

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องค้นหาวัตถุแขวนลอยใต้น้ำด้วยคลื่นอัลตราโซนิค

An Equipment for Searching Underwater Suspended Objects

Using Ultrasonic Wave



๔/๒/๒๕๕๐

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน **103007**
วัน,เดือน,ปี ๒๔ ส.ค. ๒๕๕๒

b. 120 a x 330
i.

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา ๒๕๕๐

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องค้นหาวัตถุแขวนลอยใต้น้ำด้วยคลื่นอัลตราโซนิก
An Equipment for Searching Underwater Suspended
Objects Using Ultrasonic Wave



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2550

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องค้นหาวัตถุแขวนลอยใต้น้ำด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

AN EQUIPMENT FOR SEARCHING UNDERWATER SUSPENDED OBJECTS USING
ULTRASONIC WAVE

ผู้จัดทำ

1. นายปัทมพันธ์ แสงอุทัย 48015019
2. นางสาววชิรินทร์ ทิมนิม 48015032

.....
(รศ.ดร.1

.....
(ผศ.ดร.จี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องค้นหาวัตถุแขวนลอยใต้น้ำด้วยคลื่นอัลตราโซนิก
AN EQUIPMENT FOR SEARCHING
UNDERWATER SUSPENDED OBJECTS
USING ULTRASONIC WAVE

โดย นายปัทมพันธ์ แสงอุทัย 48015019
นางสาววัชรินทร์ ทิมนัม 48015032

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.ปราโมทย์ วัฒนเขียน
ผศ.ดร.จิรสุดา โกษิยาภรณ์

บทคัดย่อ

โครงการนี้นำเสนอ
ส่งคลื่นอัลตราโซนิกคว
ดิ่งกล่าวจะไปสะท้อน
ทรานสดิวเซอร์มาคำนวณ
คลื่นถูกส่งออกไป วงจร
เวลาที่ได้จาก วงจร Cou
ทางจอแสดงผล



ฮอ์นเป็นอุปกรณ์
อร์ AT89C51 คลื่น
าอัลตราโซนิก
ะทางนั้นก็คือ เมื่อ
าที่ตัวเครื่อง ระยะ
ห่างที่ได้แสดงผ่าน

ABSTRACT

This project pres
wave. The proposed e

generated by the AT89C51 microcontroller. The transmitted ultrasonic wave will be reflected by underwater suspended objects. The reflected ultrasonic wave received from the ultrasonic transducer will be used to compute for distance between the suspended object and the equipment. The principle to compute this distance is that when the ultrasonic wave is transmitted, the counter starts and stops when the reflected wave is received by the ultrasonic transducer. The time interval between start and stop of the counter is computed for the distance where the results are displayed on the monitor screen.

; using ultrasonic
> wave, which is

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

รายงานฉบับนี้จะสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษา คือ รศ.ดร.ปราโมทย์ วาดเขียน และผศ.ดร.จิรสุตา โกษิยาภรณ์ ที่ให้คำปรึกษาที่ดีตลอดเวลาการทำโครงการ อีกทั้งยังคอยช่วยเหลือในด้านต่างๆเป็นอย่างดี ขอขอบพระคุณบิดามารดาของผู้จัดทำโครงการนี้ ที่ให้ความอุปการะเลี้ยงดูและให้การศึกษาแก่ข้าพเจ้า ตลอดจนให้ทุนสำรองในการทำโครงการครั้งนี้ ขอคุณภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมที่ให้โอกาสแก่พวกข้าพเจ้าได้ทำโครงการครั้งนี้ ขอคุณเพื่อนๆ ที่ให้คำปรึกษาและให้ความช่วยเหลือแนะนำในเรื่องต่างๆเป็นอย่างดีมาโดยตลอด



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 คลื่น	3
2.1.1 คลื่นตามยาว	3
2.1.2 คลื่นตามขวาง	3
2.2 คลื่นเสียง	4
2.3 ลักษณะของคลื่นเสียง	4
2.4 คุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นเสียง	4
2.4.1	4
2.4.2	5
2.4.3	5
2.4.4	6
2.5 คลื่นโซนา	6
2.5.1	8
2.5.2	8
2.5.3	10
2.6 ตัวรับและ	11
2.6.1	12
2.7 อัลตราโซ	13
2.7.1	14
2.7.1.2 แบบอิเล็กทรอนิกส์	14
2.7.1.3 แบบเปียโซอิเล็กทรอนิกส์และแบบเฟอร์โรอิเล็กทริก	14
2.7.2 อิเล็กทรอนิกส์ทรานสดิวเซอร์	14
2.8 คุณสมบัติทั่วไปของทรานสดิวเซอร์	15
2.9 คุณสมบัติทางความถี่ของทรานสดิวเซอร์	15
2.10 ทฤษฎีคุณสมบัติของคลื่นอัลตราโซนิค	16
2.10.1 คุณสมบัติของคลื่นอัลตราโซนิค	16
2.10.2 การทำงานของทรานสดิวเซอร์	16
2.11 ทฤษฎีและหลักการของวงจรโดยรวม	17
2.12 ทฤษฎีและหลักการขององค์ประกอบย่อย	19



สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.12.2 วงจรเข้ารหัสแบบซีฟริจิสเตอร์	21
2.12.3 วงจรคูณสัญญาณแบบกิลเบิร์ต	22
2.12.4 วงจรขยาย	24
2.12.5 วงจรอนอินเวอร์ตติ้งแอมพลิฟายเออร์	26
2.12.6 วงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์	27
2.12.7 Automatic Gain Control (AGC)	30
2.12.8 วงจรเอนเวลโลป ดีเทคเตอร์	31
2.12.9 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน	31
2.12.	33
2.12.	35
2.12.	38
บทที่ 3 การคำนวณและ	40
3.1 วงจรภาค	40
3.1.1	40
3.1.2	40
3.1.2	42
3.2 วงจรภาครี	42
3.2.1	42
3.2.2	43
3.2.3	44
3.2.4	45
3.2.4.1 การออกแบบโปรแกรมทางภาครี	45
3.3 วงจรภาคแสดงผล	46
3.4 วงจรภาคจ่ายไฟ	46
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	48
4.1 ผลการทดลองในภาคส่ง	48
4.1.1 วงจรสร้างสัญญาณพัลส์ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์	48
4.1.2 วงจรขยาย	48
4.2 ผลการทดลองในภาครี	49
4.2.1 วงจรภาคพีแอมพลิฟายเออร์	49
4.2.2 วงจรภาคแบนด์พาสฟิลเตอร์	50



สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.3 ผลการทดลองเครื่องคั้นหาวัตถุแขวนลอยได้น้ำด้วยคลื่นอัลตราโซนิค	53
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป	56
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
บรรณานุกรม	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1-1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องค้นหาวัดแวลวนลอยใต้น้ำ	1
รูปที่ 2-1 ลักษณะการเกิดคลื่นตามยาว	3
รูปที่ 2-2 ลักษณะการเกิดคลื่นตามขวาง	3
รูปที่ 2-3 ลักษณะการเกิดคลื่นนิ่ง	5
รูปที่ 2-4 ลักษณะของคลื่นเสียงที่ผ่านช่องแคบๆ จนเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดใหม่	5
รูปที่ 2-5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของคลื่นวงกลมเมื่อกระทบกับฉากที่เป็นเส้นตรง	6
รูปที่ 2-6 การหักเหของคลื่นเสียงในตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกัน	6
รูปที่ 2-7 แสดงการจำแนกย่านความถี่ต่างๆ	7
รูปที่ 2-8 ขั้วของตัวรับแ	11
รูปที่ 2-9 แสดงตัวอย่าง	12
รูปที่ 2-10 ลักษณะ โคร่ง	14
รูปที่ 2-11 ลักษณะของ	17
รูปที่ 2-12 แสดงการส่ง	17
รูปที่ 2-13 บล็อกไดอะเ	18
รูปที่ 2-14 บล็อกไดอะเ	19
รูปที่ 2-15 รูปแสดงวงจ	19
รูปที่ 2-16 รูปแสดงวงจ	21
รูปที่ 2-17 รูปแสดงการ	21
รูปที่ 2-18 รูปแสดงวงจ	22
รูปที่ 2-19 รูปแสดงการ	25
รูปที่ 2-20 รูปแสดงวงจ	25
รูปที่ 2-21 รูปแสดงการทำงานของวงจรขยายแบบนอน-อินเวอร์ตึงแอม ปลิฟายเออร์	26
รูปที่ 2-22 รูปวงจรบัฟเฟอร์ที่ได้จากการประยุกต์จากนอน-อินเวอร์ตึงแอม ปลีไฟเออร์	27
รูปที่ 2-23 รูปแสดงย่านความถี่ที่ฟิลเตอร์กำหนดให้ผ่านได้	28
รูปที่ 2-24 วงจร Delyiannis & Friend	30
รูปที่ 2-25 วงจรเอนเวลโลปดีเทคเตอร์	31
รูปที่ 2-26 วงจร Sallen & Key	31
รูปที่ 2-27 ผังเวลาการทำงานของ ADC 0804	33
รูปที่ 2-28 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง MCS-51 กับ ADC 0804	34
รูปที่ 2-29 รูปแสดงขาของ Parallel Port	38
รูปที่ 3-1 รูปแสดงการแบ่งคาบเวลาที่ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์	40



รับ
มิก
มิก

รูปที่ 3-2 แสดงผังงานของโปรแกรมห้วงเวลาานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3-3 แสดงการต่อเอาท์พุตออกทางขา 1 ของซีพียู	41
รูปที่ 3-4 วงจรขยายโดยใช้ไอซีเบอร์ HIP4080 และ FET	42
รูปที่ 3-5 วงจรภาคพรีแอมป์ลิฟายเออร์	42
รูปที่ 3-6 แสดงตำแหน่งขาของ MF10	43
รูปที่ 3-7 แสดงการต่อใช้งานเป็นแบนด์พาสฟิลเตอร์	44
รูปที่ 3-8 วงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน	44
รูปที่ 3-9 วงจรรวมทางด้านภาครับ	45
รูปที่ 3-10 แสดงผังงานของโปรแกรมทางด้านภาครับ	45
รูปที่ 3-11 วงจรภาคแอส	46
รูปที่ 3-12 วงจรภาคจ่าย	46
รูปที่ 3-13 วงจรภาคจ่าย	47
รูปที่ 4-1 แสดงสัญญาณ	48
รูปที่ 4-2 รูปแสดงเอาท์	49
รูปที่ 4-3 รูปแสดงเอาท์	50
รูปที่ 4-4 รูปแสดงเอาท์ ที่ความถี่ 40 ี	51
รูปที่ 4-5 กราฟแสดงจุด	51
รูปที่ 4-6 รูปแสดงเอาท์	52
รูปที่ 4-7 รูปแสดงเอาท์	53
รูปที่ 4-8 รูปแสดงระยะ	53
รูปที่ 4-9 รูปแสดงระยะ	54
รูปที่ 4-10 รูปแสดงระยะ	54
รูปที่ 4-11 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าความผิดพลาดระยะทาง	54
รูปที่ 4-12 รูปแสดงเครื่องค้นหาวัดจุดแวนลอยได้น้ำด้วยคลื่นอัลตราโซนิก	52



หน้า
หน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2-1 ความเร็วของเสียงในตัวกลางต่างๆ	8
ตารางที่ 2-2 ค่าความเร็วและคุณสมบัติทางด้านอิมพีแดนซ์ของคลื่นอัลตราโซนิค ในตัวกลางที่เป็นของเหลวและแก๊ส	13
ตารางที่ 2-3 คุณสมบัติบางอย่างของสารเซรามิก	15
ตารางที่ 2-4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $V_{ref/2}$ กับ V_{in} ของ ADC 0804	34
ตารางที่ 2-5 ตารางการถอดรหัสหน่วยความจำ	37
ตารางที่ 2-6 แสดงสถานะต่างๆ ของพอร์ตขนาน	39

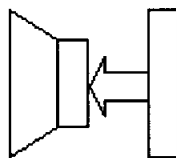


บทที่ 1

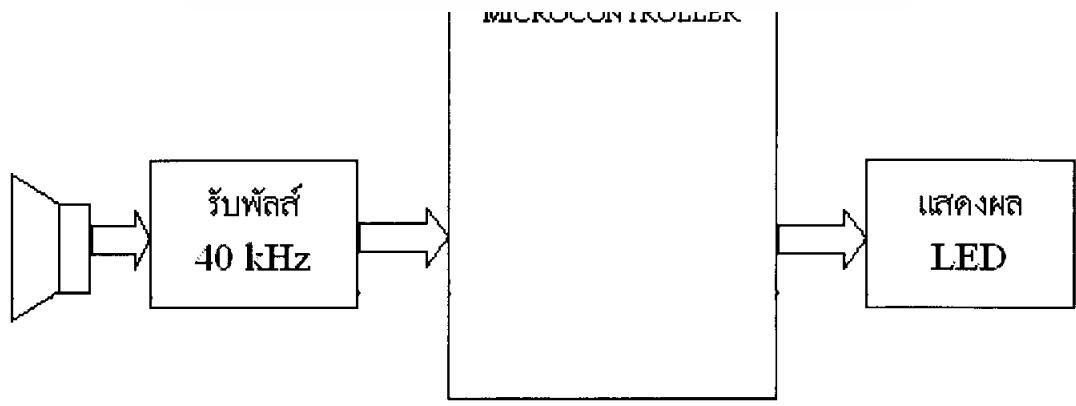
บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านเสียง ได้มีการพัฒนาருหน้าไปมากและได้มีการนำไปประยุกต์ใช้งานกันอย่างแพร่หลายไม่ว่าจะเป็นทางด้านการศึกษา, อุปกรณ์ทำความสะอาด, เครื่องควบคุมระยะไกล, เครื่องวัดระยะทาง, ประยุกต์ใช้ในงานด้านอุตสาหกรรมต่างๆ และเทคโนโลยีอื่นๆ ที่นำไปใช้ในการประดิษฐ์อุปกรณ์ต่างๆ อีกมากมาย ดังนั้นเราจึงเกิดแนวคิดในการใช้เทคโนโลยีทางด้านเสียงมาประยุกต์ใช้ในการวัดระดับความลึกได้น้ำ

เครื่องค้นหาวัดอุณหภูมิลอยได้น้ำด้วยคลื่นอัลตราโซนิก เป็นเครื่องมือที่นำมาใช้โดยอาศัยหลักการของคลื่นสะท้อน, ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และความรู้ทางคอมพิวเตอร์โดยมีหลักการทำงานจากระยะทาง โดยจะส่งคลื่นที่เปลี่ยนไปยังเป้าหมายที่ไกลเมตร



คลื่นอก
12 MHz



เอกสารนี้เป็นรูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องค้นหาวัดอุณหภูมิลอยได้น้ำระโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราอาจนำหลักการจากเครื่องค้นหาวัตถุแขวนลอยได้นี้ ไปประยุกต์ใช้ในงานด้านต่างๆ ได้ อาทิ เช่น ใช้ในการหาสิ่งกีดขวางใต้ผิวน้ำหรือใช้ในการค้นหาวัตถุที่ตกอยู่ใต้ผิวน้ำได้ และนอกจากนี้ เครื่องค้นหาวัตถุแขวนลอยได้นี้ยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในรูปแบบอื่นๆ ได้อีกอย่างกว้างขวาง ซึ่ง ทั้งนี้ก็แล้วแต่ความประสงค์ของผู้ใช้งานและความสะดวก ซึ่งอาจมีการพัฒนาต่อไปได้ในหลายรูปแบบในอนาคต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ

2.1 คลื่น (Wave)

คลื่นเกิดจากการแกว่งหรือสั่น (Oscillated) ของวัตถุ ซึ่งจะเกิดเป็นพลังงานและถ่ายทอดออกจากแหล่งกำเนิดคลื่นไปยังบริเวณโดยรอบ โดยคลื่นทั่วไปสามารถจำแนกตามความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางการสั่นของอนุภาคตัวกลางกับทิศทางการเคลื่อนที่ได้ 2 ชนิด คือ

2.1.1 คลื่นตามยาว (Longitudinal Wave) คือคลื่นที่อนุภาคของตัวกลางมีการเคลื่อนไปในทิศทางเดียวกันกับการเคลื่อนที่ของคลื่น เช่น คลื่นเสียง เป็นต้น ซึ่งแสดงลักษณะของคลื่นตามยาวได้ดังรูปที่ 2-1

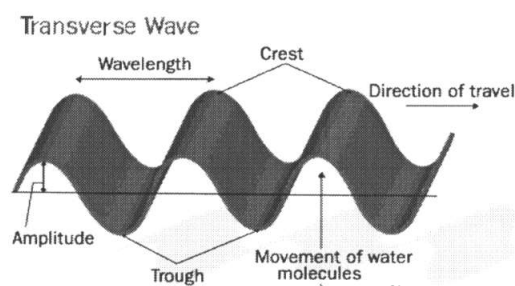
rarefaction



จากรูปที่
ความดันสูง และค่า
ความดัน (P) ที่ เบลี
อัด ท้องคลื่นจะตร
ความยาวคลื่น และ

ภาคของตัวกลางมี
นต่ำ เมื่อนำค่าของ
คลื่นจะตรงกับส่วน
ถึงส่วนขยายคือ 1
งตัน 1 บรรยากาศ

2.1.2 คลื่นตามขวาง (Transverse Wave) เป็นคลื่นที่อนุภาคตัวกลางมีการเคลื่อนที่ไปในทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น เช่น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและคลื่นน้ำ เป็นต้น โดยรูปที่ 2-2 เป็นการแสดงถึงลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งเกิดจากสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) และสนามไฟฟ้า (Electric Field) มีการเคลื่อนที่ตั้งฉากกับทิศทางของคลื่นนั่นเอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2-2 เป็นการแสดงถึงลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าซึ่งเกิดจากสนามแม่เหล็ก (Magnetic Field) และสนามไฟฟ้า (Electric Field) มีการเคลื่อนที่ตั้งฉากกับทิศทางของคลื่นนั่นเอง

คลื่นตามขวางมีลักษณะเหมือนการเกิดขั้วลบและขั้วบวก ซึ่งเป็นเหตุผลการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคเป็นไปเพียงทางเดียว เช่น ในระนาบที่ตั้งฉากกับทิศทางของคลื่นที่เคลื่อนที่ไปต้นกำเนิดของคลื่นตามขวางเป็นพื้นที่หน้าเรียบของระนาบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคอันเนื่องมาจากการแกว่ง ดังนั้นความหนาแน่นของตัวกลางจะไม่เปลี่ยนแปลง โดยการเคลื่อนที่ของคลื่นตามขวาง ความเร็วของคลื่นชนิดนี้จะน้อยกว่าความเร็วของคลื่นตามยาว ในขณะที่เดินทางผ่านตัวกลางชนิดเดียวกัน ดังนั้นที่ความถี่เดียวกันความยาวคลื่นของคลื่นตามขวางจะน้อยกว่าคลื่นตามยาวเสมอ

