

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะดิจิตอล

DIGITAL SPECIFIC GRAVITY METER

โดย

นายฉัตรวิวัฒน์ แทนนิต

นายพงษ์ศักดิ์ เหมชูยิ่ง



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 104304
วัน,เดือน,ปี..... - 2 พ.ย. 2552

12106616

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะดิจิทัล
DIGITAL SPECIFIC GRAVITY METER

โดย

นายฐิติวัฒน์ แทนนิต

นายพงษ์ศักดิ์ เหมชูยิ่ง



ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2551

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะดิจิตอล (Digital Specific Gravity Meter)

ผู้จัดทำ

1. นายฐิติวัสส์ แทนนิล 49015145

2. นายพงษ์ศักดิ์ เข้มชูยิ่ง 49015201



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะดิจิตอล

นายจิตติวัสต์ แทนนิต 49015145

นายพงษ์ศักดิ์ เข็มชูยิ่ง 49015201

ผศ.ดร.กิติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2551

บทคัดย่อ

การวัดความถ่วงจำเพาะแบบมาตรฐานใช้หลักการของอาร์คิมิดีส โดยใช้แรงลอยตัว (Buoyant Force) พยางไฮโดรมิเตอร์ซึ่งเป็นกระเปาะแก้ว ให้ลอยตัวสูงต่ำตามค่าความถ่วงจำเพาะของเหลว โดยแสดงค่าตามสเกลซึ่งทำไว้ที่ข้างกระเปาะแก้ว ในโครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้ ไม่จำเป็นต้องใช้การสังเกตระดับของเหลวที่กระเปาะแก้ว แต่จะแสดงค่าเป็นตัวเลขดิจิตอล หลักการที่ใช้คือใช้การตรวจจับแรงการเคลื่อนจากการยกตัวของกระเปาะแก้ว มาตรฐาน โดยการติดแกนโลหะเบา ๆ บนกระเปาะแก้วให้เลื่อนผ่านตัวเซ็นเซอร์ที่ติดอยู่ด้านบนของภาชนะที่ใส่ของเหลว ระยะทางที่กระเปาะแก้วเลื่อนขึ้นถูกเปลี่ยนเป็นแรงดันไฟฟ้า แล้วนำไปคำนวณหาความถ่วงจำเพาะ เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะนี้มีขนาดเล็กกะทัดรัด ใช้พลังงานจากแบตเตอรี่ สามารถพกพาได้สะดวก จากการเปรียบเทียบกับการอ่านค่าจากกระเปาะแก้วของเหลวชนิดนี้ให้ความคลาดเคลื่อนประมาณ 0.2%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIGITAL SPECIFIC GRAVITY METER

Mr.Titiwat Tannin ID. 49015145

Mr.Pongsak Hemshooying ID. 49015201

Asst.Prof.Dr.Kitiphol Chitsakul Advisor

Educational year 2008

Abstract

Hydrometer is recently the standard to determine specific gravity (or relative density) of liquids. This gold method applies Archimedes principle of buoyant force to left up buoying object usually made of glass and consists of a cylindrical stem and a bulb weighted with mercury or lead shot to make it float upright. The point at which the surface of the liquid touches the stem of the hydrometer is noted. This project purposes to improve the measurement without noting the scale on the stem. By attaching a piece of metal on the top of stem, displacement of hydrometer can be detected by a magnetic sensor. The displacement is then calibrated to digitally display as specific gravity of the measuring liquid. This invented device has compact-size, energy-saving, and portable. By calibrating with 3 kinds of liquids, it was show that the accuracy of the device is 0.2% comparing to hydrometer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ กิตติพล ชิตสกุล (อาจารย์ที่ปรึกษา) และ คณาจารย์ในภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ทุกท่านที่ให้การอนุเคราะห์คำปรึกษา แนะนำเกี่ยวกับการทำโครงการนี้ และทางภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้ยืมเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ในการทำการทดลอง ตลอดจนสั่งสอนให้ความรู้จนสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำโครงการครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ ที่คอยให้ความเป็นห่วง และการสนับสนุนทางการเงินตลอดมา รวมทั้งขอขอบคุณเพื่อนในภาควิชาที่ให้คำปรึกษาในยามคับขันจนทำให้รายงานนี้สำเร็จโดยสมบูรณ์ได้ด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีในรายงานนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทบทคัดย่อไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VI
สารบัญตาราง	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	1
1.4 หลักการทำงานของเครื่องวัดความถี่จำเพาะ	1
1.5 โครงสร้างของรายงาน	2
บทที่ 2 ความถี่จำเพาะสารละลาย	3
2.1 ทฤษฎีความถี่จำเพาะ	3
2.2 หลักการของอาร์คิมิดีส (Archmedes' Principle)	4
2.3 วิธีการหาความหนาแน่นและความถี่จำเพาะ	7
2.3.1 วิธีการหาความหนาแน่นโดยใช้ขวดพิคโนมิเตอร์	7
2.3.2 การหาความหนาแน่นโดยการชั่งน้ำหนัก	8
2.3.3 การหาความหนาแน่นโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์	9
บทที่ 3 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน	11
3.1 วงจรออสซิลเลเตอร์ (Oscillator)	11
3.2 วงจรกรองความถี่ (Filter)	17
3.3 ขดลวด (Coil)	19
3.3.1 กฎของฟาราเดย์	19
3.3.2 การเหนี่ยวนำตนเองและการเหนี่ยวนำร่วมของขดลวด	20
3.4 วงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit)	23
3.4.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier)	23
3.4.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier)	23
3.4.3 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier)	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วงจรแปลงผันไฟตรงเป็นไฟตรง (DC to DC Converter)	25
3.6 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458	27
3.6.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458	27
3.6.2 คุณสมบัติของหน่วยประมวลผลกลางภายในPIC18F458	27
3.6.3 คุณสมบัติทางเทคนิคของ เพอริเฟอรัล(Peripheral)ใน PIC18F458	28
3.6.4 คุณสมบัติอื่นๆ	28
3.6.5 สถาปัตยกรรมของ PIC18F458	29
3.6.6 การจัดการหน่วยความจำของ PIC18F458	30
3.6.7 หน่วยความจำโปรแกรม	31
3.6.8 หน่วยความจำข้อมูล	31
3.6.9 General Purpose Register File	31
3.6.10 การจัดการของ PIC18F458	31
3.6.11 การป้องกันสัญญาณนาฬิกาให้แก่ PIC18F458	40
3.7 ส่วนแสดงผลทาง LCD Nokia 6610 Module	40
3.7.1 คุณสมบัติ	41
3.7.2 ตารางแสดงชื่อและหน้าที่ขาสัญญาณของ LCD ที่คอนเนกเตอร์ J1	42
บทที่ 4 การออกแบบและสร้าง	43
4.1 การออกแบบวงจรออสซิลเลเตอร์	43
4.2 การออกแบบวงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit)	48
4.3 การออกแบบในส่วนของโปรแกรม	48
4.2.1 การพัฒนาโปรแกรมของบอร์ด CP-PIC V3.0&V4.0	48
4.2.2 ขั้นตอนการดาวน์โหลดโปรแกรม	49
4.4 การออกแบบโปรแกรมในส่วนของการแสดงผล	50
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	52
5.1 การทดลองหาค่าความถี่จำเพาะโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์เทียบกับความสูงการตัวลอยของไฮโดรมิเตอร์	52
5.1.1 อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง	52
5.1.2 ผลการทดลอง	52
5.2 การทดลองวัดค่าแรงดันโดยออสซิลโลสโคปเทียบกับไมโครคอนโทรลเลอร์	55
5.2.1 อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง	55
5.2.2 ผลการทดลอง	55
5.3 การทดลองเพื่อหาแรงดันเทียบกับค่าความสูงของการยกตัวลอยของไฮโดรมิเตอร์	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.1 อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง	58
5.3.2 ผลการทดลอง	59
5.4 การทดลองวัดความถี่จำเพาะของเครื่องวัดความถี่จำเพาะดิจิทัล เปรียบเทียบกับไฮโดรมิเตอร์	60
5.4.1 อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง	60
5.4.2 ผลการทดลอง	61
บทที่ 6 บทสรุป	63
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า
รูป	
รูปที่ 1.1 โครงสร้างของเครื่องวัดค่าความถี่จำเพาะ	1
รูปที่ 2.1 แสดงวัตถุทรงกระบอกจมอยู่ในของเหลว	4
รูปที่ 2.2 แสดงกฎการลอยตัว	4
รูปที่ 2.3 เครื่องชั่งจอลลี และชวคพิค โนมิเตอร์	9
รูปที่ 2.4 การใช้ไฮโดรมิเตอร์วัดค่าความหนาแน่น	10
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของวงจรออสซิลเลเตอร์พื้นฐาน	11
รูปที่ 3.2 วงจรส่วนประกอบพื้นฐานของวงจร ออสซิลเลเตอร์แบบเวนบริดจ์	12
รูปที่ 3.3 วงจรออสซิลเลท WIEN BRIDGE OSCILLATOR ที่มีการป้อนกลับแบบลบ	14
รูปที่ 3.4 วงจรพื้นฐานของวงจร GENERALIZED TRANSISTOR LC OSCILLATOR	15
รูปที่ 3.5 กราฟการตอบสนองความถี่ของวงจรกรองความถี่แบบต่างๆ	19
รูปที่ 3.6 กัลวานอมิเตอร์	20
รูปที่ 3.7 การเหนี่ยวนำนำตนเองของขดลวด	20
รูปที่ 3.8 การเหนี่ยวนำร่วมเกิดขึ้นในขดลวด 2 วง	21
รูปที่ 3.9 แสดงสัญญาณแรงเคลื่อนการเหนี่ยวนำของขดลวดสองขด	22
รูปที่ 3.10 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier)	23
รูปที่ 3.11 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier)	24
รูปที่ 3.12 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier)	24
รูปที่ 3.13 Buck Converter	25
รูปที่ 3.14 Boost Converter	26
รูปที่ 3.15 Buck – Boost Converter	26
รูปที่ 3.16 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458	29
รูปที่ 3.17 แสดงการจัดการหน่วยความจำของ PIC18F458	30
รูปที่ 3.18 แสดงลักษณะการจัดขาของไอซี	31
รูปที่ 3.19 บล็อกไดอะแกรมของPIN RA3-RA0 และ RA5	32
รูปที่ 3.20 บล็อกไดอะแกรมของPIN RA4/TOCK1	33
รูปที่ 3.21 บล็อกไดอะแกรมของPIN RB1-RB0	34
รูปที่ 3.22 บล็อกไดอะแกรมของ PIN RB7-RB4	35
รูปที่ 3.23 บล็อกไดอะแกรมของพอร์ต C	36
รูปที่ 3.24 บล็อกไดอะแกรมของพอร์ต D	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.25 บล็อกไดอะแกรมของพอร์ต E	39
รูปที่ 3.26 แสดงการเชื่อมต่อแอลซีดีโมเดล 6610 โมดูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์	41
รูปที่ 4.1 วงจรโคลพิทออสซิลเลเตอร์ (Colpitt Oscillator)	43
รูปที่ 4.2 วงจรการจับไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ที่ใช้ในงานในวงจรออสซิลเลเตอร์	44
รูปที่ 4.3 แสดงวงจรสมมูลของวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ประกอบด้วยค่าความเหนี่ยวนำ (L) และค่าของตัวเก็บประจุ (C) ภายในวงจรทั้งหมด	45
รูปที่ 4.4 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น	48
รูปที่ 5.1 ไฮโดรมิเตอร์ที่ใช้ในการวัดค่าความถ่วงจำเพาะและการวัดความถ่วงจำเพาะโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์	54
รูปที่ 5.2 รูปสัญญาณขณะที่ยังไม่ได้เลื่อนแท่งโลหะผ่านเซ็นเซอร์	55
รูปที่ 5.3 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ขณะที่ไม่ได้เลื่อนแท่งโลหะผ่านเซ็นเซอร์	56
รูปที่ 5.4 รูปสัญญาณขณะที่เลื่อนแท่งโลหะผ่านเซ็นเซอร์	56
รูปที่ 5.5 ค่าแรงดันที่วัดไฟฟ้าได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ขณะที่เลื่อนแท่งโลหะผ่านเซ็นเซอร์	57
รูปที่ 5.6 รูปสัญญาณขณะที่เลื่อนแท่งโลหะเข้าไปถึงปลายอีกด้านหนึ่งของเซ็นเซอร์	57
รูปที่ 5.7 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ขณะที่เลื่อนแท่งโลหะเข้าไปถึงปลายอีกด้านหนึ่งของเซ็นเซอร์	58
รูปที่ 5.8 แสดงการวัดค่าความถ่วงจำเพาะด้วยเครื่องวัดความถ่วงจำเพาะดิจิทัล	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตาราง

ตารางที่ 3.1 ฟังก์ชันของพอร์ต A	33
ตารางที่ 3.2 ฟังก์ชันของพอร์ต B	36
ตารางที่ 3.3 ฟังก์ชันของพอร์ต C	37
ตารางที่ 3.4 ฟังก์ชันของพอร์ต D	38
ตารางที่ 3.5 ฟังก์ชันของพอร์ต E	39
ตารางที่ 3.6 แสดงชื่อและหน้าที่ขาสัญญาณของ LCD ที่คอนเนกเตอร์ J1	42
ตารางที่ 5.1 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความสูงการลอยตัวและความถ่วงจำเพาะ ของสารละลายแต่ละชนิด	53
ตารางที่ 5.2 การทดลองเพื่อหาแรงดันไฟฟ้าเทียบกับค่าความสูงของการยกตัวลอย ของไฮโดรมิเตอร์	59
ตารางที่ 5.3 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างการวัดความถ่วงจำเพาะของเครื่องวัดกับไฮโดรมิเตอร์	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

สัมประสิทธิ์ความถ่วงจำเพาะเป็นสมบัติสำคัญของของเหลวซึ่งมีมูลค่าทางเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น น้ำมันพืช น้ำมันดิบ น้ำมัน ไบโอดีเซล เป็นต้น แต่เดิมการวัดความถ่วงจำเพาะจะใช้เครื่องมือวัดเป็นกระเปาะลอยเรียกว่า “ไฮโดรมิเตอร์” การอ่านค่าค่อนข้างยุ่งยาก หากวัดและอ่านค่าจำนวนมากซ้ำ ๆ กันหลายครั้งมีโอกาสมิผิดพลาดได้ง่าย จึงมีแนวคิดในการเครื่องมือวัดให้สามารถแสดงผลเป็นตัวเลขแบบดิจิทัล โดยยังคงความถูกต้องเหมือนกับวิธีมาตรฐาน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

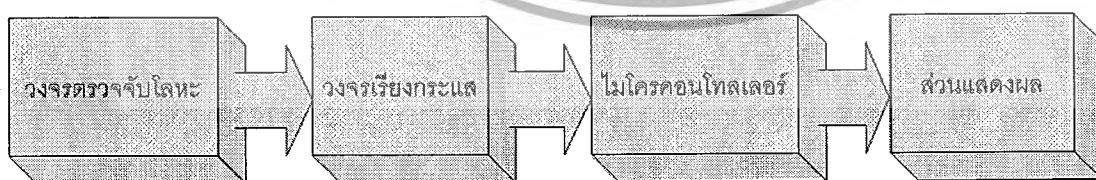
- 1.2.1 เพื่อประยุกต์ใช้วงจรและทฤษฎีต่างๆตามที่เรียนมาได้ในการสร้างเครื่องวัดความถ่วงจำเพาะดิจิทัล
- 1.2.2 เพื่อตรวจวัดค่าความถ่วงจำเพาะ ได้อย่างถูกต้อง
- 1.2.3 เพื่อศึกษาการทำงานเบื้องต้นของ PIC-18F458

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.3.1 ได้เรียนรู้ทักษะการออกแบบวงจร การเขียนโปรแกรม
- 1.3.2 ได้เรียนรู้ทักษะในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับชิ้นงาน

1.4 หลักการทำงานของเครื่องวัดความถ่วงจำเพาะดิจิทัล

เพื่อให้เครื่องวัดมีมาตรฐานเทียบเท่าเครื่องวัดมาตรฐานจึงมีแนวคิดว่าจะยังคงวิธีการมาตรฐานแบบเดิมไว้ และเพิ่มเติมส่วนแสดงผลแบบดิจิทัลเข้าไป ตามแนวคิดวิธีหนึ่งซึ่งเป็นไปได้คือ ใช้แรงลอยตัวของกระเปาะวัด (ไฮโดรมิเตอร์) หรือการเคลื่อนที่ขึ้นตามขนาดแรงลอยตัว ซึ่งจากการทดลองพบว่า การเคลื่อนที่ของกระเปาะจะเป็นเชิงเส้นกับค่าความถ่วงจำเพาะ ดังนั้นตามแนวคิดนี้ระบบควรจะมีองค์ประกอบดังแสดงในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 โครงสร้างของเครื่องวัดค่าความถ่วงจำเพาะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.1 ส่วนของวงจรตรวจจับโลหะ จะประกอบไปด้วยวงจรออสซิลเลเตอร์ โดยส่วนของตัวเซนเซอร์ตรวจจับโลหะจะใช้ขดลวดสองขดซึ่งมีแกนเหล็กที่สามารถเคลื่อนได้อยู่ระหว่างขดลวด หลักการทำงานของส่วนนี้คือ ที่วงจรออสซิลเลเตอร์จะผลิตสัญญาณรูปคลื่นไซน์ความถี่ออกมาที่ 3.2 MHz ป้อนให้กับขดลวดขดแรก เมื่อกระแสไหล (ไฮโครมิเตอร์) ลอยตัวเคลื่อนที่ตามความถี่ของขดลวดขดแรก จะส่งผลให้เหล็กที่ติดอยู่กับกระแสไหลเกิดการเคลื่อนที่ด้วย เมื่อแกนเหล็กเกิดการเคลื่อนที่ผ่านขดลวดขดที่สองก็จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำระหว่างขดลวดสองขด ค่าแรงดันเอาท์พุทของขดลวดที่สองจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามการเคลื่อนที่ของแกนเหล็ก ซึ่งเอาท์พุทที่ได้จะอยู่ในรูปของแรงดัน (AC)

1.4.2 ส่วนของการประมวลผลการคำนวณค่าความถี่ของสารละลาย ซึ่งในส่วนนี้เราใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18F458 ในการคำนวณ ซึ่งขบวนการคำนวณนั้นจะคำนวณตามทฤษฎีของอาร์คิมิดีส (แรงลอยตัว)

1.5 โครงสร้างของรายงาน

รายงานนี้เป็นจะนำเสนอผลงานที่ได้ปฏิบัติเพื่อออกแบบเครื่องวัดความถี่ของสารละลาย โดยแบ่งนำเสนอเป็นบทตอนดังนี้

- บทที่ 1 บทนำกล่าวถึงความเป็นมาของโครงการ หลักการของโครงการ
- บทที่ 2 กล่าวถึงรายละเอียดทฤษฎีความถี่ของสารละลาย
- บทที่ 3 กล่าวถึงทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของวงจรและอุปกรณ์ที่ใช้
- บทที่ 4 กล่าวถึงวิธีการคำนวณในการออกแบบวงจร
- บทที่ 5 แสดงผลการทดลอง
- บทที่ 6 บทสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ความถ่วงจำเพาะของสารละลาย

2.1 ทฤษฎีความถ่วงจำเพาะ

ความถ่วงจำเพาะ (Specific Gravity) ใช้สัญลักษณ์ SG. หรือ ถพ. เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ความหนาแน่นสัมพัทธ์ (Relative Density) หมายถึง อัตราส่วน ระหว่างความหนาแน่นของวัตถุ เมื่อเปรียบเทียบกับความหนาแน่นของ ของไหลมาตรฐาน ซึ่งของไหลมาตรฐานนั้น สำหรับของเหลว ใช้น้ำเป็นของไหลมาตรฐาน ส่วนก๊าซใช้ไฮโดรเจน (Hydrogen) หรืออากาศที่อุณหภูมิและความดันที่กำหนด เป็นมาตรฐาน

เนื่องจาก ค่าของความหนาแน่นของวัตถุ และความหนาแน่นของไหลมาตรฐาน จะแปรเปลี่ยนได้ ตามอุณหภูมิ ดังนั้น ในการใช้ ค่าความถ่วงจำเพาะ ที่ต้องการความละเอียดรอบคอบ หรือต้องการค่าที่ถูกต้อง จึงต้องระบุ ไว้ด้วยว่า เป็นค่าความถ่วงจำเพาะ ที่อุณหภูมิเท่าใด และน้ำที่ใช้ เป็นของไหลมาตรฐาน กำหนดให้มีอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ เพราะน้ำ จะมีความหนาแน่นสูงที่สุด ที่อุณหภูมิดังกล่าว เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นจะลดลง โดยได้อัตราส่วนของมวลของสารต่อมวลของน้ำที่มีปริมาณเท่ากัน กล่าวอีกนัยหนึ่งว่าความถ่วงจำเพาะคือตัวเลขที่แสดงว่าสารชนิดหนึ่งนั้นมีน้ำหนักเบากว่าหรือหนักกว่าน้ำเป็นกี่เท่า เช่นถ้าความถ่วงจำเพาะของสารละลายมีค่าน้อยกว่าหนึ่งแสดงว่าสารนั้นมีน้ำหนักเบากว่าน้ำเมื่อปริมาณเท่ากัน ในทางกลับกันถ้าความถ่วงจำเพาะของสารมีค่ามากกว่าหนึ่ง แสดงว่าสารนั้นมีน้ำหนักมากกว่าน้ำเมื่อมีปริมาณเท่ากัน

เราสามารถ หาค่าความถ่วงจำเพาะ ได้จากสูตร

ความถ่วงจำเพาะ = ความหนาแน่นของวัตถุ / ความหนาแน่นของน้ำ

หรือกรณีที่วัตถุและน้ำมีปริมาตรเท่ากัน

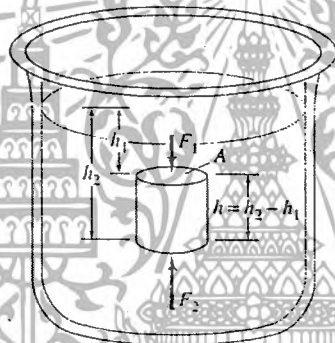
ความถ่วงจำเพาะ = มวลของวัตถุ / มวลของน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 หลักการของอาร์คิมิดีส (Archmedes' Principle)

แรงลอยตัว (Buoyant Force, F_b) คือแรงที่ของเหลวพยุงวัตถุที่อยู่ในของเหลว เกิดจากความดันในของเหลวซึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามความลึก กล่าวคือความดันของของเหลวที่กระทำต่อพื้นผิวด้านล่าง (กระทำในทิศขึ้น) ของวัตถุที่จมในของเหลวจะมีค่ามากกว่าความดันของของเหลวที่กระทำต่อผิวด้านบน (กระทำทิศลง)

รูปที่ 2.1 แสดงวัตถุทรงกระบอกที่มีความสูง h มีพื้นที่ผิวทั้งด้านบนและด้านล่างเป็น A ซึ่งจมอยู่ในของเหลวที่มีความหนาแน่น ρ_f ความดันที่ของเหลวกระทำต่อพื้นผิวด้านบนของวัตถุคือ $P_1 = \rho_f g h_1$ แรงที่เกิดจากความดันนี้คือ $F_1 = A P_1 = \rho_f g h_1 A$ จะกระทำกับพื้นผิวด้านบนของวัตถุในทิศทางลง และแรงที่เกิดจากความดันที่ของเหลวกระทำต่อพื้นผิวด้านล่างของวัตถุคือ $F_2 = A P_2 = \rho_f g h_2 A$ ซึ่งจะกระทำกับพื้นผิวด้านล่างของวัตถุในทิศขึ้น



