายในเขตพื้นที่ที่มีสัญญาณให้บริการครอบคลุม ในการผลิตอุปกรณ์โทรศัพท์เคลื่อนที่ มีหลายรูปแบบแตกต่างกันไป เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในลักษณะที่แตกต่างกันไป

2.1.1 พื้นฐานของระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ประกอบด้วย

- โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Station)
- สถานีฐาน (Base Station)
- ชุมสายโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile Telephone Exchange or Mobile Switching Center)
- ฐานข้อมูล (Database)
- ส่วนปฏิบัติการและควบคุม (Operation & Maintenance Center (OMC))

2.1.2 โครงสร้างของโทรศัพท์เคลื่อนที่

มีส่วนประกอบหลัก 3 ส่วนคือ

- ส่วนหูฟัง (Handset)
- ส่วนควบคุม (Control Part)
- ส่วนคลื่นวิทยุ (Radio Part)

2.1.3 ส่วนควบคุม (Control Part) ทำงานโดยอาศัยไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) ซึ่งมีหน้าที่คือ

- ควบคุม Signaling ต่างๆ ที่ใช้ติดต่อกับสถานีฐาน
- ควบคุมส่วนคลื่นวิทยุส่วนคลื่นวิทยุ (Radio Part) ใช้สำหรับติดต่อกับสถานีฐาน

ประกอบด้วย 2 ส่วนดังนี้

- เครื่องส่ง (Tx) ทำหน้าที่ผสมสัญญาณเสียง, ข้อมูลกับคลื่นพาหะ (Modulate) และขยายสัญญาณเพื่อส่งไปให้สถานีฐาน
- เครื่องรับ (Rx) ทำหน้าที่นำสัญญาณเสียง, ข้อมูลออกมาจากคลื่นพาหะ (Demodulate) ที่ส่งมาจากสถานีฐาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 ขอบเขตในการติดต่อกับสถานีฐานของโทรศัพท์เคลื่อนที่ (Range of Mobile Station)
ขอบเขตหรือพื้นที่ครอบคลุมของโทรศัพท์เคลื่อนที่ในการติดต่อกับสถานีฐานขึ้นอยู่กับ 2 ปัจจัย คือ

1. กำลังส่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ โทรศัพท์เคลื่อที่ที่มีกำลังส่งต่างกัน จะส่งผลให้ขอบเขตของโทรศัพท์เคลื่อนที่ในการติดต่อกับสถานีฐานต่างกันด้วย กำลังส่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่จะแปรผันกับระยะห่างจากสถานีฐาน

2. ตำแหน่งของโทรศัพท์เคลื่อนที่ มีผลต่อขอบเขตของสถานีฐาน และมีผลต่อคุณภาพในการส่งสัญญาณของโทรศัพท์เคลื่อนที่

2.1.5 สถานีฐาน (Base Station)
เป็นส่วนเชื่อมต่อระหว่างโทรศัพท์เคลื่อนที่กับชุมสาย และจะทำกรติดต่อกับโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยผ่านช่องสัญญาณวิทยุ
สถานีฐานประกอบด้วยอุปกรณ์ Hardware 4 ส่วนคือ

- ระบบไฟฟ้า
- อุปกรณ์เตือนสัญญาณ (Alarm Equipment)
- อุปกรณ์เกี่ยวกับเคลื่อนวิทยุ (Radio Equipment)
- สายอากาศ (Antenna)

2.1.6 อุปกรณ์เกี่ยวกับคลื่นวิทยุ (Radio Equipment) ของสถานีฐานประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ

1. เครื่องรับ – ส่ง

เครื่องส่ง ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเสียง ข้อมูล กับคลื่นพาหะ (Modulate) เพื่อส่งออกอากาศไปยังโทรศัพท์เคลื่อนที่

เครื่องรับ ทำหน้าที่รับสัญญาณ และแยกสัญญาณออกมาจากคลื่นพาหะ (Demodulate) ที่ส่งมาจากโทรศัพท์เคลื่อนที่

2.ส่วนควบคุม ทำหน้าที่ควบคุมการติดต่อระหว่างชุมสายกับสถานีฐาน

3.ระบบสายอากาศ **แบ่งออกเป็น 3 ส่วน**

- Transmitter Combiner ทำหน้าที่รวมสัญญาณจากเครื่องส่งหลายเครื่อง เพื่อส่งออกทางสายออกตัวเดียว

- Receiver Multicoupler ทำหน้าที่แยกสัญญาณจากสายอากาศตัวเดียวไปให้เครื่องรับแต่ละเครื่อง

- สายอากาศ อาจติดตั้งสายอากาศสำหรับส่งสัญญาณ 1 ตัว และสำหรับรับสัญญาณ 1 ตัว แต่เนื่องจากปัญหาในการลดทอนสัญญาณ (Fading) จึงทำให้มีการติดตั้งสายอากาศแบบ Diversity คือ มีสายอากาศรับ 2 ตัว และสายอากาศส่ง 1 ตัว โดยสายอากาศรับสัญญาณ 2 ตัว วางห่างกัน 3-5 เมตร จากนั้นนำสัญญาณรับจากสายอากาศ 2 ตัวมารวมกัน เนื่องจากสัญญาณที่ได้รับจากสายอากาศตัวหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

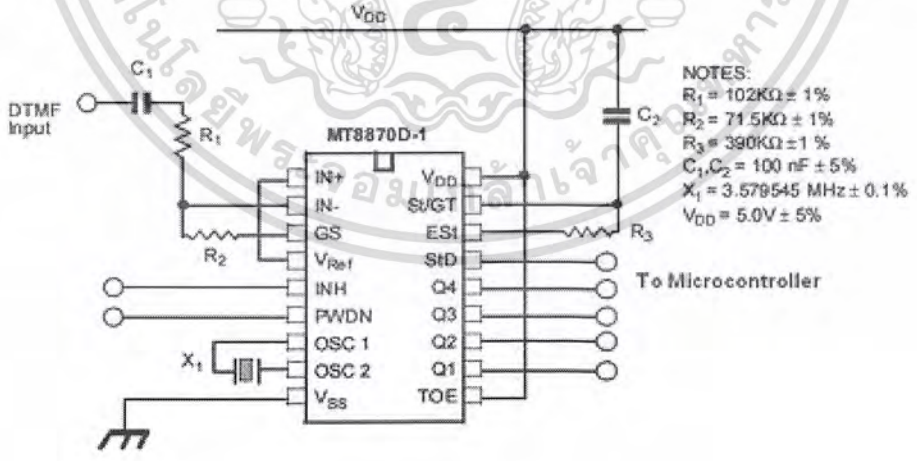
จะมีสัญญาณที่ Delay ไปจากสัญญาณที่รับได้จากสายอากาศอีกตัวหนึ่ง เมื่อนำสัญญาณมารวมกันจะสามารถลดการ Fading ของสัญญาณได้

2.2 MT8870 ไอซีถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ (Integrated DTMF Receiver)

เมื่อเอ่ยถึงไอซีทางโทรศัพท์ช่างหรือวิศวกรส่วนใหญ่มักจะส่ายหน้าสาเหตุก็เนื่องมาจากบ้านเราไม่ค่อยมีผู้นำเข้ามาจำหน่ายหายากขาดการเผยแพร่ทั้งๆที่ในปัจจุบันโทรศัพท์มีส่วนสำคัญกับชีวิตประจำวันของเราอย่างมากมายและนับวันก็จะยิ่งทวีความสำคัญมากขึ้นทุกทีและอุตสาหกรรมทางด้านโทรศัพท์และการสื่อสารก็ขยายตัวขึ้นอย่างรวดเร็วดังนั้นช่างหรือวิศวกรอย่างพวกเราก็น่าจะศึกษาเอาไว้เพื่อจะได้นำมาใช้งานได้ในโอกาสต่อไป คำว่าถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ หมายถึง การแปลงสัญญาณความถี่ซึ่งเกิดจากการกดปุ่มตัว เลขของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (ชนิด Tone หรือ DTMF) ให้เป็นระบบตัวเลขทางดิจิตอล ซึ่งไอซี MT8870 ใช้แปลงความถี่โทรศัพท์ให้เป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต

2.2.1 คุณสมบัติของ MT8870

- เป็นตัวรับและถอดรหัสความถี่ (DTMF receiver)
- กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
- สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้
- สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guard Time) ได้
- เป็นไอซีคุณภาพสูง



รูปที่ 2.1 แสดงขาของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

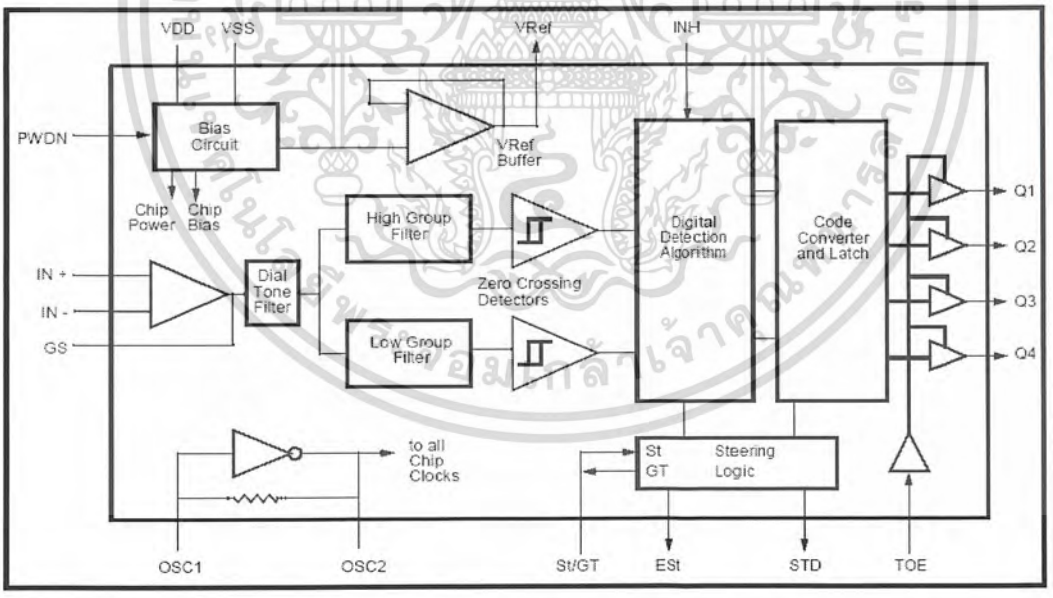
2.2.2 โครงสร้างของ MT8870

โครงสร้างภายในของMT8870ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่และวงจรถอดรหัสฟังก์ชันทางดิจิตอล เป็นไอซีที่สร้างโดยใช้เทคโนโลยี ISO2-CMOS ในส่วนของวงจร กรองความถี่ใช้เทคนิค ของสวิตช์คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ สำหรับกรองความถี่สูงและต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัส ใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอลเพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง16ความถี่ออกเป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิตและเช็คช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุตเป็นออปแอมป์ ซึ่งสามารถปรับอัตรา ขยายได้โดยต่ออุปกรณ์ภายนอก เอาต์พุตเป็นวงจรแลตช์ 3 สถานะรูปที่ 2.1 แสดงขาของ MT8870 และรูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870

ฟังก์ชันการทำงานภายใน MT8870

ภายใน MT8870 ประกอบด้วย ส่วนสำคัญ 5 ส่วน คือ

1. ภาคกรองความถี่ (Filter Section)
2. ภาคถอดรหัส (Decoder Section)
3. ภาคตรวจสอบสัญญาณ (Steering Circuit)
4. ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง (Differential Input Amplifier)
5. ภาคกำเนิดความถี่ (Oscillator)

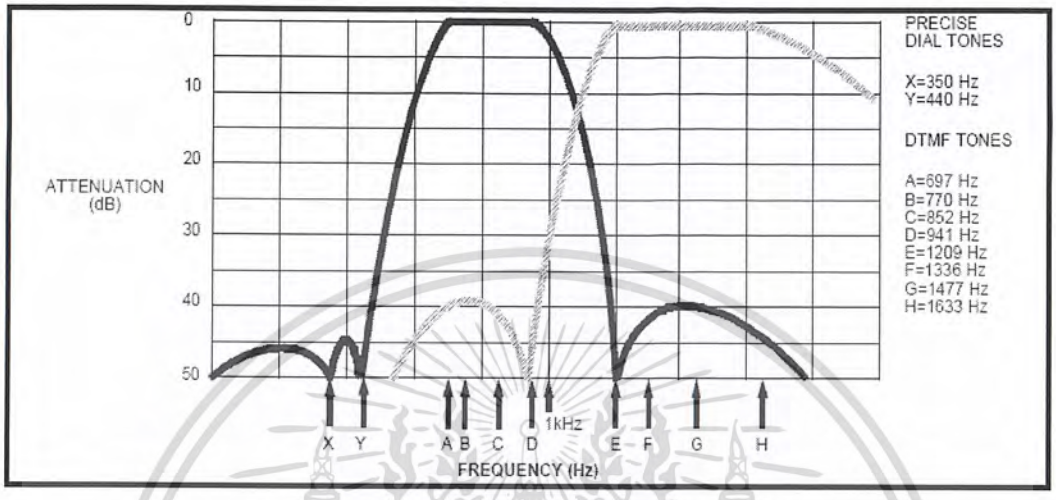


รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างภายในของ MT8870

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ภาคกรองสัญญาณความถี่

ในส่วนที่จะแยกสัญญาณ DTMF ที่เข้ามาออกเป็น 2 กลุ่มความถี่ คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ โดยใช้วงจรกรองแถบความถี่อันดับ 6 ชนิดสวิตช์คาปาซิเตอร์ (six-order switched capacitor band pass filter) ซึ่งความถี่ที่แยกได้มี 2 ช่วง คือ ช่วงความถี่สูงและช่วงความถี่ต่ำ



รูปที่ 2.3 แสดงความถี่ที่ได้จากภาคกรองความถี่

2.2.4 ภาคถอดรหัส

ความถี่ DTMF ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข โดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล และมีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่มาตรฐาน DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นเข้ามาผสม เมื่อตรวจสอบว่าความถี่นั้นถูกต้อง สัญญาณที่ขา ESt (early steering) ก็จะเป็นแอคทีฟสำหรับค่าที่ถอดรหัสได้จากค่าความถี่ต่าง ๆ นั้น แสดงในตารางที่ 2.1