2.2 คลื่นเสียง (Sound Wave)

คลื่นเสียงนับว่าคือเป็นคลื่นตามยาว ซึ่งสามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็ง, ของเหลวและก๊าซ ทิศทางเดียวกับการได้ 3 ประเภท คือ

1. เกิดจาก
2. เกิดจาก
3. เกิดจาก

เนื่องจาก
สูญญากาศได้



ที่กลับไปกลับมาใน
ตามวัตถุกำเนิดเสียง

สามารถเดินทางผ่าน

2.3 ลักษณะของคลื่น

“ความถี่”
ความถี่ที่มนุษย์สามารถ
ต่ำกว่าที่มนุษย์ได้ยิน
Frequency”

หลังกำเนิดเสียงนั้น
“Frequency”ความถี่
เรียกว่า “Ultrasonic

“อัตราเร็วของเสียง” อัตราเร็วของคลื่นเสียงนั้นย่อมแปรผันตามคุณสมบัติของตัวกลางที่มีเสียงเดินทางผ่าน ซึ่งตัวแปรที่จำกัดอัตราเร็วของเสียง คือ ความหนาแน่น (Density) อุณหภูมิ (Temperature) และความยืดหยุ่น (Elasticity)

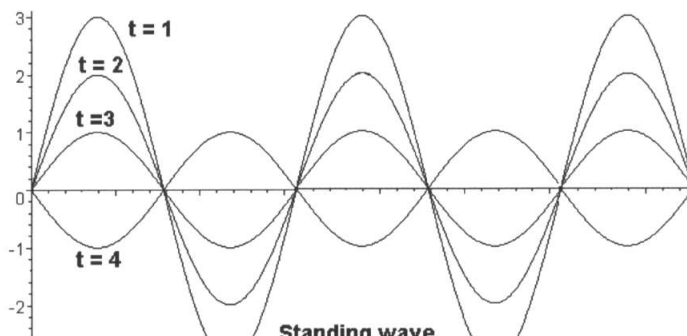
2.4 คุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นเสียง

คุณสมบัติที่สำคัญของคลื่นเสียง แบ่งได้เป็น 4 แบบ คือ

2.4.1 การแทรกสอด (Interference) เกิดจากการรวมกันของคลื่น 2 คลื่น ขึ้นไป ขณะเมื่อพบกันในตัวกลาง (Medium) เดียวกัน ซึ่งทำให้เกิดผลได้หลายลักษณะ เช่น การบีบ (Beat) ของคลื่นเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากการรวมคลื่นที่มีความถี่ต่างกัน หรือต่างเฟสกัน เคลื่อนที่ไปในตัวกลางเดียวกันแล้วรวมเป็นคลื่นใหม่ ซึ่งทำให้แอมพลิจูดเปลี่ยนไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

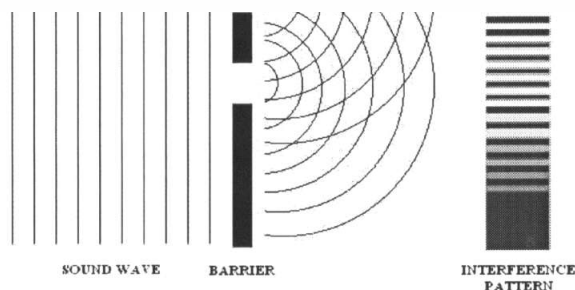
การเกิดคลื่นนิ่ง (Standing Wave) เกิดจากการแทรกสอดของคลื่นขูดที่มีแอมพลิจูดเท่ากันและ ความถี่เดียวกันแต่มีทิศทางการเคลื่อนที่ตรงกันข้ามหรือมีเฟสตรงข้ามกันซึ่งจะทำให้เกิดคลื่นนิ่ง ดังรูปที่2-3



2.4.2 การเป็นมุมหรือช่องแคบเสียงแทรกที่เล่นยแสดงรูปที่ 2-4



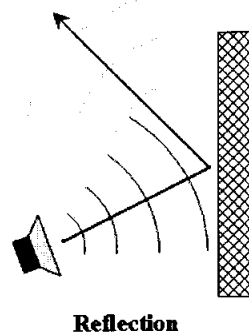
โดยวางที่มีลักษณะ ในกรณีที่เราได้ยิน จากอีกห้องหนึ่ง ดัง



รูปที่ 2-4 ลักษณะของคลื่นเสียงที่ผ่านช่องแคบ ๆ จนเสมือนเป็นแหล่งกำเนิดใหม่

2.4.3 การสะท้อนของคลื่นเสียง (Reflection) คลื่นเสียงสามารถสะท้อนได้เมื่อตกกระทบตัวกลาง

เอกลอนเป็นนอกระบบเท่ากับมุมสะท้อนและจะทำให้เกิดเสียงก้อง (Echo) ซึ่งเสียงก้องที่สะท้อนกลับมาใน การค้า ไม่ว่าเวลาที่มากกว่า 50ms จะทำให้ได้ยินเสียงนั้นเป็นครั้งที่ 2 เสียงของอ่างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-5 แสดงการเปลี่ยนแปลงของคลื่นวงกลมเมื่อกระทบกับฉากที่เป็นเส้นตรง

2.4.4 การหักเหของคลื่นเสียง (Refraction) คลื่นเสียงเมื่อเดินทางผ่านตัวกลางที่มีความหนาแน่นต่างกันจะเกิดการหักเห ซึ่งยังคงที่อยู่ ดังรูปที่

2-6



างกัน

2.5 คลื่นโซนาร์ (S

คลื่นโซนาร์

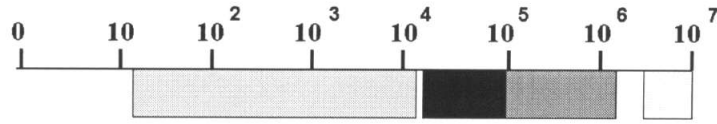
งเกิดจากการเปลี่ยน





พลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกลทำให้เกิดคลื่นย่านโซนาร์กระจายออกมาดังนั้นจึงถือได้ว่าคลื่นโซนาร์ที่เกิดขึ้นนั้นเป็นคลื่นกล (Mechanical Wave) และสามารถสร้างได้โดยตัวทรานสดิวเซอร์ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่แปลงพลังงานไฟฟ้ามาเป็นพลังงานกล โดยจะแปลงกลับไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกล และมีความถี่เรโซแนนซ์ (Resonance Frequency) คงที่อยู่ค่าหนึ่ง โซนาร์เป็นคลื่นที่ใช้สำหรับตรวจหาวัตถุใต้น้ำ มีหลักการทำงานทำนองเดียวกับเครื่องเรดาร์ แต่โซนาร์ใช้คลื่นเสียง และต้องใช้น้ำ แทนที่จะใช้ในอากาศดังเช่นเรดาร์ คลื่นโซนาร์อาจใช้ค้นหาเรือดำน้ำ หาดำแหน่งของเรือที่จมในทะเล หาฝูงปลาและหยั่งความลึกของท้องทะเลได้อย่างดี

หลักการทำงานของเครื่องโซนาร์ เริ่มต้นจากเครื่องโซนาร์ส่งเสียงที่มีความถี่สูงเกินกว่าหูมนุษย์จะได้ยิน (คลื่นเหนือเสียง) ผ่านไปในน้ำ เสียงนั้นมีความถี่ประมาณ 40,000 รอบต่อวินาที เมื่อเสียงนั้นเดินทางไปกระทบวัตถุ เช่น เรือดำน้ำ หรือพื้นทะเล ก็จะสะท้อนกลับมาเข้าเครื่องรับ โดยการวัดช่วงเวลาเสียงเดินทางไปและกลับ ก็จะสามารถคำนวณหาระยะทางของวัตถุจากความเร็วของคลื่นเสียงใต้น้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรเอาไปใช้ในเชิงพาณิชย์ การนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE FREQUENCY RANGES OF SOUND



Human hearing		16Hz - 18kHz
Conventional power ultrasound		20kHz - 100kHz
Extended range for sonochemistry		20kHz - 2MHz
Diagnostic ultrasound		5MHz - 10MHz



- โชนาร์้อาจ
1. โชนาร์เ
 2. โชนาร์เ
- รูปวงแหวนด้วยกำลั
- โชนาร์ยังเ
1. พาสซีฟ
 2. แอกที
- เสียงเพื่อรับเสียงเพื
- สัญญาณเสียงที่ส่งอ
- คลื่นเสียงร

- เป็นมุมจำกัด
- ออกไปรอบตัวเป็น
- จุดนี้จะมีเครื่องรับ
- เกิดการสะท้อนของ
- ำ การเปลี่ยนคลื่น

เสียงเป็นสัญญาณไฟฟ้า และทวเบตยณตญญูฒฒ เพพทเบตยเบนพตยณตยง พยงเชชชบกรณัฒมีชื้อเรยีกว่ำ

ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) มี 2 แบบ คือ

1. ทรานสดิวเซอร์ที่อาศัยคุณสมบัติในการเกิดอำนาจแม่เหล็กของโลหะบางชนิด (Transducer magneto-Striction) ใช้หลอดนิกเกิลรูปทรงกระบอกจำนวนมากยึดติดไว้กับแผ่นไดอะแฟรมบางๆ หลอดนิกเกิลทุกหลอดมีขดลวดพันอยู่โดยรอบ เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดลวด ทำให้เกิดสนามแม่เหล็ก หลอดนิกเกิลจะหดตัว ทำให้ยืดยก หดๆ ตามจังหวะสัญญาณไฟฟ้า การยืดและหดตัวสลับกันไปมานี้ จะทำให้แผ่นไดอะแฟรมเคลื่อนไหวและจะทำให้เกิดเสียง แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้ามีเสียงสะท้อนเข้ามา ก็จะเกิดสัญญาณไฟฟ้าขึ้นที่ขดลวด ทรานสดิวเซอร์แบบนี้เหมาะสำหรับใช้ในงานวัดระยะ

2. ทรานสดิวเซอร์ที่อาศัยคุณสมบัติของผลึกแร่บางชนิด ซึ่งสามารถผลิตกระแสไฟฟ้าเมื่อได้รับแรงดัน (Transducer piezoelectric) ใช้ผลึกของแร่ควอตซ์ หรือโรเชลล์ซอลต์ (Rochelle salt) เป็น

เกลือแร่เป็นผลึกที่โปร่งใสและเปราะบางซึ่งในเพื่อนำมาทำเป็นแผ่นผลึก เมื่อมีไฟฟ้าผ่านเข้าผลึก จะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนเป็นเสียงขึ้น ในทางตรงกันข้ามถ้ามีเสียงคลื่นทางมาจากแผ่นไดอะแฟรมจะทำให้เกิด

ไฟฟ้าขึ้นที่ผิวของผลึก ทรานส์ควอเตอร์แบบนี้เหมาะสำหรับใช้ในการฝ้าฟังเสียง แต่มีข้อเสียตรงที่ส่งคลื่นได้ไม่แรง และผลึกอาจแตกได้ง่าย ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่ผ่านผลึกแรงเกินไป

ความถี่ (Frequency) คือจำนวนของการออสซิลเลตที่สมบูรณ์ จากแหล่งกำเนิดคลื่นภายใน 1 วินาที คลื่นที่ถูกส่งออกจากแหล่งกำเนิดจะเดินทางด้วยความถี่เดียวกันเช่น อัตราการสั่นของสายไวโอลินที่มีความถี่ 440 เฮิร์ตซ์

ความยาวคลื่น (Wavelength) คือระยะทางที่คลื่นเดินทางในระหว่างแต่ละการสั่นที่สมบูรณ์หรือการเดินทางครบรอบ (1 cycle) สามารถกล่าวได้ว่าความยาวคลื่นเป็นระยะห่างระหว่างการอัดอย่างต่อเนื่องหรือการเบาบางของอากาศ การอัดคือ การที่บริเวณนั้นมีความหนาแน่นของโมเลกุลและแรงดันมากกว่าบริเวณรอบๆ ส่วนการเบาบางเป็นบริเวณเฉพาะที่เกิดการลดความหนาแน่นของ โมเลกุลและแรงดันสัมพันธ์กับแรงดันของบรรยากาศปกติ ซึ่งความยาวคลื่นนั้นจะมีความสัมพันธ์ดังสมการ

(2.1)

โดยที่

2.5.1 ความเร็วของคลื่นในสื่อต่าง ๆ แสดงดังตาราง



กลางในการเคลื่อนที่
กลางได้แก่ ความ
เองเสียงในตัวกลาง

ตัวกลาง	ความเร็วเสียง (เมตร/วินาที)	
	ที่ 0° C	ที่ 20° C
อากาศ	331.5	334
ไฮโดรเจน	1270	1331
น้ำ	1450	1474
เหล็ก	5100	5130

2.5.2 ความยาวของคลื่นโซนาร์ คลื่นที่เดินทางในตัวกลางที่แตกต่างกัน ด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน และขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเพียงเล็กน้อย ทั้งหมดนี้เป็นสาเหตุแรกสำหรับการโค้งตัวของคลื่นในบรรยากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$v = \sqrt{\frac{\Gamma P}{\rho}} \quad (2.2)$$

โดยที่ v : ความเร็วของคลื่นเสียง (เมตร/วินาที)
 Γ : ค่าโมดูลัสของก๊าซ: ค่าโมดูลัสของอากาศคือ 1.4
 P : ความดันของก๊าซ: ความดันของอากาศที่ระดับน้ำทะเลคือ
 1.01325×10^5 ปาสคาล (Pascal)
 ρ : ความหนาแน่นของก๊าซ: ความหนาแน่นของอากาศคือ 1.29
 เนื่องจากในอากาศประกอบด้วยโมเลกุลอะตอมคู่ ดังนั้นค่า $\Gamma = 1.4$ จะได้

$$\sqrt{1.4 P} \quad (2.3)$$

โดยที่

จะได้ความหนาแน่น

แทนค่าสมการที่ (2



(2.4)

(2.5)

แต่เนื่องจากสมการ

$$PV = RT \quad (2.6)$$

$$P = \frac{\rho RT}{M} \quad (2.7)$$

โดยที่

R : ค่าคงที่ของก๊าซ

T : อุณหภูมิสัมบูรณ์ของก๊าซ (เคลวิน)

แทนสมการที่ (2.7) ลงในสมการที่ (2.2) จะได้ความสัมพันธ์ว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ (2.8) ชนด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ (2.8) ความเร็วของคลื่นในอุดมคติจะขึ้นอยู่กับชนิดของก๊าซและอุณหภูมิ ซึ่งเป็นอิสระจากการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน แต่ในความเป็นจริงค่าความเร็วของคลื่นจะขึ้นอยู่กับค่าความดันและความหนาแน่นของก๊าซด้วย กล่าวคือ ค่าความดันและความหนาแน่นของก๊าซจะลดลงเมื่อความสูงเหนือจากระดับน้ำทะเลเพิ่มขึ้น จะได้ว่า

$$v \propto \sqrt{T} \tag{2.10}$$

การหาความเร็วของเสียงในน้ำ ณ อุณหภูมิต่างๆซึ่งจากการวัดความเร็วเสียงในน้ำที่ 0° C ได้เท่ากับ 1450 เมตร/วินาที ต้องหาความเร็วเสียงที่ t ° C จากสมการที่ (2.10)

$$1450 = v \sqrt{273} \tag{2.11}$$

ถ้า $T = t + 273$

$$\tag{2.12}$$

นำสมการที่ (2.12)



$$\tag{2.13}$$

กระจายเทอมของ

$$546$$

แทนค่าลงในสมการที่ (2.13) ได้ว่า

$$v_t = 1450 \left(1 + \frac{t}{546} \right)$$

$$v_t = 1450 + 2.65t \tag{2.14}$$

จากสมการที่ (2.14) จะเห็นได้ว่า ถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนไป 1° C แล้วความเร็วเสียงจะเปลี่ยนไป 0.6 เมตร/วินาที

2.5.3 การเกิดคลื่นโซนาร์ คลื่นโซนาร์สามารถสร้างได้โดยตัวทรานสดิวเซอร์ ซึ่งทรานสดิวเซอร์

คืออุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกล หรือพลังงานกลให้เป็นพลังงานไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับหน่วยงานที่ถือลิขสิทธิ์เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แบบเพียโซอิเล็กทริก (Piezo-electric Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานทางกล โดยมีความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่ค่าหนึ่ง
2. แบบแมกนีโตสทริกทีฟ (Magnetostrictive Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้นอยู่
3. แบบอิเล็กโตรสทริกทีฟ (Electrostrictive Transducer) ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานทางกล

2.6 ตัวรับและตัวส่ง

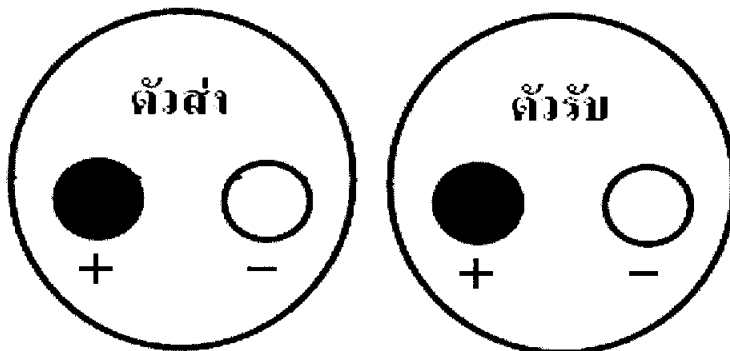
อัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์ (Ultrasonic transducer) จะมีอยู่ 2 อย่าง คือ

ตัวส่งและตัวรับตัวส่งก็ คือ อัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์ ที่ออกแบบมาทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้าให้ลำโพง









ตัวรับ คือ ที่มาดกกระทบตัวเขียนสัญลักษณ์ขอเป็นตัวส่งก็เขียนสไมโครโฟน อย่างจาก Receiver กำกัใช้งานคู่กันจะมีลคคล้ายคลึงกันมากจรายละเอียดภายในให้ทราบว่ขั้วของเสียงนั้นมีขั้วบวกหรือลบขาคะเคยสวนมากขวลบจะตอขยูกบตวถงคงแสดง เนภาพท 2-8



