

เครื่องกำเนิดพัลส์อัลตราโซนิค

Ultrasonic Pulse Generator



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 83001
วัน,เดือน,ปี..... 30 ก.ค. 2551

b. 11๙๕๗๘๙ X
i.

ปฏิญานี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องกำเนิดพัลส์อัลตราโซนิก

Ultrasonic Pulse Generator

โดย

นายทศพล เศรษฐวัชรานิชรหัส 47010280 ชั้นปีที่ 4C
นายสมเกียรติ น้อยวิสัย รหัส 47010800 ชั้นปีที่ 4C

อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร.กิติพล ชิตสกุล

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2550

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องกำเนิดพัลส์อัลตราโซนิก

(Ultrasonic Pulse Generator)

จัดทำโดย นาย ทศพล เศรษฐวัชรานิช รหัส 47010280 ชั้นปีที่ 4C

นายสมเกียรติ น้อยวิไลย รหัส 47010800 ชั้นปีที่ 4C



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องกำเนิดพัลส์อัลตราโซนิก

นายทศพล เศรษฐวัชรานวิช รหัส 47010280

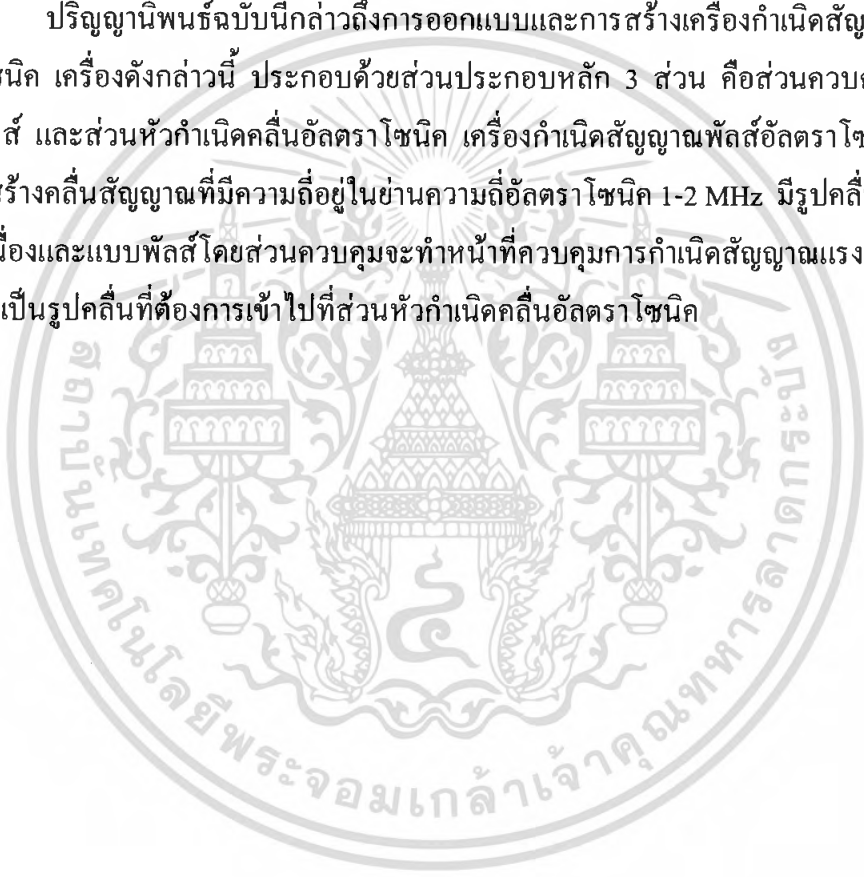
นายสมเกียรติ น้อยวิสัย รหัส 47010800

คร. กิตติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2550

บทคัดย่อ

ปฏิญานิพนธ์ฉบับนี้กล่าวถึงการออกแบบและการสร้างเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์อัลตราโซนิก เครื่องดังกล่าวนี้ ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน คือส่วนควบคุม ส่วนกำเนิดพัลส์ และส่วนหัวกำเนิดคลื่นอัลตราโซนิก เครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์อัลตราโซนิกนี้สามารถสร้างคลื่นสัญญาณที่มีความถี่อยู่ในย่านความถี่อัลตราโซนิก 1-2 MHz มีรูปคลื่นแบบต่อเนื่องและแบบพัลส์โดยส่วนควบคุมจะทำหน้าที่ควบคุมการกำเนิดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่มีลักษณะเป็นรูปคลื่นที่ต้องการเข้าไปที่ส่วนหัวกำเนิดคลื่นอัลตราโซนิก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ultrasonic Pulse Generator

Mr. Tossaphol Settawatcharawanit ID.47010280

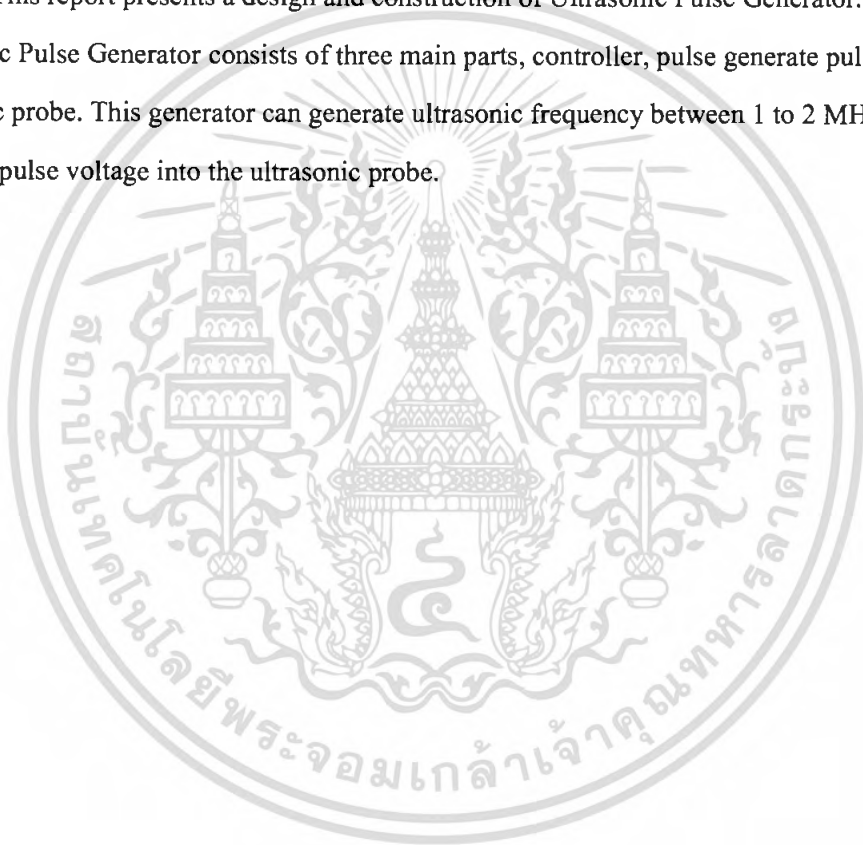
Mr. Somkiat Noivilai ID.47010800

Dr. Kitiphol Chitsakul (Advisor)

Education year 2007

Abstract

This report presents a design and construction of Ultrasonic Pulse Generator. The Ultrasonic Pulse Generator consists of three main parts, controller, pulse generate pulse and ultrasonic probe. This generator can generate ultrasonic frequency between 1 to 2 MHz by inserting pulse voltage into the ultrasonic probe.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ทั้งนี้เพราะได้รับคำแนะนำและคำปรึกษาจาก อาจารย์ ดร.กิตติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาในการทำปริญญาบัตร เสมอมา ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้ง ในความอนุเคราะห์จากท่านและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

นอกจากนี้ขอขอบพระคุณทุกๆท่านที่ให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนให้คำแนะนำต่างๆจนทำให้ปริญญาบัตรฉบับนี้สำเร็จโดยสมบูรณ์ได้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีในปริญญาบัตรฉบับนี้ ผู้จัดทำขอขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน



นายทศพล เศรษฐวิชรานิช

นายสมเกียรติ น้อยวิลัย

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
สารบัญ	III-VI
สารบัญรูปภาพ	VII-VIII
สารบัญตาราง	IX
สารบัญกราฟ	X
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของโครงการ	2
1.3 ขั้นตอนของการศึกษาและพัฒนา	3
1.4 โครงสร้างของปริญญานิพนธ์	3
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ทฤษฎีคลื่นอัลตราโซนิก	4
2.1.1 คุณสมบัติและธรรมชาติของคลื่นอัลตราโซนิก	4
2.1.2 คลื่นอัลตราโซนิก	4
2.1.3 ชนิดของคลื่นอัลตราโซนิก	5
2.1.3.1 คลื่นตามยาว (Longitudinal Wave)	5
2.1.3.2 คลื่นตามขวาง (Transverse Wave)	5
2.1.3.3 คลื่นผิวหน้า (Surface Wave or Ray eight)	6
2.1.4 ความถี่และความยาวคลื่น (Frequency And Wave length)	6
2.1.5 ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิก	7
2.1.6 ปริมาณพลังงานของคลื่นอัลตราโซนิก	7
2.1.7 การลดทอนของคลื่นอัลตราโซนิก	7
2.2 อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์	7
2.2.1 ปราณุกการณ์เปียโซอิเล็กทริก	8
2.2.2 วัสดุเปียโซอิเล็กทริก	9
2.2.3 ชนิดของเปียโซอิเล็กทริกทรานสดิวเซอร์	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 การทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ	9
2.3 ปรากฏการณ์ของคลื่นอัลตราซาวด์ในเนื้อเยื่อของร่างกาย	11
2.3.1 เนื้อเยื่อ (Tissue)	11
2.3.1.1 เนื้อเยื่อบุผิว (Epithelial Tissue)	11
2.3.1.2 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective Tissue)	12
2.3.1.3 เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (Muscular Tissue)	12
2.3.1.4 เนื้อเยื่อประสาท (Nervous Tissue)	12
2.4 ผลกระทบของคลื่นอัลตราซาวด์กับเนื้อเยื่อในร่างกาย	12
2.4.1 ผลจากการดูดกลืน	12
2.4.1.1 ผลที่ทำให้เกิดความร้อน	13
2.4.1.2 ผลที่ไม่ทำให้เกิดความร้อน	13
2.4.2 ผลกระทบทางกล	13
2.4.3 คาวิชั่น (cavitation)	13
2.5 คุณสมบัติทางคลื่นเสียงของเนื้อเยื่อชีวภาพ	14
บทที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์	15
3.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	15
3.1.1 โครงสร้างหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	17
3.1.1.1 หน่วยความจำโปรแกรม	17
3.1.1.2 หน่วยความจำข้อมูล	18
3.2 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	19
3.3 วงจรจับเวลา/วงจรรนับ(TIMER/COUNTER)	20
3.3.1 รีจิสเตอร์ไทมเมอร์คอนโทรล (TCON)	21
3.3.2 รีจิสเตอร์ TMOD (Timer/Counter Mode Control Register)	23
3.3.2.1 การทำงานของไทมเมอร์ (Timer) ในโหมด 0	24
3.3.2.2 การทำงานของ Timer/Counter ในโหมด 1	24
3.3.2.3 การทำงานของTimer/Counter ในโหมด 2	24
3.3.2.4 การทำงานของTimer/Counter ในโหมด 3	25
3.4การเขียนโปรแกรมอินเทอร์รัปต์ (INTERRUPT)	26
3.4.1 IE (Interrupt Enable)	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 IP (Interrupt Priority)	27
3.4.3 TCON (Timer Control Register)	27
บทที่ 4 การออกแบบวงจร	29
4.1 วงจรสร้างความถี่	29
4.2 ส่วนควบคุมสัญญาณ	31
4.3 วงจรขับเคลื่อนทรานซิสเตอร์	34
4.3.1 การออกแบบหม้อแปลง	35
4.4 ส่วนแสดงผล LCD Nokia 3310	36
4.4.1 คุณสมบัติของหน้าจอ LCD Nokia 3310	38
4.4.2 โครงสร้างของ PCD 8544	38
4.4.3 ฟังก์ชันในการทำงาน	40
4.4.3.1 ตัวกำเนิดสัญญาณความถี่ (Oscillator)	40
4.4.3.2 ตัวนับตำแหน่ง (address counter : AC)	40
4.4.3.3 หน่วยความจำข้อมูล (Display Data Ram:DDRAM)	40
4.4.3.4 ตัวกำเนิดเวลา (Timing generator)	40
4.4.3.5 ตัวนับตำแหน่งแสดงผล (Display Address counter)	40
4.4.3.6 ตำแหน่งแสดงผล (Addressing)	40
4.4.3.7 การเก็บข้อมูลเพื่อใช้แสดงผล	41
4.4.4 หลักการทำงานของหน้าจอ LCD	41
4.4.4.1 data(D) ใหม่	41
4.4.4.2 command(C)	41
4.5 หัวส่งคลื่นอัลตราโซนิก	43
4.5.1 ตัวทรานซิสเตอร์	43
4.5.2 ส่วนหุ้มภายใน	43
4.5.3 ส่วนหุ้มภายนอกเป็นวัสดุที่เป็นฉนวน	44
4.5.4 สายไฟสำหรับเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟ	44
บทที่ 5 ผลการทดลอง	45
5.1 ส่วนกำเนิดสัญญาณ	45
5.2 หาค่า Impedance ที่ความถี่ต่างๆของทรานซิสเตอร์	46
5.3 รูปคลื่นสัญญาณที่เอาท์พุท	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การทดลองหาค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ถูกส่งผ่านตัวกลางต่างๆกัน	50
5.5 การทดลองหาขนาดแรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์ที่ความถี่ 1 MHz ที่ระยะเวลาต่างๆ	53
บทที่ 6 สรุปผลการทดลอง	55
ภาคผนวก	
รูปวงจร	
Datasheet	
กิตติกรรมประกาศ	
เอกสารอ้างอิง	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปลภาพ

	หน้า
บทที่ 2	
รูปที่ 2.1 แสดงถึงช่วงคลื่นความถี่ที่ถูกนำมาใช้งาน	4
รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามยาว	5
รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามขวาง	6
รูปที่ 2.4 ผลและวงจรเสมือนของเปียโซอิเล็กทริก	8
รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างการเขียนสัญลักษณ์ของอุลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์ แบบต่างๆกัน	10
บทที่ 3	
รูปที่ 3.1แสดง โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	15
รูปที่ 3.2 แสดงรูปร่างและการจัดวางขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	16
รูปที่ 3.3 แสดงการจัดพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอก	18
บทที่ 4	
รูปที่ 4.1แสดงขาของไอซีเบอร์ MC74HC4060	29
รูปที่ 4.2 แสดง block logic diagram ภายในไอซี 74HC4060	29
รูปที่ 4.3 แสดงความถี่ของสัญญาณเอาต์พุตที่ออกมาจากไอซีแต่ละขา	30
รูปที่ 4.4 แสดงการต่อคริสตัลกำเนิดสัญญาณภายนอก	30
รูปที่ 4.5 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณ โดยใช้ไอซีเบอร์ 74HC4060	31
รูปที่ 4.6 Flow Chart	33
รูปที่ 4.7รูปที่4.1 แสดงขาของไอซีเบอร์ MC74HC406034	34
รูปที่ 4.8 แสดงส่วนประกอบภายในของไอซีเบอร์ 74LS04	34
รูปที่ 4.9 แสดงส่วนขยายแรงขับดันทรานสดิวเซอร์	35
รูปที่ 4.10 ขนาดของ LCD 3310	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.11	ขาสัญญาณที่ใช้ทั้งหมด (Pin1-Pin8)	37
รูปที่ 4.12	แสดงบล็อกภายในชิปของ PCD 8544	39
รูปที่ 4.11	แสดงการทำงานของขาต่างๆภายในชิป PCD 8544	39
รูปที่ 4.13	แสดงรูปแบบของแรมและตำแหน่งของข้อมูล	40
รูปที่ 4.14	แสดงลำดับในการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำแบบ horizontal addressing	41
รูปที่ 4.15	แสดงลำดับขั้นตอนการส่งข้อมูลไปแสดงผล	41
รูปที่ 4.16	แสดงหลักการส่งข้อมูลของ PCD 8544	42
รูปที่ 4.17	แสดงการส่งข้อมูล	42
รูปที่ 4.18	แสดงหัวส่งคลื่นอัลตราโซนิค	43
รูปที่ 4.19	แสดงเปียโซทรานควิเตอร์	43
รูปที่ 4.19	แสดงเปียโซทรานควิเตอร์	44
รูปที่ 4.21	แสดงส่วนหุ้มภายนอก	44
รูปที่ 4.22	แสดงส่วนของสายไฟเชื่อมต่อ	44
บทที่ 5		
รูปที่ 5.1	แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณที่ใช้ในการทดลอง	45
รูปที่ 5.2	รูปที่ 5.2 แสดงสัญญาณ output ความถี่ 2 MHz และ 1MHz	45
รูปที่ 5.3	แสดงวงจรวัดค่า impedance ที่ความถี่ต่างๆ	46
รูปที่ 5.4	แสดงวงจรการวัดค่าแรงดันตกคร่อมทรานควิเตอร์	49
รูปที่ 5.5	แสดงสัญญาณ output ความถี่ 1 MHz	49
รูปที่ 5.6	แสดงสัญญาณ output ความถี่ 2 MHz	49
รูปที่ 5.7	แสดงการต่ออุปกรณ์การวัดค่าแรงดันที่ตัวรับสามารถรับได้	50

สารบัญตาราง

	หน้า
บทที่ 2	
ตารางที่ 2.1 คุณสมบัติของคลื่นเสียงในเนื้อเยื่อชีวภาพ	14
ตำแหน่งขาสัญญาณ Pin1 – Pin8 LCD 3310	14
ตารางที่ 2.1 แสดงการทำงานของขาต่างๆภายในชิป PCD 8544	15
บทที่ 3	
ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของรีจิสเตอร์ TCON	21
ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียดของรีจิสเตอร์ TMOD	23
ตารางที่ 3.3 กำหนดโหมดการทำงานของ TIMER COUNTER 0 และ 1	26
ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดของรีจิสเตอร์ IE	26
บทที่ 4	
ตารางที่ 4.1 ตำแหน่งขาสัญญาณ Pin1 – Pin8 LCD 3310	37
บทที่ 5	
ตารางที่ 5.1 แสดงวงจรวัดค่า impedance ที่ความถี่ต่างๆ	46
ตารางที่ 5.2 การทดลองหาค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างตัวรับและตัวส่งผ่าน ตัวกลางที่เป็นน้ำที่ระยะห่างต่างๆที่ความถี่ 1 MHz	50
ตารางที่ 5.3 การทดลองหาค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างตัวรับและตัวส่งผ่าน ตัวกลางที่เป็นน้ำที่ระยะห่างต่างๆที่ความถี่ 2 MHz	51
ตารางที่ 5.4 การทดลองหาค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างตัวรับและตัวส่งผ่าน ตัวกลางที่เป็นชั้นเนื้อที่ระยะห่างต่างๆที่ความถี่ 1 MHz	52
ตารางที่ 5.5 การทดลองหาค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างตัวรับและตัวส่งผ่าน ตัวกลางที่เป็นชั้นเนื้อที่ระยะห่างต่างๆที่ความถี่ 2 MHz	52
ตารางที่ 5.6 การทดลองหาค่าแรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์ที่ความถี่ 1 MHz ที่ระยะเวลาต่างๆ	53

ตารางที่ 5.7 การทดลองหาค่าแรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์ที่ความถี่ 2 MHz ที่ระยะเวลาต่างๆ	54
---	----

สารบัญกราฟ

	หน้า
กราฟที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสัญญาณคร่อม R กับ ความถี่ของสัญญาณ	48
กราฟที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางของตัวรับและตัวส่ง กับขนาดของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าผ่านตัวกลางที่เป็นน้ำ	51
กราฟที่ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางของตัวรับและตัวส่ง กับขนาดของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าผ่านตัวกลางที่เป็นเนื้อหมู	53

บทที่

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

เนื่องจากในปัจจุบันเครื่องมือแพทย์ส่วนใหญ่ยังคงมีราคาสูงและต้องนำเข้าจากต่างประเทศ ทำให้ค่าใช้จ่ายในการรักษาพยาบาลจะมีราคาที่สูงขึ้นตามต้นทุนที่ใช้จ่ายไปกับเครื่องมือ ต้องใช้จ่ายเงินจำนวนมากเพื่อซื้อเทคโนโลยีเพื่อการบำบัดรักษา ทำให้การรักษาโดยเครื่องมือที่ทันสมัยและมีประสิทธิภาพนั้นมีไม่ทั่วถึงเนื่องจากต้องใช้งบประมาณจำนวนมาก

เครื่องมือแพทย์ที่ใช้ในการกายภาพบำบัดนั้นนับว่ามีความสำคัญอย่างมากในการบำบัดฟื้นฟูสมรรถภาพทางร่างกายของผู้ป่วย เครื่องอัลตราซาวด์สำหรับการกายภาพบำบัด (Therapeutic Ultrasound) เป็นเครื่องมือหนึ่งที่มีความสำคัญและใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงพยาบาล ซึ่งปริมาณในการใช้งานนั้นสูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้โรงพยาบาลต่างๆประสบปัญหาในการจัดซื้อเครื่องมือให้เพียงพอกับความต้องการ โดยเฉพาะ โรงพยาบาลขนาดเล็ก

โครงการนี้จึงมุ่งศึกษาพัฒนาการศึกษาเครื่องอัลตราซาวด์สำหรับการกายภาพบำบัด (Therapeutic Ultrasound) โดยเริ่มศึกษาพัฒนาจากเครื่องมือให้กำเนิดพัลส์อัลตราโซนิก (Ultrasonic Pulse Generator) ที่สามารถเลือกความถี่ เลือกลักษณะ Pulse และตั้งเวลาได้ เพื่อสามารถนำไปพัฒนาต่อไปเป็นเครื่องอัลตราซาวด์สำหรับการกายภาพบำบัด (Therapeutic Ultrasound) ในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของปริญญาานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์และขอบเขตของปริญญานิพนธ์

- เพื่อศึกษาหลักการทำงานของทรานสดิวส์เซอร์
- เพื่อศึกษาวงจรสร้างสัญญาณพัลส์ (PULSER) และวงจรมายขยายขับเคลื่อนทรานสดิวส์เซอร์ เพื่อใช้ในการขับทรานสดิวส์เซอร์
- เพื่อเป็นประโยชน์ในการศึกษาใช้งาน เพื่อบำบัดรักษาโรค
- สามารถสร้างสัญญาณเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนทรานสดิวส์เซอร์
- สามารถตรวจจับคลื่นสัญญาณที่ส่งผ่านตัวกลางต่างได้

1.3 ขั้นตอนของการศึกษาและพัฒนา

- ศึกษาหลักการและทฤษฎีของอัลตราซาวด์ การกำเนิดคลื่นอัลตราซาวด์ คุณสมบัติทั่วไปของเครื่องอัลตราซาวด์สำหรับกายภาพบำบัด (Therapeutic Ultrasound)
- กำหนดคุณสมบัติของเครื่องให้กำเนิดพัลส์อัลตราโซนิคส์ (Ultrasonic Pulse Generator)
- ออกแบบวงจรทั้งส่วนควบคุมและส่วนขับเคลื่อนทรานสดิวส์เซอร์
- ตรวจสอบแก้ไขวงจร
- สร้างเครื่องให้กำเนิดพัลส์อัลตราโซนิคส์
- ทำการตรวจสอบเครื่องว่าได้ตามที่ออกแบบหรือไม่ มีคลื่นอัลตราซาวด์ที่สร้างขึ้นหรือไม่ (ตรวจสอบโดยใช้ตัวรับคลื่น)
- ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ
- สรุปการทำปริญญานิพนธ์และแนวทางการพัฒนาต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 โครงสร้างของปฏิญานิพนธ์

ปฏิญานิพนธ์นี้แบ่งเป็นบทต่างๆ ดังนี้

บทที่ 1 เป็น บทนำกล่าวถึงการใช้งาน ประโยชน์ ของคลื่นอัลตราโซนิค รวมถึงวัตถุประสงค์และขอบเขต

บทที่ 2 เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีของคลื่นอัลตราโซนิค รวมไปถึงทฤษฎีทรานดิวส์เซอร์ที่ใช้กำเนิดคลื่นอัลตราโซนิค และอุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมและแสดงผล

บทที่ 3 เป็นการกล่าวถึงการออกแบบวงจรที่ใช้

บทที่ 4 เป็นการกล่าวถึงการทำงานทดลองและผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

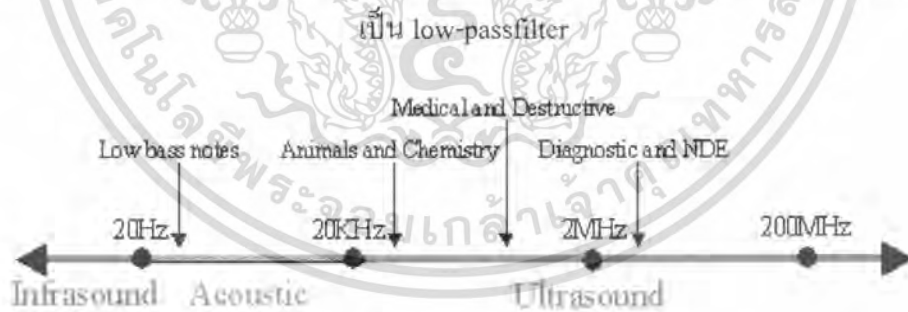
2.1 ทฤษฎีคลื่นอัลตราโซนิก

2.1.1 คุณสมบัติและธรรมชาติของคลื่นอัลตราโซนิก

หลักการของการสะท้อนกลับของคลื่นเสียง คือ สนามของพลังงานจะถูกส่งกระจายออกมาจากตัวส่ง ถ้ากระทบกับวัตถุพลังงานบางส่วนจะสะท้อนกลับไปที่ตัวส่งด้วย แต่การใช้วัตถุที่เป็นตัวรับที่เหมาะสมจะสามารถรับการสะท้อนกลับของสัญญาณได้ดี และเวลาที่ใช้ในการเดินทางสามารถนำมาคำนวณระยะทางได้ด้วย ดังนั้นการศึกษาถึงธรรมชาติของคลื่นจะทำให้เข้าใจในการนำไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างถูกต้อง

2.1.2 คลื่นอัลตราโซนิก

หมายถึง คลื่นเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าที่มนุษย์จะได้ยิน (ความถี่เสียงที่มนุษย์ได้ยินคือ 20Hz-20000Hz) โดยทั่วไปแล้วหูของมนุษย์ โดยเฉลี่ยจะได้ยินเสียงสูงถึงเพียงแค่ประมาณ 15 KHz เท่านั้น แต่พวกที่อยู่ขี้น้อย ๆ อาจจะได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่านี้ได้ โดยปกติแล้วคำว่า อุลตราโซนิกจึงมักจะหมายถึงคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 KHz ขึ้นไป สาเหตุที่มนุษย์ไม่ได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20kHz นี้ก็เพราะว่า หูชั้นกลางของคนเรา ซึ่งประกอบไปด้วยกระดูก



รูปที่ 2.1 แสดงถึงช่วงคลื่นความถี่ที่ถูกนำมาใช้งาน

สีเขียว : เสียงความถี่ต่ำกว่าที่มนุษย์ได้ยิน

สีน้ำเงิน : ความถี่เสียงในช่วงที่มนุษย์ได้ยิน

สีส้ม : ความถี่เสียงสูงกว่าที่มนุษย์ได้ยิน

Ultrasonic นั้นเป็นเสียงที่มนุษย์ไม่ได้ยิน แต่อาจยังมีคุณสมบัติของเสียงเหมือนเดิม เช่น มีสมบัติการสะท้อน ความเร็วในแต่ละตัวกลาง เป็นต้น จึงมีการนำเสียง ultrasonic มาใช้กันอย่าง

แพร่หลายเช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- sonar (Sound Navigation and Ranging) ใช้ในเรือเพื่อนำทางและหาปลา
- ultrasonic cleaning ใช้ในการทำความสะอาดคราบสกปรกตามซอกเล็กๆ เช่น สร้อยทอง กำไลที่มีลวดลาย
- ultrasonic range finder วัดระยะทาง
- ultrasonic disintegration ใช้ฆ่าเชื้อโรคได้บางชนิด

2.1.3 ชนิดของคลื่นอัลตราโซนิก

คลื่นอัลตราโซนิกที่เดินทางผ่านตัวกลางต่างๆ มีหลายชนิดด้วยกันซึ่งแต่ละชนิดแตกต่างกันตามการเคลื่อนที่ของอนุภาคในตัวกลางนั้น โดยสามารถแบ่งได้เป็นดังนี้

2.1.3.1 คลื่นตามยาว (Longitudinal Wave) คือ คลื่นที่อนุภาคตัวกลางมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น



รูปที่ 2.2 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามยาว

จากรูปจะเห็นว่ามีส่วนที่เป็นคลื่นอัด (Compression) ซึ่งก็คือ คลื่นที่มีช่วงอนุภาคของตัวกลางมีความดันสูง และคลื่นขยาย (Rarefaction) คือ คลื่นที่มีช่วงอนุภาคของตัวกลางมีความดันต่ำและเมื่อนำค่าของความดันที่เปลี่ยนตามระยะทางมาเขียนกราฟจะได้เป็นกราฟรูปไซน์ (Sine Wave) โดยยอดคลื่นจะตรงกับส่วนขยาย ระยะทางระหว่างส่วนอัดถึงส่วนอัด หรือส่วนขยายถึงส่วนขยาย คือ 1 ความยาวคลื่น และมีคาบเวลาเป็น T ซึ่งเท่ากับ $\frac{1}{f}$ โดยจุดที่เป็นแกนนั้นมีความดันเท่ากับ 1 บรรยากาศ

2.1.3.2 คลื่นตามขวาง (Transverse Wave) คือ คลื่นที่ทุกๆ จุดบนคลื่นมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น คลื่นชนิดนี้จะเดินทางผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวกลางที่มีขนาดตัวกลางใหญ่กว่าขนาดของความยาวคลื่น และสามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งได้ คลื่นชนิดนี้ไม่สามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวและก๊าซได้

คลื่นตามขวางมีลักษณะเหมือนขั้วบวกและขั้วลบ ซึ่งเป็นเหตุผลที่ว่า การเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคเป็นไปในทิศทางเดียว เช่น ในระนาบตั้งฉากกับทิศทางของคลื่นที่เคลื่อนที่ไปจากต้นกำเนิดของคลื่นตามขวาง เป็นพื้นที่หน้าเรียบของระนาบที่เกิดจากการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคอื่นเนื่องมาจากการแกว่ง ความหนาของตัวกลางจะไม่เปลี่ยนแปลง โดยการเคลื่อนที่ของคลื่นตามขวางจะมีความเร็วน้อยกว่าความเร็วของคลื่นชนิดตามยาว ในขณะที่เดินทางผ่านตัวกลางชนิดเดียวกัน ดังนั้นที่ความถี่เดียวกันคลื่นความยาว คลื่นตามขวางจะเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าความยาวคลื่นของคลื่นตามยาวเสมอ