Digit	TOE	INH	Est	Q4	Q3	Q2	Q1
ANY	L	X	H	2	2	2	2
1	H	X	H	0	0	0	1
2	H	X	H	0	0	1	0
3	H	X	H	0	0	1	1
4	H	X	H	0	1	0	0
5	H	X	H	0	1	0	1
6	H	X	H	0	1	1	0
7	H	X	H	0	1	1	1
8	H	X	H	1	0	0	0
9	H	X	H	1	0	0	1
0	H	X	H	1	0	1	0
*	H	X	H	1	0	1	1
#	H	X	H	1	1	0	0
A	H	L	H	1	1	0	1
B	H	L	H	1	1	1	0
C	H	L	H	1	1	1	1
D	H	L	H	1	0	0	0
A	H	H	L	ตรวจสอบไม่พบ รหัสเอาท์พุทจะยังคงเหมือนเดิมกับรหัสที่ตรวจสอบพบก่อนหน้านี้แล้ว			
B	H	H	L				
C	H	H	L				
D	H	H	L				

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าที่ถอดรหัสได้จากความถี่ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 ภาคตรวจสอบสัญญาณ

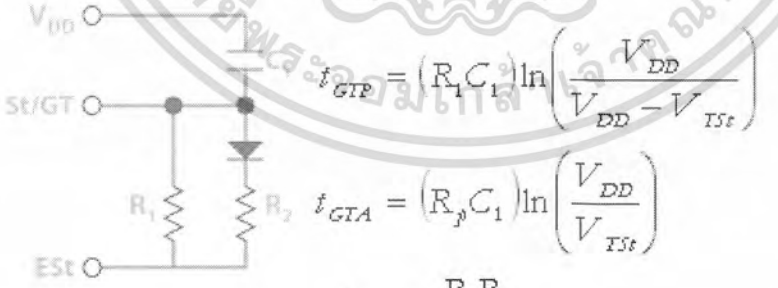
ก่อนที่จะมีการถอดรหัสความถี่ออกไปที่เอาต์พุตจะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ที่เข้ามาว่ามีระยะเวลาตามที่กำหนดหรือไม่โดยสังเกตจาก ระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควรมิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับโดยถือว่าสัญญาณนั้นไม่ถูกต้อง ส่วนช่วงเวลายาวเท่าใดสามารถตั้งได้โดยใช้ RC ต่อสัญญาณที่ขา ESt จะเป็น "High" นานใกล้เคียงกับระยะเวลาที่มีความถี่ DTMF เข้ามา จากรูปที่ 1.12 เมื่อขา ESt เป็น "High" ทำให้ V_c สูงขึ้น ตัวเก็บประจุ C จะคายประจุทำให้แรงดัน V_c สูงขึ้นจนถึงค่าเทรชโฮลด์ วงจรถอดรหัส จึงจะถอดรหัสออกเป็นตัวเลขขนาด 4 บิต สำหรับคำว่าการ์ดไทม์ (guard time) นั้นหมายถึง ช่วงคาบเวลาของความถี่ที่เข้ามา ซึ่งจะต้องนานเท่ากับหรือมากกว่าช่วงเวลาที่เราตั้งไว้ จึงจะได้รับการยอมรับว่าสัญญาณความถี่นั้นถูกต้องหรือพูดได้ว่าเวลาที่เราตั้งไว้โดย RC ก็คือการ์ดไทม์นั้นเอง เมื่อสัญญาณความถี่เข้ามานานเท่าหรือมากกว่าเวลาที่ตั้งไว้สามารถแปลงเป็นตัวเลขได้ ถ้าสัญญาณความถี่เข้ามาสั้นกว่าก็จะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป การตั้งเวลาและคำนวณเวลาดูได้จากรูปที่ 2.4

$$t_{GTP} = (R_p C_1) \ln\left(\frac{V_{DD}}{V_{DD} - V_{TSt}}\right)$$

$$t_{GTA} = (R_1 C_1) \ln\left(\frac{V_{DD}}{V_{TSt}}\right)$$

$$R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

a) Decreasing t_{GTP} ($t_{GTP} < t_{GTA}$)



$$t_{GTP} = (R_1 C_1) \ln\left(\frac{V_{DD}}{V_{DD} - V_{TSt}}\right)$$

$$t_{GTA} = (R_p C_1) \ln\left(\frac{V_{DD}}{V_{TSt}}\right)$$

$$R_p = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

b) Decreasing t_{GTA} ($t_{GTP} > t_{GTA}$)

รูปที่ 2.4 แสดงวงจรตรวจสอบสัญญาณ และแสดงการกำหนดเวลาการ์ดไทม์ พร้อมวิธีคำนวณ

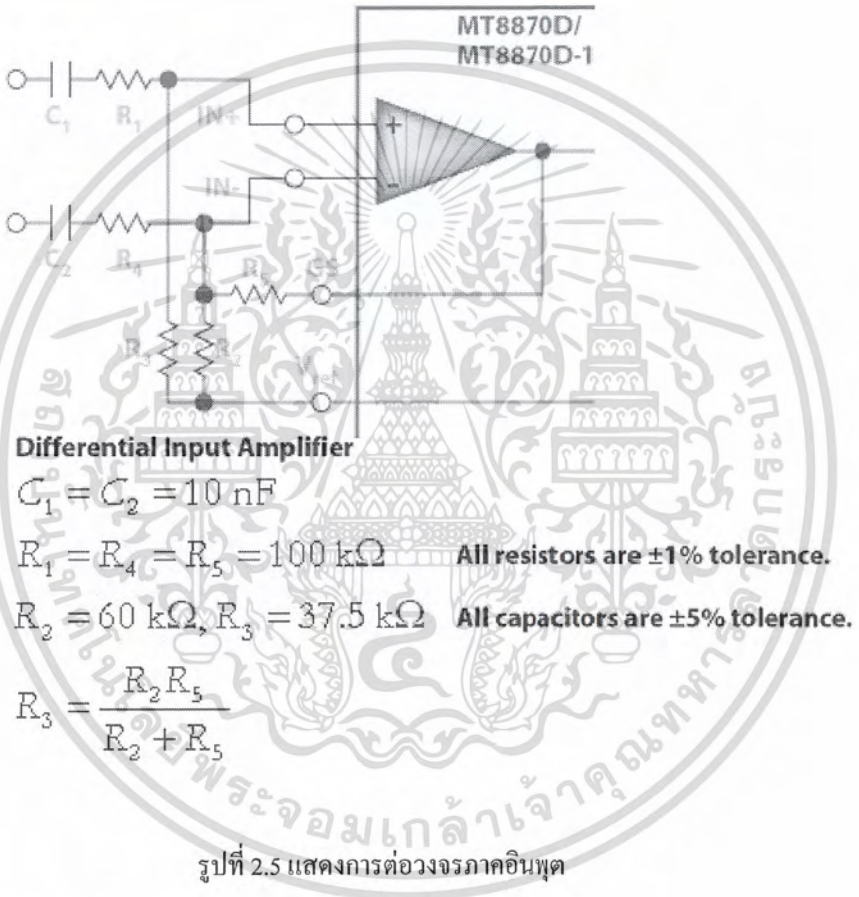
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 ภาคขยายสัญญาณความแตกต่าง

วงจรส่วนอินพุตของ MT8870 เป็นภาคขยายออปแอมป์ที่สามารถปรับอัตราขยายโดยต่อวงจรภายนอกเพิ่มเข้าไปรูปที่2.5 แสดงการต่อวงจรภายนอกเข้ากับอินพุตซึ่งสามารถคำนวณอัตราขยายความแตกต่างของอินพุตและอิมพิแดนซ์ได้ ดังนี้

อัตราขยาย ($A_V$diff) = R_5/R_1

อินพุตอิมพีแดนซ์ (Z_{in}diff) = $2(R_1^2+(1/\omega c)^2)^{1/2}$

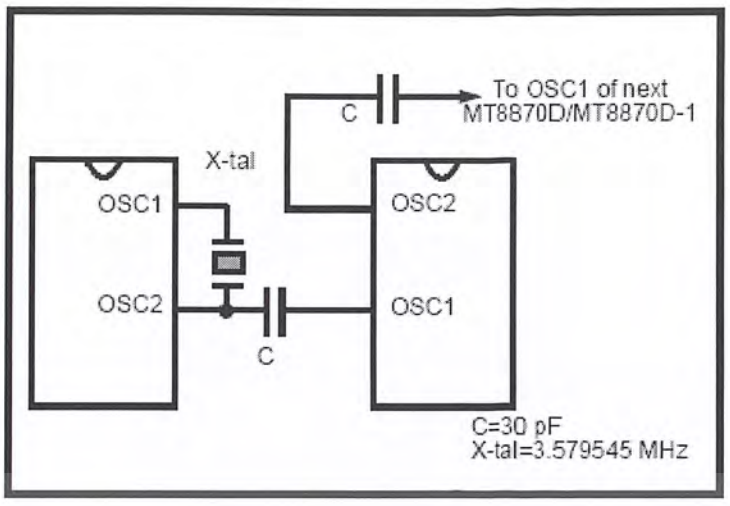


รูปที่ 2.5 แสดงการต่อวงจรภาคอินพุต

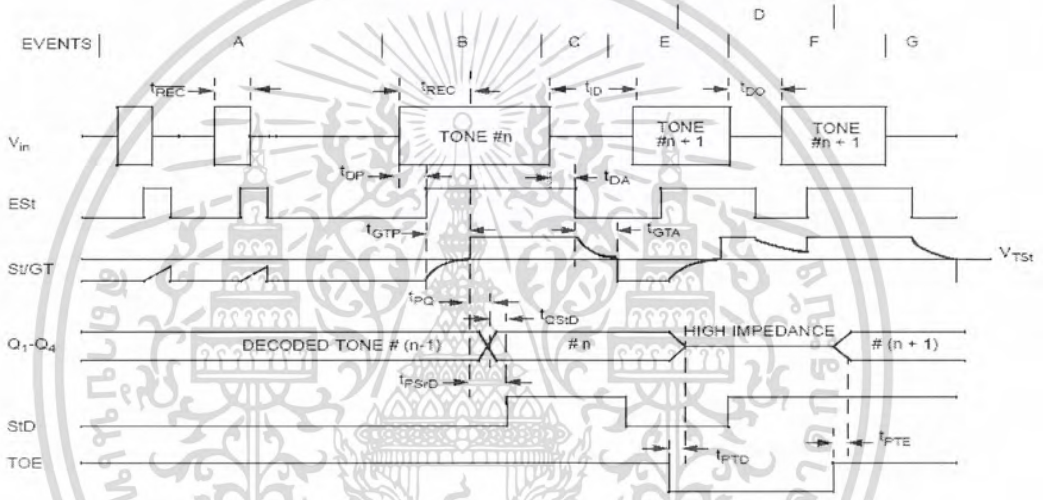
2.2.7 ภาคกำเนิดความถี่

ในภาคนี้ภายในไอซีจะมีวงจรเวลาอยู่ภายใน เพียงแต่ต่อแร่คริสตอลขนาด 3.58 MHZ ก็สามารถใช้งานได้ทันที การต่อวงจรกำเนิดความถี่แสดงในรูปที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงการต่อวงจรผลิตความถี่



รูปที่ 2.7 แสดงแผนภูมิเวลาหรือไทมิ่งไดอะแกรม

A - ตรวจพบความถี่เข้ามา แต่คาบเวลาไม่ถูกต้อง เอาต์พุตไม่เปลี่ยน

B - ความถี่ #n ถูกตรวจพบและมีค่าเวลาที่ถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัส และแลตช์ไว้ที่เอาต์พุต

C - จบความถี่ #n ช่วงห่างถูกต้องเอาต์พุตยังคงแลตช์อยู่จนกว่าจะได้รับความถี่ที่ถูกต้องใหม่

D - เอาต์พุตเปลี่ยนเป็นไฮอิมพีแดนซ์

E - ความถี่ #n+1 ถูกตรวจพบ คาบเวลาถูกต้อง ความถี่ถูกถอดรหัสและแลตช์ไว้

F - ความถี่ #n+1 หายไป ช่วงห่างไม่ถูกต้อง เอาต์พุตยังคงแลตช์อยู่

G - จบความถี่ #n+1 ช่วงห่างถูกต้อง เอาต์พุตยังแลตช์อยู่จนถึงความถี่ใหม่ที่ถูกต้อง

V_{in} - สัญญาณความถี่ DTMF ที่เข้ามา

ESt - Early Steering Output ใช้แสดงความถี่ที่ถูกต้อง

St/GT - Steering Input / Guard Time Output สำหรับต่อกับ RC ภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Q_1-Q_4 - Output BCD ขนาด 4 บิต

StD - Delayed Steering Output ใช้แสดงว่าความถี่ที่ได้รับหรือหายไป มีคาบเวลาตามที่กำหนด เพื่อแสดงความถูกต้องของสัญญาณ

TOE - Tone Output Enable (Input) ใช้คุม Q_1-Q_4 ให้เป็น High Impedance

t_{REC}**(bar)** - คาบเวลานานสุดที่ตรวจพบความถี่ DTMF แล้วยังไม่สมบูรณ์

t_{REC} - คาบเวลาสั้นสุดที่ต้องการเพื่อแสดงว่าสัญญาณถูกต้อง

t_{ID} - เวลาสั้นสุดระหว่างสัญญาณ DTMF ที่ถูกต้อง 2 สัญญาณ

t_{DO} - เวลานานสุดที่ยอมให้สัญญาณหายไปได้ในคาบเวลาความถี่ที่ถูกต้อง

t_{DP} - เวลาที่ใช้ในการตรวจพบสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{DA} - เวลาที่ใช้ในการตรวจการหายไปของสัญญาณความถี่ DTMF ที่ถูกต้อง

t_{GTP} - การ์ดไทม์ของการปรากฏความถี่ DTMF

t_{GTA} - การ์ดไทม์ของการหายไปของความถี่ DTMF

2.3 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

ชิพ	หน่วยความจำโปรแกรม	หน่วยความจำข้อมูล		CAN Module	จำนวน I/O (บิต)	OSC (MHz)	Timer	PLL
		RAM	EEPROM					
16F84	1K Word	68	64	ไม่มี	13	4-10	1	ไม่มี
16F877	8K Word	368	256	ไม่มี	33	4-20	3	ไม่มี
18F442	16 KB	768	256	ไม่มี	34	40	4	มี
18F458	32 KB	1536	256	มี	34	40	4	มี

ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC16F877

*****หมายเหตุ**

1. 16F84/877 นั้น ใช้หน่วยความจำโปรแกรมขนาด 14 บิต ต่อ 1 คำ (Word)
2. CAN Module คือ
3. PLL (Phase Lock Loop) คือ วงจรที่สร้างความถี่ของสัญญาณนาฬิกาเป็น 4 เท่าจาก XTAL ดังนั้น ถ้าเราเลือกโหมด PLL ก็จะใช้ XTAL ได้ไม่เกิน 10MHz

