สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องวัดระดับ

LIQUID LEVEL METER

โดย

นายบรรพต โยดิน

นายประสาน นาคอ่อน

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50184
วัน,เดือน,ปี 27 เม.ย. 2547

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชา วิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องวัดระดับของเหลว (LIQUID LEVEL METER)

ผู้จัดทำ

นายบรรพต โยดิน

นายประสาน นาคอ่อน

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดระดับของเหลว

LIQUID LEVEL METER

โดย

นายบรรพต โยดิน

นายประสาน นาคอ่อน

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์

ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการศึกษาการวัดระดับของเหลวและสร้างเครื่องวัดระดับของเหลว ด้วยการใช้คลื่นอุลตร้าโซนิคเป็นตัววัด ซึ่งวิธีการวัดจะใช้หลักการจับเวลาของการสะท้อนกลับของคลื่นอุลตร้าโซนิคและนำค่าเวลาที่วัดได้นี้มาคำนวณ เพื่อให้ได้ระดับของเหลวที่ต้องการจะวัด ตลอดจนสามารถที่จะนำค่าระดับของเหลวที่ได้จากการวัดนี้ไปแสดงผลที่คอมพิวเตอร์และคำนวณหาค่าปริมาตร น้ำหนัก หรือค่าอื่นๆ ที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อไปได้

Abstract

The detail of this thesis is about the liquid level measurement and constructs the liquid level measurement device implementing ultrasonic wave. The method of measurement is "Transit Time Method". This method is used for measuring the level of liquid by calculating the time value. The level value of the calculation can be used to display on computer and calculate volume, weight or other value. This method may also be applied in other application.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ

สารบัญ

สารบัญรูปภาพ

สารบัญตาราง

บทที่ 1 บทนำ 1

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ 2

2.1 หลักการเบื้องต้นของคลื่นอุลตร้าโซนิค 2

2.1.1 ชนิดของอุลตร้าโซนิค 2

2.1.2 ความถี่และความยาวคลื่น 3
(Frequency and Wavelength)

2.1.3 ปริมาณพลังงานของคลื่นอุลตร้าโซนิค 3

2.1.4 การลดทอนของคลื่นอุลตร้าโซนิค 3

2.2 การเกิดคลื่นอุลตร้าโซนิค 3

2.3 การทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งตัวรับ 4

2.4 สัญลักษณ์ของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ 4

2.5 ข้อควรรู้ในการใช้งานอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ 5

2.6 ประโยชน์การใช้งานของคลื่นอุลตร้าโซนิค 6

บทที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 8

3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8

3.2 โครงสร้างภายในของ MCS-51 8

3.3 พอร์ทของ 8051 11

3.3.1 โครงสร้างของ พอร์ท 3 14

3.4 หลักการทำงาน 15

3.5 รายละเอียดของวงจร 18

3.6 การขับโมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลว (LCD Module) 19

3.6.1 รายละเอียดเกี่ยวกับโมดูล LCD 19

3.6.2 โครงสร้างภายในของตัวควบคุมโมดูล LCD 20

3.6.3 โมดูล LCD ขนาด16 ตัวอักษร 1 บรรทัด (LCD 16x1) 22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.4 คำสั่งควบคุมโมดูล LCD 22
3.6.5 การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD 25
3.6.6 จังหวะการทำงานของ LCD โมดูล 26
3.7 หลักการของเครื่องวัดระดับ 26
3.8 รายละเอียดของวงจร 28
บทที่ 4 ผลการทดลอง 36
บทที่ 5 บทสรุปผลและวิจารณ์ 46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 สัญลักษณ์ทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ 4

รูปที่ 3.1 (ก) 8051 บล็อกไดอะแกรมของ MCS-51 9

รูปที่ 3.1 (ข) ตำแหน่งของรีจีสเตอร์ต่างๆ 10

รูปที่ 3.2 การจัดวางขาของ MCS-51 10

รูปที่ 3.3 โครงสร้างของพอร์ท 0 (บิต) 11

รูปที่ 3.4 โครงสร้างของพอร์ท 1 (บิต) 12

รูปที่ 3.5 โครงสร้างของพอร์ท 2 (บิต) 13

รูปที่ 3.6 โครงสร้างของพอร์ท 3 (บิต) 14

รูปที่ 3.7 การต่อขารีเซ็ทให้กับ 8051 15

รูปที่ 3.8 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาของ 8051 16

รูปที่ 3.9 ผังเวลาการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก 17

รูปที่ 3.10 ผังเก็บความจำสำหรับเก็บโปรแกรมสำหรับเบอร์ 8051 18

รูปที่ 3.11 ผังแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมสำหรับเบอร์ 8052 18

รูปที่ 3.12 ผังหน่วยความจำสำหรับ Data Memory เบอร์ 8051 19

รูปที่ 3.13 ไดอะแกรมการทำงานของโมดูล LCD แบบอักขระ 20

รูปที่ 3.14 รูปร่างและการจัดขาโมดูล LCD แบบอักขระ 21

รูปที่ 3.15 สัญญาณพัลส์ที่ส่งออกไป 27

รูปที่ 3.16 รายละเอียดของวงจรเครื่องวัดระดับ 28

รูปที่ 3.17 วงจรภาคส่ง 28

รูปที่ 3.18 ผังแสดงโปรแกรมการทำงานของภาคกำเนิดความถี่ 40kHz 29

รูปที่ 3.19 วงจรภาครับ 30

รูปที่ 3.20 วงจรภาคคำนวณและแสดงผล 31

รูปที่ 3.21 รูปผังแสดงการทำงานของโปรแกรมการนับเลข 32

รูปที่ 3.22 รูปถังที่ใช้ติดตั้งเซ็นเซอร์ 33

รูปที่ 3.23 การติดตั้งอุลตร้าโซนิคและเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ 34

รูปที่ 3.24 แบบการต่อเครื่องวัดระดับแสดงบนจอมอนิเตอร์ 33

รูปที่ 4.1 กราฟการวัดระดับค่าเฉลี่ยจากระดับต่ำสุดถึงสูงสุด 40

รูปที่ 4.2 กราฟการวัดระดับค่าเฉลี่ยจากระดับสูงสุดถึงต่ำสุด 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ในการทำงานของขา RS,R/W และ E ของโมดูล LCD แบบอักขระ	21
ตารางที่ 4.1 ทดลองวัดระดับของเหลวในถังจากระดับต่ำสุดถึงระดับสูงสุดของถัง	36
ตารางที่ 4.2 ทดลองวัดระดับของเหลวในถังจากระดับสูงสุดถึงระดับต่ำสุดของถัง	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

การวัดระยะทางที่เป็นการวัดระยะทางที่สั้น ๆ เช่นการวัดความกว้างของห้อง ความสูงของเพดานซึ่งมีระยะทางไม่เกิน 10 เมตร โดยปกติแล้วจะใช้สายวัดซึ่งไม่สะดวกต่อการทำงาน เครื่องวัดระดับนี้จะใช้คลื่นอุลตร้าโซนิคในการคาดคะเนความกว้างของพื้นที่ต่าง ๆ โดยมีหลักการคือการปล่อยคลื่นเสียงอุลตร้าโซนิคออกจากจุดที่เราวัด ซึ่งเราจะถือจุดนี้เป็นจุดเริ่มต้น แล้วทำการจับเวลาที่คลื่นอุลตร้าโซนิคนั้นสะท้อนกลับมาที่เครื่องวัด จากนั้นเอาเวลาที่ได้ไปคำนวณหาระดับออกมา ภายในเครื่องส่งของเครื่องวัดระดับนี้จะใช้ความถี่ประมาณ 40 กิโลเฮิรตซ์ ความถี่ที่ใช้นี้ควรมีค่าไม่เกิน 50 กิโลเฮิรตซ์ เพราะว่าที่ความถี่สูงกว่านี้ อากาศจะสามารถดูดกลืนคลื่นได้มากขึ้นทำให้ระดับความแรง ของคลื่นที่ระยะห่างออกไปมีค่าลดลงอย่างรวดเร็ว

นอกจากจะใช้ในการวัดระดับเพียงอย่างเดียวแล้ว เครื่องวัดระดับนี้ยังสามารถนำไปใช้ประโยชน์อย่างอื่นได้อีกโดยการนำไปติดตั้งในรถยนต์ เพื่อให้คนขับรู้ระยะห่างระหว่างตัวรถกับฝาผนังหรือกับรถยนต์คันอื่นๆ และคนขับยังสามารถตั้งระยะทางที่ต้องการให้เครื่องส่งสัญญาณเตือนให้ทราบว่า ขณะนั้นรถยนต์ได้เข้าใกล้ฝาผนังหรือรถยนต์คันอื่นมากไปแล้ว นอกจากนี้ยังสามารถนำเครื่องวัดระดับไปติดตั้งในไซโลเพื่อวัดระดับความสูงของวัสดุในไซโลนั้นอีกทั้งยังสามารถนำระดับที่วัดได้ไปคำนวณเป็นปริมาตรของวัสดุในไซโลนั้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น.ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

ทฤษฎีเกี่ยวกับคลื่นอุลตร้าโซนิค

2.1 หลักการเบื้องต้นของคลื่นอุลตร้าโซนิค

คลื่นอุลตร้าโซนิคเป็นคลื่นเสียงที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานกลซึ่งความถี่ที่มนุษย์ได้ยินนั้นอยู่ในย่าน 20 เฮิรตซ์ถึง 20 กิโลเฮิรตซ์ แต่สัตว์บางชนิดสามารถได้ยินเสียงที่มีความถี่สูงกว่า 20 กิโลเฮิรตซ์ขึ้นไป ความถี่ของเสียงในช่วงที่สูงกว่า 20 กิโลเฮิรตซ์ขึ้นไปนี้เรียกว่า "คลื่นอุลตร้าโซนิค"

2.1.1 ชนิดของอุลตร้าโซนิค

คลื่นอุลตร้าโซนิคที่เดินทางผ่านตัวกลางต่าง ๆ มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน แต่ละชนิดจะแตกต่างกันตามการเคลื่อนที่ของอนุภาคในตัวกลางนั้นๆ

คลื่นตามยาว (Longitudinal Wave) คือ คลื่นชนิดหนึ่งซึ่งทุก ๆ จุดบนคลื่นมีการเคลื่อนที่บนทิศทางเดียวกันกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น การเคลื่อนที่ของอนุภาคจะเกิดขึ้นหนาแน่นและเบาบางสลับกันไปและจะเปลี่ยนแปลงไปเช่นนี้ในแต่ละปริมาตรของอนุภาค คลื่นตามยาวนี้สามารถเดินทางผ่านของแข็ง ของเหลวและก๊าซ โดยมากถ้ากล่าวถึงความเร็วของคลื่นแล้วจะหมายถึงความเร็วของคลื่นตามยาว ในการพิจารณาคลื่นตามยาวที่เคลื่อนที่ผ่านตัวกลางต่าง ๆ นั้น ตัวกลางจะต้องมีขนาดใหญ่ ๆ พอเมื่อเทียบกับความยาวคลื่น

คลื่นตามขวาง (Transverse Wave) คือ คลื่นที่ทุก ๆ จุดบนคลื่นมีการเคลื่อนที่ในทิศทางที่ตั้งฉากกับการเคลื่อนที่ คลื่นชนิดนี้จะเดินทางผ่านตัวกลางที่มีขนาดใหญ่กว่าขนาดของความยาวคลื่นและสามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของแข็งได้เพียงอย่างเดียว โดยที่คลื่นชนิดนี้ไม่สามารถเดินทางผ่านตัวกลางที่เป็นของเหลวและก๊าซได้ คลื่นตามขวางมีลักษณะเสมือนการเกิดขั้วบวกและขั้วลบ ซึ่งเป็นเหตุผลว่าการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคเป็นไปในทิศทางเดียว เช่นในระนาบที่ตั้งฉากกับทิศทางของคลื่นที่เคลื่อนที่ไป ต้นกำเนิดของคลื่นตามขวางเป็นพื้นที่หน้าเรียบของระนาบที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอนุภาคอันเนื่องมาจากการแกว่งความหนาแน่นของตัวกลางจะไม่เปลี่ยนแปลงตามการเคลื่อนที่ ความเร็วของคลื่นชนิดนี้จะน้อยกว่าความเร็วของคลื่นชนิดคลื่นตามยาวในขณะที่เดินทางผ่านตัวกลางชนิดเดียวกัน ความยาวคลื่นของคลื่นตามขวางจะน้อยกว่าคลื่นตามยาวเสมอ

คลื่นผิวหน้า (Surface Wave) คือ คลื่นชนิดหนึ่งซึ่งคล้ายกับคลื่นตามขวาง จะต่างกันก็ตรงที่ว่าการเปลี่ยนตำแหน่งของอนุภาคจะเปลี่ยนแปลงทั้งในทิศทางที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการเคลื่อนที่ด้วย เพราะเหตุนี้คลื่นจึงเดินทางผ่านไปเฉพาะบนผิวของตัวกลางเท่านั้น

2.1.2 **ความถี่และความยาวคลื่น** (Frequency and Wavelength)

ความถี่ คือ จำนวนของการออสซิลเลตที่สมบูรณ์ จากแหล่งกำเนิดคลื่นภายในหนึ่งวินาที คลื่นที่ถูกส่งมาจากแหล่งกำเนิดคลื่นจะเดินทางด้วยความถี่เดียวกันกับความถี่ของแหล่งกำเนิดคลื่นนั้น

ความยาวคลื่น คือ ระยะทางที่คลื่นเดินทางระหว่างแต่ละการสั่นที่สมบูรณ์หรือการเดินทางครบหนึ่งรอบ

ความถี่และความยาวคลื่นมีความสัมพันธ์กันตามสมการที่ (2.1.2)

$$c = f\lambda \qquad (2.1.2)$$

c = ความเร็วของการเดินทาง (เมตร/วินาที)

f = ความถี่ (เฮิรตซ์)

λ= ความยาวคลื่น (เมตร)

ในอากาศที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ความเร็วของคลื่นจะประมาณ 334 เมตร/วินาที ดังนั้นช่วงความถี่ของคลื่นเสียงระหว่าง 20 เฮิรตซ์ ถึง 20 กิโลเฮิรตซ์ ความยาวคลื่นจะอยู่ระหว่างประมาณ 1.7 เมตร ถึง 17 เมตร

2.1.3 ปริมาณพลังงานของคลื่นอุลตร้าโซนิค

ปริมาณพลังงานของคลื่นอุลตร้าโซนิค จะถูกวัดอยู่ในรูปของความเข้มของคลื่นอุลตร้าโซนิค ซึ่งจะมีหน่วยเป็นวัตต์ต่อตารางเซนติเมตร เป็นการไหลของพลังงานผ่านพื้นที่ 1 ตารางเซนติเมตร ซึ่งตั้งฉากกับทิศทางการเดินทางของคลื่นใน 1 วินาที

2.1.4 การลดทอนของคลื่นอุลตร้าโซนิค

เมื่อคลื่นเดินทางผ่านตัวกลาง ลำคลื่น (Beam) ของคลื่นอุลตร้าโซนิคจะสูญเสียความเข้มซึ่งเกิดจากการลู่ออกของคลื่นอุลตร้าโซนิค หรือเกิดจากการกระจายพลังงานของคลื่นออกจากลำคลื่นเนื่องจากความไม่ต่อเนื่องในตัวกลางและอาจเกิดจากการดูดซับพลังงานส่วนหนึ่งของคลื่นโดยตัวกลางที่คลื่นเคลื่อนที่ผ่านพลังงานที่ดูดซับนี้จะกลายเป็นพลังงานความร้อน การดูดซับพลังงานนี้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของวัตถุ ความยืดหยุ่นและความหนาแน่น รวมทั้งความถี่ของคลื่นที่ใช้ โดยที่ยิ่งความถี่ที่ใช้สูงมากขึ้นพลังงานจะยิ่งถูกดูดซับมากขึ้น

2.2 การเกิดคลื่นอุลตร้าโซนิค

คลื่นอุลตร้าโซนิคนี้สามารถสร้างได้โดยตัวทรานสดิวเซอร์ ซึ่งทรานสดิวเซอร์คือ อุปกรณ์ที่ใช้ เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล หรือพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า หลักการที่ใช้สร้างคลื่นอุลตร้าโซนิคมีหลายวิธีด้วยกัน แต่ที่นิยมใช้กันมากได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. **แบบเปียโซอีเลคตริค (Piezo – electric transducer)** ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าและพลังงานกล โดยมีความถี่เรโซแนนซ์คงที่อยู่ที่ค่าหนึ่ง
2. **แบบแมกนีโตสตริคทีฟ (Magnetostricteve transducer)** ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้าในขดลวดกับตำแหน่งความยาวของแกนเหล็กที่สวมขดลวดนั้นอยู่
3. **แบบอีเลคโตรสตริคทีฟ (Electrostrictive transducer)** ซึ่งแปลงไปมาระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับพลังงานกล

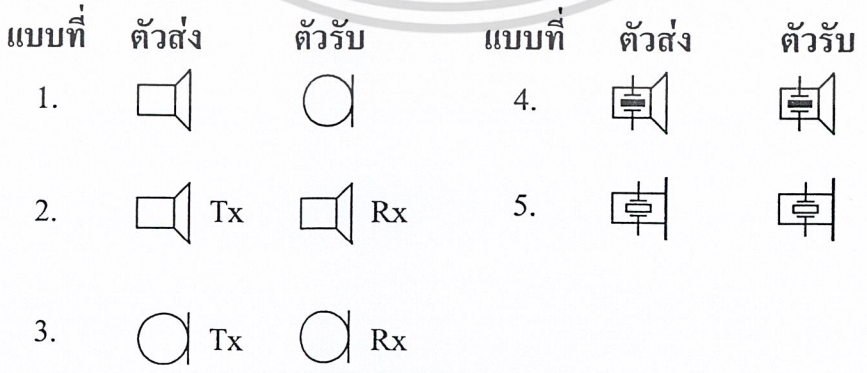
2.3 การทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ

เมื่ออุลตร้าโซนิคได้รับสัญญาณแรงดันมาตกคร่อมตัวมัน จะทำให้ชิ้นสารเซรามิคในตัวอุลตร้าโซนิคโก่งงอ ซึ่งจะทำให้เกิดการอัดอากาศโดยรอบ เกิดเป็นคลื่นเสียงขึ้นมา ดังนั้นถ้าเราป้อนสัญญาณไฟฟ้าเป็นช่วง ๆ (Electrically pulse) จากออสซิลเลเตอร์ ก็จะทำให้ชิ้นสารเซรามิคในตัวอุลตร้าโซนิคเกิดการโก่งงอมากน้อยหรือในทิศทางใดตามขนาดและทิศทางการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณไฟฟ้าจากออสซิลเลเตอร์โดยทั่วไปกำลังของเอาท์พุทที่ออกมาจะตกลงประมาณ 10% ของกำลังไฟฟ้าที่ป้อนให้แต่กำลังเอาท์พุทจะมีค่าสูงสุดที่ค่าโดยประมาณก็ต่อเมื่อความถี่ทางกลตามธรรมชาติของชิ้นสารเซรามิคส่วนที่ความถี่อื่น ๆ นั้นกำลังของเอาท์พุทก็จะมีค่าลดลง