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะการเกิดคลื่นตามขวาง

2.1.3.3 คลื่นผิวหน้า (Surface Wave or Ray eight) คือ คลื่นชนิดหนึ่งซึ่งคล้ายกับคลื่นตามขวาง แต่จะต่างกันตรงที่การเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาค ไม่เป็นเพียงในทิศทางการตั้งฉากกับทิศทางที่เคลื่อนที่เพียงอย่างเดียว แต่จะมีการเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นด้วย จึงทำให้คลื่นเคลื่อนที่ไปตามแนวระนาบในแนวนอน ด้วยเหตุนี้คลื่นจึงเดินทางไปเฉพาะบนผิวของตัวกลางเท่านั้น

2.1.4 ความถี่และความยาวคลื่น (Frequency And Wave length)

ความถี่ คือ จำนวนของการอสซิลเลตที่สมบูรณ์จากแหล่งกำเนิดคลื่นภายในหนึ่งวินาที คลื่นที่ถูกส่งจากแหล่งกำเนิดเดียวกันจะเดินทางที่ความถี่เดียวกัน

ความยาวคลื่น คือ ระยะทางที่คลื่นเดินทางระหว่างการสั่นที่สมบูรณ์หรือการเดินทางครบหนึ่งรอบ (1 cycle) สามารถกล่าวได้ว่าความยาวคลื่นเป็นระยะทางระหว่างการอัดอย่างต่อเนื่อง (Successive Compression) หรือการเบาบางของอากาศ (rare-fraction) การอัด คือ การที่บริเวณนั้นมีความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันมากกว่าบริเวณรอบๆ ส่วนการเบาบางเป็นบริเวณเฉพาะที่เกิดการลดความหนาแน่นของ โมเลกุลและแรงดันสัมพัทธ์ กับแรงดันของบรรยากาศปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ความถี่และความยาวคลื่นมีความสัมพันธ์กันดังสมการต่อไปนี้
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$c = f\lambda$$

- โดยที่ c คือ ความเร็วในการเดินทางของคลื่นมีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที (m/s)
 λ คือ ความยาวของคลื่นมีหน่วยเป็นเมตร (m)
 f คือ ความเร็วมีหน่วยเป็นเฮิร์ต (Hz)

2.1.5 ความเร็วของคลื่นอัลตราโซนิก

ความเร็วที่ยอมรับได้ของคลื่นในอากาศที่อุณหภูมิความสัมพัทธ์ที่ใช้ จะเป็นดังสมการ

$$v = 331.45 + 0.607T \quad (m/s)$$

- โดยที่ v คือ ความเร็วของคลื่นในตัวกลางอากาศ
 T คือ อุณหภูมิของคลื่นในอากาศ (องศาเซลเซียส)

2.1.6 ปริมาณพลังงานของคลื่นอัลตราโซนิก

ปริมาณพลังงานของคลื่นอัลตราโซนิกที่ถูกวัดในรูปแบบของคลื่นอัลตราโซนิก จะมีหน่วยเป็น w/cm^2 ซึ่งเป็นการไหลของพลังงานผ่านพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร ซึ่งตั้งฉากกับทิศทางการเดินทางของคลื่นในเวลา 1 วินาที

2.1.7 การลดทอนของคลื่นอัลตราโซนิก

เมื่อคลื่นเดินทางผ่านตัวกลาง ลำคลื่น (Beam) ของคลื่นอัลตราโซนิกจะสูญเสียความเข้มซึ่งเกิดจากการดูดซับของคลื่นอัลตราโซนิกหรือเกิดจากการดูดซับพลังงานส่วนหนึ่งของคลื่น โดยตัวกลางที่เคลื่อนที่ผ่านพลังงานดูดซับนี้จะเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อน การดูดซับพลังงานความร้อนนี้ขึ้นกับลักษณะ ความยืดหยุ่นและความหนาแน่นของวัตถุ รวมทั้งความถี่ของคลื่นที่ใช้ถ้ายังมีความถี่สูง พลังงานก็จะยิ่งถูกดูดซับมาก

2.2 อัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์

การเกิดคลื่นอัลตราโซนิกเป็นคลื่นที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานรูปแบบอื่น ให้เป็นพลังงานกลโดยการสั่นไปมา หรือเกิดจากการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกลทำให้เกิดคลื่นอัลตราโซนิกกระจายออกไปในอากาศ ดังนั้นจึงถือว่าคลื่นที่เกิดขึ้นเป็นคลื่นกล (Mechanical Wave) คลื่นอัลตราโซนิกสามารถสร้างได้โดยตัวทรานสดิวเซอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล โดยหลักการสร้างจะมีหลายวิธีดังนี้

- แบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezo-electric Transducer) ซึ่งแปลงพลังงานไฟฟ้าและพลังงานกล โดยมีความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่ที่ค่าหนึ่ง

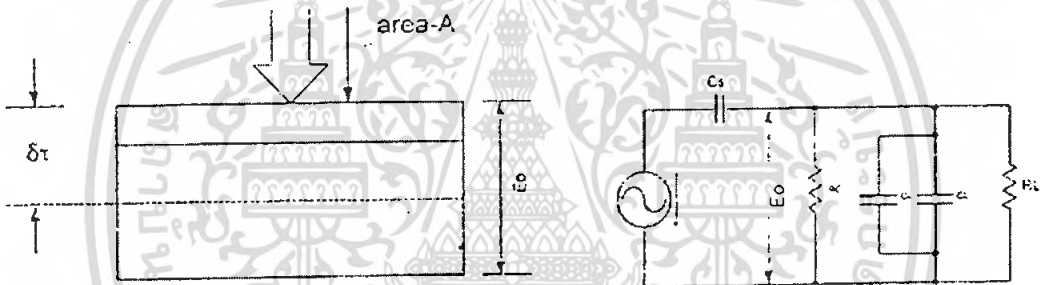
- แบบแมกเนโตรตริกทิฟ (Magnetrotrictive Transducer) ซึ่งเปลี่ยนแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แบบอิเล็กทรอนิกส์ (Electrostrictive Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกล

2.2.1 ปรัชญาการณ็เป็ยโซอิเล็คทริก

เป็ยโซอิเล็คทริกเป็นปรัชญาการณ็ธรรมชาติอย่างหนึ่ง ซึ่งสามารถทำให้พลังงานเกิดการเปลี่ยนแปลงจากรูปแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่งได้ กล่าวคือ ถ้าป้อนแรงกลให้แก่ Solid Crystalline Dielectric ก็จะทำให้เกิดความเค้น (Stress) ภายในคริสตอล ทำให้ผลึกคริสตอลผิดรูปไป เช่นพวกควอทซ์ (Quartz) ผลที่ได้ก็คือประจุจะเปลี่ยนไป การผิดรูปร่างของแลททิสเป็นผลให้ความสัมพันธ์ระหว่างการแทนที่ (Displacement) ของประจุบวกและลบในแลททิสเปลี่ยนไป



รูปที่ 2.4 ผลและวงจรเสมือนของเป็ยโซอิเล็คทริก

การแทนที่ของประจุภายในจะเท่ากับประจุภายนอกของขั้วตรงกันข้ามของคริสตอล เรียกว่า ผลของเป็ยโซอิเล็คทริก การวัดประจุทำได้โดยการต่อขั้วอิเล็กโทรดเข้าที่ผิวด้านนอก แล้ววัดความต่างศักย์ระหว่างขั้วทั้งสองขนาด (magnitude) และการมีขั้ว (polarity) ของประจุบนผิวที่ถูกเหนี่ยวนำ (induced surface charge) เป็นสัดส่วนโดยตรงกับขนาดและทิศทางของแรง (F) ที่มากระทำที่ความถี่ปานกลาง และความถี่สูง E_0 ที่คล่อมโหลดหาได้โดยนำค่าของ C_C และ C_Z มาแบ่งแรงดันจากสมการนี้

$$E_0 = \frac{E_C}{C_C + C_1}$$

โดยค่าเหล่านี้ขึ้นอยู่กับความถี่ ถ้าแรงดันเอาต์พุท มีค่ามากสามารถทำให้ลดลงได้โดยการเพิ่มค่า C_1 ต่อขานานเข้าที่ความถี่ต่ำ ค่า E_0 คร่อมโหลดหาได้จากค่ารีแอกแตนซ์ของ C_C และอิมพีแดนซ์ของ C_1 และ R_1 ที่ต่อขานานกัน ค่า E_0 นี้ขึ้นกับความถี่ และจะลดลงถ้าความถี่ลดลง การตอบสนองต่อความถี่สามารถปรับปรุงได้โดยการใช้ทรานสดิวเซอร์ที่มีค่าคาปาซิแตนซ์สูง หรือโดยการเพิ่มความต้านทานของโหลด R_1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 วัสดุเป็ยโซอิลีคทริก

วัสดุเป็ยโซอิลีคทริกที่ใช้กันอย่างกว้างขวาง เช่น Quartz , Tourmaline , Sulphate , Barium Titanate และ Zirconate Titanate (TZI) โดยทั่วไปแล้ว พวกควอทซ์และคริสตอลที่เป็นวัสดุเป็ยโซอิลีคทริกธรรมชาติจะมีขั้วของมันเองตามธรรมชาติ แต่ขั้วของวัสดุเป็ยโซอิลีคทริกที่สังเคราะห์ขึ้นมา เช่น แบเรียมไทเทเนท จะต้องนำมาอบคริสตอลภายในแรงดันและวางวัสดุที่ได้ี้ในแรงดันสนามไฟฟ้าที่มีแรงดันไฟตรงมาก หลังจากทำตามขั้นตอนี้แล้วจะมีขั้วตามแนวทิศทางสนาม และประพุดิตัวตามคุณสมบัติของวัสดุเป็ยโซอิลีคทริก สำหรับชิ้นส่วนที่นำมาจากวัสดุสังเคราะห์นี้ไม่มีข้อจำกัดทางขนาด โดยโครงสร้างของคริสตอลและยังสามารถทำให้มีรูปร่าง ขนาดต่างๆ และทิศทางของขั้วก็จะถูกสร้างขึ้นระหว่างขั้นตอนการผลิต

2.2.3 ชนิดของเป็ยโซอิลีคทริกทรานสดิวเซอร์

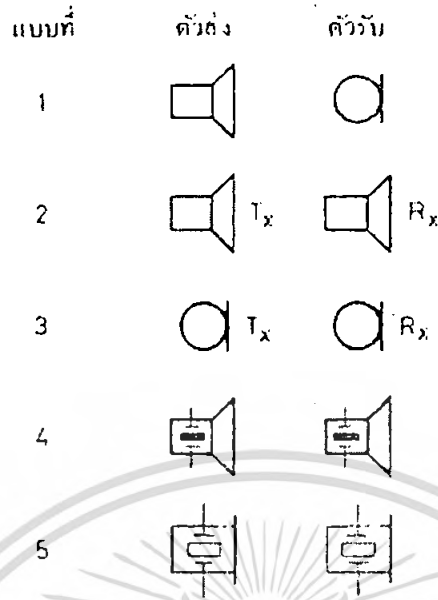
เป็ยโซอิลีคทริกทรานสดิวเซอร์สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ

- แบบ Generation-action Transducer ใช้เป็นตัวรับ โดยแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะหาได้จากแรงดันและความถี่ที่มากกระทำต่อวัสดุเป็ยโซอิลีคทริก
- แบบ Motor-action Transducer ใช้เป็นตัวส่ง โดยการเปลี่ยนแปลงของรูปร่างทำให้เกิดคลื่นอัลตราโซนิคจะขึ้นอยู่กับขนาดความสูงและความถี่ของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้ ในทั้งสองกรณีค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของวัสดุ

2.2.4 การทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ

เมื่อเซรามิกได้รับสัญญาณมาคร่อมจะทำให้ขึ้นสารเซรามิกโก่งงอ ทำให้เกิดการอัดอากาศโดยรอบขึ้นมา ดังนั้นถ้าป้อนสัญญาณเป็นห้วงๆ (electrically pulse) จากการออสซิลเลท ก็จะทำให้ขึ้นสารโก่งงอมากหรือน้อย ขนาดและทิศทางตามที่ต้องการเปลี่ยนแปลงขนาดของสัญญาณไฟฟ้าจากการออสซิลเลทนั้นออกไป โดยทั่วไปกำลังเอาท์พุทที่ออกมาจะลดลงประมาณ 10 เเปอร์เซ็นต์ ของกำลังงานที่ป้อนให้ แต่เอาท์พุทจะสูงที่ค่านี้โดยประมาณ ก็ต่อเมื่อความถี่ของสัญญาณออสซิลเลเตอร์ที่ป้อนเข้าขึ้นสารเซรามิกตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ที่เป็นความถี่ทางกลตามธรรมชาติของขึ้นสารเซรามิกนั้นๆ ส่วนที่ความถี่อื่นๆ กำลังเอาท์พุทจะลดลงกว่านี้ ส่วนการทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวรับ มักมีการทำงานตรงข้ามกับตัวส่ง คือ เมื่อมีคลื่นเสียงที่มีความถี่ตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ของขึ้นสารเซรามิกเข้ามา จะทำให้ขึ้นสารโก่งตัวไปมาและเกิดสัญญาณทางไฟฟ้าที่มีขนาดเล็กขึ้นคร่อมที่ขั้วทั้งสองด้านของตัวมัน

คุณสมบัติโดยทั่วไปของอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเป็ยโซอิลีคทริก คือ มีความต้านทานแรงดันไฟตรงสูงมาก โดยมีค่าประมาณ 100 เมกกะโอห์ม แต่ในขณะที่มันทำงานความต้านทานไฟสลับจะมีค่าลดลง



รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างการเขียนสัญลักษณ์ของอุลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบต่างๆ กัน

ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวส่งและตัวรับ

เนื่องจากสเปคตอลคอนรายละเอียดต่าง ๆ ของอุลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์หาได้ยาก ดังนั้นจึงสามารถที่จะสรุปสิ่งที่ควรรู้ในขั้นต้นของอุปกรณ์อุลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์เพื่อเป็นแนวทางในการใช้งานดังนี้

1. ไม่ควรให้ตัวทรานสดิวเซอร์ได้รับการกระแทกหรือตกจากที่สูง เพื่อป้องกันโครงสร้างภายในมิให้เสียหาย
2. ทรานสดิวเซอร์ที่มีขายกัน โดยทั่วไปจะทนแรงดันตกคร่อมตัวมันสูงสุดได้ไม่เกินกว่า $20 V_{rms}$ ดังนั้นขนาดของสัญญาณที่จะป้อนให้กับทรานสดิวเซอร์ก็ควรจะต้องอยู่ในขีดจำกัดอันนี้
3. ความถี่เรโซแนนซ์ (ความถี่ที่ตัวมันทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด) ของทรานสดิวเซอร์ 40 KHz ที่มีขายกัน โดยทั่วไปจะผิดพลาดไปไม่เกิน ± 1 KHz และมีแถบความถี่ (Bandwidth) ประมาณ 4.5 KHz สำหรับตัวส่ง และมีแถบความถี่ประมาณ 5.0 KHz สำหรับตัวรับ จะเห็นได้ว่าแถบความถี่ของตัวรับจะกว้างกว่าของตัวส่งอยู่เล็กน้อย เพื่อให้แน่ใจว่าตัวรับจะสามารถรับความถี่ทั้งหมดที่ออกมาจากตัวส่งได้
4. อุณหภูมิใช้งานของตัวทรานสดิวเซอร์ควรอยู่ในช่วง $-20^{\circ}C$ ถึง $+60^{\circ}C$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ทั้งตัวส่งและตัวรับจะมีทิศทางการคล้ายคลึงกันมากกล่าวคือ ที่ตำแหน่งเบนจากแนวแกนของตัวส่งไปประมาณ 30° ความแรงของคลื่นเสียงที่ถูกส่งออกไปจะลดลงจากแนวแกนประมาณ 10 dB ในทำนองเดียวกันถ้าคลื่นเสียงพุ่งเข้ามาในแนวที่เบี่ยงเบนไปจากแนวแกนของตัวรับไปประมาณ 30° ความไวหรือขนาดแรงดันที่ออกมาจะลดลงไปประมาณ 10 dB ด้วยเช่นกัน ดังนั้นในการใช้งานที่เป็นการควบคุมระยะไกลในที่โล่งแจ้งจึงควรพยายามให้ทั้งตัวรับและตัวส่งอยู่ในแนวที่พุ่งตรงเข้าหากันให้มากที่สุด อย่างไรก็ตามในกรณีที่อยู่ในห้องอาจจะเบี่ยงเบนจากกันได้เล็กน้อย เพราะคลื่นเสียงอุตราสัทธาสามารถสะท้อนกับกำแพง พื้น และวัตถุที่อยู่ในห้อง ทำให้คลื่นเสียงเข้าไปหาตัวรับได้หลายทาง
6. ในกรณีที่ใช้งานตัวรับจะต้องมีตัวต้านทานต่อขานานกับตัวรับเพื่อทำหน้าที่เป็นโหลด ตามปกติแล้วตัวต้านทานตัวนี้ควรมีค่าอยู่ในช่วงจาก 10 kW - 100 kW จากการทดลองพบว่าถ้าเปลี่ยนโหลดจาก 100 kW มาเป็น 10 kW ความไวจะลดลงประมาณ 10 ถึง 20 dB แต่แถบความถี่จะกว้างขึ้น ถ้าใช้ค่าความต้านทานต่ำลงไปอีก ความถี่เรโซแนนซ์ (ความถี่กลาง) จะลดลงไปจากที่ระบุไว้ ถ้าการใช้งานมีสัญญาณรบกวนมากควรใช้โหลดที่มีความต้านทานสูงสักหน่อย เพื่อให้ตัวส่งมีความไวสูงและมีแถบความถี่แคบ ตัวอย่างการทดสอบแสดงไว้ดังรูป
7. ตามปกติแล้วเราสามารถนำเอาตัวส่งและรับมาใช้งานแทนกันได้ในการใช้งานส่วนใหญ่ และตัวส่งหรือตัวรับของยี่ห้อใด รุ่นใด ก็สามารถที่จะนำมาใช้แทนกันได้ในงานส่วนใหญ่ ขอเพียงแต่ให้มีความถี่เรโซแนนซ์เดียวกันเท่านั้นเอง อย่างไรก็ตามในบางกรณีอาจต้องเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานสมมูลย์ทางด้านไฟสลับเพื่อให้ลักษณะผลตอบสนองทางความถี่สอดคล้องกับของเดิม

2.3 ปรัชญาการณของคลื่นอัลตราซาวด์ในเนื้อเยื่อของร่างกาย

2.3.1 เนื้อเยื่อ (Tissue)

ในร่างกายมนุษย์ ประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อ 4 ชนิด แต่ละชนิดแตกต่างกันทั้งนี้เนื่องจากแต่ละชนิดมีการเปลี่ยนแปลงภายในเซลล์เพื่อให้เหมาะสมกับหน้าที่การทำงานและมีวัตถุประสงค์ระหว่างเซลล์เรียกว่า intercellular substance ซึ่งมักจะแยกตัวเซลล์ให้ห่างกันหรือล้อมรอบตัวเซลล์ต่างชนิดต่างๆ ของเนื้อเยื่อในร่างกายมีดังนี้

2.3.1.1 เนื้อเยื่อบุผิว (Epithelial Tissue) คือกลุ่มเซลล์ที่มีการวางเรียงตัวกันเป็นแผ่น อาจเรียงชั้นเดียวหรือหลายชั้น จะพบเยื่อบุผิวที่พื้นผิวภายนอกในร่างกาย โพรงช่องว่าง ท่อ และพื้นผิวของอวัยวะต่างๆภายในร่างกาย เยื่อบุผิวทำหน้าที่ป้องกันส่วนที่ห่อหุ้มอยู่ ช่วยในการขนส่งต่างๆระหว่างภายนอกและภายในส่วนที่ห่อหุ้มด้วยการดูดซึม(Absorption) การกรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Filtration) และการคัดหลัง(Secretion) ตัวอย่างของเนื้อเยื่อบุผิวได้แก่ ผิวหนัง เยื่อบุลำไส้และท่อไต เป็นต้น

2.3.1.2 เนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective Tissue) คือกลุ่มเซลล์ที่มีการรวมตัวอย่างหลวมๆ มีช่องว่างที่เต็มไปด้วยผลิตภัณฑ์ของเซลล์ในรูปเส้นใย โปรตีนและผลิตภัณฑ์ของสารประกอบเชิงซ้อน จะพบเนื้อเยื่อเกี่ยวพันในเกือบทุกส่วนของร่างกาย เนื่องจากทำหน้าที่รองรับ ป้องกันยึดเหนี่ยว และแบ่งแยกส่วนต่างๆ ของร่างกาย ตัวอย่างของเนื้อเยื่อเกี่ยวพันได้แก่ กรพดุกอ่อน กระดูกแข็ง เอ็น เลือด และไขมัน เป็นต้น

2.3.1.3 เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อ (Muscular Tissue) คือกลุ่มของเซลล์กล้ามเนื้อ ซึ่งมีรูปร่างยาวเป็นเส้น มีหน้าที่เฉพาะคือ การหดตัวทำให้อวัยวะหรือร่างกายเคลื่อนไหวได้ เนื้อเยื่อกล้ามเนื้อมี 3 ชนิด คือ กล้ามเนื้อลาย กล้ามเนื้อหัวใจ และ กล้ามเนื้อเรียบ กล้ามเนื้อลายจะยึดติดกับกระดูกและการหดตัวอยู่ภายใต้อำนาจจิตใจ กล้ามเนื้อหัวใจพบเฉพาะที่หัวใจเท่านั้น ส่วนกล้ามเนื้อเรียบจะเป็นส่วนของผนังรอบๆอวัยวะภายในร่างกายการหดตัวของกล้ามเนื้อหัวใจและกล้ามเนื้อเรียบเกิดขึ้นโดยอัตโนมัติอยู่ภายนอกอำนาจของจิตใจ

2.3.1.4 เนื้อเยื่อประสาท (Nervous Tissue) ประกอบด้วยเซลล์ประสาท(Nervous) เซลล์เกลีย(Glial Cells) และเส้นประสาท(Nerve fiber) ทำหน้าที่ในการรับและนำสัญญาณประสาทซึ่งอยู่ในรูปของไฟฟ้า เซลล์เกลียทำหน้าที่บำรุงทางโครงสร้าง และสนับสนุนเมตาบอลิซึมของเซลล์ประสาท จะพบเซลล์ทั้งสองชนิดในสมองและไขสันหลัง เส้นประสาทคือแขนงของเซลล์ประสาทที่ยื่นออกจากตัวเซลล์ เป็นระยะทางไกลๆ จะพบได้ในทุกส่วนของร่างกายที่มีประสาทไปเลี้ยง

เนื้อเยื่อต่างๆ เหล่านี้จะประกอบกันขึ้นเป็นอวัยวะ ซึ่งอวัยวะหนึ่งอวัยวะใดอาจจะประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อชนิดเดียว หรือหลายๆชนิด ที่มาอยู่ร่วมกันเป็น โครงสร้างที่มีลักษณะเฉพาะและมีวัตถุประสงค์ใการทำงานร่วมกัน

2.4 ผลกระทบของคลื่นอัลตราซาวด์กับเนื้อเยื่อในร่างกาย

ในสภาวะแวดล้อมที่เป็นของเหลว การผ่านไปของคลื่นอัลตราซาวด์ ทำให้เกิดผลหลายอย่าง ที่อาจทำให้เกิดอันตราย โดยอาจเป็นผลที่เกิดจากความร้อนและที่ไม่ได้เกิดจากความร้อนที่ เกิดกับของเหลวและสิ่งที่อยู่ในของเหลว ซึ่งยังไม่สามารถอธิบายได้อย่างแจ่มชัดว่ากลไกเหล่านี้ อยู่ในระดับใดในโครงสร้างของเซลล์เนื้อเยื่อ แต่สามารถแสดงให้เห็นผลกระทบที่อาจเป็นอยู่ได้ในกรณีต่างๆต่อไปนี้

2.4.1 ผลจากการดูดกลืน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สังเกตจากการสูญเสียพลังงานจากคลื่นที่แผ่ออกไปยังโมเลกุลของตัวกลางที่รองรับจะถูกดูดกลืนแล้วทำให้เกิดผลสองประการคือ

2.4.1.1 ผลที่ทำให้เกิดความร้อน โดยมีการเพิ่มขึ้นอย่างหวนกลับได้ของพลังงานจากการสั่นและหมุนของโมเลกุล โดยสังเกตได้จากอุณหภูมิที่สูงขึ้น โดยอุณหภูมิที่สูงขึ้นที่เซลล์เนื้อเยื่อจะส่งผลทำให้เกิดการเสียหายได้ เช่น การเปลี่ยนแปลงของโปรตีนถ้าอุณหภูมิมีการเพิ่มสูงขึ้นมากพอ

2.4.1.2 ผลที่ไม่ทำให้เกิดความร้อน คืออาจจะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุล เช่น พันธะเคมีที่ยึดเหนี่ยวกันไว้ถูกทำลายได้ทำให้โครงสร้างของโมเลกุลเปลี่ยนไปในเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิต โปรตีน โมเลกุลใหญ่ๆ จะทำหน้าที่ดูดซับพลังงานโฟนอน(Phonon Energy) ได้มาก แต่ยังมีค่าสูงไม่เพียงพอต่อการทำให้เกิดปรากฏการณ์แตกตัวของไอออนในระดับโมเลกุลได้ เช่น ผลที่อาจเกิดขึ้นได้จากการฉายรังสี เอ็กซ์เรย์ในปริมาณที่มากเกินไป

2.4.2 ผลกระทบทางกล

ผลกระทบทางกลเนื่องจากการสั่นสะเทือน แรงดันของคลื่นอัลตราซาวด์อาจมีผลโดยตรงต่อโครงสร้างของเซลล์และเนื้อเยื่อ เช่น ผนังเซลล์และองค์ประกอบภายในเซลล์อาจได้รับความกระทบกรเทือน จากการเคลื่อนที่ผ่านของคลื่นอัลตราซาวด์ที่มีความเข้มสูง ซึ่งเกิดจากแรงเฉือนและแรงดันของอัลตราซาวด์

2.4.3 คาวิเทชัน (cavitation)

ในของเหลวปรากฏการณ์ของคาวิเทชัน มีบทบาทสำคัญในการทำให้เกิดการกระทำต่อสิ่งมีชีวิตที่แขวนลอยหรือละลายอยู่ในของเหลว คาวิเทชันเกิดเมื่อฟองอากาศขนาดเล็กมีขนาดน้อยกว่าไมครอนของก๊าซที่ละลายในของเหลวรวมตัวกันเป็นฟองใหญ่ ซึ่งจะคงรูปร่างไว้หรือระเบิดหรือยุบตัวรุนแรง นำไปสู่การเกิดความดันที่เปลี่ยนแปลงในระดับย่อยที่อาจจะเกิดขึ้นได้ต่อเซลล์และโครงสร้างอื่นๆ สำหรับการเกิดคาวิเทชันในเนื้อเยื่อยังไม่มีการอธิบายอย่างแจ่มชัดว่า คิวเทชันเกิดขึ้นมากน้อยเพียงใด เพราะฉะนั้นจึงยังไม่ทราบบทบาทที่แน่นอน

2.5 คุณสมบัติทางคลื่นเสียงของเนื้อเยื่อชีวภาพ

เนื้อเยื่อชีวภาพมีคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับคลื่นเสียง ในด้านของความหนาแน่นความเร็วเฟส การลดลงของคลื่นในเนื้อเยื่อแต่ละชนิดซึ่งสามารถจะนำไปให้เป็นหลักอ้างอิงได้ โดยสรุปตารางดังต่อไปนี้ คือ

ชนิดและลักษณะของเนื้อเยื่อ	ความหนาแน่น ($\rho_0, g/cm^3$)	ความเร็ว (c,m/s)	การลดลง α ที่ความถี่ $f = 1 \text{ MHz } (cm^{-1})$
Whole blood,Fresh Heparinized	1.055	1580	0.034 at $f = 2 \text{ MHz}$
Bone, Skull	1.738	2770 ± 185	1.5
Brain, Fresh	1.03	1460	0.06
Breast in Vivo or Fresh	-	1510 ± 5	0.22
Fat, fresh or refrigerated	0.937(pig)	1479	0.07 ± 0.02
Heart muscle (beef)	1.048 ± 0.0036	1546 ± 4.7	0.185
Kidney (beef)	1.040(pig)	1572	0.09
Liver, fresh	1.040(pig)	1569.5 ± 4	0.149
Lung,fresh (Dog)	0.4	658	4.3
Muscle,striated	1.07(pig)	1566	0.15
Water	1.0	1500	-

ตาราง 2.1 คุณสมบัติของคลื่นเสียงในเนื้อเยื่อชีวภาพ

ρ_0 คือความหนาแน่น

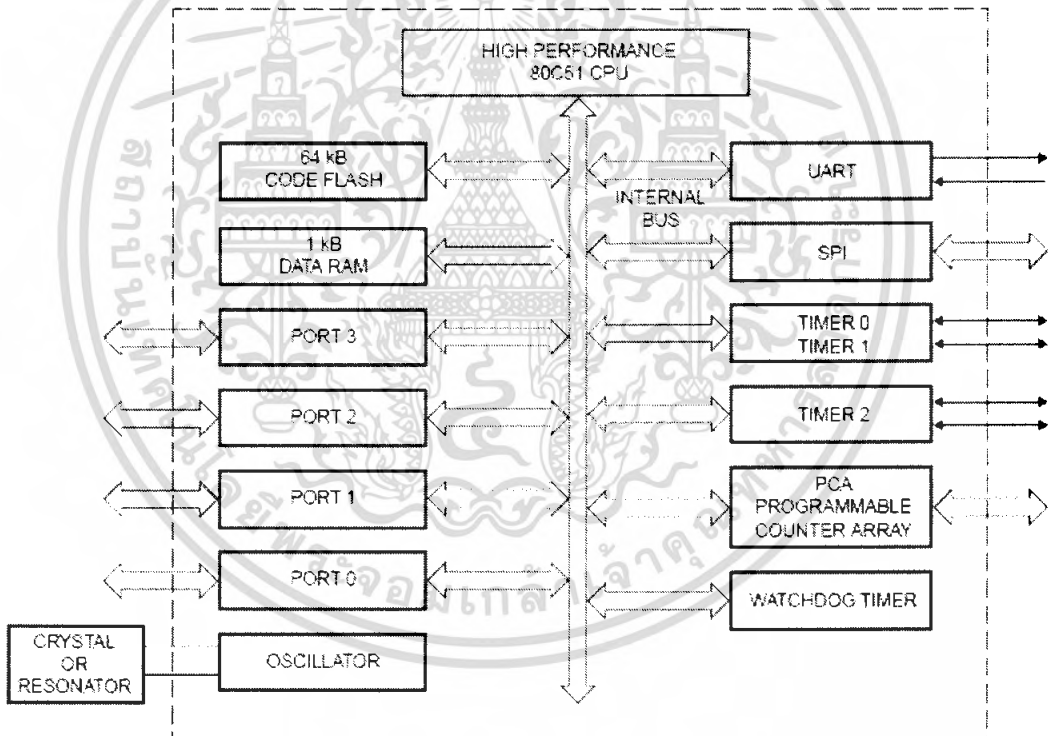
α สัมประสิทธิ์การลดลง

บทที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตที่มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในหลายอย่าง ได้แก่ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ เป็นต้น เนื่องจากโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในนี้เอง ทำให้การใช้งานง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมมากนัก