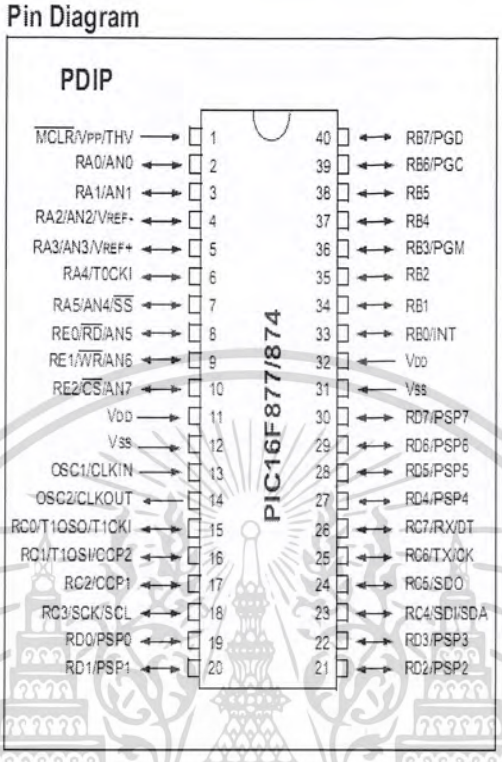
2.3.1 สัญญาณนาฬิกา

PIC จะใช้สัญญาณนาฬิกา โดยมองเป็นลักษณะของ วงรอบ (Cycle) ซึ่งระบุเอาไว้ว่า 1 คำสั่งนั้นจะประกอบไปด้วย 1-2 วงรอบ โดยแต่ละวงรอบนั้นจะแบ่งเป็น 4 ส่วน คือ Q1, Q2, Q3 และ Q4 ด้วยเหตุนี้ ความเร็วโดยรวมของ PIC จึงเท่ากับ ค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกา หาร ด้วย 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การจัดขาของไอซี

$$1cycle = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = \frac{XTAL}{4}$$



รูปที่ 2.8 การจัดขาของ PIC16F877

2.3.3 คุณสมบัติของ 16F877

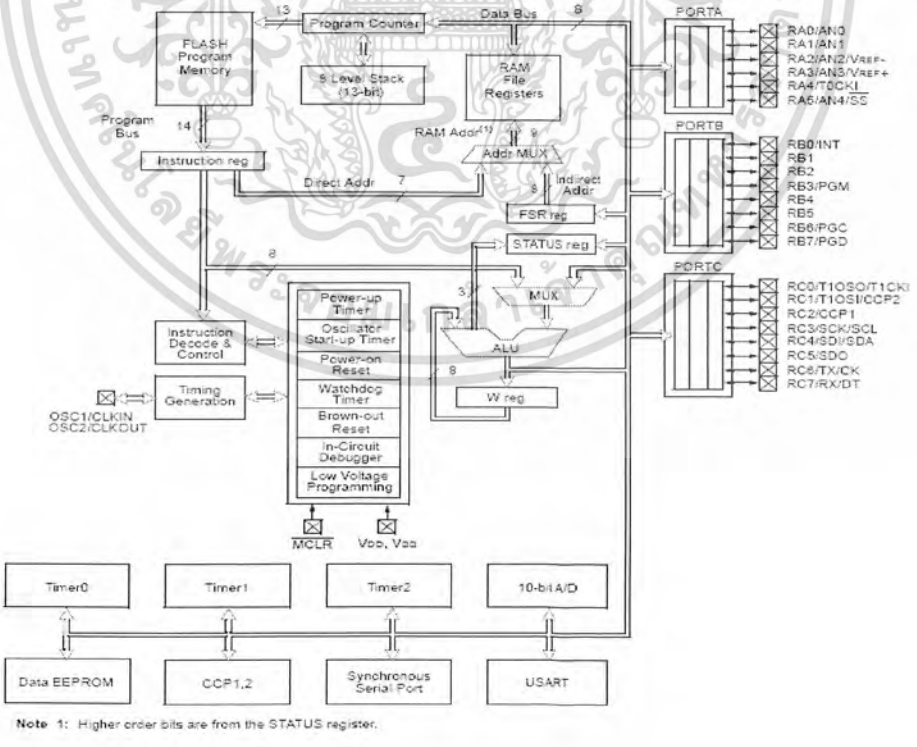
1. มีคำสั่งให้ใช้งาน 35 คำสั่ง
2. คำสั่งหนึ่งๆใช้เวลาทำงาน 1 ถึง 2 Cycle
3. ทำงานได้สูงสุดที่ 20MHz (PIC16F877-20/P นะครับ ไม่ใช่ 16F877-04/p)
4. ทำงานแบบ Pipe-line (มี 2 ท่อ) ทำให้ ณ เวลาหนึ่งทำงาน 2 อย่างพร้อมๆกันได้
5. หน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ Flash มีขนาด 8KWord (1 word=14 บิต)
6. มี RAM ขนาด 368 ไบต์ ให้เราใช้งาน
7. มี EEPROM ขนาด 256 ไบต์
8. ตอบสนองกับอินเตอร์รัพได้ทั้งหมด 14 แหล่ง
9. มี Stack ให้ใช้ได้สูงสุด 8
10. มีระบบ Power On Reset, Power Up Timer, Oscillator Start-up timer 11. Watchdog timer
12. มีระบบ Code Protection
13. มีโหมดประหยัดเงิน
14. สัญญาณนาฬิกามีหลายโหมดให้เลือกใช้งาน คือ อาจจะใช้ XTAL หรือ วงจร RC ก็ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

15. สามารถโปรแกรมด้วยไฟ +5VDC ได้
16. ใช้การโปรแกรมแบบ In-Circuit Serial Programming
17. ทำงานที่ไฟเลี้ยง 2VDC ถึง 5.5VDC
18. Current Sink และ Current Source อยู่ที่ 25mA
19. มี Timer/Counter 3 ตัว
20. มีโมดูล Capture/Compare/PWM อีก 2 ชุด (มี PWM นี่คุม DC Motor ได้สบายเลยครับ)
21. มี A-TO-D Converter แบบ 10 บิต จำนวน 8 ช่องนำเข้าในตัวเอง
22. มีระบบ USART สำหรับต่อกับ การสื่อสารแบบ RS232 หรือดีกว่า
23. มีระบบตรวจระดับไปเลี้ยง (Brown-out reset)
24. มี I/O พอร์ตทั้งหมด 5 พอร์ต

2.3.4 โครงสร้างภายในชิพ

จากผังจะมี Register สำคัญๆ คือ W ซึ่งเป็น Register ที่ใช้ในการทำเป็น Input ให้กับ ALU และเป็นตัวเก็บผลลัพธ์จากการทำงานของ ALU, STATUS เป็น Register ที่ใช้เก็บสถานะ การทำงานของคำสั่ง ว่าเมื่อคำสั่งทำงานเสร็จแล้วเกิดอะไรขึ้นมาบ้าง ซึ่งมีประโยชน์ในการเขียนโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข, PC หรือ Program Counter เป็น Register อีกตัวหนึ่งที่มีความสำคัญ เนื่องจากใช้สำหรับเป็นตัวชี้ว่า คำสั่งที่จะนำมาประมวลผลนั้นอยู่ ณ ตำแหน่งใดในหน่วยความจำ



รูปที่ 2.9 ผังไดอะแกรมของ PIC 16F877

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 Modulation

การมอดูเลตสัญญาณ คือ การจะส่งสัญญาณเสียงหรือข้อมูลผ่านช่องทางการสื่อสารจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องอาศัยพลังงานไฟฟ้าช่วยพาสัญญาณเหล่านั้นให้เคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ขบวนการหรือขั้นต้อนในการเพิ่มพลังงานไฟฟ้าดังกล่าวเราเรียกว่าการมอดูเลต(Modulation) พลังงานไฟฟ้าซึ่งมีความถี่สูงและคงที่รวมทั้งมีแอมปลิจูด(ขนาด)สูงด้วยนั้นเราเรียกว่าสัญญาณคลื่นพาห์ (Signal Carrier) อุปกรณ์สำหรับมอดูเลตสัญญาณ(Modulator) จะสร้างสัญญาณคลื่นพาห์และรวมเข้ากับสัญญาณข้อมูลเพื่อให้สัญญาณมีความแรงพอที่จะส่งผ่านสื่อกลางไปยังอีกจุดหนึ่งที่อยู่ไกลออกไปได้ และเมื่อถึงปลายทางก็จะมีอุปกรณ์ซึ่งทำหน้าที่แยกสัญญาณคลื่นพาห์ออกให้เหลือเพียงสัญญาณข้อมูล เราเรียกวิธีการแยกสัญญาณนี้ว่าการดีมอดูเลต(Demodulation)เรื่องการมอดูเลตสัญญาณเป็นเรื่องที่สำคัญมากในการสื่อสารข้อมูลการเลือกวิธีการมอดูเลตและการดีมอดูเลตที่เหมาะสมจะช่วยให้ท่านทำการส่งข้อมูลข่าวสารได้อย่างมีประสิทธิภาพ อุปกรณ์สำหรับมอดูเลตสัญญาณ (Modulator) จะสร้างสัญญาณคลื่นพาห์ และรวมเข้ากับสัญญาณข้อมูลเพื่อให้สัญญาณมีความแรงพอที่จะส่งผ่านสื่อกลางไปยังอีกจุดหนึ่งเมื่อถึงปลายทางจะมีอุปกรณ์ในการแยกสัญญาณคลื่นพาห์ออกเรียกวิธีการแยกสัญญาณนี้ว่า"การดีมอดูเลต"(Demodulation)

การมอดูเลชันสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทตามลักษณะของข้อมูลคือ

1.การมอดูเลชันแบบอนาล็อก (Analog Modulation) คือการมอดูเลชัน โดยที่ข้อมูลเป็นแบบต่อเนื่อง(Continuous)ไม่มีการแบ่งเป็นระดับไว้

2.การมอดูเลชันแบบดิจิตอล (Digital Modulation) คือการมอดูเลชัน โดยที่ข้อมูลถูกแบ่งเอาไว้เป็นระดับต่างๆอย่างชัดเจนโดยระดับที่แบ่งไว้จะต้องมีจำนวนที่แน่นอน

การมอดูเลชันแบบอนาล็อก (Analog Modulation) แบ่งย่อยออกได้เป็น 3 ประเภทคือ

1. การมอดูเลตทางแอมปลิจูด (Amplitude Modulation: AM)
2. การมอดูเลตทางความถี่ (Frequency Modulation: FM)
3. การมอดูเลตทางเฟส (Phase Modulation: PM)

การมอดูเลชันแบบดิจิตอล (Digital Modulation) แบ่งย่อยออกได้เป็น 4 ประเภทคือ

1. Phase Shift Keying:PSK

คือการใช้รูปแบบของสัญญาณที่มีแอมพลิจูด และความถี่เดียวกัน แต่ส่งออกมาจังหวะต่างๆ กัน ในการแทนข้อมูลแบบใดแบบหนึ่ง

2. Frequency Shift Keying : FSK

คือการใช้สัญญาณที่มีความถี่ต่างกัน ในการแทนข้อมูลแบบต่างๆ

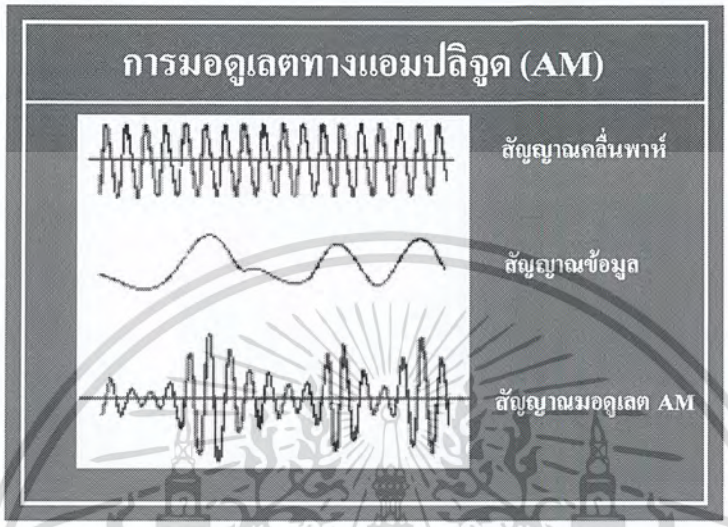
3. Amplitude Shift Keying : ASK

คือการใช้สัญญาณแบบเดียวกัน แต่มีแอมพลิจูดต่างกันออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การมอดูเลตทางแอมปลิจูด (AM)

สัญญาณของคลื่นพาห์จะมีความถี่สูงกว่าความถี่ของสัญญาณข้อมูล เพื่อให้สามารถส่งสัญญาณข้อมูลไปได้ไกล ๆ สัญญาณ AM ที่มอดูเลตแล้วจะมีความถี่เท่ากับความถี่ของสัญญาณคลื่นพาห์ โดยมีขนาดหรือแอมปลิจูดของสัญญาณเปลี่ยนแปลงไปตามแอมปลิจูดของสัญญาณด้วย



รูปที่ 2.10 สัญญาณการมอดูเลตทางแอมปลิจูด

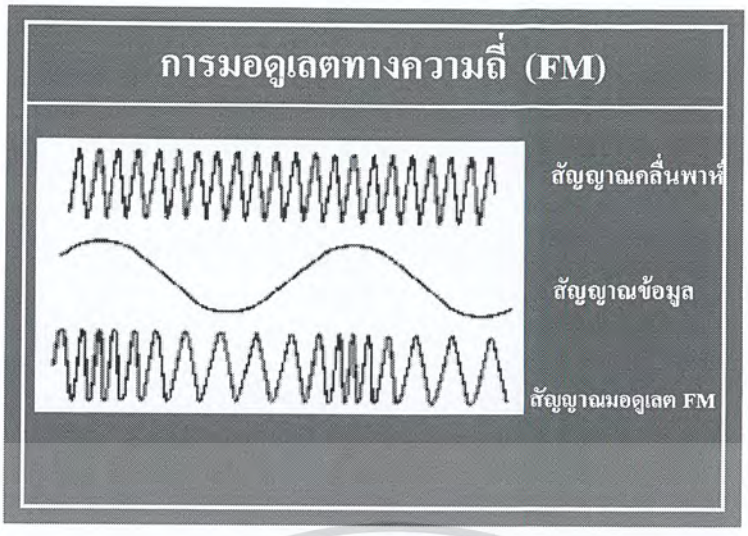
ข้อเสียของการมอดูเลตแบบ AM คือ

1. แบนด์วิดท์ของสัญญาณ AM เป็นย่านความถี่ที่ไม่สูง ทำให้มีสัญญาณรบกวนจากภายนอกเข้ามาได้ง่าย
2. การส่งสัญญาณแบบ AM สิ้นเปลืองพลังงานมาก พลังงานส่วนใหญ่ใช้ในการส่งคลื่นพาห์