รูปที่ 2.1 แสดงวัตถุทรงกระบอกจมอยู่ในของเหลว



รูปที่ 2.2 แสดงกฎการลอยตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงสุทธิที่ของเหลวกระทำต่อวัตถุเรียกว่า แรงลอยตัว (F_B)

$$\begin{aligned} F_B &= F_2 - F_1 \\ &= \rho_F g A (h_2 - h_1) \\ &= \rho_F g A h \\ &= \rho_F g V \end{aligned} \quad (2.1)$$

อาร์คิมิดีส กล่าวว่า “แรงลอยตัวของวัตถุที่อยู่ในของเหลวมีค่าเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่

$$F_B = W \quad (2.2)$$

$$\rho_F V_{\text{displ}} g = \rho_0 V_0 g \quad (2.3)$$

$$\frac{V_{\text{displ}}}{V_0} = \frac{\rho_0}{\rho_F} \quad (2.4)$$

ρ_F คือความหนาแน่นของของเหลว

ρ_0 คือความหนาแน่นของวัตถุ

V_0 คือปริมาตรของวัตถุ

V_{displ} คือปริมาตรของของเหลวที่ถูกแทนที่ (มีค่าเท่ากับปริมาตรของวัตถุส่วนที่จม)

จากหลักการของอาร์คิมิดีสนำไปประยุกต์ทำเป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดความถ่วงจำเพาะของของเหลวได้กล่าวคือ ถ้านำวัตถุ (ซึ่งทราบปริมาตร) ไปจุ่มและปล่อยให้อยู่ในของเหลว วัตถุนั้นจะลอยหรือจมในของเหลวก็ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นของวัตถุ ถ้าวัตถุมีความหนาแน่นมากกว่าของเหลววัตถุนั้นก็จะจมอยู่ในของเหลว และถ้าวัตถุมีความหนาแน่นน้อยกว่าของเหลววัตถุนั้นก็จะลอยอยู่ในของเหลว จากสมการที่ 2.4 แสดงให้เห็นว่าถ้าทราบปริมาตรของวัตถุที่ใช้ ความหนาแน่นของวัตถุ และทราบปริมาตรของวัตถุส่วนที่จม จะสามารถหาความหนาแน่นของของเหลวได้ และจากการที่ทราบค่าความหนาแน่นของของเหลวนี้แล้วจะสามารถหาค่าความถ่วงจำเพาะของของเหลวได้ เพราะความถ่วงจำเพาะของสารคือ อัตราส่วนความหนาแน่นของสารต่อความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (มีค่าเท่ากับ $1.00 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$) ซึ่งเครื่องมือที่ใช้หลักการนี้เรียกว่า ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer) อาศัยความสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}\text{แรงลอยตัว} &= \text{น้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่} = mg \\ &= \text{น้ำหนักของวัตถุที่จมในของเหลว} = Mg\end{aligned}$$

$$\therefore mg = Mg$$

$$\rho_f V_f g = \rho_s V_s g$$

$$\frac{\rho_s}{\rho_f} = \frac{V_f}{V_s}$$

$$\rho_f = \frac{V_s}{V_f} \rho_s \quad (2.5)$$

ρ_f คือความหนาแน่นของของเหลว

ρ_s คือความหนาแน่นของวัตถุ

V_f คือปริมาตรของของเหลวที่ถูกแทนที่

V_s คือปริมาตรของวัตถุทั้งหมด

ความถ่วงจำเพาะของสาร (sg) = ความหนาแน่นของสาร (ρ) / ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส (ρ_w)

จากสมการ 2.5

$$\frac{\rho_f}{\rho_w} = \frac{V_s \rho_s}{V_f \rho_w}$$

$$\therefore SG = \frac{\rho_f}{\rho_w} = \frac{V_s \rho_s}{V_f \rho_w} \quad (2.6)$$

ρ_w คือความหนาแน่นของน้ำ

โดยทั่วไปไฮโดรมิเตอร์จะมีสเกลบอกความถ่วงจำเพาะของของเหลว ซึ่งกำหนดจากการคำนวณปริมาตรของส่วนที่จมของไฮโดรมิเตอร์ที่มีค่าความถ่วงจำเพาะ(ความหนาแน่น)นั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 วิธีการหาความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะ

2.3.1 วิธีการหาความหนาแน่นโดยใช้ขวดพิกโนมิเตอร์

เป็นการหาค่าความหนาแน่น ของวัตถุคืบ ที่คิดจาก ความหนาแน่นที่แท้จริง ไม่รวมช่องว่างหรือรูพรุนใด ๆ ทั้งสิ้น โดยวัตถุคืบที่นำมาหาจะต้องเป็นผง และเป็นวัตถุคืบที่ไม่ละลายน้ำ มีวิธีการทดสอบดังนี้

1. อบขวดพิกโนมิเตอร์พร้อมฝาให้แห้งสนิท ชั่งน้ำหนักบันทึกน้ำหนักเป็น P (กรัม)
2. เติมน้ำกลั่นบันทึกอุณหภูมิของน้ำกลั่นเป็น T1 (องศาเซลเซียส) ปิดฝาและชั่งน้ำหนักบันทึกน้ำหนักเป็น W1 (กรัม)
3. เทน้ำกลั่นทิ้ง อบขวดให้แห้ง
4. ใส่ตัวอย่างที่ผ่านการบด ผ่านตะแกรง 100 เมช และอบแห้ง ประมาณ 8 - 12 กรัมลงในขวด ปิดฝา ชั่งน้ำหนักบันทึกน้ำหนักเป็น W (กรัม)
5. เติมน้ำกลั่น บันทึกอุณหภูมิของน้ำกลั่นเป็น T2 (องศาเซลเซียส) ปิดฝาชั่งน้ำหนัก บันทึกน้ำหนักเป็น W2 (กรัม) (อุณหภูมิ T1 และ T2 ควรแตกต่างกันไม่เกิน 5 องศาเซลเซียส)
6. คำนวณตามสูตร

$$\text{ความหนาแน่น (D)} = [d_1 d_2 (W - P)] / \{ (0.999973)^{T_2} (W_1 - P) - (0.999973)^{T_1} (W_2 - W) \}$$

เมื่อ

d 1 หมายถึงความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ T1 (g/cm³)

d 2 หมายถึงความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิ T2 (g/cm³)

P หมายถึงน้ำหนักของขวดพิกโนมิเตอร์ และฝาปิด (g)

W หมายถึงน้ำหนักของขวดพิกโนมิเตอร์ ฝาปิดและตัวอย่าง (g)

W1 หมายถึงน้ำหนักของขวดพิกโนมิเตอร์ ฝาปิดและน้ำกลั่น (g)

W2 หมายถึงน้ำหนักของขวดพิกโนมิเตอร์ ฝาปิด ตัวอย่าง และน้ำกลั่น(g)

7. การรายงานค่าต้องรายงานถึงทศนิยมตำแหน่งที่ 3 และการทดสอบซ้ำค่าที่ได้ ควรแตกต่างจากครั้งแรกไม่เกิน 0.005

จากการคำนวณตามสูตรในข้อ 2.6 เนื่องจาก ความหนาแน่นของน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ มีค่าประมาณ 1 กรัม ต่อลูกบาศก์เซนติเมตร จึงสามารถคำนวณค่าความถ่วงจำเพาะได้จากสูตร

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = (W - P) / (W_1 - P) \text{ หรือ } \text{น้ำหนักของตัวอย่าง} / \text{น้ำหนักของน้ำกลั่น}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 การหาความหนาแน่น โดยการชั่งน้ำหนัก

การนำวิธีการชั่งน้ำหนักวัสดุมาใช้ เป็นการหาค่าความหนาแน่น และค่าความถ่วงจำเพาะ ตามลักษณะของวัสดุ ที่นำมาทดสอบ สำหรับตัวอย่างที่เป็นของผสมในรูปของของไหล เช่น น้ำดิน และน้ำเคลือบ เราสามารถใช้การชั่งน้ำหนักในการหาค่าความหนาแน่น โดยนำหลักการตามทฤษฎี ที่กล่าวว่า ความหนาแน่นได้แก่อัตราส่วนของมวลต่อปริมาตรมาใช้ ซึ่งมีวิธีการปฏิบัติในการทดสอบดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักภาชนะที่รู้ปริมาตร บันทึกน้ำหนักภาชนะเป็น W (กรัม)
2. ใส่ตัวอย่างลงในภาชนะ บันทึกปริมาตรตัวอย่างเป็น V (ลูกบาศก์- เซนติเมตร) ชั่งน้ำหนักและบันทึกเป็น W_s (กรัม)
3. คำนวณตามสูตร

$$\begin{aligned} \text{ความหนาแน่นของวัตถุ} &= \text{มวลของวัตถุ} / \text{ปริมาตรของวัตถุ} \\ &= (W_s - W) / V \end{aligned}$$

เมื่อ

W_s หมายถึงน้ำหนักของตัวอย่างและภาชนะ (g)

W หมายถึงน้ำหนักของภาชนะที่รู้ปริมาตร (g)

V หมายถึงปริมาตรของตัวอย่างในภาชนะ (cm^3)

จาก

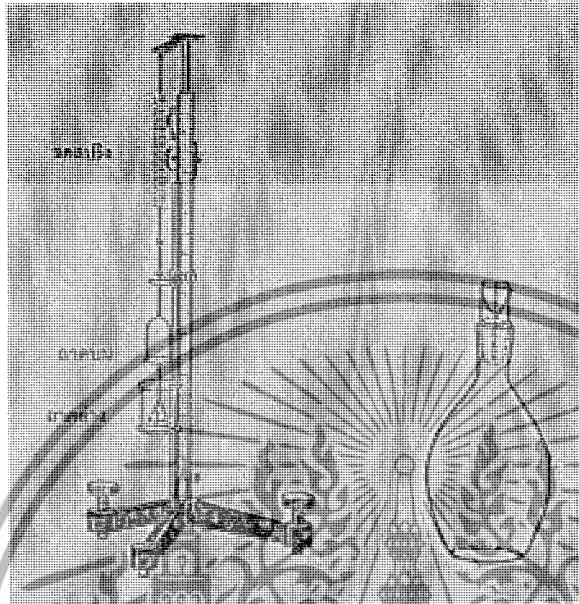
$$\begin{aligned} \text{ความถ่วงจำเพาะ} &= \text{ความหนาแน่นของตัวอย่าง} / \text{ความหนาแน่นของน้ำ} \\ &= ds / dw \end{aligned}$$

$$\text{ของแต่ความหนาแน่นน้ำ (dw) = 1 g / 1 cm}^3$$

$$\text{ดังนั้นความถ่วงจำเพาะของตัวอย่าง} = \text{ความหนาแน่นของวัตถุ}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องชั่งจอลลี จะมีถาดสำหรับวางวัตถุจำนวนสองถาด ถาดบนสำหรับชั่งน้ำหนักตามปกติที่เรียกว่า น้ำหนักในอากาศ ส่วนถาดล่างจะชั่งวัตถุที่อยู่ในน้ำ ได้นักหนักที่เรียกว่า น้ำหนักในน้ำ ซึ่งค่าน้ำหนักที่อ่านได้จะอยู่บนสเกล (รูปที่ 2.2)



รูปที่ 2.3 เครื่องชั่งจอลลี และขวดพิคโนมิเตอร์

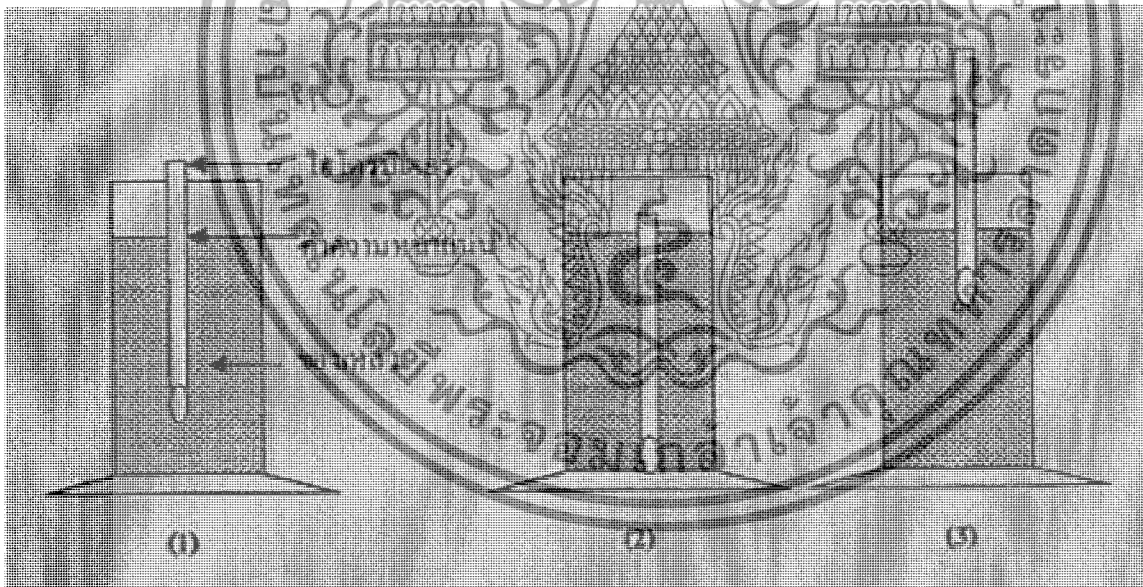
2.2.3 การหาความหนาแน่น โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์

ไฮโดรมิเตอร์เป็นเครื่องมือวัดความหนาแน่นของตัวอย่างที่อยู่ในรูปของเหลว อาจเป็นสารเดี่ยว เช่น น้ำ ก๊าซเอธิลีน และน้ำมัน เป็นต้น หรืออยู่ในรูปของผสม หรือสารแขวนลอย เช่น น้ำดิน น้ำเกลือ ซึ่งของเหลวต่าง ๆ เหล่านี้ จะมีความหนาแน่น ต่างกัน และไฮโดรมิเตอร์แต่ละอัน ก็จะใช้สำหรับ การวัดค่าความหนาแน่นของ ของเหลวที่ความหนาแน่นช่วงหนึ่งเท่านั้น โดยที่ช่วงของความหนาแน่น ที่จะใช้ไฮโดรมิเตอร์ มาวัดนี้ จะแตกต่างกันตาม การผลิตของผู้ผลิต ไฮโดรมิเตอร์บางอัน สามารถวัดความหนาแน่นของเหลวในช่วงแคบ เช่น ระหว่าง 1.6 – 1.7 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร แต่บางอันสามารถวัดความหนาแน่นช่วงกว้าง เช่น ระหว่าง 1 – 2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เป็นต้น ดังนั้นการนำไฮโดรมิเตอร์มาใช้งาน ผู้ใช้ควรมีความรู้พื้นฐาน เกี่ยวกับของเหลว ที่ต้องการวัดความหนาแน่นเป็นเบื้องต้น ว่าจะมีค่าความหนาแน่นอยู่ในช่วงใด หรือประมาณเท่าใด เพื่อให้สามารถจัดหาและเลือกใช้ไฮโดรมิเตอร์ได้ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานไฮโดรมิเตอร์ โดยจุ่มไฮโดรมิเตอร์ ลงในของเหลว ที่ต้องการวัดค่าความหนาแน่น ปล่อยให้ไฮโดรมิเตอร์ จมลงในของเหลว จนกระทั่งหยุดนิ่ง จึงอ่านค่าความหนาแน่น จากระดับตัวเลข บนแท่งไฮโดรมิเตอร์ บริเวณผิวของของเหลว (ภาพที่4 (1)) กรณีที่แท่งไฮโดรมิเตอร์จมทั้งหมด (ภาพที่4 (2)) แสดงว่า ต้องใช้ไฮโดรมิเตอร์ใหม่ ที่มีระดับค่าการวัดความหนาแน่น ต่ำกว่าเดิม เนื่องจาก ของเหลวมีค่าความหนาแน่นต่ำกว่าระดับความหนาแน่นของไฮโดรมิเตอร์ ที่ใช้อยู่ ในทางตรงข้าม กรณีที่ ไฮโดรมิเตอร์ลอยอยู่บนผิวของเหลว หรือ จมเพียงเล็กน้อยไม่อยู่ในระดับ ที่จะอ่านค่าความหนาแน่นได้ (รูปที่ 2.3 (3) หมายถึง ค่าความหนาแน่นของ ของเหลวสูงกว่าที่จะใช้ไฮโดรมิเตอร์ อันดังกล่าว วัด หรืออาจจะ หมายถึง ของเหลวมีความหนืดสูง แรงตึงผิวสูง ไฮโดรมิเตอร์ จึงไม่สามารถจมตัวลงได้

สิ่งที่ควรระวัง สำหรับการใช้ไฮโดรมิเตอร์คือ การไม่ทราบค่าความหนาแน่น ของของเหลว และใช้ไฮโดรมิเตอร์ ที่มีระดับความหนาแน่นสูงกว่า ระดับความหนาแน่นที่ต้องการทราบ เมื่อนำมาใช้งาน หลังปล่อยให้ไฮโดรมิเตอร์จะจมลง คู่กันภาชนะอย่างรวดเร็ว จนกระทั่งกระเปาะของไฮโดรมิเตอร์ กระทบกับก้นภาชนะ และแตกได้



รูปที่2.4 การใช้ไฮโดรมิเตอร์วัดค่าความหนาแน่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ทฤษฎีและหลักการพื้นฐานของระบบอิเล็กทรอนิกส์

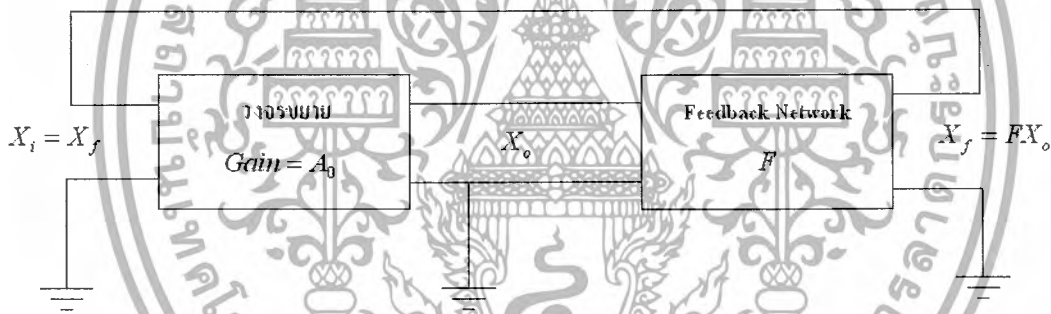
3.1 วงจรออสซิลเลเตอร์(Oscillator)

วงจรออสซิลเลเตอร์มักถูกรวมเป็นองค์ประกอบหนึ่งของระบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีการประยุกต์ใช้งานในด้านการกำเนิดสัญญาณหรือกำเนิดความถี่ รวมทั้งใช้ในการกำเนิดสัญญาณนาฬิกาให้แก่ไมโครโปรเซสเซอร์ไปจนถึงการสร้างสัญญาณคลื่นพาห้ให้แก่ระบบต่างๆ

หลักการพื้นฐานของวงจรออสซิลเลเตอร์

วงจรออสซิลเลเตอร์จะผลิตหรือกำเนิดสัญญาณเอาต์พุตออกมา โดยปกติจะอยู่ในรูปแบบแรงดัน โดยวงจรออสซิลเลเตอร์ไม่จำเป็นต้องมีการป้อนอินพุต วงจรจะผลิตสัญญาณเอาต์พุตออกมาอย่างต่อเนื่องและไม่จำกัด ระบบที่มีการป้อนกลับแบบลบ (Negative Feedback) สามารถที่จะออสซิลเลทหรือกำเนิดความถี่ออกมาได้โดยการออกแบบให้ วงจรขยายที่ไม่ดี (Badly-Designed Feedback Amplifier)

หลักการวิเคราะห์การทำงานของวงจรออสซิลเลเตอร์



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของวงจรออสซิลเลเตอร์พื้นฐาน

- คำนวณค่าของอัตราขยายของวงจรขยาย ในการคำนวณค่าของ A_0 ของวงจร Feedback Network จะเป็นส่วนหนึ่งของโหนดของวงจรขยาย

$$A_o(j\omega) = \frac{X_o}{X_i}$$

- คำนวณหาค่าของ Feedback Factor: F

$$F(j\omega) = \frac{X_f}{X_o}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากเงื่อนไขของการออสซิลเลท วงจรจะเกิดการออสซิลเลทเมื่อการเลื่อนเฟสของลูปมีค่า 0° หรือ $2n\pi$ เรเดียน หรือเกิดการป้อนกลับแบบบวก การออสซิลเลทเกิดขึ้นเมื่อ

$$1 - A_o F(j\omega) = 0 \quad \text{หรือ}$$

$$A_o F(j\omega) = 1 = 1 + j0$$

นำค่า A_o และ F ที่ได้มาคูณกันซึ่งจะได้ค่าของ $A_o F$ อยู่ในรูปของจำนวนเชิงซ้อน ซึ่งจะได้ว่า

$$A_o F(j\omega) = \text{Re}\{A_o F\} + \text{Im}\{A_o F\} = 1 + j0$$

นั่นคือ

$$\text{Im}\{A_o F\} = 0$$

$$\text{Re}\{A_o F\} = 1$$

โดยการแก้สมการ

$$\text{Im}\{A_o F\}_{\omega=\omega_0} = 0$$

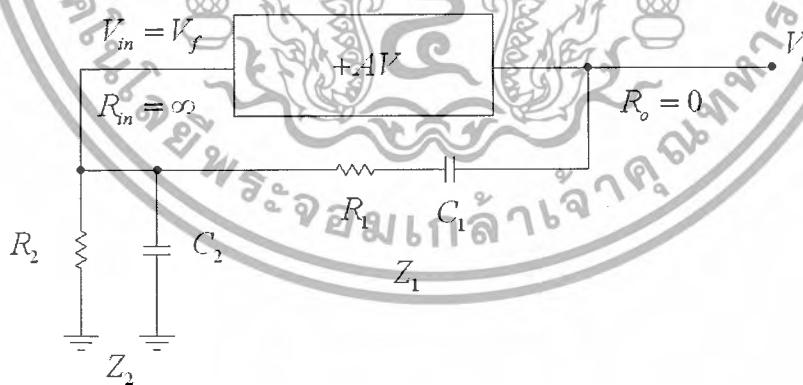
จะได้ค่า ω_0 เป็นความถี่ของการออสซิลเลท และ

$$\text{Re}\{A_o F\}_{\omega=\omega_0} = 1$$

จะได้ค่าอัตราขยายต่ำสุด A_o เพื่อที่จะทำให้เกิดการออสซิลเลทนั่นเอง
ชนิดของวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้งาน

- วงจรออสซิลเลเตอร์แบบเวนบริดจ์ (WIEN BRIDGE OSCILLATOR)

เป็นการใช้วงจรขยาย Non Inverting ร่วมกับการเลื่อนเฟส 0° (0° Phase Shift)



รูปที่ 3.2 วงจรส่วนประกอบพื้นฐานของวงจร ออสซิลเลเตอร์แบบเวนบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณในส่วนของวงจรออสซิลเลเตอร์แบบ WIEN BRIDGE OSCILLATOR จะสมมติให้ใช้ Idle Non Inverting Amplifier มีค่า Gain = $+AV$ ดังนั้นจะได้ว่า

$$V_f = V_o \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2} = V_{in} = FV_o$$

$$F = \frac{Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$A_o F = \frac{A_v Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$Z_1 = R_1 + \frac{1}{j\omega C_1} = \frac{j\omega R_1 C_1 + 1}{j\omega C_1}$$

$$Z_2 = R_2 \parallel \frac{1}{j\omega C_2} = \frac{R_2}{j\omega R_2 C_2 + 1}$$

แทนค่า Z_1 และ Z_2

$$A_o F(\omega) = A_o \cdot \frac{R_2}{j\omega R_2 C_2 + 1} \cdot \frac{1}{\frac{j\omega R_1 C_1 + 1}{j\omega C_1} + \frac{R_2}{j\omega R_2 C_2 + 1}}$$

$$A_o F(\omega) = \frac{A_v}{\left[1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}\right] + j\left[\omega R_1 C_2 - \frac{1}{\omega R_2 C_1}\right]}$$