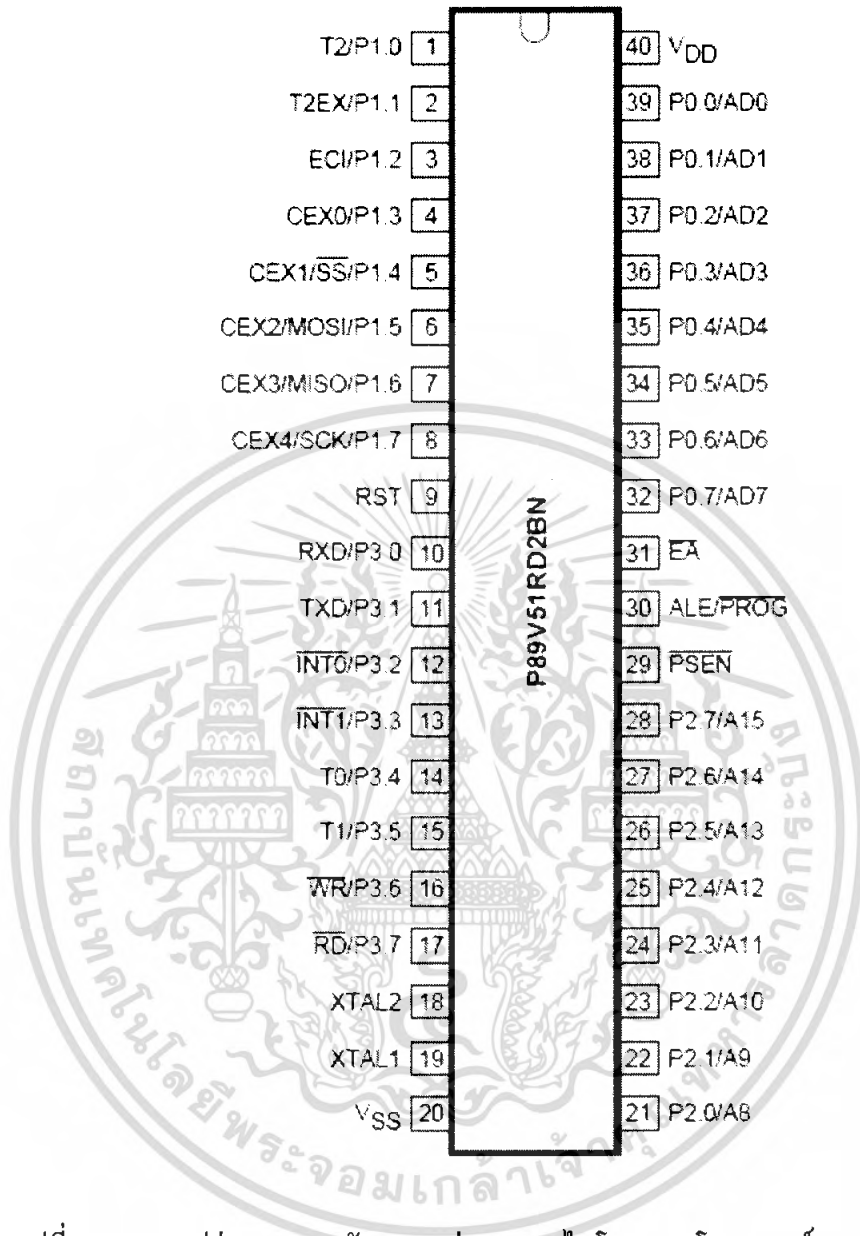
3.1 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

โครงสร้างภายในพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แสดงในรูปที่ 2.1 ประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้



รูปที่ 3.1 แสดงโครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 แสดงรูปร่างและการจัดวางขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

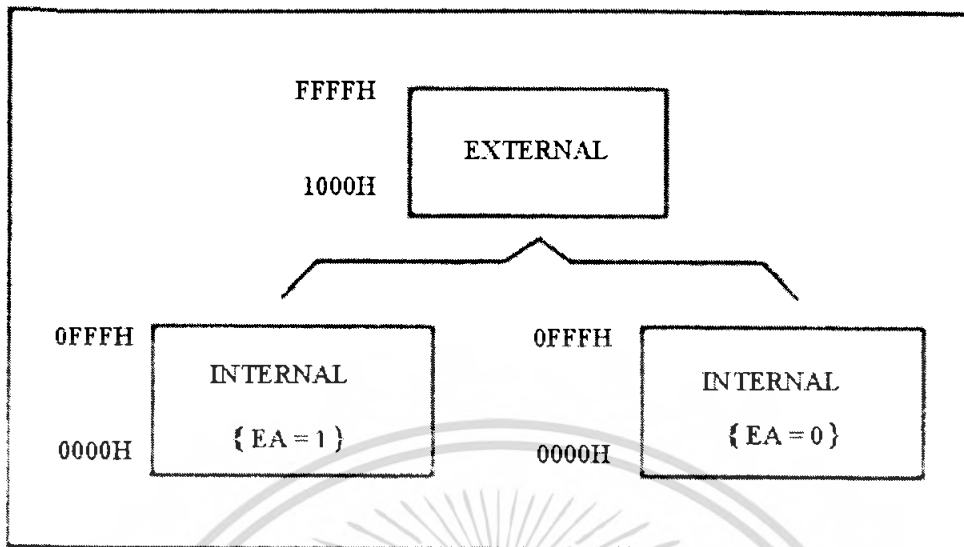
ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์นี้มีหน่วยความจำภายในแบบ Flash มีหน่วยความจำโปรแกรม (PROGRAM MEMORY) ขนาด 64 kB และ หน่วยความจำข้อมูล (DATA MEMORY) ขนาด 1024 byte มี 40 ขา ดังแสดงในรูปที่ 2.15 ซึ่งแต่ละขาสัญญาณจะมีหน้าที่ที่ระบุชัดเจนตามสัญลักษณ์ชื่อย่อ ที่กำกับในแต่ละขา อย่างไรก็ตามจะมีบางขาสัญญาณที่อาจจะ มีหน้าที่ได้มากกว่าหนึ่งอย่าง (ALTERNATE FUNCTION)

3.1.1 โครงสร้างหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แยกการจัดการหน่วยความจำออกเป็นสองส่วนอย่างชัดเจน คือ หน่วยความจำโปรแกรม (PROGRAM MEMORY) และหน่วยความจำข้อมูล (DATA MEMORY) หน่วยความจำทั้งสองนี้ มีหน้าที่แตกต่างกัน และใช้วิธีการอ้างแอดเดรสสัญญาณการติดต่อแยกออกจากกัน

3.1.1.1 หน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นบริเวณหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลและคำสั่งใช้งานต่างๆ ซึ่งแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับระบบ ข้อมูลเหล่านี้ก็ยังคงอยู่ไม่สูญหาย โครงสร้างของหน่วยความจำโปรแกรม มีลักษณะเช่นเดียวกับหน่วยความจำที่บรรจุอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของหน่วยความจำประเภทต่างๆ เช่น หน่วยความจำแบบรอม (READ ONLY MEMORY) หรือ อีพรอม (ERASABLE PROGRAMABLE READ ONLY MEMORY) ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถอ่านข้อมูลหน่วยความจำโปรแกรมนี้ได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทของหน่วยความจำโปรแกรมเป็น 2 ลักษณะ ตามตำแหน่งของหน่วยความจำนั้น คือ หน่วยความจำโปรแกรมภายใน (INTERNAL PROGRAM MEMORY) ซึ่งเป็นซึ่งเป็นหน่วยความจำ ที่อยู่ภายในตัวไอซีของไมโครคอนโทรลเลอร์เอง และหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (EXTERNAL PROGRAM MEMORY) ซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำมาทำหน้าที่เป็น หน่วยความจำโปรแกรมของระบบ



รูปที่ 3.3 แสดงการจัดพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอก

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ต่างๆ ของตระกูล 8051 นี้สามารถขยายให้ใช้งาน ในหน่วยความจำภายนอกได้ทั้งสิ้น โดยกรณีที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในอยู่แล้ว การอ้างตำแหน่งแอดเดรสที่มีทั้งในหน่วยความจำโปรแกรมภายในและภายนอกนั้นจะต้องทำการควบคุมระดับลอจิกของสัญญาณในขณะนั้นด้วย

3.1.1.2 หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูล (DATA MEMORY) ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วเป็นหน่วยความจำแรมสามารถเขียนหรืออ่านข้อมูลได้ (READ OR WRITE MEMORY) ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือตัวแปร ที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้เป็นการชั่วคราว ซึ่งโดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำแรมแบบSTATIC ดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่จัดเก็บไว้ภายในหน่วยความจำนี้สูญหายไป พื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีได้สูงสุดไม่เกิน 1024 ไบต์ และแยกประเภทออกเป็นสองลักษณะตามตำแหน่งที่ตั้งของหน่วยความจำนั้น ตามลักษณะของหน่วยความจำโปรแกรมภายในซึ่งก็เป็นแรมที่อยู่ภายในตัวไอซีในตระกูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ และหน่วยความจำข้อมูลภายนอกซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำแรมมาเพิ่มเติมเข้าไปในวงจร โดยที่หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 นี้สามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ในส่วนที่เป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายในไอซี และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกๆ เบอร์จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำเก็บข้อมูลต่างๆ ไปภายในไอซีอย่างน้อยคือ 128 ไบต์ ไปจนถึง 256 ไบต์ ทั้งนี้ ขึ้นกับเบอร์ของไอซี หน่วยความจำสำหรับเก็บ ข้อมูลภายในไอซีในบริเวณ 128 ไบต์เรียกว่า LOWER 128 และในบริเวณ 128 ไบต์หลัง ที่มีเพิ่มในบางเบอร์มีชื่อเรียกว่า UPPER

3.2 รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

รีจิสเตอร์ในกลุ่มนี้จะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16บิตที่ใช้งานเพื่อเก็บข้อมูลของตัวแอดเดรสเป็นสำคัญ โดยค่าที่อยู่ภายในแอดเดรสจะนำไปเป็นค่าของข้อมูลที่ส่งออกไปทางบัสแอดเดรส ใน ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อบอกตำแหน่งที่ต้องการติดต่อ รีจิสเตอร์ที่จัดในกลุ่มนี้ ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป (GENERAL-PURPOSE REGISTERS) รีจิสเตอร์ในกลุ่มนี้ จัดเป็นพื้นที่หน่วยความจำที่ใช้ในการสนับสนุนในการประมวลผล การทำงานจากหน่วย ประมวลผลทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU) เพื่อให้สามารถจัดการข้อมูลให้เร็วที่สุด นอกจากนี้โปรแกรมที่ไม่ได้ใช้คำสั่งเหล่านี้ก็ยังใช้เป็นการเก็บข้อมูลตัวแปรภายในโปรแกรม จะเห็นได้ว่าชื่อของรีจิสเตอร์ไม่ว่าจะอยู่ในรีจิสเตอร์แบงก์ใด ก็จะมีชื่อว่า R0 ถึง R7 เหมือนกัน ทั้งสิ้น ดังนั้นในการใช้งานผู้ใช้จะต้องให้ความระมัดระวังว่า ต้องการรีจิสเตอร์นั้นๆ จากแบงก์ ใดๆ ซึ่งการกำหนดเลือกแต่ละกลุ่มของรีจิสเตอร์นี้ก็ทำได้ง่าย เพียงการกำหนดค่าของบิตที่อยู่ ภายในแฟลช (PSW) เท่านั้น อย่างไรก็ตามโดยทั่วไปก็มักจะมีการใช้งานรีจิสเตอร์ R0 ถึง R7 เฉพาะในแบงก์ 0 เท่านั้น ดังนั้นพื้นที่ของแบงก์อื่นๆ ที่เหลือก็สามารถนำมาใช้ในลักษณะของ หน่วยความจำแรม

- รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ(SPECIAL FUNCTION REGISTER) เป็นรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR) เป็นรีจิสเตอร์สำหรับ การควบคุมหน้าที่ และการทำงานของอุปกรณ์หรือพอร์ตของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทั้งหมด ตำแหน่งของรีจิสเตอร์เหล่านี้จะจัดอยู่ในบริเวณ แอดเดรส 80H - FFH การใช้งานรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้สามารถทำได้ทั้งการระบุชื่อของ รีจิสเตอร์ หรือตำแหน่งแอดเดรส ที่เป็นของรีจิสเตอร์นั้นก็ได้ การจัดพื้นที่หน่วยความจำ สำหรับรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษเหล่านี้ โดยมีข้อสังเกตว่ารีจิสเตอร์ที่อยู่ในตำแหน่งแอดเดรสที่มี จำนวนเป็นทวีคูณของค่า 8 จะสามารถอ้างถึงในระดับบิตได้ด้วย (นั่นคือแอดเดรส 80H 88H 90H A0H A8H B0H B8H D0H E0H และ F0H)

- แอควิวมูลเตอร์ (ACCUMULATOR) หรือ ACC เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่ใน การเก็บข้อมูลที่จะส่งให้กับหน่วยทำงานภายในหน่วยประมวลผลกลาง และเก็บผลลัพธ์ที่ได้ จากการดำเนินงานเท่านั้น การทำงานของรีจิสเตอร์นี้มีลักษณะเช่นเดียวกับตัวแอควิวมูลเตอร์ของ โปรเซสเซอร์ทั่วไป การใช้งานในโปรแกรมซึ่งใช้เรียกเป็น รีจิสเตอร์ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 วงจรจับเวลา/วงจรรนับ(TIMER/COUNTER)

เนื่องจากในปัจจุบันระบบที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมบางระบบจำเป็นต้องทำงานที่เกี่ยวข้องกับเวลา เช่น ระบบตั้งเวลาเปิดปิดอุปกรณ์ต่างๆ โดยอาจใช้ในการดู วินาที นาที ชั่วโมง โดยค่าเวลาต้องมีค่าที่ถูกที่ตรงแน่นอน การสร้างฐานเวลาให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์มี 2 วิธี วิธีแรกจะใช้วงจรถ่ายสัญญาณนาฬิกาป้อนให้กับ ไทเมอร์ 0 หรือ ไทเมอร์ 1 เพื่อให้ไทเมอร์ส่งสัญญาณอินเทอร์รัปต์ CPU ในช่วงเวลาที่กำหนด อีกวิธีหนึ่งจะใช้ชิปภายนอกสร้างฐานเวลาปัจจุบันให้กับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะวิธีการใช้ไทเมอร์

Timer/Counter คือ วงจรจับเวลาและวงจรรนับซึ่งหมายถึงความสามารถที่จะนำไปใช้เป็นการนับค่าต่างๆ หรือ ใช้เป็นตัวตั้งเวลาหรือกำหนดค่าเวลาที่ต้องการก็ได้ ส่วนควบคุมของ Timer/Counter จะอยู่ในรีจิสเตอร์ TMOD และเป็นรีจิสเตอร์ฟังก์ชัน พิเศษ (Special function register) ทำหน้าที่ควบคุมโหมดการทำงาน ประกอบด้วย Timer/Counter จำนวน 2 ตัว ที่อยู่ในรีจิสเตอร์ TMOD คือ Timer0 และ Timer1 (แต่สำหรับเบอร์นี้ มี Timer ใช้งาน 3 ตัว มี Timer2 ด้วย ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะ ไทเมอร์ 0 และ ไทเมอร์ 1) ซึ่งการใช้งานของ Timer ทั้ง 2 ตัวจะสามารถแยกการทำงานออกจากกันได้อย่างอิสระ โดยการเก็บค่าที่จะกำหนดค่าการนับหรือตัวตั้งเวลา ไว้ในข้อมูลของรีจิสเตอร์ TLx และ THx ซึ่งเป็น รีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ในรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (Special function register) และใช้เป็นแบบนับขึ้นซึ่งมีทั้งหมดอยู่ 4 ตัวด้วยกัน คือ TH0, TL0, TH1 และ TL1 สามารถใช้ร่วมกันเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตได้ โดยจะนำ TH0 รวมกับ TL0 และ TH1 รวมกับ TL1

ในการใช้งาน Timer/Counter เป็นตัวนับ หรือใช้ตั้งเวลา เราสามารถกำหนดได้ที่บิต C/T ของรีจิสเตอร์ TMOD โดยบิต C/T จะเป็นการเลือกฟังก์ชันให้ตัวนับ (Counter) หรือตัวตั้งเวลา (Timer) ในกรณีที่เลือกให้เป็นตัวตั้งเวลา (Timer) เราจะใช้ความถี่ภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยได้มาจากสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ (Crystal) โดยใช้การนับขึ้นจากค่าข้อมูลในรีจิสเตอร์ TLx และ รีจิสเตอร์ THx จนทำให้มีค่าเป็น "1" ทุกบิต ทั้ง 16 บิต (TL0 = FFH , TH0 = FFH) หลังจากนั้นนับต่ออีกหนึ่งค่าจะทำให้ข้อมูลใน รีจิสเตอร์ TLx และ THx เป็น "0" ทุกบิต (TL0 = 00H , TH0 = 00H) ซึ่งจะทำให้บิตแสดงสถานะ TFX (TF0 , TF1) ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ TCON ถูกเซตเป็น "1" ทำหน้าที่แสดงผลการเกิดค่าที่เรียกว่าค่านับเกิน (Overflow) ก็คือการครบกำหนดค่าที่ตั้งไว้นั่นเอง

ดังนั้นในการกำหนดค่าจึงต้องกำหนดโดยการนำเอาค่าสูงสุดที่นับได้ (FFFFH) มาทำการลบออกจำนวนรอบที่ต้องการนับ (โดยสามารถคำนวณจำนวนรอบที่นับเป็นเวลาได้ โดยหากใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณนาฬิกา 12 ลูก ต่อ 1 Machine cycle และ ทำงานที่ความถี่ 11.0592 ดังนั้น 1 Machine Cycle จะใช้เวลา 1.085 μ S มาโปรแกรมเป็นค่าเริ่มต้นของรีจิสเตอร์ TLx และ THx ในกรณีเดียวกันการทำให้เป็นตัวกำหนดการนับ (Counter) ก็จะต้องทำการกำหนดสถานะที่บิต C/T ของรีจิสเตอร์ TMOD ให้อยู่ฟังก์ชันของการนับ และจะทำการนับค่าเมื่อมีสัญญาณจากภายนอก โดยป้อนเข้ามาที่ขา Tx (T0 และ T1) ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ และจะต้องเป็นสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะจากลอจิก "1" เป็นลอจิก "0" รีจิสเตอร์ THx และ รีจิสเตอร์ TLx จะนับค่าขึ้นทีละหนึ่งค่าต่อจากค่าที่เรากำหนดไว้ก่อนหน้า โดยให้นับต่อจนเกิดค่าที่เรียกว่าค่านับเกิน (Overflow) เช่นเดียวกันกับการกำหนดค่าเวลา (Timer) หลังจากนั้นก็จะทำให้บิต TFX (TF0 และ TF1) ที่แสดงผลค่านับเกิน (Overflow) ถูกเซตให้เป็น "1" ก็หมายถึงการนับสัญญาณจากภายนอกครบจำนวนที่ได้กำหนดไว้แล้ว

3.3.1 รีจิสเตอร์ไทมเมอร์คอนโทรล (TCON)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Symbol	TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดของรีจิสเตอร์ TCON

รีจิสเตอร์ไทมเมอร์คอนโทรล (TCON) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต อยู่ในส่วนของรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ หรือ SFR (Special function register) มีอยู่ด้วยกัน 4 ตัวคือ

รีจิสเตอร์ TLO มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง 8AH

รีจิสเตอร์ TH0 โดยมีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง 8CH

รีจิสเตอร์ TL1 มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง 8BH

รีจิสเตอร์ TH1 มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง 8DH

ในการใช้งานรีจิสเตอร์ทั้ง 4 ตัวเราสามารถที่จะใช้งานรวมกันเป็นคู่เพื่อให้ได้รีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต คือ TLO และ TH0 จะรวมกันเพื่อใช้งานในการกำหนดค่าการนับของ TIMER 0 ที่มีขนาด 16 บิต ในทำนองเดียวกัน TL1 และ TH1 จะรวมกันเพื่อใช้งานในการกำหนดค่าการนับของ TIMER 1 ที่มีขนาด 16 บิต โดยในข้อมูลในรีจิสเตอร์ของ TLO และ TL1 จะเก็บค่าข้อมูลของ 8 บิตล่าง ส่วน TH0 และ TH1 จะเก็บค่าข้อมูลของ 8 บิตบน เมื่อนำมารวมกันจะสามารถนับค่าได้ถึง 65,536 ค่าหรือ 0000H-FFFFH ในการใช้งานเราจะกำหนดให้มีการนับค่าให้เกิน

65,536 เพื่อที่จะทำให้เกิดค่าที่เรียกว่าค่านับเกิน (Overflow) และเมื่อเกิดการนับรอบใหม่ บิตไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TF0 และ TF1 ที่อยู่ใน รีจิสเตอร์ TCON ซึ่งจะทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของไทเมอร์ (Timer0 , Timer1) จะเกิดการเซตบิต ทำให้บิตนี้มีสถานะลอจิกเป็น “1” ก็จะเป็นการแสดงสถานะให้ทราบว่ามีการนับเกินค่าสูงสุดแล้ว และในการเซตบิต TF0 และ TF1 จะขึ้นอยู่กับว่าเราได้เลือกใช้งาน รีจิสเตอร์ไทเมอร์ตัวไหนอยู่ในขณะนั้น

TF1 : TCON.7 (Timer1 Overflow Flag)

ทำหน้าที่เป็นแฟล็กซึ่งจะแสดงสถานะลอจิกเป็น "1" เมื่อเกิดค่านับเกิน (Overflow) ที่ ไทเมอร์1 (Timer1) และจะกระโดดไปทำโปรแกรมการตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ซึ่งอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นที่แอดเดรส 001BH ของหน่วยความจำโปรแกรม และบิตนี้จะถูกเคลียร์ให้เป็น "0" อัตโนมัตินี้โดยทางฮาร์ดแวร์

TR1: TCON.6 (Timer1 run control bit)

เป็นบิตควบคุมการทำงานของไทเมอร์1 (Timer1) โดยถ้าทำการเซตที่บิตนี้ให้เป็นสถานะลอจิกเป็น “1” (SETB TR1) จะควบคุมให้ไทเมอร์1 (Timer1) เริ่มทำงานและถ้าเคลียร์ให้บิตนี้เป็นสถานะลอจิก “0” (CLR TR1) จะทำการควบคุมให้ไทเมอร์1(Timer1) หยุดทำงาน

TF0 : TCON.5 (Timer0 Overflow Flag)

ทำหน้าที่เป็นแฟล็กซึ่งจะแสดงสถานะลอจิกเป็น “1” เมื่อเกิดค่านับเกิน (Overflow) ที่ ไทเมอร์0 (Timer0) และจะกระโดดไปทำโปรแกรมการตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ซึ่งอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้นที่แอดเดรส 000BH ของหน่วยความจำโปรแกรม และบิตนี้จะถูกเคลียร์ให้เป็น “0” อัตโนมัตินี้โดยทางฮาร์ดแวร์

TR0 : TCON.4 (Timer0 run control bit)

เป็นบิตควบคุมการทำงานของไทเมอร์0 (Timer0) โดยถ้าทำการเซตที่บิตนี้ให้เป็นสถานะลอจิก “1” (SETB TR0) จะเป็นการควบคุมให้ ไทเมอร์0 (Timer0) เริ่มทำงาน และถ้าทำการเคลียร์ให้บิตนี้เป็นสถานะลอจิก “0” (CLR TR0) จะทำการควบคุมให้ไทเมอร์0(Timer0)หยุดทำงาน

3.3.2 รีจิสเตอร์ TMOD (Timer/Counter Mode Control Register)

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Symbol	T1GATE	T1C/T	T1M1	T1M0	T0GATE	T0C/T	T0M1	T0M0

ตารางที่ 3.2 แสดงรายละเอียดของรีจิสเตอร์ TMOD

เป็นรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (Special function register) ที่อยู่ในตำแหน่งแอดเดรส 89H เป็นรีจิสเตอร์ที่มีขนาด 8 บิต และรีจิสเตอร์ TMOD ไม่สามารถที่อ้างถึงแอดเดรสในระดับบิตได้ ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการโอนย้ายข้อมูลขนาด 8 บิต ให้กับรีจิสเตอร์นี้โดยตรง ในสภาวะเริ่มต้นของไมโครคอนโทรลเลอร์หลังการรีเซต จะกำหนดให้ค่าของรีจิสเตอร์ TMOD มีค่า 00000000 เป็นค่าเริ่มต้น หน้าที่ของรีจิสเตอร์ TMOD จะใช้งานในการควบคุมโหมดการทำงาน และสัญญาณการควบคุมการทำงานของ Timer0 และ Timer1

GATE : (Gate Control When Set)

เป็นบิตที่ใช้เลือกลักษณะการควบคุมการทำงานในส่วนของไทมเมอร์ 0 (Timer0) และ ไทมเมอร์ 1 (Timer1) โดยการกำหนดที่สถานะลอจิกของบิตดังนี้

กำหนด GATE = 0 เป็นการกำหนดให้สถานะของบิตนี้มีค่าเป็นลอจิก “0” จะทำให้ Timer0 (Timer1) ทำงาน โดยจะถูกควบคุมจากบิต TR0 (TR1) ในรีจิสเตอร์ TCON ซึ่งเป็นการควบคุมทางซอฟต์แวร์ (Software) กำหนด GATE = 1 เป็นการกำหนดให้สถานะของบิตนี้มีค่าเป็นลอจิก “1” จะทำให้ Timer0 (Timer1) ทำงาน โดยจะถูกควบคุมจากภายนอกที่ขาอินเทอร์รัพท์ INTO (INT1) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะเป็นเป็นการควบคุมทางฮาร์ดแวร์ (Hardware)

C/T : (Timer or Counter selector)

เป็นการกำหนดฟังก์ชันการทำงานของไทมเมอร์ (Timer) โดยกำหนดสถานะลอจิกของบิตนี้ โดยเลือกว่าจะให้ เป็น Counter หรือ Timer หากกำหนดให้สถานะลอจิกของบิตเป็น “0” ก็จะเป็นการเลือกให้เป็นไทมเมอร์ (Timer) เป็นลักษณะของตัวตั้งเวลาโดยใช้สัญญาณนาฬิกาจาก

ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เอง และถ้าหากกำหนดสถานะที่บิตนี้ให้เป็นลอจิก “1” ก็จะเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการกำหนดการนับ (Counter) โดยให้ทำการรับสัญญาณจากอินพุตภายนอกที่ขา T0 และ T1

M1, M0 : (Mode Selector Bit)

เป็นการกำหนดโหมดการทำงานของ Counter และ Timer ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 โหมดด้วยกัน

3.3.2.1 การทำงานของไทมเมอร์ (Timer) ในโหมด 0

การทำงานของไทมเมอร์ในโหมด 0 ค่าของการนับจะใช้งานเพียง 13 บิต โดยการนำเอาข้อมูลในรีจิสเตอร์ TLx มาใช้งานเพียง 5 บิต และข้อมูลในรีจิสเตอร์ THx อีก 8 บิต รวมกันเป็น 13 บิตซึ่งจะอยู่ในช่วง 0000H-1FFFH (TLx= 00 -1FH , THx=00- FFH) หรือ 0 - 8,192 วิธีการใช้งาน ให้ทำการนับให้เกิน 8,192 ค่าก็จะทำให้ บิตแสดงสถานะเกิน(Over flow flag) TF0,TF1 ทำการเซตบิตไมโครคอนโทรลเลอร์ ก็จะรู้ว่าเกิดการนับครบค่าที่กำหนดแล้ว ในวิธีการนับเราจะเริ่มนับที่รีจิสเตอร์ TLx ในส่วน 5 บิตก่อนให้ครบ 31 ครั้ง (25 หรือ XXX0000B - XXX1111B) หลังจากนั้นเมื่อทำการนับครั้งที่ 32 จะทำการเพิ่มค่าที่ THx ขึ้นอีกหนึ่งค่า ดังนั้นอัตราส่วนระหว่าง THx และ TLx จึงเป็น 1 : 32

3.3.2.2 การทำงานของ Timer/Counter ในโหมด 1

การทำงานของโหมด 1 จะมีลักษณะการทำงานคล้ายกับโหมด 0 เพียงแต่ค่าของการนับในโหมด 1 จะมีได้ถึง 16 บิต โดยการนำเอาข้อมูลในรีจิสเตอร์ TLO กับ TH0 หรือ รีจิสเตอร์ TL1 กับ TH1 ที่มีขนาดตัวละ 8 บิตมารวมกัน เพื่อให้ได้ รีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ซึ่งค่าของการนับจะอยู่ในช่วง 0000H - FFFFH หรือ 0 - 65,536 ตำแหน่ง วิธีการใช้งานจะให้นับไปจนครบรอบโดยให้ค่าของการนับเปลี่ยนจาก FFFFH เป็น 0000H หรือให้นับเกินค่า 65,536 ก็จะทำให้บิต TFX ซึ่งจะแสดงสถานะค่านับเกิน (Over flow flag) ในรีจิสเตอร์ TCON ทำการเซตบิตเป็นลอจิก “1” ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะรู้ว่ามีการนับครบกำหนดแล้ว แสดงการทำงานของ Timer/Counter ในโหมด 1 (16 บิต)

3.3.2.3 การทำงานของ Timer/Counter ในโหมด 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการทำงานของโหมด 2 จะเป็นแบบโหลดค่าข้อมูลใหม่ในการเริ่มนับ หรือตั้งเวลาอัตโนมัติ (Auto reloads mode) การใช้งานในโหมดนี้จะแยกรีจิสเตอร์ใหม่เมอร์ออกเป็น 2 ตัว ซึ่งมีขนาดตัวเลข 8 บิต การเก็บค่าเริ่มต้นการนับจะกำหนดให้อยู่ในข้อมูลของรีจิสเตอร์ THx ค่าของการนับสูงสุดคือ 256 ครั้ง ($THx = 00$) ในขณะที่ Timer ทำงานรีจิสเตอร์ TLx ก็จะทำให้หน้าที่เป็นตัวนับค่าข้อมูลซึ่งมีขนาด 8 บิต โดยนำค่าเริ่มต้นที่จะนับมาจากค่าข้อมูลในรีจิสเตอร์ THx ดังนั้นค่าข้อมูลที่อยู่ในรีจิสเตอร์ TLx จะถูกเพิ่มขึ้นทุกเมกซ์ซินไซเคิลจนมีค่าข้อมูลถึง FF เมื่อนับต่ออีก 1 เมกซ์ซินไซเคิล ก็จะวนกลับไป 00 อีกครั้ง ซึ่งก็คือค่านับเกิน (Over flow) นั้นเอง ทำให้แฟล็ก TFO (หรือ TF1) ถูกเซตเป็นลอจิก 1 และหลังจากนั้นค่าข้อมูลเดิมที่อยู่ในรีจิสเตอร์ THx ก็จะถูกนำไปกำหนดให้กับข้อมูลในรีจิสเตอร์ TLx ใหม่อีกครั้ง เพื่อเป็นค่าเริ่มต้นของการนับในรอบต่อไปอีก การทำงานจะเป็นเช่นนี้ตลอดไป (ที่เราเรียกว่า Auto reload) ส่วนของแฟล็ก TFx จะถูกเคลียร์โดยอัตโนมัติเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์กระโดดไปทำโปรแกรมตอบสนองอินเทอร์รัพต์ของ Timer ในแต่ละรอบ

3.3.2.4 การทำงานของTimer/Counter ในโหมด 3

ลักษณะการทำงานของโหมด 3 นั้น จะแบ่งการใช้งานของ Timer0 และ Timer1 ออกจากกัน โดยการใช้งาน Timer 0 เราก็จะแยกรีจิสเตอร์ TH0 และ TLO ทำให้เกิดเป็นตัวนับ 2 ตัวทำงานอิสระต่อกัน และให้ใช้งานได้เพียงแค่ 8 บิตเท่านั้น ที่รีจิสเตอร์ TLO จะสามารถเลือกการทำงานทั้ง โหมดตั้งเวลา (Timer) และ โหมดตัวนับ (Counter) ได้ตามปกติ ตัวนับที่รีจิสเตอร์ TLO จะใช้บิตควบคุมการทำงานของ Timer 0 โดยการกำหนดที่บิต C/T , Gate , TR0 , INT0 และแฟล็ก TFO เป็นตัวควบคุมการทำงานขณะเกิดค่านับเกิน (Over flow) ส่วนการทำงานของ Timer1 จะไม่มีการทำงานในโหมด 3 แต่เราจะใช้งานในส่วนของบิต TF1 และบิต TR1 เป็น ตัวควบคุมการทำงานร่วมกับรีจิสเตอร์ TH0 (Timer0) แทน ในการใช้งานเราจะกำหนดให้เป็นส่วนของตัวตั้งเวลาเท่านั้น (นับค่าของเมกซ์ซินไซเคิลจากความถี่ภายในไอซี) โดยกำหนดให้บิต TR1 มีค่าเป็นสถานะลอจิก “1” ตัวนับ TH0 ก็จะเริ่มทำการนับ และเมื่อค่าข้อมูลของ TH0 เกิดค่านับเกิน (ค่าใน TH0 กลับไปเป็นค่า 00H อีก) จะทำให้ บิต TF1 เกิดการเซตค่าเป็นสถานะลอจิก “1” ซึ่งเป็นการร้องขอการอินเทอร์รัพต์ต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังนั้นการใช้งาน Counter/Timer ในโหมดที่ 3 จึงเหมือนกับว่าไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ มี Counter/Timer อยู่ถึง 4 ชุด

M1	M0	Operating mode	
0	0	0	8048 timer 'TLx' serves as 5-bit prescaler
0	1	1	16-bit Timer/Counter 'THx' and 'TLx' are cascaded; there is no prescaler
1	0	2	8-bit auto-reload Timer/Counter 'THx' holds a value which is to be reloaded into 'TLx' each time it overflows.
1	1	3	(Timer 0) TL0 is an 8-bit Timer/Counter controlled by the standard Timer 0 control bits, TH0 is an 8-bit timer only controlled by Timer 1 control bits
1	1	3	(Timer 1) Timer/Counter 1 stopped.