การมอดูเลตทางความถี่ (FM)

สัญญาณ FM ที่มอดูเลตแล้วจะมีแอมปลิจูดคงที่ แต่ความถี่ของสัญญาณจะไม่คงที่เปลี่ยนแปลงไปตามแอมปลิจูดของสัญญาณข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



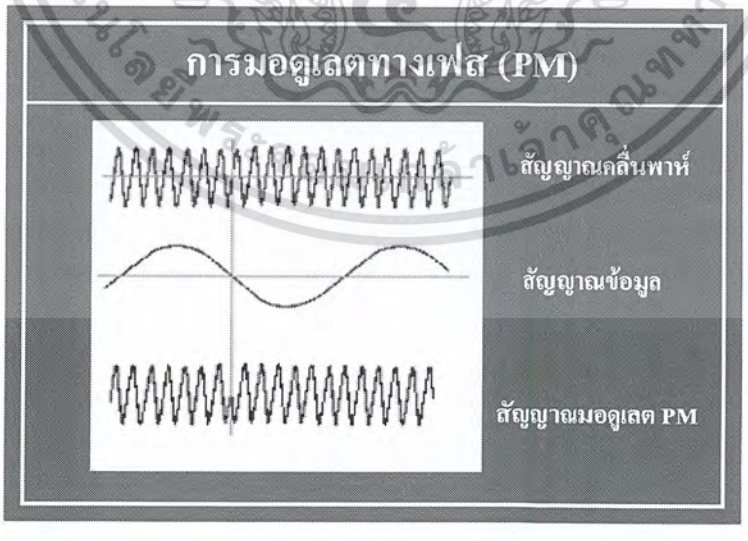
รูปที่ 2.11 สัญญาณการมอดูเลตทางความถี่

ข้อเสียของการมอดูเลตแบบสัญญาณ FM คือ

1. ต้องการแบนด์วิดท์ที่มีขนาดกว้าง เนื่องจากสัญญาณข้อมูลมีหลายความถี่
2. คุณภาพดีกว่าการมอดูเลตแบบ AM แต่การทำงานจะซับซ้อนกว่า

การมอดูเลตทางเฟส (PM)

การมอดูเลตแบบ PM จะให้ครึ่งรอบของสัญญาณเป็นมุม 180 องศา และเมื่อครบ 1 รอบ จะเป็น 360 องศา สัญญาณมอดูเลตจะมีการเปลี่ยน (กลับ) มุมเฟสทุกครั้งที่มุมเฟสของสัญญาณข้อมูลต่างจากมุมเฟสของสัญญาณคลื่นพาห์เท่ากับ 180 องศา



รูปที่ 2.12 สัญญาณการมอดูเลตทางเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การมอดูเลตแบบ PM นิยมใช้ในการแพร่ภาพสีทางทีวี แต่ AM กับ FM นิยมใช้ในการกระจายเสียงวิทยุ การมอดูเลตแบบ PM เป็นวิธีการที่ดีแต่วงจรค่อนข้างจะซับซ้อนจึงไม่นิยมใช้ส่งสัญญาณข้อมูลอะนาล็อก การมอดูเลตแบบ PM มักจะนำมาใช้ในการส่งสัญญาณข้อมูลคอมพิวเตอร์ที่ต้องการความเร็วในการส่งข้อมูลสูง

การมอดูเลตเชิงเลขทางแอมปลิจูด(ASK)

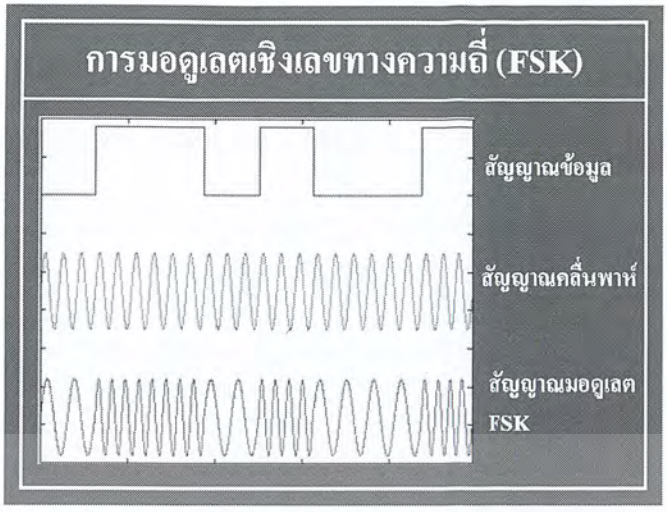
ความถี่ของคลื่นพาห์ (Carrir Wave) ซึ่งทำหน้าที่นำสัญญาณอนาล็อกผ่านตัวกลางสื่อสารนั้นจะคงที่ ลักษณะของสัญญาณมอดูเลตเมื่อค่าของบิตของสัญญาณข้อมูลดิจิตอลมีค่าเป็น1 ขนาดของคลื่นพาห์จะสูงขึ้นกว่าปกติ และเมื่อบิตมีค่าเป็น0 ขนาดของลงกว่าปกติ การมอดูเลต ASK มักจะไม่ค่อยได้รับความนิยมเพราะจะถูกรบกวนจากสัญญาณอื่นได้ง่าย

รูปที่ 2.13 สัญญาณการมอดูเลตเชิงเลขทางแอมปลิจูด

การมอดูเลตเชิงเลขทางความถี่(FSK)

ในการมอดูเลตแบบFSK ขนาดของคลื่นพาห์จะไม่เปลี่ยนแปลงที่เปลี่ยนแปลงคือความถี่ของคลื่นพาห์นั่นคือ เมื่อบิตมีค่าเป็น1 ความถี่ของคลื่นพาห์จะสูงกว่าปกติและเมื่อบิตมีค่าเป็น0 ความถี่ของคลื่นพาห์ก็จะต่ำกว่าปกติ

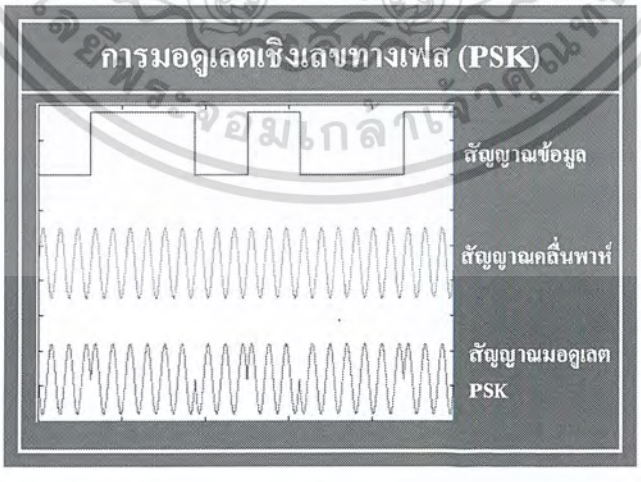
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
117537



รูปที่ 2.14 สัญญาณการมอดูเลตเชิงเลขทางความถี่

การมอดูเลตเชิงเลขทางเฟส (PSK)

หลักการของPhase Keying (PSK) คือ ค่าของขนาดและความถี่ของคลื่นพาห์จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงแต่ที่จะเปลี่ยนคือ เฟสของสัญญาณกล่าวคือ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาวะของบิตจาก1 ไปเป็น 0 หรือเปลี่ยนจาก0 ไปเป็น 1 เฟสของคลื่นจะเปลี่ยน(Shift) ไป 180 องศาด้วย หลักการPSK สามารถทำได้ทั้งแบบ 2 เฟส (0,90,180 และ 270 องศา)และแบบ 8 เฟส(0,45,90,135,180,225,270และ 315องศา) ในการมอดูเลตเพื่อเปลี่ยนสัญญาณข้อมูลดิจิตอลให้เป็นสัญญาณอนาล็อกทั้ง3 แบบ วิธีการแบบPSK จะมีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นน้อยที่สุดได้สัญญาณที่มีคุณภาพดีที่สุดแต่วงจรการทำงานจะยุ่งยากกว่าและราคาสูงกว่า



รูปที่ 2.15 สัญญาณการมอดูเลตเชิงเลขทางเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 Demodulation

หมายถึง ขบวนการเปลี่ยนสารสนเทศจากการ Modulate กลับมาสู่ลักษณะเดิม ในการติดต่อสื่อสารผ่านคอมพิวเตอร์โดยอาศัยสายโทรศัพท์ข้อมูลที่จะส่งจากคอมพิวเตอร์เครื่องหนึ่ง ไปยังคอมพิวเตอร์อีกเครื่องหนึ่งนั้น จำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงลักษณะของข้อมูลนั้น จาก analog ไปสู่ digital เสียก่อน เพื่อให้ข้อมูลถูกส่งผ่าน หรือถ่ายทอดไปตามสายโทรศัพท์ เมื่อถึงเครื่องรับปลายสาย เพื่อให้คนอ่านข้อมูลนั้นได้ จำเป็นต้องเปลี่ยนลักษณะของข้อมูลจาก digital มาสู่ลักษณะ analog นี้เรียกว่า demodulation

2.6 แบตเตอรี่

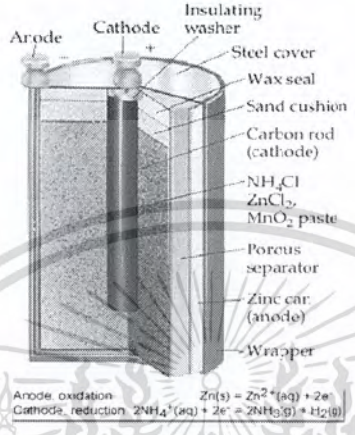
ในทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แบตเตอรี่ (อังกฤษ: battery) หมายถึงอุปกรณ์อย่างหนึ่งที่ใช้เก็บพลังงาน และนำมาใช้ได้ในรูปของไฟฟ้า แบตเตอรี่นั้นประกอบด้วยอุปกรณ์ไฟฟ้าเคมี เช่น เซลล์กัลวานิก หรือเซลล์เชื้อเพลิง อย่างน้อยหนึ่งเซลล์เชื่อกันว่าหลักฐานชิ้นแรกสุดที่เป็นไปได้ว่าจะเป็นแบตเตอรี่ในประวัติศาสตร์โลก คือ วัตถุที่เรียกว่าแบตเตอรี่แบกแดด (Baghdad Battery) คาดว่ามีอายุในช่วง 250 ปีก่อนคริสตกาล ถึงคริสต์ศักราช 640 สำหรับพัฒนาการของแบตเตอรี่ในยุคใหม่นั้น เริ่มต้นที่ ที่พัฒนาขึ้นโดยนักฟิสิกส์ชาวอิตาลี นามว่าอาเลสซานโดร โวลตา เมื่อ ค.ศ. 1800
ประเภทแบตเตอรี่สามัญ

2.6.1 แบตเตอรี่แห้ง (Dry Cell)

แบตเตอรี่แห้ง หรือที่คนทั่วไปเรียกว่าถ่านไฟฉาย เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนแปลงพลังงานเคมีให้เป็นพลังงานไฟฟ้า แบ่งออกเป็นเซลล์เปียกหรือโวลตาอิดเซลล์ ซึ่งอยู่ในถ่ายไฟฉายรุ่นเก่าและเซลล์แห้ง ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน แบตเตอรี่แห้ง แบ่งออกเป็นประเภทได้ดังนี้ 1.แบบคาร์บอน-สังกะสี ประกอบด้วย กล่องสังกะสีทรงกระบอก ซึ่งเป็นขั้วลบและเป็นที่บรรจุอิเล็กโทรไลท์ (Electrolyte) เป็นน้ำยาที่ทำปฏิกิริยาเคมีกับอิเล็กโทรดที่จุ่มอยู่ อาจเป็นเกลือ(Salt) กรด หรือด่าง(Alkaline) ก็ได้ 2.แบบอัลคาไลน์ เซลล์ไฟฟ้าแบบนี้เหมาะสมดีทุกอย่างยกเว้นราคา เพราะให้กระแสไฟฟ้าสูง และทำงานได้ดีที่อุณหภูมิปกติ สามารถเก็บไว้ได้นาน อยู่ได้นานเฉลี่ยนานกว่าห้าปี 3.แบบซิลเวอร์ออกไซด์ ใช้ในงานสำรวจพื้นผิวดวงจันทร์ มีอายุการใช้งานนานกว่าอัลคาร์ไลน์ถึง 3 เท่า ถ้าใช้กับไฟฉายจะไม่หรี่เลยจนกว่าเซลล์จะหมดอายุไปโดยสิ้นเชิง แต่ค่าใช้จ่ายก็ต้องสูงด้วยคือประมาณ 200 บาทต่อชั่วโมง 4.แบบเมอร์คิวรี่ เซลล์ไฟฟ้าแบบนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายในเครื่องใช้ที่ใช้เซลล์แบบกระดุม แต่ราคาเซลล์แบบเมอร์คิวรี่จะถูกกว่าซิลเวอร์ออกไซด์ครึ่งหนึ่ง ข้อที่แตกต่างกันคือแรงดันไฟฟ้า โดยเมอร์คิวรี่มีแรงดันไฟฟ้าเซลล์ละ 1.35-1.4 โวลต์ ส่วนซิลเวอร์ออกไซด์มีแรงดันไฟฟ้าเซลล์ละ 1.5 โวลต์ 5.แบบนิกเกิลแคดเมียม เซลล์ไฟฟ้าที่กล่าวมาทั้งหมดเป็นชนิดที่เมื่อใช้จนกระแสไฟฟ้าหมดแล้วก็ต้องทิ้งไป แต่เซลล์แบบนิกเกิลแคดเมียม สามารถชาร์จไฟเข้าไปใหม่ได้ เซลล์หนึ่งๆ สามารถชาร์จไฟได้ไม่น้อยกว่า 1,000 ครั้ง แบตเตอรี่ชนิดนี้มีแรงเคลื่อนไฟฟ้าเพียง 1.25 โวลต์ เซลล์แห้งแบบนิกเกิลแคดเมียมเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่นิยมใช้กันมาก เพราะใช้จนไฟหมดสามารถประจุไฟได้ ทั้งยังมีน้ำหนักเบา และจ่ายกระแสไฟได้สูง จึงนิยมใช้กับเครื่องคิดเลข ไฟแฟลชถ่ายภาพ นาฬิกาอิเล็กทรอนิกส์ ตลอดจนอุปกรณ์ต่างๆแต่ไม่ว่าแบตเตอรี่แบบใดก็ล้วนมีโลหะหนักที่เป็นอันตรายเป็นองค์ประกอบ เช่น แคดเมียม ตะกั่ว ลิเทียม แมงกานีสไดออกไซด์ ปรอทนิกเกิลเงินและสังกะสี แคดเมียมเป็นโลหะหนักมีอยู่ในธรรมชาติ แต่เป็นจำนวนน้อย