ส่วนการทำงานของทรานสดิวเซอร์ตัวรับมีการทำงานตรงกันข้ามกับตัวส่ง กล่าวคือ เมื่อมีคลื่นเสียงที่มีความถี่ ตรงกับความถี่เรโซแนนซ์ของชิ้นสารเซรามิคมากระทบ จะทำให้ชิ้นสารโก่งงอไปมาทำให้สัญญาณแรงดันไฟฟ้าขึ้นคร่อมขั้วทั้งสองของตัวมันได้

คุณสมบัติโดยทั่วไปของคลื่นอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์แบบเปียโซอิเลคตริคก็คือ มีความต้านทานไฟตรงสูงมากอาจมีค่าสูงถึง 100 เมกะโอห์ม เรียกว่าถ้าเอามัลติมิเตอร์ธรรมดามาตั้งสเกลวัดค่าความต้านทานสูง ๆ เข็มจะไม่กระดิกเลย แต่ในขณะที่มันทำงานค่าความต้านทานจะมีค่าลดลง

2.4 สัญลักษณ์ของทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ



รูปที่ 2.1 สัญลักษณ์ทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากทรานสดิวเซอร์ตัวส่งถูกออกแบบให้แปลงสัญญาณไฟฟ้าที่ป้อนให้แก่ตัวมันออกมาเป็นคลื่นเสียงย่านอุลตร้าโซนิค หน้าที่ของมันจึงเป็นคล้าย ๆ เป็นลำโพง ส่วนตัวรับถูกออกแบบเจาะจงให้แปลงคลื่นเสียงในย่านความถี่ของอุลตร้าโซนิคที่มาตกกระทบตัวมันให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า หน้าที่ของตัวรับจึงคล้าย ๆ กับเป็นไมโครโฟน ด้วยเหตุนี้เวลาเขียนสัญลักษณ์ของอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์จึงนิยมเขียนตามหน้าที่ของมันดังแบบที่ 1 ในรูปที่ 2.1 แต่ก็มีหนังสือบางเล่มเขียนสัญลักษณ์ของทั้งตัวรับและส่งเป็นไมโครโฟนหรือลำโพงอย่างใดอย่างหนึ่งไปเลยดังแบบที่ 2 และ 3 แต่เขียนอักษรย่อว่า Tx (Transmitter),Rx (Receiver) กำกับอยู่ด้วยหรืออาจจะใช้คำพูดกำกับให้ชัดเจนไปเลย ที่เขาใช้สัญลักษณ์เหมือนกันก็เพราะว่า หน้าตาของตัวส่งและตัวรับที่ออกแบบมาให้ใช้งานคู่กันนั้นเหมือนกันแต่มีเบอร์กำกับมาที่ด้านข้างให้รู้ว่าตัวใดเป็นตัวส่งและตัวใดเป็นตัวรับ และคุณสมบัติของทั้งสองตัวนั้นคล้ายคลึงกันมากจนสามารถนำมาใช้งานแทนกันได้โดยตรงในหลายการใช้งาน

2.5 ข้อควรรู้ในการใช้งานอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและตัวรับ

ข้อควรรู้ในการใช้งานตัวส่งและตัวรับนั้นพอที่จะสรุปเป็นแนวทางการใช้งานได้ดังนี้

1. ไม่ควรให้ตัวทรานสดิวเซอร์ได้รับการกระแทกหรือตกจากที่สูงเพื่อป้องกันโครงสร้างภายในมิให้เกิดการเสียหายได้

2.ทรานสดิวเซอร์ทั่วไปที่มีขายกันอยู่นั้นจะสามารถทนแรงดันตกคร่อมตัวมันสูงสุดได้ไม่เกิน 20 โวลท์อาร์เอ็มเอส ดังนั้น ขนาดของสัญญาณที่ป้อนให้กับตัวทรานสดิวเซอร์ก็ควรอยู่ภายในขีดจำกัดอันนี้

3. ความถี่เรโซแนนซ์ (ความถี่ที่ตัวมันสามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด) ของทรานสดิวเซอร์ 40 กิโลเฮิรตซ์ที่มีขายอยู่ทั่วไปจะผิดพลาดไม่เกิน 1 กิโลเฮิรตซ์ และมีแถบความถี่ประมาณ 4.5 กิโลเฮิรตซ์ สำหรับตัวส่งและจะมีแถบความถี่ประมาณ 5.0 กิโลเฮิรตซ์สำหรับตัวรับจะเห็นได้ว่าแถบความถี่ของตัวรับจะกว้างกว่าตัวส่งเล็กน้อย เพื่อให้แน่ใจว่าทรานสดิวเซอร์ตัวรับนั้นจะสามารถรับความถี่ทั้งหมดที่ส่งออกมาจากทรานสดิวเซอร์ตัวส่งได้

4. อุณหภูมิในการใช้งานของตัวทรานสดิวเซอร์ควรอยู่ภายในช่วง -20 องศาเซลเซียสถึง 60 องศาเซลเซียส

5. ทั้งทรานสดิวเซอร์ตัวส่งและทรานสดิวเซอร์ตัวรับ จะมีทิศทางที่คล้ายคลึงกันมาก กล่าวคือ ที่ตำแหน่งเบี่ยงเบนจากแนวแกนของตัวส่งไปประมาณ 30 องศา ความแรงของคลื่นเสียงที่ถูกส่งออกไปจะลดลงจากแนวแกนประมาณ 10 เดซิเบล ในทำนองเดียวกัน ถ้าคลื่นเสียงพุ่งเข้ามาในแนวที่เบี่ยงเบนไปจากแนวแกนของตัวรับไปประมาณ 30 องศา ความไวหรือขนาดแรงดันที่ได้ก็จะลดลงจากแนวแกนประมาณ 10 เดซิเบลเช่นเดียวกัน ดังนั้นในการใช้งานที่เป็นการควบคุมระยะไกลในที่โล่งแจ้ง จึงควรพยายามให้ทั้งตัวรับและตัวส่งอยู่ในแนวที่พุ่งตรงเข้าหากันให้มากที่สุด อย่างไรก็ตามในกรณีที่อยู่ในห้องอาจจะเบี่ยงเบนจากกันได้มากหน่อย เพราะคลื่นเสียงเข้าหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันให้มากที่สุด อย่างไรก็ตามในกรณีที่อยู่ในห้องอาจจะเบี่ยงเบนจากกันได้มากหน่อย เพราะคลื่นเสียงอุลตร้าโซนิคสามารถสะท้อนกับกำแพงพื้นและวัตถุที่อยู่ในห้องทำให้คลื่นเสียงเข้าไปหาตัวรับได้หลายทิศทาง

6. ในการใช้งานจริงทรานสดิวเซอร์ตัวรับจะต้องมีตัวต้านทานต่อขนานกับตัวรับเพื่อทำหน้าที่เป็นโหลดตามปกติแล้วตัวต้านทานตัวนี้ควรมีค่าอยู่ในช่วงจาก 10 กิโลโอห์ม จากการทดลองพบว่า ถ้าเปลี่ยนจาก 100 กิโลโอห์ม มาเป็น 10 กิโลโอห์ม ความไวจะลดลงประมาณ 10 – 12 เดซิเบล แต่แถบความถี่จะกว้างขึ้น ถ้าใช้ค่าความต้านทานต่ำลงไปอีกความถี่เรโซแนนซ์ (ความถี่กลาง) จะลดลงไปจากที่ระบุไว้ ถ้าการใช้งานมีสัญญาณรบกวนมากควรใช้โหลดที่มีความต้านทานสูงหน่อยเพื่อให้ตัวส่งมีความไวสูงและมีแถบความถี่แคบ

7. ตามปกติแล้วเราสามารถนำเอาตัวส่งและตัวรับมาใช้งานแทนกันได้ในการใช้งานส่วนใหญ่ขอเพียงแต่ให้มีความถี่เรโซแนนซ์เดียวกันเท่านั้นเอง อย่างไรก็ตามในบางกรณีอาจต้องเปลี่ยนแปลงค่าตัวต้านทานสมมูลย์ทางด้านไฟสลับ เพื่อให้ลักษณะผลตอบสนองทางความถี่สอดคล้องกับของเดิม

2.6 ประโยชน์การใช้งานของคลื่นอุลตร้าโซนิค

คลื่นอุลตร้าโซนิคเป็นคลื่นที่มีทิศทาง ทำให้สามารถส่งคลื่นไปยังเป้าหมายที่ต้องการได้โดยเจาะจง ยิ่งคลื่นมีความถี่สูงขึ้น ความยาวคลื่นจะยิ่งสั้นลงถ้าความยาวคลื่นมากกว่าช่องเปิด (ที่ให้เสียงนั้นออกมา) ของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นั้น เช่นคลื่นความถี่ 300 เฮิรตซ์ ในอากาศ จะมีความยาวคลื่นประมาณ 1 เมตรเศษ ๆ ซึ่งจะยาวกว่าช่องที่เปิดให้คลื่นเสียงออกมาจากตัวกำเนิดเสียงโดยทั่วไปมากมาย คลื่นจะหักเบนที่ขอบด้านนอกของตัวกำเนิดเสียง ทำให้เกิดการกระจายออกรอบทิศทาง แต่ถ้าความถี่สูงขึ้นมาจนอยู่ในย่านของอุลตร้าโซนิค อย่างเช่น 40 กิโลเฮริตซ์ ซึ่งจะมีความยาวคลื่นเพียง 8 มิลลิเมตรเท่านั้น ซึ่งเล็กกว่ารูเปิดของตัวที่ให้กำเนิดเสียงความถี่นี้มากคลื่นเสียงจะไม่มีการเลี้ยวเบนที่ขอบ คลื่นนั้นจึงพุ่งออกมาเป็นลำแคบ ๆ หรือ ที่เราเรียกว่าเป็นคลื่นที่มีทิศทางนั่นเอง

การมีทิศทางของคลื่นอุลตร้าโซนิคนั้น ทำให้เราสามารถใช้งานได้หลายอย่าง เช่น

- การนำไปใช้ในเครื่องควบคุมระยะไกล (Ultrasonic remote control)
- เครื่องล้างอุปกรณ์ (Ultrasonic cleaner) โดยทำให้น้ำมีการสั่นสะเทือนที่ความถี่สูง
- เครื่องวัดความหนาของวัตถุโดยสังเกตระยะเวลาที่คลื่นสะท้อนกลับมา
- เครื่องวัดความลึกและทำแผนที่ใต้ท้องทะเล
- ใช้ในเครื่องหาตำแหน่งอวัยวะบางส่วนภายในร่างกาย
- ใช้ทดสอบการรั่วของท่อ เป็นต้น

โดยความถี่ที่ใช้ขึ้นกับการใช้งาน เช่น ถ้าคลื่นเสียงต้องเดินทางผ่านอากาศแล้ว ความถี่ที่ใช้ก็มักจะจำกัดอยู่เพียงไม่เกิน 50 กิโลเฮิรตซ์ เพราะที่ความถี่สูงขึ้นกว่านี้ อากาศจะดูดกลืนคลื่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เสียงเพิ่มมากขึ้นทำให้ระดับความแรงของคลื่นเสียงที่ระยะห่างออกไปลดลงอย่างรวดเร็ว ส่วนการใช้งานด้านการแพทย์ซึ่งต้องการความยาวคลื่นสั้น ๆ ก็อาจใช้ความถี่ในช่วง 1 เมกกะเฮิรตซ์ ขณะที่ความถี่เป็นกิกะเฮิรตซ์ ก็มีใช้กันหลาย ๆ การใช้งานที่ตัวกลางที่คลื่นเสียงเดินทางผ่านไม่ใช่อากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

3.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์

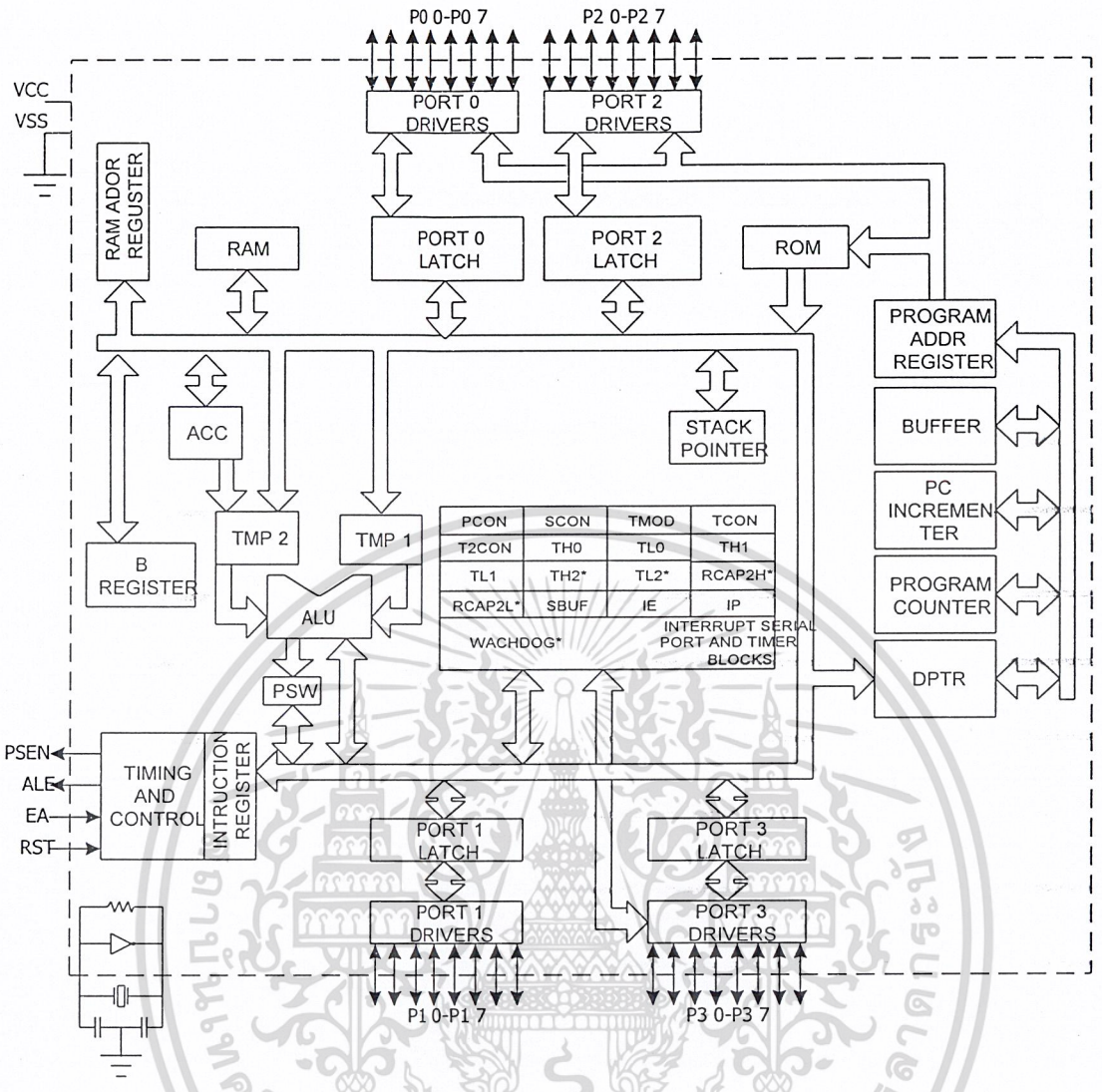
คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ มีรายละเอียดสำคัญดังต่อไปนี้

- แหล่งจ่ายไฟ + 5 V
- มีหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์สำหรับเบอร์ 8051 8031 และ 8032 ไม่มีหน่วยความจำชุดนี้ ส่วน 8032 มีหน่วยความจำถึง 8 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) ขนาด 128 ไบต์ สำหรับ 8052 มีถึง 256 ไบต์
- หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและดาต้า (Program Memory และ Data Memory แยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์)
- คำสั่งที่ใช้เวลาน้อยที่สุดประมาณ 1 μs เมื่อทำงานที่ความถี่ 12 MHz
- มี Timer/Counter ขนาด 16 บิต 2 ชุด (สำหรับ 8052 มี 3 ชุด) ทำงานได้ 4 โหมด
- รับอินเตอร์รัพท์ได้ 6 แหล่ง 5 เวกเตอร์
- มีพอร์ทรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) 2 พอร์ท ทั้งรับและส่งในเวลาเดียวกันได้ (Full Duplex) เลือกรูปแบบการส่งข้อมูลได้ 4 โหมด
- มีคำสั่งในการทำ AND,OR หรือ COMPLEMENT ได้ทั้งแบบ 8 บิตและ 1 บิต

3.2 โครงสร้างภายในของ MCS-51

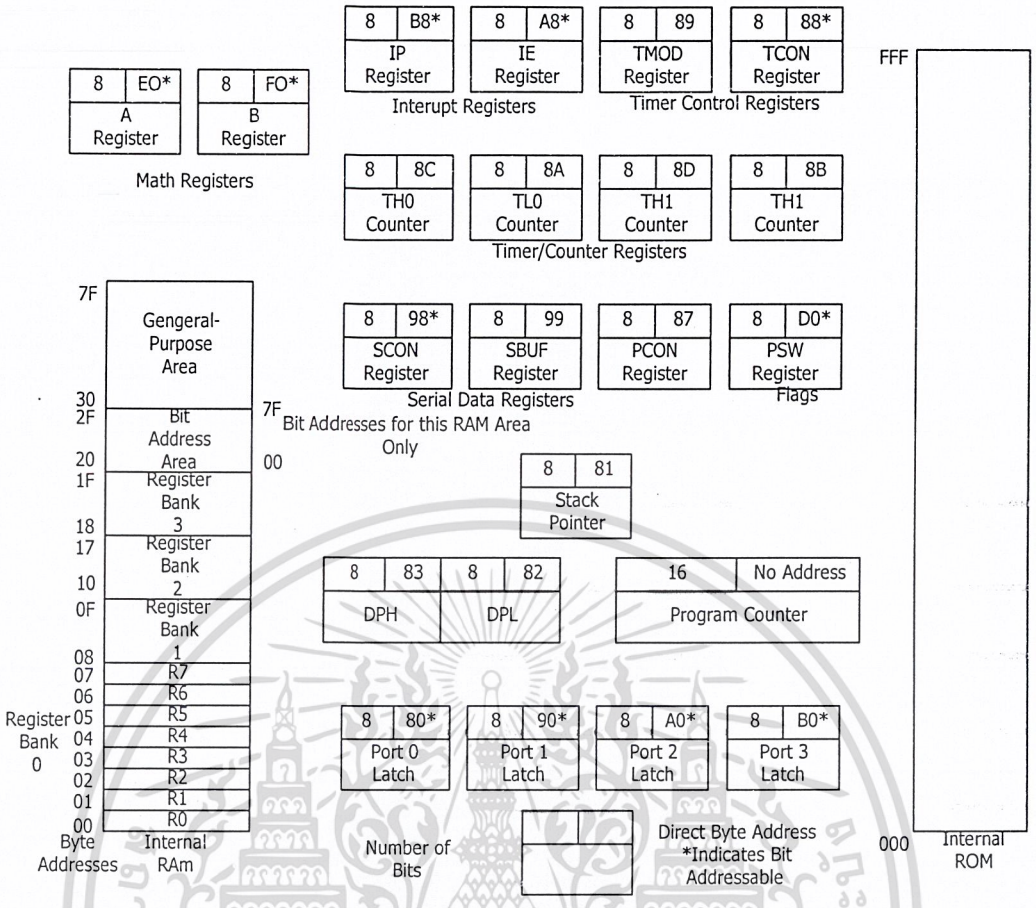
MCS-51 ใช้เทคโนโลยีในการผลิตแบบ NMOS และ CMOS เบอร์ 8032 และ 8052 จะมี ROM BASIC อยู่ภายในจึงสะดวก สำหรับโปรแกรมเมอร์ที่จะเขียนโปรแกรมด้วยภาษาเบสิก โครงสร้างสำหรับ เบอร์ 8051 ดังแสดงในรูปที่ 3.1 (ก) และ (ข) และหน่วยความจำเพื่อใช้ประกอบการเขียนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