ตารางที่ 3.3 กำหนดโหมดการทำงานของ TIMER COUNTER 0 และ 1

3.4 การเขียนโปรแกรมอินเทอร์รัปต์ (INTERRUPT)

อุปกรณ์ภายนอกสามารถติดต่อกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ได้สองวิธีคือการติดต่อแบบ Polling ที่ CPU ต้องคอยตรวจสอบอุปกรณ์อินพุตอยู่ตลอดเวลา และการอินเทอร์รัปต์ โดยที่ CPU ไม่ต้องคอยไปตรวจสอบอุปกรณ์อินพุตเอาที่พูด ถ้าอุปกรณ์ตัวใดต้องการติดต่อกับ CPU อุปกรณ์ตัวนั้นจะส่งสัญญาณมาบอก CPU เอง การใช้อินเทอร์รัปต์จะช่วยลดการทำงานของ CPU หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ลงได้มาก

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะมีการอินเทอร์รัปต์อยู่ 2 ประเภทคือ สัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่เข้ามาทาง INT0 และ INT1 และสัญญาณอินเทอร์รัปต์ภายในที่เกิดจากไทมเมอร์ 0 และ ไทมเมอร์ 1 และพอร์ตอนุกรม เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกอินเทอร์รัปต์ เมื่อทำการโปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัปต์จบแล้วจะกลับมาทำงานค้างอยู่ต่อไป การใช้อินเทอร์รัปต์ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะมี Register ที่เกี่ยวข้องอยู่ 3 ตัว

3.4.1 IE (Interrupt Enable) ใช้ในการกำหนดว่าจะยอมให้อินเทอร์รัปต์จากตำแหน่งใดได้บ้าง โดยรายละเอียดเป็นดังนี้

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0
Symbol	EA	EC	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดของรีจิสเตอร์ IE

EA ถ้าเป็นลอจิก "1" หมายความว่าให้อินเทอร์รัปต์ได้

ET2 ถ้าเป็นลอจิก "1" หมายความว่าให้ไทมเมอร์ 2 สามารถอินเทอร์รัปต์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ES ถ้าเป็นลอจิก "1" หมายความว่าอินเทอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรมได้
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ET1	ถ้าเป็นลอจิก “1” หมายความว่าให้ไทเมอร์ 1 สามารถอินเทอร์รัปต์ได้
EX1	ถ้าเป็นลอจิก “1” หมายความว่าให้สามารถอินเทอร์รัปต์จากภายนอกผ่านทาง INT0 ได้
ET0	ถ้าเป็นลอจิก “1” หมายความว่าให้ไทเมอร์ 0 สามารถอินเทอร์รัปต์ได้
EX0	ถ้าเป็นลอจิก “1” หมายความว่าให้สามารถอินเทอร์รัปต์จากภายนอกผ่านทาง INT1 ได้

3.4.2 IP (Interrupt Priority) ใช้กำหนดลำดับของการอินเทอร์รัปต์ กรณีที่เกิดการอินเทอร์รัปต์จากหลายๆแหล่งพร้อมๆกัน

3.4.3 TCON (Timer Control Register) นอกจากใช้ควบคุม ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ แล้ว ยังใช้ในการอินเทอร์รัปต์ด้วย โดยมีรายละเอียดดังนี้

TF1 เป็นบิต โอเวอร์โฟลว(Over flow) ของไทเมอร์ 1 จะเป็นลอจิก “1” เมื่อไทเมอร์เกิดโอเวอร์โฟลว และบิตนี้สามารถอินเทอร์รัปต์ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ เมื่อทำการโปรแกรมการตอบสนองการอินเทอร์รัปต์จบ บิต TF1 นี้จะกลับมาเป็นลอจิก “0”

IE1 เป็นบิตแสดงการอินเทอร์รัปต์ทางฮาร์ดแวร์ที่เข้ามาทาง INT1

IT1 ใช้ในการกำหนดรูปแบบสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากภายนอกที่เข้ามาทางขา INT1 ว่ามีลักษณะใด ถ้าเป็น “1” หมายความว่า จะเกิดการอินเทอร์รัปต์เมื่อมีสัญญาณขอบเขาลงเข้ามา ถ้าเป็นลอจิก “0” หมายความว่า จะเกิดจากการอินเทอร์รัปต์เมื่อมีระดับลอจิก “0”

IE0 ใช้งานเหมือน IE1 แต่จะใช้กับ INT0

IT0 ใช้งานเหมือนกับ IT1 แต่จะใช้กับ INT0

ถ้าหากเขียนโปรแกรมสำหรับการอินเทอร์รัปต์ด้วยภาษาแอสเซมบลี (Assembly Language) โปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัปต์ที่เกิดจากสัญญาณอินเทอร์รัปต์จากแหล่งใด จะต้องนำโปรแกรมไปเก็บในตำแหน่งนั้นที่เรียกว่า “อินเทอร์รัปต์เวกเตอร์(Interrupt vector)”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่สำหรับการเขียน โปรแกรมด้วยภาษาซีนั้น โปรแกรมตอบสนองการอินเทอร์รัปต์จะเขียนเหมือนฟังก์ชันทั่วไป แต่จะใช้คำว่า “interrupt” และหมายเลขอินเทอร์รัปต์ต่อท้ายฟังก์ชันนั้น โดยหมายเลขอินเทอร์รัปต์ของอินเทอร์รัปต์แต่ละตัวจะเป็นดังนี้

แหล่งกำเนิดสัญญาณอินเทอร์รัปต์	หมายเลขอินเทอร์รัปต์
อินเทอร์รัปต์จากภายนอก (IE0)	0
อินเทอร์รัปต์จากไทมเมอร์0 (TF0)	1
อินเทอร์รัปต์จากภายนอก (IE1)	2
อินเทอร์รัปต์จากไทมเมอร์1 (TF1)	3
อินเทอร์รัปต์จากพอร์ตอนุกรม	4



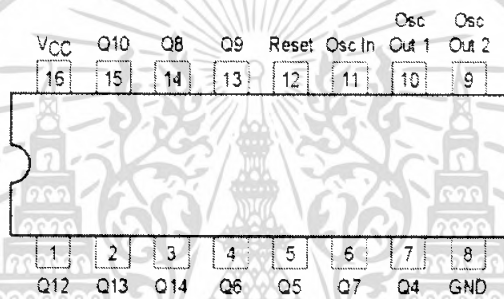
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบวงจร

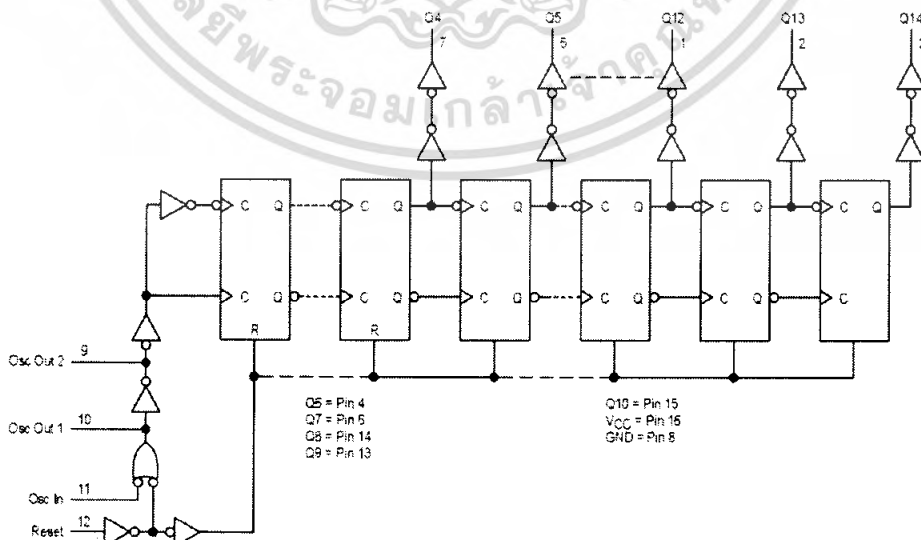
4.1 วงจรสร้างความถี่

วงจรจะใช้ไอซีสร้างสัญญาณความถี่ เพื่อทำหน้าที่สร้างความถี่ที่ใช้เป็นสัญญาณกระตุ้นการทำงานของวงจรส่วนอื่นและความถี่ที่ใช้ในการทำหน้าที่ควบคุมการสะสมและปล่อยพลังงานออกไปยังเอาต์พุต วงจรส่วนนี้จะใช้ไอซีเบอร์ 74HC4060 ทำหน้าที่สร้างความถี่กระตุ้นการทำงานของวงจรส่วนอื่น โดยไอซีเบอร์นี้จะสร้างความถี่ขึ้นมาจากคริสตัลที่ป้อนให้กับไอซีโดยสร้างสัญญาณความถี่แบบต่อเนื่องออกมาซึ่งเอาต์พุต สามารถเลือกใช้งานความถี่ของสัญญาณโดยเลือกที่ขาเอาต์พุตของไอซี



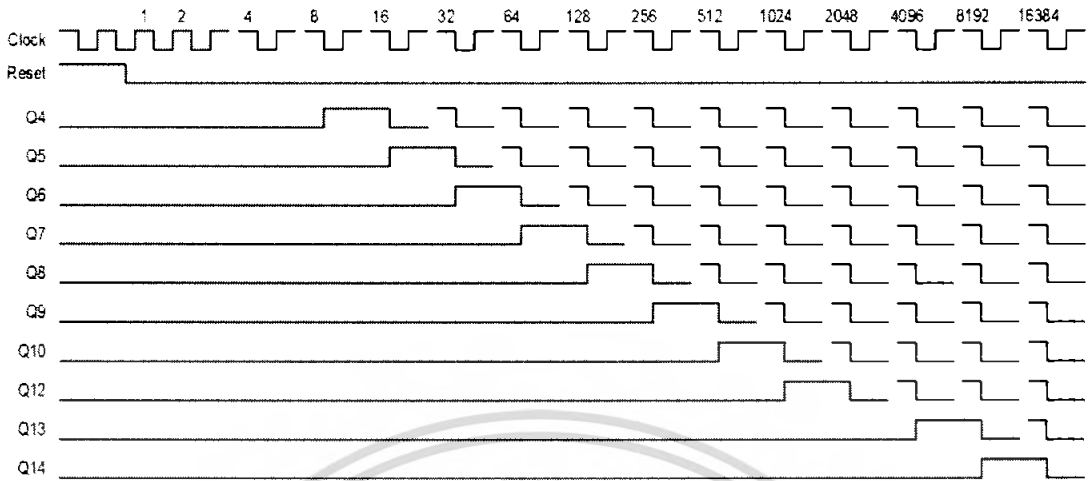
รูปที่ 4.1 แสดงขาของไอซีเบอร์ MC74HC4060

โดยภายในไอซีจะประกอบไปด้วย flip-flop 14 ตัว และตัวกำเนิดความถี่ที่ถูกควบคุมโดยคริสตัลหรือ วงจร RC เอาต์พุตของ flip-flop แต่ละตัวจะป้อนให้กับ flip-flop ตัวที่อยู่ถัดไป และความถี่ที่เอาต์พุตของ flip-flop แต่ละตัวจะมีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของตัวที่อยู่ก่อนหน้า



รูปที่ 4.2 แสดง block logic diagram ภายในไอซี 74HC4060

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 แสดงความถี่ของสัญญาณเอาต์พุตที่ออกมาจากไอซีแต่ละขา โดยที่เอาต์พุตแต่ละตัวจะถูกหารความถี่โดย 2^N N คือ ตำแหน่งเอาต์พุตตัวที่ต้องการโดยไอซีตัวนี้ จะเริ่มใช้ N ตำแหน่งที่ 4 เป็นตำแหน่งแรก ซึ่งความถี่ในช่วงที่ต้องการใช้งานมีค่า 2 MHz และ 1MHz ดังนั้นสามารถคำนวณหาค่าของคริสตัลที่ใช้งานได้โดย

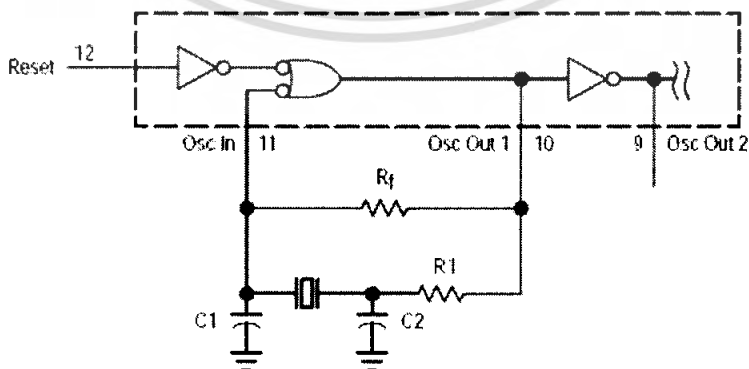
$$F_{crystals} = F_{max} * 2^4$$

โดยที่ $F_{crystals}$ คือ ค่าความถี่ของ crystal ที่ใช้

F_{max} คือ ค่าความถี่สูงสุดของเอาต์พุตที่ต้องการ

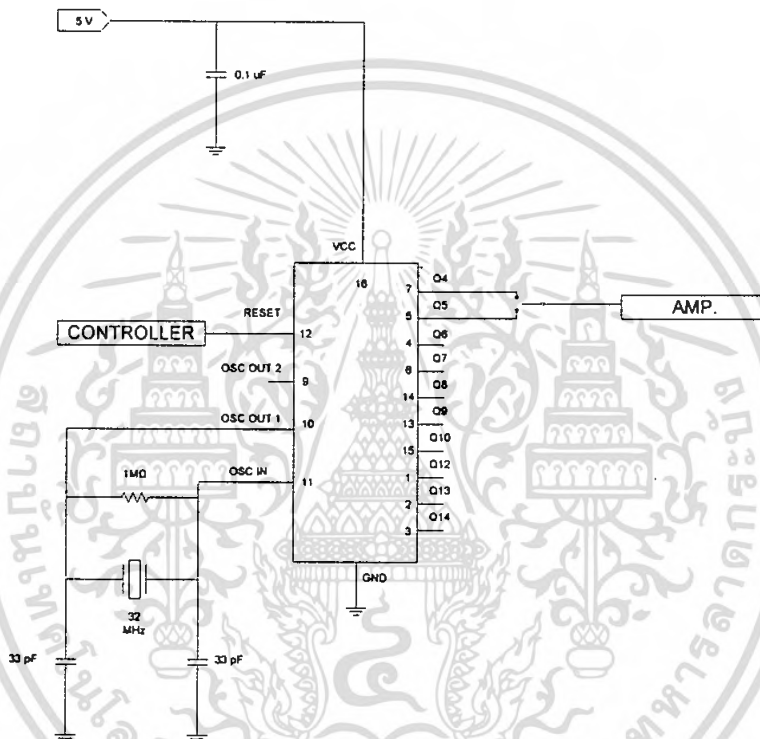
จากสมการพบว่าค่าความถี่สูงสุดที่ต้องการคือ 2MHz ดังนั้นสามารถหาค่าของคริสตัลที่ต้องการได้โดยแทนค่าลงในสมการจะได้

$$\begin{aligned} F_{crystals} &= 2\text{MHz} * 2^4 \\ &= 2\text{MHz} * 16 \\ &= 32 \text{MHz} \end{aligned}$$



รูปที่ 4.4 แสดงการต่อคริสตัลกำเนิดสัญญาณภายนอก

ค่าของ R_f โดยทั่วไปจะมีค่าสูงถึง $20M\Omega$ โดยที่ R_f จะแสดงถึงแบนด์วิธและ gain ของตัวขยาย ซึ่งค่าของ R_f จะต้องมีขนาดใหญ่มากพอที่จะไม่มีผลต่อเฟสของระบบที่ป้อนย้อนกลับมากนัก ในส่วนของ R_1 คือตัวจำกัดระดับของพลังงานที่สูญเสียเนื่องจากค่าของความต้านทานในคริสตอล เมื่อเพิ่มค่าของแรงดันกันที่จ่ายเข้าไปให้กับไอซีจะทำให้ค่าสูงสุดของแรงดันของควมถี่ที่เอาต์พุตมีค่าเพิ่มขึ้นตามแรงดันที่จ่ายให้กับไอซี แต่ควมถี่ที่ได้จะ ไม่มีเสถียรภาพคั่นนั้นจึงต้องลดการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน โดย R_1



รูปที่ 4.5 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณโดยใช้ไอซีเบอร์ 74HC4060

4.2 ส่วนควบคุมสัญญาณ

จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (AT89C51ED2) ในการควบคุมการทำงาน โดยมีรายละเอียดดังนี้

- ควบคุมช่วงหยุดของสัญญาณ (burst duration) ซึ่งจะมีผลต่อความเสียหายของเนื้อเยื่อ โดยใช้ Timer1 ใน Mode ที่ 2 ในการควบคุมคาบเวลาของสัญญาณ ที่จะส่งไป enable MC74HC4060 โดยให้มีช่วงหยุดของสัญญาณ 1s , 1.5s , 2s
- ไมโครคอนโทรลเลอร์เลือกใช้ใน mode 12 machine cycle ดังนั้นเวลาแต่ละ Machine Cycle จะเท่ากับ $1.085\mu s$

สำหรับช่วงหยุดของสัญญาณ 1s จะต้องให้ไทมเมอร์นับจำนวน Machine Cycle เท่ากับ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{1s}{1.085\mu s} = 921659 \text{ Machin Cycle}$$

แต่เนื่องจากให้ไทมเมอร์ทำงานใน Mode 2 ดังนั้น TH1 จะมีค่าสูงสุดคือ 256

ดังนั้นจึงให้ TH1 = 164 (นับ 92 รอบ) โดย Interrupt แล้ววนรอบ 10000 รอบ จึงจะกลับค่า bit ซึ่งจะได้ช่วงหยุด 1s พอดี

กำหนดค่าของรีจิสเตอร์ TH1

สำหรับช่วงหยุดของสัญญาณ 1.5s จะต้องให้ไทมเมอร์นับจำนวน Machine Cycle เท่ากับ

$$\frac{1.5s}{1.085\mu s} = 1382488 \text{ Machin Cycle}$$

แต่เนื่องจากให้ไทมเมอร์ทำงานใน Mode 2 ดังนั้น TH1 จะมีค่าสูงสุดคือ 256

ดังนั้นจึงให้ TH1 = 118 (นับ 138 รอบ) โดย Interrupt แล้ววนรอบ 10000 รอบ จึงจะกลับค่า bit ซึ่งจะได้ช่วงหยุด 1.5s พอดี

สำหรับช่วงหยุดของสัญญาณ 2s จะต้องให้ไทมเมอร์นับจำนวน Machine Cycle เท่ากับ

$$\frac{2s}{1.085\mu s} = 1843317 \text{ Machin Cycle}$$

แต่เนื่องจากให้ไทมเมอร์ทำงานใน Mode 2 ดังนั้น TH1 จะมีค่าสูงสุดคือ 256

ดังนั้นจึงให้ TH1 = 72 (นับ 184 รอบ) โดย Interrupt แล้ววนรอบ 10000 รอบ จึงจะกลับค่า bit ซึ่งจะได้ช่วงหยุด 2s พอดี

สำหรับโหมดต่อเนื่องจำเป็นต้องให้ค่าที่ port เอาท์พุท เป็น ลอจิกสูง (Logic 1) เพื่อ enable MC74HC4060 ตลอดเวลา

- ควบคุมระยะเวลาในการปล่อยสัญญาณ โดยใช้ Timer ในการจับเวลา โดยออกแบบให้มีการแสดงผลเวลาที่สองหลักแรก และ วินาทีสองหลักสุดท้าย และจะต้องให้การแสดงผลเวลาที่มีการเปลี่ยนแปลงทุกๆวินาที โดยการจับเวลาจะใช้การอินเทอร์รัปต์จากไทมเมอร์ สำหรับใน โปรแกรมจะประกาศตัวแปรชื่อ sec,min สำหรับเก็บค่าเวลาเป็นนาที วินาที

ให้ microcontroller จับเวลา 10 ms โดย $\frac{10ms}{1.085\mu s} = 9217 \text{ Machine cycle}$

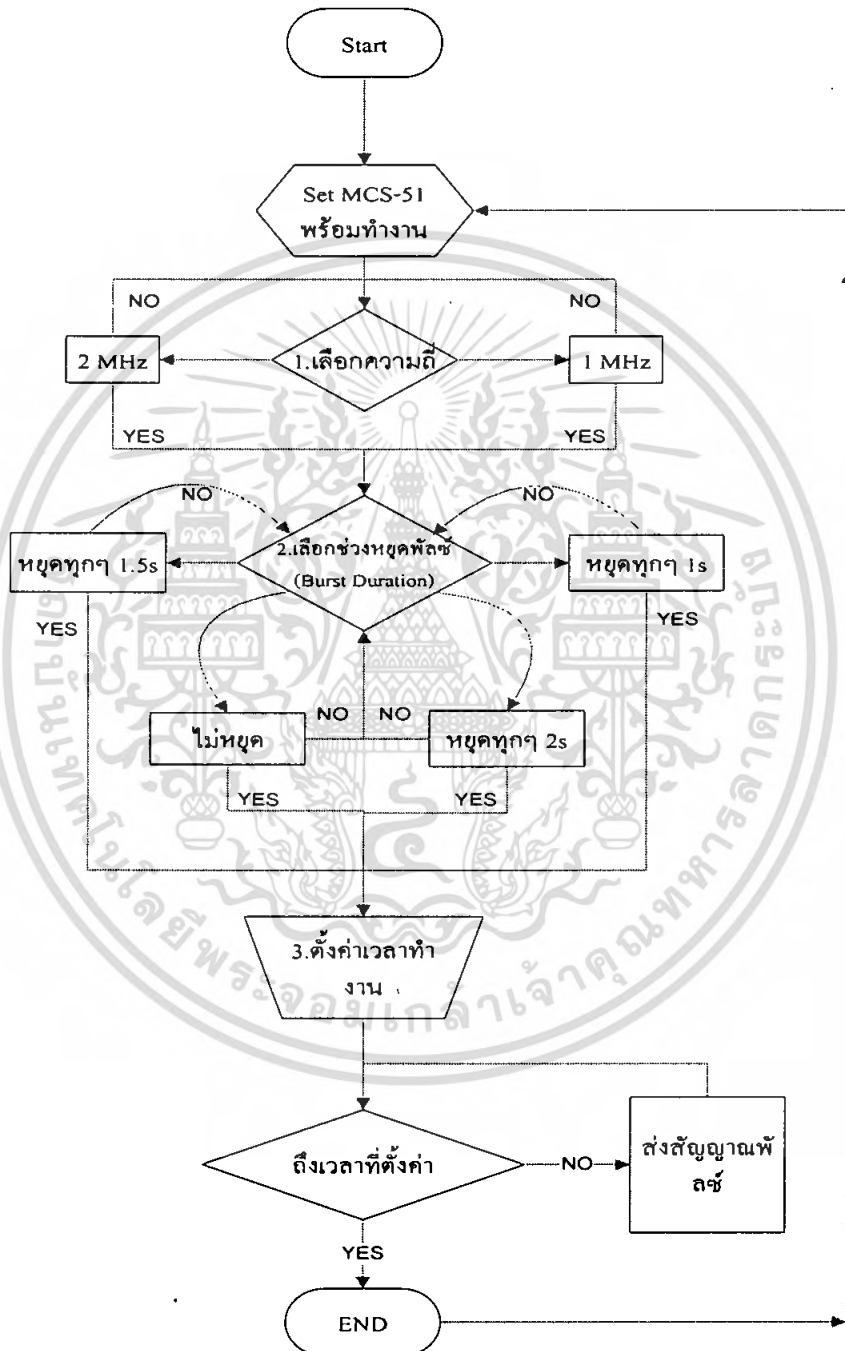
ดังนั้นค่าเริ่มต้นที่จะ โปรแกรมให้ไทมเมอร์จะเท่ากับ $65536 - 9217 = 56319$

และนำไปโปรแกรมในรีจิสเตอร์ ได้ดังนี้ TH0 = 0xDB TL0 = 0xFF

ใช้โปรแกรมการอินเทอร์รัปต์เมื่ออินเทอร์รัปต์ครบ 100 รอบจะเท่ากับเวลา 1s ให้โปรแกรมทำการเปลี่ยนค่าเวลาวินาที และเมื่อวินาทีเปลี่ยนจาก 59 เป็น 00 ให้โปรแกรมเปลี่ยนค่านาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ควบคุมความถี่ของพัลส์ โดยใช้ microcontroller ไปควบคุม Analog Switch โดยมี ผังการทำงาน(Flow Chart) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ดังนี้

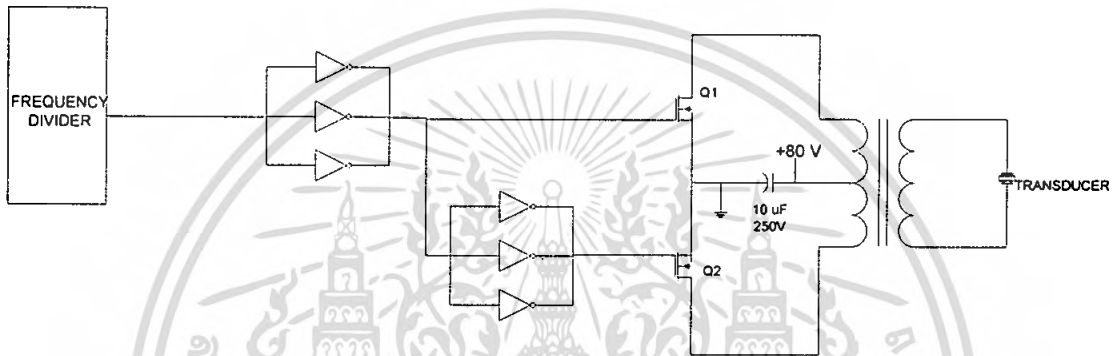


รูปที่ 4.6 Flow Chart

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

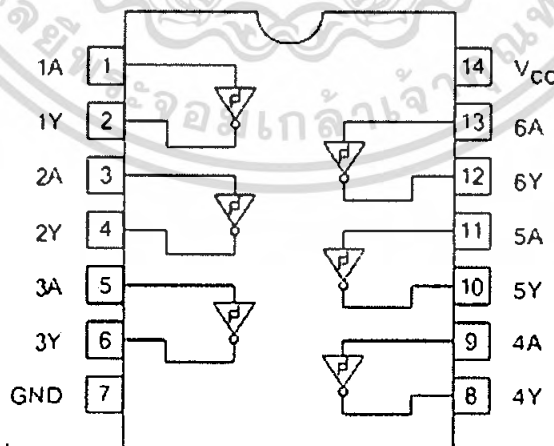
4.3 วงจรขับเคลื่อนทรานสดิวเซอร์

ในส่วนของวงจรขับเคลื่อนทรานสดิวเซอร์จะเป็นส่วนที่ป้อนแรงดัน ไฟสลับแรงดันสูงที่ สัญญาณความถี่ 1 MHz และ 2MHz ให้กับทรานสดิวเซอร์ซึ่งจะเป็นวงจรขับเคลื่อนในลักษณะ วงจรขยายคลาส B ดังรูป