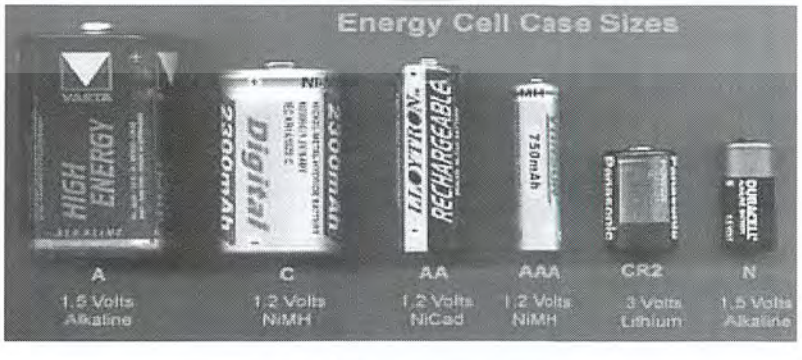


รูปที่ 2.16โครงสร้างภายในแบตเตอรี่

เซลแบบแห้ง ได้แก่

เซลแบบสังกะสี-ถ่าน (Zinc Carbon Cell) ตัวถังทำ ด้วยสังกะสีเป็นขั้วลบ ภายในเป็นชั้นบางๆ บรรจุส่วนผสม ของแอมโมเนียม คลอไรด์และซิงค์คลอไรด์ ส่วนขั้วบวก ใช้ผงแมงกานิสไดออกไซด์ผสมผงถ่านแกนกลางเป็น แท่งถ่านเพื่อสะสมกระแสภายนอกตัวถังห่อด้วยกระดาษ หลายชั้นและหุ้มชั้นนอกสุดด้วยแผ่นพลาสติกบางๆ

เซลแบบอัลคาไลน์แมงกานีส (Alkaline Manganese Cell) ตัวถังทำจากเหล็ก ใช้ผงสังกะสี ทำขั้วลบเพื่อเพิ่ม พื้นที่ผิว ส่วนขั้วบวกทำจาก แมงกานิสไดออกไซด์ผสม โปตัสเซี่ยมไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นอัลคาไลน์อิเลคทรอไลท์ เหมาะสำหรับงานหนักที่ใช้กระแสสูง



รูปที่ 2.17 เซลแบบแห้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซลแบบกระดุม (Button Cell) ตัวเซลทำจากเหล็ก ชุบนิเกิล ผิวหน้าด้านบนภายในเซลเป็นทองแดง ขั้วบวก ทำจากออกไซด์ของปรอทกับกราไฟท์ ส่วนขั้วลบใช้ผงสังกะสี ผสมโปตัสเซียม-ไฮดรอกไซด์ ใช้ในเครื่องคิดเลข นาฬิกาข้อมือ อุปกรณ์ถ่ายรูป

เซลแบบซิลเวอร์ออกไซด์ (Silver Oxide Cell) มีโครงสร้างเหมือนเซลกระดุมแบบปรอท แต่ขั้วบวกทำจาก ออกไซด์ของเงิน ใช้ในงานที่กระแสสูงๆ เช่นอุปกรณ์ที่มีตัวแสดงผลเป็น LED

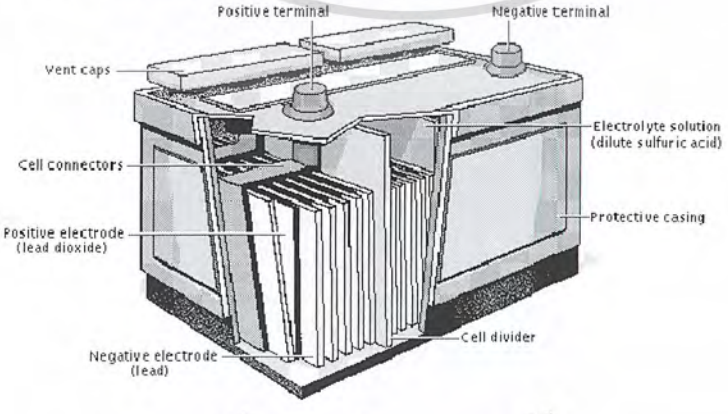
รูปที่ 2.18 เซลแบบกระดุม

เซลแบบสังกะสี-อากาศ (Zinc Air Cell) เป็นเซลกระดุมที่มีรูให้อากาศเข้าที่ด้านล่าง ซึ่งจะใช้ออกซิเจนในการออกซิไดซ์ผงสังกะสีผสมอัลคาไลน์อิเลคทรอไลท์ซึ่งเป็นขั้วลบ

เซลแบบลิเธี่ยม (Lithium Cell) ขั้วลบเป็นลิเธี่ยม ขั้วบวกเป็นแมงกานีสไดออกไซด์ผสมกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์หรือไธโอนิลคลอไรด์ ใช้กับงานหนักที่ต้องการแรงดันสูงกว่าปกติ

2.6.2 แบตเตอรี่น้ำ (Storage Battery)

มีส่วนประกอบคือเปลือกนอกซึ่งทำด้วยพลาสติกหรือยางแข็ง ฝาครอบส่วนบนของแบตเตอรี่ ขั้วของแบตเตอรี่ สะพานไฟ แผ่นธาตุบวก และแผ่นธาตุลบ แผ่นกั้นซึ่งทำจากไฟเบอร์กลาสที่เจาะรูพรุน ปัจจุบันแบตเตอรี่รถยนต์มี 2 แบบคือ แบบที่ต้องคอยตรวจดูระดับน้ำกรดในแบตเตอรี่ กับแบบที่ไม่ต้องตรวจดูระดับน้ำกรดเลยตลอดอายุการใช้งาน



รูปที่ 2.19 ส่วนประกอบแบตเตอรี่น้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แผ่นธาตุ (Plates) ในแบตเตอรี่มี 2 ชนิด คือ แผ่นธาตุบวก และแผ่นธาตุลบ แผ่นธาตุบวกทำจาก ตะกั่วเปอร์ออกไซด์ (PbO_2) และแผ่นธาตุลบทำจากตะกั่ว (Pb) วางเรียงสลับกัน จนเต็มพอดีในแต่ละเซลล์ แล้วกั้นไม่ให้แตะกัน ด้วยแผ่นกั้น

- แผ่นกั้น (Separators) ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้แผ่นธาตุบวก และแผ่นธาตุลบแตะกัน ซึ่ง จะทำให้เกิดการลัดวงจรขึ้น ซึ่งแผ่นกั้นนี้ทำจากไฟเบอร์กลาสหรือยางแข็ง เจาะรูพรุนเพื่อให้น้ำกรด สามารถไหลถ่ายเทไปมาได้ และมีขนาดความกว้างยาวเท่ากับแผ่นธาตุบวกและแผ่นธาตุลบ

- น้ำกรดหรือน้ำยาอิเล็กโตรไลต์ (Electrolyte) น้ำกรดในแบตเตอรี่รถยนต์เป็นน้ำกรดกำมะถันเจือจางคือจะมีกรดกำมะถัน (H_2SO_4) ประมาณ 38 เปอร์เซ็นต์ ความถ่วงจำเพาะของน้ำกรด 1.260 - 1.280 ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส น้ำกรดในแบตเตอรี่เป็นตัวที่ทำให้แผ่นธาตุลบเกิดปฏิกิริยาทางเคมีจนเกิดกระแสไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าขึ้นมาได้

-เซลล์ (Cell) คือช่องที่บรรจุแผ่นธาตุบวก แผ่นธาตุลบ ที่วางสลับกัน กั้นด้วยแผ่นกั้น แล้วจุ่มในน้ำกรด ในช่องหนึ่งจะมีแรงเคลื่อนไฟฟ้า 2.1 โวลต์ ก็จะมีเซลล์ 6 เซลล์ และในแต่ละเซลล์ก็จะมีส่วนบนเป็นที่เติมน้ำกรดและมีฝาปิดป้องกันน้ำกรดกระเด็นออกมา และที่ฝาปิดก็จะมีรูระบายก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีให้ระบายออกไปได้

- ฝาปิดเซลล์ (Battery Cell Plug) หรือฝาปิดช่องเติมน้ำกรด ฝานี้จะมีรูระบายก๊าซไฮโดรเจนที่เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีภายในแบตเตอรี่ให้สามารถระบายออกไปได้ ถ้าไม่มีฝาระบายนี้ เมื่อเกิดปฏิกิริยาเคมีก๊าซไฮโดรเจนจะไม่สามารถระบายออกไปได้ ทำให้เกิดแรงดัน ดันจนแบตเตอรี่เกิดระเบิดขึ้นได้ แบตเตอรี่ใหม่ๆ ที่ยังไม่มีน้ำกรด ที่ฝาปิดจะมีกระดาษกาวปิดไว้เพื่อป้องกันความชื้นเข้าไปในแบตเตอรี่ ซึ่งจะทำให้แบตเตอรี่เสื่อมสภาพ เมื่อเติมน้ำกรดเข้าไปแล้วทำการประจุไฟนำมาใช้งาน กระดาษกาวที่ปิดนี้จะต้องแกะออกให้หมด เพื่อไม่ให้แบตเตอรี่เกิดระเบิดขึ้นได้

2.7 เซลล์แสงอาทิตย์

เซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Cell) เป็นสิ่งประดิษฐ์กรรมทางอิเลคทรอนิกส์ ที่สร้างขึ้นเพื่อเป็นอุปกรณ์สำหรับเปลี่ยนพลังงานแสงอาทิตย์ให้เป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการนำสารกึ่งตัวนำ เช่น ซิลิกอน ซึ่งมีราคาถูกที่สุดและมีมากที่สุดบนพื้นโลกมาผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อผลิตให้เป็นแผ่นบางบริสุทธิ์ และทันทีที่แสงตกกระทบบนแผ่นเซลล์ รังสีของแสงที่มีอนุภาคของพลังงานประกอบที่เรียกว่า โฟตอน (Proton) จะถ่ายเทพลังงานให้กับอิเล็กตรอน (Electron) ในสารกึ่งตัวนำจนมีพลังงานมากพอที่จะกระโดดออกมาจากแรงดึงดูดของอะตอม (atom) และเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ ดังนั้นเมื่ออิเล็กตรอนเคลื่อนที่ครบวงจรจะทำให้เกิดไฟฟ้ากระแสตรงขึ้น เมื่อพิจารณาลักษณะการผลิตไฟฟ้าจากเซลล์แสงอาทิตย์พบว่า เซลล์แสงอาทิตย์จะมีประสิทธิภาพการผลิตไฟฟ้าสูงที่สุดในช่วงเวลากลางวัน ซึ่งสอดคล้องและเหมาะสมในการนำเซลล์แสงอาทิตย์มาใช้ผลิตไฟฟ้า เพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

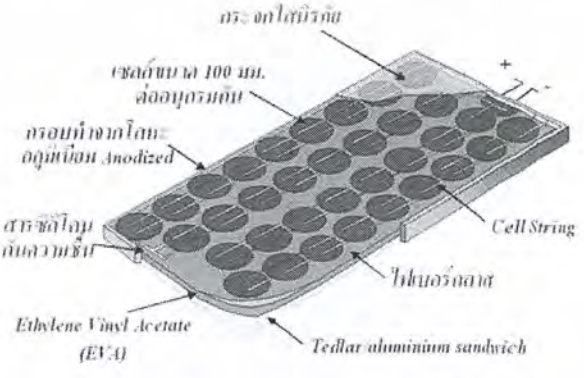
พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลากลางวัน เซลล์แสงอาทิตย์ที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบันจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. กลุ่ม ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำประเภทซิลิคอน จะแบ่งตามลักษณะของผลึกที่เกิดขึ้น คือ แบบที่เป็น รูปผลึก (Crystal) และแบบที่ไม่เป็นรูปผลึก (Amorphous) แบบที่เป็นรูปผลึก จะแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ชนิดผลึกเดี่ยวซิลิคอน (Single Crystalline Silicon Solar Cell) และ ชนิดผลึกรวมซิลิคอน (Poly Crystalline Silicon Solar Cell) แบบที่ไม่เป็นรูปผลึก คือ ชนิดฟิล์มบางอะมอร์ฟัสซิลิคอน (Amorphous Silicon Solar Cell

2. กลุ่มที่ทำจากสารประกอบที่ไม่ใช่ซิลิคอน ซึ่งประเภทนี้ จะเป็นเซลล์แสงอาทิตย์ที่มีประสิทธิภาพสูงถึง 25% ขึ้นไป แต่มีราคาสูงมาก ไม่นิยมนำมาใช้บนพื้นโลก จึงใช้งานสำหรับดาวเทียมและระบบรวมแสงเป็นส่วนใหญ่ แต่การพัฒนาขบวนการผลิตสมัยใหม่จะทำให้มีราคาถูกลง และนำมาใช้มากขึ้นในอนาคต (ปัจจุบันนำมาใช้เพียง 7 % ของปริมาณที่มีใช้ทั้งหมด)

ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตขึ้นจากเซลล์แสงอาทิตย์เพียงเซลล์เดียว จะมีค่าต่ำมาก การนำมาใช้งานจะต้องนำเซลล์หลาย ๆ เซลล์ มาต่อกันแบบอนุกรมเพื่อเพิ่มค่าแรงเคลื่อนไฟฟ้าให้สูงขึ้น เซลล์ที่นำมาต่อกันในจำนวนและขนาดที่เหมาะสมเรียกว่า แผงเซลล์แสงอาทิตย์ (Solar Module หรือ Solar Panel) การทำเซลล์แสงอาทิตย์ให้เป็นแผง เพื่อความสะดวกในการนำไปใช้งาน ด้านหน้าของแผงเซลล์ประกอบด้วย แผ่นกระจกที่ มีส่วนผสมของเหล็กต่ำ ซึ่งมีคุณสมบัติในการยอมให้แสงผ่านได้ดี และยังเป็นเกราะป้องกันแผ่นเซลล์อีกด้วย แผงเซลล์จะต้องมีการ ป้องกันความชื้นที่ดีมาก เพราะจะต้องอยู่กลางแดดกลางฝนเป็นเวลายาวนาน ในการประกอบจะต้องใช้วัสดุที่มีความคงทนและป้อง กันความชื้นที่ดี เช่น ซิลิโคนและ อีวีเอ (Ethylene Vinyl Acetate) เป็นต้น เพื่อเป็นการป้องกันแผ่นกระจกด้านบนของแผงเซลล์ จึง ต้องมีการทำกรอบด้วยวัสดุที่มีความแข็งแรง แต่บางครั้งก็ไม่มีความจำเป็น ถ้ามีการเสริมความแข็งแรงของแผ่นกระจกให้เพียงพอ ซึ่งก็สามารถทดแทนการทำกรอบได้เช่นกัน ดังนั้นแผงเซลล์จึงมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบ (laminate) ซึ่งสะดวกในการติดตั้ง