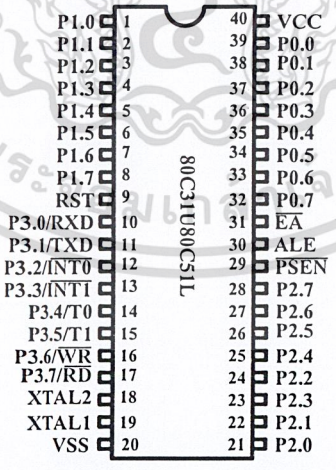


รูปที่ 3.1 (ก) 8051 บล็อกไดอะแกรมของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 (ข) ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ต่าง ๆ



รูปที่ 3.2 การจัดวางขาของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

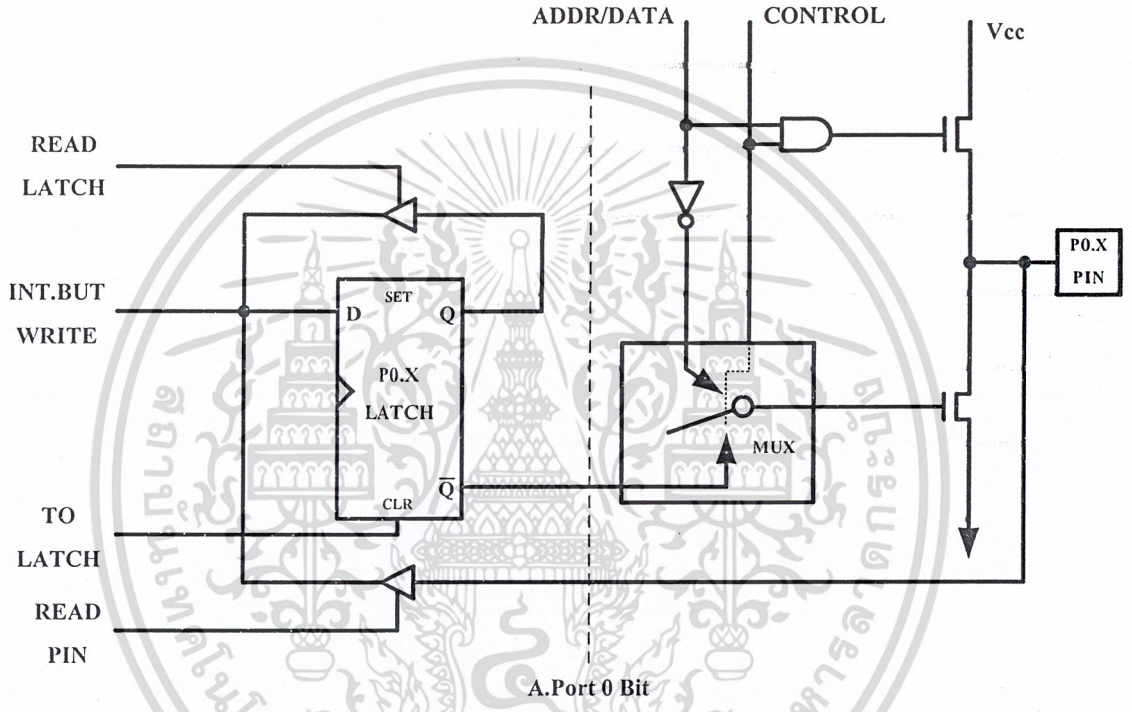
3.3 พอร์ทของ 8051

8051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 40 ขา ซึ่งมีขาต่างๆ ดังนี้

- **Vcc** (ขา 40) ต่อกับ +5V

- **Vss** (ขา 20) เป็นขา GND

- **PORT 0** (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิตคือ (P0.0-P0.7) มีโครงสร้างแบบ Open Drain Bi-directional ดังแสดงในรูปที่ 3.3

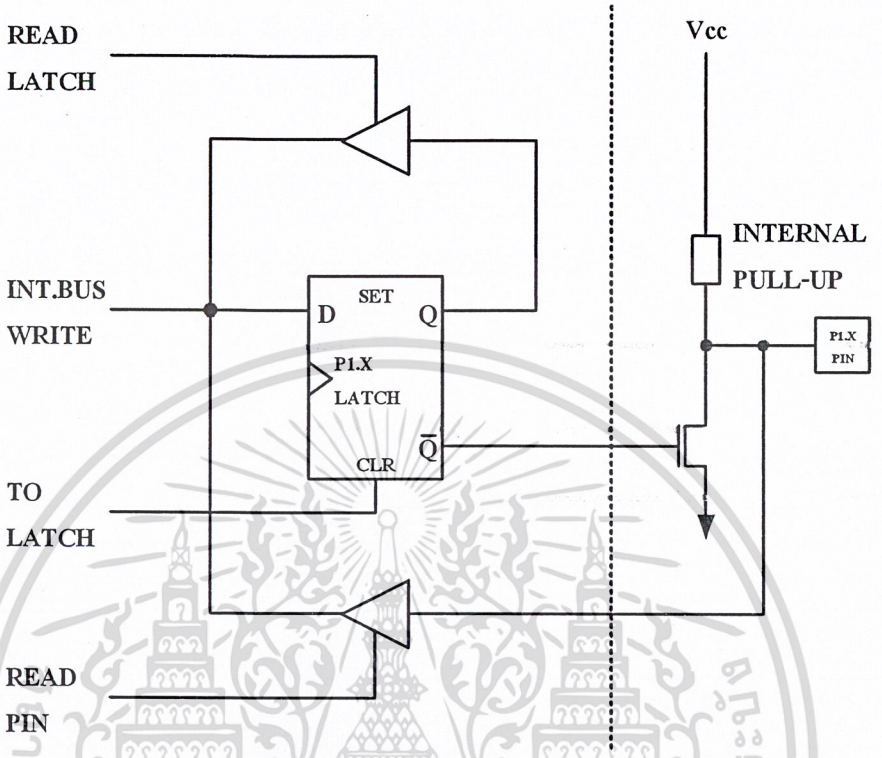


รูปที่ 3.3 โครงสร้างพอร์ท 0 (บิต)

- **พอร์ท 0** (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.0-P0.7) ใช้งานได้สองหน้าที่คือ ส่งแอดเดรสและดาต้าออกไปให้หน่วยความจำภายนอกเพื่อทำการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำภายนอก ควบคุมด้วยขา Control ดูรูป 3.3 ประกอบและอีกหน้าที่หนึ่งหน้าที่ก็คือ เป็นพอร์ท I/O ถ้าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุตพอร์ทต้องส่งลอจิก “1” ไปยังพอร์ทนี้ จะมีผลให้ $\overline{Q}$ ของ D-FF เป็น “0” ทำให้ FET ตัวล่างมีสถานะ OFF สัญญาณที่ใช้อ่านอินพุตพอร์ท PIN (พอร์ท P0.X PIN) จะใช้สัญญาณ READ LATCH เมื่อถูกกระตุ้นที่ Tri-State Buffer ตัวบน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-พอร์ท 1 (ขา 1-8) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P1.0-P1.7) มีโครงสร้างคล้าย พอร์ท 0 แต่จะใช้ความต้านทานภายในพูลอัพแทน (Internal Pull Up Register) มีโครงสร้างดังรูปที่ 3.4

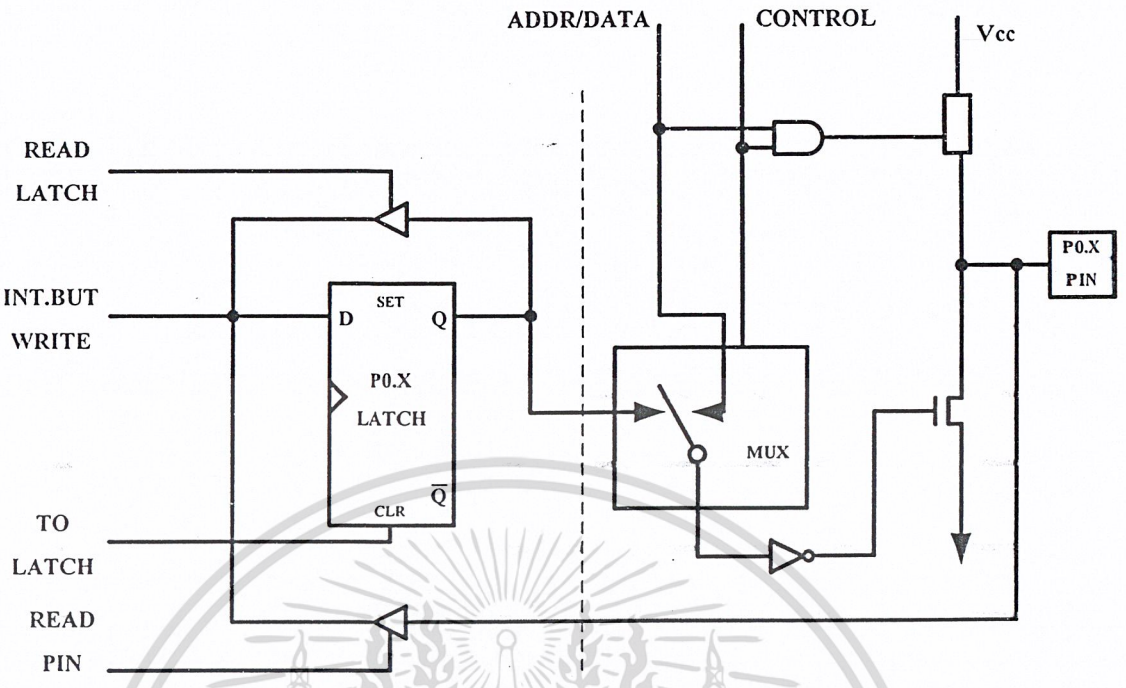


รูปที่ 3.4 โครงสร้างของพอร์ท 1 (บิต)

-พอร์ท 2 (ขา 21-28) มีทั้งหมด 8 บิต คือขา (P2.0-P2.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ท 0 โดยมี FET ตัวล่างตัวเดียวส่วนตัวบนใช้ความต้านทานพูลอัพแทน (Internal Pull Up) พอร์ทนี้ทำงาน 2 หน้าที่คือ สามารถใช้เป็นพอร์ทสำหรับส่งแอดเดรส 8 บิตบน (A8-A15) และเป็น I/O พอร์ทใช้งานทั่วไป เมื่อจะใช้งานเป็นอินพุตพอร์ท ต้องส่งลอจิก "1" มาที่พอร์ทนี้ก่อนเพื่อบังคับให้ FET อยู่ในสภาวะ OFF ดังแสดงในรูปที่ 3.5

-พอร์ท 3 (ขา 10-17) มีทั้งหมด 8 บิต คือขา (P3.0-P3.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ท 1 พอร์ทนี้ทำหน้าที่เป็น I/O พอร์ท ถ้าจะให้พอร์ทนี้เป็น I/O PORT ก็ส่งลอจิก "1" มาที่พอร์ทนี้และอีกหน้าที่หนึ่งคือ ส่งสัญญาณควบคุมออกมาและรับสัญญาณเข้าไป สัญญาณต่างๆ มีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



C.Port 2 Bit

รูปที่ 3.5 โครงสร้างของพอร์ท 2 (บิต)

P3.0/RXD (Serial Input Port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม

P3.1/RXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

P3.2/$\overline{\text{INT0}}$ (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.3/$\overline{\text{INT1}}$ (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.4/T0 (Timer/Counter 0 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปในวงจร Timer/Counter 0 ที่ทำหน้าที่นับสัญญาณไซเคิลของสัญญาณ T1 นี้หรือสัญญาณนาฬิกาก็ได้

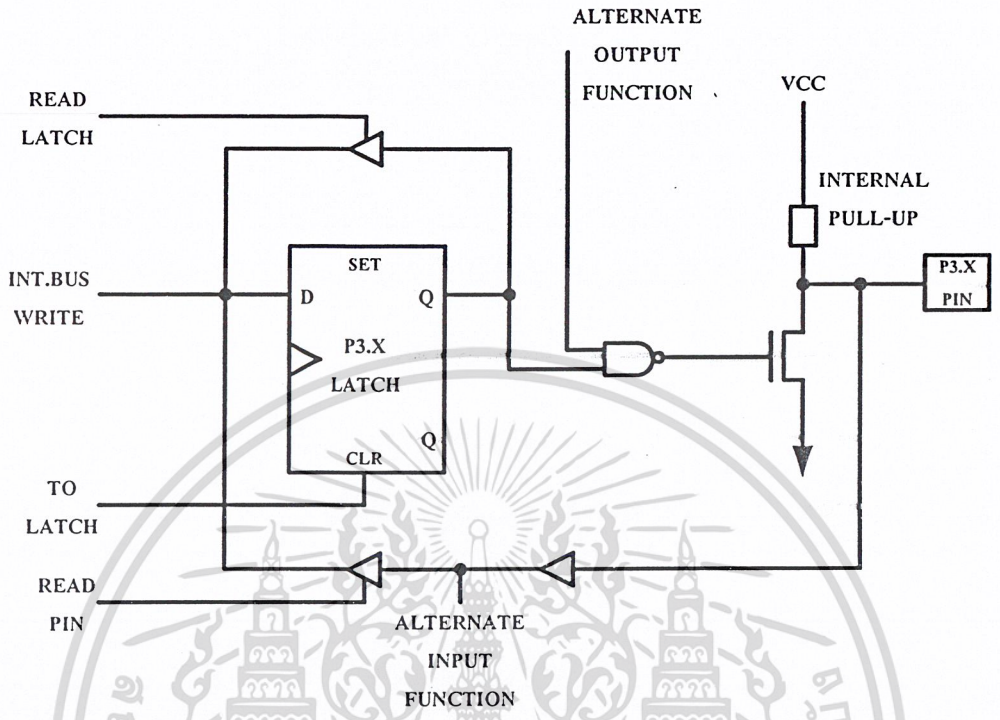
P3.5/T1 (Timer/Counter 1 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปยัง Timer/Counter 1 ซึ่งมีการทำงานเหมือน T0

P3.6/$\overline{\text{WR}}$ (External Data Memory Write Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051

P3.7/$\overline{\text{RD}}$ (External Data Memory Read Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 โครงสร้างของ พอร์ท 3



รูปที่ 3.6 โครงสร้างของพอร์ท 3 (บิต)

ALE (ขา 30) เป็นขาส่งสโตรบสำหรับใช้ในการแลตซ์แอดเดรสไบร์ต่ำ (A0-A7) ที่ส่งออกมาจากพอร์ท 0 สัญญาณนี้จะแอคทีฟทุกๆ 2 ครั้ง ใน 1 แมชชีนไซเคิล (1/6 ของสัญญาณนาฬิกา)

$\overline{\text{PSEN}}$ (ขา 29) เป็นขาที่ใช้ส่งสโตรบสำหรับอ่านข้อมูลจาก Programe Memory ภายนอก (หน่วยความจำประเภท ROM EPROM) สัญญาณนี้จะส่งออกมา 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิลแต่ถ้าเป็นการอ่าน Internal Programe Memory จะไม่มีสัญญาณออกที่ขานี้

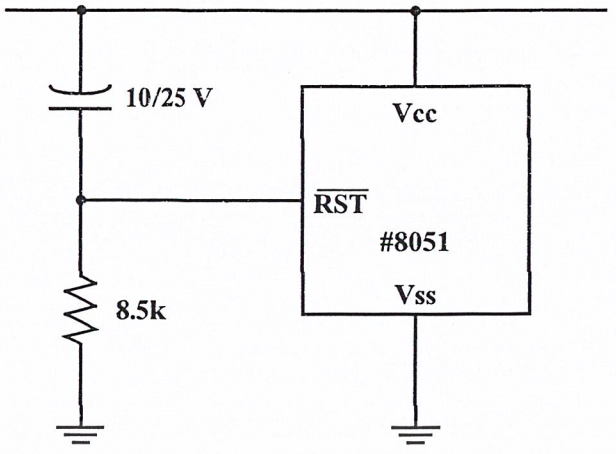
$\overline{\text{EA}}$ (ขา 30) ถ้าป้อนลอจิก "0" เข้ามาที่ขานี้ซีพียูจะอ่านค่าจาก Programe Memory ภายนอกชิพเท่านั้น แต่ถ้าถูกป้อนด้วยลอจิก "1" ก็จะอ่านโปรแกรมภายในชิพ

RST (ขา 9) เป็นขารีเซ็ตซีพียูจะรีเซ็ตได้ก็ต่อเมื่อ ป้อนลอจิก "1" เข้ามาที่ขานี้อย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล เมื่อซีพียูถูกรีเซ็ตค่าต่างๆ ในรีจิสเตอร์ใดๆ จะมีคำสั่งดังตาราง 3.1

XTAL1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์

XTAL2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์

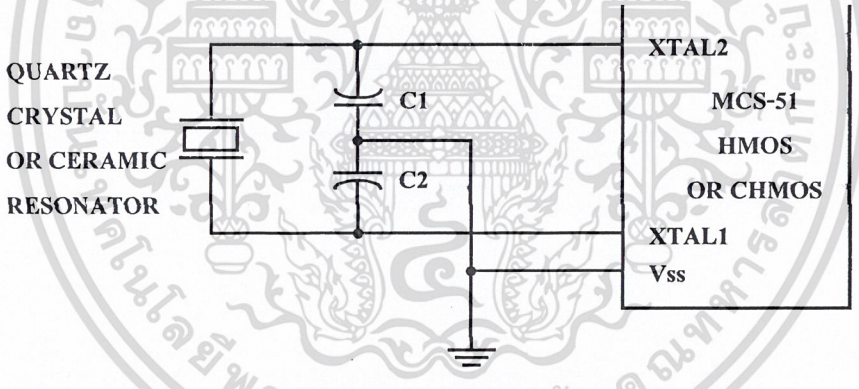
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