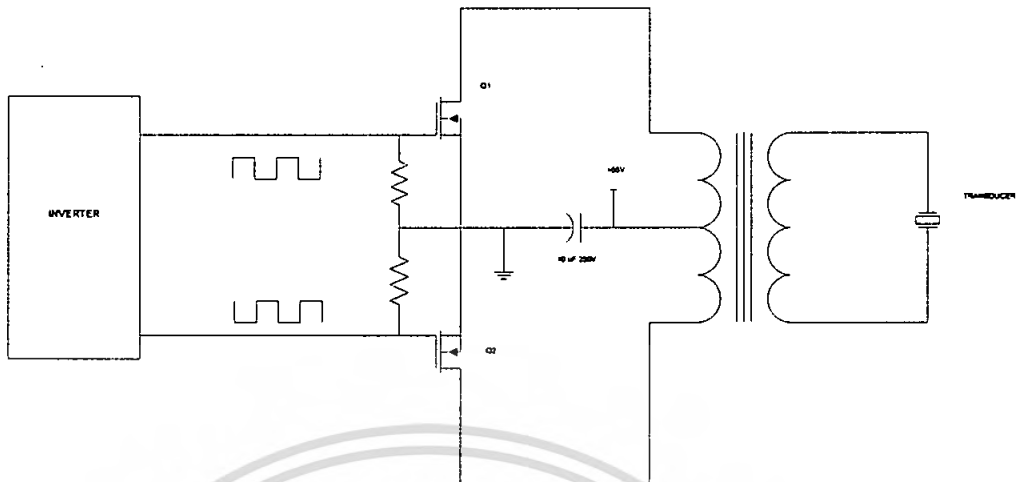
รูปที่ 4.7 แสดงวงจรส่วนขับเคลื่อนทรานสดิวเซอร์

วงจรนี้จะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ ส่วนแรกเป็นส่วนที่ใช้ป้อนสัญญาณ ความถี่เพื่อใช้สำหรับควบคุมทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 ในส่วนนี้จะได้รับสัญญาณมาจากส่วนที่ สร้างความถี่จากนั้นสัญญาณความถี่จะถูกป้อนเข้าสู่ตัว inverter โดยใช้ไอซี logic gate เบอร์ 74LS04 ภายในจะประกอบด้วย not gate ทั้งหมด 6 ตัว



รูปที่ 4.8 แสดงส่วนประกอบภายในของไอซีเบอร์ 74LS04

เพื่อแบ่งสัญญาณออกเป็น 2 ส่วน ทั้งสองส่วนนี้จะแปลงสัญญาณให้มีเฟสตรงข้ามกัน 180 องศา เพื่อนำไปควบคุมทรานซิสเตอร์ให้สลับกันทำงาน



รูปที่ 4.9 แสดงส่วนขยายแรงขับเคลื่อนทรานซิสเตอร์

ส่วนที่สองจะเป็นส่วนจ่ายไฟสัญญาณแรงดันสูงให้กับทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์ Q1 และ Q2 จะสลับกันทำงานคนละครึ่งช่วงเพื่อทำหน้าที่ในการจ่ายแรงดันไฟกลับไปยังทรานซิสเตอร์ โดยทำการป้อนสัญญาณเข้าสู่ขาเกจของตัวทรานซิสเตอร์เพื่อเป็นการกระตุ้นการทำงานของตัวทรานซิสเตอร์ ในการจ่ายไฟให้กับหม้อแปลงเพื่อให้สัญญาณมีขนาดสูงมากพอเพื่อใช้ในการขับเคลื่อนทรานซิสเตอร์ให้ทำงาน

เมื่อทรานซิสเตอร์ Q1 ทำงาน ทรานซิสเตอร์ Q2 จะไม่ทำงานเพราะแรงดันที่ขาเกจเป็น 0 ทำให้ไม่มีกระแสไหลผ่านทรานซิสเตอร์ Q2 แต่จะมีกระแสไหลผ่าน ทรานซิสเตอร์ Q1 แทน เนื่องจากแรงดันที่ขาเกจมีค่ามากกว่าแรงดันขีดเริ่มของทรานซิสเตอร์ทำให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน จึงมีกระแสไหลผ่านหม้อแปลงทางด้านทรานซิสเตอร์ Q1 ในทำนองเดียวกันทรานซิสเตอร์ Q2 จะทำงานในอีกช่วงเวลาซึ่งทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวจะสลับกันทำงานจนกระทั่งไม่มีสัญญาณที่ขาเกจทั้งสองตัว ทรานซิสเตอร์ทั้งสองตัวจะหยุดทำงานทำให้ไม่มีกระแสไหลผ่านหม้อแปลง ซึ่งหม้อแปลงไม่สามารถแปลงแรงดันไฟฟ้าได้ทำให้ไม่มีสัญญาณด้านเอาต์พุตไปขับเคลื่อนทรานซิสเตอร์

4.3.1 การออกแบบหม้อแปลง

การออกแบบหม้อแปลงที่ความถี่อัลตราโซนิคจะใช้แกนที่ทำจากสารเฟอร์ไรต์ซึ่งหาได้ง่าย และมีราคาถูกแต่การออกแบบต้องใช้ความระมัดระวังในการออกแบบ โดยสามารถแบ่งขั้นตอนการออกแบบได้ดังนี้

ขั้นที่ 1 หาอัตราส่วนของขดลวด:

สามารถหาอัตราส่วนของขดลวดได้จากสมการ

$$E_s = E_p (N_s / N_p)$$

โดยที่ E_s คือ แรงดันด้านขาเข้าของขดลวด

E_p คือ แรงดันด้านขาออกของขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

N_s คือ จำนวนขดลวดด้านขาออกของหม้อแปลง

N_p คือจำนวนขดลวดด้านขาเข้าของหม้อแปลง

ขั้นที่ 2 เลือกขนาดและสารที่ใช้สร้างแกนของหม้อแปลง

ในการเลือกแกนของหม้อแปลงสามารถเลือกดูได้จาก datasheet ของแกนหม้อแปลง โดยที่ขนาดและลักษณะของแกนควรที่จะเหมาะสมกับพลังงานส่งผ่านที่ต้องการ

ขั้นที่ 3 คำนวณจำนวนของขดลวดด้านขาเข้าและขาออก

การคำนวณหารจำนวนขดลวดสามารถหาได้จากกฎของฟาราเดย์

$$N = V / (f * B * A_e)$$

โดยที่ N คือ จำนวนรอบของขดลวด

V คือ ค่าของแรงเคลื่อนไฟฟ้า (V)

f คือ ความถี่ที่ใช้ (Hz)

B คือ ค่าความหนาแน่นของแกนแม่เหล็กสูงสุด (Tesla)

A_e คือ พื้นที่หน้าตัดของแกน (mm^2)

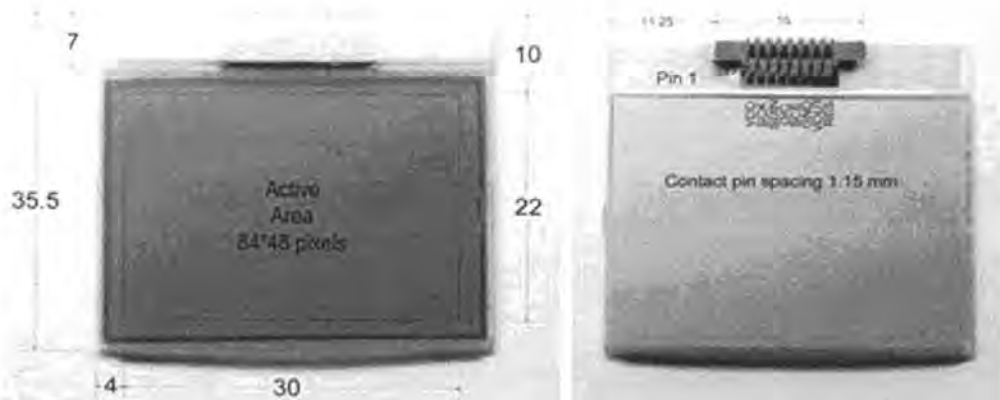
ขั้นที่ 4 เลือกขนาดของเส้นลวด

เพื่อประสิทธิภาพและการสูญเสียที่น้อยที่สุด ดังนั้นการสูญเสียภายในทองแดงต้องเท่ากับในแกนแต่ในหม้อแปลงที่ใช้จะเป็นหม้อแปลงที่มีการสูญเสียน้อย ดังนั้นจะยกเว้นการคำนวณในส่วนนี้ซึ่งจะมีการคำนวณที่ซับซ้อนและไม่ค่อยมีผลมากนัก

4.4 ส่วนแสดงผล LCD Nokia 3310

ในส่วนของการแสดงผลการควบคุมการทำงานของระบบจะใช้หน้าจอแสดงผล LCD 3310 NOKIA ซึ่งผลิตโดย Philips Semiconductor โดยมีไอซี PCD8544 รวมอยู่แล้วในตัวเดียว การติดต่อจะใช้รูปแบบของ SPI communication ซึ่งย่อมาจาก Serial Peripheral Interface

38.5



รูปที่ 4.10 ขนาดของ LCD 3310

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบุคคลที่งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

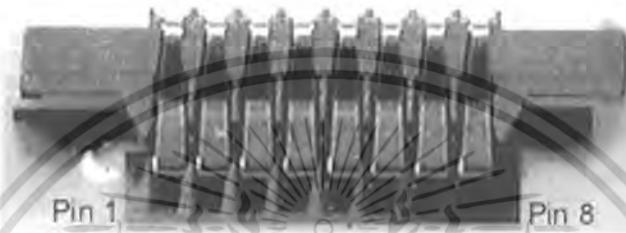
ขนาดของ LCD 3310 หน่วยในรูปเป็น มิลลิเมตร (mm)

ทั้งชั้นอุปกรณ์มีความ กว้าง × ยาว = 38.5 mm × 35.5 mm

ตัวหน้าจอแสดงผล กว้าง × ยาว = 30 mm × 22 mm

โดยมีความละเอียดหน้าจอ (resolution) เท่ากับ 84 × 48 pixels

ส่วนขนาดของช่อง Pin มีความยาว 16 mm



รูปที่ 4.11 ขาสัญญาณที่ใช้ทั้งหมด (Pin1-Pin8)

Pin	Signal	Description	Port
1	VDD	ขาไฟเลี้ยงสำหรับ LCD โดยใช้ voltage ช่วง 2.7 – 7 volt	Power
2	SCLK	ขาสัญญาณ clock ของ LCD ซึ่งกำหนดค่า max สุดคือ 4 Mbits/s	Input
3	SDIN	ข้อมูลจาก serial data input เป็นขาที่ใช้ในการรับข้อมูล เพื่อแสดงผลที่หน้าจอ LCD	Input
4	D/C	ขาที่ใช้เลือกควบคุม ระหว่าง ให้รับข้อมูล data(D) / ส่งคำสั่ง command(C) ซึ่ง active low	Input
5	SCE	ขาที่ enable ตัวจอ LCD ให้ทำงาน(active low)	Input
6	GND	ขา ground	Power
7	VOUT	ขาไฟเลี้ยงขาออกของ LCD โดยขานี้ต้องต่อ electrolytic capacitors จาก VOUT ไปยัง GND โดยใช้ค่าได้ตั้งแต่ 1 uF ถึง 10 uF	Power
8	RES	ขา reset (active low)	Input

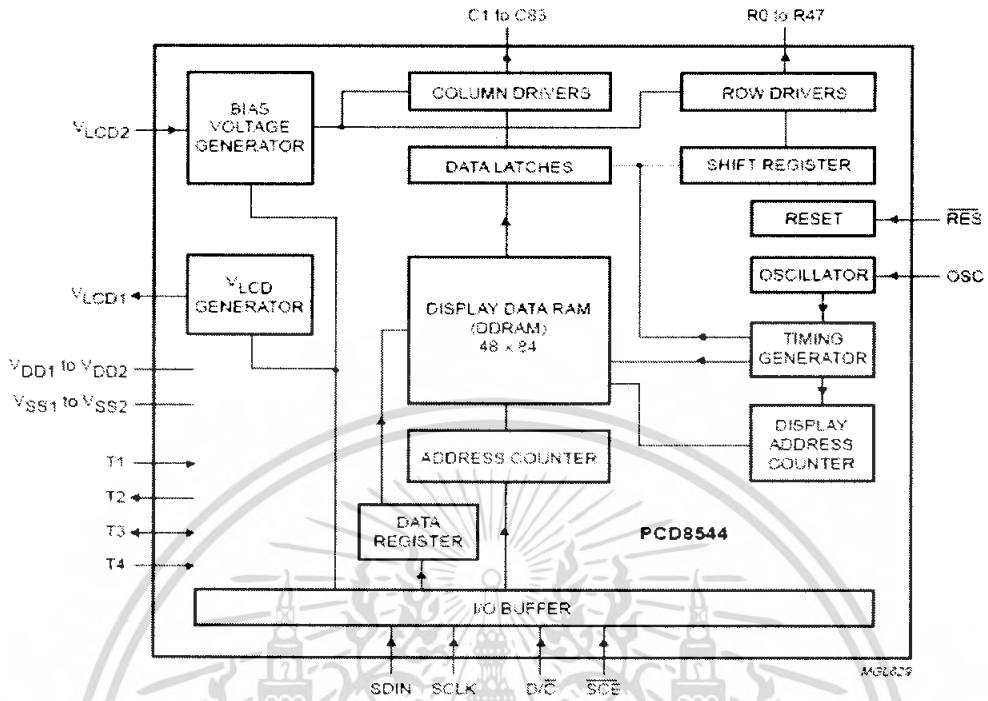
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ตารางที่ 4.1 ตำแหน่งขาสัญญาณ Pin1 – Pin8 LCD 3310
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1 คุณสมบัติของหน้าจอ LCD Nokia 3310

- 4.4.1.1. ใช้ชิปตัวเดียวเป็นตัว control/driver
- 4.4.1.2. มีขนาดความละเอียดของหน้าจอ 48 แถว 84 หลัก
- 4.4.1.3. มีหน่วยความจำในการแสดงผล 48x84 บิต
- 4.4.1.4. ใช้ชิปในการควบคุมการทำงาน
 - จ่ายแรงดันจากให้หน้าจอจากภายนอก
 - จ่ายแรงดันให้หน้าจอแบบปานกลาง
 - มีสัญญาณ clock บนชิปทำให้ไม่ต้องกำหนด clock จากภายนอก
- 4.4.1.5. รีเซ็ตผ่านขา Res
- 4.4.1.6. เชื่อมต่อแบบ serial ส่งข้อมูลด้วยความเร็วสูงสุด 4 Mbits/s
- 4.4.1.7. วงจรภาครีบบแบบ cmos
- 4.4.1.8. Mux rate : 48
- 4.4.1.9. แรงดัน Vdd to Vss ประมาณ 2.7 ถึง 3.3 โวลท์
- 4.4.1.10. กินไฟน้อยเหมาะแก่การใช้งานที่แรงดันไฟต่ำ
- 4.4.1.11. ช่วงของอุณหภูมิการทำงานอยู่ในย่าน -25°C ถึง 70°C

4.4.2 โครงสร้างของ PCD 8544

หน้าจอ lcd ของ nokia จะใช้ชิป PCD 8544 เป็นตัวควบคุมการทำงาน โดยจะมีการแสดงผลออกหน้าจอที่มีขนาด 48 แถว 84 หลักในการใช้งานจะมีการส่งฟังก์ชันการใช้งานผ่านไปยังชิปซึ่งเป็นชิปเดี่ยว หลังจากนั้นชิปจะประมวลผลออกทางหน้าจอ lcd ส่วนการใช้งานนั้นจะทำการเชื่อมต่อกับ serial bus ดังรูปแสดงบล็อกการทำงานภายในของ lcd



รูปที่ 4.12 แสดงบล็อกภายในชิปของ PCD 8544

SYMBOL	DESCRIPTION
R0 to R47	LCD row driver outputs
C0 to C83	LCD column driver outputs
V _{SS1} , V _{SS2}	ground
V _{DD1} , V _{DD2}	supply voltage
V _{LCD1} , V _{LCD2}	LCD supply voltage
T1	test 1 input
T2	test 2 output
T3	test 3 input/output
T4	test 4 input
SDIN	serial data input
SCLK	serial clock input
D/C	data/command
SCE	chip enable
OSC	oscillator
RES	external reset input
dummy1, 2, 3, 4	not connected

ตารางที่ 4.11 แสดงการทำงานของขาต่างๆภายในชิป PCD 8544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ดูแลเห็นการใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 ฟังก์ชันในการทำงาน

4.4.3.1 ตัวกำเนิดสัญญาณความถี่ (Oscillator) ไม่จำเป็นต้องต่อสัญญาณ clock จากภายนอก เนื่องจากมีสัญญาณ clock บนชิปอยู่แล้วแต่ถ้าหากต้องการต่อ clock จากภายนอกก็สามารถต่อกับขานี้ได้เช่นกัน

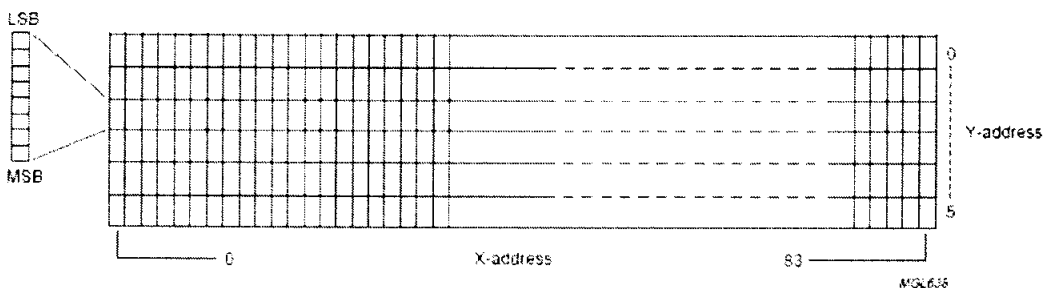
4.4.3.2 ตัวนับตำแหน่ง (address counter : AC) ตัวนับตำแหน่งเป็นตัวกำหนดค่าที่จะใช้เขียนข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูล โดยจะประกอบไปด้วยตำแหน่งในแกน X (V-address) X6 ถึง X0 และตำแหน่งในแกน Y (Y-address) Y2 ถึง Y10 ซึ่งสามารถแยกเชื่อมต่อเป็นอิสระต่อกันได้ หลังจากทำการเขียนข้อมูลเสร็จแล้ว ตัวนับตำแหน่งจะเพิ่มค่าขึ้น 1 อัตโนมัติตามค่า Vflag

4.4.3.3 หน่วยความจำข้อมูล (Display Data Ram:DDRAM) เป็นแบบ static ram ขนาด 48x84 bits ใช้สำหรับเก็บค่าข้อมูลที่จะนำมาแสดง โดยแรมจะถูกแบ่งเป็น blank ขนาด 84 bits (6x8x84 bits) จำนวน 6 blank ในขณะที่รับข้อมูลเข้ามาข้อมูลจะถูกส่งเข้ามาทาง serial interface โดยตำแหน่งในแกน x จำมีความสัมพันธ์โดยตรงกับตำแหน่งใน column

4.4.3.4 ตัวกำเนิดเวลา (Timing generator) ตัวกำเนิดเวลาเป็นตัวสร้างสัญญาณที่จำเป็นในการขับเคลื่อนชิป โดยกระบวนการทำงานภายในชิปจะไม่ได้รับผลกระทบจากกระบวนการใดๆที่เกิดในบัสข้อมูลเลย

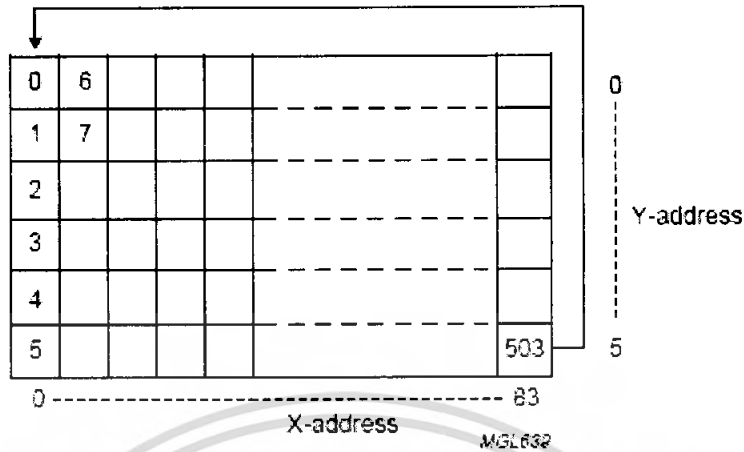
4.4.3.5 ตัวนับตำแหน่งแสดงผล (Display Address counter) ข้อมูลที่แสดงบนจอเกิดจากการเลื่อนข้อมูลในหน่วยความจำไปยังเอาต์พุตคอลัมน์แบบจุดบนหน้าจอ lcd

4.4.3.6 ตำแหน่งแสดงผล (Addressing) ข้อมูลจะถูกโหลดทีละ byte เข้าไปในหน่วยความจำโดยจะใส่เข้าไปที่ละคอลัมน์จนเต็ม โดยคอลัมน์จะถูกระบุตำแหน่งโดย address pointer ซึ่งจะมีช่วงตำแหน่งแกน X อยู่ระหว่าง 0 ถึง 83 ส่วนในแกน Y อยู่ระหว่าง 0 ถึง 54 โดยการโหลดข้อมูลจะเป็นไปโดย Y address จะเพิ่มขึ้นทุกๆ byte ที่มีการโหลดเข้ามาเมื่อเต็มทั้งคอลัมน์แล้วก็จะทำการเพิ่มตำแหน่งแกน X หรือจะทำการเพิ่มค่าในแกน X ก่อนเมื่อเต็มแล้วจึงเพิ่มค่าในแกน Y ต่อไป จำนวนของแรมและการส่งข้อมูลออกหน้าจอเป็นดังรูป



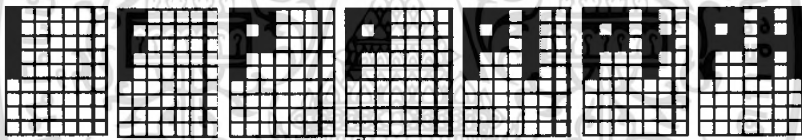
รูปที่ 4.13 แสดงรูปแบบของแรมและตำแหน่งของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 แสดงลำดับในการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำแบบ horizontal addressing

4.4.3.7 การเก็บข้อมูลเพื่อใช้แสดงผลในการส่งข้อมูลไปแสดงเป็นอักขระบนจอเราจะทำการส่งไป 5 byte โดยจะเริ่มทำการส่งบิต most ไปก่อน เพื่อเก็บในตำแหน่งบิตล่างสุดของแต่ละ byte ตัวอย่างการส่งข้อมูลไปแสดงผลอักขระดังแสดงในรูป



รูปที่ 4.15 แสดงลำดับขั้นตอนการส่งข้อมูลไปแสดงผล

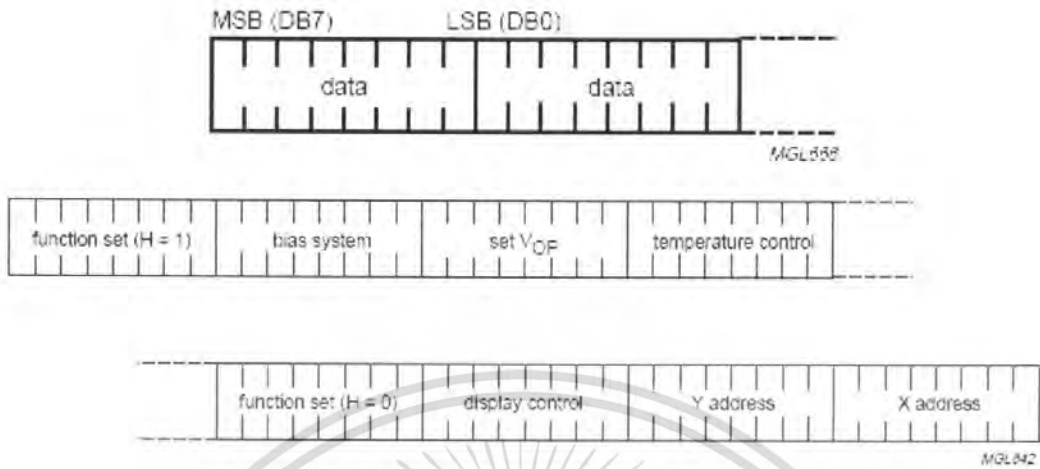
4.4.4 หลักการทำงานของหน้าจอ LCD

แบ่งการทำงานออกเป็น 2 โหมด คือ command(C) โหมด กับ data(D) โหมด โดยอาศัยขาสัญญาณ (D/C)

4.4.4.1 data(D) โหมด ใช้สำหรับ รับข้อมูล เพื่อนำข้อมูล ไปแสดงผลบนหน้าจอ

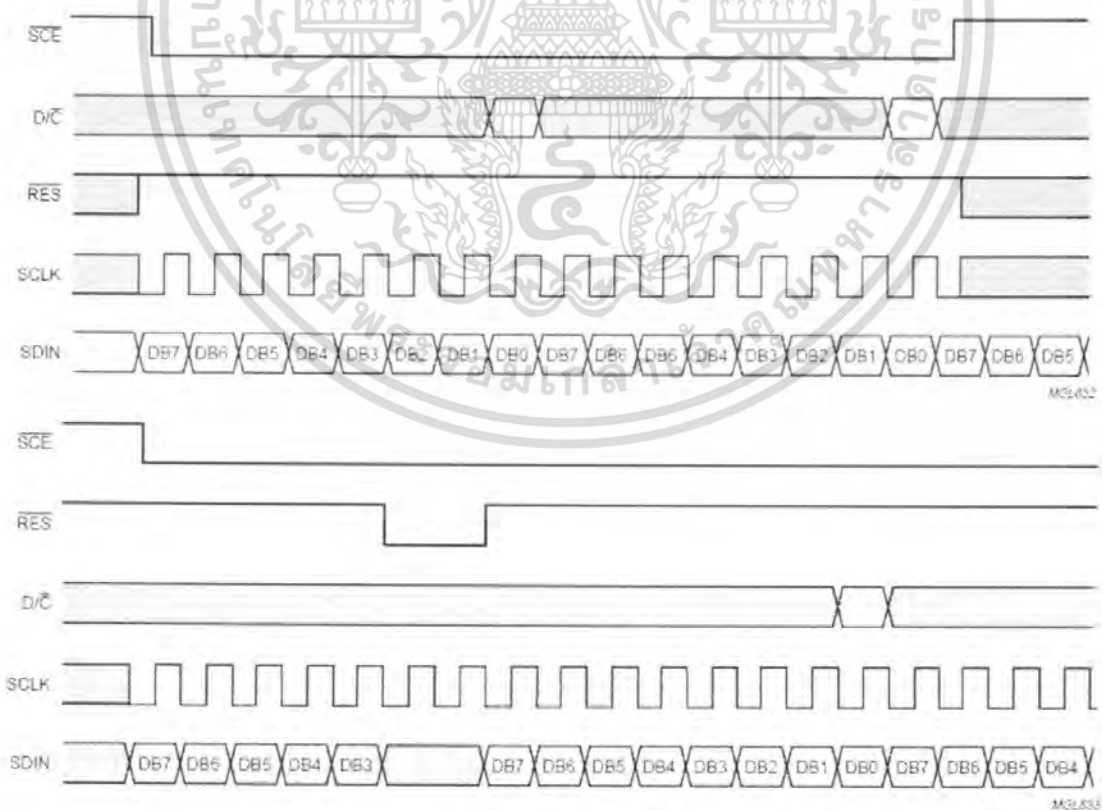
4.4.4.2 command(C) โหมด ใช้สำหรับ รับคำสั่ง (active low) เพื่อกำหนดตำแหน่งของการเริ่มต้นเขียนข้อมูล และ กำหนดค่า config ต่างๆ ให้แก่ LCD นอกจากนี้ยังควบคุมให้แสดงผลปกติหรือแบบ Inverse ได้ด้วย

โดยการส่งค่า D/C นั้นจะส่งระหว่างบิตสุดท้ายของข้อมูลในแต่ละ byte โดยในการส่งข้อมูลนั้น PCD 8544 จะทำการส่งค่าด้าน MSB ก่อนแล้วค่อยส่งค่าด้าน LSB และในการส่งข้อมูลแบบ serial นั้น เริ่มต้นค่าของ SCE จะเป็น HIGH สัญญาณนาฬิกาจะไม่มีผลและไม่มีการสูญเสียพลังงาน และเมื่อขา SCE เป็น LOW จะเป็นการส่งค่าของข้อมูลดังรูป



รูปที่ 4.16 แสดงหลักการส่งข้อมูลของ PCD 8544

แต่เมื่อทำการส่งข้อมูลจะต้องทำการส่งค่า LOW ให้กับขา SCE และป้อนสัญญาณ SCLK และป้อนสัญญาณขา D/C ว่าจะส่งค่าข้อมูลหรือค่าคำสั่งในการทำงาน (0 = Command, 1 = Data) หลังจากนั้นก็จะทำการส่งข้อมูล โดยส่งผ่านขา SDIN ในการทำงานนั้นจะทำงานที่ขอบขาของขาสัญญาณ SCLK และเมื่อขา RES ถูกป้อนเป็น LOW ข้อมูลที่ถูกส่งไปจะไม่มีผล

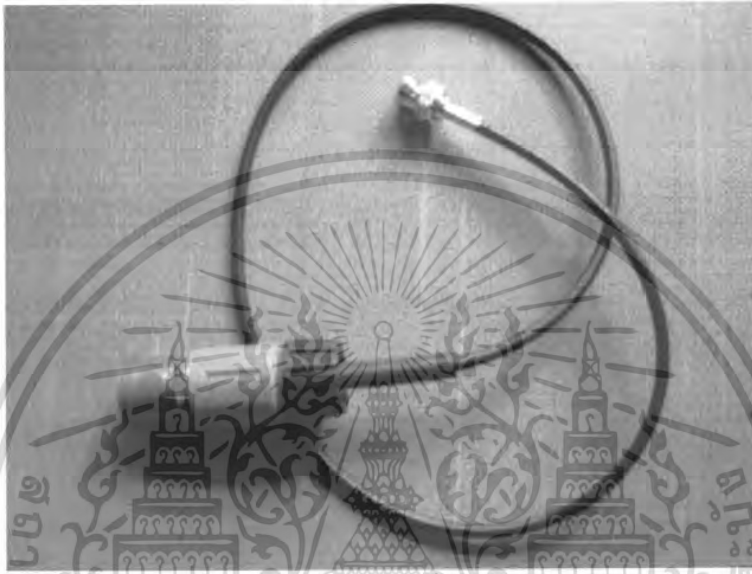


รูปที่ 4.17 แสดงการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรนำมาใช้

4.5 หัวส่งคลื่นอัลตราโซนิก

หัวที่ใช้ในการส่งคลื่นอัลตราโซนิกจะทำหน้าที่ในการส่งคลื่นอัลตราโซนิกโดยการจ่ายแรงดันเข้าไปให้กับตัวทรานดิวส์เซออร์ที่อยู่ภายใน