รูปที่ 2.20 ส่วนประกอบของเซลล์แสงอาทิตย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 เลเซอร์

เลเซอร์ทั่วไปประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 ส่วน ได้แก่

1. เนื้อวัสดุที่ใช้เป็นตัวกลางเลเซอร์
2. การปั๊มพลังงานให้แก่เนื้อวัตถุที่เป็นตัวกลางเลเซอร์เพื่อให้มีสภาพถูกกระตุ้น
3. มีช่องแสงเพื่อขยายสัญญาณแสง

เลเซอร์มีสมบัติที่ไม่เหมือนกับแสงทั่วๆไป คือ เลเซอร์จะพาพลังงานจำนวนมากไปด้วย ทำให้สามารถผลิตความร้อนได้ในปริมาณมากด้วยเช่นกัน

สมบัติเด่น 4 ประการของแสงเลเซอร์ คือ

1. มีทิศทางเดียวแน่นอน
2. มีความถี่เดียว เป็นแสงสีเดียว
3. มีเฟสเดียวกัน (มีหน้าคลื่น)
4. มีความเข้ม/จ้าสูง

2.8.1 เลเซอร์ไดโอด

เลเซอร์ไดโอดเป็นเลเซอร์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ ซึ่งทำจากสารประกอบ เช่น GaAs (แกลเลียมอาร์เซไนด์) GaAlAs (แกลเลียมอะลูมิเนียมอาร์เซไนด์) In GaAsP (อินเดียมแกลเลียมอาร์เซไนด์ฟอสฟายด์) ซึ่งมีค่าแถบพลังงานต่างๆกัน จึงเป็นตัวกำหนดค่าความยาวคลื่นของแสงเลเซอร์

เลเซอร์ไดโอดเป็นเลเซอร์ที่มีขนาดเล็กจิ๋วกินไฟน้อย สามารถผลิตได้จำนวนมากๆ ด้วยเทคโนโลยีด้านสารกึ่งตัวนำ เลเซอร์ไดโอดถูก ใช้งานอย่างกว้างขวางตั้งแต่การใช้เป็นเลเซอร์พอยนท์เตอร์ (Laser Pointer) ใช้ในการสื่อสารผ่านเส้นใยแก้วนำแสง ใช้เป็นหัวอ่านของเครื่องคอมแพคดิสก์ เครื่องวิดีโอเลเซอร์ดิสก์ และเครื่องถ่ายเอกสารประเภทเลเซอร์พริ้นเตอร์

2.8.2 การประยุกต์ใช้งานเลเซอร์

เลเซอร์เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มีคุณสมบัติเด่น คือเป็นคลื่นแสงที่มีระเบียบ มีลักษณะเป็นลำแสง ความเข้มแสงสูง จึงมีศักยภาพในด้านประยุกต์มากมาย ได้แก่

1. การใช้เลเซอร์เพื่อเจาะ ตัด เชื่อม

เลเซอร์เป็นแสงที่มีความเข้มสูง และเป็นลำแสง เมื่อโฟกัสมีขนาดเล็กจะสามารถ เจาะ ตัด เชื่อม วัสดุต่าง ๆ ได้ รูปที่เจาะ รอยตัด รอยเชื่อม จะมีขนาดเล็กและคมชัดมาก ทำให้สามารถทำงานที่มีความละเอียดสูงได้ เลเซอร์ที่ใช้งานต้องมีกำลังสูง เช่น เลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์ และเลเซอร์แย็ค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การใช้เลเซอร์ด้านการแพทย์

เลเซอร์ถูกนำมาใช้ในการผ่าตัดและรักษาทางด้านการแพทย์และจักษุแพทย์ เช่น การผ่าตัดที่มีขนาดเล็ก (Microsurgery) การผ่าตัดต้อ เป็นต้น เลเซอร์ที่ใช้ ได้แก่ เลเซอร์คาร์บอนไดออกไซด์ เลเซอร์อาร์กอน

3. การใช้เลเซอร์ด้านสื่อสารโทรคมนาคม

เลเซอร์ไดโอดถูกนำมาใช้เป็นตัวส่งสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสง เพื่อใช้ถ่ายทอดสัญญาณโทรทัศน์ โทรศัพท์ ข้อมูลคอมพิวเตอร์ อย่างกว้างขวาง สื่อสารโทรคมนาคมด้วยแสงเลเซอร์นี้มีจุดเด่นที่จะไม่มีสัญญาณรบกวนเพราะเป็นคลื่นเสง มีความจุข้อมูลสูงมากเพราะมี ความถี่สูงกว่าคลื่นวิทยุ ทำให้เส้นใยแก้วนำแสงเส้นหนึ่งสามารถจุคู่สายโทรศัพท์ได้เป็นพัน ๆ คู่สาย

4. การใช้เลเซอร์ทางด้านสร้างภาพสามมิติ

เลเซอร์มีความเป็นระเบียบของคลื่นแสง ดังนั้นจึงสามารถบันทึกข้อมูลของภาพสามมิติได้เพราะบันทึกทั้งความเข้มแสงและเฟส (หน้าคลื่น) ของแสงด้วย ภาพที่บันทึกจึงมีข้อมูลเกี่ยวกับความลึกของภาพด้วย ทำให้ได้ภาพสามมิติเรียกว่า โฮโลกราฟี (Hologra phy) การ บันทึกภาพสามมิตินี้ต้องกระทำบนโต๊ะแสง (Optical Bench) เพื่อขจัดปัญหาการสั่นสะเทือน คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้พัฒนา เทคนิคการบันทึกภาพสามมิติเชิงซ้อน และนำภาพสามมิติเชิงซ้อนดังกล่าวมาประยุกต์เป็นกุญแจแสง (Optical key) และบัตรประจำตัว (Holographic Identification) ซึ่งเป็นผลงานที่จดสิทธิบัตร

5. การใช้เลเซอร์ในการวัด

เลเซอร์มีค่าความยาวคลื่นคงที่และเป็นลำแสงขนานจึงถูกนำมาใช้เป็นมาตรฐานการวัดที่ละเอียดแม่นยำ เช่น การวัดขนาดของสิ่งของการวัดระยะทางทั้งใกล้และไกล โดยอาศัยหลักการของการสอดแทรก เช่น อินเทอเฟอโรเมตรี (Interferometry) หลักการการสะท้อนของ คลื่น แสงที่เป็นพัลส์ และหลักการเกิดการเคลื่อนของเฟส (Phase Shift) ของคลื่นแสงที่ถูกโมดูเลตแล้ว

6. การใช้เลเซอร์ในอุปกรณ์สำนักงานและใช้ในบ้าน

เลเซอร์ไดโอดเป็นเลเซอร์ที่มีขนาดเล็กจิ๋วไม่กินไฟ จึงเหมาะนำมาประยุกต์กับอุปกรณ์สำนักงานและใช้ในบ้าน ได้แก่ การใช้เลเซอร์เป็นเลเซอร์พอยน์เตอร์ใช้ในเครื่องถ่ายเอกสาร และเครื่องพิมพ์เอกสารแบบ เลเซอร์พริ้นเตอร์ ใช้ในเครื่องเสียงคอมแพคดิสก์ ใช้ในเครื่องวิดีโอเลเซอร์ดิสก์ ฯลฯ

7. การใช้เลเซอร์ในงานด้านนิทรรศการ

แสงเลเซอร์มีลักษณะเด่น คือ มีลำแสงที่ระยิบระยับเนื่องจากการเกิดการสอดแทรกของแสงเลเซอร์ เมื่อฉายกระทบฝุ่นละอองในอากาศที่แขวนลอย ทำให้การแสดงนิทรรศการมีชีวิตชีวาเราจึงเห็นมีการนำเลเซอร์ไปใช้ในงานโฆษณา งานแสดงละคร งานบนเวที คอนเสิรต์ ฯลฯ ด้วย

8. การใช้เลเซอร์ในด้านเลเซอร์ฟิวชั่น (Laser Fusion)

ฟิวชั่นเป็นปฏิกิริยานิวเคลียร์ที่เกิดจากการหลอมธาตุเบา เช่น ไฮโดรเจน หรือไอโซโทป ของไฮโดรเจนให้กลายเป็นธาตุหนัก เช่น ฮีเลียมและมีพลังงานความร้อนเป็นผลพลอยได้จำนวนมาก จึงสามารถนำพลังงานดังกล่าวไปผลิตกระแสไฟฟ้าได้ ปฏิกิริยาฟิวชั่นนี้สามาร ถชักนำให้เกิดและควบคุมด้วยแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

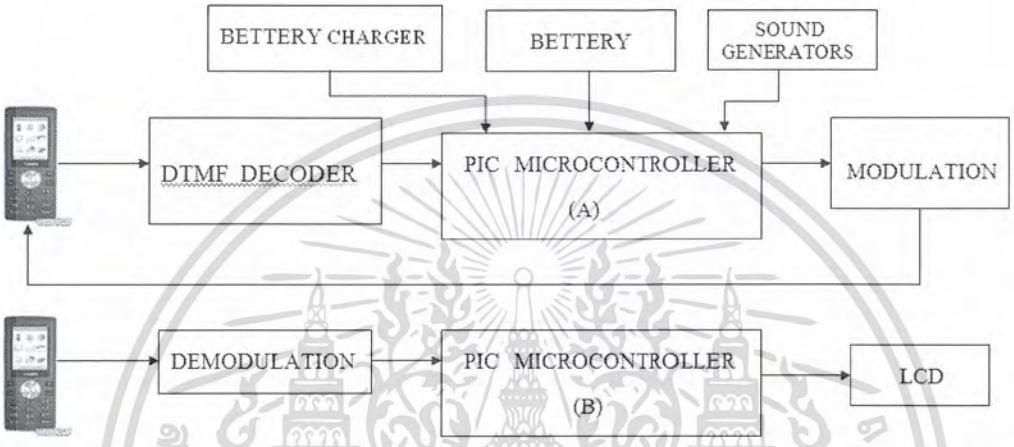
เลเซอร์ที่มีกำลังสูงมาก ๆ (มีขนาดเทราวัตต์ : TW หรือ 1012 วัตต์) เลเซอร์ที่มีกำลังสูงนี้ ได้แก่ เลเซอร์แก้ว และเลเซอร์เอกไซเมอร์ เป็นเทคโนโลยีการประยุกต์เลเซอร์ที่กำลังวิจัยพัฒนาและหากทำได้สำเร็จจะทำให้สังคมโลกเรามีพลังงานที่สะอาดใช้ เพราะปฏิกิริยาฟิวชั่นนี้มีกัมมันตภาพรังสีน้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

โครงสร้างและการออกแบบ

3.1 โครงสร้าง



รูปที่ 3.1 แสดงการเชื่อมต่อของระบบ

3.2 หลักการทำงานและการออกแบบ

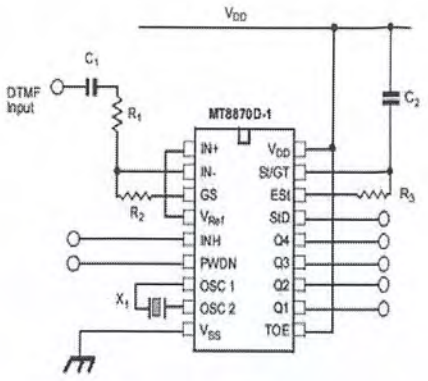
3.2.1 โทรศัพท์เคลื่อนที่ (Mobile)

โทรศัพท์เคลื่อนที่(Mobile) หมายถึงอุปกรณ์โทรศัพท์ที่ใช้กับระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่โดยที่ผู้ใช้สามารถนำอุปกรณ์นี้เคลื่อนที่ได้อย่างอิสระในขณะติดต่อสนทนาภายในเขตพื้นที่ที่มีสัญญาณให้บริการครอบคลุมในการใช้งานได้เลือกโทรศัพท์มือถือที่สามารถตั้งรับสายอัตโนมัติได้ ใช้ควบคุมการทำงานของระบบในระยะไกล

3.2.2 MT8870 ไอซีถอดรหัสความถี่โทรศัพท์

ถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ หมายถึง การแปลงสัญญาณความถี่ซึ่งเกิดจากการกดปุ่มตัวเลขของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (ชนิด Tone หรือ DTMF) ให้เป็นระบบตัวเลขทางดิจิตอล ซึ่งไอซี MT8870 ใช้แปลงความถี่โทรศัพท์ให้เป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรถอดรหัส DTMF

ส่วนถอดรหัส DTMF แสดงในรูปที่ 2 โดยมีรายการอุปกรณ์ดังนี้ซึ่งได้จากคู่มือจากผู้ผลิต

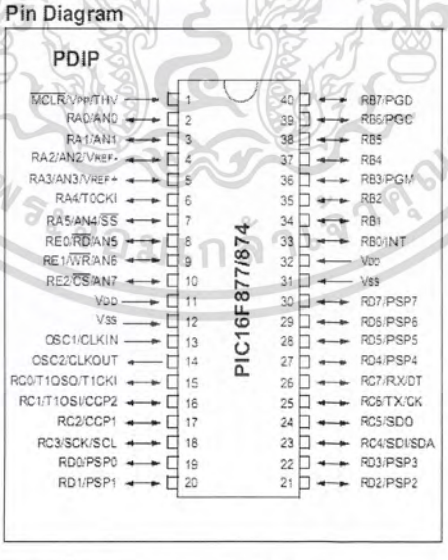
C1 = C2 = 100 nF, R1=102 KΩ, R2 = 71.5 KΩ

R3 = 390 KΩ, X1 = 3.579545 MHz,Vdd = 5.0 v

3.2.3 PIC Microcontroller (A)

PIC Microcontroller (A) ใช้รับสัญญาณดิจิตอลขนาด 4 บิต ซึ่งถูกส่งมาจาก ไอซี MT887 ขณะเดียวกันก็รับสัญญาณอนาล็อกจากแบตเตอรี่ จากนั้นทำการแปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วส่งข้อมูลแบบอนุกรมออกไปยังวงจร Modulation ร่วมทั้งสร้างสัญญาณพัลส์เพื่อใช้ในการขับกระแสตัวเลเซอร์ไดโอด