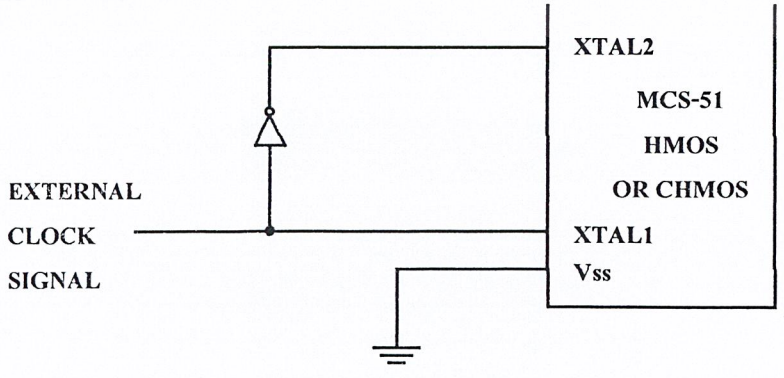
รูปที่ 3.7 การต่อชารีเซ็ทให้กับ 8051

3.4 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาของ 8051

การต่อวงจรสร้างสัญญาณนาฬิกามีอยู่ด้วยกัน 2 รูปแบบ คือแบบภายในและภายนอกแสดงดังรูปที่ 3.8

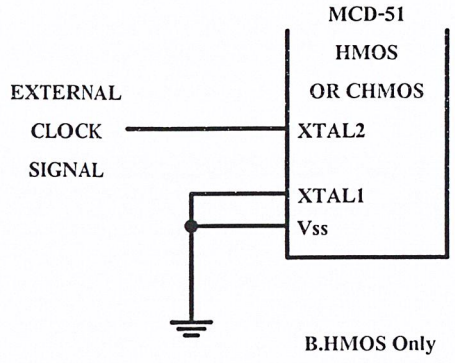


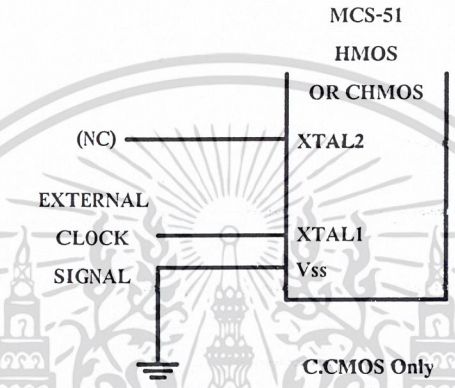
(a) Using the on-chip Oscillator



A.HMOS OR CHMOS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

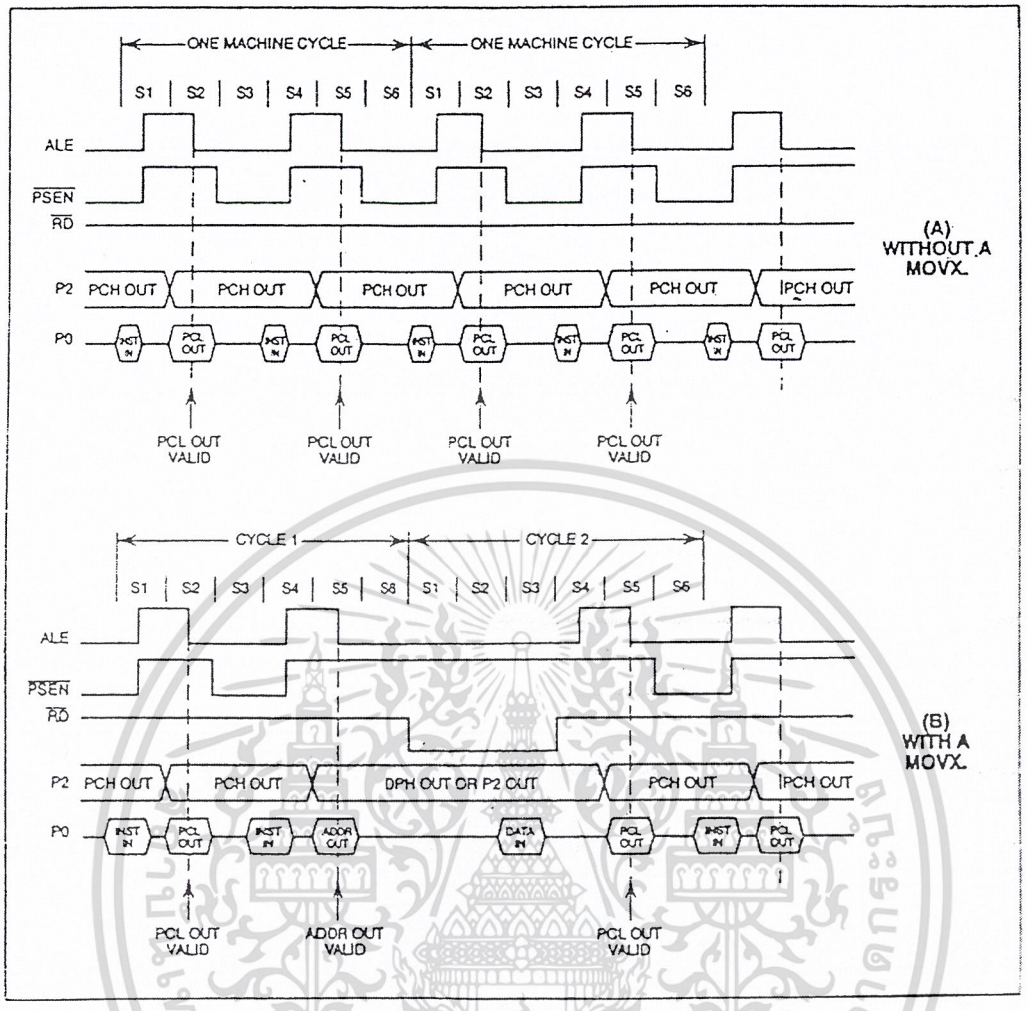




รูปที่ 3.8 วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกาของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 3.9 ผังเวลาการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

รูปที่ 3.9 (A) เป็นผังเวลาของสัญญาณซึ่งเกี่ยวข้องกับเฟิทซ์เมื่อส่วนของ Program Memory อยู่ภายนอก ดังนั้น สัญญาณที่จะนำมาใช้อ่าน OP-Code จาก Program Memory ก็คือ $\overline{\text{PSEN}}$ ซึ่งจะแอคทีฟ 2 ครั้งใน 1 แมชีนไซเคิล ดังนั้นสัญญาณที่ใช้อ่านข้อมูลจาก Program Memory จะใช้สัญญาณ $\overline{\text{PSEN}}$

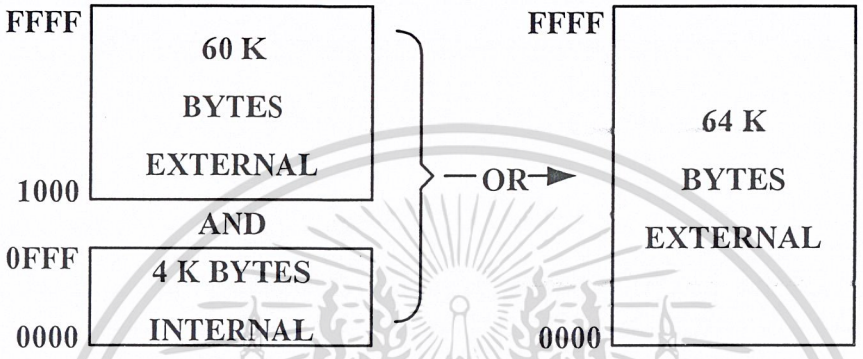
รูปที่ 3.9 (B) เป็นผังเวลาของสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการอ่านข้อมูลจาก Data Memory โดยใช้สัญญาณ $\overline{\text{RD}}$ (อาจสรุปได้ง่าย ๆ ว่าการอ่านข้อมูลจาก Program Memory จะใช้สัญญาณ $\overline{\text{PSEN}}$ และการอ่านข้อมูลจาก Data Memory จะใช้สัญญาณ $\overline{\text{RD}}$ ส่วนสัญญาณ ALE คือสัญญาณที่ใช้ในการ Latch Address A0-A7 นั่นเอง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

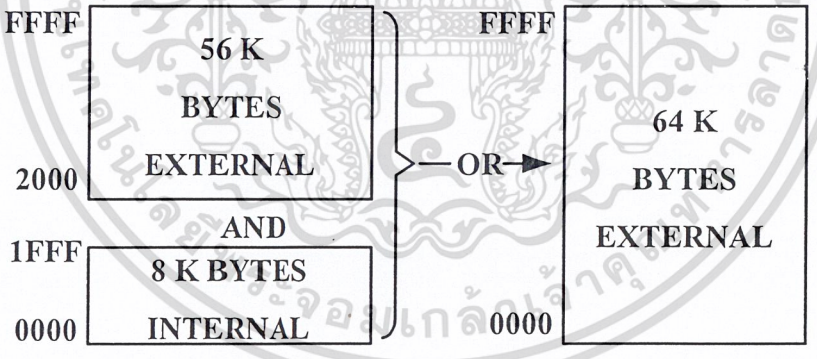
50184

3.5 การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ

หน่วยความจำที่ใช้กับ MCS-51 มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ Program Memory และ Data Memory ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมสั่งงานบรรจุอยู่ในชิพ 8051 ส่วนที่เป็น Program Memory ก็คือ ROM ขนาด 4 กิโลไบต์นั่นเอง แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8052 ก็คือ ROM ขนาด 8 กิโลไบต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.10 และ ที่ 3.11



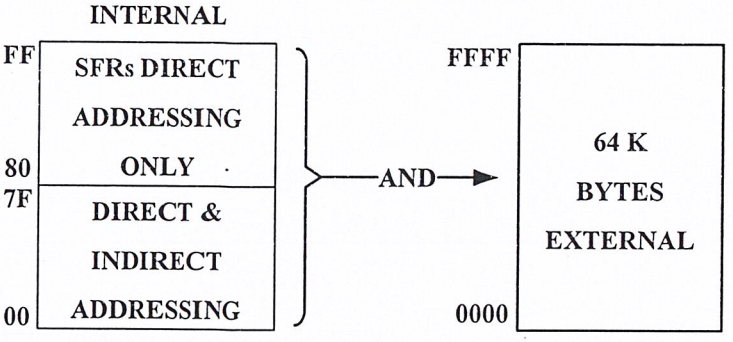
รูปที่ 3.10 ผังเก็บความจำสำหรับเก็บโปรแกรมสำหรับเบอร์ 8051



รูปที่ 3.11 ผังแสดงหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมสำหรับเบอร์ 8052

Data Memory เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลหน่วยความจำนี้ สามารถเขียนข้อมูลลงไป และอ่านข้อมูลออกมาได้ ซึ่งเป็นหน่วยความจำภายในชิปมีเพียง 128 ไบต์ สำหรับเบอร์ 8051 และ 256 ไบต์ สำหรับเบอร์ 8052 ส่วนหน่วยความจำภายนอกชิพมี 64 กิโลไบต์ ดังแสดงในรูปที่ 3.12 และรูปที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ผังหน่วยความจำสำหรับ Data Memory เบอร์ 8051

3.6 การขับโมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลว (LCD Module)

3.6.1 รายละเอียดเกี่ยวกับโมดูล LCD

ในโมดูล LCD จะมีส่วนประกอบหลัก ๆ 3 ส่วน ดังนี้

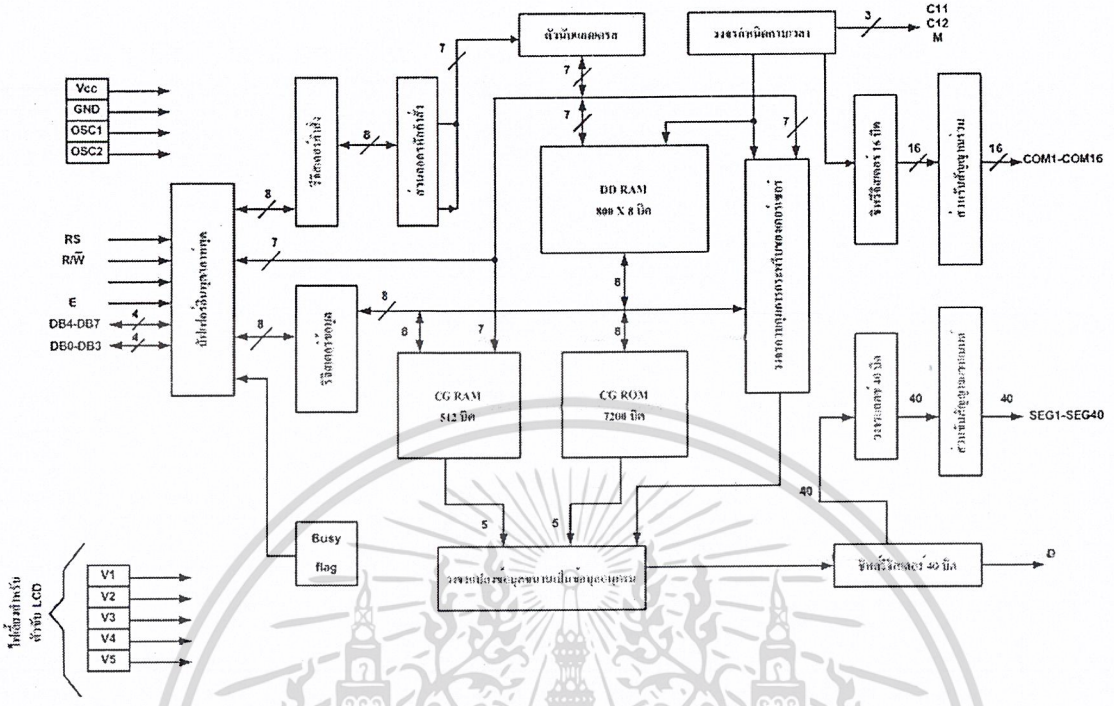
ตัวแสดงผล (display) ภายในเป็นผลึกเหลวที่สามารถแสดงผลให้เห็นโดยอาศัยแสงจากภายนอก ดังนั้นจึงต้องมีมุมในการมองข้อมูลที่แสดงผลบนจอ LCD

ตัวควบคุม (controller) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาควบคุมการทำงานของโมดูล LCD เช่น ลบจอภาพ แสดงตัวอักษร หรือเลื่อนเคอร์เซอร์ เป็นต้น ตัวควบคุมนี้ใช้ชิปควบคุมโดยเฉพาะชิปที่นิยมใช้คือ เบอร์ HD44780 และ HD61830 โดย HD44780 จะใช้ควบคุม LCD แบบอักขระ ส่วน HD61830 ใช้ควบคุม LCD แบบกราฟิก

ตัวขับ (driver) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับให้ตัวแสดงผลแสดงข้อมูลตามที่กำหนด ชิปที่ใช้ทำหน้าที่เป็นตัวขับนี้ได้แก่ เบอร์ HD44100H และ MSM5259 เป็นต้น–

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 โครงสร้างภายในของตัวควบคุมโมดูล LCD



รูปที่ 3.13 ไดอะแกรมการทำงานของโมดูล LCD แบบอักขระ

ในการใช้งานโมดูล LCD จำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมให้ดีเสียก่อน ในหนังสือนี้ขอยกตัวอย่างโมดูลแบบอักขระ เพราะสามารถเข้าใจได้ง่าย ให้รูปที่ 3.13 เป็นบล็อกไดอะแกรมภายในของชิปควบคุม LCD เบอร์ HD44780 ซึ่งใช้ในโมดูล LCD แบบอักขระ ประกอบด้วย

บัฟเฟอร์อินพุตเอาท์พุต เป็นส่วนที่ใช้ในการติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก เพื่อที่จะถ่ายทอดข้อมูลเข้าออกภายในตัวควบคุม

รีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register : IR) เป็นรีจีสเตอร์ใช้รับข้อมูลคำสั่งจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อนำไปควบคุมการแสดงผล

รีจีสเตอร์ข้อมูล (Data Register : DR) เป็นรีจีสเตอร์ใช้รับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก เพื่อถ่ายทอดต่อไปยังหน่วยความจำที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลแสดงผล หรือนำข้อมูลไปสร้างตัวอักษรเพิ่มเติมในแรมเก็บตัวอักษร

แรมเก็บข้อมูลแสดงผล (Display Data Ram : DDRAM) เป็นหน่วยความจำแรมทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่มาจากรีจีสเตอร์ DR ตัวควบคุมจะนำข้อมูลใน DDRAM นี้ไปเปิดตาราง

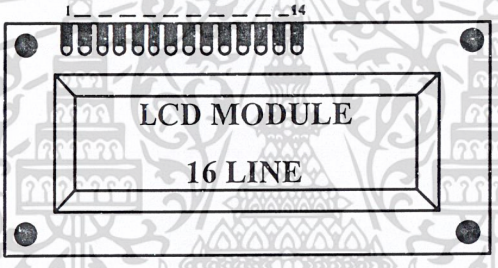
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Look up-lable) ของตัวอักษรที่เก็บไว้ในหน่วยความจำรอมและแรมเก็บตัวอักษร เพื่อนำไปแสดงที่ตัวแสดงผล

รอมเก็บตัวอักษร (Charater Generator ROM : CGROM) เป็นหน่วยความจำรอมที่ใช้เก็บข้อมูลตัวอักษรหรือสัญญาลักษณ์ที่สามารถอ่านออกไปแสดงที่ตัวแสดงผลได้ มีขนาด 7,200 บิต โดยจะถูกอ่านด้วยค่าของข้อมูลใน DDROM

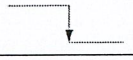
แรมเก็บตัวอักษร (Charater generator RAM : CGRAM) เป็นหน่วยความจำแรมที่ใช้เก็บตัวอักษรที่มีการสร้างเพิ่มเติมขึ้นใหม่ ในกรณีที่ตัวอักษรใน CGROM ไม่เพียงพอ มีขนาด 512 บิต การเขียนและอ่านค่าไปใช้นั้นทำได้เช่นเดียวกับ CGROM คือ เขียนข้อมูลลงใน DDRAM แล้วตัวควบคุมจะมาอ่านค่าจาก CGRAM เอง

แฟลก BUSY เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แจ้งสถานะการทำงานของตัวควบคุมให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่าตัวควบคุมพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่งหรือไม่ ดังนั้นก่อนการส่งข้อมูลหรือคำสั่งมายังตัวควบคุมต้องตรวจสอบสถานะของแฟลก BUSY นี้เสียก่อน



ขา 1 : GND
ขา 2 : +V
ขา 3 : Brightness
ขา 4 : RS
ขา 5 : R/W
ขา 6 : E
ขา 7–14 : D0-D7

รูปที่ 3.14 รูปร่างและการจัดขาโมดูล LCD แบบอักขระ

RS	R/W	E	การทำงาน
0	0		เขียนคำสั่ง
0	1		อ่านสถานะของโมดุล LCD
1	0		เขียนข้อมูล
1	1		อ่านข้อมูล

ตารางที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ในการทำงานของขา RS,R/W และ E ของโมดูล LCD แบบอักขระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 โมดูล LCD ขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด (LCD 16x1)

สำหรับโมดูล LCD ที่ยกมาใช้ในการเรียนรู้ในการทดลอง เป็นขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด เนื่องจากราคาถูก หาง่าย และเป็นโมดูล LCD ที่มีโครงสร้างเป็นมาตราฐาน มีผู้ผลิตหลายราย และมีการระบุเบอร์แตกต่างกันออกไปตามผู้ผลิต อาทิ LM20L ของฮิตาชิ, DMC-16117A ของคอปเทร็ก (Optrex) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามคอนโทรลเลอร์ที่ใช้คือเบอร์ HD44750 ของฮิตาชิ