ที่ $\omega = \omega_0$ ค่าของ Phase Shift = 0° โดยที่ $\text{Im}\{A_o F\} = 0$

$$\omega_0 R_1 C_1 = \frac{1}{\omega_0 R_2 C_2} = 0$$

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

ที่ $\omega = \omega_0$

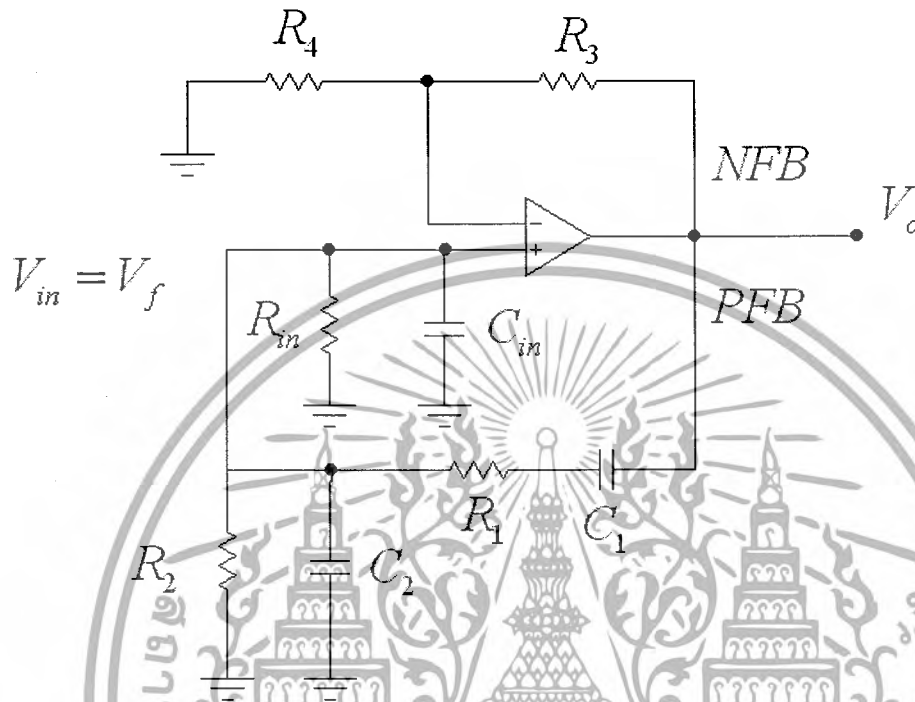
$$A_o F(\omega) = \frac{A_v}{1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}} \geq 1$$

ดังนั้น

$$A_v \geq 1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อที่จะควบคุม A_v ของวงจรขยายให้มีค่าตามที่ต้องการได้อย่างถูกต้อง สามารถทำได้ โดยการป้อนกลับแบบลบให้กับวงจรหรือก็คือการ Negative Feedback นั่นเอง ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วงจรออสซิลเลเตอร์ WIEN BRIDGE OSCILLATOR ที่มีการป้อนกลับแบบลบ

จากรูปจะได้ว่า

$$\text{Gain} = \frac{V_o}{V_{in}} = 1 + \frac{R_3}{R_4}$$

สำหรับ วงจรขยายแบบ Non Inverting Amplifier จะพบว่า R_{in} จะขนานกับ R_2 และในทำนองเดียวกัน R_o จะอนุกรมกับ R_1 ดังนั้น

$$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{R_1 R_2 C_1 C_2}}$$

$$A_v \geq 1 + \frac{R_1}{R_2} + \frac{C_2}{C_1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดย

$$R_1 = R_1 + R_o$$

$$R_2 = R_2 // R_{in}$$

$$C_2 = C_2 // C_{in}$$

- วงจรออสซิลเลเตอร์แบบแอลซีทรานซิสเตอร์ (GENERALIZED TRANSISTOR LC OSCILLATOR)



รูปที่ 3.4 วงจรพื้นฐานของวงจร GENERALIZED TRANSISTOR LC OSCILLATOR

โดยที่ Z_1 , Z_2 , Z_3 อาจเป็น L หรือ C หรือ LC ทางออกอาจอยู่ที่ใดก็ได้ และในทำนองเดียวกัน กราวด์อาจจะอยู่ที่ใดก็ได้ ซึ่งอาจจะขึ้นอยู่กับการจัดไบอัสของทรานซิสเตอร์เองรวมทั้งความต้องการในเรื่องของอัตราขยายแรงดันของวงจรที่ออกแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อิมพีแดนซ์รวมที่ขาคอลเลกเตอร์คือ

$$Z_c = Z_1(Z_3 + Z_1') = \frac{Z_2(Z_3 + Z_1')}{Z_2 + Z_3 + Z_1'}$$

$$Z_1' = Z_1 // R_L = \frac{R_L Z_1}{Z_1 + R_L}$$

$$A_o = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{-\beta \cdot ib \cdot Z_c}{ib \cdot rb_e} = \frac{-\beta}{rb_e} \left[\frac{Z_2(Z_3 + Z_1')}{Z_2 + Z_3 + Z_1'} \right]$$

$$V_f = \frac{V_o Z_1'}{Z_1' + Z_3}$$

$$\frac{V_f}{V_o} = F = \frac{Z_1'}{Z_1' + Z_3}$$

$$A_o F = \frac{-\beta}{rb_e} \left[\frac{Z_2(Z_3 + Z_1')}{Z_2 + Z_3 + Z_1'} \right] \left[\frac{Z_1'}{Z_1' + Z_3} \right] = \frac{-\beta}{rb_e} \left[\frac{Z_1' \cdot Z_2}{Z_2 + Z_3 + Z_1'} \right]$$

$$A_o F = \frac{-\beta}{rb_e} \left[\frac{Z_2 \cdot \frac{R_L Z_1}{Z_1 + R_L}}{Z_2 + Z_3 + \frac{R_L Z_1}{Z_1 + R_L}} \right]$$

$$A_o F = \frac{-\beta}{rb_e} \left[\frac{Z_1 \cdot Z_2 \cdot R_L}{Z_2(Z_3 + R_L) + Z_3(Z_1 + R_L) + R_L Z_1} \right]$$

$$A_o F(j\omega) = \left[\frac{-\beta \cdot Z_1 \cdot Z_2 \cdot R'}{Z_1(Z_2 + Z_3) + R'(Z_1 + Z_2 + Z_3)} \right]; R' = \frac{R_L}{rb_e}$$

โดยที่ Z_1, Z_2, Z_3 อาจอยู่ในรูปของ $+j\omega L$ หรือ $-j\omega L$ ดังนั้นผลคูณของ Z ที่จะเป็นเลขจำนวนจริง และส่วนของจำนวนจินตภาพของ $A_o F$ คือ

$$\text{Im}\{A_o F\} = R'(Z_1 + Z_2 + Z_3)$$

ดังนั้น

$$R'(Z_1 + Z_2 + Z_3)|_{\omega=0} = 0$$

จะได้ $\omega 0$ คือ ความถี่ของการออกสซิลเลท

และ

$$\text{Re}\{A_o F\} = \frac{-\beta \cdot Z_1 \cdot Z_2 \cdot R'}{Z_1(Z_2 + Z_3)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ดังนั้น

$$\frac{-\beta \cdot Z_1 \cdot Z_2 \cdot R'}{Z_1(Z_2 + Z_3)} \Big|_{\omega=0} \geq 1$$

จะได้ว่า

$$\beta(\omega_0) \geq \frac{Z_1}{R'Z_2} \geq \frac{Z_1}{Z_2} \left(1 + \frac{r_{bb'} + r_{b'e}}{R_{BB}}\right)$$

3.2 วงจรกรองความถี่ (Filter)

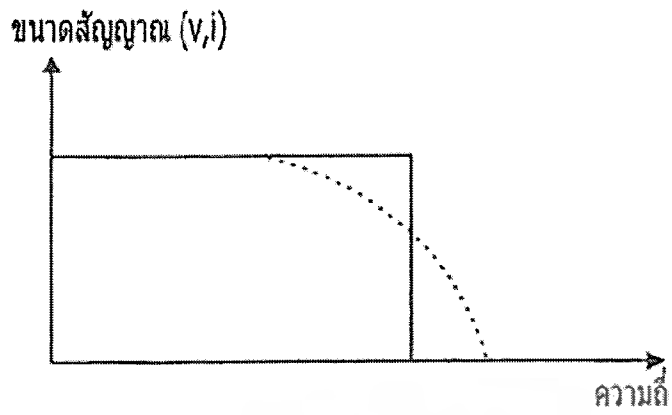
วงจรกรองความถี่ คือ วงจรที่ใช้สำหรับกรองสัญญาณให้ความถี่เฉพาะที่ต้องการหรือที่ใช่ผ่าน ออกมาทางด้านเอาต์พุตของวงจรได้เท่านั้น ส่วนความถี่อื่น ๆ ที่ไม่ต้องการผ่านจะถูกลดทอน (Attenuate) จนขนาดหมดไป วงจรกรองความถี่ที่ใช้งานกันมีอยู่ 2 ลักษณะคือ วงจรแบบพาสซีฟ (Passive) และวงจรแบบแอคทีฟ (Active)

วงจรในแบบที่เป็นพาสซีฟนั้น จะใช้เพียงอุปกรณ์ประเภทความต้านทาน ตัวเก็บประจุ และตัวเหนี่ยวนำเท่านั้น แต่ในวงจรประเภทแอคทีฟจะรวมถึงทรานซิสเตอร์ และออปแอมป์ด้วย

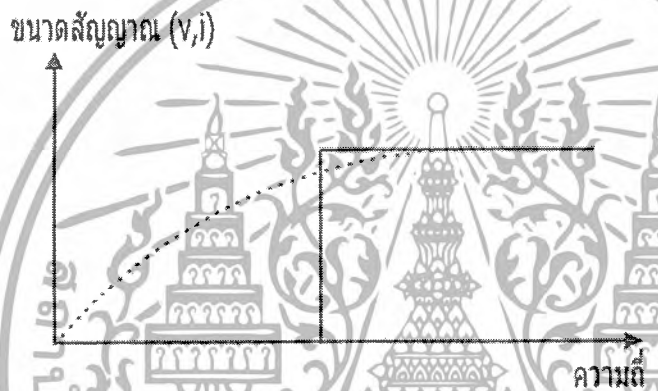
วงจรฟิลเตอร์ สามารถแบ่งตามหน้าที่การทำงานเป็น 4 ชนิดด้วยกัน คือ

- 1) วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter : LPF) เป็นวงจรที่จะยอมให้ความถี่ต่ำผ่านไปได้ดี และจะลดทอนสัญญาณที่มีความถี่สูง
- 2) วงจรกรองความถี่สูงผ่าน (High Pass Filter : HPF) เป็นวงจรที่จะยอมให้ความถี่สูงผ่านไปได้ดี และจะลดทอนสัญญาณความถี่ต่ำ
- 3) วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (Band-Pass Filter : BPF) เป็นวงจรที่จะยอมให้เฉพาะช่วงแถบความถี่ผ่านไปได้ และจะลดทอนความถี่ที่ต่ำกว่าและสูงกว่า
- 4) วงจรกำจัดความถี่ (Band Reject Filter หรือ Notch) จะยอมให้สัญญาณที่มีความถี่ต่ำกว่าและ สูงกว่าผ่านไปได้ และจะลดทอนช่วงแถบความถี่

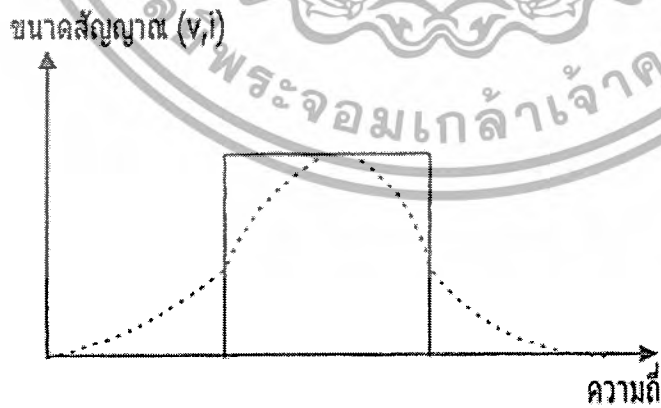
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)

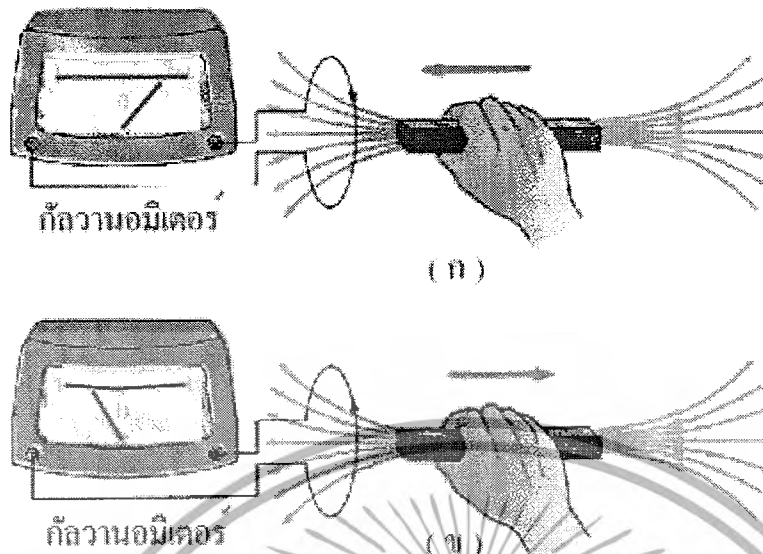


(b)



(c)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 (ก) เมื่อเคลื่อนที่แท่งแม่เหล็กเข้าขดลวด (ข) เมื่อเคลื่อนที่แท่งแม่เหล็กออกจากขดลวด

3.3.2 การเหนี่ยวนำตนเองและการเหนี่ยวนำร่วมของขดลวด

เมื่อปล่อยกระแส I ผ่านเข้าไปในขดลวดจะเกิดสนามแม่เหล็กผ่านพื้นที่หน้าตัดของขดลวด หรือเกิดฟลักซ์แม่เหล็ก ปริมาณฟลักซ์แม่เหล็กจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของกระแสที่ผ่านขดลวด

รูปที่ 3.7 การเหนี่ยวนำตนเองของขดลวด

$$\phi_E \propto I$$

$$\phi_E = LI$$

เมื่อ L เป็นค่าคงที่เรียกว่าความเหนี่ยวนำตนเองของวงจร (self inductance) เราสามารถหาค่าแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำซึ่งเกิดจากฟลักซ์แม่เหล็กของขดลวดผ่านพื้นที่หน้าตัดของตัวเองได้จากกฎของฟาราเดย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\xi = -L \frac{dI}{dt}$$

เครื่องหมายลบแสดงว่าแรงเคลื่อน ไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีทิศตรงข้ามกับทิศการเปลี่ยนแปลงของกระแสเป็นไปตามกฎของเลนซ์ แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจะมีทิศตรงข้ามกับกระแส ถ้า dI/dt มีค่าเพิ่มขึ้น และจะมีทิศเดียวกับทิศของกระแส ถ้า dI/dt มีค่าลดลง

ถ้าให้กระแส I_1 ไหลผ่านขดลวดขดที่ 1 จะมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นรอบวงจรรนี้ ฟลักซ์แม่เหล็กบางส่วนจะผ่านพื้นที่หน้าตัดขดลวดขดที่ 2 เมื่อ I_1 มีการเปลี่ยนแปลงจะทำให้ฟลักซ์แม่เหล็กที่ผ่านขดลวดขดที่ 2 มีการเปลี่ยนแปลง แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำจึงเกิดขึ้นบนขดลวดขดที่ 2 ฟลักซ์ที่ผ่านขดลวดขดที่ 2 จะเป็นสัดส่วนตรงกับกระแส I_1

$$\phi_2 = MI_1$$

เมื่อ M คือค่าคงที่เรียกว่าความเหนี่ยวนำของวงจร (mutual inductance)

รูปที่ 3.8 การเหนี่ยวนำร่วมเกิดขึ้นในขดลวด 2 วง

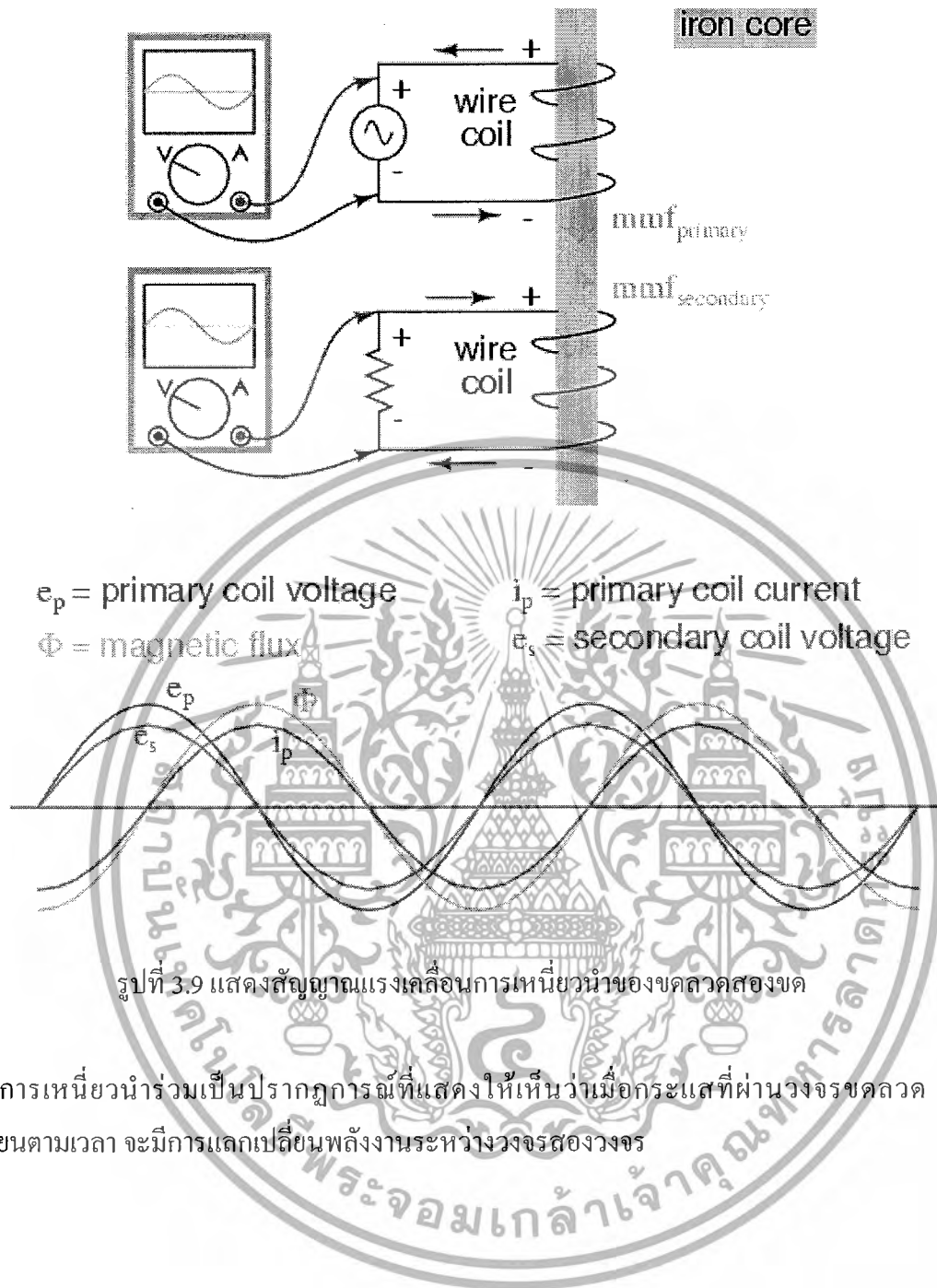
แรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำที่เกิดขึ้นบนขดลวดขดที่ 2 คือ

$$\xi = -M \frac{dI_1}{dt}$$

ในทำนองกลับกันถ้าป้อนกระแส I_2 ที่ขดลวดขดที่ 2 การเปลี่ยนแปลงของกระแส I_2 จะทำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้าเหนี่ยวนำบนขดลวดขดที่ 1 เช่นกัน

$$\xi = -M \frac{dI_2}{dt}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 แสดงสัญญาณแรงเคลื่อนการเหนี่ยวนำของขดลวดสองขด

การเหนี่ยวนำร่วมเป็นปรากฏการณ์ที่แสดงให้เห็นว่าเมื่อกระแสที่ผ่านวงจรขดลวดแปรเปลี่ยนตามเวลา จะมีการแลกเปลี่ยนพลังงานระหว่างวงจรสองวงจร

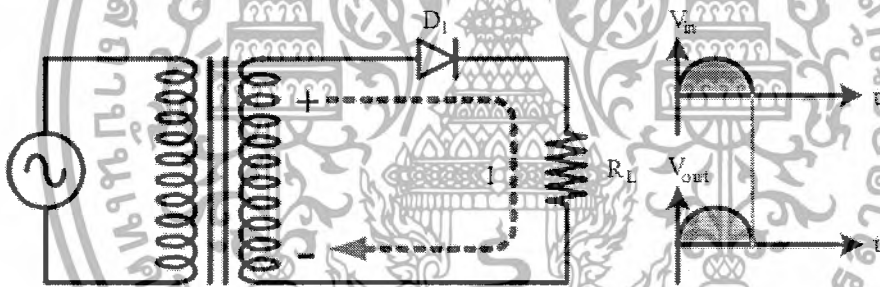
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit)

วงจรเรียงกระแสเป็นวงจรที่ทำการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับซึ่งมีทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า 2 ทิศทาง ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง นั่นคือ ทำให้การไหลของกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นในทิศทางเดียว สำหรับวงจรเรียงกระแสสามารถแบ่งออกได้ 3 แบบ ดังนี้

3.4.1 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier)

การสร้างวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่นทำได้โดยการต่อไดโอดให้อยู่ระหว่างหม้อแปลงไฟฟ้าและโหลด สำหรับช่วงของครึ่งบวกของแรงดันไฟฟ้าจากด้านทุติยภูมิจะทำให้ขั้วอานอดของไดโอดได้รับแรงดันไฟฟ้าเป็นบวก ดังนั้นไดโอดจึงอยู่ในสถานะ ON ในกรณีนี้ไดโอดจะเป็นตัวทำให้ช่วงครึ่งบวกของแรงดันไฟฟ้าจากด้านทุติยภูมิไปปรากฏพร้อมที่โหลด ส่วนในช่วงซีกลบของแรงดัน จากด้านทุติยภูมิ จะทำให้ขั้วของอานอดของไดโอดได้รับแรงดันไฟฟ้าที่เป็นลบ ดังนั้นไดโอดจึงอยู่ในสถานะ OFF ซึ่งในกรณีนี้จะไม่มีกระแสไหลผ่านไดโอด ส่งผลให้ไม่มีแรงดันไฟฟ้าไปปรากฏพร้อมที่โหลด



รูปที่ 3.10 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น (Half Wave Rectifier)