PIC Microcontroller (A) กำหนดค่าและตำแหน่งการใช้งานดังนี้



รูปที่ 3.3 การจัดขาของ PIC16F877

- ความถี่ baud rate เท่ากับ1200 b/s

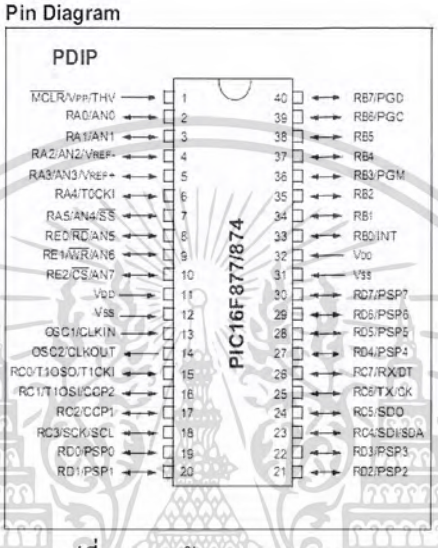
-ใช้ XTAL 20 MHz

- PORTA . 1 ใช้รับสัญญาณอินพุตอนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- PORTB . 0 ใช้รับสัญญาณ DTMF จาก IC 8870
- PORTB . 1 ใช้รับสัญญาณ DTMF จาก IC 8870
- PORTB . 2 ใช้รับสัญญาณ DTMF จาก IC 8870
- PORTB . 3 ใช้รับสัญญาณ DTMF จาก IC 8870
- PORTC .6 ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
- PORTC .2 ใช้ส่งสัญญาณพัลส์

3.2.4 PIC Microcontroller (B)



รูปที่ 3.4 การจัดขาของ PIC16F877

PIC Microcontroller (B) จะรับสัญญาณดิจิตอลจากวงจร Demodulation มาเขียนโปรแกรมเพื่อให้แสดงค่าที่ได้รับมานั้นออกทางจอ LCD ซึ่งสัญญาณที่ได้นี้ ที่จริงแล้วก็คือสัญญาณอนาล็อกที่ส่งให้ PIC Microcontroller (A)ทำการแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วส่งให้กับวงจรModulation จากนั้นจึงส่งสัญญาณมายังวงจร Demodulation

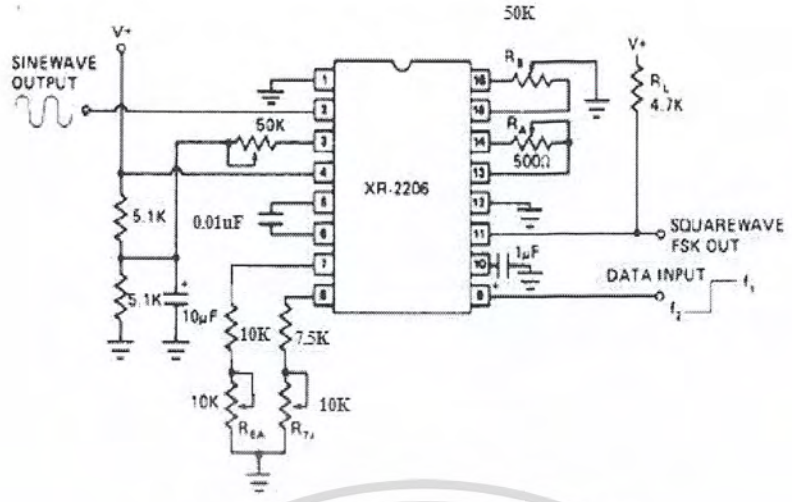
PIC Microcontroller (B) กำหนดค่าและตำแหน่งการใช้งานดังนี้

- ความถี่ baud rate เท่ากับ 1200 b/s
-ใช้ XTAL 20 MHz
- PORTC . 7 ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม
- PORTD . 0-7 เชื่อมต่อกับจอ LCD

3.2.5 Modulation

การมอดูเลตสัญญาณ คือ การจะส่งสัญญาณเสียงหรือข้อมูลผ่านช่องทางการสื่อสารจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องอาศัยพลังงานไฟฟ้าช่วยพาสัญญาณเหล่านั้นให้เคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ส่วนของวงจรมอดูเลต แสดงในรูปที่ 4โดยมีรายการอุปกรณ์ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

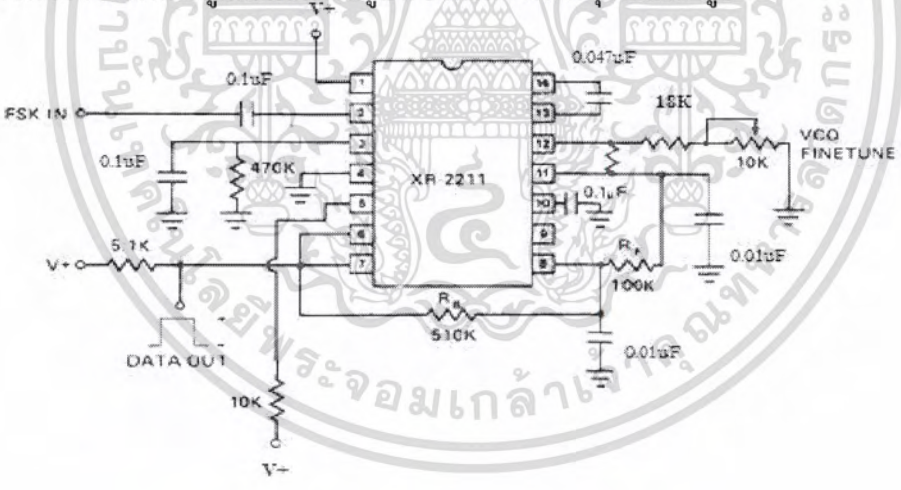


FSK Modulation circuit

รูปที่ 3.5 รูปวงจร Modulation

3.2.6 Demodulation

หมายถึง ขบวนการเปลี่ยนสารสนเทศจากการ Modulate กลับมาสู่ลักษะเดิม ส่วนของวงจรดีมอดูเลต แสดงในรูปที่ 5 โดยมีรายการอุปกรณ์ดังรูป



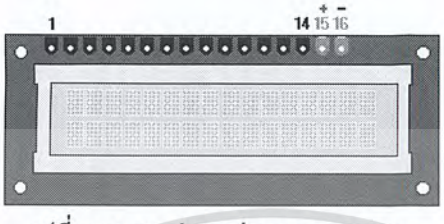
FSK Demodulation circuit

รูปที่ 3.6 รูปวงจร Demodulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.7 LCD

เมื่อ PIC Microcontroller (B) ได้สัญญาณดิจิตอลจากวงจร Demodulation ก็จะทำการแปลงสัญญาณดิจิตอลนั้นให้เป็นเลขจำนวนเต็มและคำนวณค่าให้ได้ตรงกับค่าของแรงดันแบตเตอรี่ที่ต่อเข้ากับ PIC Microcontroller (A) จากนั้นแสดงค่าที่ได้ออกทางจอLCD ตำแหน่งของขาและหน้าที่การใช้งานจอLCD แสดงไว้ในตารางที่1



รูปที่ 3.7 แสดงตำแหน่งขาของจอ LCD

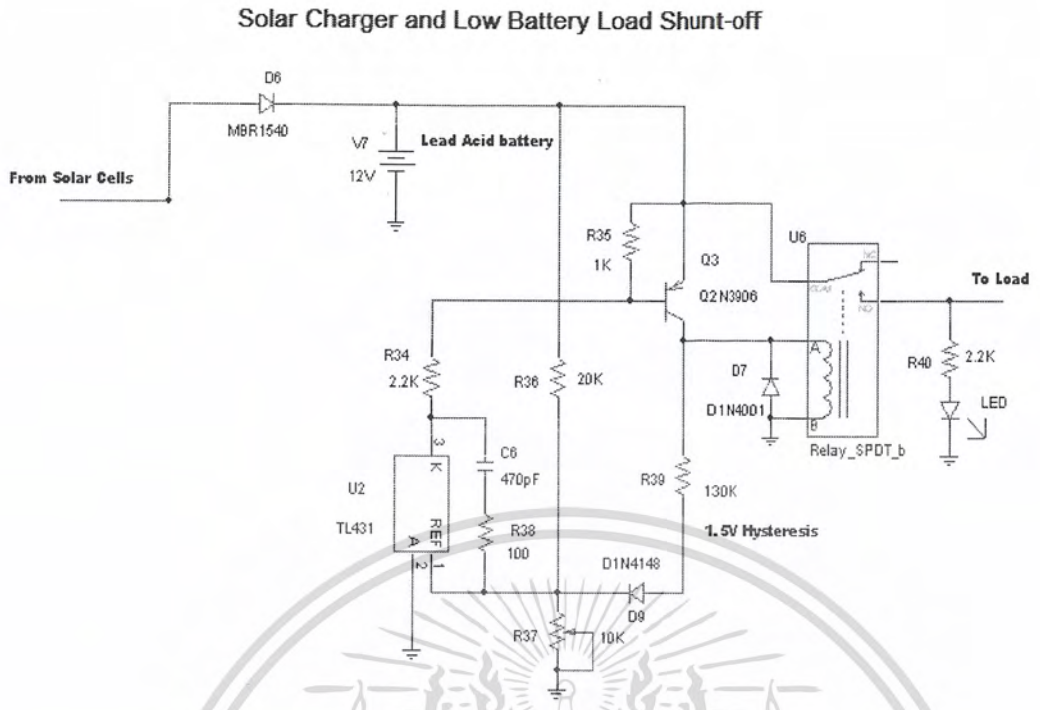
Pin No.	Symbol	Description	Level
1	VSS	Ground	-
2	VDD	Power Supply	-
3	VO	LCD Control	-
4	RS	Register Select	H/L
5	R/W	Read/Write	H/L
6	E	Enable	H, H->L
7 - 14	D0-D7	Data Bus	H/L
15	A	Back Light A	-
16	K	Back Light K	-

ตารางที่3.1 ตารางแสดงตำแหน่งขาและหน้าที่การใช้งานขอจอ LCD

3.2.8 Battery Charger

แบตเตอรี่ 12V จะถูกชาร์จไฟฟ้าจากแผ่นโซลาร์เซลล์ และมีวงจรตัดไฟ หลักการทำงานคือเมื่อปริมาณแรงดันของแบตเตอรี่มีปริมาณต่ำลงจนถึง 6V วงจรจะทำการตัดส่วนแบตเตอรี่ออกจากวงจรทั้งหมดเพื่อไม่ให้วงจรมีการทำงาน เพราะจะทำให้วงจรเกิดการทำงานที่ผิดพลาดได้

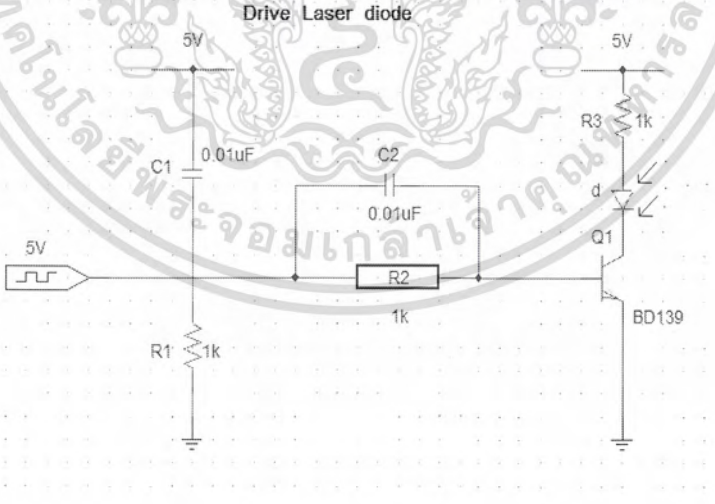
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 Battery Charger

3.2.9 Drive Laser

วงจรขับกระแสด้วยทรานซิสเตอร์ จะขับกระแสให้ตัวเลเซอร์ไดโอดติดสว่าง เมื่อมีการป้อนอินพุท 5V พัลส์จาก PIC Microcontroller (A) เพื่อนำไปทำการจุดชนวนประทัด



รูปที่ 3.9 Drive Laser Diode

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่4

การทดลองและผลการทดลอง

เครื่องไล่นกในนาข้าวด้วยเสียงนี้ ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อเพิ่มทางเลือกในการแก้ปัญหาให้กับชาวนา โดยมีหลักการทำงานคือ เมื่อชาวนาต้องการตรวจสอบปริมาณแรงดันแบตเตอรี่ซึ่งอยู่ในทุ่งนา ชาวนาจะใช้โทรศัพท์มือถือเป็นตัวส่งสัญญาณ โดยจะโทรออกไปยังโทรศัพท์อีกเครื่องหนึ่งที่ถูกติดตั้งไว้ในนา ซึ่งตั้งค่าให้โทรศัพท์นั้นสามารถรับสายอัตโนมัติ เมื่อจะมีการส่งสัญญาณผ่านตัวถอดรหัสแล้วนำข้อมูลป้อนเข้าสู่ส่วนของ PIC Microcontroller (A) ให้ทำงานตามคำสั่งที่ได้เขียนไว้คือ เมื่อกด1 เป็นการสั่งให้เลเซอร์ทำงานเพื่อจุดชนวนประทัด เมื่อกด 2 เป็นการตรวจสอบแรงดันแบตเตอรี่

วิธีการทดลอง

ระบบตรวจสอบแบตเตอรี่

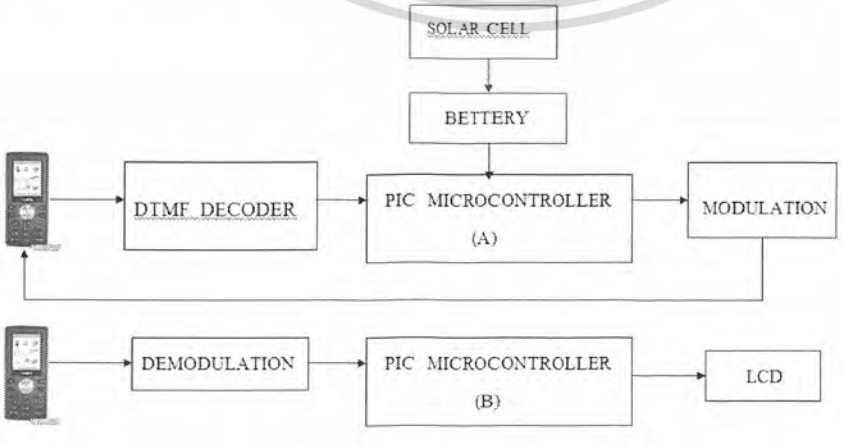
1.1 ใช้โทรศัพท์ตัวสั่งโทรออกไปยังโทรศัพท์ตัวรับสัญญาณที่ต่อไว้กับ PIC Microcontroller (A)ซึ่งจะถูกตั้งรับสายอัตโนมัติ