โมดูล LCD ขนาด 16x1 มีขาต่อใช้งานทั้งสิ้น 14 ขา มีการจัดขาดังรูปที่ 3.14 สำหรับรายละเอียดการทำงานของแต่ละขามีดังต่อไปนี้

Vcc (ขา 1) : ต่อกราวด์

Vdd (ขา 2) : ต่อไฟเลี้ยง +5 โวลต์

Vo (ขา 3) : เป็นขาอินพุตรับแรงดันเพื่อปรับความเข้มของการแสดงผล

RS (ขา 4) : เป็นขาอินพุตใช้ในการแยกชนิดของข้อมูลที่ทำการประมวลผลในขณะนั้นว่าเป็นคำสั่งสำหรับรีจีสเตอร์ IR หรือเป็นข้อมูลสำหรับรีจีสเตอร์ DR โดยถ้าขานี้เป็น “0” ข้อมูลที่ส่งมาจะเป็นคำสั่ง แต่ถ้าขานี้เป็น “1” ข้อมูลที่มาจะเป็นข้อมูลสำหรับการแสดงผล

R/W (ขา 5) : เป็นขาที่ใช้เลือกการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับโมดูล LCD ถ้าเป็น “0” เป็นการกำหนดให้เขียนข้อมูล แต่ถ้าขานี้เป็น “1” จะเป็นการอ่านข้อมูล

E (ขา 6) : เป็นขาสำหรับรับสัญญาณพัลส์เอ็นนาเบิลโมดุล LCD ให้ทำงาน

D0-D7 (ขา 7-14) : เป็นขาที่ใช้เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่าง LCD กับอุปกรณ์ภายนอกขนาด 8 บิต อนึ่งขา RS, R/W และ E จะใช้งานร่วมกัน โดยมีความสัมพันธ์แสดงในตารางที่ 3.1

3.6.4 คำสั่งควบคุมโมดูล LCD

ในการเขียนคำสั่งลงในตัวควบคุม แน่นอนว่าต้องกำหนดให้ขา RS และ R/W เป็น “0” แล้วเขียนคำสั่งตามไป คำสั่งควบคุมโมดูล LCD ของชิปควบคุม HD44780 ที่สำคัญมี 10 คำสั่งดังนี้

1. คำสั่งเคลียร์ตัวแสดงผล (clear display)

มีข้อมูลคำสั่งเป็น 01H เป็นคำสั่งที่ใช้เขียนข้อมูลช่องว่าง หรือ space เข้าไปใน DDRAM ทั้งหมด เมื่อตัวควบคุมเอ็กซิคิวส์คำสั่งนี้ จะทำการกำหนดแอดเดรสของ DDRAM เป็น 0 เคอร์เซอร์จะกลับไปอยู่ที่ตำแหน่งซ้ายมือสุดของจอแสดงผล แล้วเซตบิต I/D (ซึ่งจะกล่าวถึงภายหลัง) ให้เป็น “1”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คำสั่ง return home

ต้องกำหนดให้บิต 1 ของข้อมูลเป็น “1” เป็นคำสั่งให้เคอร์เซอร์เคลื่อนที่กลับไปยังตำแหน่งซ้ายสุดของจอแสดงผล แต่ข้อมูลบนจอแสดงผลไม่เปลี่ยนแปลง นั่นคือ ข้อมูลคำสั่งของคำสั่งนี้จะเป็น 02H หรือ 03H ก็ได้

3. คำสั่งเลือกโหมดการป้อนข้อมูล (Entry mode Sel)

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	0	0	1	I/D	S

บิต S เป็นบิตที่ใช้ในการกำหนดลักษณะของการแสดงผล เมื่อมีการป้อนข้อมูล ถ้าหากบิต S เป็น “1” เมื่อเกิดข้อมูลใหม่บนจอแสดงผล ตัวเคอร์เซอร์จะอยู่กับที่ แต่ตัวอักษรข้อมูลเดิมจะถูกดันไปทางซ้าย แต่ถ้าหากบิตนี้เป็น “0” เมื่อเกิดข้อมูลใหม่ตัวเคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวามือ

บิต I/D เป็นบิตที่ใช้กำหนดว่า เมื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลแล้ว แอดเดรสของ DDRAM เพิ่มขึ้นหรือลดลงหนึ่งแอดเดรส โดยถ้าบิตนี้เป็น “1” แอดเดรสของ DDRAM จะเพิ่มขึ้น แต่ถ้าเป็น “0” แอดเดรสของ DDRAM จะลดลง

ดังนั้น ข้อมูลคำสั่งที่เกิดขึ้นสำหรับคำสั่งนี้ได้แก่ 04H-07H (4 ข้อมูลคำสั่ง) และที่ใช้บ่อยคือ 06H หมายถึง กำหนดให้ เมื่อเกิดข้อมูลใหม่เคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวามือ และแอดเดรสของ DDRAM เพิ่มขึ้น

4. คำสั่งควบคุมการแสดงผล

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	0	1	D	C	B

บิต D ใช้ควบคุมการปิดเปิดจอแสดงผล ถ้าบิตนี้เป็น “1” จะเป็นการเปิดจอแสดงผล ถ้าเป็น “0” เป็นการปิดจอแสดงผล

บิต C ใช้ควบคุมการแสดงตัวเคอร์เซอร์บนจอแสดงผล ถ้าต้องการให้มีเคอร์เซอร์แสดงผลบนหน้าจอแสดงผล ต้องกำหนดให้บิตนี้เป็น “1” ถ้ากำหนดให้เป็น “0” จะเป็นการปิดเคอร์เซอร์หรือไม่แสดงเคอร์เซอร์

บิต B ใช้ควบคุมการกะพริบของเคอร์เซอร์ ถ้าบิตนี้เป็น “1” เคอร์เซอร์จะกะพริบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะมีข้อมูลคำสั่งได้ตั้งแต่ 08H-0FH (8 รูปแบบคำสั่ง) ที่ใช้บ่อยคือ 0CH เป็นการสั่งให้เปิดจอแสดงผล แต่ไม่แสดงเคอร์เซอร์ และ 0FH เป็นการสั่งให้เปิดจอแสดงผล แสดงเคอร์เซอร์ และสั่งให้เคอร์เซอร์กะพริบ

5. คำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และข้อมูลตัวอักษร

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	0	1	S/C	R/L	*	*

การควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักษรบนจอแสดงผล ขึ้นอยู่กับการกำหนดบิต S/C และ R/L ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

S/R	R/L	ลักษณะการเลื่อน	ข้อมูลคำสั่ง
0	1	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางขวา	14H-17H
1	0	เลื่อนตัวอักษรใหม่ไปทางซ้าย	18H-1BH
1	1	เลื่อนตัวอักษรใหม่ไปทางขวา	1C-1FH

6. คำสั่งกำหนดฟังก์ชั่นการทำงาน

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต 0
0	0	1	DL	N	F	*	*

บิต DL ใช้กำหนดจำนวนบิตที่ใช้ติดต่อส่งผ่านข้อมูล ถ้าบิตนี้เป็น "0" จะเป็นการติดต่อแบบ 4 บิต แต่ถ้าเป็น "1" จะเป็นแบบ 8 บิต

บิต N ใช้กำหนดจำนวนบรรทัดของการแสดงผล ถ้าเป็น "0" จะแสดงผล 1 บรรทัดถ้าเป็น "1" จะแสดง 2 บรรทัด ในกรณีที่จอแสดงผลสามารถแสดงได้มากกว่า 2 บรรทัด และต้องการให้แสดงมากกว่า 2 บรรทัดก็กำหนดบิต N นี้ให้เป็น "1" จุดที่น่าสังเกตคือ โมดูล LCD แบบ 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด แม้จะมีบรรทัดการแสดงผลเพียง 1 บรรทัด แต่จะต้องกำหนด N ให้เป็น "1" เนื่องจากแอดเดรสของ DRAM แบ่งออกเป็น 2 ช่องคือ 00H และ 40H

บิต F ใช้เลือกความละเอียดของตัวอักษรในการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.คำสั่งเลือกแอดเดรสของ CGRAM

เมื่อต้องการกำหนดแอดเดรสของ CGRAM ต้องกำหนดให้บิต 7 เป็น "0" บิต 6 เป็น "1" ส่วนอีก 6 บิตที่เหลือจะแทนด้วยค่าแอดเดรสของ CGRAM จะต้องทำการกำหนดแอดเดรสด้วยคำสั่งนี้ ก่อนที่จะอ่านหรือเขียนข้อมูลให้ CGRAM โดยแอดเดรสของ CGRAM อยู่ระหว่าง 00H-3FH

8. คำสั่งเลือกแอดเดรสของ DDRAM

ใช้ในการเลือกแอดเดรสของ DDRAM ก่อนที่จะทำการอ่านหรือเขียนข้อมูล โดยบิต 7 ต้องเป็น "1" และข้อมูลอีก 7 บิตที่เหลือจะเป็นค่าแอดเดรสของ DDRAM ซึ่งแอดเดรสของ DDRAM จะอยู่ระหว่าง 8CH-0FFH ทั้งนี้จำนวนแอดเดรสยังขึ้นอยู่กับการกำหนดสถานะที่บิต N เป็น "0" แอดเดรสของ DDRAM จะอยู่ระหว่าง 80H-0CFH และถ้าบิต N เป็น "1" แอดเดรสของ DDRAM จะมี 2 ช่วงคือ 8CH-87H และ 0C0H-0C7H

9. คำสั่งอ่านแฟลก BUSY และแอดเดรส

มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต 7	บิต 6	บิต 5	บิต 4	บิต 3	บิต 2	บิต 1	บิต0
BF	A	A	A	A	A	A	A

เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านแฟลก BUSY (BF) โดยแฟลกนี้จะเป็นตัวบอกสถานะของตัวควบคุม LCD ว่าพร้อมจะรับข้อมูลอยู่หรือไม่ ถ้าหากบิต BF เป็น "0" แสดงว่าตัวควบคุม LCD พร้อมรับข้อมูลหรือคำสั่ง แต่ถ้าเป็น "1" แสดงว่า ขณะนี้ตัวควบคุม LCD ยังอยู่ในกระบวนการทำงานภายในหรือกำลังประมวลผลข้อมูลอยู่ ยังไม่พร้อมรับข้อมูลหรือคำสั่ง เมื่อต้องการอ่านแฟลกต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น "1" ด้วย แต่สัญญาณที่ RS ยังต้องเป็น "0" อยู่เพราะข้อมูลนี้เป็นข้อมูลคำสั่ง นอกจากนี้ ยังใช้เป็นคำสั่งอ่านข้อมูลแอดเดรสของ CGRAM และ DDRAM ด้วย โดยบิต 0-บิต 6 เป็นค่าข้อมูลของแอดเดรสที่ต้องการอ่าน

3.6.5 การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD

ในการเขียนข้อมูลเพื่อควบคุมให้โมดูล LCD แสดงผลตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ต้องส่งคำสั่ง (Instruction) แล้วกำหนดโหมดการทำงานให้แก่ LCD ก่อน จากนั้นจึงค่อยส่งข้อมูล(data) ที่ต้องการแสดงผล เนื่องจากบัสข้อมูลของโมดูล LCD มี 8 เส้นคือ D0-D7 และใช้เป็นทางผ่านของทั้งคำสั่งและข้อมูล ดังนั้นในการส่งคำสั่งและข้อมูลจึงต้องอาศัยการกำหนดสัญญาณลอจิกที่ขา RS ถ้าหากที่ขา RS ได้ลอจิก "0" หมายความว่า ข้อมูลที่ป้อนให้แก่โมดูล LCD ขณะนั้นเป็นคำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สั่งในทางตรงข้าม หากขา RS ได้รับลอจิก “1” ข้อมูลที่ป้อนให้ขณะนั้นเป็นข้อมูลที่ใช้ในการแสดงผล

เมื่อต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลใน CGRAM และ DDRAM เริ่มต้นต้องกำหนดแอดเดรสที่ต้องการอ่านหรือเขียนก่อน โดยใช้คำสั่งเลือกแอดเดรส จากนั้นกำหนดให้ขา RS เป็น “1” เพื่อแจ้งให้ตัวควบคุมภายในโมดูล LCD ทราบว่าข้อมูลที่ปรากฏต่อไปนี้เป็นข้อมูลปกติไม่ใช่คำสั่ง

ในกรณีที่ต้องการอ่านข้อมูลต้องกำหนดให้ขาR/W เป็น “1” ข้อมูลขนาด8 บิต(หรือ4 บิต) ก็จะปรากฏบนบัสข้อมูล โดยข้อมูลที่อ่านออกมาได้จะเป็นข้อมูลจากแอดเดรสของ CGRAM หรือ DDRAM ตามที่ต้องการ

ในกรณีที่ต้องการเขียนข้อมูลต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “1” เมื่อกำหนดแอดเดรสและป้อนลอจิก “1” ให้ขา RS แล้วต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “0” ข้อมูลที่อยู่บนบัสข้อมูลจะถูกเขียนลงในรีจีสเตอร์ DR จากนั้นจึงถ่ายทอดลงใน DDRAM ต่อไป

3.6.6 จังหวะการทำงานของ LCD โมดูล

ในการติดต่อกับโมดูล LCD จะต้องมีการหน่วงเวลาหลังจากที่ทำการส่งรหัสคำสั่งหรือข้อมูล เนื่องจากต้องรอให้คอนโทรลเลอร์ภายใน LCD โมดูล แปลความหมายของรหัสคำสั่งและทำงานตามคำสั่งให้เรียบร้อยก่อนจากนั้นจึงรับข้อมูลหรือคำเนินการต่อไป

ดังนั้น ในการใช้งานโมดูล LCD ผู้เขียนโปรแกรมต้องรอประมาณ 10 มิลลิวินาที เพื่อให้โมดูล LCD ทำการเตรียมความพร้อมหรืออินิเชียล (Initial) หลังจากนั้นก็กำหนดลอจิกให้แก่ขา RS ของโมดูล LCD แล้วต้องหน่วงเวลาอีกประมาณ 2 มิลลิวินาทีเพื่อให้คอนโทรลเลอร์ในโมดูล LCD แปลความหมายของลอจิกที่ขา RS ว่า ข้อมูลต่อไปที่จะได้รับนั้นเป็นรหัสคำสั่งหรือเป็นข้อมูลที่ต้องการแสดงผล จากนั้นจะเป็นการส่ง

ข้อมูลมารอที่บัสข้อมูล D0-D7 (กรณีทำงานในโหมด 8 บิต) ขั้นต่อไปจะเป็นการส่งสัญญาณพัลส์ไปที่ขา E เพื่อเอ็นเอเบิลโมดูล LCD ให้รับข้อมูลจากบัสข้อมูลเข้าไป โดยพัลส์ที่ป้อนเข้าที่ขา E ของโมดูล LCD ต้องเป็นพัลส์ขอบขาขึ้น จากนั้นทำการหน่วงเวลา 2 มิลลิวินาที

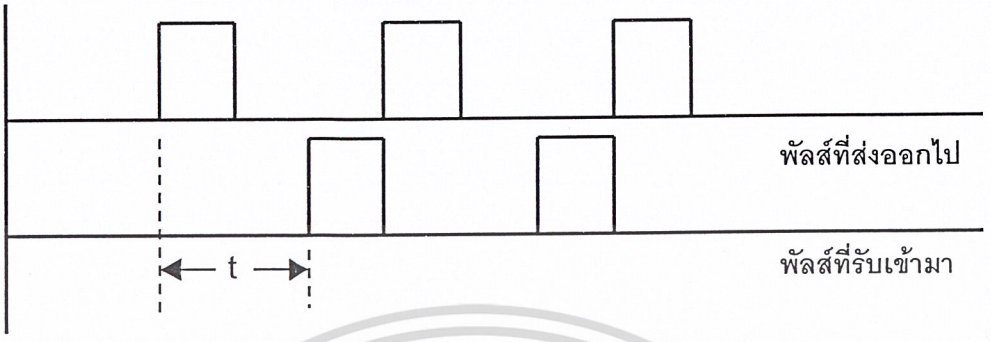
ทั้งหมดที่กล่าวมาคือขั้นตอนและจังหวะในการทำงาน 1 รอบของโมดูล LCD จะเห็นได้ว่ามีโปรแกรมย่อยที่สำคัญอยู่ 3 โปรแกรมย่อยคือ โปรแกรมอินิเชียล LCD ,โปรแกรมหน่วงเวลา และโปรแกรมย่อยการส่งพัลส์เพื่อเอ็นเอเบิลโมดูล

3.7 หลักการของเครื่องวัดระดับ

เครื่องวัดระดับใช้หลักการของการส่งพัลส์ของคลื่นอุลตร้าโซนิคออกไปเป็นจังหวะด้วยตัวส่งสัญญาณอุลตร้าโซนิคทรานสดิวเซอร์ แล้วรับพัลส์ที่สะท้อนกลับมาเมื่อคลื่นไปกระทบกับวัตถุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือ ผนังต่าง ๆ ที่เป็นเป้าหมายด้วยตัวรับสัญญาณอุลตร้าโซนิค จากนั้นจึงใช้ระยะเวลาในการคำนวณหาระยะทางที่ต้องการวัด



รูปที่ 3.15 สัญญาณพัลส์ที่ส่งออกไป

จากรูปที่ 3.15 จะเห็นได้ว่า พัลส์ที่สะท้อนกลับมาจะมี t ซึ่งเป็นระยะเวลาทั้งหมดที่พัลส์เดินทางออกไปแล้วสะท้อนกลับมา ดังนั้น t จะมีค่าเป็น 2 เท่าของระยะทางที่เสียงเคลื่อนที่ถึงเป้าหมาย