ตัวส่งจึงคล้ายๆ กับขงย่านอัลตราโซนิค (Microphone) เวลาคังรูปที่ 2-9 คือ ถ่าส่งเป็นลำโพง หรือitter และ Rx ย่อมาส่งที่ออกแบบมาให้เโดเป็นตัวรับ และมีเบางครั้งมีการเขียนกำกัขอยู่ด้วยเพื่อทำสันเพื่อให้เกิดคลื่น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ส่วนที่สงวนซึ่งวงที่การตีพิมพ์นี้ไปขอเอาให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้ารูปที่ 2-8 ขั้วของตัวรับและตัวส่งคลื่นอัลตราโซนิคไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบที่	ตัวส่ง	ตัวรับ
1		
2	 Tx	 Rx
3	 Tx	 Rx
4		

รูปที่ 2-5

2.6.1 ข้อ

ตลอดจนรายละเอียดเบื้องต้นเพื่อเป็นแ

1. ไม่ควรมีให้เสียหาย
2. ทรานสดิวเซอร์ที่ขั้วป้อน
3. ควรมี



แบบต่างๆ

นิก (Specification) จึงสรุปสิ่งที่ควรจรรู้

นโครงสร้างภายใน

) โวลต์ดั่งนั้นขนาด

ทรานสดิวเซอร์ 40

กิโลเฮิรตซ์ สำหรับตัวส่ง และมีแถบความถี่ประมาณ 50 กิโลเฮิรตซ์สำหรับตัวรับจะเห็นได้ว่า มีแถบความถี่ของตัวรับจะกว้างกว่าของตัวส่งอยู่เล็กน้อย เพื่อให้แน่ใจว่าตัวรับจะสามารถรับความถี่ทั้งหมดที่ออกมาจากตัวส่งได้

4. อุณหภูมิใช้งานของทรานสดิวเซอร์ ควรอยู่ในช่วง 20 ถึง 35 องศาเซลเซียส


5. ทั้งตัวส่ง และตัวรับจะมีทิศทางคล้ายคลึงกันมากกว่าคือ ที่ตำแหน่งเบนจากแนวแกนของตัวส่งไปประมาณ 30 องศา ความแรงของคลื่นเสียงที่ส่งออกไปจะลดลงประมาณ 10 dB ในทำนองเดียวกันถ้าคลื่นเสียงพุ่งเข้ามาในแนวที่เบี่ยงเบนไปจากแนวแกนของตัวรับไปประมาณ 30 องศา ความไวหรือขนาดแรงดันที่ออกมาก็จะลดลงไปประมาณ 10 dB เช่นเดียวกันดังนั้นการใช้งานที่เป็นการควบคุมระยะไกลในที่โล่งแจ้งจึงควรพยายามให้ตัวรับและตัวส่งอยู่ในแนวแกนที่พุ่งตรงเข้าหากันให้มากที่สุด อย่างไรก็ตามในกรณีที่อยู่ในห้องอาจจะเบี่ยงเบนจากกันได้มากเพราะคลื่นเสียงอัลตราโซนิกสามารถสะท้อนกับกำแพง พื้น และวัตถุที่อยู่ในห้องทำให้คลื่นเสียงเข้าไปหาตัวรับได้หลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. กรณีที่ใช้งานตัวรับจะต้องมีตัวต้านทานต่อขนานกับตัวรับ เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวโหลด (Load) ตามปกติแล้วตัวต้านทานตัวนี้ควรมีค่าอยู่ในช่วง 10 กิโลโอห์มถึง 100 กิโลโอห์มถ้าหากทดลองเปลี่ยน โหลดจาก 100 กิโลโอห์ม เป็น 10 กิโลโอห์ม ความไวจะลดลงประมาณ 10 dB แต่แถบความถี่จะกว้างขึ้นถ้า ใช้ความต้านทานต่ำลงไปอีกความถี่เรโซแนนซ์จะลดลงไปจากที่ระบุไว้ถ้าการใช้งานมีสัญญาณรบกวนมาก ควรใช้โหลดที่มีความต้านทานสูงกว่าเล็กน้อย

7. ปกติแล้วเราสามารถเอาตัวส่งและตัวรับมาใช้งานแทนกันได้ในการใช้งานเพียงแต่ให้มีความถี่เรโซแนนซ์เดียวกันเท่านั้น อย่างไรก็ตาม ในบางกรณีจะต้องเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานที่สมมูลทางด้าน ฟีดกลับเพื่อให้ลักษณะตอบสนองทางความถี่สอดคล้องกันกับของเดิม

8. การใช้งานอัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์ขึ้นอยู่กับตัวกลางที่จะนำไปใช้ เนื่องจากคลื่นอัลตราโซนิคนั้นมีความเร็วในการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่แตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ 2-2

ตาราง				โซนิก
M				teristic dence (m ³)
C				39
H				12
O				32
Hy				.6
Carbo				.2
				29
Li				3/m ³
Vacua	20	๓๗๘	148๖	1.48
Mercury	20	13500	1451	19.6
Glycerine	20	1228	1895	2.33
Ethyl Alcohol	20	790	1159	0.92
Methyl Alcohol	20	792	1120	0.89
Carbon Disulphide	20	1264	1157	1.64

2.7 อัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์

อัลตราโซนิคทรานสดิวเซอร์ คือ อุปกรณ์ซึ่งสามารถแปลงพลังงานกลโดยการสั่นไปมา ซึ่งทำให้เกิดคลื่นอัลตราโซนิค กระจายไปในวัตถุตัวกลาง หรือจากพลังงานของคลื่นอัลตราโซนิคแปลงไปเป็นพลังงานกลซึ่งสามารถทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าขึ้นได้จากควมทรานสดิวเซอร์นั้นทรานสดิวเซอร์ที่ให้กำเนิดคลื่นอัลตราโซนิคมี 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

เอกสารเป็นแหล่งสร้างคลื่นสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.1 เมคคานิกทรานสดิวเซอร์ (Mechanical Transducers)

2.7.1.1 แบบมูฟวี่งคอยล์ นั้นคล้ายกับมูฟวี่งคอยล์ของลำโพง มีประโยชน์มากในการเป็นตัวสั่น (vibrator) ของทดสอบความเร่งของอุปกรณ์แบบมูฟวี่งคอยล์ ชนิดริบบอน (Ribbon) ทำด้วยอะลูมิเนียมบาง ๆ วางไว้ระหว่างขั้วทั้งสองของแม่เหล็ก มันทำตัวเสมือนเป็นขดลวดของมูฟวี่งคอยล์ทำให้เกิดคลื่นอัลตราโซนิคในการศึกษาคุณสมบัติในการดูคลื่นอัลตราโซนิคของก๊าซ

2.7.1.2 แบบอิเล็กโตรสแตติก ใช้หลักการที่ว่า ในระหว่างแผ่นขนานของ Parallel Plate Capacitor เมื่อเราให้ความต่างศักย์ระหว่างแผ่นทั้งสองจะทำให้เกิดแรงขึ้น หลักการใหญ่ของมันจะใช้ทำเป็นลำโพงเสียงที่มีคุณภาพสูง

แต่ก็ใช้ทำให้เกิดการสั่นแบบอัลตราโซนิคในของแข็งแบบที่ 1 และ 2 นั้นไม่ค่อยใช้กัน เป็นแหล่งกำเนิดคลื่น

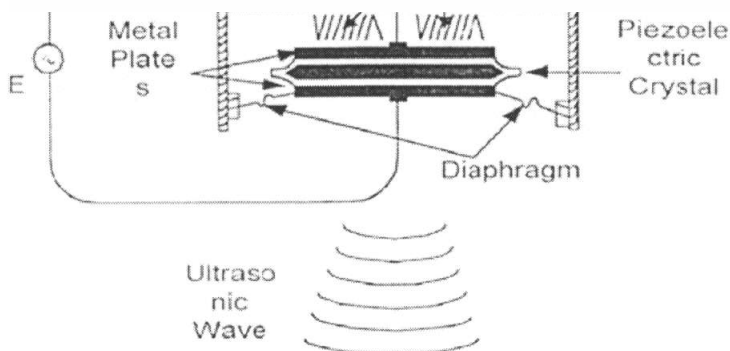
เฉพาะแบบที่ 3 และ

2

โมเลกุล (Polar Molecule) อันเนื่องมาจากการขั้วระหว่างผิวหน้าของอิเล็กโตรด (direct P effect) เรียกว่าปรากฏการณ์ผลึกควอตซ์



ประกอบด้วยโพลาไรซ์ (Polarization) ถ้าตัดเอาเพลททำให้เกิดความต่างศักย์เรียกเป็นโซอิเล็กทริกเอฟเฟกต์ (piezoelectric effect) ตัวอย่าง เช่น



รูปที่ 2-10 ลักษณะ โครงสร้างภายในทั่วไปของทรานสดิวเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้เพื่อการค้า
ไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม หากมีข้อผิดพลาดประการใด ขออภัยไว้ ณ ที่นี้ และขอสงวนสิทธิ์ในสิ่งที่ปรากฏ

2.8 คุณสมบัติทั่วไปของทรานสดิวเซอร์

ทรานสดิวเซอร์ที่ใช้ในทางอัลตราโซนิกจะมีคุณสมบัติพิเศษ คือ มีเปียโซอิเล็กทริกเอฟเฟกต์และที่ใช้กันมากคือผลึกแร่ควอทซ์ (Quartz), แบเรียมติเตเนท (Barium titanate) และ ลีดเซอโคเนท (Lead circonate titanate) สารเหล่านี้เมื่อนำมาทำเป็นทรานสดิวเซอร์ ยังแสดงคุณสมบัติเป็นคาปาซิเตอร์ทางไฟฟ้าได้อีกด้วย ค่าคาปาซิแตนซ์เป็นไมโครฟารัดจะ ได้สัดส่วนกับค่าที่ไดอิเล็กตริก (Dielectric constant, K) ของพื้นผิววัสดุและหารด้วยความหนา โครงสร้างของทรานสดิวเซอร์มีความคล้ายคาปาซิเตอร์ที่วอลลุ่มไดโอดที่ อยู่ 2 ข้างถูกแยกโดยช่องที่มีสารเซรามิก

ตารางที่ 2-3 แสดงคุณสมบัติบางประการของสารเซรามิกได้รับความร้อน จะทำให้ไดโพล(dipole) เคลื่อนไหวได้โดยเสรีและที่จุดนี้เมื่อได้รับศักย์ไฟฟ้าเข้าไปก็จะมีการจัดเรียงตัวและมีคุณสมบัติเปียโซอิเล็กทริก ถ้าภายหลังเซรามิกที่มีคุณสมบัตินี้ถูกเผาให้ร้อนถึงอุณหภูมิดังกล่าวอีกคุณสมบัติเปียโซ อิเล็กทริก จะหมดไป ดังนั้น

ผลึกเป็นค่าทรานส
และลีดเซอโคเนท
ไดอิเล็กตริก ค่ามาก
โซนิกในปัจจุบัน

ที่สูงเกินค่าคงที่ไดเล
ทั้ง แบเรียมติเตเนท

ใช้ในเครื่องอัลตรา



2.9 คุณสมบัติทาง

ความถี่ข
แท่งเหลี่ยมแบนจะ
เมื่อป้อนศักย์ไฟฟ้
บริษัทที่ทำทรานส
แสดงคุณสมบัติบา

อย่าง เช่น เซรามิก
ามรัศมี อย่างไรก็ดี
อยู่กับขั้วไฟฟ้าที่ใช้
แสดงในตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 คุณสมบัติบางอย่างของสารเซรามิก

Material	Curic Temperature (°C)	Q	Dielectric Constant (K)	Coupling Coefficient (KT)
Quartz	550	Very High	4.5	0.09
Barium titante	100	400-700	1700	0.38
Lead zirconate titanate	300	90-500	1450	0.51

2.10 ทฤษฎีคุณสมบัติของคลื่นอัลตราโซนิก

2.10.1 คุณสมบัติของคลื่นอัลตราโซนิก อัลตราโซนิก หมายถึง คลื่นที่มีความถี่สูงเกินกว่าหูของมนุษย์จะได้ยิน โดยทั่วไปแล้ว หูของมนุษย์จะได้ยินในย่านความถี่ 30 เฮิร์ตซ์ ถึง 30 กิโลเฮิร์ตซ์ อัลตราโซนิกที่กล่าวถึงโดยทั่วไป จึงหมายถึงคลื่นที่มีความถี่ สูงกว่า 30 กิโลเฮิร์ตซ์ขึ้นไป

อัลตราโซนิกเป็นคลื่นที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงพลังงานรูปอื่นให้มาเป็นพลังงานกล โดยการสั่นไปมา หรือเกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกลทำให้เกิดคลื่นอัลตราโซนิก กระจายออกไปในอากาศ ดังนั้นจึงถือได้ว่าคลื่นที่เกิดขึ้นเป็นคลื่นกล (Mechanical wave) คลื่นอัลตราโซนิกสามารถสร้างได้ด้วยทรานสดิวเซอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล โดยจะทำการแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกล และมีความถี่เรโซแนนท์ (Resonant Frequency) คงที่อยู่ค่าหนึ่ง นอกจากนี้

ประยุกต์ใช้ในโคร
ความเร็ว

คุณสมบัติที่เรานำมา
การ



(2.15)

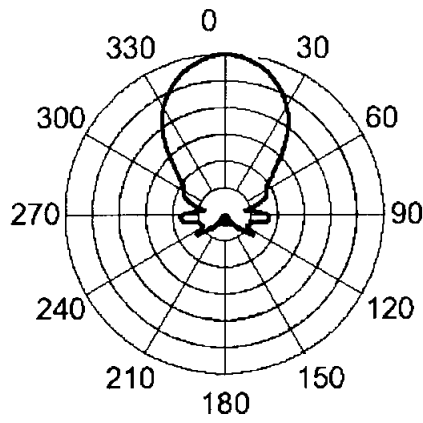
2.10.2 ก

แปลงพลังงานไฟ

ปรกรณ์ที่สามารถใช้
ะก็เป็นอุปกรณ์ที่ทำ

การรับคลื่นเสียงเข้ามาแล้วทำการแปลงกลับไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าได้ ดังนั้นในการทำงานจึงต้องมีทรานสดิวเซอร์ 2 ตัว โดยทำหน้าที่เป็นตัวส่งและตัวรับอย่างละตัวในระบบเดียวกัน ซึ่งทรานสดิวเซอร์จะมีความถี่เรโซแนนท์ (Resonant Frequency) อยู่ค่าหนึ่งและจะต้องใช้คู่กันเสมอ

สำหรับทางด้านตัวส่ง เมื่อทรานสดิวเซอร์ได้รับสัญญาณแรงดันมาครบรอบ จะทำให้ชิ้นสารวัตถุโก่งงอ ทำให้เกิดการบีบอัดอากาศโดยรอบเกิดเป็นคลื่นเหนือเสียงขึ้นมา ดังนั้นถ้าป้อนสัญญาณเป็นห้วงๆ (Pulse) จากออสซิลเลเตอร์ก็จะทำให้ชิ้นสาร โก่งงอมากขึ้น ก่อให้เกิดการบีบอัดอากาศเกิดเป็นคลื่นเหนือเสียงออกไป โดยทั่วไปกำลังเอาท์พุทที่ออกมาจะสูงก็ต่อเมื่อความถี่ของสัญญาณออสซิลเลเตอร์ที่ป้อนเข้าทรานสดิวเซอร์ตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ของทรานสดิวเซอร์นั้นๆ ส่วนที่ความถี่อื่นๆ กำลังของเอาท์พุทจะ



รูปที่ 2-11 ลักษณะของลำคลื่นในการส่ง (Beam Angle) ของทรานสดิวเซอร์

ส่วนการ
ความถี่ตรงกับคว
แรงดันไฟฟ้าขึ้นม

2.11 ทฤษฎีและหลั
จากการ
เช่นเดียวกับคลื่น
ความสัมพันธ์จาก

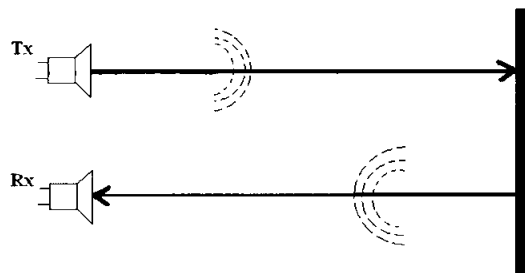


มีคลื่นเหนือเสียงที่มี
ละเกิดสัญญาณเป็น

เกิดการสะท้อนได้
นตามอนุกรมนี้ ดัง
ยะทาง

(2.16)

ดังนั้น เราจะเห็นว่าหลักการ โดยคร่าวๆ ในการเดินทางของคลื่นอัลตราโซนิค เมื่อเราส่ง คลื่นอัลตราโซนิคไปกระทบสิ่งกีดขวาง และสะท้อนกลับมายังเครื่องรับ ดังรูปที่ 2-12 จะได้ว่า



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ไปเผยแพร่ด้านการค้า
รูปที่ 2-12 แสดงการส่งคลื่นอัลตราโซนิคไปกระทบสิ่งกีดขวางและสะท้อนกลับมายังเครื่องรับ
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากเราทำการจับเวลาที่คลื่นเดินทางไป หรือเวลาที่คลื่นเดินทางกลับได้ เราก็จะสามารถคำนวณหา ค่ำระยะทางระหว่างวัตถุกับแหล่งกำเนิดคลื่น เพื่อนำค่าระยะทางนั้นมาพิจารณาต่อไปได้

การทำงานของอุปกรณ์ชิ้นนี้ จะนำหลักการดังกล่าว ซึ่งจะมีบล็อกไดอะแกรม (Block Diagram) ดังรูปที่ 2-15 และดังรูปที่ 2-16 โดยหลักการทำงานของวงจรจะแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ภาคส่ง ภาครับ และ ภาคแสดงผล ซึ่งจะนำมาอธิบายได้ต่อไปนี้

ภาคส่ง

จะมาจากการสร้างชุดสัญญาณที่มีความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ จาก AT89C51 เนื่องจากสัญญาณที่ได้จาก AT89C51 มีขนาดของสัญญาณเพียงแค่ 5 V ซึ่งไม่เพียงพอที่จะส่งไปให้หัวอัลตราโซนิกทรานสดิวเซอร์ ทำงานได้ ดังนั้น