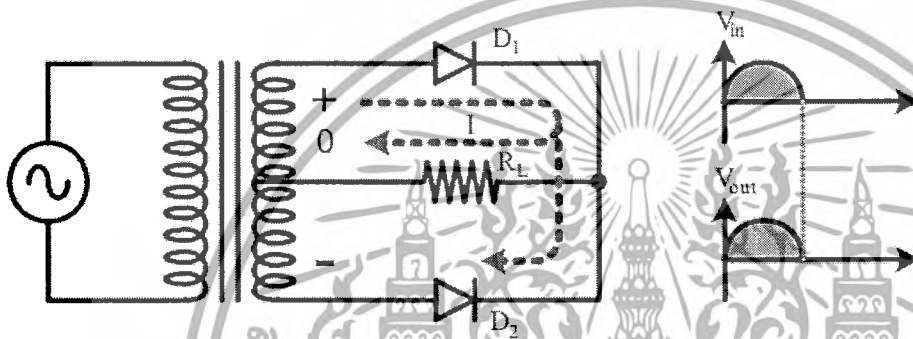
3.4.2 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier)

เนื่องจากการกรองสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น ให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีระดับแรงดันไฟฟ้าที่เรียบขึ้นนั้นทำได้ยาก ทั้งนี้เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าที่ส่งผ่านไปยังโหลดเป็นเพียงครึ่งหนึ่งของแต่ละสัญญาณอินพุตเท่านั้น ดังนั้น ในส่วนนี้จะเป็นการทำความรู้จักกับวงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น ซึ่งใช้ไดโอด 2 ตัว ในการที่จะส่งผ่านช่วงครึ่งคลื่นของสัญญาณทั้งสองไปยังโหลด โดยให้ไหลผ่านไปในทิศทางเดียวกัน วงจรเรียงกระแสแบบเซ็นเตอร์แท็ป ซึ่งประกอบด้วยหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดที่มีเซ็นเตอร์แท็ป และไดโอด 2 ตัว โดยส่วนที่เป็นเซ็นเตอร์แท็ปของขดลวดทุติยภูมิจะต่อลงกราวด์เพื่อให้เกิดความต่างเฟสกันถึง 180 องศา ระหว่างสัญญาณที่ออกมาจากส่วนบนและส่วนล่างของขดลวดทุติยภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้ามาอยู่ในช่วงครึ่งบวกการทำงานของวงจร โดยสัญญาณแรงดันไฟบวกที่ปรากฏส่วนบนของขดลวดทุติยภูมิจะมีผลทำให้ไดโอดอยู่ในสถานะ ON ในขณะที่แรงดันไฟลบจะไปปรากฏที่ส่วนล่างของขดลวดทุติยภูมิจะอยู่ในสถานะ OFF การทำงานของวงจรในลักษณะนี้จะทำให้กระแสอิเล็กตรอนไหลจากเซ็นเตอร์แท๊ปไปยัง โหลด

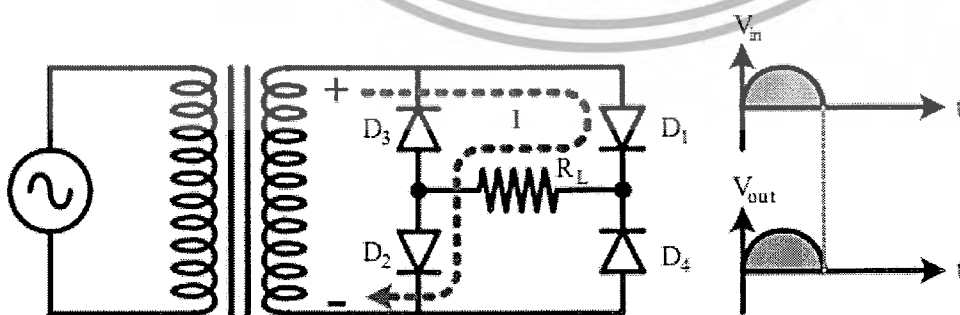
ดังนั้นการทำงานของไดโอดจำนวน 2 ตัว และหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดที่มีเซ็นเตอร์แท๊ปจะเป็นการเปลี่ยนไฟฟ้ากระแสสลับที่มีทิศทางไหลของกระแสไฟฟ้า 2 ทิศทางให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่มีการไหลของทิศทางกระแสไฟฟ้าทิศทางเดียวและแรงดันเอาต์พุตที่ปรากฏพร้อมโวลต์จะมีสถานะชั่วไฟเหมือนกันด้วย



รูปที่ 3.11 วงจรเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น (Full Wave Rectifier)

3.4.3 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier)

วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ โดยการทำงานของวงจรเมื่อได้รับสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้ามาอยู่ในช่วงครึ่งคลื่นบวก การทำงานของวงจร โดยสัญญาณแรงดันไฟบวกที่ป้อนเข้ามาส่วนบนของวงจรบริดจ์จะส่งผลทำให้ไดโอดอยู่ในสถานะ ON จึงทำให้อิเล็กตรอนจากส่วนล่างของวงจรบริดจ์ซึ่งเป็นแรงดันไฟลบไหลผ่าน โหลด

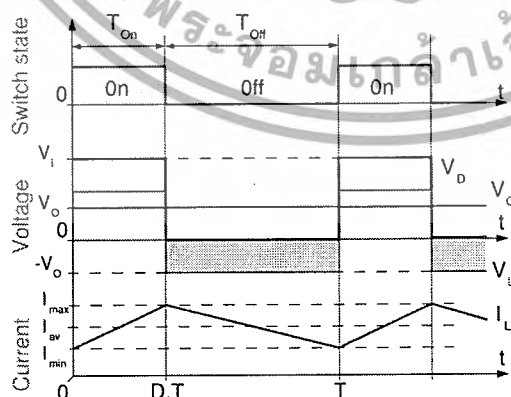
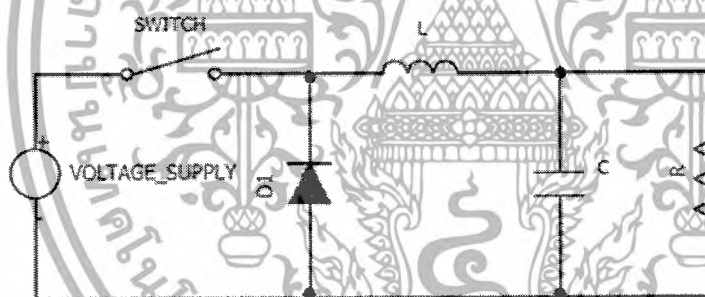


รูปที่ 3.12 วงจรเรียงกระแสแบบบริดจ์ (Bridge Rectifier)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

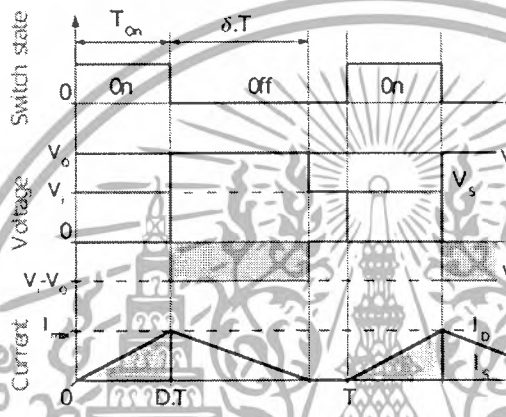
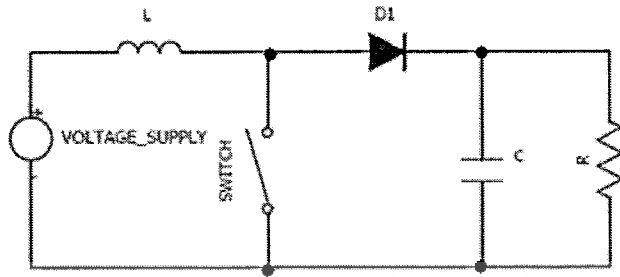
3.5 วงจรแปลงผันไฟตรงเป็นไฟตรง (DC to DC Converter)

วงจรแปลงผันไฟตรงเป็นไฟตรง (DC to DC Converter) คือ วงจรที่ใช้สำหรับแปลงแรงดันไฟตรงค่าหนึ่งเป็นไฟตรงอีกค่าหนึ่ง ซึ่งทำให้แรงดันสูงขึ้นหรือต่ำลงก็ได้ ถ้าจะเปรียบเทียบกับไฟฟ้ากระแสสลับ วงจรแปลงผันเหล่านี้ก็คือหม้อแปลงสำหรับไฟตรงนั่นเอง โดยส่วนใหญ่ วงจรที่ใช้กันหลักๆ มีอยู่สามวงจรคือ Buck Converter หรือวงจรทอนระดับ(ลดแรงดัน) Boost Converter หรือวงจรทบระดับ(เพิ่มแรงดัน) และ Buck-Boost Converter หรือวงจรทอน-ทบระดับ (เพิ่มก็ได้ลดก็ได้) วงจรเหล่านี้อาศัยหลักการสวิตช์ของวงจรเป็นจังหวะๆ เพื่อสะสมถ่ายโอนพลังงานระหว่างตัวเก็บประจุ ตัวเหนี่ยวนำ และโหลดทางขาออก โดยใช้อุปกรณ์พวก transistor แบบ BJT หรือ FET ในการสวิตช์ และช่วยกำหนดทิศทางการไหลของกระแสด้วย ไดโอด ข้อดีของ DC to DC Converter เหนือ Voltage regulator หลักๆ ก็คือ ประสิทธิภาพสูงกว่า การลดแรงดันด้วย regulator แรงดันส่วนที่หายไปคือแรงดันตกคร่อมสูญเสียในตัวต้านทาน แต่วงจรแปลงผันแบบทอนระดับไม่ได้เสียไปด้วยสาเหตุดังกล่าว วงจรแปลงผันใช้หลักการสับสวิตช์เป็นจังหวะ พลังงานสูญเสียจึงเกิดจากการสวิตช์ (switching loss) ส่วนเหตุผลที่หายไปสามารถเข้าใจได้ไม่ยากเมื่อเราเข้าใจวิธีการทำงานของมัน

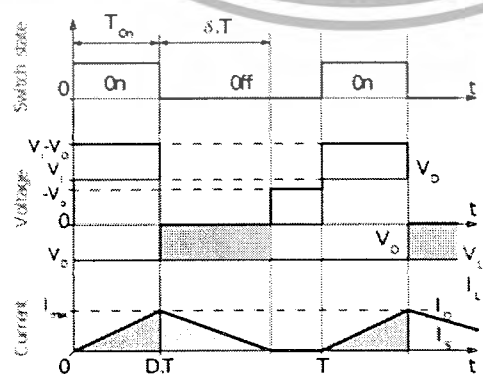
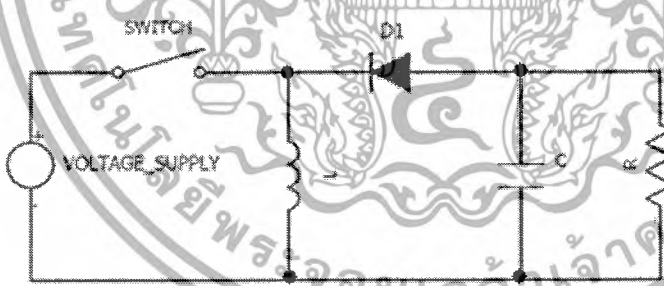


รูปที่ 3.13 Buck Converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 Boost Converter



รูปที่ 3.15 Buck – Boost Converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 โครงสร้างและสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458

3.6.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458

สามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ หน่วยประมวลผลกลาง(Central Processing Unit: CPU)

ส่วนของเพอริเฟอรัล (Peripheral) และคุณสมบัติพิเศษอื่นๆ

3.6.2 คุณสมบัติของหน่วยประมวลผลกลางภายในPIC18F458

- มีคำสั่งเพียง 35 คำสั่ง ขนาด 14 บิต
- คำสั่งหนึ่งๆ ใช้เวลาทำงาน 1 ถึง 2 ไชเคลิล
- ทำงานได้สูงสุดที่ 20 เมกะเฮิร์ต
- ทำงานแบบ Pipe-line (มี 2 ท่อ) ทำให้ ณ เวลาหนึ่งทำงาน 2 อย่างพร้อมๆกัน ได้
- มีสแต็กให้ใช้ได้สูงสุด 8 ระดับ
- สัญญาณนาฬิกามีหลายโหมดให้เลือกใช้งาน คือ อาจจะใช้คริสตอล หรือ วงจรอาร์ซี ก็ได้
- มีพอร์ตใช้งานทั้งหมด 5 พอร์ต
- มีระบบตรวจระดับไฟเลี้ยง (Brown-out reset)
- มี อนุาลอกทูลิจิตอลคอนเวอร์เตอร์ แบบ 10 บิต จำนวน 8 ช่องนำเข้าไปในตัวอง
- มีระบบ USART สำหรับต่อกับ การสื่อสารแบบ RS232
- มี ไทเมอร์เคาเตอร์ 3 ตัว
- สามารถโปรแกรมด้วยไฟ +5 โวลต์ ดีซี ได้
- มีแหล่งกำเนิดอินเตอร์ปต์ 14 แหล่ง ได้แก่
 1. การเปลี่ยนแปลงสัญญาณจากอนุาลอกเป็นดิจิตอล
 2. เกิดไทม์เอาต์ในการแปลงสัญญาณจากอนุาลอกเป็นดิจิตอล
 3. เกิดบั๊สคอลลิสชั่น(Bus collision) หรือการชนกันของข้อมูลในระบบบัส
 4. มีการกดปุ่มเกิดขึ้น
 5. จากโมดูลตรวจจับหรือเปรียบเทียบ CPP
 6. จากการเปรียบเทียบแรงดันอนุาลอกเป็นจริง
 7. เขียนข้อมูลในหน่วยความจำอีอีพรอมเสร็จสมบูรณ์
 8. จากสัญญาณอนุาลอกภายนอก
 9. เกิดจากการใช้โมดูลแอลซีดี
 10. เมื่อตรวจพบแรงดันไฟเลี้ยงต่ำกว่าที่กำหนด
 11. มีข้อมูลเข้ามาที่พอร์ตขนานเสริมหรือ PSP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. เมื่อพอร์ตมีการเปลี่ยนแปลงลอจิก

13. เมื่อมีการเริ่มต้นใช้งานระบบบัสSPI หรือไอสแควลซี (I2C)

14. จากการโอเวอร์โพล์ของไทเมอร์

- หน่วยความจำข้อมูล (data memory) เป็นแบบอีอีพรอมสามารถลบและเขียนใหม่ได้ประมาณล้านครั้งและเก็บข้อมูลได้ 40 ปี

- หน่วยความจำโปรแกรมมีโครงสร้างเป็นหน่วยความจำแบบแฟลช มีขนาด 32 กิโลเวิร์ด โดยใน 1 เวิร์ดของ PIC18F458 มีขนาด 14 บิต

- หน่วยความจำข้อมูลเป็นหน่วยความจำแบบอีอีพรอมขนาด 256 ไบต์

- หน่วยความจำแรมได้รับการกำหนดให้ทำงานรีจิสเตอร์กำหนดเพิ่มข้อมูลหรือรีจิสเตอร์ไฟล์ขนาด 1,536 ไบต์

3.6.3 คุณสมบัติทางเทคนิคของ เพอริเฟอรัล (Peripheral) ใน PIC18F458

- มีขาอินพุตเอาต์พุต 13 ขา สามารถกำหนดเป็นขาอินพุตหรือเอาต์พุตได้อย่างอิสระ

- กระแสซิงก์/ซอร์สของแต่ละขาอินพุตเอาต์พุตสูงที่จะขับแอลอีดีได้โดยตรง

- กระแสซิงก์สูงสุด 25 มิลลิแอมป์ต่อขา

- กระแสซอร์สสูงสุด 25 มิลลิแอมป์ต่อขา

- มีไทเมอร์/เคาเตอร์ขนาด 8 บิต คือ TMRO พร้อมกับ 프리สเกลเลอร์ (prescaler) ขนาด 8 บิตที่สามารถโปรแกรมได้

3.6.4 คุณสมบัติอื่นๆ

- มีเพาเวอร์ออนรีเซตในตัว (POR:Power-on Reset)

- มีเพาเวอร์อัปไทเมอร์ในตัว (PWRT:Power-up Timer)

- มีออสซิลเลเตอร์สตาร์ทอัปไทเมอร์ (OST:Oscillator Start-up Timer)

- มีวอตช์ดอกไทเมอร์ (WDT:Watch Dog Timer) พร้อมกับวงจรรอออสซิลเลเตอร์ RC ภายในเพื่อช่วยให้การทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์มีเสถียรภาพยิ่งขึ้น

- ป้องกันการคัดลอกข้อมูลในหน่วยความจำโปรแกรม

- มีโหมดประหยัดพลังงานหรือโหมดสลีป (Sleep mode)

- สามารถเลือกวงจรรอออสซิลเลเตอร์ที่ใช้กำหนดการทำงานได้

- การเขียนข้อมูลเข้าสู่หน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นแบบอนุกรมผ่านขาใช้งานเพียง 2 ขา

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ได้รับการพัฒนาภายใต้เทคโนโลยีซีมอสแฟลช/อีอีพรอม

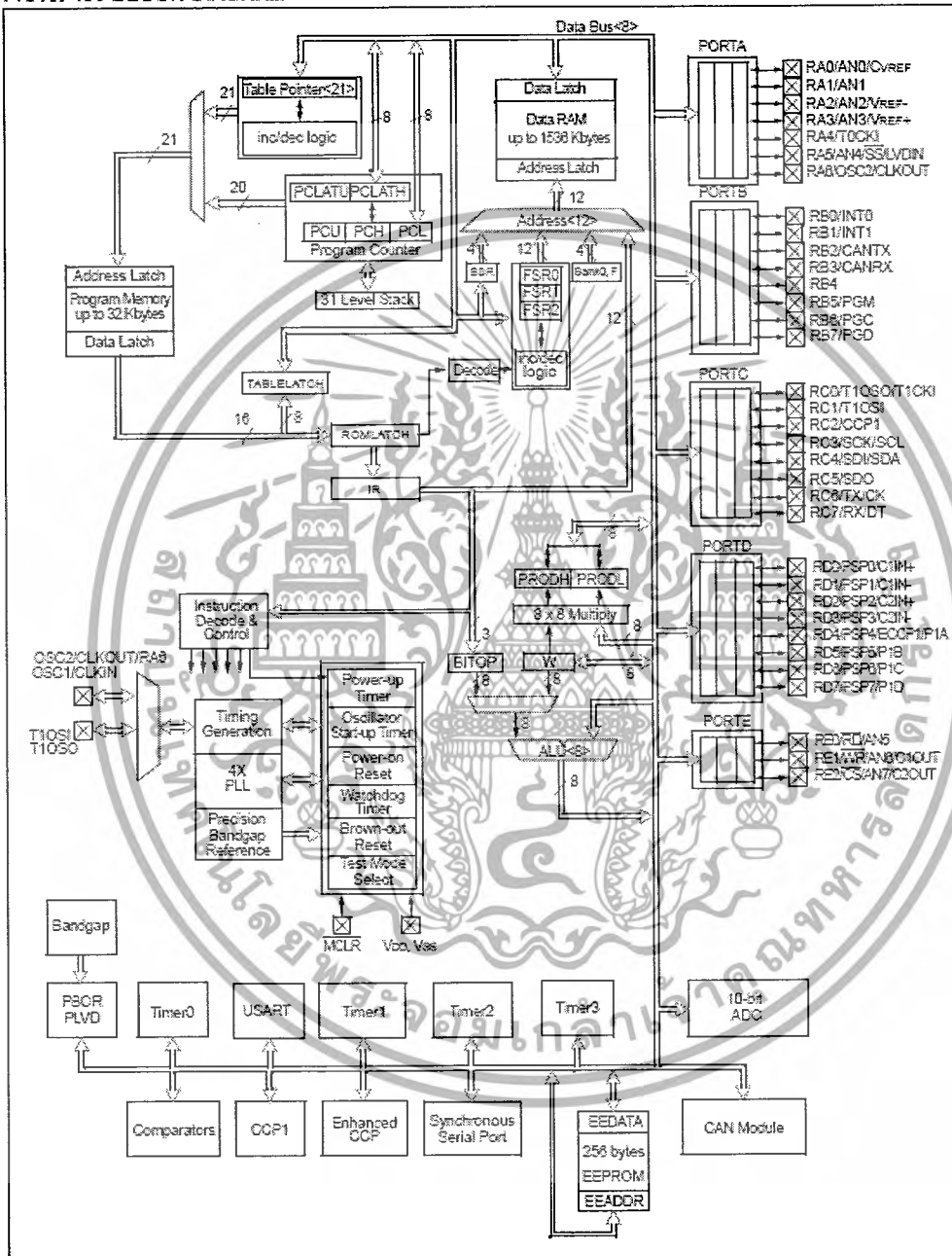
ความเร็วสูง สูญเสียพลังงานต่ำ

- ย่านไฟเลี้ยง 2.0-5.5 V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.5 สถาปัตยกรรมของ PIC18F458

PIC18F458 BLOCK DIAGRAM



รูปที่ 3.16 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์PIC18F458

PIC18F458 มีการจัดสรรหน่วยความจำดังนี้

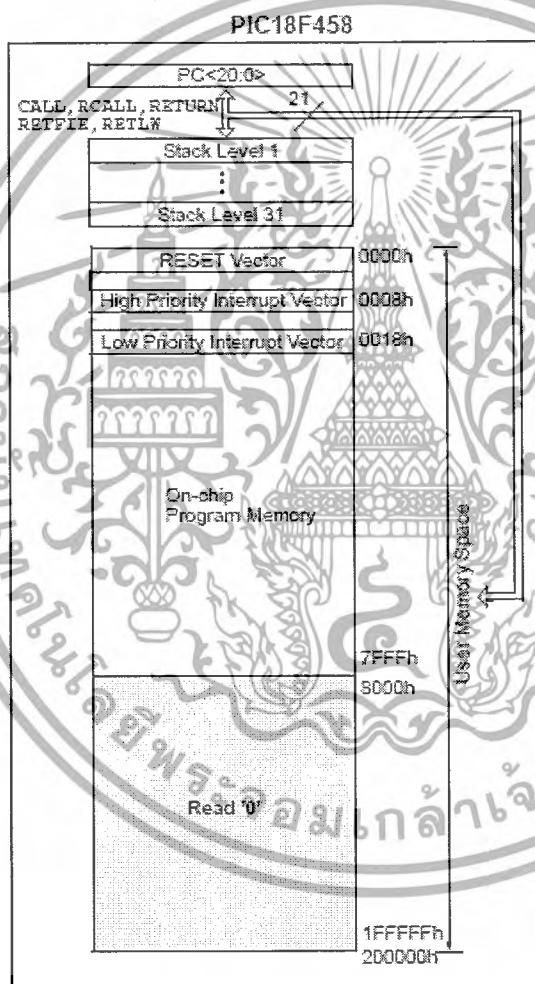
- หน่วยความจำโปรแกรม มีโครงสร้างเป็นหน่วยจำแบบแฟลช มีขนาด 32 กิโลไบต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- หน่วยความจำข้อมูลอีพรอม ขนาด 256 ไบต์
- หน่วยความจำข้อมูลแรม ได้รับการกำหนดให้ทำงานเป็นรีจิสเตอร์กำหนดเพิ่มข้อมูล หรือรีจิสเตอร์ไฟล์ขนาด 1,536 ไบต์ การเข้าถึงหน่วยความจำทั้งหมดของหน่วยประมวลผลกลาง หรือซีพียูภายในไมโครคอนโทรลเลอร์นี้สามารถทำได้ทั้งลักษณะ โดยตรง และ โดยอ้อม