1.2 ทดลองการสั่งงานโดยกดหมายเลข 2 ที่โทรศัพท์ตัวสั่งเพื่อให้ PIC Microcontroller (A) ทำงานแปลงสัญญาณอนาล็อกจากแบตเตอรี่เป็นสัญญาณดิจิตอล

1.3 เชื่อมต่อวงจรModulation เข้ากับกับหูฟังของโทรศัพท์ตัวสั่งหรือโทรศัพท์ที่ถูกติดตั้งไว้ในนาข้าว

1.4 นำสัญญาณออกจากโทรศัพท์มือถือของเครื่องที่ได้โทรออกมาป้อนเข้าสู่วงจร Demodulationจากนั้นสัญญาณดิจิตอลที่ได้จากการ Demodulation เข้าสู่ PIC Microcontroller (B) เพื่อเขียนคำสั่งให้แสดงค่าแรงดันออกทางจอ LCD

1.5 ตรวจสอบปริมาณแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่จากการกดเลข 2 ซึ่งผลของแรงดันแบตเตอรี่ที่มีอยู่ จะถูกส่งออกมาทางจอ LCD ให้ได้ทราบค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลต์



รูปที่ 4.1 ระบบตรวจสอบแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

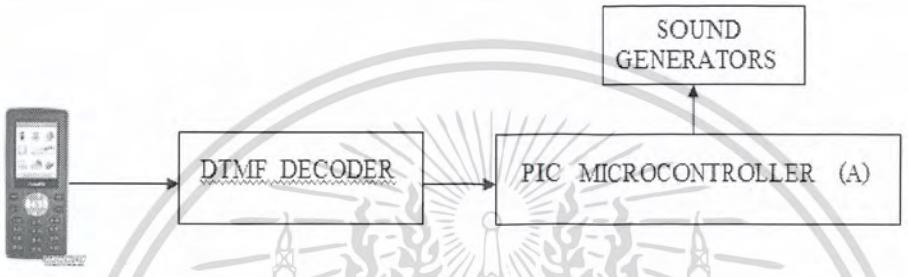
ระบบการจุดชนวนประทัด

3.1 ใช้โทรศัพท์ตัวสั่งโทรออกไปยังโทรศัพท์ตัวรับสัญญาณที่ต่อไว้กับ PIC Microcontroller (A)ซึ่งจะถูกตั้งรับสายอัตโนมัติ

3.2 ทดลองการสั่งงานโดยกดหมายเลข 1 ที่โทรศัพท์ตัวสั่งเพื่อให้ PIC Microcontroller (A)ทำงานสร้างสัญญาณพัลส์

3.3 ป้อนสัญญาณพัลส์เข้าวงจรขับกระแสด้วยทรานซิสเตอร์

3.4 ดูว่าเลเซอร์ไดโอดทำงานหรือเปล่า โดยถ้าทำงานจะมีแสงสว่างเกิดขึ้น



รูปที่ 4.2 ระบบการจุดชนวนประทัด

ผลการทดลอง

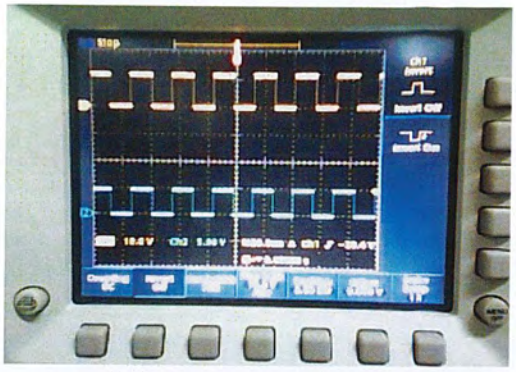
จากการทดลองเครื่องไล่นกในนาข้าวด้วยเสียงเมื่อใช้โทรศัพท์โทรออกไปยังเบอร์เป้าหมายซึ่งจะถูกรับอัตโนมัติหากเราทดลองสั่งงานโดย

กดหมายเลข1 PIC Microcontroller (A)ทำงานสร้างสัญญาณพัลส์ ทำให้วงจรขับกระแสทำงานส่งผลให้เลเซอร์ไดโอดติดสว่าง

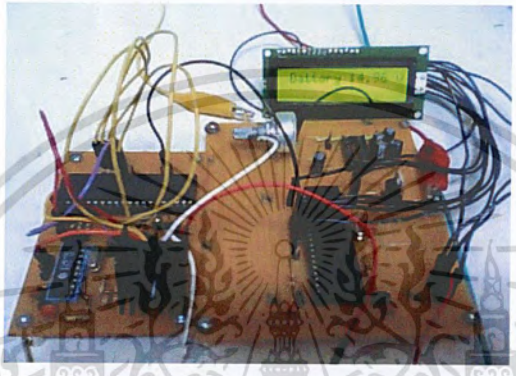
กดหมายเลข2ที่โทรศัพท์ระบบก็จะทำงานส่งข้อมูลของแรงดันแบตเตอรี่มาแสดงผลออกมาทางจอLCDให้ได้ทราบค่าปริมาณแรงดันไฟฟ้าของแบตเตอรี่เป็นหน่วยโวลต์

แบตเตอรี่ 12V จะถูกชาร์จไฟฟ้าจากแผ่นโซลาร์เซลล์ และมีวงจรตัดไฟเมื่อปริมาณแรงดันของแบตเตอรี่มีปริมาณต่ำลงจนถึง 6V วงจรจะทำการตัดส่วนแบตเตอรี่ออกจากวงจรทั้งหมดเพื่อไม่ให้วงจรมีการทำงาน

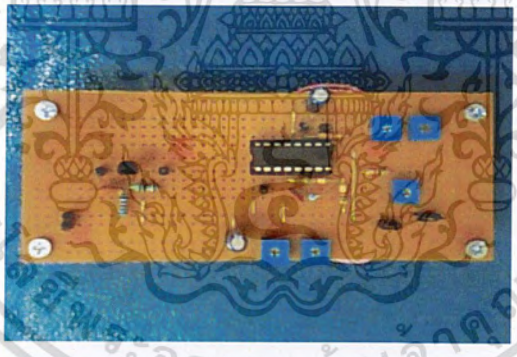
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



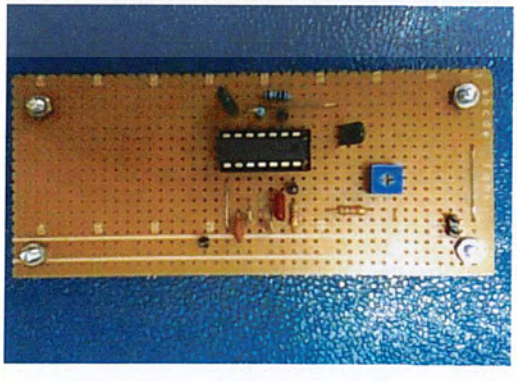
รูปที่ 4.3 สัญญาณอินพุทก่อน Modulation เทียบกับสัญญาณเอาท์พุต Demodulation



รูปที่ 4.4 วงจรถอดรหัสและไมโครคอนโทรลเลอร์

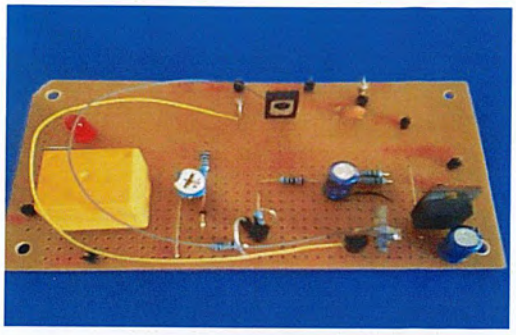


รูปที่ 4.5 วงจร Modulation

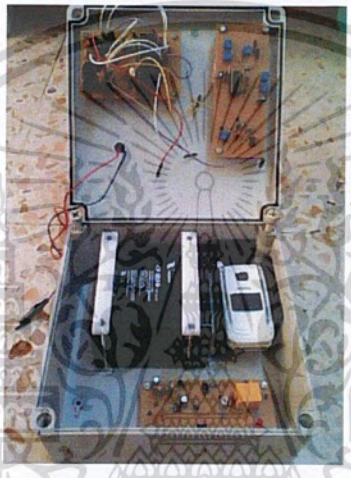


รูปที่ 4.6 วงจร Demodulation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.7 วงจรBattery Charger และวงจรDrive Laser



รูปที่ 4.8 อุปกรณ์ที่จะติดตั้งไว้ในนาข้าว

รูปที่ 4.9 อุปกรณ์ที่ใช้อ่านค่าแรงดันแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุป

เครื่องไล่นกในนาข้าวด้วยเสียงนี้ได้แนวความคิดมาจากการจุดประทัดไล่นกของชาวนา ซึ่งมีความยากลำบากเพราะพื้นที่นาข้าวมีขนาดใหญ่ เมื่อมองเห็นนกในระยะไกลเครื่องซึ่งติดตั้งในนาข้าวจะถูกจุดชนวนประทัดผ่านโทรศัพท์ไร้สาย โครงสร้างการทำงานแบ่งเป็น 4 ส่วนคือส่วนของการสั่งงานทางโทรศัพท์ไร้สาย การจุดชนวนประทัด การชาร์จแบตเตอรี่และการส่งข้อมูลกลับผ่านโทรศัพท์ไร้สาย

จากการทดลองสามารถสรุปผลได้ว่า

1.เมื่อกดหมายเลข1 PIC Microcontroller (A) จะทำงานสร้างสัญญาณพัลส์ ทำให้เลเซอร์ไดโอดติดสว่าง วัดแรงดันตกคร่อมเลเซอร์ไดโอดได้ 2.026 V

2.เมื่อกดหมายเลข 2 ระบบจะทำการส่งข้อมูลของแรงดันแบตเตอรี่แสดงผลออกทางจอ LCD

3.แบตเตอรี่ 12V จะถูกชาร์จไฟฟ้าจากแผ่นโซลาร์เซลล์ สามารถชาร์จไฟได้สูงสุด 18 V กระแส13 mA และมีวงจรตัดไฟเมื่อแบตเตอรี่มีแรงดันต่ำลงจนถึง 6V วงจรจะทำการตัดส่วนแบตเตอรี่ออก

4.วงจรภาครับใช้กำลังงานทั้งหมด 0.42W และวงจรภาคส่งใช้กำลังงานทั้งหมด 2.88 W

จากการทดลองอาจเกิดความความผิดพลาดจากระยะเวลาการกดปุ่มโทรศัพท์ซึ่งต้องกดปุ่มให้มีความถี่ออกมาเป็นช่วงเวลาพอสมควรมิฉะนั้นวงจรส่วนนี้จะไม่รับโดยถือว่าสัญญาณนั้น ไม่ถูกต้อง ก็จะไม่มีการถอดรหัสเป็นตัวเลขออกไป ทำให้ PIC Microcontroller (A) ไม่ทำงานตามโปรแกรม เนื่องจากไม่มีสัญญาณอินพุทเข้า ในการส่งสัญญาณจากภาครับมายังภาคส่งเกิดสัญญาณรบกวนระหว่างการส่ง ส่งผลให้ค่าแรงดันที่แสดงทางจอ LCD มีความคลาดเคลื่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. หนังสือ PIC Microcontroller Learning By Doing ด้วยภาษา C สำนักพิมพ์ กรุงเทพ 2550

2.เดชบุญ มณีธรรม ISBN 947-94060-3-6 คัมภีร์ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC
สำนักพิมพ์กรุงเทพ 2549

3.ประจิน พลังสันติกุล PIC microcontroller programming with CCS C compliler
สำนักพิมพ์กรุงเทพ 2521

4.http://www.electoday.com/bbs/viewthread.php?tid=2738&extra=page%3D10

5. http://www.sonsivri.com/forum/index.php?topic=4242.0

6.http://www.electoday.com/bbs/viewthread.php?tid=1791&extra=page%3D17

7. http://www.thaimicrotron.com/Referrence/LCD/LCD-Module4.htm

8.http://community.thaiware.com/thai/index.php?showtopic=332433

9.http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/1/6/F/8/16F877.shtml

10.http://e-learningonline.net63.net/index.php

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*****************************************************************************/
                        Bird Repulsing Device by Sound Blast
                                    (LCD)
/*****************************************************************************/

#include <16F887.h>                 //standard header file for the PIC16F877
#device ADC=8                       //10 bit A/D
#fuses HS,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP     //configuration word
#use delay(clock=20000000)          //oscillator
#use rs232(baud=1200,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7)
#include <lcd.c>
/*****************************************************************************/
void main()
{
        int  value;
        set_tris_b(0xFF);
        lcd_init();
        lcd_gotoxy(4,1);
        lcd_putc("HELLO KMITL");
        delay_ms(1000);
        lcd_putc("\f");
        delay_ms(1000);
        lcd_gotoxy(4,1);
        lcd_putc("Please Wait");
        delay_ms(1000);
        lcd_gotoxy(7,2);
        lcd_putc(".");
        delay_ms(1000);
        lcd_gotoxy(7,2);
        lcd_putc("..");
        delay_ms(1000);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      lcd_gotoxy(7,2);
      lcd_putc("...");
     delay_ms(1000);
      lcd_gotoxy(7,2);
      lcd_putc("....");
      delay_ms(1000);
      while(TRUE){
      delay_ms(1000);
      v=value*(5.0/255);
      lcd_putc("\f");
      lcd_gotoxy(1,1);
      printf(lcd_putc,"Battery : %f v" ,v*(12.0/5.0));

}
}
/*****************************************************************/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*****************************************************************************/
                    Bird Repulsing Device by Sound Blast
                          (ADC & CCP_PWM)
/*****************************************************************************/
#include <16f877.h>
#fuses XT
#device ADC=8
#use delay(clock=20000000)
#use rs232(baud=1200,parity=N,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7)
/*****************************************************************************/
void main()
{
  int16  value,duty;
  setup_adc_ports(ALL_ANALOG);
  setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
  set_adc_channel(0);
  set_tris_b(0x0F);
  set_tris_c(0x00);
  output_b(0x00);
  setup_ccp1(CCP_PWM);
 while(1)
  {

if( (input(PIN_b0))&&(!input(PIN_b1))&&(!input(PIN_b2))&&(!input(PIN_b3)) )

    {
    duty=1500;
    setup_timer_2(T2_DIV_BY_4,127,1);
    set_pwm1_duty(duty);
    }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    else if( (!input(PIN_b0))&&(input(PIN_b1))&&(!input(PIN_b2))&&(!input(PIN_b3)) )
     {
      value=read_adc();
       putc(value);



     }
    else if( (input(PIN_b0))&&(input(PIN_b1))&&(!input(PIN_b2))&&(!input(PIN_b3)) )
     {
      output_bit(PIN_b5,1);
      delay_ms(5000);
      output_bit(PIN_b5,0);


     }
   }
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้