ด้วยวงจร POWER AMPLIFIER จาก ทรานสดิวเซอร์ ที่มีความถี่ 40 กิโล ทรานสดิวเซอร์ทา

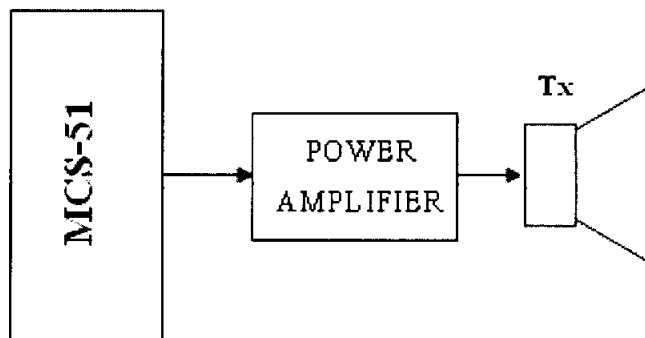
ด้วยวงจร POWER กับหัวอัลตราโซนิก คลื่นอัลตราโซนิก อบเขตของบีมของ

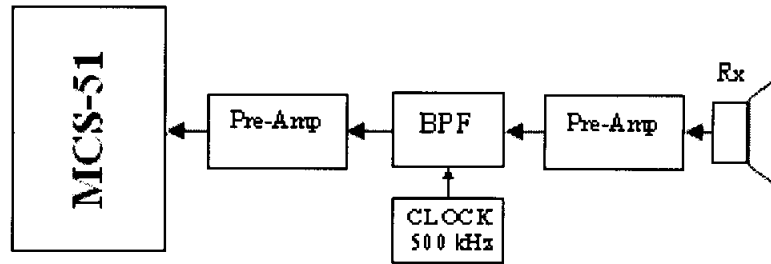


ภาครับ

นำเอาสัญญาณที่ สัญญาณรบกวนที่ แแรงดัน เพื่ออง AT89C51 นำระยะทางของวัตถุ เพอน เม แดตง เนชแดตงคตช เบ

โอนกลับมาได้ ก็จะ อร์ โดยจะกรองเอา เนวงจรเปรียบเทียบ วันเตอร์ร็ปต์ให้กับ ัวรับมาคำนวณหา





รูปที่ 2-14 รูปแสดงบล็อกไดอะแกรมภาครับเครื่องค้นหาวัดอุณหภูมิด้วยคลื่นอัลตราโซนิก

2.12 ทฤษฎีและหลักการขององค์ประกอบย่อย

2.12.1 วงจรกำเนิดสัญญาณความถี่ (Oscillator) เป็นวงจรกำเนิดคลื่นรูปไซน์ (Sine Wave) เพื่อนำมาทำเป็นสัญญาณที่หนึ่ง ในที่นี้ใช้วงจรถ่ายทอดสะพาน (Bridge Oscillator) มีลักษณะดังรูปที่ 2-



เริ่มพิจารณาโดยพิจารณาจาก โหนด (Node) ที่ 1, โหนดที่ 2 และ โหนดที่ 3 จะได้สมการดังนี้

$$V_x = \frac{V_o R_1}{R_1 + R_2} = kV_o \tag{2.17}$$

$$\frac{V_x - V_y}{R} + \frac{V_x}{R} + V_x SC = 0 \tag{2.18}$$

$$\frac{V_y - V_x}{R} + (V_y - V_o)SC = 0 \tag{2.19}$$

จากสมการที่ (2.18) จะได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับภาคนิเทศเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ (2.19) จะได้

$$V_Y \left(\frac{1}{R} + SC \right) - \frac{V_X}{R} - V_o SC = 0 \tag{2.21}$$

นำค่า V_X จากสมการที่ (2.17) แทนในสมการที่ (2.20) และ (2.21) ได้

$$kRV_o \left(\frac{2}{R} + SC \right) = V_Y \tag{2.22}$$

$$V_Y \left(\frac{1}{R} + SC \right) - \frac{kV_o}{R} - V_o SC = 0 \tag{2.23}$$

แทนค่า V_Y จากสม

$$\frac{V_Y}{kRV_o} = \frac{2}{R} + SC$$

0

หากเลือกให้ $k =$



เลือกให้ $A = B$

$$V_o = 2A \cos\left(\frac{t}{RC}\right)$$

ดังนั้นเราสามารถกำหนดค่าความถี่การตอบสนองได้โดยความสัมพันธ์

$$f = \frac{1}{2\pi RC} \tag{2.24}$$

เอกสารและกำหนดให้ $k = \frac{1}{3}$ ได้โดยกำหนดให้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

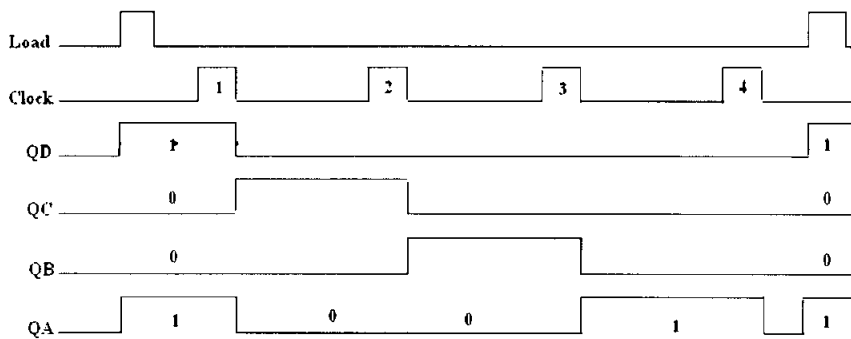
$$\frac{R_2}{R_1} = 2 \tag{2.25}$$

2.12.2 วงจรเข้ารหัสแบบชิฟต์รีจิสเตอร์ (Shift Register) เราต้องเข้ารหัสสัญญาณก่อนที่นำไปมอดูเลต (Modulate) กับความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ แทนที่จะส่งคลื่นความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ออกไปเลย เพื่อให้เราสามารถนำมาพิจารณาในการวิเคราะห์ทางได้ไกลขึ้น เพราะที่ด้านรับ ตัวรับจะสามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างสัญญาณ กับสัญญาณรบกวน (Noise) ได้มากขึ้น เราสามารถใช้วงจรชิฟต์รีจิสเตอร์แบบ Parallel-in Serial-out มาเป็นวงจรเข้ารหัสสัญญาณได้

การทำงานของชิฟต์รีจิสเตอร์สามารถอธิบายได้ตามรูปที่ 2-16 และ 2-17 ได้ดังนี้คือ วงจรฟลิปฟลอป A (Flip-Flop) มีค่าอินพุต J และ K เป็น 0 และ 1 ตามลำดับ ทำให้ค่า Q ของฟลิปฟลอป A จะกลายเป็น “0” หลังจากนี้สัญญาณเวลาจะลงเข้ามาที่ขา Clock Input ถ้าชิฟต์รีจิสเตอร์ ถูกรับสัญญาณนาฬิกาเข้า 4 ครั้ง ค่า Q ทั้งหมดจะมีการไหลคแบบขนานเข้าชิฟต์รีจิสเตอร์



รูปที่ 2-16 รูปแสดงวงจรภายในของวงจรชิฟต์รีจิสเตอร์



ซึ่งการไหลค่านำเข้าชิฟรียุคนี้ทำได้โดยการป้อนเลขรหัสไบนารีเข้าอินพุตแบบขนาน แล้วทำให้ค่า “1” เข้าที่ Parallel Load หรือ คอนโทรล จะเป็นการ enable แนนเกต ทั้งต่อกับ \overline{PRESET} และ \overline{CLEAR} ของฟลิปฟล็อปแต่ละตัว เพราะมีการอินเวอร์เตอร์ระหว่างอินพุต ของแนนเกตทั้งสอง ทำให้เอาต์พุตของแนนเกต 2 ตัว จะไม่มีทางมีค่าตรงกัน เมื่อแนนเกตถูก enable จะส่งผลให้ค่า Q นั้นขึ้นอยู่กับค่าอินพุตที่ต่อขนานเข้าสู่ชิฟรียุค ค่า Q จะไม่เปลี่ยน ตราบใดที่มี Parallel Load เป็น “1” เมื่อ Parallel Load เป็น “0” แนนเกตจะถูก inhibited ทำให้ค่า Q จะเป็นค่าที่ถูกเลื่อนต่อๆ กันไปเมื่อมีการป้อนสัญญาณนาฬิกา

2.12.3 วงจรคูณสัญญาณแบบกิลเบิร์ต (Gilbert Multiplier Circuit) เราต้องการคูณสัญญาณระหว่างรหัสของชุดคำสั่งแต่ละชุดกับสัญญาณคลื่นรูปไซน์ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ ซึ่งจะนำไปแปลงเป็นคลื่นอัลตราโซนิก ในที่นี้เลือกใช้วงจรคูณแบบกิลเบิร์ต ซึ่งแสดงได้รูปที่ 2-18



รูปที่ 2-18 รูปแสดงวงจรภายในและการทำงานของวงจรคูณสัญญาณแบบกิลเบิร์ต

จากวงจรจะได้ว่า

$$I_{C3} = \frac{I_{C1}}{1 + e^{-\left(\frac{V_1}{V_T}\right)}} \quad (2.26)$$

$$I_{C4} = \frac{I_{C1}}{1 + e^{\left(\frac{V_1}{V_T}\right)}} \quad (2.27)$$

$$I_{C5} = \frac{I_{C2}}{1 + e^{\left(\frac{V_2}{V_T}\right)}} \quad (2.28)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_{C6} = \frac{I_{C2}}{1 + e^{-\left(\frac{V_1}{V_T}\right)}} \tag{2.29}$$

$$I_{C1} = \frac{I_{EE}}{1 + e^{-\left(\frac{V_2}{V_T}\right)}} \tag{2.30}$$

$$I_{C2} = \frac{I_{EE}}{1 + e^{\left(\frac{V_2}{V_T}\right)}} \tag{2.31}$$

ดังนั้นเราจะได้ว่า

$$I_{C3} = \frac{I_{EE}}{\left(1 + e^{-\left(\frac{V_1}{V_T}\right)}\right)\left(1 + e^{\left(\frac{V_2}{V_T}\right)}\right)} \tag{2.32}$$



(2.33)

(2.34)

(2.35)

(())

จากวงจรเราจะพบอีกว่า

$$I_{CC1} = I_{C3} + I_{C5} \tag{2.36}$$

$$I_{CC2} = I_{C4} + I_{C6} \tag{2.37}$$

ดังนั้น

$$\Delta I = I_{CC1} - I_{CC2}$$

$$\Delta I = I_{C3} + I_{C5} - I_{C4} - I_{C6}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$$\Delta I = (I_{C3} - I_{C6}) - (I_{C4} - I_{C5}) \tag{2.38}$$
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ว่า

$$I_{C3} - I_{C6} = \frac{I_{EE}}{1 + e^{-\left(\frac{V_1}{V_T}\right)}} \left(\frac{1}{1 + e^{-\left(\frac{V_2}{V_T}\right)}} - \frac{1}{1 + e^{\left(\frac{V_2}{V_T}\right)}} \right)$$

$$= \frac{I_{EE}}{1 + e^{-\left(\frac{V_1}{V_T}\right)}} \tanh\left(\frac{V_2}{2V_T}\right) \quad (2.39)$$

ในทำนองเดียวกัน

$$I_{C4} - I_{C5} = \frac{I_{EE}}{1 + e^{\left(\frac{V_1}{V_T}\right)}} \left(\frac{1}{1 + e^{-\left(\frac{V_2}{V_T}\right)}} - \frac{1}{1 + e^{\left(\frac{V_2}{V_T}\right)}} \right)$$

(2.40)

ดังนั้น



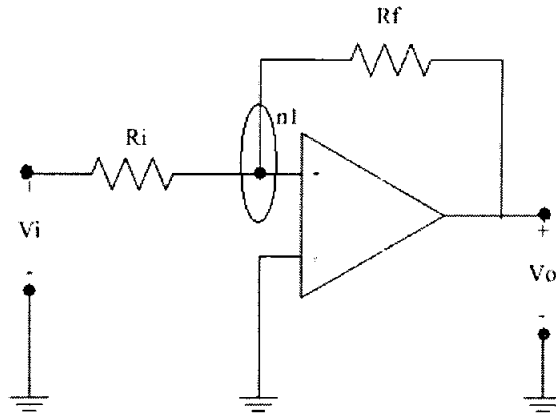
(2.41)

หาก $\frac{V_1}{2V_T} \ll 1$ และ $\frac{V_2}{2V_T} \ll 1$ จะได้

$$\Delta I = I_{EE} \tanh\left(\frac{V_2}{2V_T}\right) \tanh\left(\frac{V_1}{2V_T}\right) = kV_1V_2 \quad (2.42)$$

2.12.4 วงจรขยาย (Amplifier) ในที่นี้เราได้เลือกใช่วงจรขยายแบบอินเวอร์ตติ้ง แอมพลิฟายเออร์ (Inverting Amplifier) เนื่องจากเป็นวงจรถ่ายที่สร้างได้ง่าย และไม่ซับซ้อน ส่วนการออกแบบจะทำการพิจารณาจากวงจรถ่ายในของวงจรถ่ายแบบอินเวอร์ตติ้ง แอมพลิฟายเออร์ แสดงดังรูปที่ 2-22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับควาใช้เฉพาะเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
อินเวอร์ตติ้ง แอมพลิฟายเออร์ มีหลักการทำงานดังต่อไปนี้
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-19 รูปแสดงการทำงานของวงจรขยายแบบอินเวอร์ตติ้ง แอมป์ไฟเออร์



รูปที่

เบอร์

จากวงจรภายในจะ

KCL;
$$-V_i + R_i i_i - V_d = 0 \tag{2.43}$$

$$-V_d + i_f R_f - A V_d = 0 \tag{2.44}$$

KCL;

$$i_i + i_f = 0$$

$$i_i = -i_f \tag{2.45}$$

จากสมการที่ (2.43);

$$i_i = \frac{(V_i + V_d)}{R_i} \tag{2.46}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 จากสมการที่ (2.45);
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$i_f = \frac{-(V_i + V_d)}{R_i} \tag{2.47}$$

แทนค่า i_f จาก (2.47) ลงในสมการ (2.44)

$$-V_d + \frac{-(V_i + V_d)}{R_i} R_f - AV_d = 0$$

$$\frac{V_o}{V_i} = \frac{-R_f / R_i}{\left(\frac{1}{A} + \frac{R_f}{AR_i} + 1\right)}$$

ในกรณีที่ค่า A มีค่า



(2.48)

2.12.5 วง

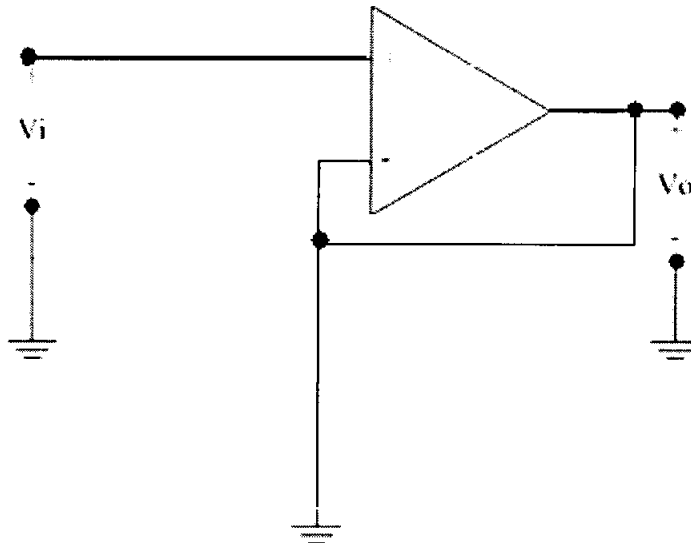


รูปที่ 2-21 รูปแสดงการทำงานของวงจรขยายแบบนอน-อินเวอร์ตติ้ง แอมป์ไฟเออร์

พิจารณาที่ โหนด 1 จะได้ว่า

$$\frac{V_i - 0}{R_i} + \frac{V_i - V_o}{R_f} = 0 \tag{2.49}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้... (2.50) ไม่อนุญาตให้นำไปใช้...
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-2

เนื่องจาก
0 เพื่อช่วยคงค่าสัญญาณ
2.12.6 วง
การขยายสูงมาแล้ว
แอมป์เอง นอกจาก
(Square Wave) ซึ่ง
ต้องการที่จะสัญญาณ
จำเป็นต้องนำสัญญาณ



จ่ายเออร์

ให้ค่า R มีค่าเท่ากับ
น มีการผิดเพี้ยนไป
แอมป์ ซึ่งมีค่าอัตรา
ะมาจากตัววงจรฟรี
สัญญาณรูปสี่เหลี่ยม
ลเอิร์ตซ์ ด้วย แต่เรา
บวัตคุณั้น ทำให้เรา
ๆ ออกไป

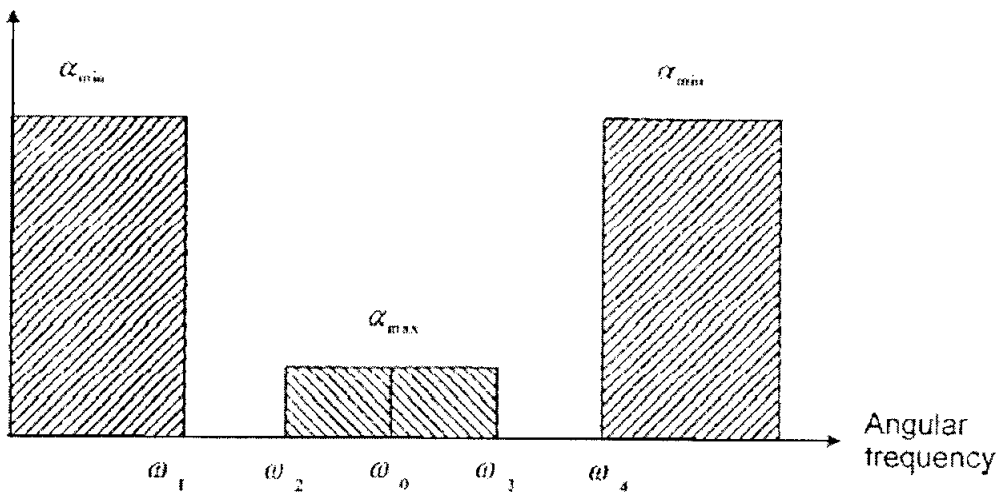
ในที่นี้เราเลือกใช้แบนด์พาสฟิลเตอร์ แบบแอคทีฟ (Active) เนื่องจากเหมาะสมกับการใช้งาน
ความถี่ต่ำ และยังสามารถเลือกปรับอัตราการขยายเพิ่มเติมจากวงจรฟรีแอมป์ได้อีกและได้เลือกใช้
พาสฟิลเตอร์แบบ บัตเตอร์เวอดซ์ในการออกแบบ เพราะตัวกรองสัญญาณมีความคมเพียงพอ และยังเกิดการ
กระเพื่อมในช่วงสัญญาณพาสแบน (Pass band) น้อยที่สุด (Minimum Ripple) หลังจากที่เราได้จำนวน
Order ค่า Q และความถี่กลาง (Center Frequency, f) ของแต่ละ สเตจแล้ว จึงเลือกใช้วงจร Delyianis &
friends ในการสร้างแบนด์พาสฟิลเตอร์ เพราะเป็นการง่ายและสะดวกในการออกแบบ