ซึ่งเราสามารถหาระยะทางระหว่างเครื่องวัดกับเป้าหมายได้

$$d = vt/2 \text{ m}$$

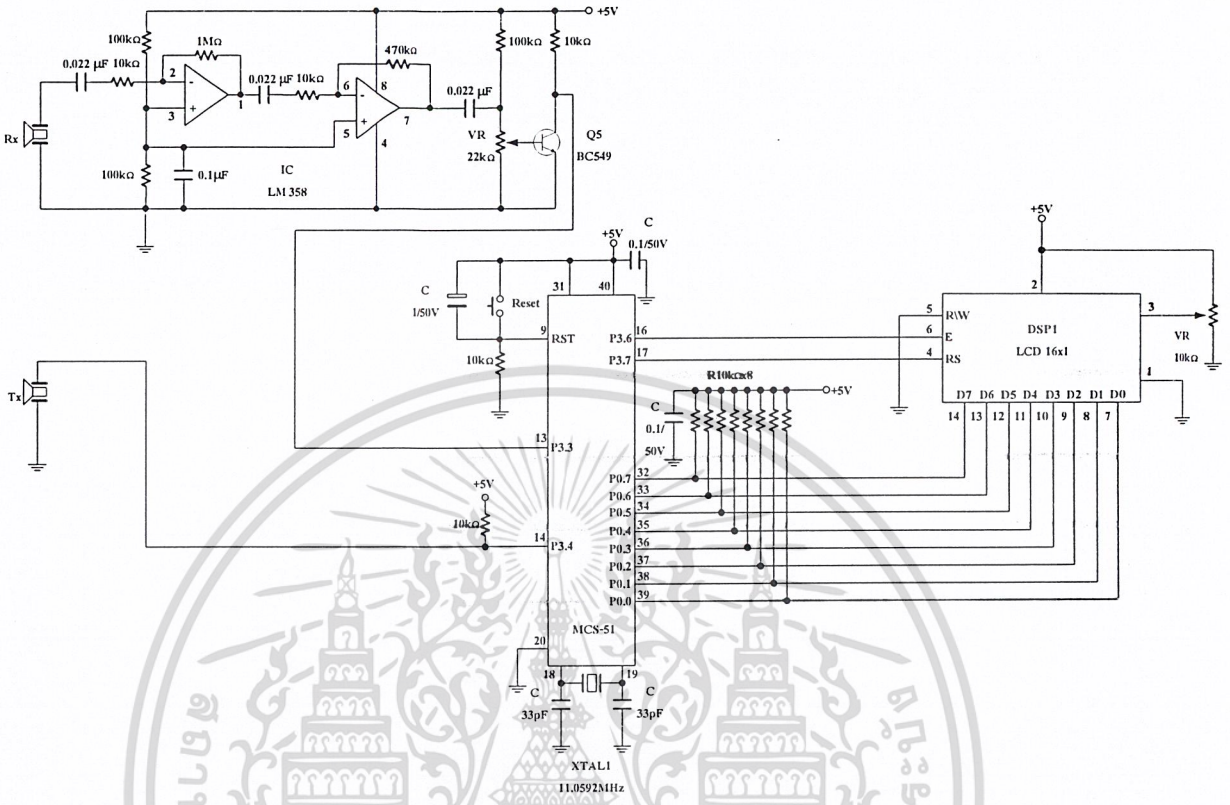
d : ระยะทาง (เมตร)

v : ความเร็วคลื่นเสียงในอากาศ (ประมาณ 340 เมตรต่อวินาที)

t : เวลาทั้งหมดที่คลื่นใช้ในการเดินทางในการไป-กลับระหว่างเครื่องและเป้าหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

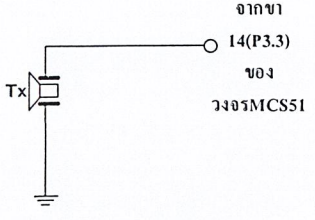
3.8 รายละเอียดของวงจร



รูปที่ 3.16 รายละเอียดของวงจรเครื่องวัดระดับ

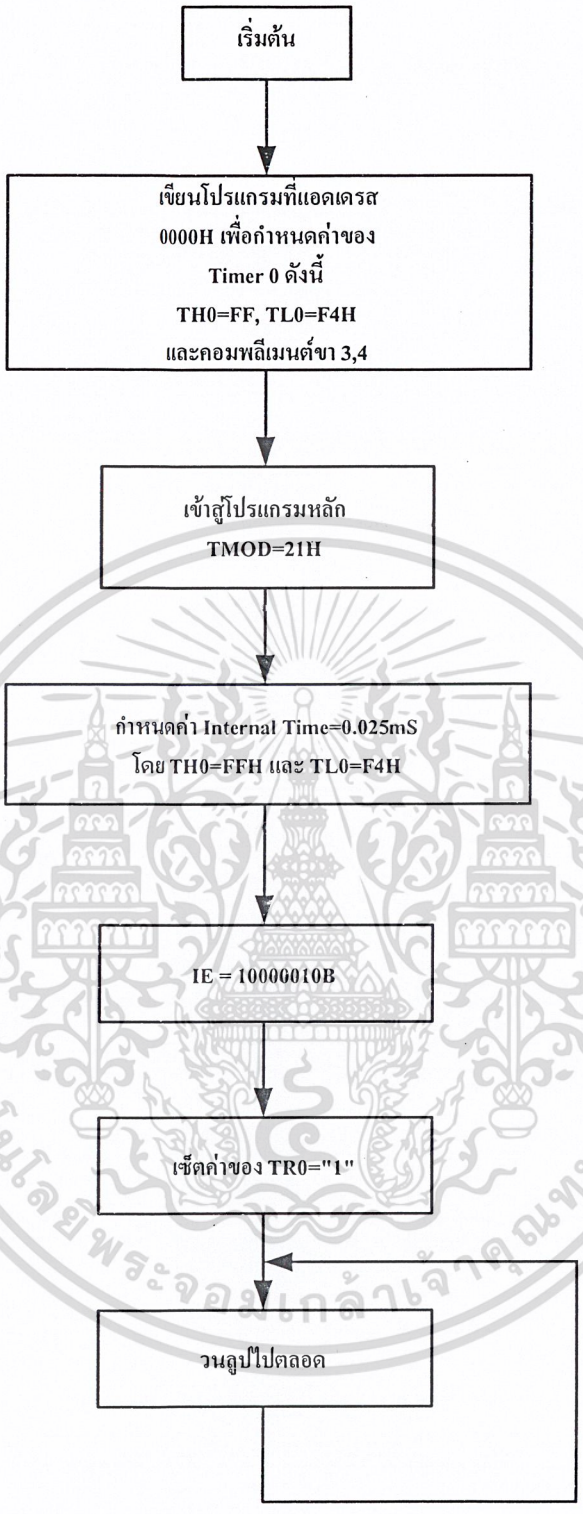
-ภาคส่ง

จะเป็นภาคกำเนิดและส่งความถี่ 40kHz ภายในตัว MCS-51 จะมีโปรแกรมผลิตพัลส์ความถี่ 40kHz ส่งออกมาที่ขา 14 ของ MCS-51 ป้อนให้กับตัวอุลตร้าโซนิคเพื่อส่งคลื่นความถี่ 40 kHz ออกไป



รูปที่ 3.17 วงจรภาคส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

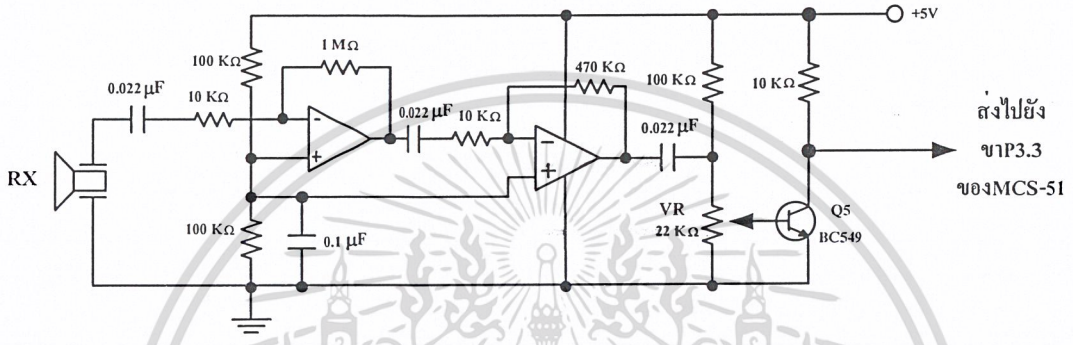


รูปที่ 3.18 ผังแสดงโปรแกรมการทำงานของภาคกำเนิดความถี่ 40kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ภาครับ

จะมีอุลตร้าโซนิคตัวรับคลื่นความถี่ 40kHz รับคลื่นที่สะท้อนกลับมาและทำการขยายสัญญาณ โดยมีวงจรขยายสัญญาณ 2 ชุดต่อแบบอินเวอร์ติ้งแอมปลิฟลายเออร์ วงจรชุดแรกมีเกนขยาย 100 เท่า วงจรชุดที่ 2 มีเกนขยาย 47 เท่า สัญญาณที่ขยายแล้วจะส่งไบอัสให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน โดยทรานซิสเตอร์จะทำหน้าที่กำหนดพัลส์ที่มีระดับสัญญาณเท่ากับระดับสัญญาณลอจิกให้แก่ MCS-51 ต่อไป

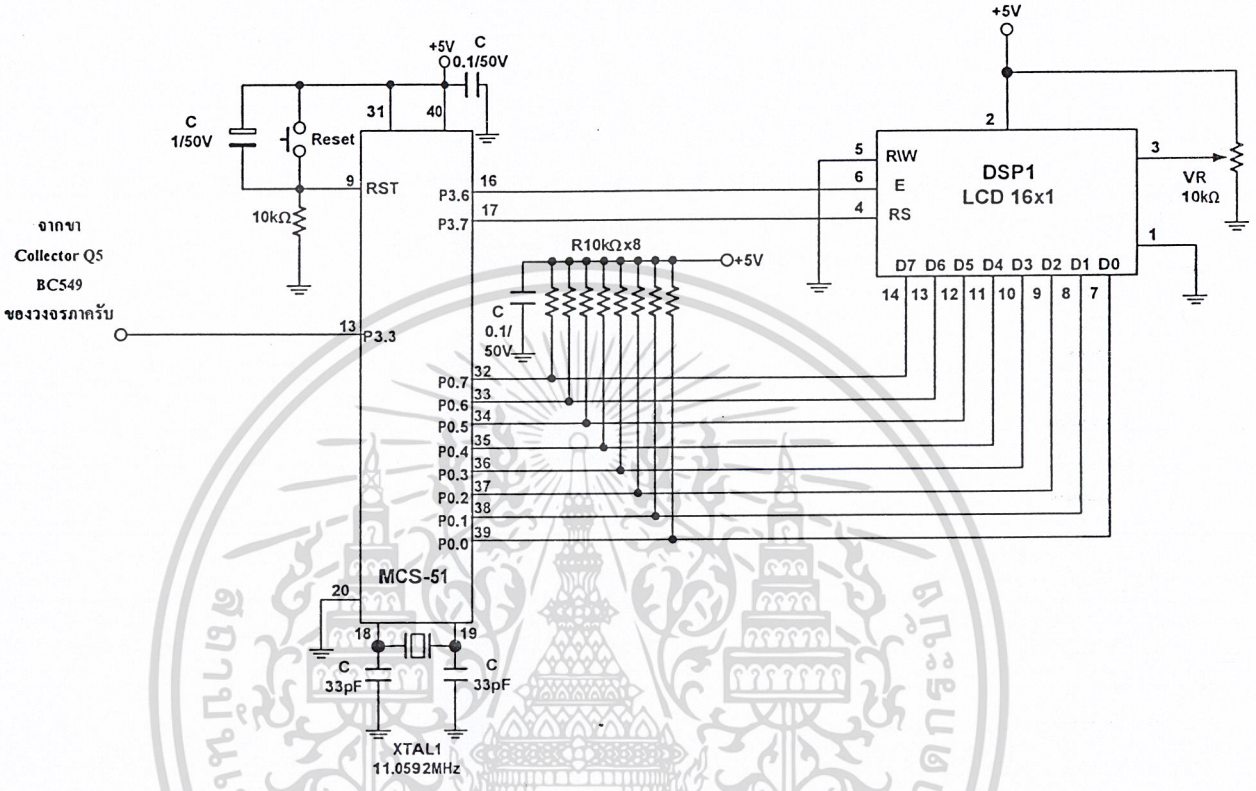


รูปที่ 3.19 วงจรภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

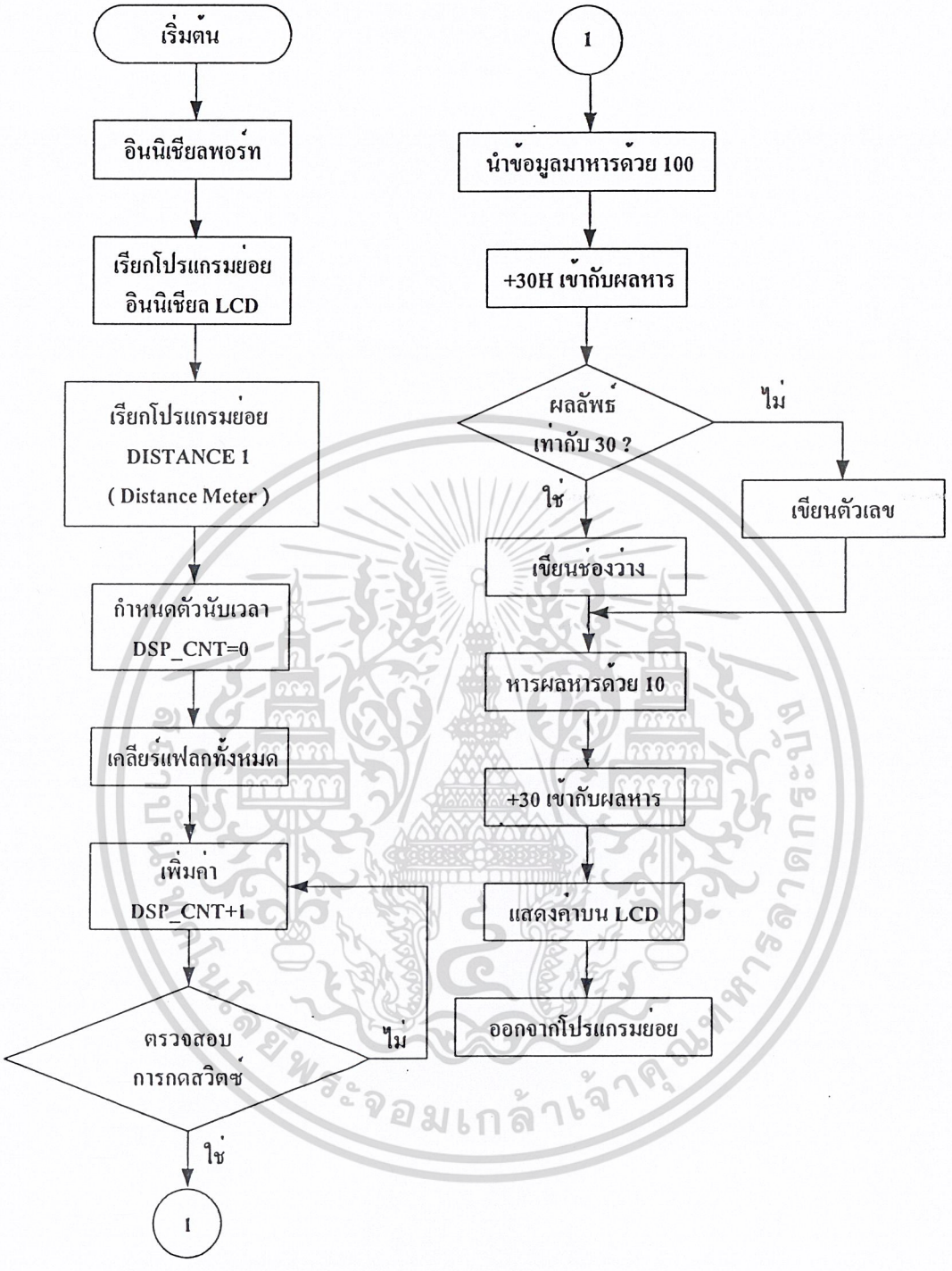
-ภาคคำนวณและแสดงผล

ภายในตัว MCS-51 จะมีโปรแกรม Counter ทำการนับและคำนวณสัญญาณพัลส์ที่ป้อนเข้ามาแล้วส่งผลออกไปที่พอร์ท 0 เพื่อแสดงผลที่ LCD



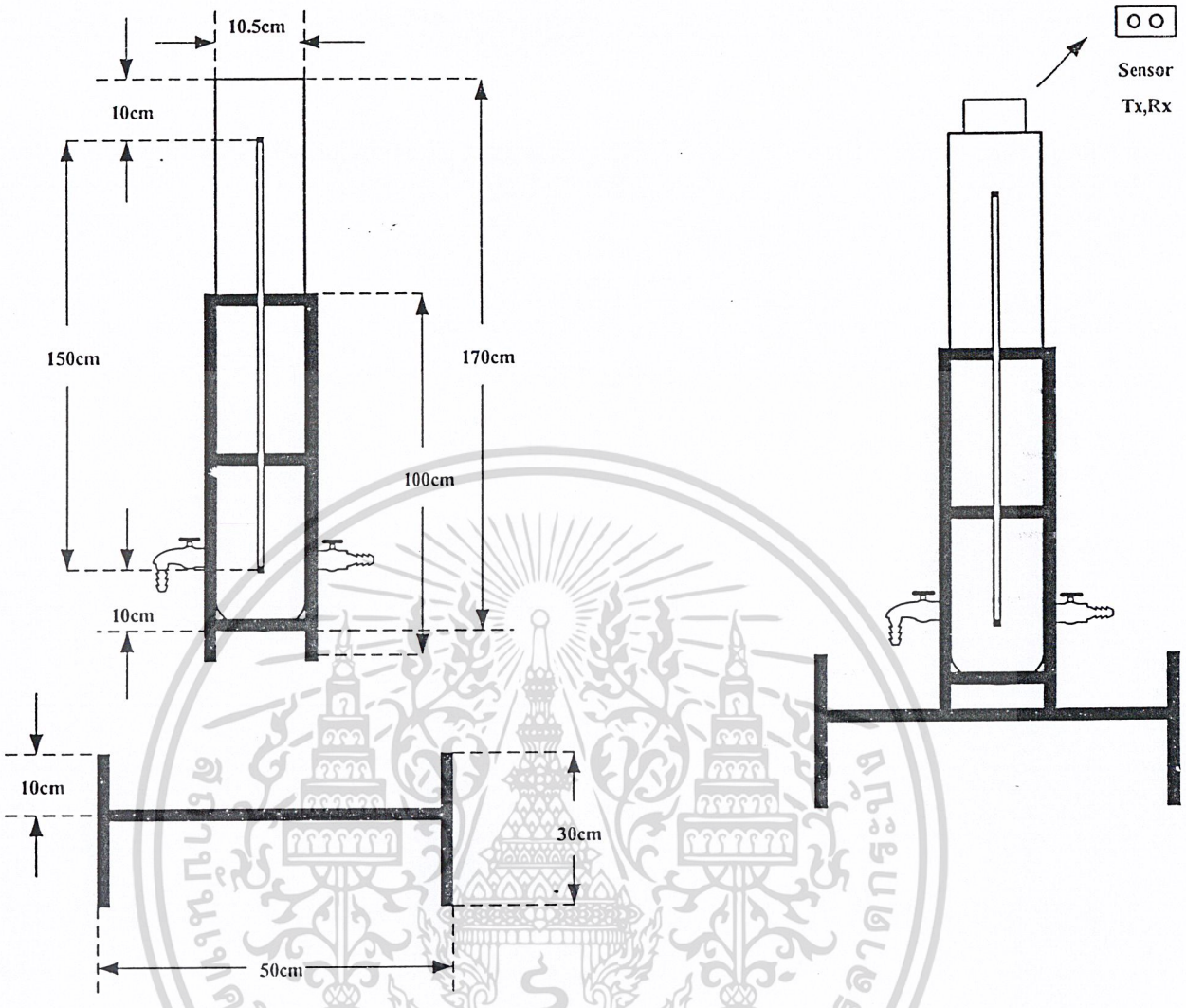
รูปที่ 3.20 วงจรภาคคำนวณและแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.21 รูปผังแสดงการทำงานของโปรแกรมการนับเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