รูปที่ 4.18 แสดงหัวส่งคลื่นอัลตราโซนิก

ซึ่งหัวส่งคลื่นอัลตราโซนิกนี้จะประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังนี้

4.5.1 ตัวทรานดิวส์เซออร์ ซึ่งใช้ในการส่งคลื่นอัลตราโซนิกนี้เป็นแบบเปียโซอิเล็กทริกมีลักษณะเป็นแผ่นกลมๆ เมื่อมองจากด้านบนพบว่า จะคล้ายกับมีแผ่นวงกลมสองแผ่นซ้อนกัน ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1.5 cm ดังรูป

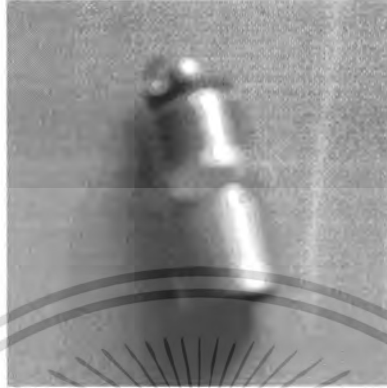


รูปที่ 4.19 แสดงเปียโซทรานดิวส์เซออร์

4.5.2 ส่วนหุ้มภายใน เป็นส่วนที่ใช้ในการต่อจี้วกับตัวทรานดิวส์เซออร์เพื่อทำหน้าที่เป็นขั้วสำหรับจ่ายไฟให้กับตัวทรานดิวส์เซออร์ใน โครงงานนี้จะสร้างขึ้นจากทองเหลืองซึ่งมีคุณสมบัติในการนำไฟฟ้าโดยทองเหลืองนี้จะมีลักษณะคล้ายท่อซึ่งภายในจะกลวงสำหรับใส่ตัวทรานดิวส์เซออร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เข้าไปและทำการต่อขั้วไฟฟ้าของตัวทรานซิสเตอร์ออกมาภายในทองเหลืองจะมีสกรูซึ่งเป็นขั้วไฟฟ้าอีกขั้วหนึ่ง เพื่อให้เกิดไฟฟ้าครบวงจร



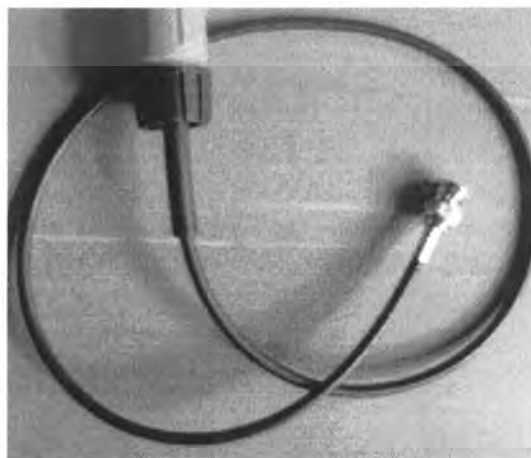
รูปที่ 4.20 แสดงส่วนหุ้มภายใน

4.5.3 ส่วนหุ้มภายนอกเป็นวัสดุที่เป็นฉนวนใช้หุ้มภายนอกเพื่อป้องกันไม่ให้ผู้ใช้สัมผัสกับส่วนที่เป็นโลหะซึ่งเป็นขั้วไฟฟ้าเพราะอาจทำให้เกิดอันตรายต่อผู้ใช้ รวมทั้งทำให้หัวส่งคลื่นอัลตราโซนิกมีลักษณะที่แข็งแรงมากขึ้น



รูปที่ 4.21 แสดงส่วนหุ้มภายนอก

4.5.4 สายไฟสำหรับเชื่อมต่อกับแหล่งจ่ายไฟ เพื่อใช้ในการส่งผ่านแรงดันไฟฟ้าไปยังหัวส่งคลื่นอัลตราโซนิก โดยด้านที่ใช้ในการต่อกับแหล่งจ่ายไฟจะใช้หัวต่อแบบ BNC เนื่องจากหัวต่อในลักษณะนี้เพราะเป็นหัวต่อที่มีความแข็งแรงและมั่นคง



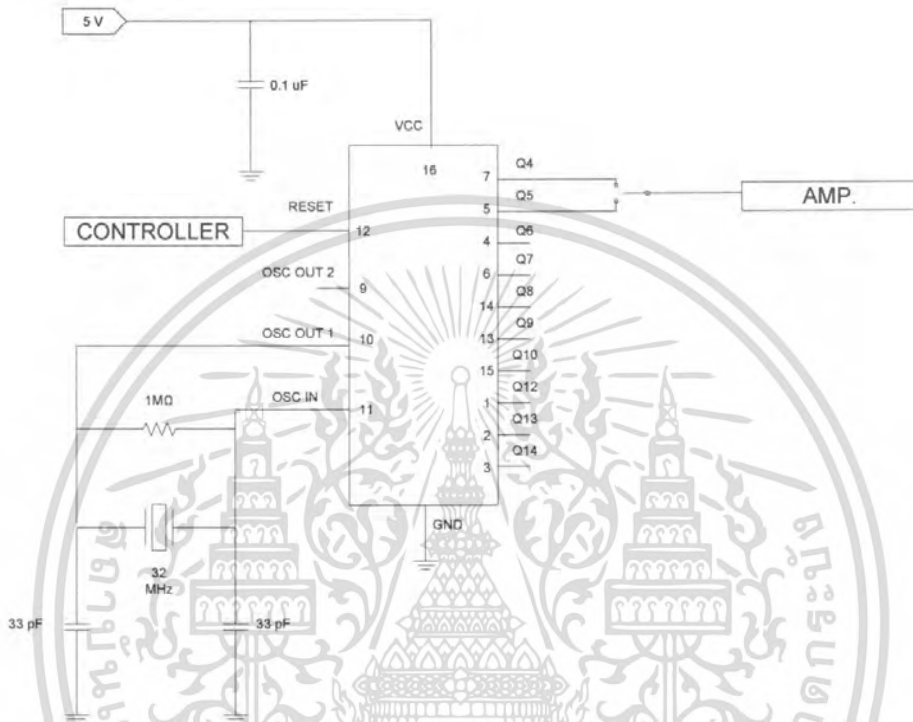
รูปที่ 4.22 แสดงส่วนของสายไฟเชื่อมต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

ผลการทดลอง

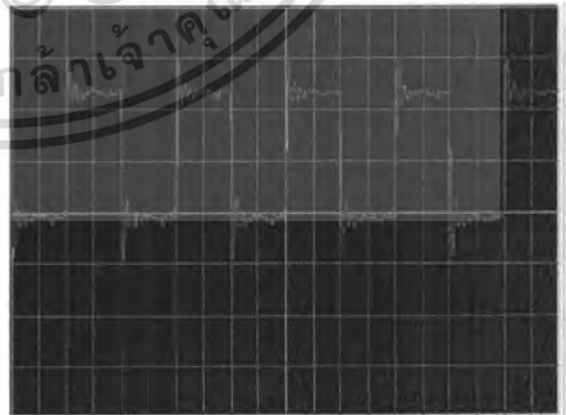
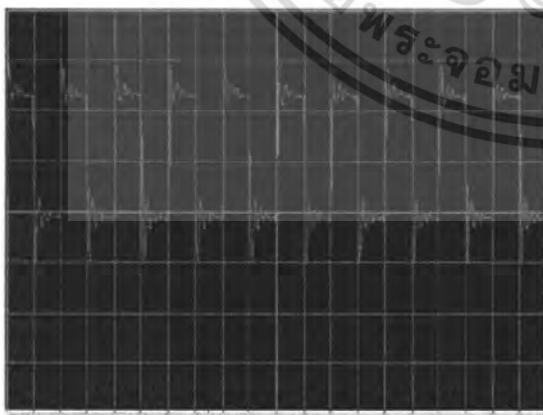
5.1 ส่วนกำเนิดสัญญาณ



รูปที่ 5.1 แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณที่ใช้ในการทดลอง

สัญญาณที่ out put ความถี่ 2 MHz

สัญญาณที่ out put ความถี่ 1 MHz



รูปที่ 5.2 แสดงสัญญาณ output ความถี่ 2 MHz และ 1MHz

Volt/Div : 2.00V/Div

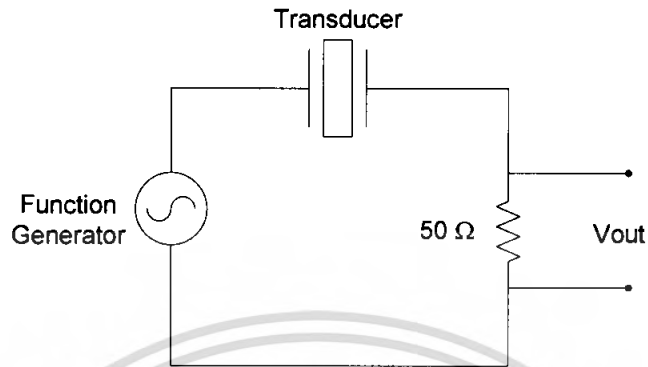
Volt/Div : 2.00V/Div

Time/Div : 250.0ns/Div

Time/Div : 250.0ns/Div

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ถูกเห็นชอบใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 หาค่า Impedance ที่ความถี่ต่างๆของทรานสดิวเซอร์



รูปที่ 5.3 แสดงวงจรวัดค่า impedance ที่ความถี่ต่างๆ

ตารางที่ 5.1 การทดลองวัดหาค่า Impedance ที่ความถี่ต่างๆของทรานสดิวเซอร์

ความถี่ (Hz)	ขนาดสัญญาณ V_R (V_{PP})
500	0.010
1.00K	0.010
2.00K	0.018
5.00K	0.038
10.00K	0.076
20.00K	0.148
40.00K	0.275
60.00K	0.450
80.00K	0.640
100.00K	0.920
120.00K	1.320
140.00K	2.400
147.05k	1.850
150.00K	2.100
160.00K	0.840
172.40K	0.220
180.00K	0.420
200.00K	0.770
250.00K	1.060
300.00K	1.440
350.00K	1.800
400.00K	2.000
450.00K	2.300
500.00K	2.600
550.00K	3.200
588.235K	1.800
600.00K	2.900

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

650.00K	3.500
700.00K	4.200
ความถี่ (Hz)	ขนาดสัญญาณ $V_R (V_{PP})$
750.00K	4.100
800.00K	4.000
850.00K	4.500
900.00K	4.700
950.00K	4.600
1.00M	4.800
1.25M	6.400
1.50M	8.000
1.60M	9.000
1.65M	9.600
1.667M	11.00
1.70M	9.600
1.75M	8.000
1.80M	4.400
1.85M	3.600
1.90M	0.600
1.95M	1.900
2.00M	3.400
2.05M	4.600
2.10M	4.200
2.15M	3.900

จากการทดลองสามารถหาค่าอิมพีแดนซ์ของทรานสดิวส์เซอร์

$$\text{จากสมการ } V = IR$$

R 50 โอห์ม วัดด้วยโอห์มมิเตอร์มีค่า 55.4 โอห์ม

ที่ความถี่ 1 MHz ; กระแสที่ไหลผ่าน R 50 โอห์ม มีค่าเท่ากับ

$$I = \frac{4.8 V}{55.4 \Omega}$$

$$I = 0.0866 A$$

แรงดันตกคร่อมทรานสดิวส์เซอร์มีค่าเท่ากับ

$$V_{transducer} = 20 V - 4.8 V$$

$$V_{transducer} = 15.2 V$$

ดังนั้นค่า impedance ของทรานสดิวส์เซอร์มีค่าเท่ากับ

$$Z_{transducer \ 1 \ MHz} = \frac{15.2 V}{0.0866 A}$$

$$Z_{transducer \ 1 \ MHz} = 175.52 \Omega$$

ที่ความถี่ 2 MHz ; กระแสที่ไหลผ่าน R 50 โอห์ม มีค่าเท่ากับ

$$I = \frac{3.4 V}{55.4 \Omega}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I = 0.0614 \text{ A}$$

แรงดันตกคร่อมทรานสดิวส์เซอร์มีค่าเท่ากับ

$$V_{transducer} = 20 \text{ V} - 3.4 \text{ V}$$

$$V_{transducer} = 16.6 \text{ V}$$

ดังนั้นค่า impedance ของทรานสดิวส์เซอร์มีค่าเท่ากับ

$$Z_{transducer \ 2 \text{ MHz}} = \frac{16.6 \text{ V}}{0.0614 \text{ A}}$$

$$Z_{transducer \ 2 \text{ MHz}} = 270.36 \ \Omega$$

ที่ความถี่ 1.667 MHz (ความถี่ Resonance) ; กระแสที่ไหลผ่าน R 50 โอห์ม มีค่าเท่ากับ

$$I = \frac{11 \text{ V}}{55.4 \ \Omega}$$

$$I = 0.1986 \text{ A}$$

แรงดันตกคร่อมทรานสดิวส์เซอร์มีค่าเท่ากับ

$$V_{transducer} = 20 \text{ V} - 11 \text{ V}$$

$$V_{transducer} = 9 \text{ V}$$

ดังนั้นค่า impedance ของทรานสดิวส์เซอร์มีค่าเท่ากับ

$$Z_{transducer \ 2 \text{ MHz}} = \frac{9 \text{ V}}{0.1986 \text{ A}}$$

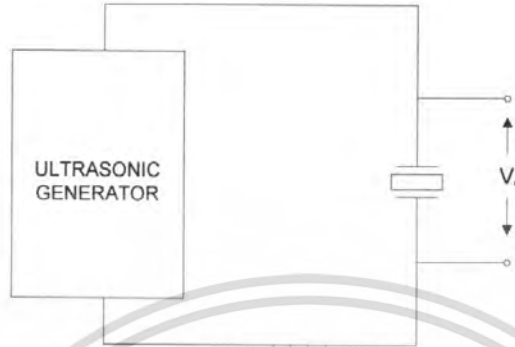
$$Z_{transducer \ 2 \text{ MHz}} = 45.32 \ \Omega$$



กราฟที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของสัญญาณ R กับความถี่ของสัญญาณ

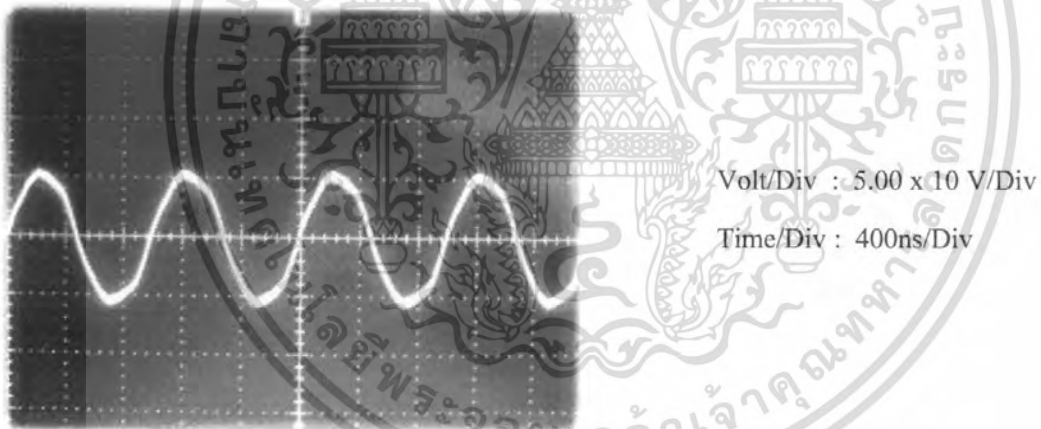
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 รูปคลื่นสัญญาณที่เอาท์พุท



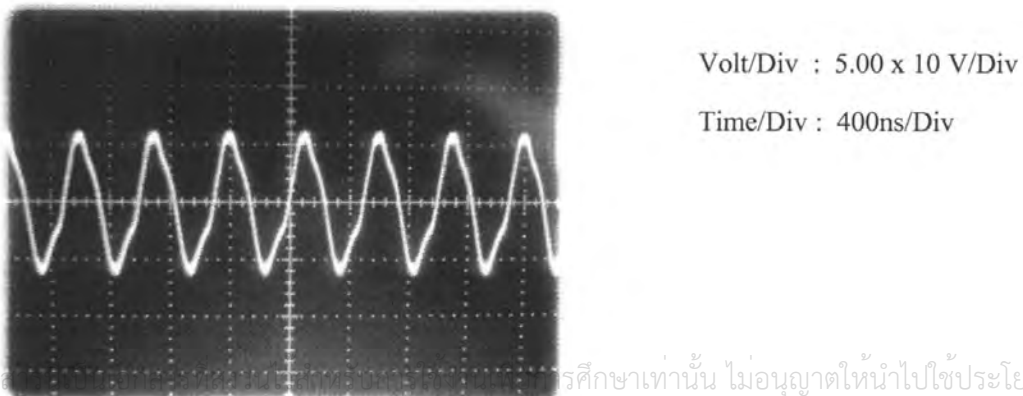
รูปที่ 5.4 แสดงวงจรการวัดหาค่าแรงดันคร่อมทรานสดิวเซอร์

สัญญาณที่ความถี่ 1 MHz



รูปที่ 5.5 แสดงสัญญาณ output ความถี่ 1 MHz

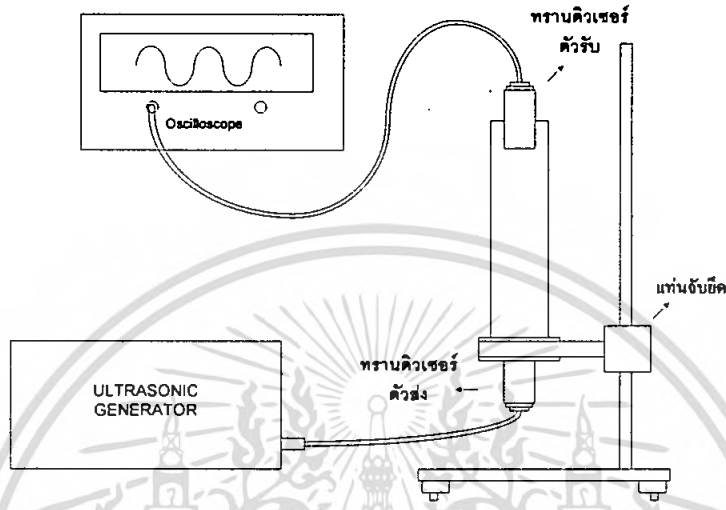
สัญญาณที่ความถี่ 2 MHz



เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.6 แสดงสัญญาณ output ความถี่ 2 MHz

5.4 การทดลองหาค่าสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ถูกส่งผ่านตัวกลางต่างๆกัน (เนื้อหามู , น้ำ)



รูปที่ 5.7 แสดงการต่ออุปกรณ์การวัดหาค่าแรงดันที่ตัวรับสามารถรับได้

ระยะห่างระหว่างตัวรับและตัวส่ง (cm)	แรงดันตกคร่อมตัวส่ง (Vpp)	แรงดันตกคร่อมตัวรับ (Vpp)
0	100	2
1	100	1.4
2	100	1.4
3	100	1.4
4	100	1.2
5	100	1
6	100	0.9
7	100	0.8
8	100	0.8
9	100	0.7
10	100	0.4

ตารางที่ 5.2 การทดลองหาค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างตัวรับและตัวส่งผ่านตัวกลางที่เป็นน้ำที่ระยะห่าง

ต่างๆที่ความถี่ 1 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

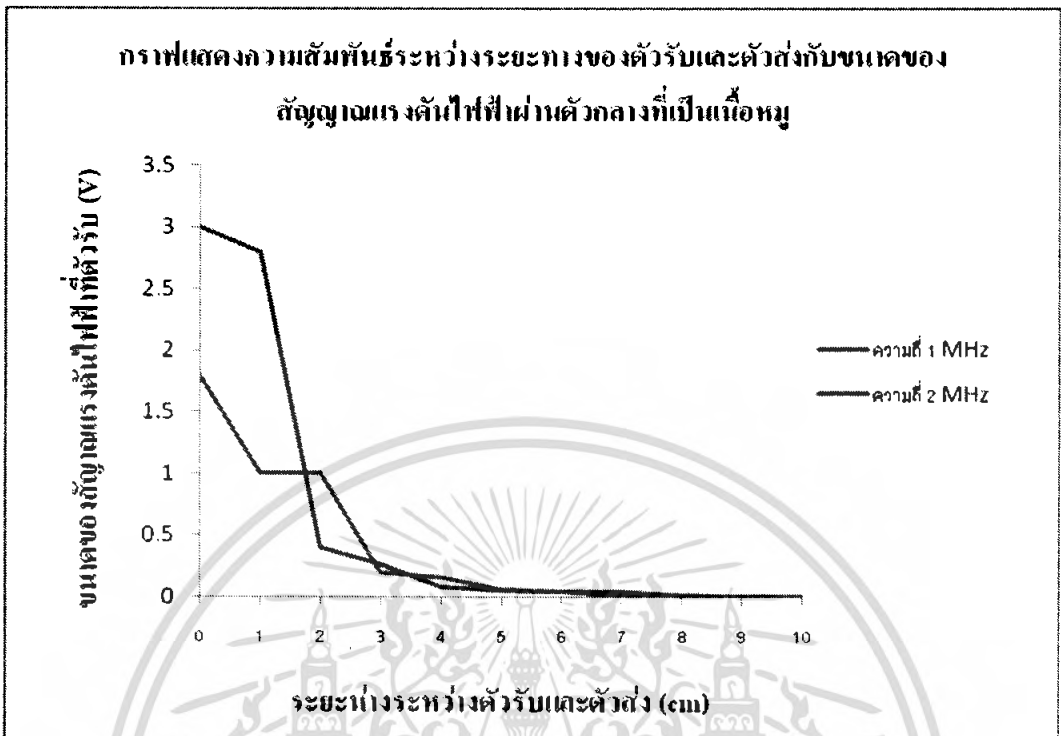
ตารางที่ 5.5 การทดลองหาค่าแรงดันไฟฟ้าระหว่างตัวรับและตัวส่งผ่านตัวกลางที่เป็นชั้นเนื้อที่

ระยะห่างระหว่างตัวรับและตัวส่ง (cm)	แรงดันตกคร่อมตัวส่ง (Vpp)	แรงดันตกคร่อมตัวรับ (Vpp)
0	100	1.8
1	100	1
2	100	1
3	100	0.2
4	100	0.16
5	100	0.06
6	100	0.04
7	100	0.016
8	100	0.012
9	100	0.008
10	100	0.004

ระยะห่างต่างๆที่มีความถี่ 2 MHz

ระยะห่างระหว่างตัวรับและตัวส่ง (cm)	แรงดันตกคร่อมตัวส่ง (Vpp)	แรงดันตกคร่อมตัวรับ (Vpp)
0	80	3
1	80	2.8
2	80	0.4
3	80	0.26
4	80	0.08
5	80	0.05
6	80	0.04
7	80	0.036
8	80	0.016
9	80	0.006
10	80	0.002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่สามารถให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางของตัวรับและตัวส่งกับขนาดของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าผ่านตัวกลางที่เป็นเนื้อหุ้ม

5.5 การทดลองหาขนาดแรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์ที่ความถี่ 1 MHz ที่ระยะเวลาต่างๆ

ตารางที่ 5.6 การทดลองหาค่าแรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์ที่ความถี่ 1 MHz ที่ระยะเวลาต่างๆ

ช่วงระยะเวลาที่วัด (นาทีก)	แรงดันที่อ่านได้ (Vpp)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	98	98	98	98
1	98	98	98	98
2	98	98	98	98
3	98	98	98	98
4	98	98	98	98
5	98	99	98	98.33
6	98	99	99	98.67
7	98	99	99	98.67
8	98	98	99	98.33
9	98	98	98	98
10	98	98	98	98

ตารางที่ 5.7 การทดลองหาค่าแรงดันตกคร่อมทรานซิสเตอร์ที่ความถี่ 2 MHz ที่ระยะเวลาต่างๆ

ช่วงระยะเวลาที่วัด (นาทีก)	แรงดันที่อ่านได้ (Vpp)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
0	84	85	80	83
1	88	88	84	86.67
2	88	88	84	86.67
3	88	88	82	86
4	88	88	84	88.67
5	86	88	82	85.33
6	88	88	84	86.67
7	88	88	86	87.33
8	88	88	88	88
9	86	88	88	87.33
10	86	88	88	87.33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุป

โครงการวิทยานิพนธ์นี้เป็นโครงการที่เป็นการศึกษาและออกแบบวงจรความถี่สูงและกำลังสูงซึ่งใช้สำหรับการนำไปป้อนให้กับตัวทรานซิสเตอร์เพื่อใช้สำหรับบำบัดรักษาโรค โดยสามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานของเครื่องได้ดังนี้

ส่วนควบคุมการทำงาน

ในส่วนควบคุมการทำงานจะใช้ MCS 51 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรเลอร์ในการควบคุมการเลือกความถี่ สัญญาณพัลส์ และ ตั้งเวลา รวมไปถึงการแสดงผลเพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานเครื่องได้ ซึ่งจากการทดสอบการทำงานพบว่าสามารถควบคุมการทำงานของตัวสวิตช์ RELAY เพื่อใช้ในการควบคุมการเลือกสัญญาณความถี่ที่ต้องการได้ รวมไปถึงการส่งข้อมูลสัญญาณเพื่อไปแสดงผลออกที่หน้าจอ lcd ซึ่งข้อมูลที่แสดงออกหน้าจอกับการทำงานจะถูกเชื่อมโยงให้ทำงานสอดคล้องกันได้

ในส่วนของการแสดงที่หน้าจอ lcd nokia 3310 เป็นตัวแสดงผลพบว่าข้อมูลที่โชว์ออกทางหน้าจอทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานได้อย่างง่ายดายและมีการแสดงข้อมูลที่ชัดเจน

ส่วนกำเนิดสัญญาณ

ในส่วนของการกำเนิดสัญญาณจะใช้ crystal oscillator ซึ่งสามารถกำเนิดสัญญาณได้ที่มีความถี่คงที่ทำให้วงจรกำเนิดสัญญาณมีความเสถียรมาก ไม่มีการผิดเพี้ยนของสัญญาณเลย ทำให้การกำเนิดสัญญาณสามารถให้ความถี่ที่ถูกต้องออกมาได้ โดยจะเลือกใช้ตัวหารความถี่เพื่อทำการหารความถี่ให้มีค่าตามที่ต้องการดังนั้นสัญญาณที่ถูกส่งออกมาจึงนำไปป้อนให้กับส่วนขับเคลื่อนเพื่อให้แรงดันมีขนาดสูงมากพอที่จะทำให้กำลังของคลื่นอัลตราโซนิคได้ตามที่เราต้องการ

ส่วนขับเคลื่อนทรานซิสเตอร์

ในส่วนนี้จะเป็นการขยายสัญญาณที่กำเนิดมาจากส่วนกำเนิด ซึ่งจะใช้วงจรสวิตช์แบบพหุข-พหุ โดยที่ทรานซิสเตอร์ทั้งสองจะสลับกันทำงานคนละครึ่งช่วงเวลา โดยจะทำงานตามสัญญาณจากส่วนกำเนิดซึ่งจะผ่าน ไอซี not gate เพื่อทำการกลับเฟสสัญญาณที่ป้อนให้กลับตัวทรานซิสเตอร์ให้ทำงานต่างกัน 180° และผ่านหม้อแปลงไฟฟ้าเพื่อให้เกิดการ isolate ระหว่างส่วนที่ใช้สัมผัสกับเนื้อเยื่อ และส่วน Ground ของวงจรรวมไปถึงการต่อ C คร่อมด้านทุติยภูมิเพื่อให้เกิดการ resonance ที่ ความถี่ที่ต้องการใช้งานซึ่งจากรูปสัญญาณที่ออกมาพบว่าจะมีลักษณะเป็น sine wave ที่ความถี่ 1 MHz และ 2 MHz ซึ่งเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้

ในการทดสอบเครื่องได้ทำการทดลองในส่วนต่างๆซึ่งสามารถแบ่งแยกและสรุปผลได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองวัดหาค่า impedance ที่ค่าความถี่ต่างๆพบว่า ทรานซิสเซอร์จะมีค่าของ impedance ไม่เท่ากันเมื่อนำมาวาดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความถี่และขนาดของสัญญาณ สามารถวิเคราะห์ได้ว่า ทรานซิสเซอร์จะมีค่าของค่าความถี่ resonance สูงที่สุดที่ค่าหนึ่งซึ่งมีค่าเท่ากับ 1.667 MHz เนื่องจากที่ความถี่ resonance จะมีการส่งผ่านพลังงานค่ามากที่สุดซึ่งจากการทดลอง ที่ความถี่ 1.667 MHz มีค่าของขนาดแรงดันสูงที่สุดที่ตกคร่อมโหลด

จากรูปกราฟของขนาดสัญญาณที่ตกคร่อมตัวทรานซิสเซอร์จะพบว่าสัญญาณที่ได้มีลักษณะเป็นรูปสัญญาณ sine มีขนาด 120 Vpp ซึ่งเป็นไปตามที่คำนวณไว้โดยที่ความถี่ 1 MHz ทรานซิสเซอร์จะมีค่า impedance เท่ากับ 175.52 โอห์ม ซึ่งจะมีกำลังตกคร่อมตัวทรานซิสเซอร์ 10.26 วัตต์ และที่ความถี่ 2 MHz ทรานซิสเซอร์จะมีค่า impedance เท่ากับ 270.36 โอห์ม ซึ่งจะมีกำลังตกคร่อมตัวทรานซิสเซอร์ 6.66 วัตต์ และเมื่อทำการทดลองว่า ทรานซิสเซอร์ สามารถแปลงค่าสัญญาณจากสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเป็นคลื่นสัญญาณกลได้ โดยการหาทรานซิสเซอร์ชนิดเดียวกันมา 2 ตัว โดยตัวแรกจะใช้เป็นตัวส่งโดยจะแปลงคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าเป็นคลื่นสัญญาณกล และตัวที่สองจะใช้เป็นตัวรับโดยจะแปลงคลื่นสัญญาณกลเป็นคลื่นสัญญาณแรงดันไฟฟ้า เมื่อทำการป้อนสัญญาณแรงดันไฟฟ้าให้กับทรานซิสเซอร์ตัวแรกโดยนำตัวกลางที่เป็นของเหลวและเนื้อไม้กั้นกลางแล้วนำทรานซิสเซอร์ตัวที่สองมาวัดที่อีกด้านของตัวกลาง เมื่อนำ oscilloscope มาวัดหาสัญญาณที่ทรานซิสเซอร์ตัวที่สองพบว่า ในช่วงที่มีการป้อนแรงดันไฟฟ้าเข้าไปที่ทรานซิสเซอร์ตัวแรก oscilloscope จะสามารถวัดสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ทรานซิสเซอร์ตัวที่สองได้ โดยความถี่ที่วัด ได้จะมีค่าเท่ากับสัญญาณของแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้กับทรานซิสเซอร์ตัวแรก แต่ขนาดจะมีค่าน้อยลงตามระยะห่างของทรานซิสเซอร์ซึ่งเป็นผลมาจากการที่ตัวกลางดูดซับพลังงานของคลื่นสัญญาณรวมทั้งหัวส่งคลื่นก็จะดูดรับแรงดันไฟฟ้าไปด้วยทำให้ขนาดของสัญญาณที่ได้มีขนาดลดลงอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อนำมาเขียนกราฟเพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระยะห่างกับขนาดแรงดันไฟฟ้า ที่ความถี่ 2 MHz จะมีค่าใกล้เคียงกับความถี่ resonance มากกว่าทำให้มีค่าของกำลังส่งที่ดีกว่าที่ความถี่ 1 MHz