วิธีการออกแบบแบนด์พาสบัตเตอร์เวอดซ์ฟิลเตอร์

เมื่อเราทราบค่าการกระเพื่อมสูงสุดในพาสแบน (α_{max}) และค่าการลดทอนต่ำสุดในสตอปแบน

เอกส (α_{min}) แล้วเลือกค่าความถี่ที่พาสแบนด์ $\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4$ และค่าความถี่กลาง ω_0 ดังรูป
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Attenuation



การเลือกความถี่ เร

จากนั้น ให้แปลงค



(2.51)

(2.52)

(2.53)

เราจะได้ค่า Order ของฟิลเตอร์ ตามความสัมพันธ์

$$n = \frac{\log\left[\frac{(10^{\alpha_{\max}/10} - 1)}{(10^{\alpha_{\min}/10} - 1)}\right]}{2 \log \Omega_s} \tag{2.54}$$

จะได้ Ω_0 ของ LPF ดังนี้

$$\Omega_0 = \frac{1}{(10^{\alpha_{\max}/10} - 1)^{1/2n}} \tag{2.55}$$

เมื่อทราบ Order ก็จะสามารถหาค่าตำแหน่งโพล (Pole) ใน s-plane ได้โดยการหามุมที่โพลกระทำกับ
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 แก่น $+\sigma$ (มุม θ_k)
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\theta_k = 90^\circ \left(\frac{2k + n - 1}{n} \right) \quad k = 1, 2, \dots, 2n$$

แต่เราจะเลือกจุดโพลที่อยู่ทางด้านซ้ายของระนาบ S-plane เนื่องจากจะทำให้วงจรเสถียร แล้วหาค่ามุมเหล่านั้นใหม่โดยให้เป็นมุมที่จุดโพลเหล่านั้นกระทำกับแกน $-\sigma$ (มุม Ψ_k) จากนั้นแล้วหาพิสัยของโพลให้อยู่ในรูป $poles = \Sigma \pm j\Omega$ โดยที่ $\Sigma = \cos\psi$ และ $\Omega = \sin\psi$

จากนั้นให้ใช้ Geffe's Algorithm หาค่า Q และ f_0 ของแต่ละกรณีได้โดย

$$q_c = \frac{\omega_0}{BW}$$



$$W = K + \sqrt{K^2 - 1}$$

$$\omega_1 = \omega_0 W$$

$$\omega_2 = \omega_0 / W$$

โดยแต่ละสแตจจะมี Transfer function ดังนี้

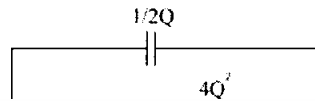
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ $T_i(j\omega) = \frac{-(\omega_0/Q)s}{s^2 + (\omega_0/Q)s + \omega_0^2}$ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ป (2.56) ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และอัตราขยายเป็น

$$|T_i(j\omega)| = \frac{(2Q_i\omega_{0i}\omega)^2}{\sqrt{(\omega_{0i}^2 - \omega^2)^2 + \left(\frac{\omega_{0i}\omega}{Q_i}\right)^2}} \tag{2.57}$$

โดย i คือ หมายเลขสเตจ

จากนั้นใช้วงจร Delyiannis & Friend เพื่อแปลงให้เป็นแบนด์พาสฟิลเตอร์ ดังรูปที่ 2-24



จากนั้นให้

$$\tag{2.58}$$

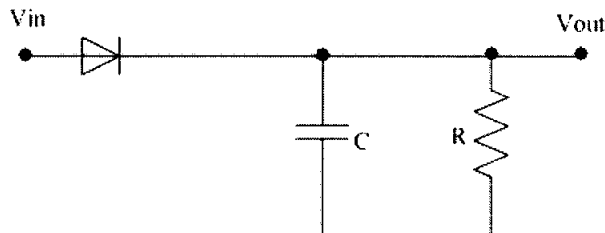
$$k_f = 2\pi f_0 \tag{2.59}$$

$$C_{new} = \frac{1}{k_m k_f} C_{old} \tag{2.60}$$

2.12.7 Automatic Gain Control (AGC) เนื่องจากสัญญาณที่ได้รับนั้นมีขนาดที่แตกต่างกันไปมากเมื่อระยะทางที่สะท้อนวัตถุเปลี่ยนไป โดยขนาดของสัญญาณแปรผกผันกับระยะทาง ทำให้การนำสัญญาณไปประมวลผลในขั้นต่อไปนั้น จะเกิดปัญหาในการแปลงสัญญาณดิจิทัล (Digital) เพื่อเปรียบเทียบ code ต่อไป หากวัตถุที่สะท้อนอยู่ใกล้เมื่อสัญญาณผ่านพรีแอมป์และแบนด์พาสฟิลเตอร์แล้ว ขนาดของสัญญาณก็อาจจะเกิน 5 โวลต์ ซึ่งเกินช่วงที่ A/D Converter จะสามารถรับได้ ในขณะที่วัตถุที่สะท้อนอยู่ไกล เมื่อผ่านพรีแอมป์ และ แบนด์พาสฟิลเตอร์แล้ว ขนาดของสัญญาณก็อาจจะต่ำเกินไป เราไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต้องการให้ขนาดสัญญาณคงที่ไม่ว่าวัตถุที่สะท้อนอยู่ที่ระยะใด เพราะจะได้ง่ายต่อการเปรียบเทียบรหัส จึงต้องใส่วงจร Automatic Gain Control เพื่อควบคุมให้ขนาดของสัญญาณคงที่ ถึงแม้อินพุตจะเปลี่ยนแปลงก็ตาม

2.12.8 วงจรเอนเวลโลป ดีเทคเตอร์ (Envelope detector) หลังจากทีสัญญาณผ่านวงจร AGC แล้ว เราต้องการกู้รหัสกลับ จึงใช้วงจรเอนเวลโลปดีเทคเตอร์ เพราะง่ายต่อการประกอบ โดยมีรูปวงจรวงจรดังรูป 2-25



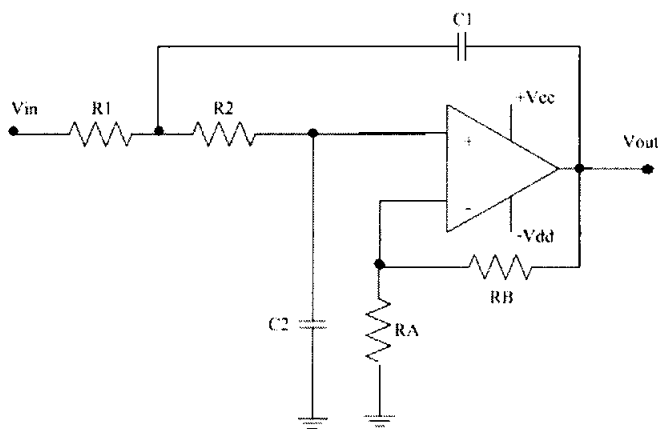
โดยมีควา



(2.61)

2.12.9 วงจรเอนเวลโลป ดีเทคเตอร์แบบเลือกใช้วงจร Sallen

เอนผ่านวงจรเอนเวลโลป ดีต่ำผ่าน เพื่อให้ความถี่สูงได้ ในที่นี้



เราสามารถพิสูจน์หา Transfer function ของวงจรได้ดังนี้ พิจารณาที่ โหนด A ของ op-amp

$$\frac{v_r - v_o}{R_B} + \frac{v_r - 0}{R_A} = 0$$

$$v_r = \frac{v_o}{R_B \left(\frac{1}{R_B} + \frac{1}{R_A} \right)} = \frac{R_A v_o}{R_A + R_B} = k v_o \quad (2.62)$$

เมื่อ $k = \frac{R_A}{R_A + R_B}$

พิจารณาที่ โหนด I



(2.63)

ที่ โหนด C

(2.64)

แทนค่า $v_r = k v_o$ ลงในสมการที่ (2.63)

$$v_1 = k v_o R_2 \left(\frac{1}{R_2} + S C_2 \right) \quad (2.65)$$

แทนค่า V_1 จากสมการที่ (2.65) และ V_r จากสมการที่ (2.63) ลงในสมการที่ (2.64)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต หรือใช้เพื่อการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\frac{v_o}{v_i} = \frac{1/kC_1C_2R_1R_2}{s^2 + s \frac{[C_1R_1(k-1) + kC_2(R_2 + R_1)]}{kC_1C_2R_1R_2} + \frac{1}{C_1C_2R_1R_2}}$$

และเมื่อเปรียบเทียบกับสมการในรูปทั่วไปของวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ดังสมการที่ (2.66)

$$T(s) = \frac{K\omega_0^2}{s^2 + (\omega_0/Q)s + \omega_0^2} \tag{2.66}$$

∴ จะได้ว่า

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{1}{C_1C_2R_1R_2}} \tag{2.67}$$

เมื่อ $C_1 = C_2$ และ



(2.68)

2.12.10 f

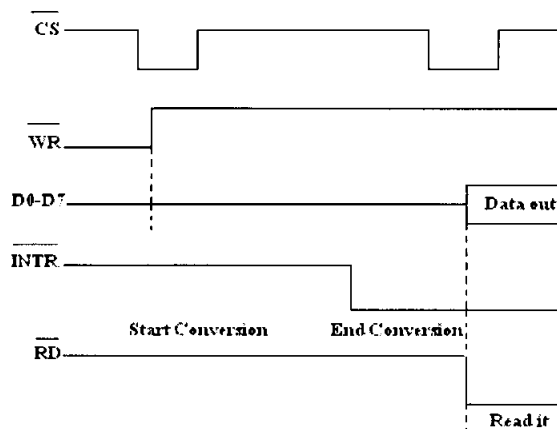
สะท้อนกลับมาดูที่
นำ code นั้นไปผ่า
ขานานไปให้คอมพิ

ADC 08C

วิธีสตาร์ท A/D ที่
หลังจากนั้น A/D จ
สัญญาณเป็น Low
ข้อมูลที่แปลงแล้ว

ขา \overline{CS} ต้องเป็น Low อยู่ก่อนหน้า) โดยมีผังเวลาในการควบคุมดังรูปที่ 2-27

ter) เมื่อสัญญาณที่
5 โวลต์ แล้วเราจะ
อส่งผ่านพอร์ตแบบ
ภาคด้วย MCS-51
ion Time) 110 μ s
ไว้หรืออีก 110 μ s
นเสร็จแล้ว) มีระดับ
อินเทอร์รัปต์เพื่อนำ
 \overline{RD} ของ A/D (โดย



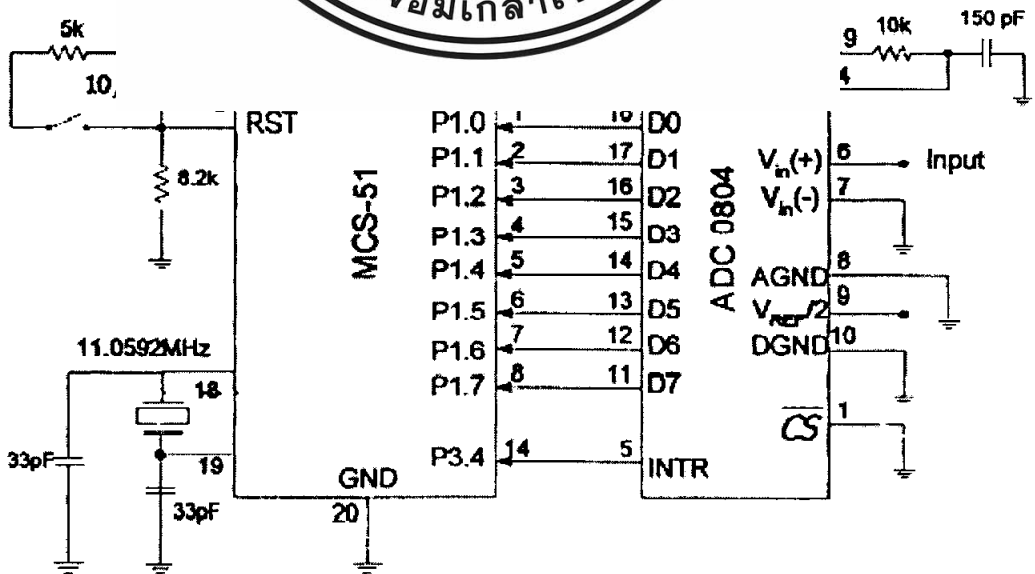
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไปขอญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2-27 ผังเวลาการทำงานของ ADC 0804
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งสัญญาณที่ถูกแปลงออกมาจะมีทั้งหมด 256 ระดับ (8 บิต) ซึ่งแต่ละระดับนั้นจะมีค่าเท่าไรนั้นขึ้นอยู่กับ $V_{ref} / 2$ ที่เราป้อนให้ ดังตารางที่ 2-4 ในที่นี้ปล่อยให้ V_{ref} นี้ลอยซึ่งทำให้ Range ของอินพุตอยู่ที่ 0-5 โวลต์

ตารางที่ 2-4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $V_{ref} / 2$ กับ V_{in} ของ ADC 0804

$V_{ref} / 2$	$V_{in} (V)$	Step Size (mV)
Not Connect	0 to 5	$5/256 = 19.53$
2.0	0 to 4	$4/256 = 15.62$

ตัวอย่างก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 2-28 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง MCS-51 กับ ADC 0804
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.12.11 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ในโครงงานนี้ได้นำไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาประยุกต์ใช้ด้วย โดยใช้ในการกำเนิดสัญญาณที่จะนำไปเข้ารหัสในภาคส่ง, เก็บข้อมูลของสัญญาณที่รับเข้ามาในภาครับและทำการประมวลผลหาระยะทาง และส่งค่าที่ได้ไปแสดงผลที่จอแสดงผล

โครงสร้างพื้นฐาน

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งซึ่งรวมเอาหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรขับสัญญาณเอาต์พุต หน่วยความจำ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ช่วยลดจำนวนอุปกรณ์และขนาดของระบบ ในขณะที่มีขีดความสามารถสูงขึ้น ภายใต้งบประมาณที่เหมาะสม

ในปัจจุบันนิยมใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้หน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลช ซึ่งทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้ตลอดเวลาโดยไม่ต้องใช้แบตเตอรี่

ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้หน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลช ซึ่งทำให้สามารถลบและเขียนใหม่ได้ตลอดเวลาโดยไม่ต้องใช้แบตเตอรี่



ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มี

พอร์ต คือ พอร์ต 0 ถึง 3 ซึ่งอินพุตสำหรับรับสัญญาณข้อมูลเข้าไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ที่พอร์ตจะใช้เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์

จังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะต้องทำความเข้าใจถึงจังหวะการทำงานของซีพียู และลำดับขั้นตอนการประมวลผลคำสั่ง ในการประมวลผลคำสั่งของซีพียูนั้นมีขั้นตอนหลักๆ 2 ขั้นตอนคือ กระบวนการเฟตช์ (fetch) เป็นการเรียกคำสั่งออกจากหน่วยความจำโปรแกรมแล้วทำการแปลรหัสคำสั่งนั้นเป็นภาษาเครื่องเพื่อเตรียมการประมวลผล ขั้นตอนต่อมาคือ กระบวนการเอ็กซีคิวต์ (execute) เป็นการกระทำตามคำสั่งที่กำหนดหรือตามที่เฟตช์ขึ้นมา โดยกระบวนการก่อนหน้านี้นี้ เมื่อทำการเอ็กซีคิวต์คำสั่งเรียบร้อยแล้ว ก็จะไปเริ่มกระบวนการเฟตช์คำสั่งใหม่ต่อไป

ในการทำงาน 1 รอบหรือ 1 แมกซีนไซเคิล ซีพียูในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะใช้เวลา 12 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา นั่นคือ เวลาในการทำงาน 1 ไซเคิลมีค่าเท่ากับ 1 มิลลิวินาที หรือมีความเร็วในการทำงานภายใน 1 เมกกะเฮิร์ตซ์ ในกรณีที่ใช้ความถี่สัญญาณนาฬิกา 12 เมกกะเฮิร์ตซ์ ดังนั้นถ้าต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ส่วนหนึ่งและใช้เฉพาะในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ในเชิงพาณิชย์ได้ หากต้องการนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่หรือใช้ในรูปแบบอื่น กรุณาแจ้งผู้จัดทำเอกสารก่อนทุกครั้ง มิฉะนั้นถือว่าการนำเอกสารนี้ไปเผยแพร่หรือใช้ในรูปแบบอื่น เป็นการละเมิดลิขสิทธิ์และต้องรับผิดชอบต่อผู้เสียหาย

ทราบความเร็วของการทำงานภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถหาได้จากค่าความถี่สัญญาณนาฬิกาหารด้วย 12 และถ้าต้องการหาค่าเวลาของ 1 รอบการทำงานหรือ 1 เมซินไซเคิล สามารถทำได้โดยการหาส่วนกลับของความเร็ว

กระบวนการรีเซต ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

การรีเซต (Reset) เป็นกระบวนการที่ทำให้ซีพียูในไมโครคอนโทรลเลอร์กลับไปเริ่มต้นทำงานใหม่ที่แอดเดรส 0000H ในหน่วยความจำโปรแกรม พร้อมกันนั้นยังส่งผลให้เกิดการเคลียร์ ค่าของข้อมูลในรีจิสเตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ และทำให้รีจิสเตอร์ทุกตัวกลับไปสู่สถานะเริ่มต้นทำงานใหม่

การเกิดรีเซตในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เกิดขึ้นได้เพียงกรณีเดียวคือ ที่ขา RST (ขา 9) ได้รับลอจิก “1” อย่างน้อยเป็นเวลา 2 เมซินไซเคิล หรือ 24 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา โดยที่วงจรถูกนำเน็ดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานอยู่ เมื่อเกิดการรีเซตขึ้น ไมโครคอนโทรลเลอร์จะสร้างสัญญาณรีเซตภายในขึ้นเพื่อตอบสนองการ