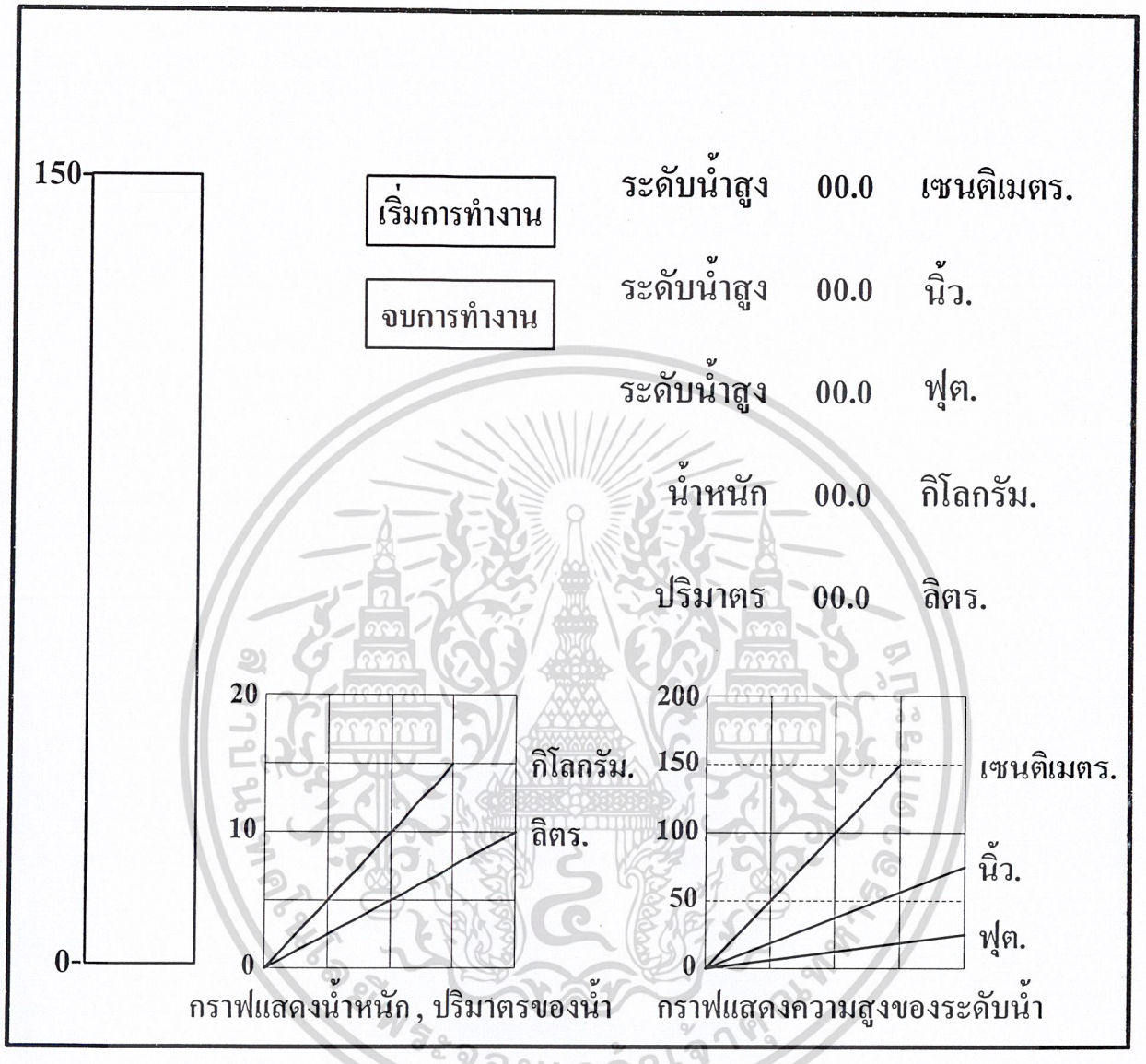


รูปที่ 3.22 รูปถังที่ใช้ติดตั้งเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.23 การติดตั้งอุลตร้าโซนิคและเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 การแสดงผลบนจอมอนิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

การทดลองเครื่องวัดระดับเป็นการทดลองเพื่อหาระดับที่ใกล้เคียงความจริงมากที่สุด โดยการวัดค่าซ้ำหลายครั้ง ผลที่ได้จะเป็นค่าระดับจริงเทียบกับค่าระดับที่วัดได้ ในที่นี้จะแสดงการวัดค่าจากถังบรรจุของเหลวโดยทำการวัดค่าทั้งหมด 30 ครั้งดังตารางข้างล่างนี้

ตารางที่ 4.1 ทดลองวัดระดับของเหลวในถังจากระดับต่ำสุดถึงระดับสูงสุดของถัง

ระดับจริง(ซม.)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5
1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00
10.00	11.00	10.00	10.00	10.00	11.00
20.00	19.00	20.00	21.00	20.00	19.00
30.00	29.00	31.00	30.00	31.00	31.00
40.00	40.00	40.00	41.00	41.00	41.00
50.00	51.00	49.00	51.00	51.00	51.00
60.00	60.00	60.00	62.00	62.00	60.00
70.00	70.00	69.00	70.00	70.00	70.00
80.00	80.00	80.00	80.00	81.00	80.00
90.00	90.00	90.00	90.00	91.00	90.00
100.00	99.00	99.00	100.00	101.00	99.00
110.00	109.00	109.00	110.00	110.00	110.00
120.00	118.00	118.00	119.00	119.00	118.00
130.00	130.00	128.00	129.00	130.00	129.00
140.00	140.00	138.00	139.00	140.00	139.00
150.00	149.00	148.00	150.00	149.00	147.00

ระดับจริง(ซม.)	ครั้งที่6	ครั้งที่7	ครั้งที่8	ครั้งที่9	ครั้งที่10
1.00	2.00	1.00	1.00	2.00	1.00
10.00	11.00	11.00	10.00	11.00	10.00
20.00	19.00	19.00	20.00	19.00	21.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

30.00	29.00	31.00	31.00	29.00	30.00
40.00	40.00	41.00	40.00	40.00	41.00
50.00	51.00	51.00	49.00	51.00	51.00
60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	62.00
70.00	70.00	70.00	69.00	70.00	70.00
80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
100.00	99.00	99.00	99.00	99.00	100.00
110.00	109.00	110.00	109.00	109.00	110.00
120.00	118.00	118.00	118.00	118.00	119.00
130.00	130.00	129.00	128.00	130.00	129.00
140.00	140.00	139.00	138.00	140.00	139.00
150.00	149.00	147.00	148.00	150.00	150.00

ระดับจริง(ซม.)	ครั้งที่11	ครั้งที่12	ครั้งที่13	ครั้งที่14	ครั้งที่15
1.00	1.00	2.00	1.50	1.00	1.00
10.00	10.00	11.00	10.00	11.00	11.00
20.00	20.00	19.00	19.00	19.00	19.00
30.00	31.00	29.00	30.00	31.00	31.00
40.00	40.00	40.00	40.00	41.00	41.00
50.00	49.00	51.00	50.00	51.00	51.00
60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	60.00
70.00	69.00	70.00	69.50	70.00	70.00
80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
100.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00
110.00	109.00	109.00	109.00	110.00	110.00
120.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00
130.00	128.00	130.00	129.00	129.00	129.00
140.00	138.00	140.00	140.00	139.00	139.00
150.00	148.00	149.00	148.50	147.00	147.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับจริง(ซม.)	ครั้งที่16	ครั้งที่17	ครั้งที่18	ครั้งที่19	ครั้งที่20
1.00	1.00	1.00	1.00	2.00	1.00
10.00	10.00	10.00	10.00	11.00	10.00
20.00	20.00	21.00	20.00	19.00	20.00
30.00	31.00	30.00	31.00	29.00	31.00
40.00	41.00	41.00	40.00	40.00	41.00
50.00	51.00	51.00	49.00	51.00	51.00
60.00	62.00	62.00	60.00	60.00	62.00
70.00	70.00	70.00	69.00	70.00	70.00
80.00	81.00	80.00	80.00	80.00	81.00
90.00	91.00	90.00	90.00	90.00	91.00
100.00	101.00	100.00	99.00	99.00	101.00
110.00	110.00	110.00	109.00	109.00	110.00
120.00	119.00	119.00	118.00	118.00	119.00
130.00	130.00	129.00	128.00	130.00	130.00
140.00	140.00	139.00	138.00	140.00	140.00
150.00	149.00	150.00	148.00	149.00	149.00

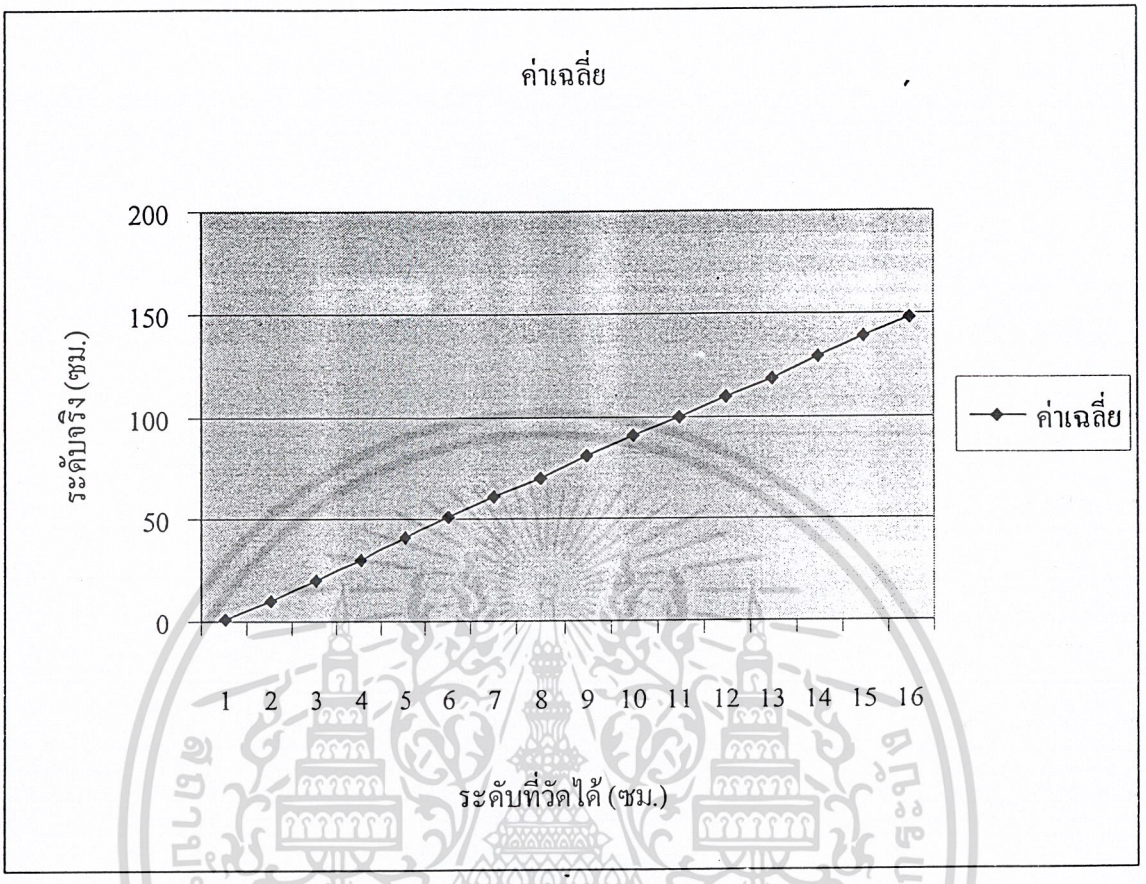
ระดับจริง(ซม.)	ครั้งที่21	ครั้งที่22	ครั้งที่23	ครั้งที่24	ครั้งที่25
1.00	2.00	1.00	1.00	2.00	2.00
10.00	11.00	10.00	10.00	11.00	11.00
20.00	19.00	20.00	21.00	19.00	19.00
30.00	29.00	31.00	30.00	29.00	29.00
40.00	40.00	40.00	41.00	40.00	40.00
50.00	51.00	49.00	51.00	51.00	51.00
60.00	60.00	60.00	62.00	60.00	60.00
70.00	70.00	69.00	70.00	70.00	70.00
80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	80.00
90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	90.00
100.00	99.00	99.00	100.00	99.00	99.00
110.00	109.00	109.00	110.00	109.00	109.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

120.00	118.00	118.00	119.00	118.00	118.00
130.00	130.00	128.00	129.00	130.00	130.00
140.00	140.00	138.00	139.00	140.00	140.00
150.00	149.00	148.00	150.00	149.00	149.00

ระดับจริง(ซม.)	ครั้งที่26	ครั้งที่27	ครั้งที่28	ครั้งที่29	ครั้งที่30	ค่าเฉลี่ย
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.28
10.00	11.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.43
20.00	19.00	20.00	20.00	20.00	20.00	19.67
30.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00	30.30
40.00	41.00	40.00	40.00	40.00	41.00	40.43
50.00	51.00	49.00	49.00	49.00	51.00	50.43
60.00	60.00	60.00	60.00	60.00	62.00	60.53
70.00	70.00	69.00	69.00	69.00	70.00	69.72
80.00	80.00	80.00	80.00	80.00	81.00	80.13
90.00	90.00	90.00	90.00	90.00	91.00	90.13
100.00	99.00	99.00	99.00	99.00	101.00	99.40
110.00	110.00	109.00	109.00	109.00	110.00	109.43
120.00	118.00	118.00	118.00	118.00	119.00	118.27
130.00	129.00	128.00	128.00	128.00	130.00	129.13
140.00	139.00	138.00	138.00	138.00	140.00	139.17
150.00	147.00	148.00	148.00	148.00	149.00	148.55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 กราฟการวัดระดับค่าเฉลี่ยจากระดับต่ำสุดถึงสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 ทดลองวัดระดับของเหลวในถังจากระดับสูงสุดถึงระดับต่ำสุดของถัง

ระดับจริง(ซม.)	ครั้งที่1	ครั้งที่2	ครั้งที่3	ครั้งที่4	ครั้งที่5
150.00	147.00	149.00	148.00	148.00	147.00
140.00	139.00	140.00	138.00	138.00	139.00
130.00	130.00	131.00	129.00	129.00	130.00
120.00	118.00	118.00	117.00	117.00	118.00
110.00	110.00	110.00	109.00	109.00	110.00
100.00	99.00	100.00	98.00	98.00	99.00
90.00	90.00	92.00	90.00	90.00	90.00
80.00	80.00	81.00	80.00	80.00	80.00
70.00	70.00	70.00	69.00	69.00	70.00
60.00	60.00	62.00	60.00	60.00	60.00
50.00	51.00	51.00	50.00	50.00	51.00
40.00	40.00	40.00	39.00	39.00	40.00
30.00	31.00	31.00	31.00	31.00	31.00
20.00	19.00	20.00	20.00	20.00	19.00
10.00	11.00	10.00	10.00	10.00	11.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ระดับจริง(ซม.)	ครั้งที่6	ครั้งที่7	ครั้งที่8	ครั้งที่9	ครั้งที่10
150.00	149.00	149.00	147.00	147.00	149.00
140.00	140.00	140.00	139.00	139.00	140.00
130.00	130.00	131.00	130.00	130.00	130.00
120.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00
110.00	109.00	110.00	110.00	110.00	109.00
100.00	99.00	100.00	99.00	99.00	99.00
90.00	90.00	92.00	90.00	90.00	90.00
80.00	80.00	81.00	80.00	80.00	80.00
70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00
60.00	60.00	62.00	60.00	60.00	60.00

เอกสารนี้เป็นการที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50.00	51.00	51.00	51.00	51.00	51.00
40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
30.00	29.00	31.00	31.00	31.00	29.00
20.00	19.00	20.00	19.00	19.00	19.00
10.00	11.00	10.00	11.00	11.00	11.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

ระดับจริง(ซม.)	ครั้งที่11	ครั้งที่12	ครั้งที่13	ครั้งที่14	ครั้งที่15
150.00	149.00	148.00	149.00	150.00	147.00
140.00	140.00	138.00	140.00	139.00	139.00
130.00	131.00	129.00	130.00	131.00	130.00
120.00	118.00	117.00	118.00	118.00	118.00
110.00	110.00	109.00	109.00	110.00	110.00
100.00	100.00	98.00	99.00	99.00	99.00
90.00	92.00	90.00	90.00	91.00	90.00
80.00	81.00	80.00	80.00	80.00	80.00
70.00	70.00	69.00	70.00	70.00	70.00
60.00	62.00	60.00	60.00	62.00	60.00
50.00	51.00	50.00	51.00	51.00	51.00
40.00	40.00	39.00	40.00	40.00	40.00
30.00	31.00	31.00	29.00	30.00	31.00
20.00	20.00	20.00	19.00	21.00	19.00
10.00	10.00	10.00	11.00	10.00	11.00
1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระดับจริง(ซม.)	ครั้งที่16	ครั้งที่17	ครั้งที่18	ครั้งที่19	ครั้งที่20
150.00	147.00	149.00	150.00	149.00	149.00
140.00	139.00	140.00	139.00	140.00	140.00
130.00	130.00	131.00	131.00	130.00	130.00
120.00	118.00	118.00	118.00	118.00	118.00
110.00	110.00	110.00	110.00	109.00	109.00
100.00	99.00	100.00	99.00	99.00	99.00
90.00	90.00	92.00	91.00	90.00	90.00
80.00	80.00	81.00	80.00	80.00	80.00
70.00	70.00	70.00	70.00	70.00	70.00
60.00	60.00	62.00	62.00	60.00	60.00
50.00	51.00	51.00	51.00	51.00	51.00
40.00	40.00	40.00	40.00	40.00	40.00
30.00	31.00	31.00	30.00	29.00	29.00
20.00	19.00	20.00	21.00	19.00	19.00
10.00	11.00	10.00	10.00	11.00	11.00
1.00	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00