3.6.6 การจัดการหน่วยความจำของ PIC18F458

การจัดการหน่วยความจำของ PIC18F458 ถูกแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ หน่วยความจำโปรแกรม, หน่วยความจำข้อมูล และหน่วยความจำส่วนของ EEPROM



รูปที่ 3.17 แสดงการจัดการหน่วยความจำของ PIC18F458

ไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458 ได้รับการบรรจุหน่วยประมวลผล หน่วยความจำ หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และหน่วยอินพุตไว้พร้อมสรรพ อีกทั้งยังมีไทมเมอร์และวอตช์ด็อกครบถ้วนสมบูรณ์ ดังแสดงสถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC18F458 ในรูปที่แสดง เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.7 หน่วยความจำโปรแกรม

PIC 18F458 มี Program Counter (PC) ขนาด 13 บิต ที่สามารถอ้างตำแหน่งหน่วยความจำได้ $8k \times 14$ ตำแหน่ง โดยมีตำแหน่ง Reset Vector ที่ 0000h และ High Priority Interrupt Vector ที่ตำแหน่ง 0008h และ Low Priority Interrupt Vector ที่ตำแหน่ง 0018h และมีโครงสร้างดังรูปที่ 3.9 ซึ่งจากรูปที่แสดงจะเห็นว่า PIC 18F458 มีความลึกของ Stack ทั้งหมด 31 ระดับ

3.6.8 หน่วยความจำข้อมูล

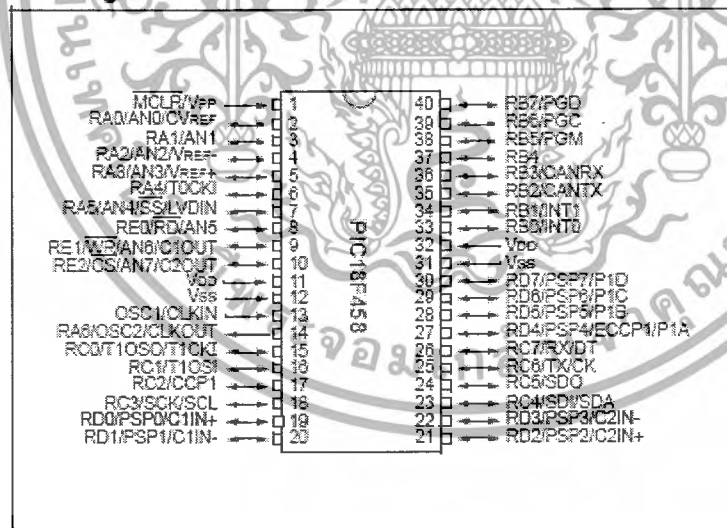
หน่วยความจำข้อมูลถูกแบ่งออกเป็น 4 Bank ซึ่งเป็นที่อยู่ของ General Purpose Register และ Special Function Register เราสามารถเปลี่ยน Bank ได้โดยการเลือกที่บิต PR0 และ PR1 โดยในแต่ละ Bank มีถึง 128 bytes และส่วนต้นๆ ของแต่ละ Bank จะเป็นที่อยู่ของ Special Function Register และส่วนที่อยู่ถัดไปเป็นที่อยู่ของ General Purpose Register ซึ่งถูกใช้เหมือน RAM ทั่วไป

3.6.9 General Purpose Register File

Register File เป็นส่วนที่เข้าถึงได้โดยตรงหรือทางอ้อมอย่างใดอย่างหนึ่งโดย File Select Register หรือ โดย FSR

3.6.10 การจัดขาของ PIC18F458

Pin Diagrams



รูปที่ 3.18 แสดงลักษณะการจัดขาของ ไอซี

การต่อขาใช้งานของ PIC18F458 สามารถต่อใช้งานได้เป็น 4 กลุ่ม คือ

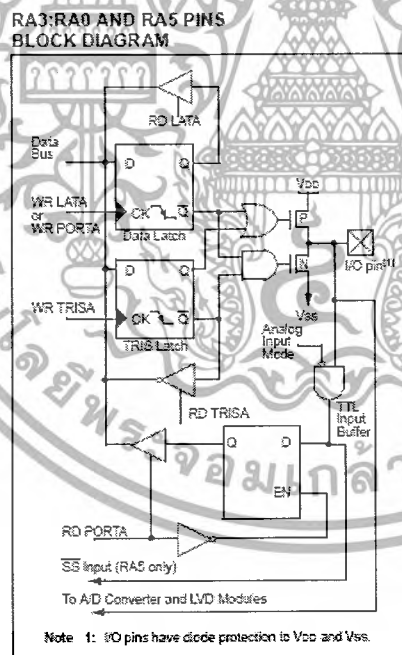
กลุ่มสัญญาณนาฬิกามี 2 ขา คือ OSC1/CLKIN (ขา 13) และ OSC2/CLKOUT (ขา 14),

กลุ่มขาควบคุม มี 1 ขา คือ ขา 4 และ กลุ่มขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุต แบ่งออกเป็น 5 พอร์ต คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พอร์ต A มีขนาด 6 บิต ซึ่งเป็นพอร์ตที่เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต โดยต้องเลือกแบบใดแบบหนึ่ง สามารถเลือกได้จากรีจิสเตอร์ ที่มีชื่อว่า TRISA ซึ่งถ้า TRISA bit ถูกเซต เป็น '1' พอร์ต A ที่มีหมายเลขบิตเดียวกันนั้นก็ทำงานเป็นอินพุต (ทำให้ port นั้นอยู่ในสถานะ hi-impedance) ส่วนถ้า TRISA bit ถูกเซต เป็น '0' พอร์ต A ที่มีหมายเลขบิตเดียวกันนั้นก็ทำงานเป็น เอาต์พุต (พอร์ตจะอยู่ในสถานะ output latch) การอ่านค่า พอร์ต A รีจิสเตอร์คือการอ่านค่าสถานะของ ขา PORTA ในขณะที่ ส่วนการเขียนค่าไปยังพอร์ต A คือการเขียนไปยัง latch ของ port ลักษณะการเขียนจะเป็นแบบ Read-Modify-Write Operations ซึ่งหมายความว่า ในการเขียนไปยัง Port จะเริ่มด้วยการอ่านค่า Port นั้นมาก่อนแล้วทำการเปลี่ยนแปลงค่า จากนั้นก็ทำการเขียนกลับไปยัง Port Latch อีกครั้งหนึ่ง

ขา RA4 จะ Multiplexed กับ Timer0 Module Clock Input ซึ่งจะเรียกรวมๆ ว่า RA4/T0CKI โดยที่ ขา RA4/T0CKI จะเป็นลักษณะอินพุต แบบ Schmitt Trigger และเอาต์พุต แบบ Open Drain. Port RA ทั้งหมด จะมี TTL Input Level และมีเอาต์พุตแบบ full CMOS Drivers ส่วน PORTA ขาอื่นๆ จะ Multiplex กับ Analog Inputs และ Vref ของ A/D Input ซึ่งการกำหนดการทำงานของแต่ละขา สามารถเลือกได้โดย Clear หรือ Set Control bits ใน ADCON1 Register

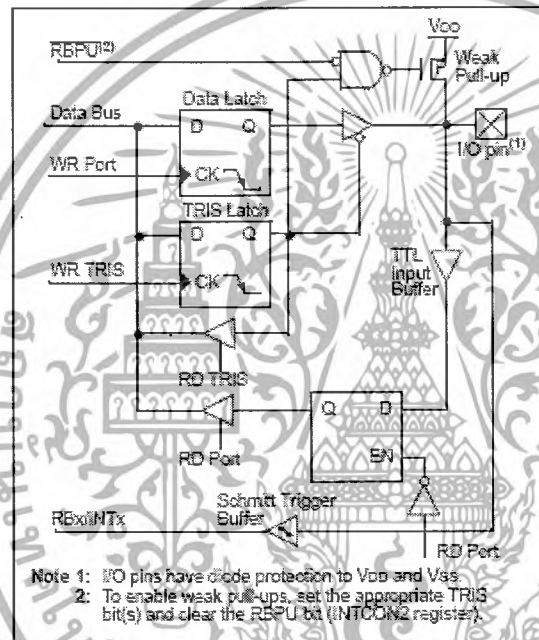


รูปที่ 3.19 บล็อกไดอะแกรมของ PIN RA3-RA0 และ RA5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-พอร์ต B เป็นลักษณะแบบ Port แบบสองทิศทาง ซึ่ง register ที่จะเป็นตัวกำหนดว่า port ใดจะเป็นแบบ input/output จะถูกกำหนดโดย TRISB register ถ้า set TRISB bit ใด (=1) PORTB ที่บิตนั้นก็จะป็น input ถ้า clear TRISB bit ใด (=0) PORTB ที่บิตนั้นก็จะป็น output ขาสามขาของ PORTB จะ multiplexed กับ Low Voltage Programming function ซึ่งได้แก่ RB3/PGM, RB6/PGC และ RB7/PGDแต่ละ port จะมี weak pull-up อยู่ภายใน (ถ้าต้องการ pull-up แข็งๆ ต้องต่อวงจรภายนอก) เราสามารถกำหนดว่าจะใช้ pull-up ภายในหรือไม่จากการ set หรือ clear RBPU (OPTION register บิต 7)

RB1:RB0 PINS BLOCK DIAGRAM



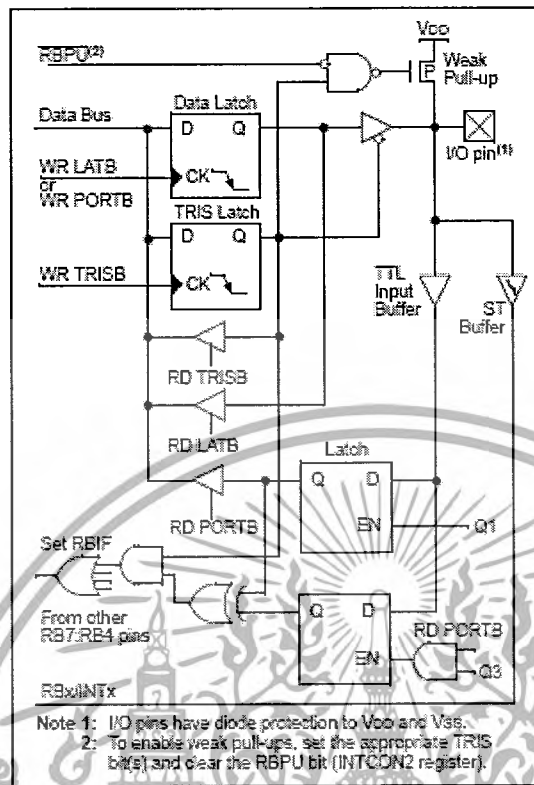
รูปที่ 3.21 บล็อกโคจรของ PIN RB1-RB0

โดยถ้าเรา clear RBPU จะหมายถึง เราทำการ disable pull-up ภายใน และถ้าเรากำหนดให้ PORTB เป็น OUTPUT แล้ว pull-up จะถูก disable โดยอัตโนมัติ

สำหรับ พอร์ต B นั้น ขา RB4-RB7 จะมี feature เพิ่มเติมก็คือ การกำหนดให้เกิด Interrupt เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงของสถานะของสัญญาณไฟฟ้าที่ขา RB4-RB7 (โดยถ้าขาใดขาหนึ่งเกิดเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RB7:RB4 PINS BLOCK DIAGRAM



รูปที่ 3.22 บล็อกโคโตะแกรมของ PIN RB7-RB4

สถานะก็จะทำให้เกิด RB Port Change Interrupt ขึ้น ซึ่งจะทำให้ RBIF (INTCON.0) flag ถูก set โดยที่ Interrupt ประเภทนี้สามารถทำการ “wake” microcontroller จากสถานะ sleep mode ได้ RBIF flag จะถูก Clear ได้ 2 กรณี คือ ทำการอ่านหรือเขียน พอร์ต B และ ทำการ clear RBIF flag โดยตรง ถ้าหากเราใช้ interrupt on PORTB Change แล้วไม่ควรจะ Enable Pull-Up ของ PORTB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PORTB FUNCTIONS

Name	Bit#	Buffer	Function
RB0/INT0	bit0	TTL/ST ⁽¹⁾	Input/output pin or external interrupt 0 input. Internal software programmable weak pull-up.
RB1/INT1	bit1	TTL/ST ⁽¹⁾	Input/output pin or external interrupt 1 input. Internal software programmable weak pull-up.
RB2/CANTX	bit2	TTL	Input/output pin or CAN bus transmit pin.
RB3/CANRX	bit3	TTL	Input/output pin or CAN bus receive pin.
RB4	bit4	TTL	Input/output pin (with interrupt-on-change). Internal software programmable weak pull-up.
RB5/PGM	bit5	TTL	Input/output pin (with interrupt-on-change). Internal software programmable weak pull-up. Low voltage serial programming enable.
RB6/PGC	bit6	TTL/ST ⁽²⁾	Input/output pin (with interrupt-on-change). Internal software programmable weak pull-up. Serial programming clock.
RB7/PGD	bit7	TTL/ST ⁽²⁾	Input/output pin (with interrupt-on-change). Internal software programmable weak pull-up. Serial programming data.

Legend: TTL = TTL input, ST = Schmitt Trigger input

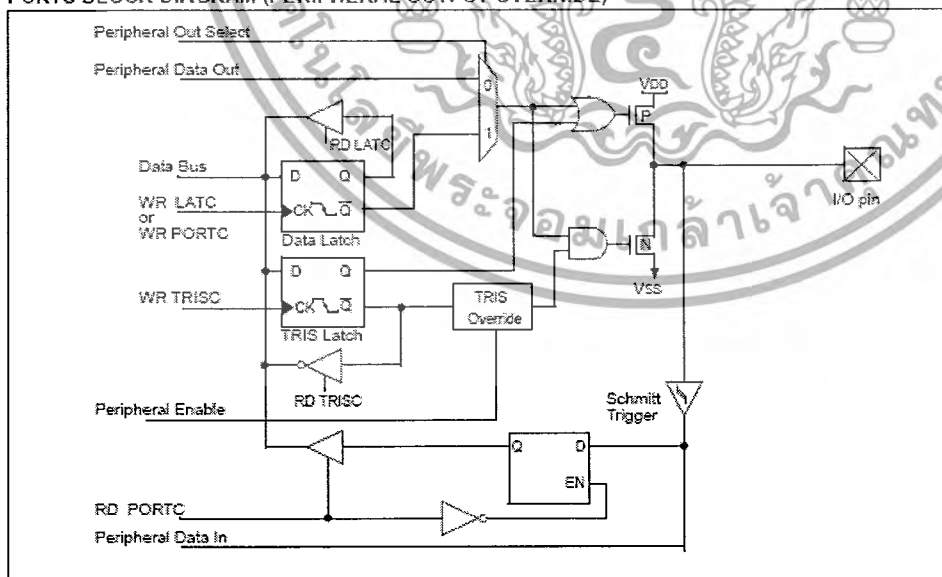
Note 1: This buffer is a Schmitt Trigger input when configured as the external interrupt.

2: This buffer is a Schmitt Trigger input when used in Serial Programming mode.

ตารางที่ 3.2 ฟังก์ชันของพอร์ต B

- พอร์ต C เป็นลักษณะแบบ Port แบบสองทิศทาง ซึ่ง register ที่จะเป็นตัวกำหนดว่า Port ใดจะเป็นแบบ Input/Output จะถูกกำหนดโดย TRISC Register ถ้า set TRISC Bit ใด (=1) PORTB ที่บิตนั้นก็จะเป็น Input ถ้า Clear TRISC Bit ใด (=0) PORTC ที่บิตนั้นก็จะเป็น Output ที่ PORTC จะมีคุณสมบัติเพิ่มเติม เช่น IIC, UART, SPI, PWM, CAPTURE ขึ้นอยู่กับการเลือกใช้งาน โดยเมื่อเราทำการ enable คุณสมบัติเพิ่มเติมต่างๆ ที่ PORTC เราต้องระวังในเรื่องของการตั้งค่า TRISC ของแต่

PORTC BLOCK DIAGRAM (PERIPHERAL OUTPUT OVERRIDE)



รูปที่ 3.23 บล็อกไดอะแกรมของพอร์ต C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละขาของ PORTC เพราะในการ Enable คุณสมบัติบางตัวที่อยู่ที PORTC (เช่น UART) ตัวมันเองจะทำการเปลี่ยน bit TRISC โดยอัตโนมัติ ดังนั้นเราจึงไม่ควรที่จะตั้งค่า TRISC โดยตรงกับขาใดของ PORTC ที่ทำการ Enable คุณสมบัติเพิ่มเติม PORTC แต่ละ Port จะ Schmitt Trigger input buffers อยู่ภายในแต่ละขา ลักษณะโครงสร้างของ PORT จะแบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ PORTC0-2,5-7 และอีกกลุ่มหนึ่งก็คือ PORTC3-4

PORTC FUNCTIONS

Name	Bit#	Buffer Type	Function
RC0/T1CS0/T1CKI	bit0	ST	Input/output port pin or Timer1 oscillator output or Timer1/Timer3 clock input.
RC1/T1CSI	bit1	ST	Input/output port pin or Timer1 oscillator input.
RC2/CCP1	bit2	ST	Input/output port pin or Capture1 input/Compare1 output/PWM1 output.
RC3/SCK/SCL	bit3	ST	Input/output port pin or Synchronous Serial clock for SPI/I ² C.
RC4/SDI/SDA	bit4	ST	Input/output port pin or SPI Data in (SPI mode) or Data I/O (I ² C mode).
RC5/SDO	bit5	ST	Input/output port pin or Synchronous Serial Port data output.
RC6/TXCK	bit6	ST	Input/output port pin Addressable USART Asynchronous Transmit or Addressable USART Synchronous Clock.
RC7/RX/DT	bit7	ST	Input/output port pin Addressable USART Asynchronous Receive or Addressable USART Synchronous Data.

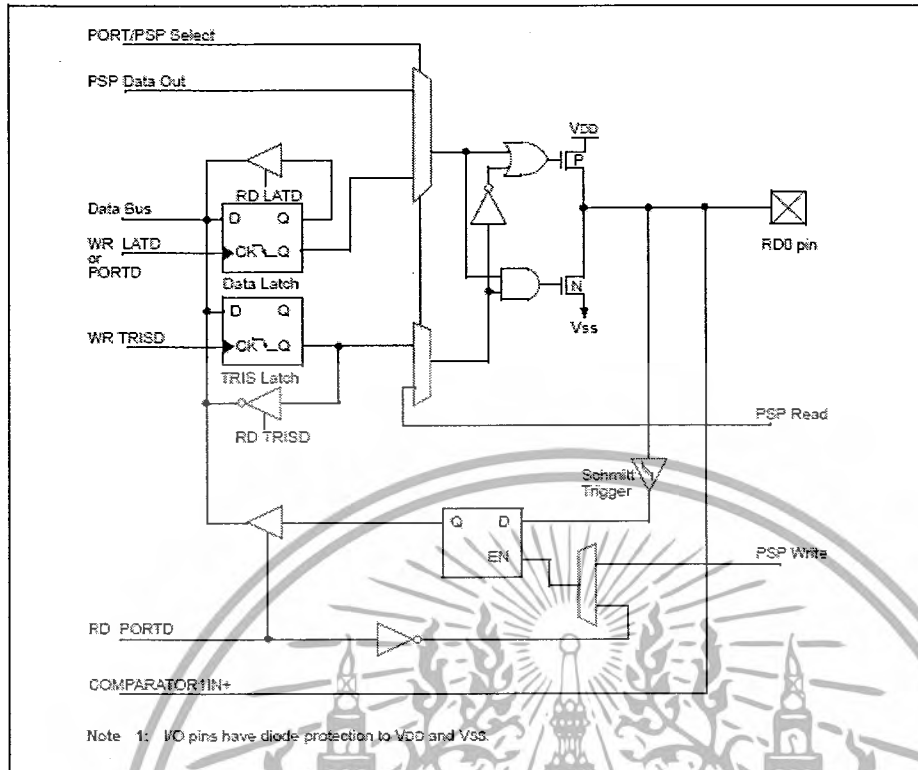
Legend: ST = Schmitt Trigger input

ตารางที่ 3.3 ฟังก์ชันของพอร์ต C

- พอร์ต D จะเป็น port ขนาด 8 bits ซึ่งจะมี Schmitt Trigger input buffer อยู่ในตัว โดยที่เราสามารถกำหนดแต่ละบิตของ port ให้เป็น input หรือ output ได้โดยอิสระจากกัน PORTD สามารถที่จะทำตัวเป็น parallel slave port ได้อีกด้วย โดยทำได้โดยการ set PSPMODE bit (TRISE<4>) ซึ่งใน mode นี้ buffer ภายในจะกลายเป็นแบบ TTL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PORTD BLOCK DIAGRAM IN I/O PORT MODE



รูปที่ 3.24 บล็อกไดอะแกรมของพอร์ต D

PORTD FUNCTIONS

Name	Bit#	Buffer Type	Function
RD0/PSP0/C1IN+	bit0	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin or parallel slave port bit0 or C1IN+ Comparator input.
RD1/PSP1/C1IN-	bit1	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin or parallel slave port bit1 or C1IN- Comparator input.
RD2/PSP2/C2IN+	bit2	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin or parallel slave port bit2 or C2IN+ Comparator input.
RD3/PSP3/C2IN-	bit3	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin or parallel slave port bit3 or C2IN- Comparator input.
RD4/PSP4/ECCP/PA	bit4	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin or parallel slave port bit4 or ECCP1/P1A pin.
RD5/PSP5/PB	bit5	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin or parallel slave port bit5 or ECCP1/P1B pin.
RD6/PSP6/PC	bit6	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin or parallel slave port bit6 or ECCP1/P1C pin.
RD7/PSP7/PD	bit7	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin or parallel slave port bit7 or ECCP1/P1D pin.

Legend: ST = Schmitt Trigger input, TTL = TTL input

Note 1: Input buffers are Schmitt Triggers when in I/O mode and TTL buffers when in Parallel Slave Port mode.