การจัดท
ในไมโคร
และหน่วยความจำ
:
:
โปรแกรมมอนิเตอร์
หน่วยความจำโปรแกรม
เดี่ยวหรือร่วมกับ
หน่วยความจำภายใน
:
:
:



ความจำโปรแกรม

เลอร์หรือที่เรียกว่า
>51 สามารถติดต่
รแกรมภายในอย่าง
เยใน AT89C51 มี

1 สามารถติดต่อกับ

หน่วยความจำข้อมูลแอดเดรส 04 K เมบ และเมมทอมกรวมของแอดเดรสเป็นแบบแรม (RAM: Random Access Memory) ขนาด 128 ไบต์ จัดสรรแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ หน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง, ส่วนบน และรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษ (SFR: Special Function Register) แต่ละส่วนมีขนาด 128 ไบต์

- รีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษเป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ มี 22 ตัว สำหรับ AT89C51 มีแอดเดรสอยู่ระหว่าง 80H-FFH ในพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน สามารถเข้าถึงได้โดยตรง

- รีจิสเตอร์แสดงสถานะของโปรแกรม (Program Status Word: PSW) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต มีแอดเดรสอยู่ที่ D0H ทำหน้าที่เก็บสถานะการทำงานของโปรแกรมในขณะนั้นจะเรียกสถานะต่าง ๆ ของโปรแกรมว่า แฟล็ก (flag) เมื่อซีพียูกระทำคำสั่งทางคณิตศาสตร์และลอจิกแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะขึ้น ผลของการเปลี่ยนแปลงจะปรากฏที่บิตต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า
ของ PSW
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- แอควิวูเลเตอร์ (Accumulator: ACC) มีขนาด 8 บิต สามารถเข้าถึงระดับบิตได้มี แอคเครสอยู่ที่ E0H เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก ก่อนที่จะส่งไปให้ซีพียู ต่อไป เรียกสั้นๆ ว่า รีจิสเตอร์ A

- รีจิสเตอร์ B มีขนาด 8 บิต สามารถเข้าถึงระดับบิตได้อยู่ที่แอคเครส F0H มีหน้าที่เก็บ ข้อมูลทั่วไป และมีหน้าที่พิเศษ คือ หากต้องการคูณหารทางคณิตศาสตร์ ต้องนำข้อมูลที่ต้องการหารหรือ คูณมาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B แล้วจึงกระทำคำสั่งคูณหรือหารกับรีจิสเตอร์ A ต่อไป

- รีจิสเตอร์ SFR ตัวอื่นๆจะกล่าวถึงในเรื่องต่อไป

การเชื่อมโยง MCS-51 กับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (Data Memory)

หน่วยความจำข้อมูลภายนอกเป็นหน่วยความจำที่เก็บข้อมูลได้ถึง 64 กิโลไบต์ เป็นหน่วยความจำ แรม (RAM) สัญญาณจาก MCS-51 ที่ใช้ในการอ่านข้อมูลจากแรม คือ \overline{RD} และสัญญาณที่ใช้ในการเขียน ข้อมูลลงแรม คือ \overline{WD}

แรม (RAM) จะสูญหายทันทีที่ไฟ

สถาคิกแรม (Static RAM) มีคระาคาถูก ดิกแรมที่มีใช้อย่าง สำหรับงานที่ไม่ไ การถอด การถอด ขนาดเล็กกว่า 64 กิ เป็นแต่ละช่วง ถ้า แรกเริ่มที่แอคเครส



อ่านข้อมูลได้ ข้อมูล : สถาคิกแรม (Static

แรม) (เมื่อเทียบกับไดนา ลอดเวลา ส่วนสตา

เบอร์ที่นิยมกันมาก ความจำที่นำมาใช้มี หน่วความจำแยก กิลอไบต์ ถ้าให้ตัว 2-5

EPROM ตัวที่	แอคเครส (HEX)	A_{15}	A_{14}	A_{13}	A_{12}	A_{11} A_0
1	8000-8FFF	1	0	0	0	X.....X
2	9000-9FFF	1	0	0	1	X.....X
3	A000-AFFF	1	0	1	0	X.....X
4	B000-BFFF	1	0	1	1	X.....X
5	C000-CFFF	1	1	0	0	X.....X
6	D000-DFFF	1	1	0	1	X.....X
7	E000-EFFF	1	1	1	0	X.....X
8	F000-FFFF	1	1	1	1	X.....X

บทที่ 3

การคำนวณและสร้าง

3.1 วงจรภาคส่ง

3.1.1 การออกแบบโปรแกรมทางภาคส่ง

ในโครงการนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มาใช้ในการกำเนิดความถี่ การสร้างสัญญาณพัลส์ดังกล่าวจะสร้างโดยอ้างอิงจากความถี่คริสตอล 12 MHz ที่ป้อนเข้าไปเพื่อควบคุมความถี่คล็อกภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ (ซีพียู) ซึ่งการออกแบบจะออกแบบที่คาบเวลาของซีพียูคล็อกให้มีความสัมพันธ์กับความถี่คล็อกภายในตัวซีพียูตามการคำนวณดังนี้

คาบเวลาความถี่ 40 kHz คือ

และคาบ

เพราะฉะนั้น

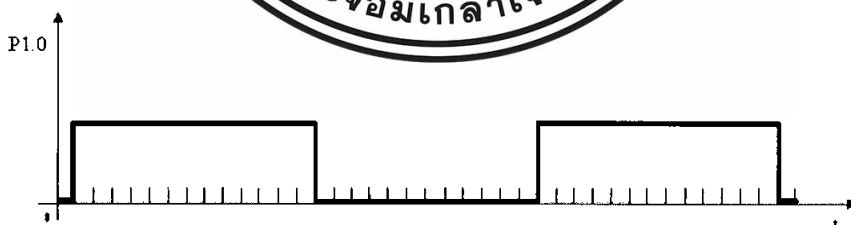
จะได้คาบ

จากนั้น

$T_{ON} = 13MC$ และ



เวลาที่ได้เป็นค่าของ



รูปที่ 3-1 รูปแสดงการแบ่งคาบเวลาที่มีความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์

เพราะฉะนั้นจากการออกแบบข้างต้นนั้นทำให้ได้การต่อวงจรที่ออกมาเป็นลักษณะดังรูปที่ 3-2 จากรูปจะได้เอาที่พุดออกทางขา 1 ของซีพียู

3.1.1.1 การออกแบบโปรแกรมหน่วยเวลา

ในโครงการนี้จะใช้เวลามาคำนวณระยะทาง โดยใช้การวนลูปของรีจิสเตอร์ R0, R1 และ R2 หน่วยเวลาเพื่อนำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าเวลาดังกล่าว หากเกินกว่าเวลาที่กำหนดไว้จะแสดงเอกสารข้อความ Error ที่ส่งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสมการที่นำมาใช้ในการคำนวณหาค่าเวลาที่หน่วงไว้คือ

$$9 + \{4(R0R1)_{\max} R2 + 3(R1)_{\max} R2 + 3R2\} + \{4(R0)_{\max} R1 + 3R1\} + 4R0$$

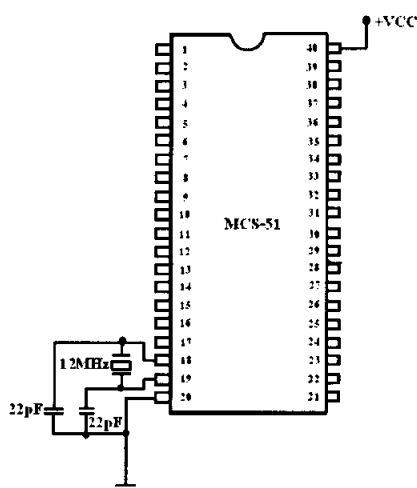
โดยที่

$$R0_{\max} = (F0)_{hex}$$

$$R1_{\max} = (05)_{hex}$$

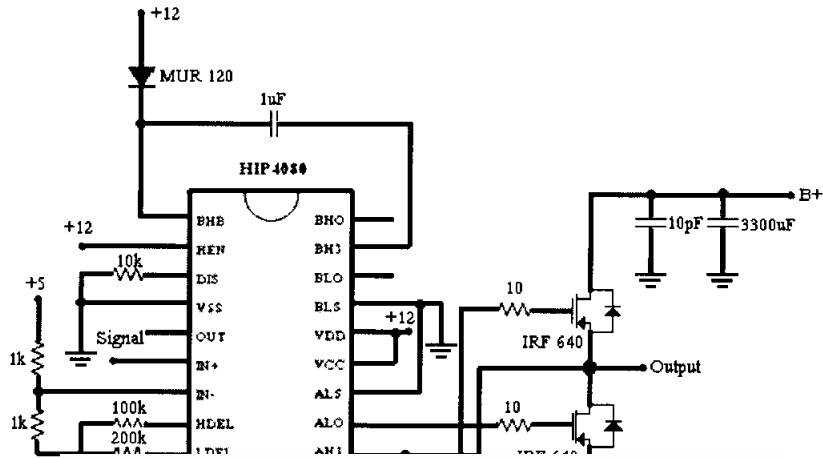
กระบวนการการทำงานของโปรแกรมหน่วงเวลาทางด้านรับสามารถอธิบายได้จากผังงานของโปรแกรมจากรูปที่ 3-9 ได้ดังนี้

START



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้รูปที่ 3-3 แสดงการต่อเอาท์พุทออกทางขา 1 ของชิพยู ให้หน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.2 วงจรขยาย (Amplifier)



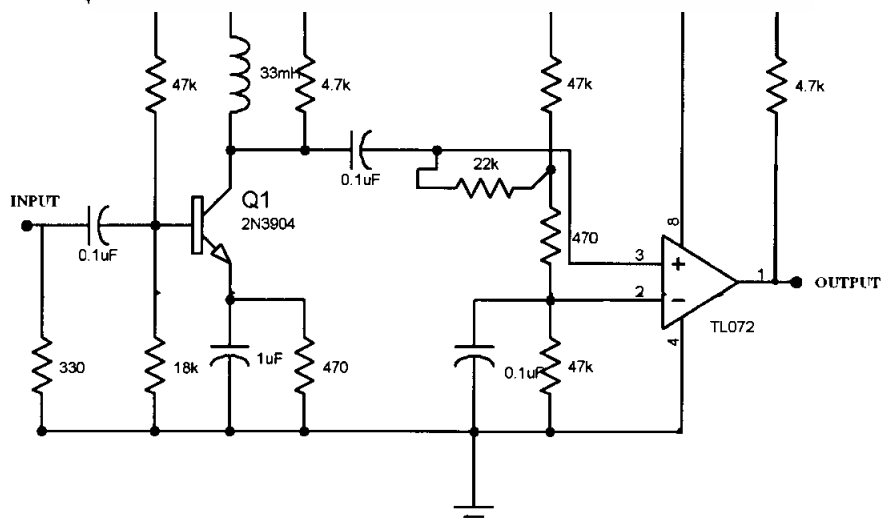
3.2 วงจรภาครับ

3.2.1 วงจร

เมื่อทำการ

การขยายสัญญาณ

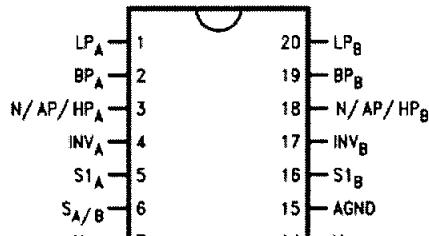
นกลับมาจากจะต้องมี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3-5 วงจรภาคพรีแอมป์ไฟ้ออร์นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 วงจรภาคแบนด์พาสฟิลเตอร์ (Band Pass Filter)

สัญญาณที่ผ่านเข้ามาทางด้านวงจรมอนิเตอร์ การขยายอาจจะขยายสัญญาณรบกวนเข้ามาด้วย ดังนั้นจึงต้องมีวงจรมอนิเตอร์ไว้กรองเอาสัญญาณรบกวนออกจากรอบการที่ต้องการ และอุปกรณ์ที่นำมาใช้ในการกรองสัญญาณรบกวนออกนั้นคือ MF10 ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นอะแดปทีฟฟิลเตอร์ (Adaptive Filter) สามารถปรับความถี่ได้ด้วยตัวเอง



การออกแ
จะเลือกค่าความถี่
จากสมการ

ในการออกแบบนี้

กำหนดค่า

$$H_{OBP} = -\frac{30k\Omega}{30k\Omega} = -1$$

เมื่อ H_{OBP} คือ อัตราการขยายของแบนด์พาสฟิลเตอร์
หาค่า R_4 จากสูตร

$$f_o = \frac{f_{CLK}}{50} \sqrt{\frac{R_2}{R_4} + 1}$$

เอกสารนี้เป็นกำหนดค่า $R_2 = 30k\Omega$ และใช้ $f_{CLK} = 500kHz$ จะได้ค่า $R_4 = 2k\Omega$ ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการหาค่า Quality factor of complex pole pair จากสูตร

$$Q = \frac{\sqrt{R_2/R_4 + 1}}{R_2/R_3}$$

แทนค่าต่างๆที่หาได้ลงในสมการจะได้ว่า

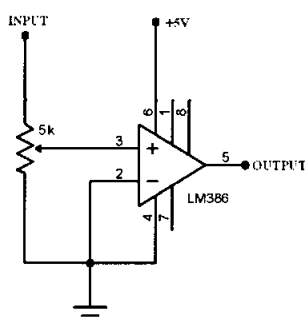
$$Q = \frac{\sqrt{30k\Omega/2k\Omega + 1}}{30k\Omega/30k\Omega} = 4$$

จากการคำนวณหาค่าต่างๆ ทำให้ได้การออกแบบส่วนของฮาร์ดแวร์เป็นดังรูป

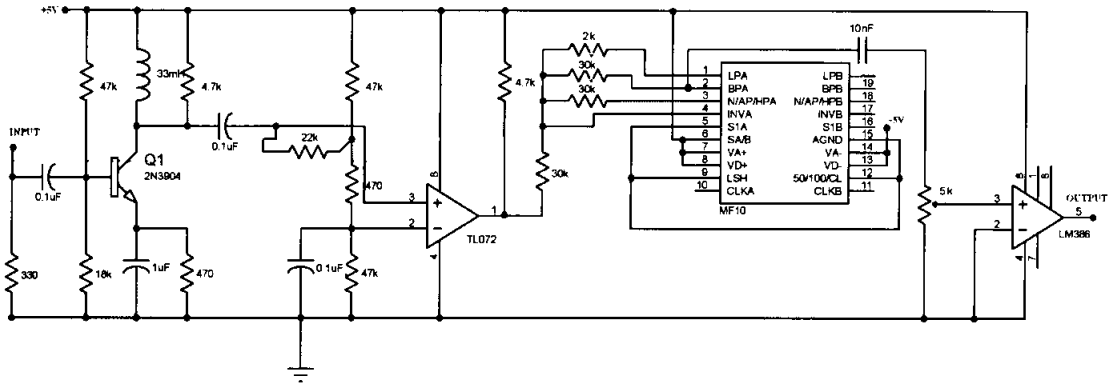


3.2.3 วงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน (Comparator)

สัญญาณที่ได้จากวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์เป็นสัญญาณไซน์ ซึ่งในการใช้งานเราต้องการสัญญาณพัลส์ เราจึงต้องทำการเปลี่ยนสัญญาณไซน์ที่ได้ให้เป็นสัญญาณพัลส์โดยใช้หลักการของวงจรเปรียบเทียบระดับแรงดันมาใช้เพื่อเปลี่ยนสัญญาณดังกล่าว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 3-8 วงจรเปรียบเทียบระดับแรงดันอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



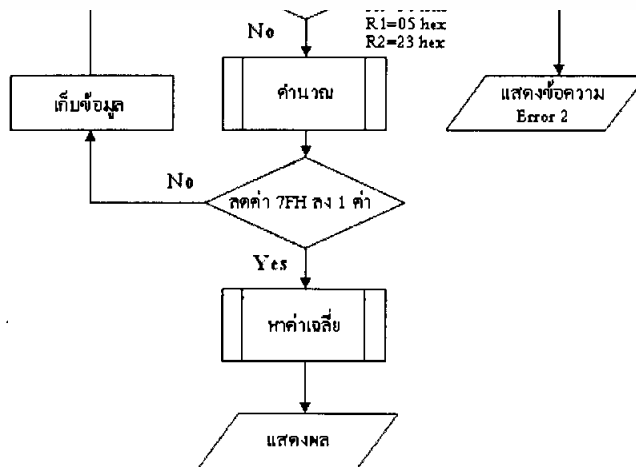
รูปที่ 3-9 วงจรรวมทางด้านภาครับ

3.2.4 การออกแบบโปรแกรมทางภาครับ

หรือ INTO ของซีพียู
ภาครับดังรูปที่ 3-10



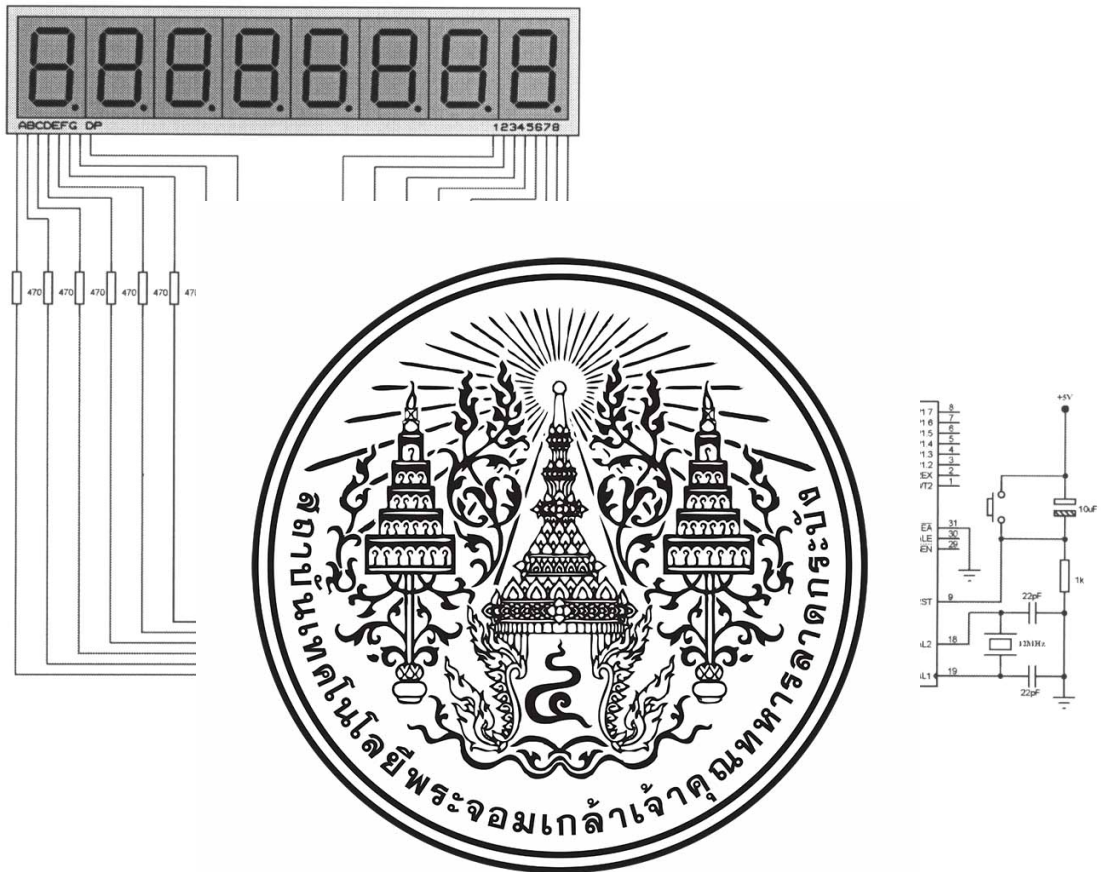
ณตอนที่เข้าขา 12
รแกรมทางด้าน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนรูปที่ 3-10 แสดงผังงานของโปรแกรมทั้งด้านภาครับหน้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