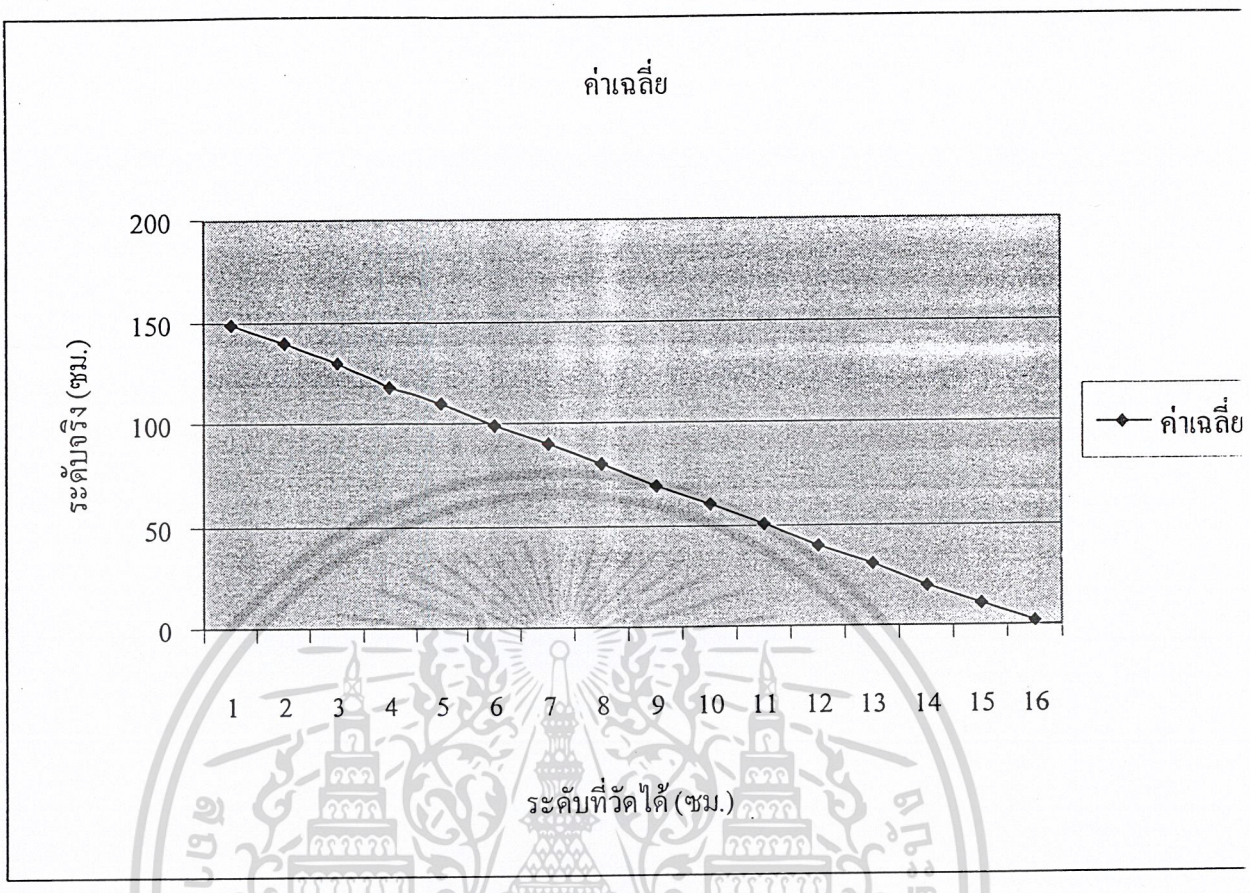
ระดับจริง(ซม.)	ครั้งที่21	ครั้งที่22	ครั้งที่23	ครั้งที่24	ครั้งที่25
150.00	149.00	149.00	148.00	150.00	150.00
140.00	140.00	140.00	138.00	139.00	139.00
130.00	131.00	130.00	129.00	131.00	131.00
120.00	118.00	118.00	117.00	118.00	118.00
110.00	110.00	109.00	109.00	110.00	110.00
100.00	100.00	99.00	98.00	99.00	99.00
90.00	92.00	90.00	90.00	91.00	91.00
80.00	81.00	80.00	80.00	80.00	80.00
70.00	70.00	70.00	69.00	70.00	70.00
60.00	62.00	60.00	60.00	62.00	62.00
50.00	51.00	51.00	50.00	51.00	51.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

40.00	40.00	40.00	39.00	40.00	40.00
30.00	31.00	29.00	31.00	30.00	30.00
20.00	20.00	19.00	20.00	21.00	21.00
10.00	10.00	11.00	10.00	10.00	10.00
1.00	2.00	2.00	2.00	3.00	3.00

ระดับจริง (ซม.)	ครั้งที่ 26	ครั้งที่ 27	ครั้งที่ 28	ครั้งที่ 29	ครั้งที่ 30	ค่าเฉลี่ย
150	149	149	149	148	148	148.53
140	140	140	139	138	140	139.3
130	129	131	130	129	131	130.16
120	119	118	118	117	120	117.93
110	109	110	110	109	111	109.63
100	100	100	99	98	99	99.06
90	91	92	90	90	89	90.53
80	79	81	79	80	79	80.1
70	69	70	71	69	69	69.8
60	59	62	60	60	59	60.6
50	51	51	51	50	50	50.8
40	39	40	41	39	40	39.83
30	29	31	29	31	28	30.23
20	21	20	21	20	19	19.76
10	11	10	11	10	11	10.5
1	1	1	1	1	2	1.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟการวัดระดับค่าเฉลี่ยจากระดับสูงสุดถึงต่ำสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทสรุปผลและวิจารณ์

สรุปผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้จากการวัดระดับได้ผลการทดลองค่อนข้างละเอียดใกล้เคียงความจริง เนื่องจากทำการวัดค่าหลายครั้ง มีค่าผิดพลาดที่ยอมรับได้

เมื่อนำค่าที่วัดได้ไปต่อเข้ากับจอมอนิเตอร์ ค่าที่แสดงบนจอมอนิเตอร์จะมีค่าที่ตรงกับค่าที่แสดงบนจอ LCD และเมื่อนำค่าที่ได้ไปคำนวณเป็นระดับในหน่วยนิ้ว หรือในหน่วยฟุต ก็จะได้ค่าที่ใกล้เคียงค่าจริง หน่วยฟุตและหน่วยนิ้วที่แสดงบนจอมอนิเตอร์จะมีค่าละเอียดมีค่าเป็นจุดทศนิยมหนึ่งตำแหน่งใน ส่วนของค่าปริมาตรนั้นก็นำค่าระดับที่ได้มาคำนวณ หน่วยที่แสดงบนจอมอนิเตอร์จะแสดงเป็นหน่วยกิโลกรัมและเป็นหน่วยลิตรความละเอียดมีค่าเป็นทศนิยมหนึ่งตำแหน่ง ซึ่งค่าที่ได้ก็จะได้ค่าที่ใกล้เคียงค่าจริง

ปัญหาในการทดลอง

ปัญหาในการทดลองจะขึ้นอยู่กับการปรับค่าความไวของตัวรับอุลตร้าโซนิค เนื่องจากวัตถุที่จะใช้วัดเป็นของเหลว ทำให้การวัดแต่ละครั้งได้ค่าไม่เท่ากัน จึงต้องปรับความไวให้พอดีกับระดับที่จะวัด

เนื่องจากการวัดครั้งแรกจะไม่ตรงกับการวัดครั้งที่สอง จึงต้องทำการวัด 30 ครั้ง แล้วนำค่าที่ได้ในแต่ละครั้งมาหาค่าเฉลี่ยเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องที่สุด

แนวทางการพัฒนาต่อไป

นำเครื่องวัดระดับไปทำการควบคุมระดับ เพื่อควบคุมระดับของวัตถุที่ต้องการจะวัดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์คงศักดิ์ อนันตหิรัญรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานนี้ที่คอยให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ ที่เป็นประโยชน์ต่อการทำโครงงานนี้เป็นอย่างนี้

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ทุกคนที่คอยให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ ในการทำงานมาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ของผู้จัดทำที่ได้อุปการะผู้จัดทำ

ผู้จัดทำ

นายบรรพต โยดิน

นายประสาน นาคอ่อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
2. เซมิคอนดัคเตอร์ อิเล็กทรอนิคส์ ฉบับ 44,52,171
3. สัจจะ จรัสรุ่งรวีวร , "คู่มือการเขียนโปรแกรมและใช้งาน Visual Basic 6" , พิมพ์ครั้งที่2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*******************************************************************************
; Program               : Generator 40KHz
; Description     : Square Wave Generator 40KHz on T0 pin (P3.4)
;*******************************************************************************

;-------------------------------------------------------------------
; Define Port&Pin Name
;-------------------------------------------------------------------
T0_PIN              BIT         P3.4          ; Timer/Counter 0 PIN

;-------------------------------------------------------------------
; Main Program.
;-------------------------------------------------------------------

                    ORG         0000H         ; Reset Vector
                    AJMP        MAIN          ; Jump to Main

                    ORG         0003H         ; IE0 Vector
                    RETI                      ; Return interrupt

                    ORG         000BH         ; TF0 Vector
                    MOV         TH0,#0FFH     ; 1 ms Interval Time
                    MOV         TL0,#0E9H     ;
                    CPL         T0_PIN        ;
                    RETI                      ; Return interrupt

                    ORG         0013H         ; IE1 Vector
                    RETI                      ; Return interrupt

                    ORG         001BH         ; TF1 Vector
                    RETI                      ; Return interrupt
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ORG     0023H           ; TI+RI Vector
                RETI                    ; Return interrupt

                ORG     002BH           ; TF2+EXF2 Vector
                RETI                    ; Return interrupt

MAIN:           MOV     TMOD,#021H      ;
                MOV     TH0,#0FFH       ; 1 ms Interval Time
                MOV     TL0,#0E9H       ;

                MOV     IE,#10000010B   ; En. EA,ET0

                SETB    TR0             ; Start Timer 0
                ACALL   DELAY_1s
                AJMP    $               ; Jump to Main loop
;---------------------------------------------------------
; Dummy Delay time LCD_DELAY, 10m, 100m, 250m, 1s
;---------------------------------------------------------

LCD_DELAY:      MOV     R7,#002         ; Do 2 times
LCD_DELAY_1:    MOV     R6,#0E6H        ; Each loop = 1 ms
LCD_DELAY_2:    NOP
                NOP
                DJNZ    R6,LCD_DELAY_2
                DJNZ    R7,LCD_DELAY_1
                RET

DELAY_10ms:     MOV     R7,#010         ; Do 10 times
DELAY_10ms_1:   MOV     R6,#0E6H        ; Each loop = 1 ms
DELAY_10ms_2:   NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    NOP
                    DJNZ        R6,DELAY_10ms_2
                    DJNZ        R7,DELAY_10ms_1
                    RET

DELAY_100ms:        MOV         R7,#100         ; Do 100 times
DELAY_100ms_1:      MOV         R6,#0E6H        ; Each loop = 1 ms
DELAY_100ms_2:      NOP
                    NOP
                    DJNZ        R6,DELAY_100ms_2
                    DJNZ        R7,DELAY_100ms_1
                    RET

DELAY_250ms:        MOV         R7,#250         ; Do 250 times
DELAY_250ms_1:      MOV         R6,#0E6H        ; Each loop = 1 ms
DELAY_250ms_2:      NOP
                    NOP
                    DJNZ        R6,DELAY_250ms_2
                    DJNZ        R7,DELAY_250ms_1
                    RET

DELAY_1s:           MOV         R5,#100         ; Do 100 times
DELAY_1s_1:         ACALL       DELAY_10ms
                    DJNZ        R5,DELAY_1s_1
                    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*******************************************************************************
; Program               :Counter
; Description    : LCD Show < P3.3Stop >
; For                   : MCS-51 Microcontroller Training System
;*******************************************************************************


;-------------------------------------------------------------------------;
; Define Port&Pin Name
;-------------------------------------------------------------------------;
LCD_EN          BIT     P3.6    ; LCD Module Enable (Active High : Level)
LCD_RS          BIT     P3.7    ; LCD Module Register Select
;-------------------------------------------------------------------------
; Define User Register
;-------------------------------------------------------------------------
FLAG            EQU     02FH    ; User FLAG
START           BIT     FLAG.0          ; Define START as bit
LCD_BUFFER1     EQU     030H    ; For keep DSP1 Data
LCD_BUFFER2     EQU     031H    ; For keep DSP2 Data
DSP_CNT         EQU     034H    ; Display Counter Register
LCD_ADDR        EQU     035H    ; For keep LCD Address
LCD_DATA        EQU     036H    ; For keep LCD Data
LCD_PTR         EQU     037H    ; For keep LCD 3 Char Pointer
STOP_SW         BIT     P3.3    ; Interrupt 1 PIN S3
;-------------------------------------------------------------------------
; Main Program.
;-------------------------------------------------------------------------

                ORG     0000H           ; Reset Vector
                MOV     P0,#00000000B   ; Clear Databus
                MOV     P1,#11101111B   ; Clear status all devices
                ACALL   INIT_LCD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV     LCD_ADDR,#000H    ; Set Address 00H
        ACALL   SET_ADDR_LCD
        MOV     DPTR,#DISTANCE_1
        ACALL   WRLINE_LCD        ;
        ACALL   DELAY_1s          ; Delay
        ACALL   DELAY_1s

MAIN:   MOV     DSP_CNT,#0        ; Clear Display Counter
        MOV     FLAG,#0           ; Clear All FLAG
LOOP:   SETB    START
        MOV     A,DSP_CNT         ;
        MOV     B,#16             ;
        DIV     AB                ; Divider
        MOV     LCD_BUFFER2,A     ; Store NUM
        MOV     LCD_BUFFER1,B     ; Store DEN
        INC     DSP_CNT
        ACALL   DELAY_1s
LOOP1:  JB      STOP_SW,LOOP
        DEC     DSP_CNT
        MOV     LCD_ADDR,#000H    ; Set Address 00H
        ACALL   SET_ADDR_LCD      ;
        MOV     DPTR,#DIS_SHOW
        ACALL   WRLINE_LCD        ;
        MOV     LCD_ADDR,#003H    ; Set Address 04H
        ACALL   SET_ADDR_LCD      ;
        MOV     LCD_DATA,DSP_CNT;
        ACALL   HEX2LCD           ; Show Data as HEX
        MOV     LCD_ADDR,#043H    ; Set Address 04H
        ACALL   SET_ADDR_LCD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     LCD_DATA,DSP_CNT
                ACALL   HEX2LCD
                AJMP    MAIN
;-------------------------------------------------------------------
; HEX Code to show LCD
; I/P:          LCD_DATA
;-------------------------------------------------------------------
HEX2LCD:        PUSH    ACC             ; Push ACC.
                MOV     A,LCD_DATA      ; Get Data
                MOV     B,#100          ;
                DIV     AB              ; Divide by 100
                ADD     A,#030H         ; Convert to ASCII
                CJNE    A,#030H,HEX2_LCD_NX ; Check x100 = 0 ?
                MOV     A,#' '          ; 0 => Write Space
HEX2_LCD_NX:    MOV     LCD_DATA,A      ;
                ACALL   WRCHAR_LCD      ; Write x100
                MOV     A,B             ;
                MOV     B,#10           ;
                DIV     AB              ; Divide by 10
                ADD     A,#030H         ; Convert to ASCII
                MOV     LCD_DATA,A      ;
                ACALL   WRCHAR_LCD
                MOV     A,B             ; Get Remainder x1
                ADD     A,#030H         ; Convert to ASCII
                MOV     LCD_DATA,A      ;
                ACALL   WRCHAR_LCD      ; Write Lower HEX Code
                POP     ACC             ; Pop ACC.
                RET                     ; Return
;-------------------------------------------------------------------
; LCD Initialize
;-------------------------------------------------------------------
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
INIT_LCD:       ACALL   DELAY_100ms     ; Delay
                CLR     LCD_RS          ; Clear LCD_RS Pin
                MOV     P0,#00111000B   ; 8bit Mode
                ACALL   LCD_CLK         ; Pulse LCD Clock
                ACALL   DELAY_10ms      ; Delay
                MOV     P0,#00111000B   ; 8bit Mode
                ACALL   LCD_CLK         ; Pulse LCD Clock
                ACALL   LCD_OFF         ; Display Off
                ACALL   LCD_CLR         ; Clear Display
                MOV     P0,#00000110B   ; Entry Mode
                ACALL   LCD_CLK         ; Pulse LCD Clock
                ACALL   LCD_HOME        ; Return Home Display

;-----------------------------------------------------------
; LCD Clear Display
;-----------------------------------------------------------
LCD_CLR:        CLR     LCD_RS          ; Clear LCD_RS Pin
                MOV     P0,#00000001B   ; Display Clear
                ACALL   LCD_CLK         ; Pulse LCD Clock
                RET
;-----------------------------------------------------------
; LCD Return Home
;-----------------------------------------------------------
LCD_HOME:       CLR     LCD_RS          ; Clear LCD_RS Pin
                MOV     P0,#00000010B   ; Return Home
                ACALL   LCD_CLK         ; Pulse LCD Clock
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-------------------------------------------------------------------
; LCD Display Off
;-------------------------------------------------------------------
LCD_OFF:        CLR     LCD_RS          ; Clear LCD_RS Pin
                MOV     P0,#00001000B   ; Display Off
                ACALL   LCD_CLK         ; Pulse LCD Clock
                RET
;-------------------------------------------------------------------
; LCD Clk
;-------------------------------------------------------------------
LCD_CLK:        SETB    LCD_EN          ; Pulse Clock to LCD_EN
                ACALL   LCD_DELAY
                CLR     LCD_EN
                ACALL   LCD_DELAY
                RET
;-------------------------------------------------------------------
; LCD Display On
;-------------------------------------------------------------------
LCD_ON:         CLR     LCD_RS          ; Clear LCD_RS Pin
                MOV     P0,#00001100B   ; Display On
                ACALL   LCD_CLK
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;-------------------------------------------------------------------
; Set LCD Address
; I/P:          LCD_ADDR
;-------------------------------------------------------------------
SET_ADDR_LCD:   CLR     LCD_RS          ; Clear LCD_RS Pin
                MOV     A,LCD_ADDR      ;
                SETB    ACC.7           ; Set bit ACC.7
                MOV     P0,A            ; Move to DATABUS
                ACALL   LCD_CLK         ; Pulse LCD Clock
                RET
;-------------------------------------------------------------------
; Write Character to show LCD
; I/P:          LCD_DATA
;-------------------------------------------------------------------
WRCHAR_LCD:     SETB    LCD_RS          ; Set LCD_RS Pin
                MOV     P0,LCD_DATA     ;
                ACALL   LCD_CLK         ; Pulse LCD Clock
                ACALL   LCD_ON          ; Display On
                RET
;-------------------------------------------------------------------
; Write Line of 16 Character from ROM
; I/P:          DPTR : Locate ROM Address
;-------------------------------------------------------------------
WRLINE_LCD:     MOV     R0,#0           ; Clear loop counter
WRLINE_LCD_1:   SETB    LCD_RS          ; Set LCD_RS Pin
                CLR     A               ; Clear ACC.
                MOVC    A,@A+DPTR
                MOV     P0,A            ; Move ACC. to DATABUS
                ACALL   LCD_CLK         ; Pulse LCD Clock
                INC     DPTR            ; Increase Pointer
                INC     R0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CJNE    R0,#8,WRLINE_LCD_1      ; Do until 8 times
                MOV     LCD_ADDR,#040H
                ACALL   SET_ADDR_LCD
WRLINE_LCD_2:   SETB    LCD_RS                  ; Set LCD_RS Pin
                CLR     A                       ; Clear ACC.
                MOVC    A,@A+DPTR
                MOV     P0,A                    ; Move ACC. to DATABUS
                ACALL   LCD_CLK                 ; Pulse LCD Clock
                INC     DPTR                    ; Increase Pointer
                INC     R0
                CJNE    R0,#16,WRLINE_LCD_2     ;
                ACALL   LCD_ON                  ; Display On
                RET
;---------------------------------------------------------------
; Dummy Delay time I2C_DELAY, LCD_DELAY, 10ms, 100m, 1s
;---------------------------------------------------------------
I2C_DELAY:      MOV     R6,#00CH                ; Each loop = 50 us
I2C_DELAY_1:    NOP
                NOP
                DJNZ    R6,I2C_DELAY_1
                RET
LCD_DELAY:      MOV     R7,#002                 ; Do 2 times
LCD_DELAY_1:    MOV     R6,#0E6H                ; Each loop = 1 ms
LCD_DELAY_2:    NOP
                NOP
                DJNZ    R6,LCD_DELAY_2
                DJNZ    R7,LCD_DELAY_1
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้