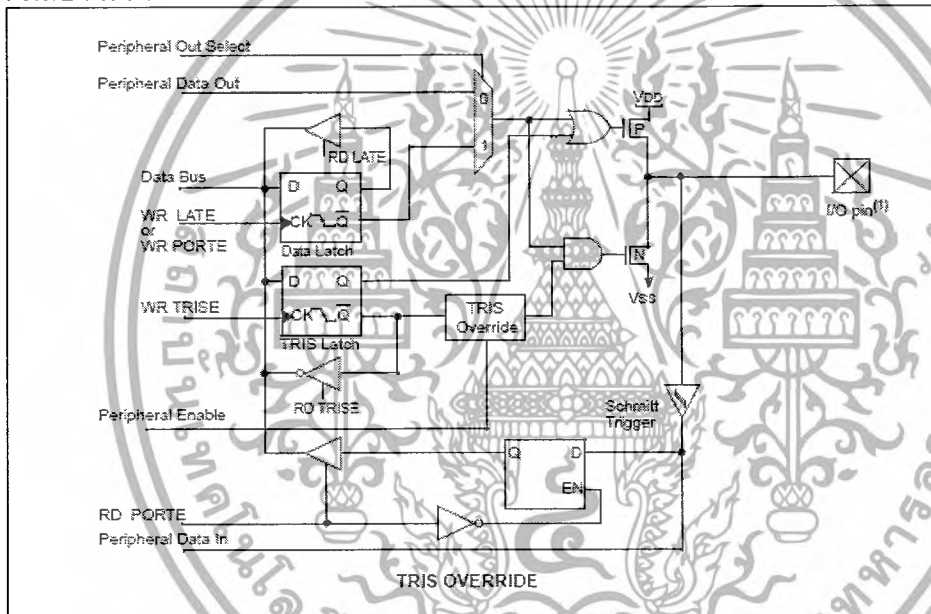
ตารางที่ 3.4 ฟังก์ชันของพอร์ต D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- พอร์ต E จะมีทั้งหมด 3 ขา คือ RE0/(RD\)/AN5, RE1/(WR\)/AN6 และ RE2/(CS\)/AN7 ซึ่งจะมี Schmitt Trigger Input Buffer อยู่ในตัว โดยที่เราสามารถกำหนดแต่ละบิตของพอร์ตให้เป็น อินพุต หรือเอาต์พุต I/O PORTE สามารถกลายเป็น Control Input สำหรับ Microprocessor Port เมื่อทำการเซต PSPMODE(TRISE<4>) bit ข้อควรระวังเมื่ออยู่ในโหมดนี้ก็คือ ต้องตรวจสอบให้ดูว่า TRISE ตั้งแต่บิต 0-2 ถูกเซต (อยู่ในสถานะอินพุต) และต้องแน่ใจว่า ADCON1 ถูกเซตให้อยู่ใน โหมดคิจิตอล I/O ซึ่งในโหมดนี้อินพุตบัฟเฟอร์ จะเป็น TTL

พอร์ต E จะมีลักษณะคือ จะ Multiplex กับ Analog Inputs โดยเมื่อ PORTE ถูกเซตเป็น Analog Inputs แล้ว ขาเหล่านี้เมื่อทำการอ่านค่าจะมีค่าเป็น 0 ส่วน TRISE ซึ่งเป็น Control Register นั้นจะต้องเซตให้เป็นอินพุต เมื่อเซตให้อยู่ใน Mode Analog Input

PORTE BLOCK DIAGRAM



รูปที่ 3.25 บล็อกไดอะแกรมของพอร์ต E

PORTE FUNCTIONS

Name	Bit#	Buffer Type	Function
RE0/ \overline{RD} /AN5	bit0	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin or Read control input in Parallel Slave Port mode or analog input.
RE1/ \overline{WR} /C1OUT/AN6	bit1	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin or Write control input in Parallel Slave Port mode. Comparator 1 output or analog input.
RE2/ \overline{CS} /C2OUT/AN7	bit2	ST/TTL ⁽¹⁾	Input/output port pin or Chip Select control input in Parallel Slave Port mode. Comparator 2 output or analog input.

Legend: ST = Schmitt Trigger input, TTL = TTL input

Note 1: Input buffers are Schmitt Triggers when in I/O mode and TTL buffers when in Parallel Slave Port mode.

ตารางที่ 3.5 ฟังก์ชันของพอร์ต E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-กลุ่มขาไฟเลี้ยง มี 4 ขาคือ ขา Vss (ขา 12, ขา 31) หรือขาต่อกราวด์และขา Vdd (ขา 11, ขา 32) หรือขาต่อไฟเลี้ยง ปกติ +5V

3.6.11 การป้อนสัญญาณนาฬิกาให้แก่ PIC18F458 สามารถเลือกได้ 3 วิธี ดังนี้

- RC เป็นการใช้ตัวต้านทานและตัวเก็บประจุร่วมกับแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์
- XT ใช้คริสตัลหรือเซรามิกเรโซเนเตอร์ (เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด)
- HS ใช้คริสตัลความถี่สูง (มากกว่า 4 เมกกะเฮิร์ต)

3.7 ส่วนแสดงผลทาง LCD Nokia 6610 Module

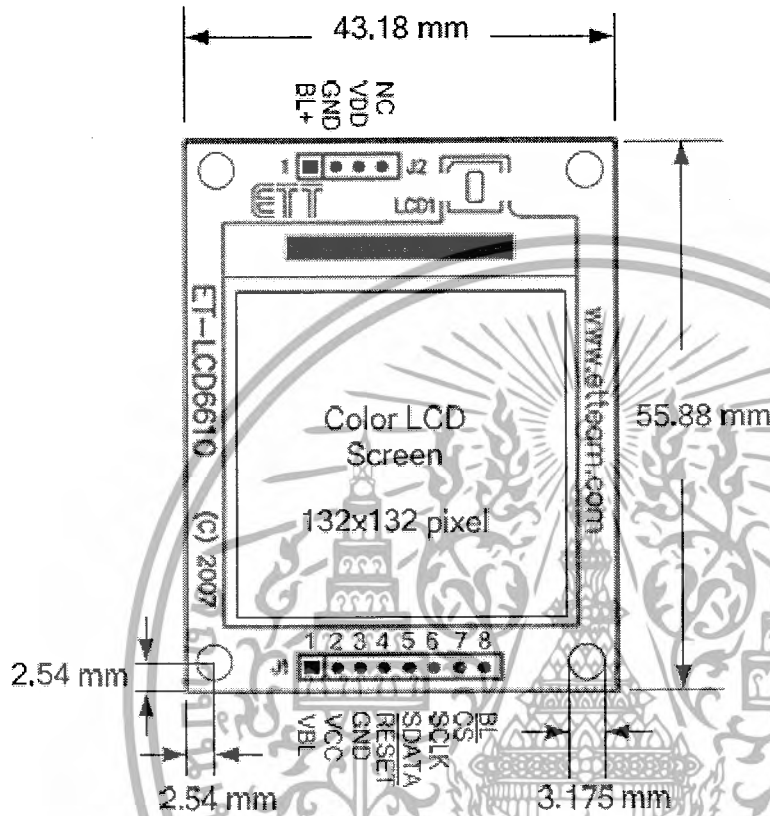
เป็นจอแสดงผลแบบผลึกเหลวซึ่งเป็นสารที่รวมตัวกันอยู่ภายใต้สัดส่วนระหว่างของเหลวกับผลึก LCD มีข้อดีหลายประการ

- กินพลังงานน้อย ต้องการกำลังงานน้อย แรงดันต่ำ
- เชื้อถื่อได้ใช้งานได้ในช่วงอุณหภูมิที่กว้างและมีอายุการใช้งาน
- ราคาปานกลาง ใช้งานได้กว้างขวาง

ซึ่งด้วยเหตุผลดังกล่าวจึงทำให้ LCD กลายเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ผลิตออกสู่ท้องตลาดในยุคปัจจุบัน

ในยุคแรกๆ จะเป็นส่วนประกอบของนาฬิกา เครื่องคิดเลข หรือเครื่องมือวัดต่างๆ และต่อได้มีการพัฒนาเข้ามามีบทบาทในระบบคอมพิวเตอร์ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในส่วนของการแสดงผลข้อมูล ในปัจจุบันแอลซีดีได้เข้ามาแทนที่จอภาพแบบซีอาร์ที (Cathode Ray Tube) ในการแสดงผลกราฟฟิก ซึ่งมีแนวโน้มที่จะเข้ามาแทนที่จอภาพแบบซีอาร์ทีในที่สุด

ในโครงการนี้จะใช้ตัวแสดงผลแบบแอลซีดีโมเดล 6610 โมดูล แบบแสดงผล (Characters)
ขนาด 132 X 133 pixel ต่อใช้งานดังรูปที่แสดง



รูปที่ 3.26 แสดงการเชื่อมต่อแอลซีดีโมเดล 6610 โมดูลกับไมโครคอนโทรลเลอร์

3.7.1 คุณสมบัติ

- ชิพประมวลผล Epson S1D15G10 Compatible Controller
- รองรับระบบไฟ 3.3 V ถึง 5.5 V
- ความละเอียดหน้าจอ 132x132 pixel
- ใช้การสื่อสารอนุกรมแบบ 9 Bit SPI Serial Interface
- เชื่อมต่อสัญญาณโดยตรงกับไมโครคอนโทรลเลอร์
ได้ทั้งระบบไฟ 3.3 และ 5 โวลท์
- ความละเอียดสี 4,096 เฉดสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7.2 ตารางแสดงชื่อและ หน้าที่ขาสัญญาณของ LCD ที่คอนเนกเตอร์ J1

Pin No.	ชื่อขาสัญญาณ	คำอธิบาย
1	VBL	ขาสัญญาณไฟบวก ที่จ่ายไปเลี้ยงไฟ LED Back-Light ช่วงแรงดัน 3.3 V ถึง 5.5 V
2	VCC	ขาสัญญาณไฟเลี้ยง LCD ช่วงแรงดันที่ใช้ 3.3 V ถึง 5.5 V
3	GND	ขาสัญญาณกราวด์
4	RESET	ขาสัญญาณรีเซ็ตของ LCD ทำงานที่ลอจิก 0
5	SDATA	ขาสัญญาณอนุกรม Serial Data
6	SCLK	ขาสัญญาณอนุกรม Serial Clock
7	CS	ขาสัญญาณ Chip Select สำหรับเปิดปิดการรับส่งข้อมูลของ LCD 1 = ปิดพอร์ตการรับส่งข้อมูล (SDATA และ SCLK เป็น Hi-impedance) 0 = เปิดพอร์ตการสื่อสารข้อมูล
8	BL	ขาสัญญาณควบคุม เปิด-ปิด ไฟ LED Back-Light 1 = เปิดไฟ LED Back-Light 0 = ปิดไฟ LED Back-Light

ตารางที่ 3.6 แสดงชื่อและหน้าที่ขาสัญญาณของ LCD ที่คอนเนกเตอร์ J1

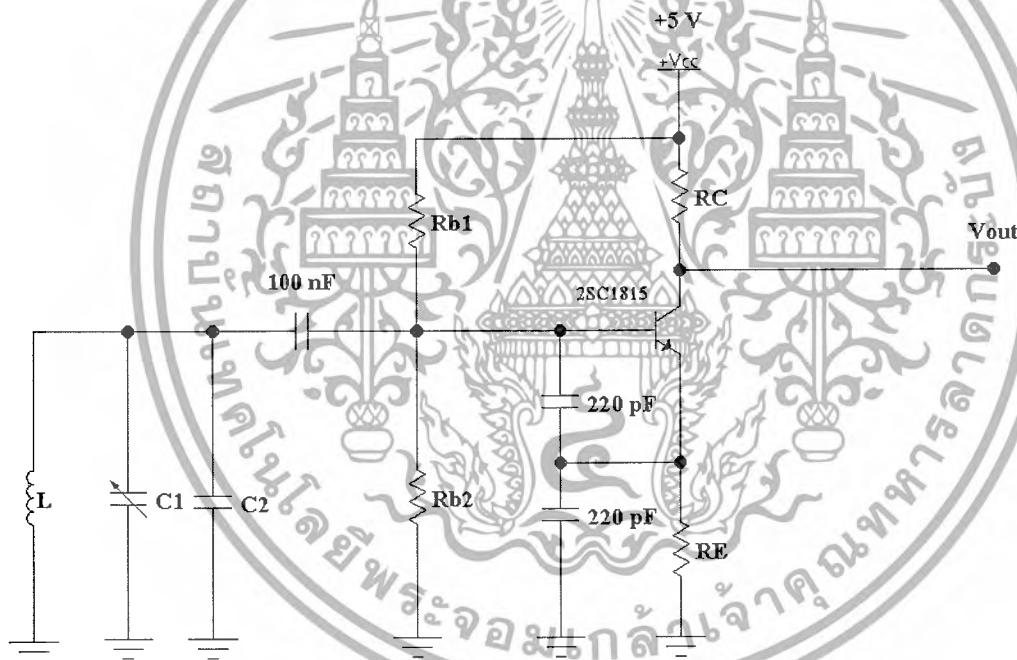
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การออกแบบและสร้าง

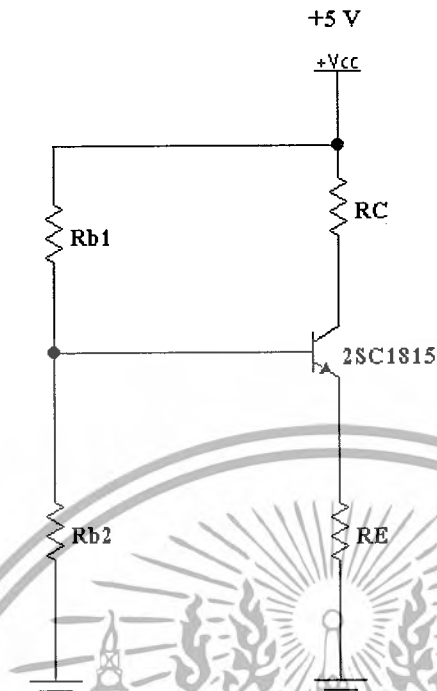
ในการออกแบบวงจรตรวจจับโลหะจะใช้คุณสมบัติของวงจรออสซิลเลเตอร์ แบบโคลพิท (Colpitt Oscillator) โดยการทำงานของวงจรในส่วนนี้คือ เมื่อมีโลหะตัดผ่านขดลวดเหนี่ยวนำ จะทำให้ค่าของความเหนี่ยวนำมีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งเมื่อสภาวะใด ๆ ที่ไม่มีโลหะตัดผ่านขดลวดค่าของเอาต์พุท จะมีค่าสูงสุดและในทำนองเดียวกัน ในสภาวะที่มีโลหะตัดผ่านขดลวดค่าของเอาต์พุท จะมีค่าต่ำลงตามการเลื่อนแท่งเหล็ก เราจึงนำเอาคุณสมบัติดังกล่าวมาใช้เป็นวงจรตรวจจับแกนเหล็กโดยสร้างวงจรออสซิลเลเตอร์ แบบโคลพิทออสซิลเลเตอร์ เมื่อได้ค่าความแตกต่างของแรงดันเอาต์พุทซึ่งเทียบกับระยะทางการเลื่อนของแกนเหล็กแล้ว จึงนำค่าไปคำนวณในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อที่จะแสดงค่าความถ่วงจำเพาะในส่วนของแสดงผล

4.1 การออกแบบวงจรออสซิลเลเตอร์



รูปที่ 4.1 วงจรโคลพิทออสซิลเลเตอร์ (Colpitt Oscillator) แบบคอลเลคเตอร์ร่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 วงจรการจัดไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ที่ใช้งานในวงจรออสซิลเลเตอร์

คุณสมบัติ และค่าต่างๆทรานซิสเตอร์ที่นำมาใช้งาน

2sc1815

$\beta = 70 - 400$

$C_{ob} = C_{bc} = 2.0 \text{ pF} - 3.5 \text{ pF}$

$F_T = 80 \text{ MHz}$

เงื่อนไขเบื้องต้นของการจัดไบอัสในการจะทำให้วงจรออสซิลเลเตอร์ ก้าวเน็ดความถี่

$$V_{CC} = 5V, R_{b1} = 10 \text{ k}\Omega, R_{b2} = 20 \text{ k}\Omega, V_{BEQ} = 0.7 \text{ V}, R_E = 150 \Omega, I_{CQ} \sim 2 - 5 \text{ mA}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$I_{CQ} = \frac{\beta(V_{bb} - V_{BEQ})}{R_{bb} + (\beta + 1)R_E}$$

$$V_{bb} = V_{CC} \cdot \frac{R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}}$$

$$R_{bb} = \frac{R_{b1} \cdot R_{b2}}{R_{b1} + R_{b2}}$$

$$V_{bb} = 5 \cdot \frac{10k\Omega}{10k\Omega + 20k\Omega}$$

$$R_{bb} = \frac{10k\Omega \cdot 20k\Omega}{10k\Omega + 20k\Omega}$$

จะได้ $V_{bb} = 1.667 V$ และ $R_{bb} = 6.667 k\Omega$ จากนั้นนำไปหาค่า I_{CQ}

$$I_{CQ} = \frac{70 \cdot (1.667 - 0.7)}{6.667k\Omega + (70 + 1)150\Omega}$$

จะได้ค่าของ $I_{CQ} = 3.909 mA$

การคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุ (C_T) ที่ใช้ในวงจร

วงจร โดยที่ $\beta_0 = 70$, $V_T = 0.026$

$$r_{b'e} = \frac{\beta_0 V_T}{I_{CQ}}$$

$$g_m = \frac{\beta_0}{r_{b'e}} = \frac{I_{CQ}}{V_T}$$

$$C_{b'e} = \frac{g_m}{2\pi F_T} - C_{b'c}$$

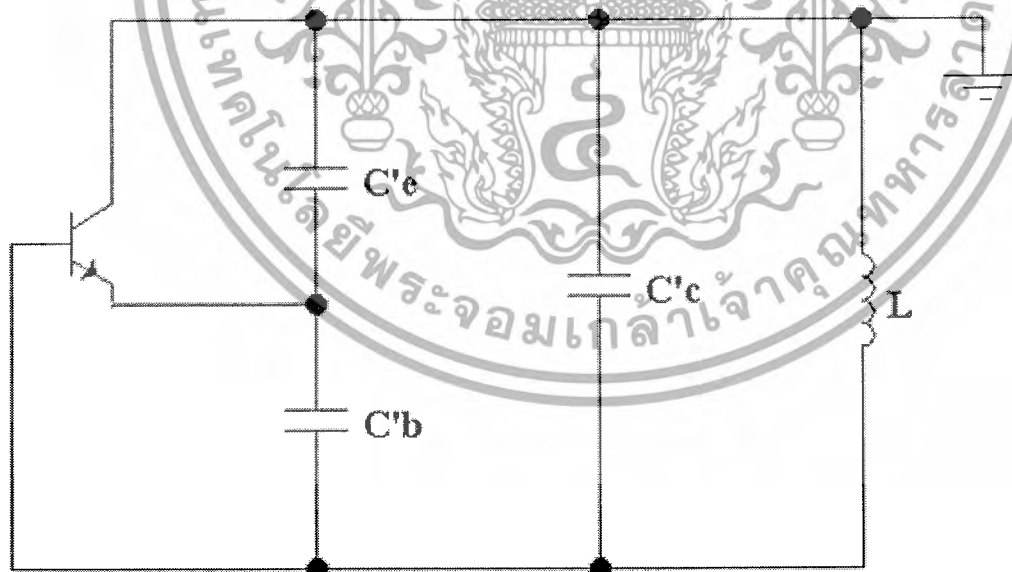
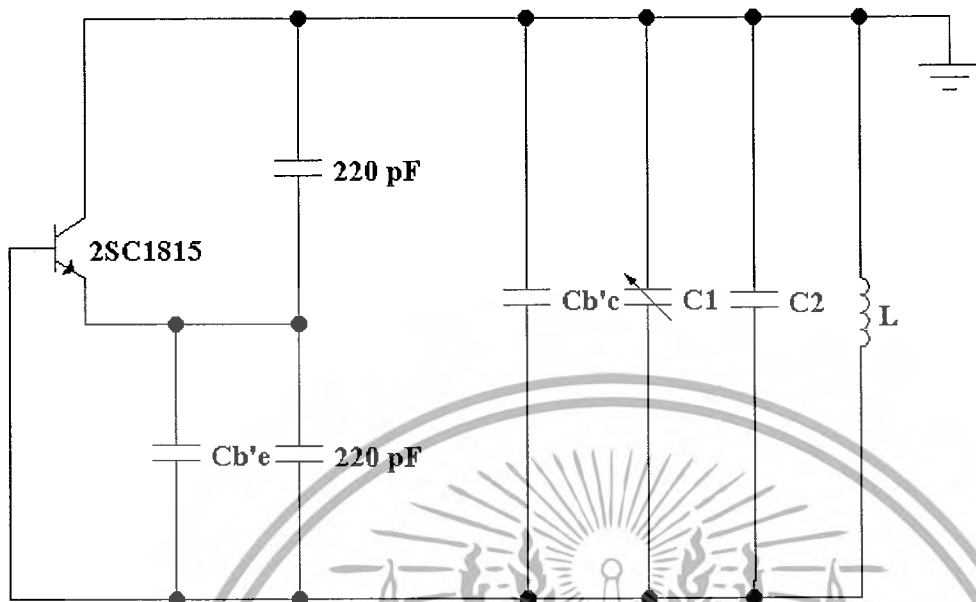
$$r_{b'e} = \frac{70 \cdot (0.026mV)}{3.909mA}$$

$$g_m = \frac{3.909mA}{0.026mV}$$

$$C_{b'e} = \frac{150.346mS}{2\pi \times 80MHz} - 2pF$$

จะได้ค่าของ $C_{b'e} = 297.104 pF$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข)

รูปที่ 4.3 (ก) และ 4.3 (ข) แสดงวงจรสมมูลของวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ประกอบด้วยค่าความเหนี่ยวนำ (L) และค่าของตัวเก็บประจุ (C) ภายในวงจรทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$C'_e = 220 \text{ pF}$$

$$C'_b = C_{b'e} + 220 \text{ pF}$$

$$C'_c = C_{b'c} + C_1 + C_2$$

$$C'_b = 297.104 \text{ pF} + 220 \text{ pF}$$

$$C'_c = 2 \text{ pF} + C_1 + C_2$$

$$C'_b = 517.104 \text{ pF}$$

ดังนั้นจะได้

$$C_T = \frac{C'_b \cdot C'_e}{C'_b + C'_e} + C'_c$$

$$C_T = \frac{517.104 \text{ pF} \cdot 220 \text{ pF}}{517.104 \text{ pF} + 220 \text{ pF}} + C_{b'c} + C_1 + C_2$$

$$C_T = 154.338 \text{ pF} + 2 \text{ pF} + C_1 + C_2$$

จากวงจรสมมูลย์ จะได้

$$\frac{-1}{\omega_0 C'_b} + \frac{-1}{\omega_0 C'_e} + \frac{\omega_0 L}{1 + \omega_0^2 C'_c} = 0$$

$$\omega_0^2 = \frac{C'_b + C'_e}{L(C'_b C'_e + C'_e C'_c + C'_b C'_c)} = \frac{1}{L(C'_c + \frac{C'_b C'_e}{C'_b + C'_e})}$$

$$\omega_0^2 = \frac{1}{LC_T}$$

$$C_T = 154.338 \text{ pF} + 2 \text{ pF} + C_1 + C_2$$

จาก $L \cong 0.815 \text{ } \mu\text{H}$ และ $f_o = 10.7 \text{ MHz}$

$$\omega = 2\pi f_o = 2\pi \times 10.7 \text{ MHz}$$

$$C_T = \frac{1}{\omega_o^2 L} = \frac{1}{(2\pi \times 10.7 \text{ MHz})^2 \times 0.815 \text{ } \mu\text{H}}$$

$$C_T = 271.466 \text{ pF}$$

เพราะฉะนั้นจะได้

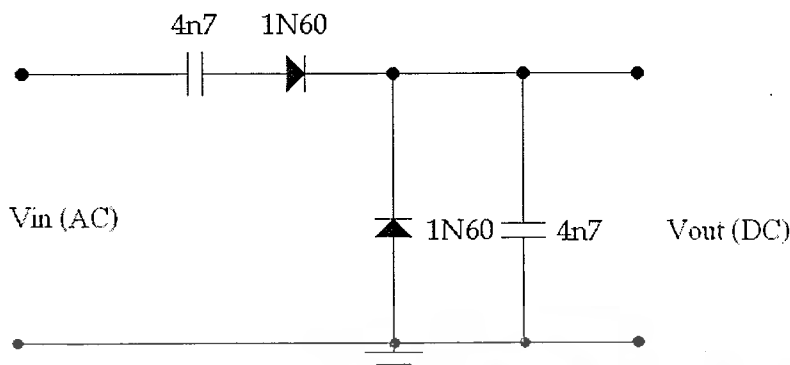
$$C_1 + C_2 = 271.466 \text{ pF} - 154.338 \text{ pF} - 2 \text{ pF}$$

$$C_1 + C_2 = 115.128 \text{ pF}$$

จากการคำนวณที่ได้เลือกใช้ค่าของ C_1 และ C_2 เป็นค่าตัวเก็บประจุแบบปรับค่า (Trimmer) ได้โดยมีย่านการปรับอยู่ในช่วง 0-50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การออกแบบวงจรเรียงกระแส (Rectifier Circuit)