จากการทดลองวัดหาค่าเสถียรภาพของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าพบว่าขนาดของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจะมีค่าค่อนข้างคงที่ถึงแม้ว่าเวลาจะเปลี่ยนไป 10 นาทีแสดงว่าวงจรที่ออกแบบไว้มีการจ่ายขนาดของสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ดี สามารถนำไปใช้งานได้นานพอสมควร ปัญหาและแนวทางการพัฒนาแก้ไข

ในส่วนของวงจรขั้วต้นนั้นจะมีปัญหาในเรื่องของการที่สัญญาณที่นำมาขับที่ขา Gate ของ Mosfet มีขนาดของสัญญาณที่เล็กเกินไปทำให้ ทรานซิสเตอร์ไม่สามารถทำงานได้ที่ช่วง saturation เป็นผลให้สัญญาณที่ขา Drain และ Source เพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงต้องทำการหาไอซีที่สามารถจ่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสได้มากกว่า ซึ่งในส่วนที่ใช้จะใช้ไอซี ทรานซิสเตอร์ LS ซึ่งจ่ายกระแสได้น้อย จึงควรที่จะเปลี่ยนมาใช้ทรานซิสเตอร์ HC ซึ่งจ่ายกระแสให้มากกว่า และเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้จริงควรที่จะมีการนำไปทดสอบหาค่าต่าง เช่น ความเข้มของสัญญาณที่ได้ออกมาว่ามีค่าเท่าไร ซึ่งต้องมีการ set อุปกรณ์เพื่อนำมาวัดหาค่ากำลังของสัญญาณ

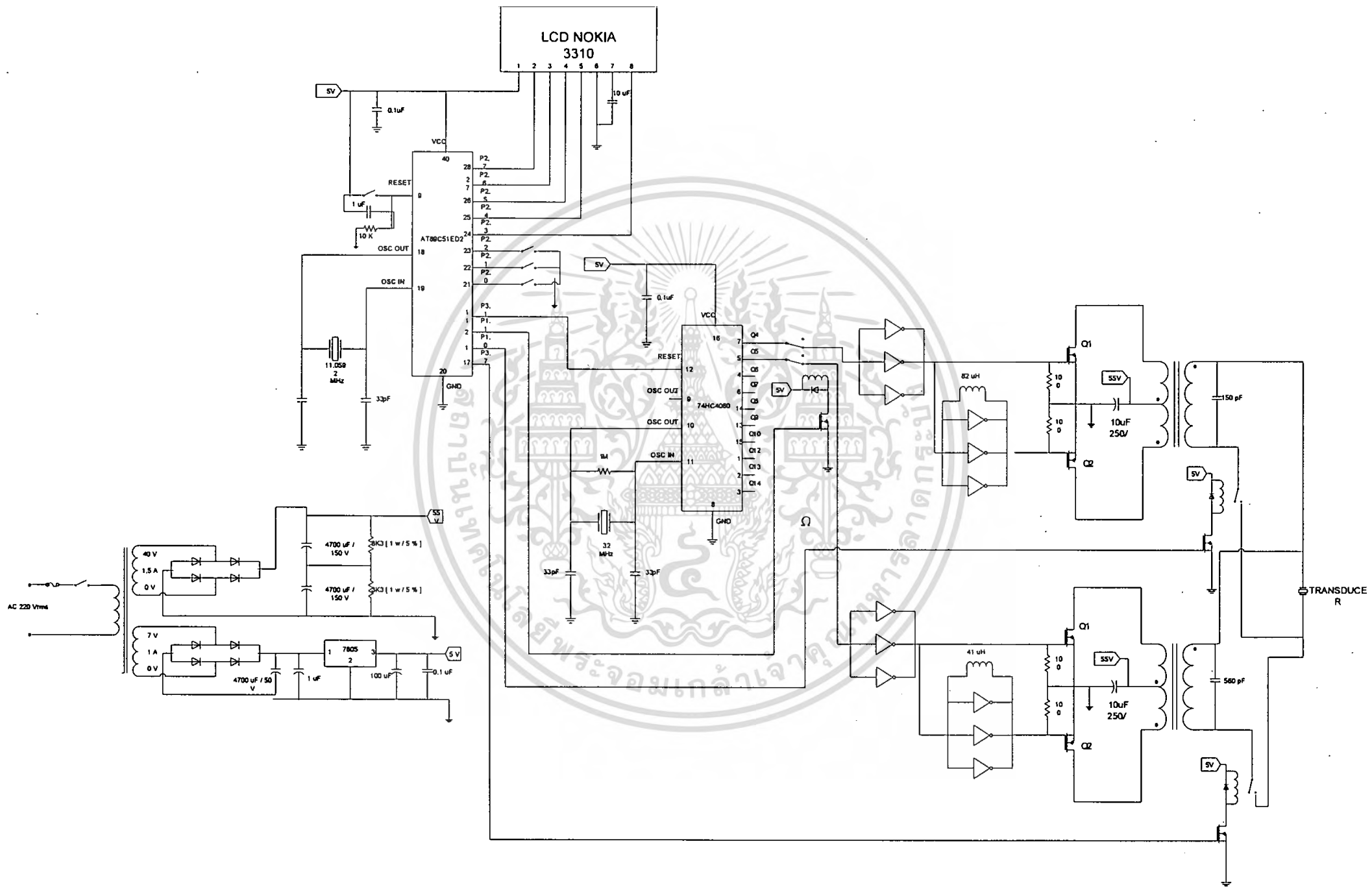


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. การพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยภาษาซี ชีร์วัฒน์ ประกอบผล สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น) 2545 196หน้า
2. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ฉบับ AT89C5x ของ Atmel, อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์, กรุงเทพ, 399 หน้า, 2546
3. Electronic Engineering - Faculty of Science, Technology and Engineering - La Trobe University
<http://www.ee.latrobe.edu.au/~djc/UltraSonic/Ultrasonics.htm>
4. Ultrasound excited thermography using frequency modulated elastic waves
Author(s): **Th Zweschper**1 | **A Dillenz**2 | **G Riegert**3 | **D Scherling**4 | **G Busse**5
http://www.edevis.de/download/paper_insight_2003.pdf

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MC74HC4060A

14-Stage Binary Ripple Counter With Oscillator High-Performance Silicon-Gate CMOS

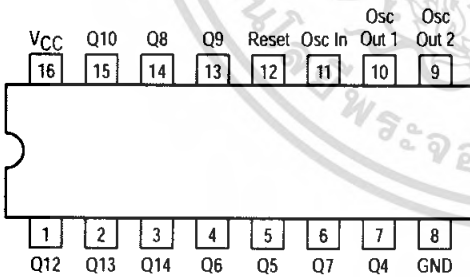
The MC74HC4060A is identical in pinout to the standard CMOS MC14060B. The device inputs are compatible with standard CMOS outputs; with pullup resistors, they are compatible with LSTTL outputs.

This device consists of 14 master-slave flip-flops and an oscillator with a frequency that is controlled either by a crystal or by an RC circuit connected externally. The output of each flip-flop feeds the next and the frequency at each output is half of that of the preceding one. The state of the counter advances on the negative-going edge of the Osc In. The active-high Reset is asynchronous and disables the oscillator to allow very low power consumption during stand-by operation.

State changes of the Q outputs do not occur simultaneously because of internal ripple delays. Therefore, decoded output signals are subject to decoding spikes and may have to be gated with Osc Out 2 of the HC4060A.

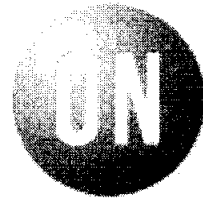
- Output Drive Capability: 10 LSTTL Loads
- Outputs Directly Interface to CMOS, NMOS, and TTL
- Operating Voltage Range: 2 to 6 V
- Low Input Current: 1 μ A
- High Noise Immunity Characteristic of CMOS Devices
- In Compliance With JEDEC Standard No. 7A Requirements
- Chip Complexity: 390 FETs or 97.5 Equivalent Gates

Pinout: 16-Lead Plastic Package (Top View)



FUNCTION TABLE

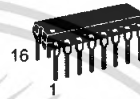
Clock	Reset	Output State
	L	No Charge
	L	Advance to Next State
X	H	All Outputs Are Low



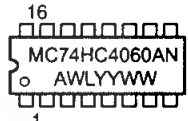
ON Semiconductor

<http://onsemi.com>

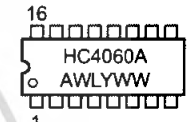
MARKING DIAGRAMS



PDIP-16
N SUFFIX
CASE 648



SO-16
D SUFFIX
CASE 751B

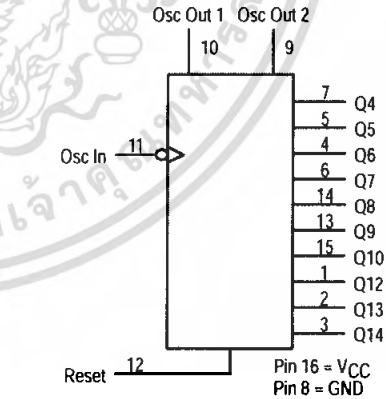


TSSOP-16
DT SUFFIX
CASE 948F



A = Assembly Location
WL = Wafer Lot
YY = Year
WW = Work Week

LOGIC DIAGRAM



ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
MC74HC4060AN	PDIP-16	2000 / Box
MC74HC4060AD	SOIC-16	48 / Rail
MC74HC4060ADR2	SOIC-16	2500 / Reel
MC74HC4060ADT	TSSOP-16	96 / Rail
MC74HC4060ADTR2	TSSOP-16	2500 / Reel

MC74HC4060A

MAXIMUM RATINGS*

Symbol	Parameter	Value	Unit
V _{CC}	DC Supply Voltage (Referenced to GND)	- 0.5 to + 7.0	V
V _{in}	DC Input Voltage (Referenced to GND)	- 0.5 to V _{CC} + 0.5	V
V _{out}	DC Output Voltage (Referenced to GND)	- 0.5 to V _{CC} + 0.5	V
I _{in}	DC Input Current, per Pin	± 20	mA
I _{out}	DC Output Current, per Pin	± 25	mA
I _{CC}	DC Supply Current, V _{CC} and GND Pins	± 50	mA
P _D	Power Dissipation in Still Air, Plastic DIP† SOIC Package† TSSOP Package†	750 500 450	mW
T _{stg}	Storage Temperature Range	- 65 to + 150	°C
T _L	Lead Temperature, 1 mm from Case for 10 Seconds Plastic DIP, SOIC or TSSOP Package	260	°C

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range GND ≤ (V_{in} or V_{out}) ≤ V_{CC}. Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either GND or V_{CC}). Unused outputs must be left open.

*Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur. Functional operation should be restricted to the Recommended Operating Conditions.

†Derating — Plastic DIP: - 10 mW/°C from 65° to 125°C
SOIC Package: - 7 mW/°C from 65° to 125°C
TSSOP Package: - 6.1 mW/°C from 65° to 125°C

For high frequency or heavy load considerations, see Chapter 2 of the ON Semiconductor High-Speed CMOS Data Book (DL129/D).

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

Symbol	Parameter	Min	Max	Unit
V _{CC}	DC Supply Voltage (Referenced to GND)	2.5*	6.0	V
V _{in} , V _{out}	DC Input Voltage, Output Voltage (Referenced to GND)	0	V _{CC}	V
T _A	Operating Temperature Range, All Package Types	- 55	+ 125	°C
t _r , t _f	Input Rise/Fall Time (Figure 1)	V _{CC} = 2.0 V V _{CC} = 4.5 V V _{CC} = 6.0 V	0 1000 500 400	ns

*The oscillator is guaranteed to function at 2.5 V minimum. However, parametrics are tested at 2.0 V by driving Pin 11 with an external clock source.

DC CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to GND)

Symbol	Parameter	Condition	V _{CC} V	Guaranteed Limit			Unit
				-55 to 25°C	≤85°C	≤125°C	
V _{IH}	Minimum High-Level Input Voltage	V _{out} = 0.1V or V _{CC} - 0.1V I _{out} ≤ 20μA	2.0	1.50	1.50	1.50	V
			3.0	2.10	2.10	2.10	
			4.5	3.15	3.15	3.15	
			6.0	4.20	4.20	4.20	
V _{IL}	Maximum Low-Level Input Voltage	V _{out} = 0.1V or V _{CC} - 0.1V I _{out} ≤ 20μA	2.0	0.50	0.50	0.50	V
			3.0	0.90	0.90	0.90	
			4.5	1.35	1.35	1.35	
			6.0	1.80	1.80	1.80	
V _{OH}	Minimum High-Level Output Voltage (Q4-Q10, Q12-Q14)	V _{in} = V _{IH} or V _{IL} I _{out} ≤ 20μA	2.0	1.9	1.9	1.9	V
			4.5	4.4	4.4	4.4	
			6.0	5.9	5.9	5.9	
		V _{in} = V _{IH} or V _{IL} I _{out} ≤ 2.4mA I _{out} ≤ 4.0mA I _{out} ≤ 5.2mA	3.0	2.48	2.34	2.20	
			4.5	3.98	3.84	3.70	
			6.0	5.48	5.34	5.20	

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC74HC4060A

DC CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to GND)

Symbol	Parameter	Condition	V _{CC} V	Guaranteed Limit			Unit
				-55 to 25°C	≤85°C	≤125°C	
V _{OL}	Maximum Low-Level Output Voltage (Q4-Q10, Q12-Q14)	V _{in} = V _{IH} or V _{IL} I _{out} ≤ 20μA	2.0	0.1	0.1	0.1	V
			4.5	0.1	0.1	0.1	
			6.0	0.1	0.1	0.1	
		V _{in} = V _{IH} or V _{IL} I _{out} ≤ 2.4mA I _{out} ≤ 4.0mA I _{out} ≤ 5.2mA	3.0	0.26	0.33	0.40	
			4.5	0.26	0.33	0.40	
			6.0	0.26	0.33	0.40	
V _{OH}	Minimum High-Level Output Voltage (Osc Out 1, Osc Out 2)	V _{in} = V _{CC} or GND I _{out} ≤ 20μA	2.0	1.9	1.9	1.9	V
			4.5	4.4	4.4	4.4	
			6.0	5.9	5.9	5.9	
		V _{in} = V _{CC} or GND I _{out} ≤ 0.7mA I _{out} ≤ 1.0mA I _{out} ≤ 1.3mA	3.0	2.48	2.34	2.20	
			4.5	3.98	3.84	3.70	
			6.0	5.48	5.34	5.20	
V _{OL}	Maximum Low-Level Output Voltage (Osc Out 1, Osc Out 2)	V _{in} = V _{CC} or GND I _{out} ≤ 20μA	2.0	0.1	0.1	0.1	V
			4.5	0.1	0.1	0.1	
			6.0	0.1	0.1	0.1	
		V _{in} = V _{CC} or GND I _{out} ≤ 0.7mA I _{out} ≤ 1.0mA I _{out} ≤ 1.3mA	3.0	0.26	0.33	0.40	
			4.5	0.26	0.33	0.40	
			6.0	0.26	0.33	0.40	
I _{in}	Maximum Input Leakage Current	V _{in} = V _{CC} or GND	6.0	±0.1	±1.0	±1.0	μA
I _{CC}	Maximum Quiescent Supply Current (per Package)	V _{in} = V _{CC} or GND I _{out} = 0μA	6.0	4	40	160	μA

NOTE: Information on typical parametric values can be found in Chapter 2 of the ON Semiconductor High-Speed CMOS Data Book (DL129/D).

AC CHARACTERISTICS (C_L = 50 pF, Input t_r = t_f = 6 ns)

Symbol	Parameter	V _{CC} V	Guaranteed Limit			Unit
			-55 to 25°C	≤85°C	≤125°C	
f _{max}	Maximum Clock Frequency (50% Duty Cycle) (Figures 1 and 4)	2.0	6.0	9.0	8.0	MHz
		3.0	10	14	12	
		4.5	30	28	25	
		6.0	50	45	40	
		6.0	50	45	40	
t _{PLH} , t _{PHL}	Maximum Propagation Delay, Osc In to Q4* (Figures 1 and 4)	2.0	300	375	450	ns
		3.0	180	200	250	
		4.5	60	75	90	
		6.0	51	64	75	
		6.0	51	64	75	
t _{PLH} , t _{PHL}	Maximum Propagation Delay, Osc In to Q14* (Figures 1 and 4)	2.0	500	750	1000	ns
		3.0	350	450	600	
		4.5	250	275	300	
		6.0	200	220	250	
		6.0	200	220	250	
t _{PHL}	Maximum Propagation Delay, Reset to Any Q (Figures 2 and 4)	2.0	195	245	300	ns
		3.0	75	100	125	
		4.5	39	49	61	
		6.0	33	42	53	
		6.0	33	42	53	
t _{PLH} , t _{PHL}	Maximum Propagation Delay, Q _n to Q _{n+1} (Figures 3 and 4)	2.0	75	95	125	ns
		3.0	60	75	95	
		4.5	15	19	24	
		6.0	13	16	20	
		6.0	13	16	20	

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC74HC4060A

AC CHARACTERISTICS ($C_L = 50$ pF, Input $t_r = t_f = 6$ ns) – continued

Symbol	Parameter	V _{CC} V	Guaranteed Limit			Unit
			-55 to 25°C	≤85°C	≤125°C	
t _{TLH} , t _{THL}	Maximum Output Transition Time, Any Output (Figures 1 and 4)	2.0	75	95	110	ns
		3.0	27	32	36	
		4.5	15	19	22	
		6.0	13	16	19	
C _{in}	Maximum Input Capacitance		10	10	10	pF

NOTE: For propagation delays with loads other than 50 pF, and information on typical parametric values, see Chapter 2 of the ON Semiconductor High-Speed CMOS Data Book (DL129/D).

* For T_A = 25°C and C_L = 50 pF, typical propagation delay from Clock to other Q outputs may be calculated with the following equations:

$$V_{CC} = 2.0 \text{ V: } t_p = [93.7 + 59.3(n-1)] \text{ ns}$$

$$V_{CC} = 4.5 \text{ V: } t_p = [30.25 + 14.6(n-1)] \text{ ns}$$

$$V_{CC} = 3.0 \text{ V: } t_p = [61.5 + 34.4(n-1)] \text{ ns}$$

$$V_{CC} = 6.0 \text{ V: } t_p = [24.4 + 12(n-1)] \text{ ns}$$

C _{PD}	Power Dissipation Capacitance (Per Package)*	Typical @ 25°C, V _{CC} = 5.0 V		pF
		35		

* Used to determine the no-load dynamic power consumption: $P_D = C_{PD} V_{CC}^2 f + I_{CC} V_{CC}$. For load considerations, see Chapter 2 of the ON Semiconductor High-Speed CMOS Data Book (DL129/D).

TIMING REQUIREMENTS (Input $t_r = t_f = 6$ ns)

Symbol	Parameter	V _{CC} V	Guaranteed Limit			Unit
			-55 to 25°C	<85°C	≤125°C	
t _{rec}	Minimum Recovery Time, Reset Inactive to Clock (Figure 2)	2.0	100	125	150	ns
		3.0	75	100	120	
		4.5	20	25	30	
		6.0	17	21	25	
t _w	Minimum Pulse Width, Clock (Figure 1)	2.0	75	95	110	ns
		3.0	27	32	36	
		4.5	15	19	23	
		6.0	13	16	19	
t _w	Minimum Pulse Width, Reset (Figure 2)	2.0	75	95	110	ns
		3.0	27	32	36	
		4.5	15	19	23	
		6.0	13	16	19	
t _r , t _f	Maximum Input Rise and Fall Times (Figure 1)	2.0	1000	1000	1000	ns
		3.0	800	800	800	
		4.5	500	500	500	
		6.0	400	400	400	

NOTE: Information on typical parametric values can be found in Chapter 2 of the ON Semiconductor High-Speed CMOS Data Book (DL129/D).

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- 80C52 Compatible
 - 8051 Instruction Compatible
 - Six 8-bit I/O Ports (64 Pins or 68 Pins Versions)
 - Four 8-bit I/O Ports (44 Pins Version)
 - Three 16-bit Timer/Counters
 - 256 Bytes Scratch Pad RAM
 - 9 Interrupt Sources with 4 Priority Levels
- Integrated Power Monitor (POR/PFD) to Supervise Internal Power Supply
- ISP (In-System Programming) Using Standard V_{CC} Power Supply
- Boot ROM Contains Low Level Flash Programming Routines and a Default Serial Loader
- High-speed Architecture
 - In Standard Mode:
 - 40 MHz (V_{CC} 2.7V to 5.5V, both Internal and external code execution)
 - 60 MHz (V_{CC} 4.5V to 5.5V and Internal Code execution only)
 - In X2 mode (6 Clocks/machine cycle)
 - 20 MHz (V_{CC} 2.7V to 5.5V, both Internal and external code execution)
 - 30 MHz (V_{CC} 4.5V to 5.5V and Internal Code execution only)
- 64K Bytes On-chip Flash Program/Data Memory
 - Byte and Page (128 Bytes) Erase and Write
 - 100k Write Cycles
- On-chip 1792 bytes Expanded RAM (XRAM)
 - Software Selectable Size (0, 256, 512, 768, 1024, 1792 Bytes)
 - 768 Bytes Selected at Reset for T89C51RD2 Compatibility
- On-chip 2048 Bytes EEPROM Block for Data Storage (AT89C51ED2 Only)
 - 100K Write Cycles
- Dual Data Pointer
- Variable Length MOVX for Slow RAM/Peripherals
- Improved X2 Mode with Independent Selection for CPU and Each Peripheral
- Keyboard Interrupt Interface on Port 1
- SPI Interface (Master/Slave Mode)
- 8-bit Clock Prescaler
- 16-bit Programmable Counter Array
 - High Speed Output
 - Compare/Capture
 - Pulse Width Modulator
 - Watchdog Timer Capabilities
- Asynchronous Port Reset
- Full-duplex Enhanced UART with Dedicated Internal Baud Rate Generator
- Low EMI (Inhibit ALE)
- Hardware Watchdog Timer (One-time Enabled with Reset-Out), Power-off Flag
- Power Control Modes: Idle Mode, Power-down Mode
- Single Range Power Supply: 2.7V to 5.5V
- Industrial Temperature Range (-40 to +85°C)
- Packages: PLCC44, VQFP44, PLCC68, VQFP64, PDIL40

Description

AT89C51RD2/ED2 is high performance CMOS Flash version of the 80C51 CMOS single chip 8-bit microcontroller. It contains a 64-Kbyte Flash memory block for code and for data.

The 64-Kbytes Flash memory can be programmed either in parallel mode or in serial mode with the ISP capability or with software. The programming voltage is internally generated from the standard V_{CC} pin.



8-bit Flash Microcontroller

AT89C51RD2
AT89C51ED2

Rev. 4235D-8051-12/03



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



The AT89C51RD2/ED2 retains all of the features of the Atmel 80C52 with 256 bytes of internal RAM, a 9-source 4-level interrupt controller and three timer/counters. The AT89C51ED2 provides 2048 bytes of EEPROM for nonvolatile data storage.

In addition, the AT89C51RD2/ED2 has a Programmable Counter Array, an XRAM of 1792 bytes, a Hardware Watchdog Timer, SPI interface, Keyboard, a more versatile serial channel that facilitates multiprocessor communication (EUART) and a speed improvement mechanism (X2 Mode).

The fully static design of the AT89C51RD2/ED2 allows to reduce system power consumption by bringing the clock frequency down to any value, including DC, without loss of data.

The AT89C51RD2/ED2 has 2 software-selectable modes of reduced activity and an 8-bit clock prescaler for further reduction in power consumption. In the Idle mode the CPU is frozen while the peripherals and the interrupt system are still operating. In the Power-down mode the RAM is saved and all other functions are inoperative.

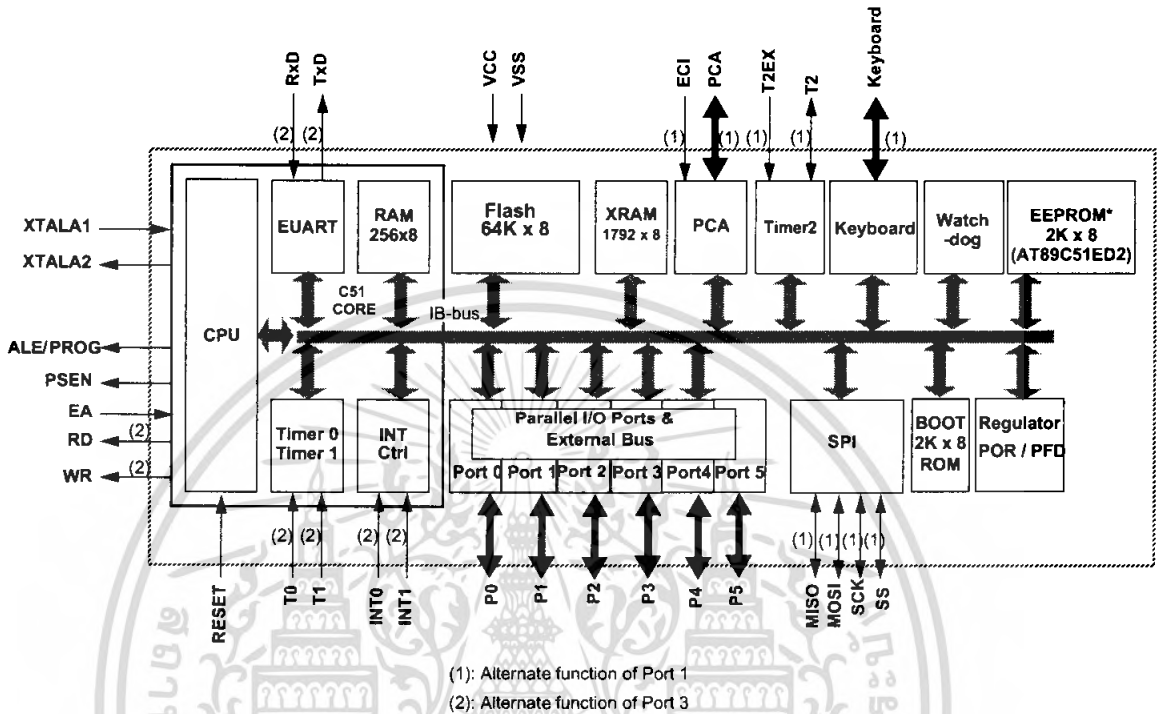
The added features of the AT89C51RD2/ED2 make it more powerful for applications that need pulse width modulation, high speed I/O and counting capabilities such as alarms, motor control, corded phones, and smart card readers.

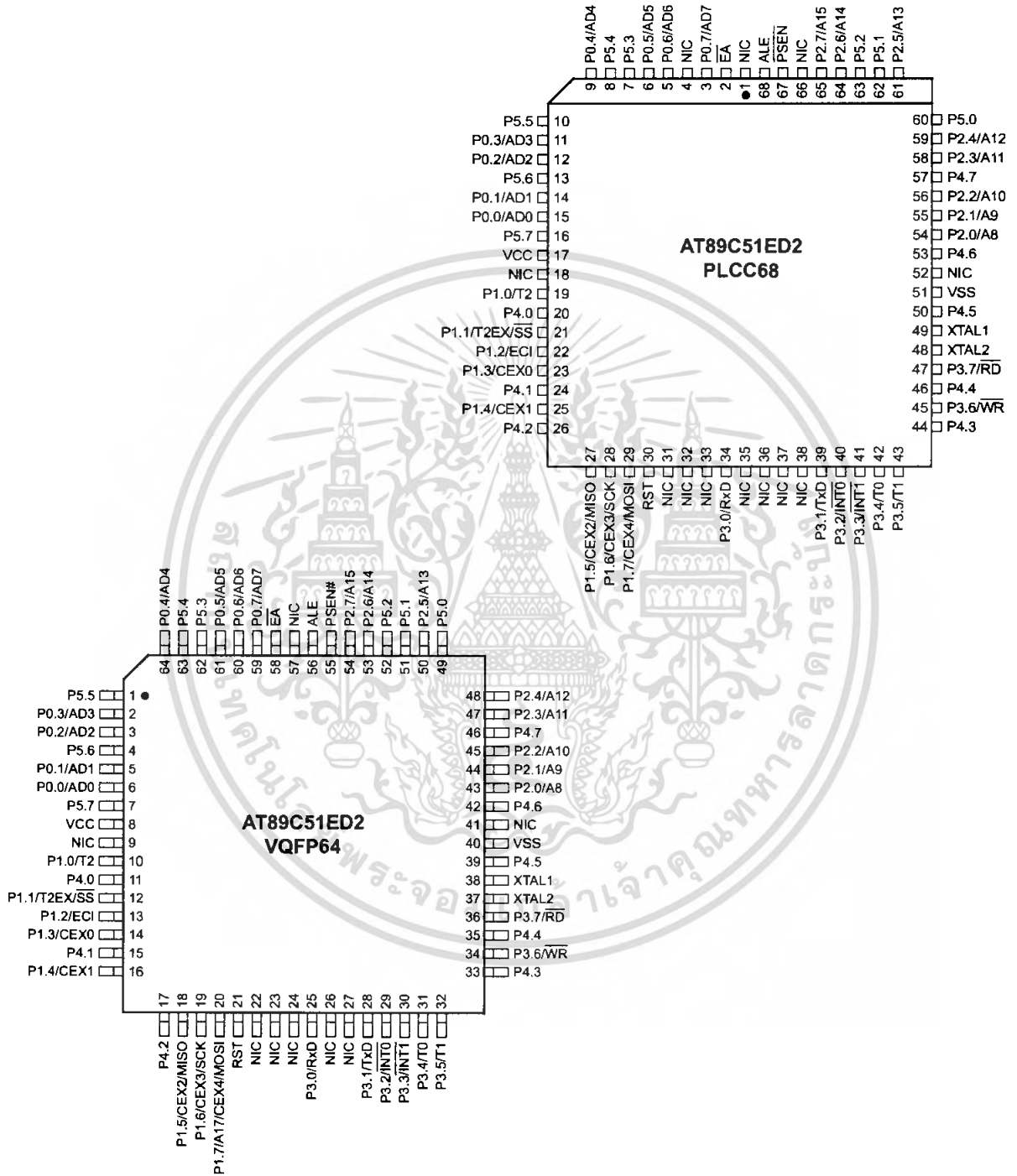
Table 1. Memory Size and I/O Pins

Package	Flash (Bytes)	XRAM (Bytes)	Total RAM (Bytes)	I/O
PLCC44/VQFP44/DIL40	64K	1792	2048	34
PLCC68/VQFP64	64K	1792	2048	50

Block Diagram

Figure 1. Block Diagram





NIC: Not Internally Connected



48 × 84 pixels matrix LCD controller/driver

PCD8544

1 FEATURES

- Single chip LCD controller/driver
- 48 row, 84 column outputs
- Display data RAM 48 × 84 bits
- On-chip:
 - Generation of LCD supply voltage (external supply also possible)
 - Generation of intermediate LCD bias voltages
 - Oscillator requires no external components (external clock also possible).
- External $\overline{\text{RES}}$ (reset) input pin
- Serial interface maximum 4.0 Mbits/s
- CMOS compatible inputs
- Mux rate: 48
- Logic supply voltage range V_{DD} to V_{SS} : 2.7 to 3.3 V
- Display supply voltage range V_{LCD} to V_{SS}
 - 6.0 to 8.5 V with LCD voltage internally generated (voltage generator enabled)
 - 6.0 to 9.0 V with LCD voltage externally supplied (voltage generator switched-off).
- Low power consumption, suitable for battery operated systems
- Temperature compensation of V_{LCD}
- Temperature range: –25 to +70 °C.