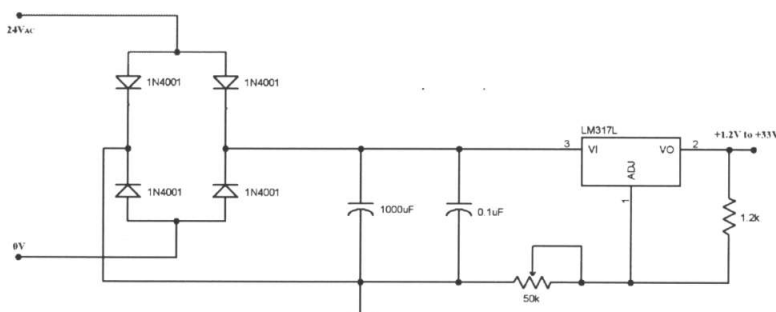
3.3 วงจรภาคแสดงผล (Display)

วงจรถ่ายทอดผลประกอบด้วย จอแสดงผลแอลอีดี ชนิดคอมมอนแอนโนดซึ่งมีการเชื่อมต่อกับพอร์ต P0 ของซีพียู โดยการแสดงผลจะส่งข้อมูลเพื่อกำหนดให้แอลซีดีแสดงตัวเลขใดๆ ออกมาตามชนิดของแอลซีดี การแสดงผลแต่ละหลักนั้นสามารถกำหนดโดยผ่านทางขา P2.0, P2.1 และ P2.2 ซึ่งจะมี 74LS145 เป็นตัวเข้ารหัสเพื่อเลือกลำดับการทำงานของแต่ละตัว

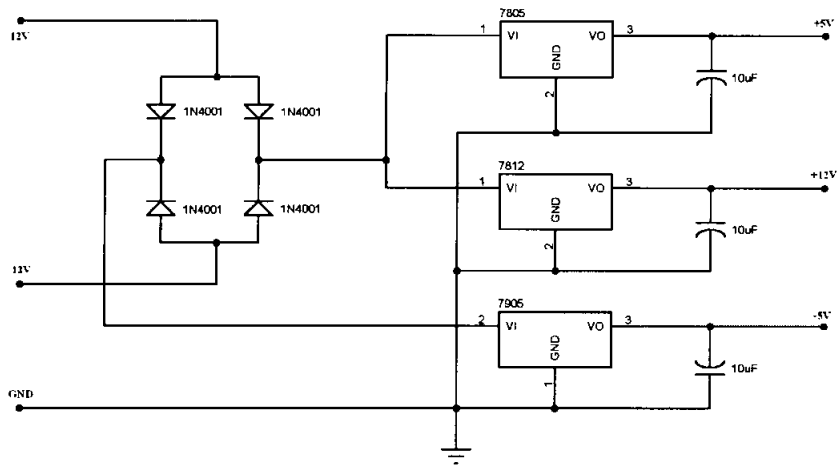


3.4 วงจรภาคจ่ายไฟ (Power Supply)

จากวงจรถ่ายทอดผลต่างๆ ที่กล่าวมาต้องการระดับแรงดันไฟเลี้ยงวงจรเท่ากับ +5V, -5V, +12V และแรงดันไฟสูงที่ป้อนให้กับ FET ดังนั้นเราจึงต้องแปลงระดับไฟก่อน เพื่อให้เลือกใช้งานเป็นไฟเลี้ยงในวงจรได้อย่างเหมาะสม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 3-12 วงจรภาคจ่ายไฟให้กับ FET
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3-13 วงจรภาคจ่ายไฟให้กับวงจร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองในภาคส่ง

4.1.1 วงจรสร้างสัญญาณพัลส์ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์

วิธีการทดลอง

1. เขียนโปรแกรมสร้างชุดสัญญาณพัลส์ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ลงในไมโครคอนโทรลเลอร์
2. ต่อวงจรคั้งรูปที่ 3-3 และป้อนแรงดันไฟ +5V เข้าวงจร
3. วัดสัญญาณเอาต์พุตที่ขา 1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

ผลการทดลอง



จากรูปที่ 4-1 เป็นสัญญาณที่วัดได้จากขา 1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์มีความถี่เท่ากับ 40 kHz
ขนาด 5V

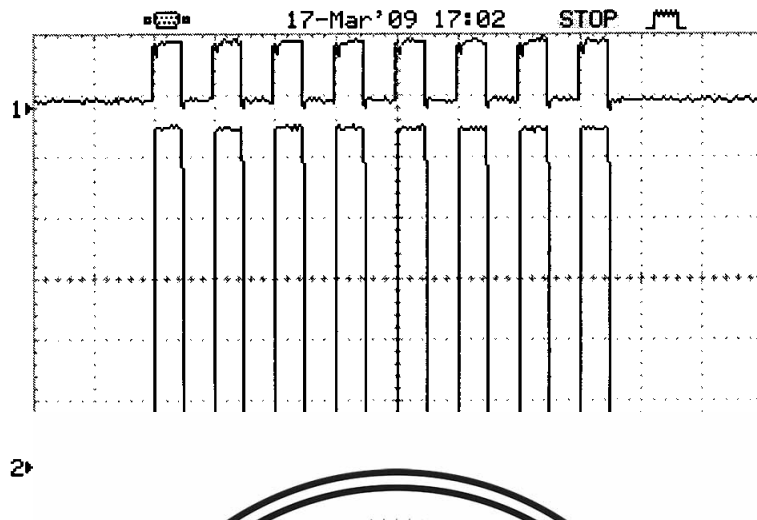
4.1.2 วงจรขยาย

วิธีการทดลอง

1. ต่อวงจรขยายคั้งรูปที่ 3-4
2. ทำการทดลองการทำงานของวงจรขยาย โดยการนำสัญญาณเอาต์พุตของวงจรสร้างสัญญาณพัลส์ความถี่ 40 กิโลเฮิร์ตซ์ ที่มีขนาด 5V เป็นสัญญาณอินพุตให้กับวงจรขยาย

เอกสารนี้เป็น 3. ทำการวัดสัญญาณเอาต์พุตของวงจรเทียบกับสัญญาณอินพุต ขนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง



2

MI
CI

40 kHz

จากรูปที่
เอาท์พุทที่ได้จาก
ของสัญญาณเอาท์
นี่ก็เพิ่มได้ที่ระดับแรงดันที่ป้อนให้กับ FET

วงจรกับสัญญาณ
เอาท์พุท โดยที่ขนาด
สัญญาณที่มากกว่า

4.2 ผลการทดลองในภาครับ

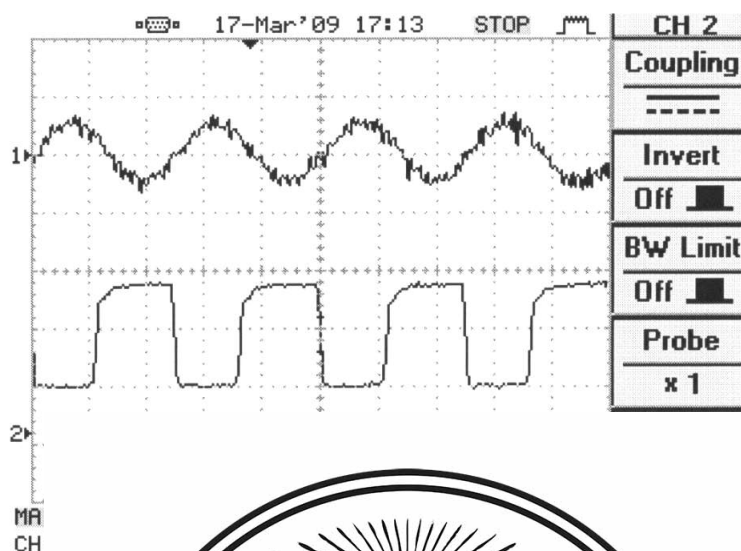
4.2.1 วงจรภาคพรีแอมพลิฟายเออร์

วิธีการทดลอง

1. ต่อวงจรพรีแอมพลิฟายเออร์ ดังรูปที่ 3-5 และป้อนแรงดันไฟ +5V เข้าวงจร
2. ทำการทดลองการทำงานของวงจรพรีแอมพลิฟายเออร์ด้วยการป้อนสัญญาณความถี่ 40 kHz ขนาด 20 mV จาก Generator เข้าทางด้านอินพุทของวงจร

เอกสารนี้เป็น 3. ทำการวัดสัญญาณเอาท์พุทของวงจรเทียบกับสัญญาณอินพุท สัญญาณให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง



จากรูปที่ 4
เอาต์พุตที่ได้จากวง
โดยมีอัตราขยาย 150 เท่า

รูปที่ 4

วงจรถับสัญญาณ
สัญญาณเอาต์พุต

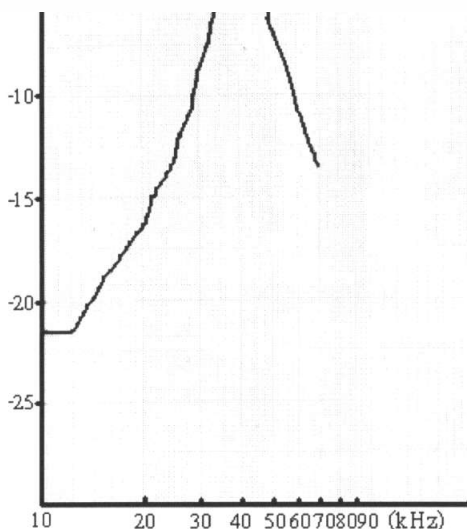
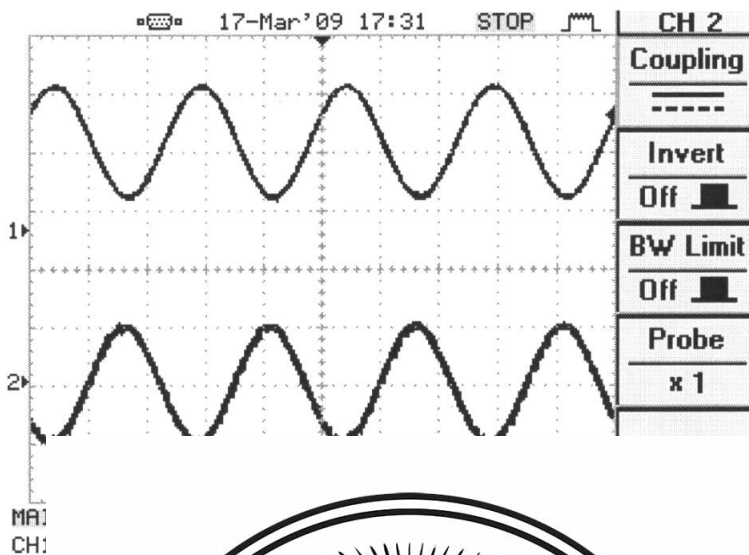
4.2.2 วงจรภาคแบนด์พาสฟิลเตอร์

วิธีการทดลอง

1. ต่อวงจรภาคแบนด์พาสฟิลเตอร์ ดังรูปที่ 3-7 โดยป้อนสัญญาณคล็อกความถี่ 500 kHz ที่ขา 10
2. ทดสอบวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ที่ออกแบบด้วยการป้อนสัญญาณรูปไซน์ความถี่ต่างๆ โดยที่ขนาดของสัญญาณเท่ากับ 2V
3. สังเกตสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรถับสัญญาณแบนด์พาสฟิลเตอร์ โดยวัดสัญญาณที่ขาเอาต์พุตของวงจรถับสัญญาณที่ขา 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
4. นวัตกรรมที่ได้มาพล็อตในกราฟ LOG เพื่อหาคุณสมบัติของวงจรถับสัญญาณแบนด์พาสฟิลเตอร์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 4-5 กราฟแสดงคุณสมบัติของวงจรเบนด์พาสฟิลเตอร์
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

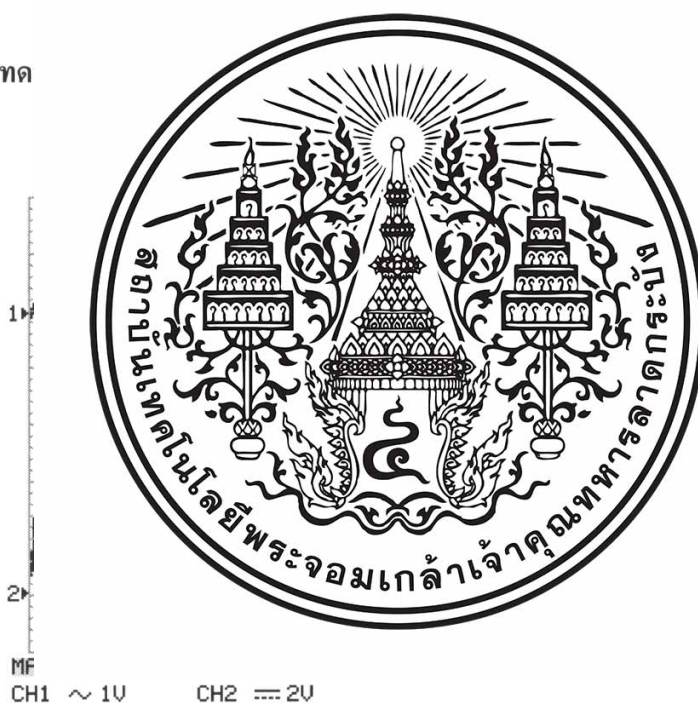
จากรูปที่ 4-4 เป็นสัญญาณที่วัดเทียบกับระหว่างสัญญาณอินพุตที่ป้อนให้วงจรกับสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรแบนด์พาสฟิลเตอร์ โดย CH1 เป็นสัญญาณอินพุต ส่วน CH2 เป็นสัญญาณเอาต์พุต โดยสัญญาณที่มีความถี่ 40 kHz เป็นสัญญาณที่มีแอมพลิจูดสูงที่สุด มีการลดทอนน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นความถี่กลางที่ออกแบบไว้

4.2.3 วงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน

วิธีการทดลอง

1. ต่อวงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน ดังรูปที่ 3-8 โดยป้อนสัญญาณอินพุตเป็นสัญญาณไซน์ ความถี่ 40 kHz ขนาด 2V
2. วัดสัญญาณที่ขาเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน บันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง



Ch1. สัญญาณอินพุตของวงจร

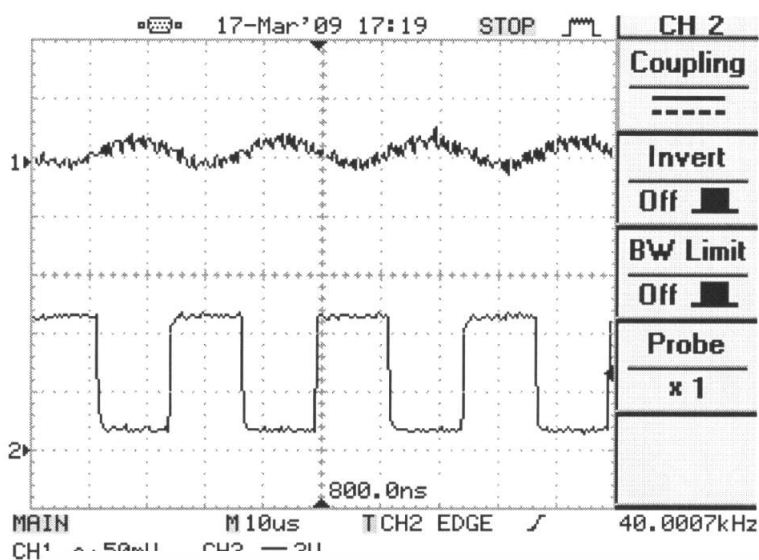
Ch2. สัญญาณเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบระดับแรงดันที่วัดได้

รูปที่ 4-6 รูปแสดงเอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน

จากรูปที่ 4-6 เป็นสัญญาณที่วัดเทียบกับระหว่างสัญญาณอินพุตที่ป้อนให้วงจรกับสัญญาณ

เอาต์พุตที่ได้จากวงจรเปรียบเทียบระดับแรงดัน โดย CH1 เป็นสัญญาณอินพุต ส่วน CH2 เป็นสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
เอาต์พุต โดยสัญญาณอินพุตจะถูกเปรียบเทียบเทียบกับสัญญาณระดับ 0V
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4.3 ผลการทดลอง