รูปที่ 4.4 วงจรเรียงกระแสแบบครึ่งคลื่น

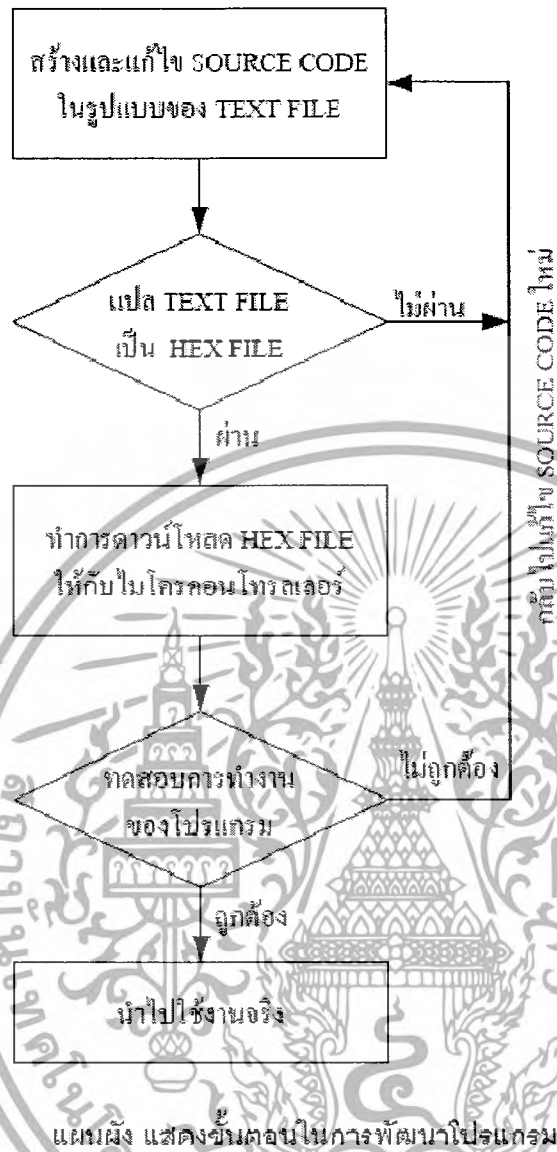
ในส่วนของสัญญาณอินพุตที่จะนำมาเข้าวงจร ADC จะนำเอาสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจรออสซิลเลเตอร์ผ่านขดลวดโดยสัญญาณที่ได้จะเป็นสัญญาณ AC ที่มีความถี่สูง ดังนั้นต้องนำเอาสัญญาณ AC มาแปลงเป็นสัญญาณ DC ก่อนโดยใช้วงจรเรียงกระแสดังรูปที่ 4.4 ในการออกแบบวงจรเรียงกระแสนี้จะใช้ไดโอดเบอร์ 1N60 ซึ่งสามารถตอบสนองความถี่สูงได้

4.3 การออกแบบในส่วนของโปรแกรม

4.3.1 การพัฒนาโปรแกรมของบอร์ด CP-PIC V3.0&V4.0

สำหรับการพัฒนาโปรแกรมนั้น สามารถเลือกที่จะใช้ภาษาใดก็ได้ในการพัฒนา เช่น ภาษา Assembly, Basic หรือ ภาษา C ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความถนัดของผู้ใช้งาน แต่สุดท้ายแล้วจะต้องได้ไฟล์ที่จะโปรแกรมให้กับ CPU นั่นก็คือ HEX FILE ดังนั้นในการพัฒนาโปรแกรมจึงต้องมี Compiler สำหรับแปลภาษาที่เราเขียน (TEXT FILE) ให้เป็นภาษาที่ไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าใจ (HEX FILE) สำหรับในที่นี้จะขอล่าถึงเฉพาะวิธีการ Download Hex File ให้กับบอร์ดเท่านั้น ส่วนวิธีการเขียนโปรแกรมและการสั่งแปลคำสั่งให้ได้เป็น Hex File นั้น ศึกษาจากข้อกำหนดของโปรแกรมแปลภาษาที่จะนำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมเอง ซึ่งบอร์ด CP-PIC V3.0&V4.0 จะออกแบบวงจรให้สามารถทำการโปรแกรมข้อมูลลง CPU ได้ภายในบอร์ด โดยในขั้นตอนการพัฒนาโปรแกรมนั้นสามารถสรุปเป็น โฟลว์ชาร์ต ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

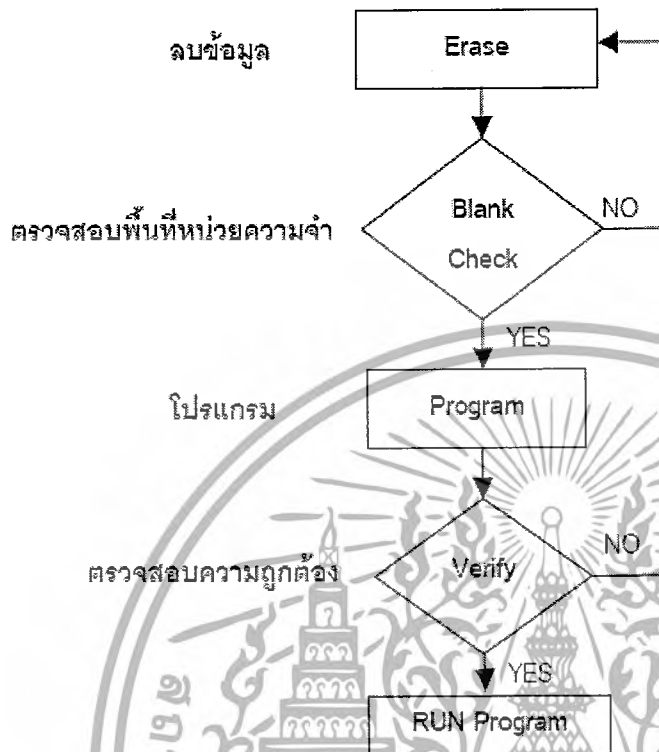


4.3.2 ขั้นตอนการดาวน์โหลดโปรแกรม

1. ให้ต่อสายคาร์เน็ทระหว่างบอร์ด CP-PIC กับ เครื่อง PC โดยปลายด้านที่ต่อกับบอร์ด CP-PIC จะเป็นคอนเนคเตอร์ RJ-45 ส่วนปลายอีกด้านที่ต่อกับ PC จะเป็น DB 25 (PRINTER PORT)
2. จ่ายไฟให้กับบอร์ด CP-PIC โดยจะต้องจ่ายไฟ 13 ถึง 16 V
3. เลื่อนสวิตช์ RUN/PROG มาที่ตำแหน่ง PROG เพื่อปรับให้อยู่ในโหมดของการ โปรแกรม
4. เปิดโปรแกรม EPICwin โดยการดับเบิลคลิกที่ ICON
5. เปิดไฟล์ที่จะดาวน์โหลดโดยไฟล์ที่จะดาวน์โหลดจะต้องมีนามสกุลเป็น .HEX เท่านั้น
6. กำหนดเบอร์อุปกรณ์ (Device) และ ค่า Configuration ต่างๆ ตามการใช้งานให้ถูกต้อง ซึ่งสามารถดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ในหัวข้อ การใช้งาน EPICWin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ทำการโปรแกรมข้อมูลลง CPU ซึ่งโดยทั่วไปแล้วขั้นตอนการโปรแกรมจะเรียงลำดับดังนี้คือ



ซึ่งเราอาจข้ามขั้นตอนบางขั้นตอนได้เพื่อเป็นการประหยัดเวลาในการโปรแกรม เช่น อาจจะ Erase แล้ว ทำการ Program เลยก็ได้ ซึ่งหน้าที่การทำงานของขั้นตอนต่างๆ สามารถรายละเอียดได้ในหัวข้อการใช้งาน EPICWIN และเมื่อต้องการกลับสู่โหมดการ RUN โปรแกรมให้เลื่อนสวิทช์ RUN/PROG มาที่ตำแหน่ง RUN

4.4 การออกแบบโปรแกรมในส่วนของการแสดงผล

ในส่วนของการคำนวณจะนำเอาค่าแรงดันจากส่วนของวงจรออสซิลเลเตอร์มาคำนวณหาค่าความถี่เฉพาะโดยใช้ ADC เป็นตัวอ่านค่า แล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบเป็นค่าความถี่เฉพาะที่ได้แสดงผลออกทางจอโนเกียอริบายโดย Flowchart ดังต่อไปนี้

Flowchart



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลองและผลการทดลอง

5.1 การทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์เทียบกับความสูงการตัวลอยของไฮโดรมิเตอร์

5.1.1 อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

อุปกรณ์การทดลอง

- สารละลาย (น้ำ, น้ำมันปาล์ม, น้ำมันถั่วเหลือง, น้ำมันดีเซล, น้ำมันไบโอดีเซล)
- ไฮโดรมิเตอร์
- ภาชนะ (ขวด) ใส่ของเหลว
- ไม้บรรทัด

วิธีการทดลอง

- นำสารละลายที่จะวัดใส่ลงในภาชนะจนถึงจีกระดับ
- หย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงในสารละลาย
- อ่านค่าความถ่วงจำเพาะจากสเกลของไฮโดรมิเตอร์ (ตอนไฮโดรมิเตอร์หยุดนิ่ง)
- ใช้ไม้บรรทัดวัดระดับการลอยตัวของไฮโดรมิเตอร์ (วัดที่ระดับผิวน้ำถึงปลายของแท่งโลหะที่ติดอยู่ด้านบนของไฮโดรมิเตอร์) อ่านค่า บันทึกผล

5.1.2 ผลการทดลอง

ครั้งที่	ความสูง (cm)	ค่าความถ่วงจำเพาะน้ำ
1	15.00	1.000
2	15.00	1.000
3	15.00	1.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	ความสูง (cm)	ค่าความถ่วงจำเพาะน้ำมันถั่วเหลือง
1	13.01	0.915
2	13.01	0.915
3	13.01	0.915

ครั้งที่	ความสูง (cm)	ค่าความถ่วงจำเพาะน้ำมันปาล์ม
1	12.90	0.900
2	12.90	0.900
3	12.90	0.900

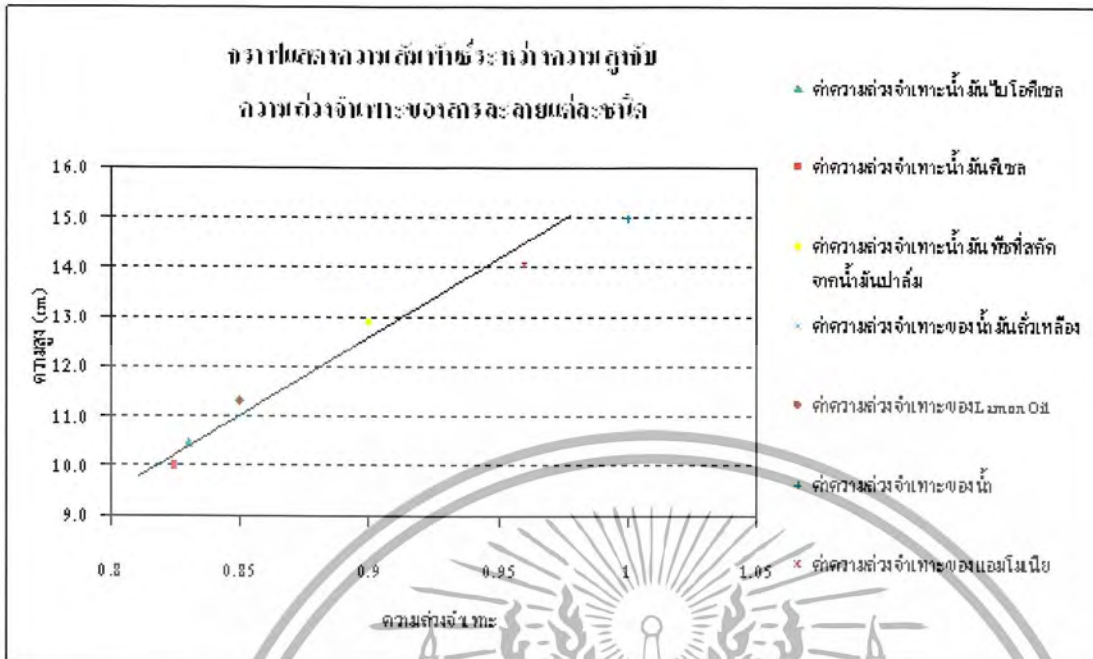
ครั้งที่	ความสูง (cm)	ค่าความถ่วงจำเพาะน้ำมันใบโอดีเซล
1	10.50	0.830
2	10.50	0.830
3	10.50	0.830

ครั้งที่	ความสูง (cm)	ค่าความถ่วงจำเพาะน้ำมันดีเซล
1	10.00	0.825
2	10.00	0.825
3	10.00	0.825

ตารางที่ 5.1 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างความสูงการลอยตัวและความถ่วงจำเพาะของสารละลาย

แต่ละชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงการลอยตัวของไฮโดรมิเตอร์เทียบกับความถ่วงจำเพาะของสารละลายชนิดต่างๆ



รูปที่ 5.1 ไฮโดรมิเตอร์ที่ใช้ในการวัดค่าความถ่วงจำเพาะและการวัดความถ่วงจำเพาะโดยใช้

ไฮโดรมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การทดลองวัดค่าแรงดันโดยออสซิลโลสโคปเทียบกับไมโครคอนโทรลเลอร์

5.2.1 อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

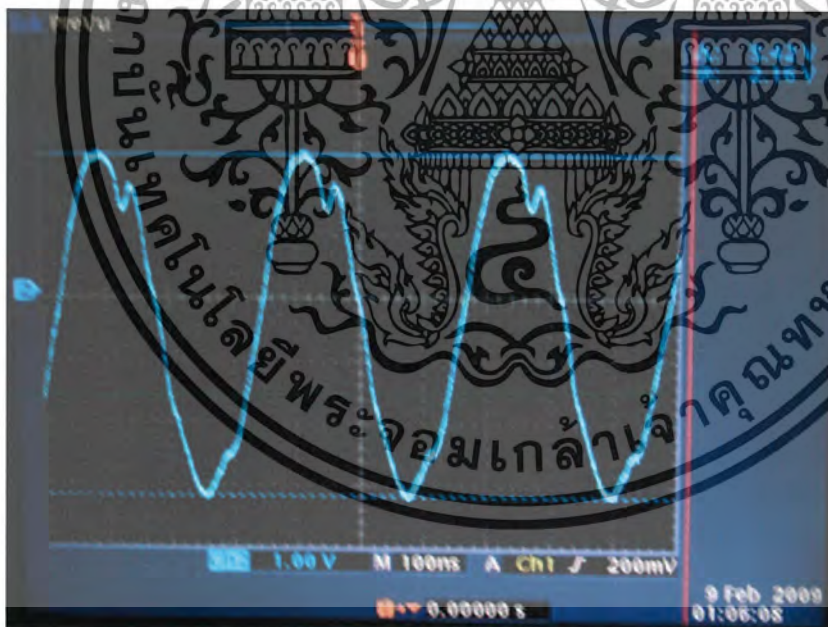
อุปกรณ์การทดลอง

- เครื่องวัดความถี่เฉพาะดิจิทัล
- ออสซิลโลสโคป
- แท่งโลหะ

วิธีการทดลอง

- ทำการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าจากไมโครคอนโทรลเลอร์เทียบกับออสซิลโลสโคป ขณะที่ยังไม่ได้เลื่อนแท่งโลหะผ่านเซ็นเซอร์
- ทำการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าจากไมโครคอนโทรลเลอร์เทียบกับออสซิลโลสโคป ขณะที่เลื่อนแท่งโลหะผ่านเซ็นเซอร์

5.2.2 ผลการทดลอง

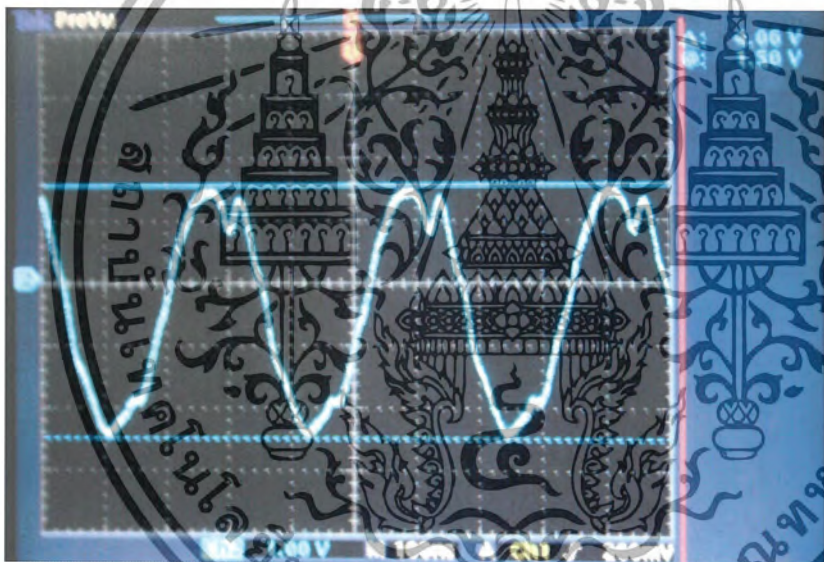


รูปที่ 5.2 รูปสัญญาณขณะที่ยังไม่ได้เลื่อนแท่งโลหะผ่านเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

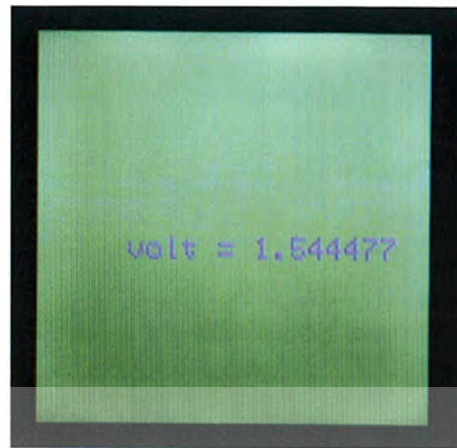


รูปที่ 5.3 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ขณะที่ไม่ได้เลื่อนแท่งโลหะผ่านเซ็นเซอร์

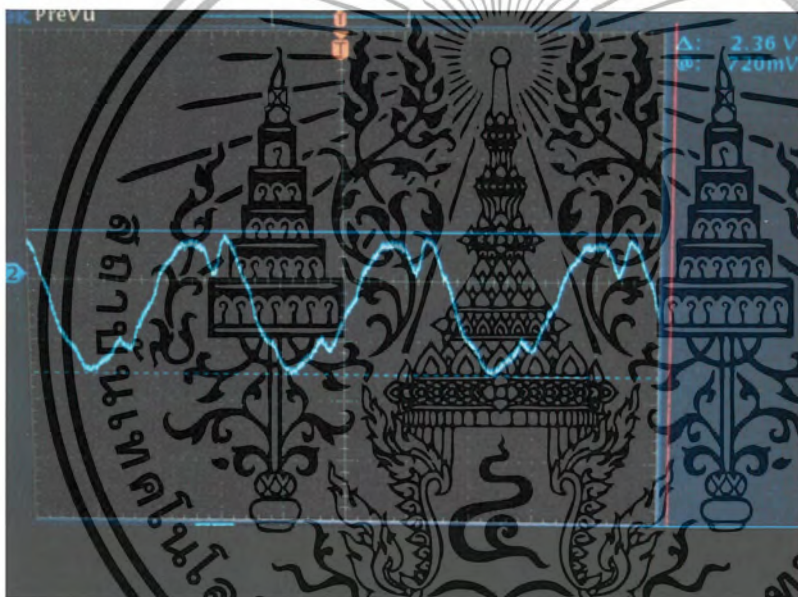


รูปที่ 5.4 รูปสัญญาณขณะที่เลื่อนแท่งโลหะผ่านเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 ค่าแรงดันที่วัดไฟฟ้าได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ขณะที่เลื่อนแท่งโลหะผ่านเซ็นเซอร์



รูปที่ 5.6 รูปสัญญาณขณะที่เลื่อนแท่งโลหะเข้าไปถึงปลายอีกด้านหนึ่งของเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.7 ค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ขณะที่เลื่อนแท่งโลหะเข้าไปถึงปลายอีกด้านหนึ่งของเซ็นเซอร์

5.3 การทดลองเพื่อหาแรงดันเทียบกับค่าความสูงของการยกตัวของไฮโดรมิเตอร์

5.3.1 อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

อุปกรณ์การทดลอง

- เครื่องวัดความสูงจำเพาะคิวิตอล
- แท่งโลหะ
- ไม้บรรทัด

วิธีการทดลอง

- ทำการเลื่อนแท่งโลหะผ่านตัวเซ็นเซอร์ตามระยะทางในตาราง
- ทำการอ่านค่าแรงดันไฟฟ้าจากส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์
- ทำการทดลองซ้ำ 3 ครั้ง
- ทำการเปรียบเทียบข้อแตกต่างในการวัดแต่ละครั้ง
- ทำการบันทึกผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

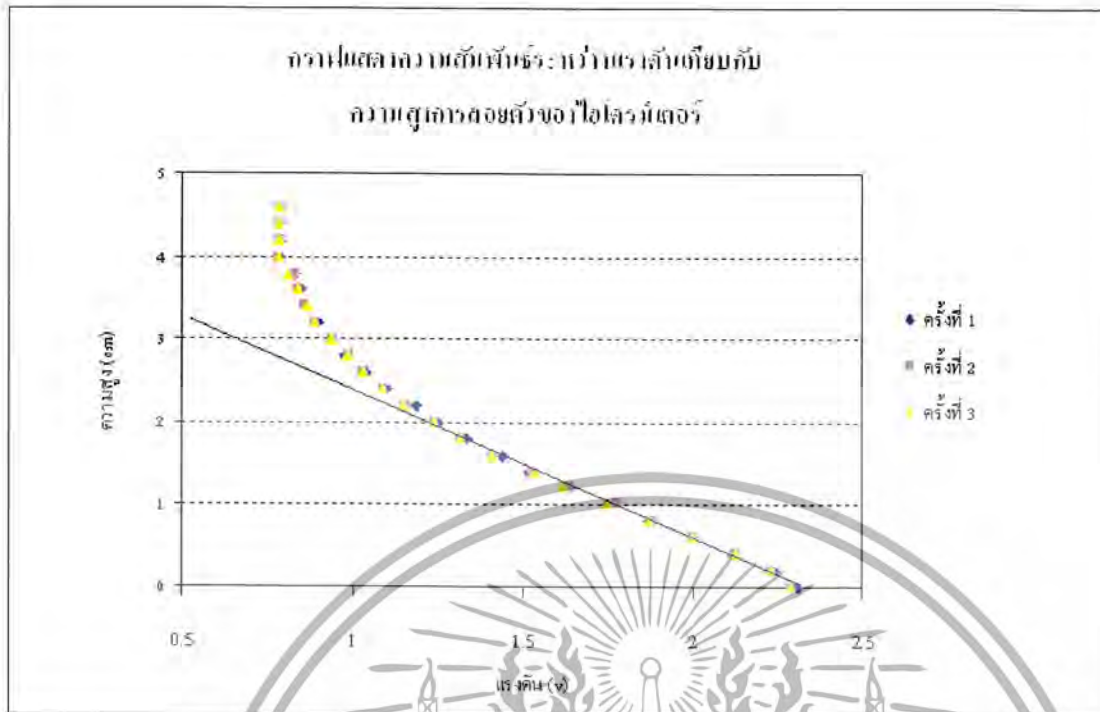
5.3.2 ผลการทดลอง

ระยะทาง (cm)	แรงดัน (V) ครั้งที่ 1	แรงดัน (V) ครั้งที่ 2	แรงดัน (V) ครั้งที่ 3
0.0	2.30	2.29	2.30
0.2	2.24	2.23	2.23
0.4	2.12	2.13	2.13
0.6	2	2	2
0.8	1.87	1.9	1.87
1.0	1.75	1.8	1.75
1.2	1.64	1.6	1.62
1.4	1.52	1.5	1.54
1.6	1.44	1.4	1.4
1.8	1.34	1.3	1.3
2.0	1.25	1.2	1.2
2.2	1.19	1.2	1.2
2.4	1.1	1.1	1.1
2.6	1.04	1.0	1.0
2.8	0.98	1.0	1.0
3.0	0.94	0.94	0.94
3.2	0.9	0.89	0.89
3.4	0.86	0.86	0.87
3.6	0.85	0.84	0.84
3.8	0.83	0.83	0.81
4.0	0.79	0.78	0.79
4.2	0.79	0.79	0.79
4.4	0.79	0.79	0.79
4.6	0.79	0.79	0.79