2 GENERAL DESCRIPTION

The PCD8544 is a low power CMOS LCD controller/driver, designed to drive a graphic display of 48 rows and 84 columns. All necessary functions for the display are provided in a single chip, including on-chip generation of LCD supply and bias voltages, resulting in a minimum of external components and low power consumption.

The PCD8544 interfaces to microcontrollers through a serial bus interface.

The PCD8544 is manufactured in n-well CMOS technology.

3 APPLICATIONS

- Telecommunications equipment.

4 ORDERING INFORMATION

TYPE NUMBER	PACKAGE		
	NAME	DESCRIPTION	VERSION
PCD8544U	–	chip with bumps in tray; 168 bonding pads + 4 dummy pads	–

48 × 84 pixels matrix LCD controller/driver

PCD8544

5 BLOCK DIAGRAM

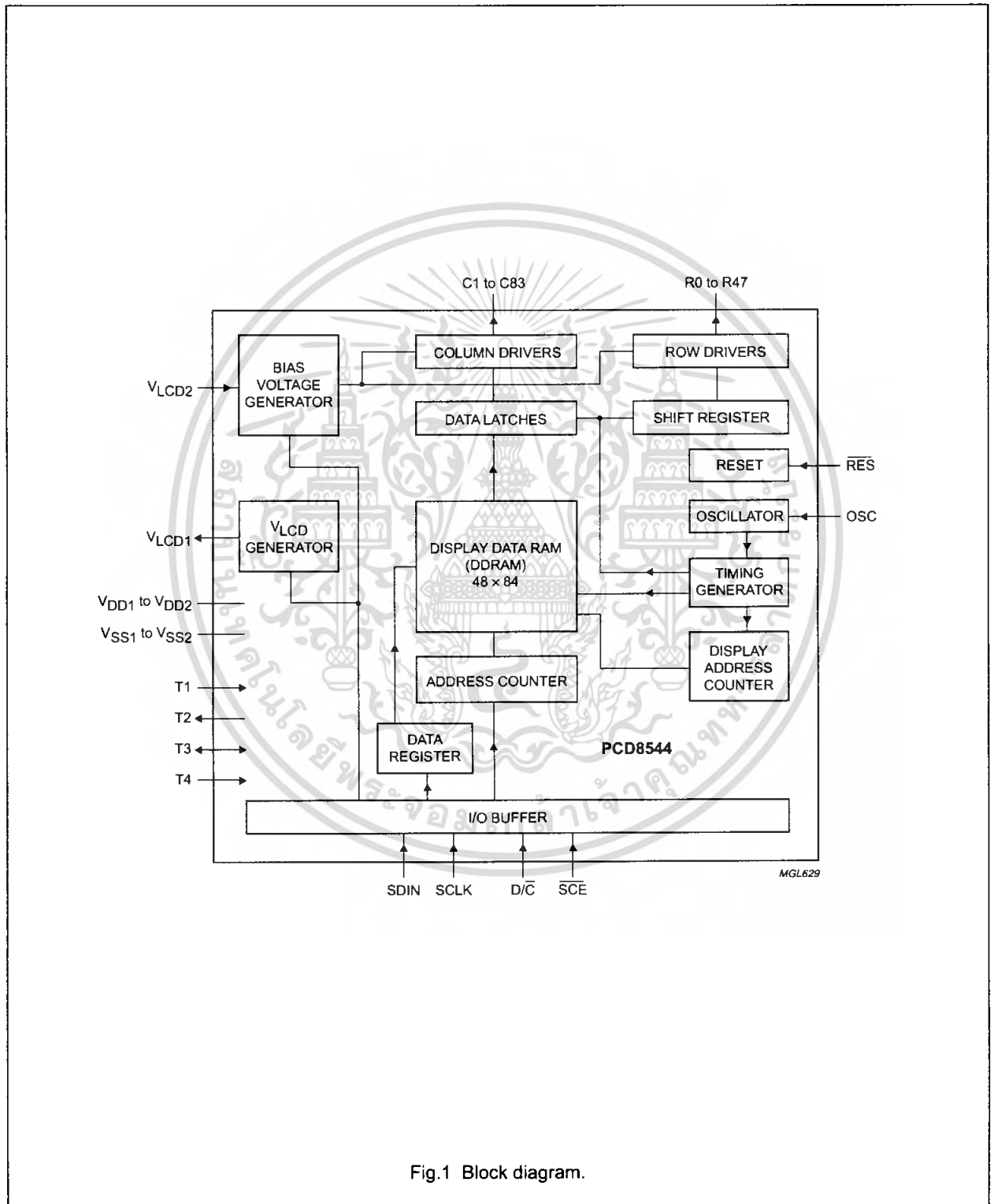


Fig.1 Block diagram.

48 × 84 pixels matrix LCD controller/driver

PCD8544

6 PINNING

SYMBOL	DESCRIPTION
R0 to R47	LCD row driver outputs
C0 to C83	LCD column driver outputs
V _{SS1} , V _{SS2}	ground
V _{DD1} , V _{DD2}	supply voltage
V _{LCD1} , V _{LCD2}	LCD supply voltage
T1	test 1 input
T2	test 2 output
T3	test 3 input/output
T4	test 4 input
SDIN	serial data input
SCLK	serial clock input
D/C	data/command
SCE	chip enable
OSC	oscillator
RES	external reset input
dummy1, 2, 3, 4	not connected

Note

1. For further details, see Fig.18 and Table 7.

6.1 Pin functions

6.1.1 R0 TO R47 ROW DRIVER OUTPUTS

These pads output the row signals.

6.1.2 C0 TO C83 COLUMN DRIVER OUTPUTS

These pads output the column signals.

6.1.3 V_{SS1}, V_{SS2}: NEGATIVE POWER SUPPLY RAILS

Supply rails V_{SS1} and V_{SS2} must be connected together.

6.1.4 V_{DD1}, V_{DD2}: POSITIVE POWER SUPPLY RAILS

Supply rails V_{DD1} and V_{DD2} must be connected together.

6.1.5 V_{LCD1}, V_{LCD2}: LCD POWER SUPPLY

Positive power supply for the liquid crystal display. Supply rails V_{LCD1} and V_{LCD2} must be connected together.

6.1.6 T1, T2, T3 AND T4: TEST PADS

T1, T3 and T4 must be connected to V_{SS}, T2 is to be left open. Not accessible to user.

6.1.7 SDIN: SERIAL DATA LINE

Input for the data line.

6.1.8 SCLK: SERIAL CLOCK LINE

Input for the clock signal: 0.0 to 4.0 Mbits/s.

6.1.9 D/C: MODE SELECT

Input to select either command/address or data input.

6.1.10 $\overline{\text{SCE}}$: CHIP ENABLE

The enable pin allows data to be clocked in. The signal is active LOW.

6.1.11 OSC: OSCILLATOR

When the on-chip oscillator is used, this input must be connected to V_{DD}. An external clock signal, if used, is connected to this input. If the oscillator and external clock are both inhibited by connecting the OSC pin to V_{SS}, the display is not clocked and may be left in a DC state. To avoid this, the chip should always be put into Power-down mode before stopping the clock.

6.1.12 $\overline{\text{RES}}$: RESET

This signal will reset the device and must be applied to properly initialize the chip. The signal is active LOW.

48 × 84 pixels matrix LCD controller/driver

PCD8544

8 INSTRUCTIONS

The instruction format is divided into two modes: If $\overline{D/\overline{C}}$ (mode select) is set LOW, the current byte is interpreted as command byte (see Table 1). Figure 8 shows an example of a serial data stream for initializing the chip. If $\overline{D/\overline{C}}$ is set HIGH, the following bytes are stored in the display data RAM. After every data byte, the address counter is incremented automatically.

The level of the $\overline{D/\overline{C}}$ signal is read during the last bit of data byte.

Each instruction can be sent in any order to the PCD8544. The MSB of a byte is transmitted first. Figure 9 shows one possible command stream, used to set up the LCD driver.

The serial interface is initialized when \overline{SCE} is HIGH. In this state, SCLK clock pulses have no effect and no power is consumed by the serial interface. A negative edge on \overline{SCE} enables the serial interface and indicates the start of a data transmission.

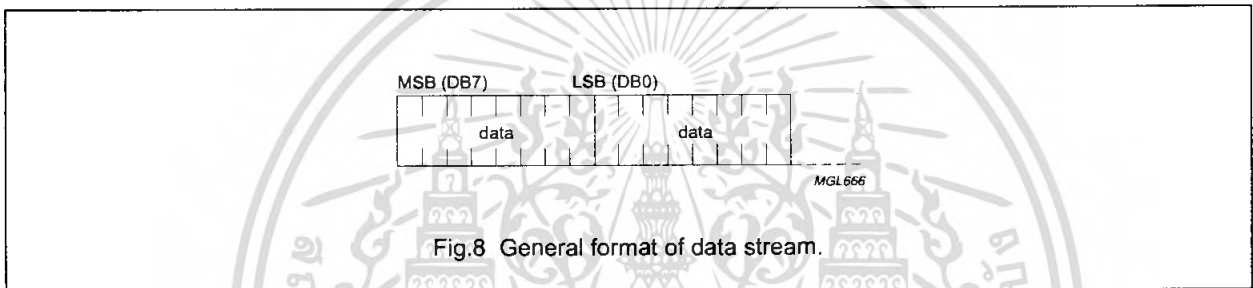


Fig.8 General format of data stream.

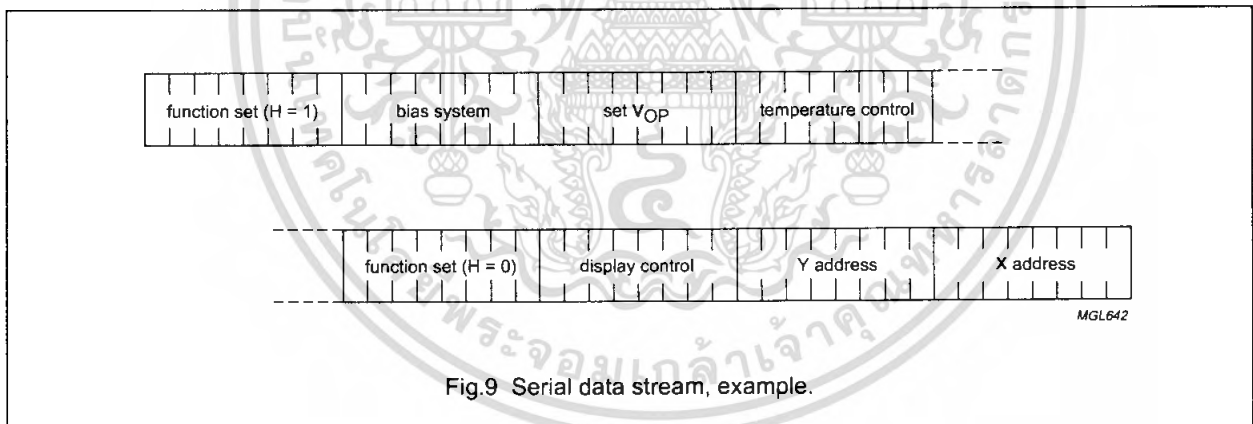


Fig.9 Serial data stream, example.

Figures 10 and 11 show the serial bus protocol.

- When \overline{SCE} is HIGH, SCLK clock signals are ignored; during the HIGH time of \overline{SCE} , the serial interface is initialized (see Fig.12)
- SDIN is sampled at the positive edge of SCLK
- $\overline{D/\overline{C}}$ indicates whether the byte is a command ($\overline{D/\overline{C}} = 0$) or RAM data ($\overline{D/\overline{C}} = 1$); it is read with the eighth SCLK pulse

- If \overline{SCE} stays LOW after the last bit of a command/data byte, the serial interface expects bit 7 of the next byte at the next positive edge of SCLK (see Fig.12)
- A reset pulse with \overline{RES} interrupts the transmission. No data is written into the RAM. The registers are cleared. If \overline{SCE} is LOW after the positive edge of \overline{RES} , the serial interface is ready to receive bit 7 of a command/data byte (see Fig.13).

48 × 84 pixels matrix LCD controller/driver

PCD8544

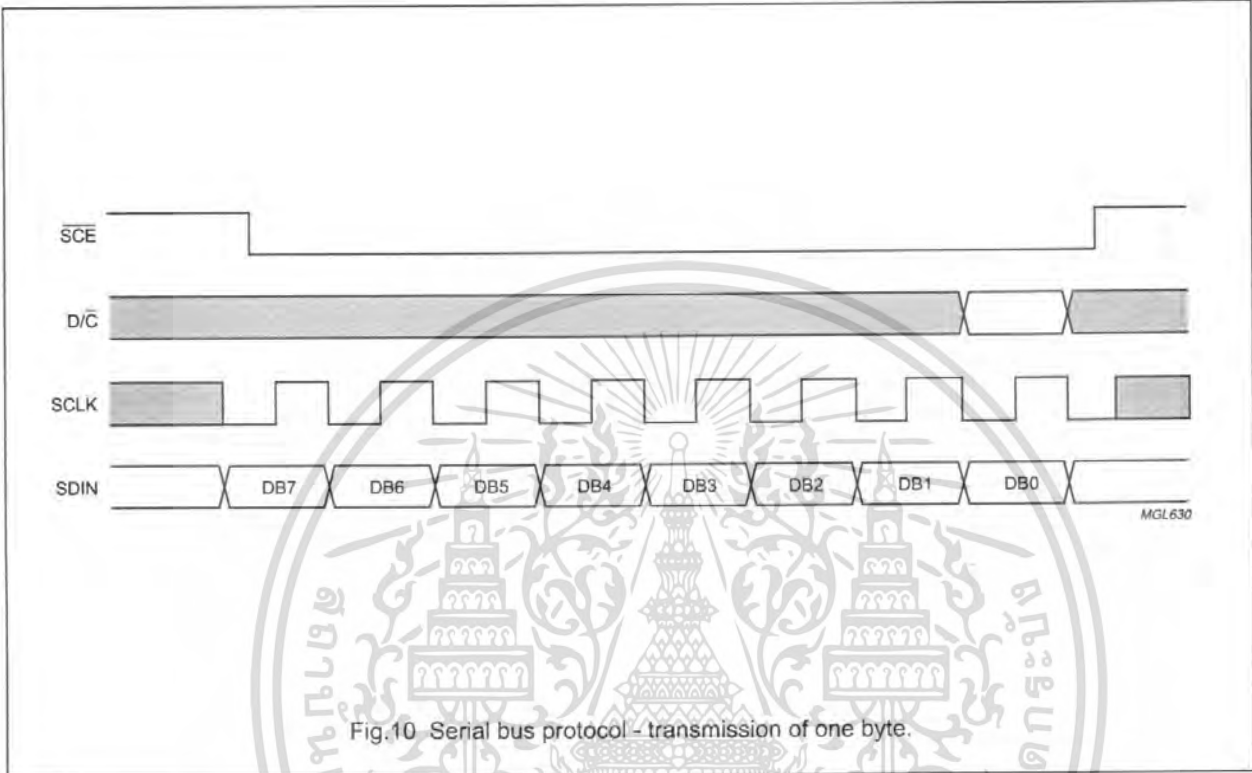


Fig.10 Serial bus protocol - transmission of one byte.

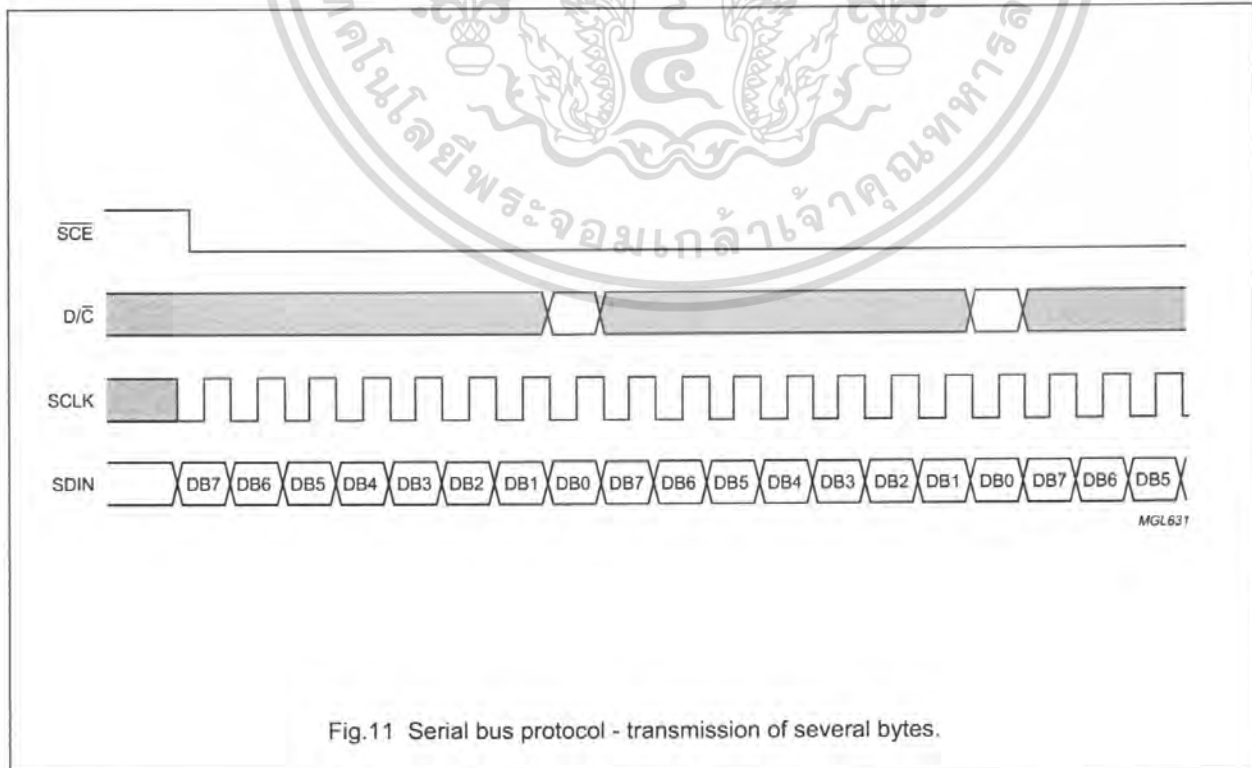


Fig.11 Serial bus protocol - transmission of several bytes.

48 × 84 pixels matrix LCD controller/driver

PCD8544

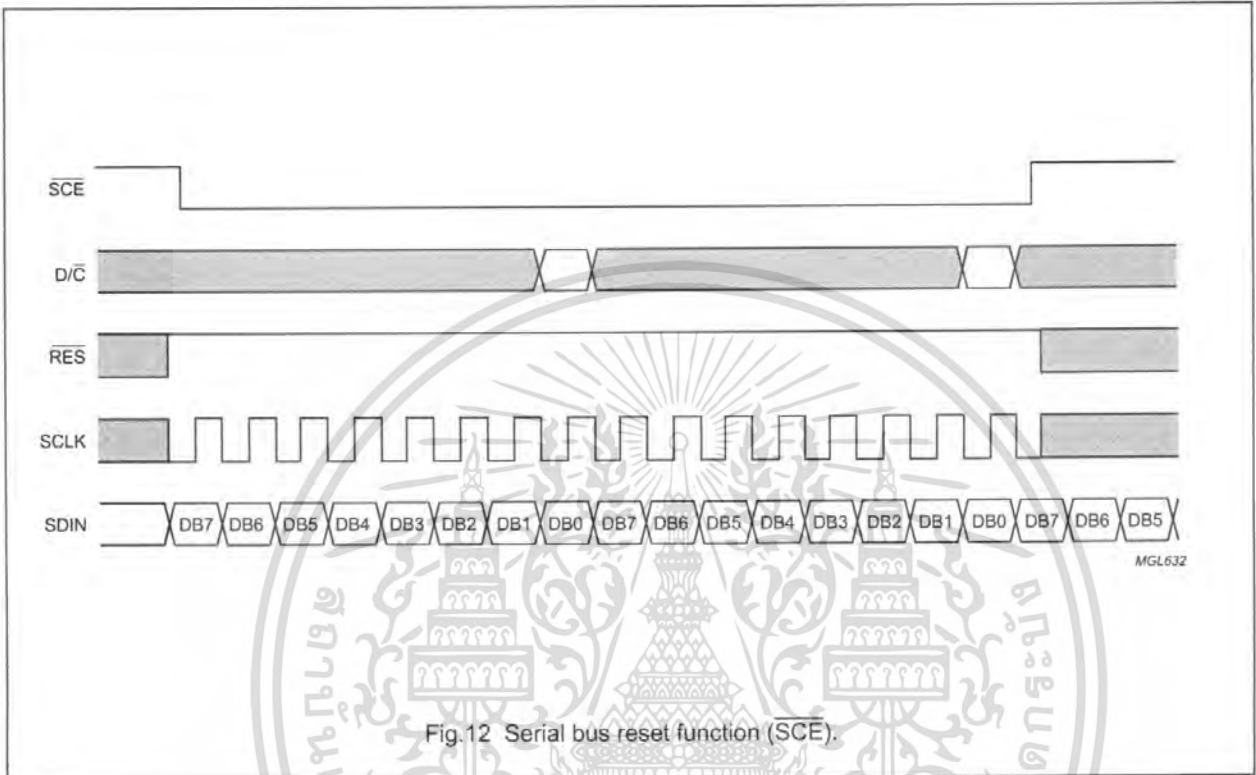


Fig.12 Serial bus reset function (SCE).

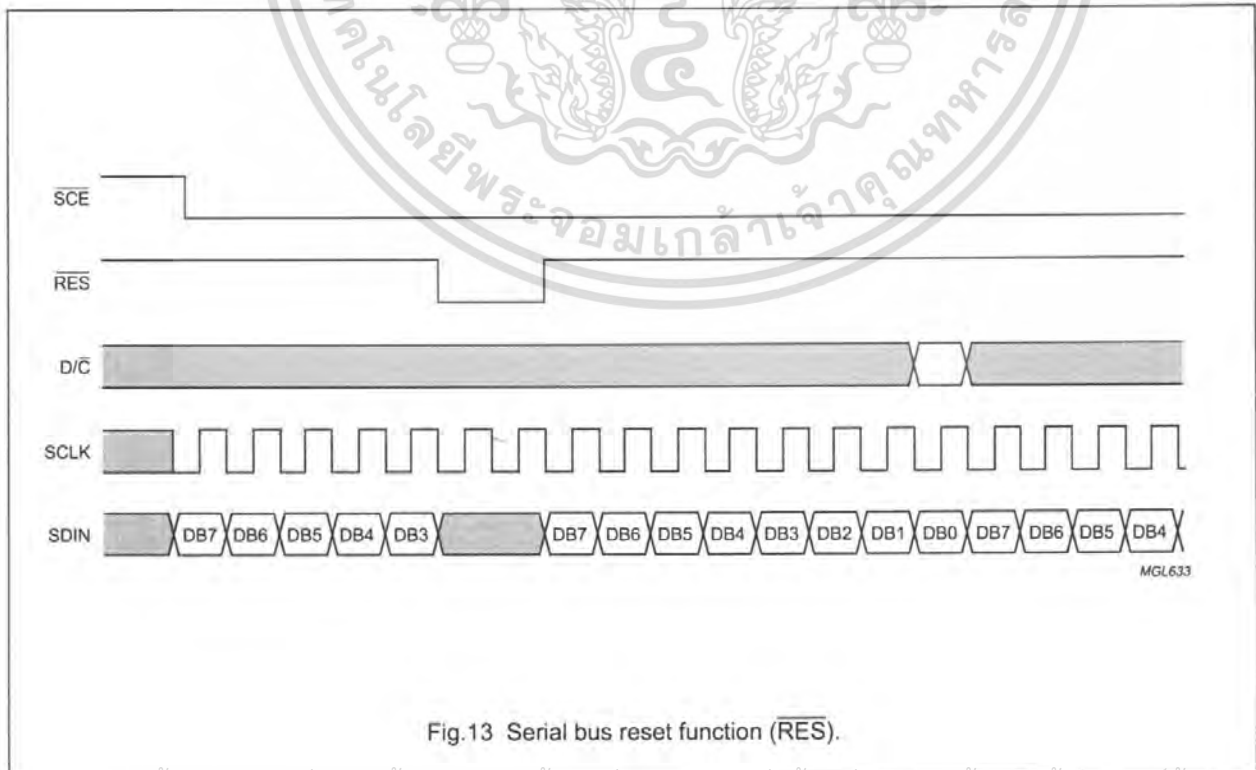


Fig.13 Serial bus reset function (RES).

48 × 84 pixels matrix LCD controller/driver

PCD8544

Table 1 Instruction set

INSTRUCTION	D/ \bar{C}	COMMAND BYTE								DESCRIPTION
		DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0	
(H = 0 or 1)										
NOP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	no operation
Function set	0	0	0	1	0	0	PD	V	H	power down control; entry mode; extended instruction set control (H)
Write data	1	D ₇	D ₆	D ₅	D ₄	D ₃	D ₂	D ₁	D ₀	writes data to display RAM
(H = 0)										
Reserved	0	0	0	0	0	0	1	X	X	do not use
Display control	0	0	0	0	0	1	D	0	E	sets display configuration
Reserved	0	0	0	0	1	X	X	X	X	do not use
Set Y address of RAM	0	0	1	0	0	0	Y ₂	Y ₁	Y ₀	sets Y-address of RAM; 0 ≤ Y ≤ 5
Set X address of RAM	0	1	X ₆	X ₅	X ₄	X ₃	X ₂	X ₁	X ₀	sets X-address part of RAM; 0 ≤ X ≤ 83
(H = 1)										
Reserved	0	0	0	0	0	0	0	0	1	do not use
Reserved	0	0	0	0	0	0	0	1	X	do not use
Temperature control	0	0	0	0	0	0	1	TC ₁	TC ₀	set Temperature Coefficient (TC _x)
Reserved	0	0	0	0	0	1	X	X	X	do not use
Bias system	0	0	0	0	1	0	BS ₂	BS ₁	BS ₀	set Bias System (BS _x)
Reserved	0	0	1	X	X	X	X	X	X	do not use
Set V _{OP}	0	1	V _{OP6}	V _{OP5}	V _{OP4}	V _{OP3}	V _{OP2}	V _{OP1}	V _{OP0}	write V _{OP} to register

Table 2 Explanations of symbols in Table 1

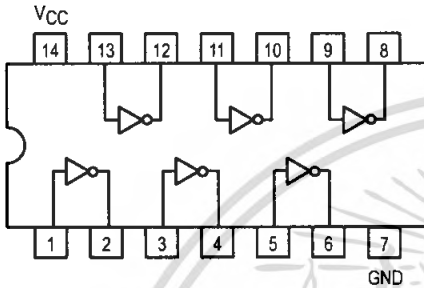
BIT	0	1
PD	chip is active	chip is in Power-down mode
V	horizontal addressing	vertical addressing
H	use basic instruction set	use extended instruction set
D and E	display blank 00 normal mode 10 all display segments on 01 inverse video mode 11	
TC ₁ and TC ₀	V _{LCD} temperature coefficient 0 00 V _{LCD} temperature coefficient 1 01 V _{LCD} temperature coefficient 2 10 V _{LCD} temperature coefficient 3 11	



HEX INVERTER

SN54/74LS04

**HEX INVERTER
LOW POWER SCHOTTKY**



**J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-08**

**N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-08**

**D SUFFIX
SOIC
CASE 751A-02**

ORDERING INFORMATION

SN54LSXXJ	Ceramic
SN74LSXXN	Plastic
SN74LSXXD	SOIC

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V _{CC}	Supply Voltage	54	4.5	5.0	5.5	V
		74	4.75	5.0	5.25	
T _A	Operating Ambient Temperature Range	54	-55	25	125	°C
		74	0	25	70	
I _{OH}	Output Current — High	54, 74			-0.4	mA
I _{OL}	Output Current — Low	54			4.0	mA
		74			8.0	

FAST AND LS TTL DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
5-10
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SN54/74LS04

DC CHARACTERISTICS OVER OPERATING TEMPERATURE RANGE (unless otherwise specified)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
V _{IH}	Input HIGH Voltage	2.0			V	Guaranteed Input HIGH Voltage for All Inputs
V _{IL}	Input LOW Voltage	54		0.7	V	Guaranteed Input LOW Voltage for All Inputs
		74		0.8		
V _{IK}	Input Clamp Diode Voltage		-0.65	-1.5	V	V _{CC} = MIN, I _{IN} = -18 mA
V _{OH}	Output HIGH Voltage	54	2.5	3.5	V	V _{CC} = MIN, I _{OH} = MAX, V _{IN} = V _{IH} or V _{IL} per Truth Table
		74	2.7	3.5	V	
V _{OL}	Output LOW Voltage	54, 74	0.25	0.4	V	I _{OL} = 4.0 mA V _{CC} = V _{CC} MIN, V _{IN} = V _{IL} or V _{IH} per Truth Table
		74	0.35	0.5	V	
I _{IH}	Input HIGH Current			20	μA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 2.7 V
				0.1	mA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 7.0 V
I _{IL}	Input LOW Current			-0.4	mA	V _{CC} = MAX, V _{IN} = 0.4 V
I _{OS}	Short Circuit Current (Note 1)	-20		-100	mA	V _{CC} = MAX
I _{CC}	Power Supply Current Total, Output HIGH Total, Output LOW			2.4	mA	V _{CC} = MAX
				6.6		

Note 1: Not more than one output should be shorted at a time, nor for more than 1 second.

AC CHARACTERISTICS (T_A = 25°C)

Symbol	Parameter	Limits			Unit	Test Conditions
		Min	Typ	Max		
t _{PLH}	Turn-Off Delay, Input to Output		9.0	15	ns	V _{CC} = 5.0 V C _L = 15 pF
t _{PHL}	Turn-On Delay, Input to Output		10	15	ns	

FAST AND LS TTL DATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้