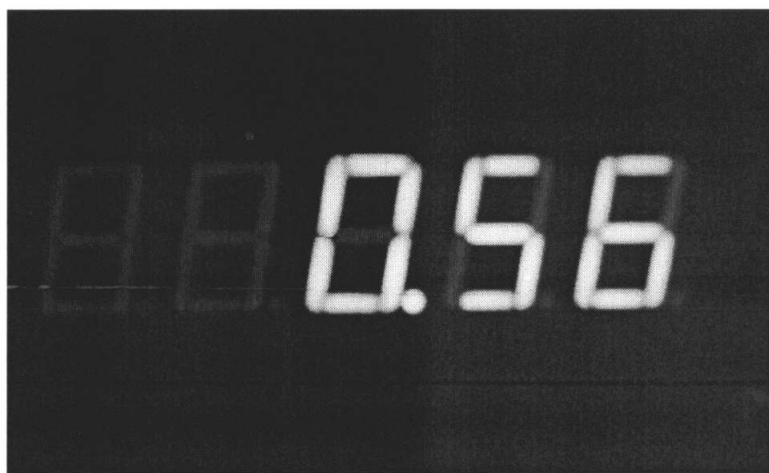
วิธีการทดลอง

1. นำเครื่อง
2. บันทึกผล

ผลการทดลอง



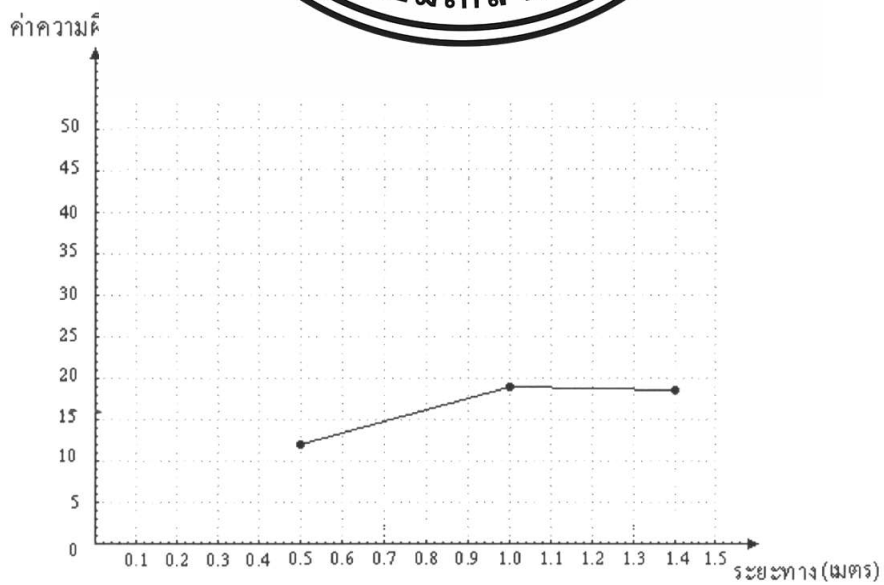
ผลได้น้ำค่าต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4-8 รูปแสดงระยะทางเมื่อวัดอยู่ห่าง 50 เซนติเมตร
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4-9 รูปแสดงระยะทางเมื่อวัดอยู่ห่าง 100 เซนติเมตร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 รูปที่ 4-11 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าความถี่พลาคกับระยะทาง
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป

โก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และบทสรุป

การทำงานของเครื่องค้นหาวัดดูแวนลอยได้น้ำด้วยคลื่นอัลตราโซนิค จะใช้หลักการเดียวกันกับการวัดระยะทางบนบกด้วยคลื่นอัลตราโซนิค แต่ในโครงการนี้จะเป็นการวัดระยะวัดดูแวนลอยได้น้ำแทน ซึ่งความแตกต่างระหว่างการวัดระยะบนบกและได้น้ำนั้นคือ กำลังงานที่ใช้ในการส่ง เนื่องจากค่าความหนาแน่นของตัวกลางที่เป็นน้ำมีค่ามากกว่าในอากาศเท่ากับ 998 และ 1.293 จึงต้องใช้กำลังงานในการส่งมากกว่า (จากตารางที่ 2-2) เพราะเนื่องจากลักษณะทางการภาพของคลื่นเสียงนั้นสามารถเดินทางได้ดีในตัวกลางที่มีความหนาแน่นน้อย

จากโครงการนี้ ผู้จัดทำโครงการได้ทำการออกแบบในส่วนที่เป็นฮาร์ดแวร์ทั้งหมดได้แก่ ภาคส่งสัญญาณ ภาครับสัญญาณทั้งหมด ภาคแสดงผล และส่วนประมวลผล ซึ่งจากการปฏิบัติงานได้ทำการทดลองในการวัดที่ระยะทาง 50

อยู่ ซึ่งอาจจะเกิดจากอุป

แนวทางการแ

สัญญาณที่รับเข้ามาจา

ประมวลผลมีความถูกต้อง

ังมีความผิดพลาด

รทดลอง

ส่ง และค่าเวลาที่

ระบบ ทำให้การ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- [1] สมยศ จุณณะปิยะ : การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 : กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- [2] ธนัท ชัยบุตร, กณพ แก้วพิชัย : ดิจิตอลพื้นฐาน : บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด(มหาชน)
- [3] มงคล ทองสงคราม : อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น : กรุงเทพฯ : วี.จี.พรินติ้ง,2540
- [4] ศิริวัฒน์ หงส์ทอง : วงจรรวมเล่มหนึ่ง : นนทบุรี : พรินติ้งกรุ๊ป,2548
- [5] A.D Waite, "Sonar for Practising Engineer", Third Edition, John Wiley & Sons LTD.
- [6] <http://kanchanapisek.or.th/kp6/BOOK2/chapter6/t2-6-13.htm#sect3>
- [7] http://www.navy.mi.th/submarines/6064_sub_sensor.htm



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORG 0000H
LJMP INITVAL

ORG 0003H
LJMP 000CH

ORG 0006H
LJMP GENPS

ORG 0009H
LJMP DELAY

ORG 000CH
LJMP COMPT



INITVAL:

```
MOV 7EH,#14H
MOV  DPTR,#0000H
LJMP 0006H
RET
```

; GENERATE PULSE 40kHz ;

GENPS: MOV R1,#02H

CLR P1.0

ML: SETB P1.0

MOV R0,#05H

DJNZ R0,\$

CLR P1.0

NOP

MOV R0,#04H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DJNZ    R0,$
DJNZ    R1,ML

LJMP    0009H

SJMP    $

```

```

-----;
;          DELAY TIME          ;
;-----;

```

```

DELAY:   MOV    TCON,#01H
         MOV    IE,#81H
         MOV    R2,#023H
         MOV    R1,#005H
         MOV    R0,#0F0H

```

CHK:



INITCOM:

```

-----;
;          COMI          ;
;-----;

```

COMPT:

```

A0:     CJNE    R2,#023H,COMPT2
         CJNE    R1,#000H,A1
         MOV    R1,#005H
A1:     CJNE    R1,#005H,J1
         CJNE    R0,#000H,A2
         MOV    R0,#0F0H
A2:     CJNE    R0,#0F0H,J0

         MOV    30H,#02H
         LJMP   001EH
         SJMP   $

```

```

J0:     LJMP   COMPT0
         SJMP   $

```

```

J1:     LJMP   COMPT1
         SJMP   $

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

EQ3_R1:	MOV	PSW,#00H
	MOV	A,#05H
	SUBB	A,R1
	MOV	20H,A
	MOV	A,20H
	MOV	A,#0C3H
	MOV	B,20H
	MUL	AB
	MOV	24H,A
	MOV	23H,B
	MOV	A,#03H
	MOV	B,20H
	MUL	AB
	MOV	27H,#00H
	MOV	26H,A



EQ4_R0:

MUL	AB
MOV	25H,A
MOV	24H,B
RET	

COMPT2:

MOV	PSW,#00H
MOV	A,#023H
SUBB	A,R2
MOV	10H,A
MOV	A,#0D2H
MOV	B,10H
MUL	AB
MOV	13H,A
MOV	12H,B
MOV	A,#012H
MOV	B,10H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MUL      AB
MOV      16H,#00H
MOV      15H,A
MOV      14H,B
MOV      A,16H
ADD      A,13H
MOV      13H,A
MOV      A,15H
ADDC     A,12H
MOV      12H,A
MOV      A,14H
ADDC     A,#00H
MOV      11H,A
MOV      A,13H
ADD      A,#09H

```

A3:

A4:



J_2:

COM2:

```

LCALL   EQ3_R1

```

A5:

```

CJNE    R0,#000H,A5
MOV     R0,#0F0H
CJNE    R0,#0F0H,COM2_0
LJMP    COM2_1
SJMP    $

```

COM2_0:

```

LCALL   EQ4_R0

```

```

MOV     A,22H
ADD     A,25H
MOV     22H,A
MOV     A,21H
ADDC    A,24H
MOV     21H,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV      A,20H
ADDC    A,#00H
MOV      20H,A

MOV      A,13H
ADD     A,22H
MOV      13H,A
MOV      A,12H
ADDC    A,21H
MOV      12H,A
MOV      A,11H
ADDC    A,20H
MOV      11H,A

LCALL   EQX_VT

```

COM2_1:



COM_2:

```

MOV      A,13H
ADD     A,25H
MOV      13H,A
MOV      A,12H
ADDC    A,24H
MOV      12H,A
MOV      A,11H
ADDC    A,#00H
MOV      11H,A

LCALL   EQX_VT
LJMP   000FH

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	SJMP	\$
COMPT1:	MOV	PSW,#00H
	MOV	A,#05H
	SUBB	A,R1
	MOV	10H,A
	MOV	A,#0C3H
	MOV	B,10H
	MUL	AB
	MOV	13H,A
	MOV	12H,B
	MOV	A,#03H
	MOV	B,10H
	MUL	AB
	MOV	16H,#00H



A6:	CJNE	R0,#0F0H,COM1
	LCALL	EQX_VT
	LJMP	000FH
	SJMP	\$
COM1:	LCALL	EQ4_R0

MOV	A,13H
ADD	A,25H
MOV	13H,A
MOV	A,12H
ADDC	A,24H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV      12H,A
MOV      A,11H
ADDC     A,#00H
MOV      11H,A

LCALL    EQX_VT

LJMP     000FH

SJMP     $

```

COMPT0:

```

LCALL    EQ4_R0

MOV      A,25H
ADD      A,#09H

```



EQX_VT:

X_VT:

```

MOV      34H,B
MOV      A,12H
MOV      B,#0CBH
MUL      AB
MOV      38H,#00H
MOV      37H,A
MOV      36H,B
MOV      A,11H
MOV      B,#0CBH
MUL      AB
MOV      3CH,#00H
MOV      3BH,#00H
MOV      3AH,A
MOV      39H,B
MOV      A,3CH
ADD      A,38H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOV	33H,A
MOV	A,3BH
ADDC	A,37H
MOV	32H,A
MOV	A,3AH
ADDC	A,36H
MOV	31H,A
MOV	A,39H
ADDC	A,#00H
MOV	30H,A
MOV	A,33H
ADD	A,35H
MOV	33H,A
MOV	A,32H
ADDC	A,34H



MOV	3CH,#00H
MOV	3BH,#00H
MOV	3AH,A
MOV	39H,B
MOV	A,3CH
ADD	A,38H
MOV	3CH,A
MOV	A,3BH
ADDC	A,37H
MOV	3BH,A
MOV	A,3AH
ADDC	A,36H
MOV	3AH,A
MOV	A,39H
ADDC	A,#00H
MOV	39H,A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV     A,3CH
ADD     A,35H
MOV     3CH,A
MOV     A,3BH
ADDC   A,34H
MOV     3BH,A
MOV     A,3AH
ADDC   A,#00H
MOV     3AH,A

```

```

MOV     A,33H
ADD     A,#00H
MOV     34H,A
MOV     A,32H
ADDC   A,3CH

```



VT2:

```

DIV     AB
MOV     12H,A
MOV     22H,B
MOV     A,33H
MOV     B,#10H
DIV     AB
MOV     13H,A
MOV     23H,B
MOV     A,34H
MOV     B,#10H
DIV     AB
MOV     14H,A
MOV     24H,B
MOV     A,11H
MOV     B,#02H
DIV     AB

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOV	11H,A
MOV	A,B
SWAP	A
ORL	A,21H
MOV	B,#02H
DIV	AB
MOV	21H,A
MOV	A,B
SWAP	A
ORL	A,12H
MOV	B,#02H
DIV	AB
MOV	12H,A
MOV	A,B
SWAP	A



MOV	14H,A
DIV	AB
MOV	A,B
SWAP	A
ORL	A,24H
MOV	B,#02H
DIV	AB
MOV	24H,A

MOV	A,11H
SWAP	A
ORL	A,21H
MOV	31H,A
MOV	A,12H
SWAP	A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ORL    A,22H
MOV    32H,A
MOV    A,13H
SWAP   A
ORL    A,23H
MOV    33H,A
MOV    A,14H
SWAP   A
ORL    A,24H
MOV    34H,A
RET

```

```

TRANSL:      LCALL    LDIV_A4
              LJMP    0015H

```

LDIV_A4:



LPDIV:

```

MOV    11H,A
MOV    A,10H
ADDC   A,#00H
MOV    10H,A

```

```

MOV    A,16H
ADD    A,#01H
MOV    16H,A
MOV    A,15H
ADDC   A,#00H
MOV    15H,A
MOV    A,14H
ADDC   A,#00H
MOV    14H,A
MOV    A,10H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CJNE	A,31H,LPDIV
MOV	A,32H
SUBB	A,11H
JC	CONDT
MOV	A,11H
CJNE	A,32H,LPDIV
MOV	A,33H
SUBB	A,12H
JNC	LPDIV
SJMP	CONDT

CONDT:	MOV	A,16H
	DEC	A
	MOV	33H,A
	MOV	32H,15H

HTBCD:

CLR_ALL:



HEXTOBCD:	MOV	A,33H
	RLC	A
	MOV	33H,A
	MOV	A,32H
	RLC	A
	MOV	32H,A
	MOV	A,31H
	RLC	A
	MOV	31H,A
	MOV	A,30H
	RLC	A
	MOV	30H,A
	MOV	A,R7
	ADDC	A,R7
	DA	A
	MOV	R7,A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV      A,R6
ADDC    A,R6
DA      A
MOV      R6,A
MOV      A,R5
ADDC    A,R5
DA      A
MOV      R5,A
MOV      A,R4
ADDC    A,R4
DA      A
MOV      R4,A
MOV      A,R3
ADDC    A,R3
DA      A

```



MAINLP:

```

-----
SJMP    $

```

START:

```

INC     DPL
MOV     A,32H
MOVX   @DPTR,A
INC     DPL
MOV     A,33H
MOVX   @DPTR,A

```

```

MOV     81H,#07H

```

```

LJMP   0006H

```

AVRG: SJMP \$
LCALL INIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูผู้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCALL    LDEC_AVR
MOV      30H,#64H
LCALL    DIVIDE
LJMP     0012H
SJMP     $

```

```

INIT:
MOV      DPTR,#00C8H
MOVX     A,@DPTR
DEC      DPL
MOV      33H,A
MOVX     A,@DPTR
DEC      DPL
MOV      32H,A
MOV      31H,#00H
RET

```

LDEC_AVR:



DIVIDE:

```

MOV      15H,#00H

```

RETURN:

```

MOV      A,12H
ADD      A,30H
MOV      12H,A
MOV      A,11H
ADDC     A,#00H
MOV      11H,A
MOV      A,10H
ADDC     A,#00H
MOV      10H,A

```

```

MOV      A,15H
ADD      A,#01H
MOV      15H,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV      A,14H
ADDC    A,#00H
MOV      14H,A
MOV      A,13H
ADDC    A,#00H
MOV      13H,A

MOV      A,10H
CJNE    A,31H,RETURN
MOV      A,32H
SUBB    A,11H
JC       CONDT1
MOV      A,11H
CJNE    A,32H,RETURN
MOV      A,33H

```

CONDT1:



```

*****
,
*****
,
*****

```

DISP:

```

SEPR:      MOV      P2,#00H

MOV      A,R0
MOV      B,#10H
DIV      AB
MOV      30H,A
MOV      31H,B
MOV      A,R1
MOV      B,#10H
DIV      AB
MOV      32H,A
MOV      33H,B
MOV      A,R2
MOV      B,#10H
DIV      AB

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV      34H,A
MOV      35H,B
MOV      A,R3
MOV      B,#10H
DIV      AB
MOV      36H,A
MOV      37H,B
MOV      A,R4
MOV      B,#10H
DIV      AB
MOV      38H,A
MOV      39H,B
RET

```

```

LOOPP:   MOV      A,#0FFH

```



```

MOV      A,35H
ACALL   CPRE
CLR      P2.2
SETB    P2.1
SETB    P2.0
MOV      P0,A
ACALL   DELY0

```

```

MOV      A,36H
ACALL   CPRE
SETB    P2.2
CLR      P2.1
CLR      P2.0
MOV      P0,A
ACALL   DELY0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูผู้ใช้งานเพื่อการศึกษานานาชาติเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV      A,37H
ACALL   CPRE
SETB    P2.2
CLR     P2.1
SETB    P2.0
CLR     ACC.7
MOV     P0,A
ACALL   DELY0

```

```

MOV      A,38H
ACALL   CPRE
SETB    P2.2
SETB    P2.1
CLR     P2.0
MOV     P0,A
-----

```



DISP_ER:

```

REGEN:      LJMP      0006H
            SJMP      $

```

```

ERROR:      MOV      A,#086H
            CLR     P2.2
            CLR     P2.1
            CLR     P2.0
            MOV     P0,A
            ACALL   DELY0

```

```

MOV      A,#0AFH
CLR     P2.2
CLR     P2.1
SETB    P2.0
MOV     P0,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ACALL    DELY0

MOV      A,#0AFH
CLR      P2.2
SETB     P2.1
CLR      P2.0
MOV      P0,A
ACALL    DELY0

MOV      A,#0A3H
CLR      P2.2
SETB     P2.1
SETB     P2.0
MOV      P0,A
ACALL    DELY0

```



```

CPRE:    CJNE    A,#01H,_2_
          MOV     A,#0F9H
          RET
_2_:     CJNE    A,#02H,_3_
          MOV     A,#0A4H
          RET
_3_:     CJNE    A,#03H,_4_
          MOV     A,#0B0H
          RET
_4_:     CJNE    A,#04H,_5_
          MOV     A,#099H
          RET
_5_:     CJNE    A,#05H,_6_
          MOV     A,#092H
          RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6 :	CJNE	A,#06H,_7_
	MOV	A,#082H
	RET	
7 :	CJNE	A,#07H,_8_
	MOV	A,#0F8H
	RET	
8 :	CJNE	A,#08H,_9_
	MOV	A,#080H
	RET	
9 :	CJNE	A,#09H,_0_
	MOV	A,#090H
	RET	
0 :	MOV	A,#0C0H
	RET	

DELY0:
DELY1:



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้