ตารางที่ 5.2 การทดลองเพื่อหาแรงดันไฟฟ้าเทียบกับค่าความสูงของการยกตัวลอยของ

ไฮโดรมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันไฟฟ้าเทียบกับความสูงการลอยของไฮโดรมิเตอร์

5.4 การทดลองวัดความถ่วงจำเพาะของเครื่องวัดความถ่วงจำเพาะดิจิตอลเปรียบเทียบกับไฮโดรมิเตอร์

5.4.1 อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

อุปกรณ์การทดลอง

- สารละลายที่จะทำการวัด
- ภาชนะใส่สารละลาย
- แท่งโลหะ
- เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะดิจิตอล
- ไฮโดรมิเตอร์

วิธีการทดลอง

- นำสารละลายใส่ในภาชนะจนถึงขีดระดับ
- ทำการวัดความถ่วงจำเพาะจากไฮโดรมิเตอร์
- ทำการวัดความถ่วงจำเพาะจากเครื่องวัดความถ่วงจำเพาะดิจิตอล
- นำค่าที่ทำการวัดได้มาเปรียบเทียบเพื่อหาค่าความผิดพลาด
- ทำการบันทึกค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.2 ผลการทดลอง

ไบโอดีเซล

ครั้งที่	1	2	3	4	5
ความถ่วงจำเพาะที่อ่านจากเครื่อง	0.830	0.828	0.827	0.830	0.831
ความถ่วงจำเพาะที่อ่านจากไฮโดรมิเตอร์	0.830	0.830	0.830	0.830	0.830
% ความผิดพลาด	0%	0.24%	0.36%	0%	0.12%

ดีเซล

ครั้งที่	1	2	3	4	5
ความถ่วงจำเพาะที่อ่านจากเครื่อง	0.824	0.825	0.823	0.822	0.824
ความถ่วงจำเพาะที่อ่านจากไฮโดรมิเตอร์	0.825	0.825	0.825	0.825	0.825
% ความผิดพลาด	0.12%	0%	0.24%	0.36%	0.12%

น้ำมันปาล์ม

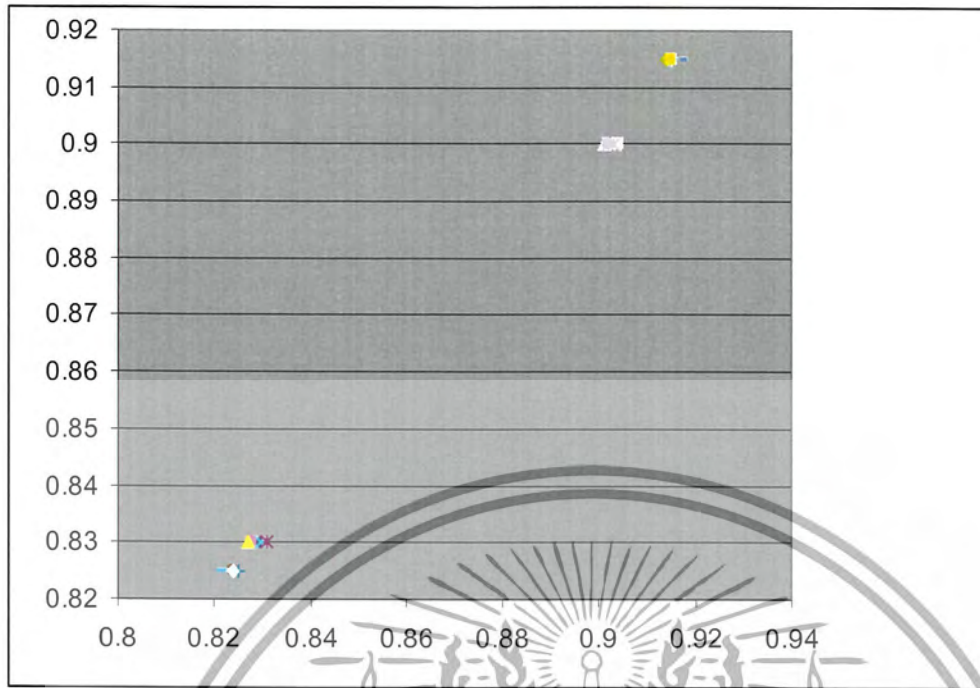
ครั้งที่	1	2	3	4	5
ความถ่วงจำเพาะที่อ่านจากเครื่อง	0.904	0.901	0.902	0.903	0.902
ความถ่วงจำเพาะที่อ่านจากไฮโดรมิเตอร์	0.900	0.900	0.900	0.900	0.900
% ความผิดพลาด	0.44%	0.11%	0.22%	0.33%	0.22%

น้ำมันถั่วเหลือง

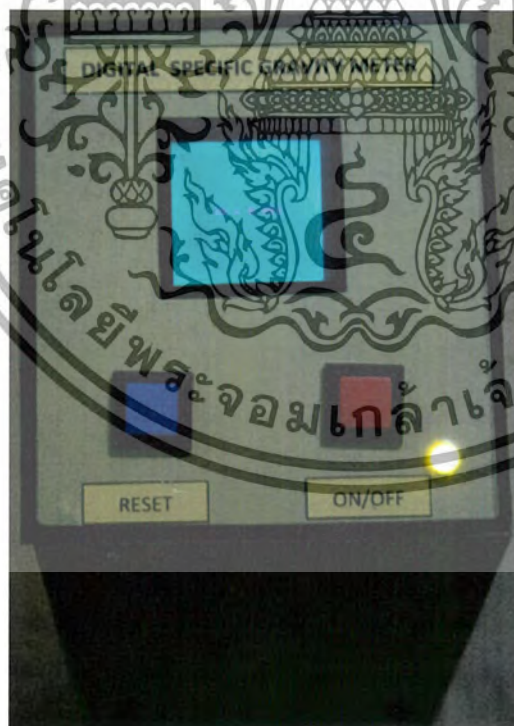
ครั้งที่	1	2	3	4	5
ความถ่วงจำเพาะที่อ่านจากเครื่อง	0.915	0.917	0.915	0.914	0.915
ความถ่วงจำเพาะที่อ่านจากไฮโดรมิเตอร์	0.915	0.915	0.915	0.915	0.915
% ความผิดพลาด	0%	0.218%	0%	0.109%	0%

ตารางที่ 5.3 ตารางความสัมพันธ์ระหว่างการวัดความถ่วงจำเพาะของเครื่องวัดกับไฮโดรมิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการวัดความถ่วงจำเพาะของเครื่องวัดกับ ไฮโดรมิเตอร์ทั้ง 4 ชนิด



รูปที่ 5.8 แสดงการวัดค่าความถ่วงจำเพาะด้วยเครื่องวัดความถ่วงจำเพาะดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทสรุป

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ในการพัฒนาเครื่องมือวัดความถ่วงจำเพาะของของเหลว ให้สามารถอ่านค่าได้ง่ายสะดวกรวดเร็ว แต่ยังคงความถูกต้องเหมือนกับเครื่องมือมาตรฐาน โดยการเปลี่ยนรูปแบบการแสดงผลจากการอ่านค่าโดยอ่านจากสเกลที่รอยต่อผิวของเหลวกับก้านวัด มาเป็นการแสดงผลแบบดิจิทัล หลักการที่นำมาใช้คือการตรวจจับการเคลื่อนที่ขึ้นลงของไฮโดรมิเตอร์ โดยใช้หลักการของเซ็นเซอร์แม่เหล็ก

ในการทำโครงการนี้ในส่วนของวงจรตรวจจับ โลหะเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับความถี่ซึ่งมีค่าของความถี่ที่สูง จึงจำเป็นจะต้องคำนึงถึงปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในหลายๆปัจจัยเข้ามาเกี่ยวข้องพอสมควร ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการออกแบบลายวงจรและค่าของอุปกรณ์ที่ใช้ ตัวอย่างเช่น ถ้าหากทำการออกแบบลายวงจรไม่ดีก็จะทำให้เกิดค่าแฝงของตัวอุปกรณ์ อันได้แก่ค่าของตัวเหนี่ยวนำแฝงและค่าความจุแฝงเป็นผลทำให้ค่าความถี่ของวงจรออสซิลเลเตอร์มีค่าเปลี่ยนไป อีกทั้งในส่วนของขดลวดตรวจจับ โลหะยังมีการรบกวนของสนามแม่เหล็กจากภายนอกเมื่อมีวัตถุที่เป็น โลหะมาใกล้หรือเมื่อมือของผู้ทำการทดลองเองมาใกล้บริเวณขดลวดก็จะทำให้ความถี่เปลี่ยนแปลง จึงส่งผลทำให้ความเร็วและความสามารถในการตรวจจับ โลหะเกิดข้อผิดพลาดขึ้นกล่าวคือในบางสถานะอาจไม่สามารถตรวจจับ โลหะได้ และในส่วนของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะประมวลผลโดยใช้สัญญาณ clock จากคริสตอล ซึ่งเมื่ออุณหภูมิและแรงดันของแบตเตอรี่มีการเปลี่ยนแปลงจะทำให้คริสตอลกำเนิดความถี่ไม่ตรงทำให้ค่าแรงดันที่ได้จากการตรวจจับ โลหะเกิดความผิดพลาดส่งผลทำให้ค่าความถ่วงจำเพาะมีความผิดพลาดมากขึ้นด้วย

ในขั้นตอนทำการทดลองวัดเพื่อหาค่าความถ่วงจำเพาะในการวัดแต่ละครั้งจะเกิดความผิดพลาดขึ้น ซึ่งเกิดจากอุณหภูมิในห้องที่ทำการวัด ถ้าอุณหภูมิสูงความถ่วงจำเพาะจะมีค่าน้อยลง แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำค่าความถ่วงจำเพาะจะมีค่ามาก ดังนั้นในเรื่องของอุณหภูมิห้องก็สำคัญมากในการวัดความถ่วงจำเพาะ

เครื่องมือวัดความถ่วงจำเพาะใช้ประโยชน์ในการควบคุมคุณภาพของของเหลวผสมที่ใช้ในอุตสาหกรรมและครัวเรือนเช่น น้ำมันประเภทต่าง ๆ หากพัฒนาให้การวัดได้ถูกต้องใกล้เคียงกับแบบมาตรฐานแล้ว จะมีประโยชน์ อย่างมากกับอุตสาหกรรมในครัวเรือน

จากการทำโครงการนี้ทำให้ได้ความรู้หลายอย่าง ไม่ว่าจะเป็นเรื่องของการทำงาน การออกแบบวงจรออสซิลเลเตอร์โดยใช้ทรานซิสเตอร์ อีกทั้งยังได้เรียนรู้ถึงทฤษฎีทางด้านฟิสิกส์ที่นำมาคำนวณเกี่ยวข้องกับความถ่วงจำเพาะ และยังได้ใช้การประยุกต์ความรู้ในด้านการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ และการศึกษาจอแสดงผลโนเกียตลอดจนได้รู้จักการแก้ปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นซึ่งจะมีประโยชน์ในการทำงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

- 1) ชูชัย ธนตั้งเจริญ ,พิชัย ภักดีพานิชเจริญ ระบบสื่อสาร หจก.ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, 145 หน้า,
กรุงเทพ 2545
- 2) เทอดศักดิ์ ถั่วหาทอง เอกสารประกอบการสอน วิชา **Digital Communication**
ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง กรุงเทพ 2548
- 3) บัณฑิต โรจน์อารยานนท์ หลักการไฟฟ้าสื่อสาร โรงพิมพ์เจริญธรรม, กรุงเทพ, 175 หน้า, 2544
- 4) ประจัน พลังสันติสุข หลักการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ อินโนเวตีฟอิเล็กทรอนิกส์
อริเมนต์ จำกัด กรุงเทพ 193 หน้า 2548
- 5) ประภากร สุวรรณะ , สมศักดิ์ ชุ่มช่วย วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์ คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ หน้า105
2545
- 6) เอกสารประกอบการเรียน วิชา Electronic Laboratory III ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพ,
2548

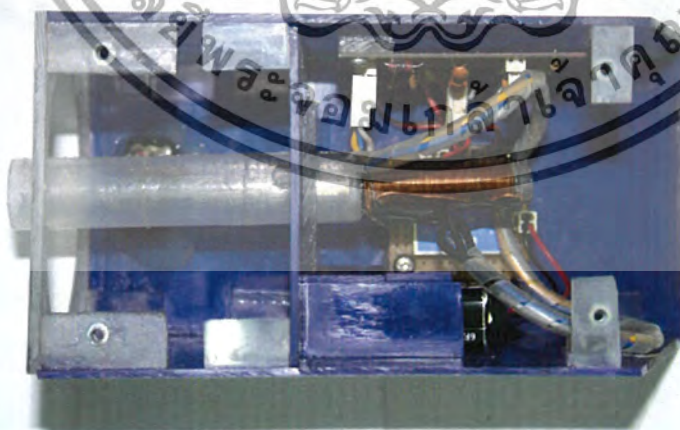


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

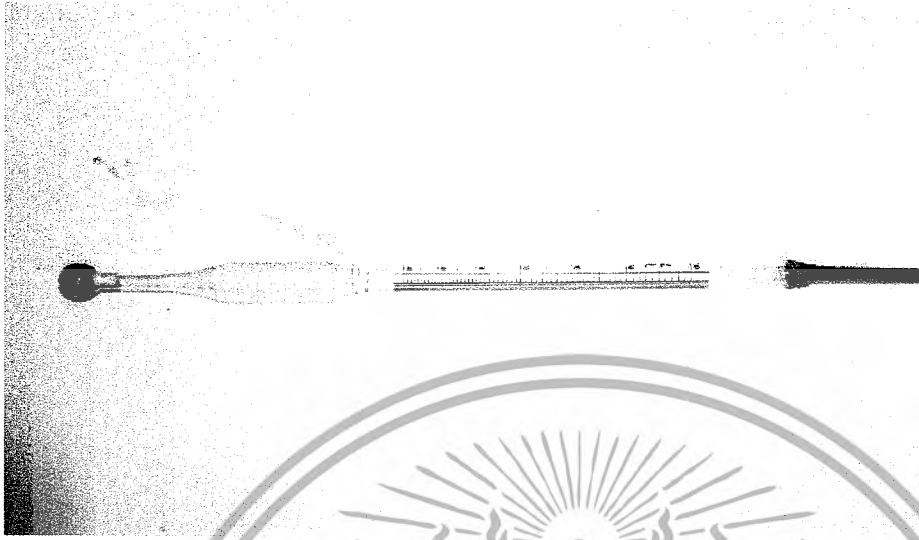


รูป A แสดงเครื่องวัดความถ่วงจำเพาะจากภายนอก



รูป B แสดงเครื่องวัดความถ่วงจำเพาะจากภายในและส่วนประกอบต่างๆจะเห็นได้ว่าเราสามารถเขียนโปรแกรมเข้าไปใหม่ได้เพียงแค่ถอด ไมโครคอนโทรลเลอร์ออกมา Set โปรแกรมลงไปใหม่ แล้วนำไปใส่ไว้ที่ socket ดั้งเดิมเท่านั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

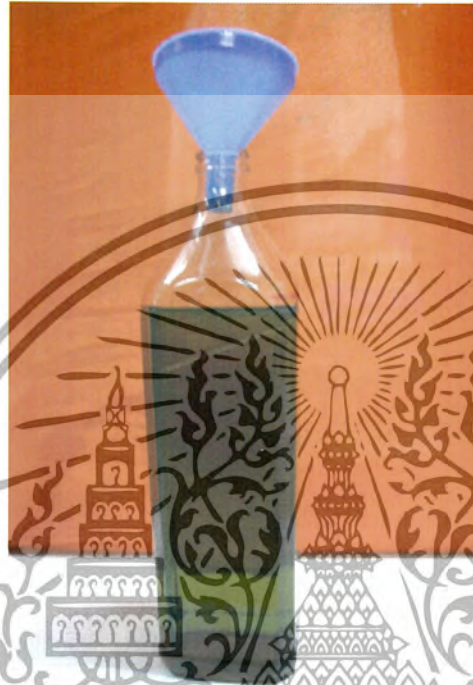


รูป C แสดงไฮโดรมิเตอร์ที่ใช้ในการลอยตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีใช้งาน

1. ใส่สารละลายลงไปในช่วงที่ใช้ในการวัดตามปริมาณที่กำหนด

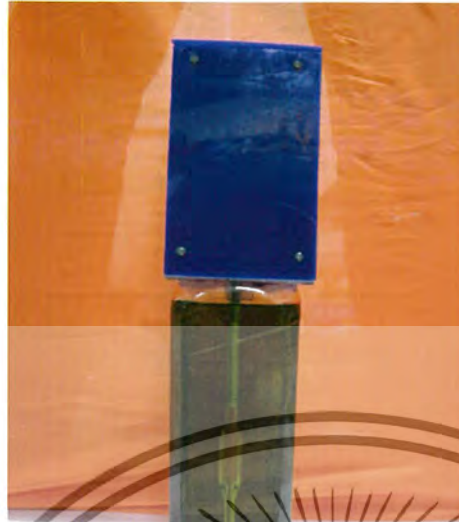


2. หย่อนไฮโดรมิเตอร์ลงไปในขวดจนกว่าไฮโดรมิเตอร์จะนิ่ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. นำตัวเครื่องมาครอบปากขวด



4. เปิดสวิทช์และกดปุ่ม RESET ด้านหน้าจะแสดงค่าความถ่วงจำเพาะออกมาทางหน้าจอ



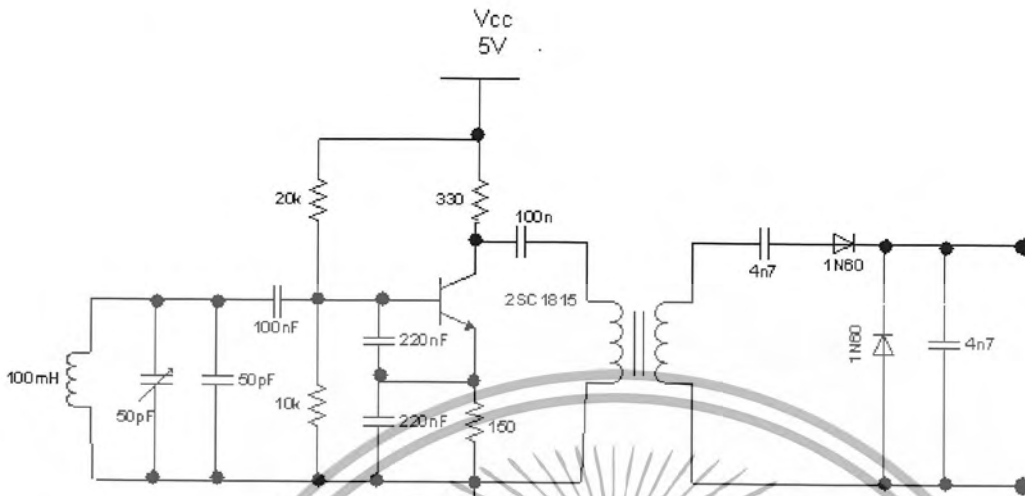
5. ถ้าจะวัดสารชนิดใหม่เพียงเปลี่ยนสารแล้วทำตามขั้นตอนข้างต้นใหม่อีกครั้ง

ข้อจำกัดของเครื่องวัดความถ่วงจำเพาะดิจิตอล

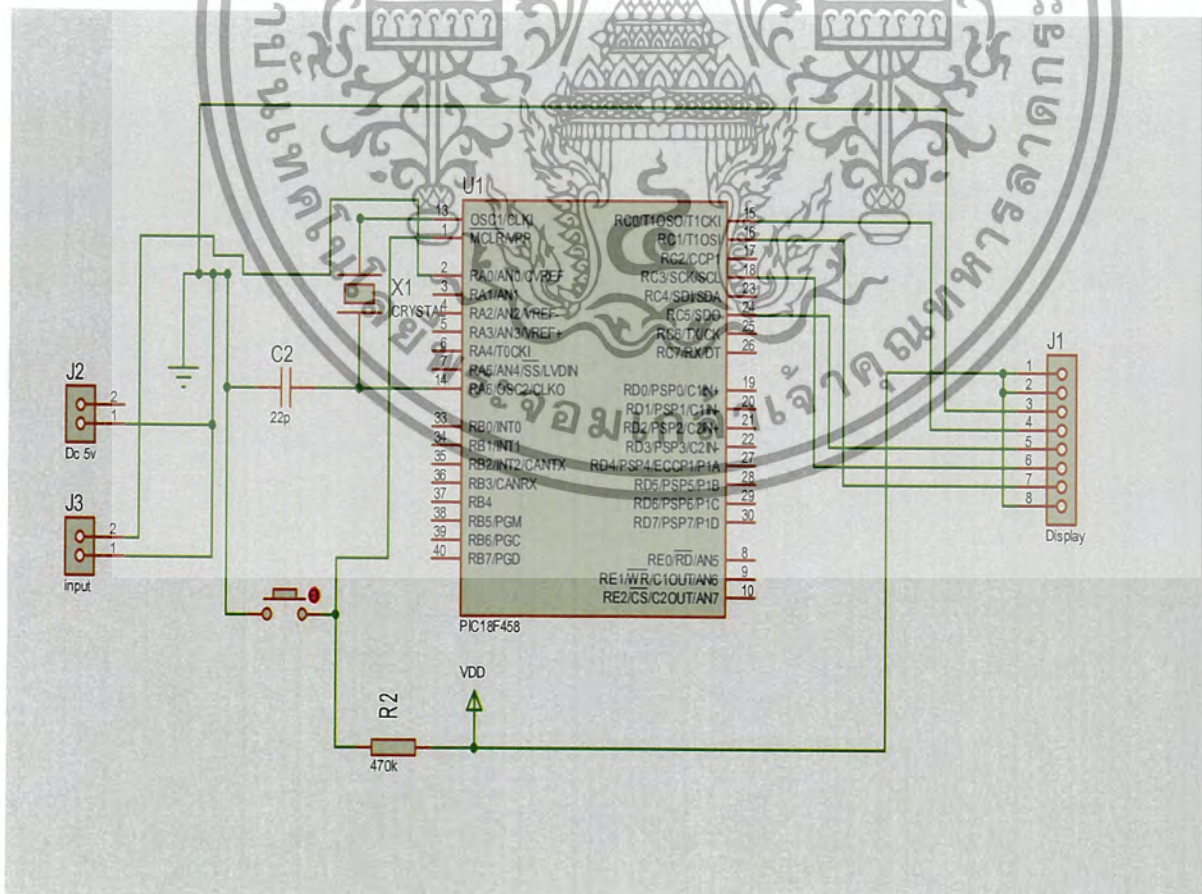
ย่านการวัดอยู่ในช่วง 0.800 – 0.950 ถ้าจะให้ย่านการวัดกว้างกว่านี้จะต้องการพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรตรวจจับโลหะ



วงจรในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้