

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุ

CAPACITIVE HUMIDITY METER



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 62629
วัน,เดือน,ปี..... 21 ส.ค. 2548

b..... 11622293
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาบัตรปีการศึกษา 2548

ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุม สาขาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุ

CAPACITIVE HUMIDITY METER

ผู้จัดทำ นายประทีป ทองโสภณ 46015309

นายวงศกร หงษ์มานุรักษ์ 46015319

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ วรรณดี เพชรรมณีล้ำค่า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุ

CAPACITIVE HUMIDITY METER

โดย

นายประทีป ทองโสภาก

นายวงศกร หงษานุรักษ์

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์วรรณดี เพชรหมณีล้ำค่า

ปีการศึกษา 2548

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการออกแบบและขั้นตอนการสร้างของเครื่องวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุ โดยอาศัยหลักการของการเปลี่ยนแปลงค่าของตัวเก็บประจุที่แปรผันไปกับค่าความชื้น ซึ่งเครื่องวัดความชื้นนี้ประกอบขึ้นด้วย 3 ส่วน คือส่วนตรวจวัดและผลิตความถี่ ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผล โดยในส่วนตรวจวัดและผลิตความถี่นั้นจะทำงานได้โดยใช้วงจรรอสเตเบิลเพื่อทำการสร้างสัญญาณพัลส์ที่มีค่าความถี่สอดคล้องกับค่าความชื้น ในส่วนประมวลผลได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลค่าความถี่ และส่วนแสดงผลได้ใช้จอแสดงผลแบบเจ็ดส่วนสามหลักเป็นตัวแสดงผลค่าความชื้นสัมพัทธ์ในย่าน 0-100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งในการส่งข้อมูลระหว่างส่วนประมวลผลกับส่วนแสดงผลจะส่งข้อมูลแบบกระแสไฟฟ้าผ่านสายสัญญาณ โดยเครื่องมือวัดความชื้นที่สร้างขึ้นได้ถูกทดสอบ ปรับปรุง และแก้ไขให้เหมาะสมจนประกอบเป็นเครื่องมือวัดความชื้นที่สามารถใช้งานได้จริงและมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CAPACITIVE HUMIDITY METER

Mr. Prateep Thongsopa

Mr. Vongsakorn Hongsanurak

Advisor

Miss Wandee Petchmancelumka

ABSTRACT

This project presents the process of the capacitive humidity meter based on the principle that the change of capacitive value depends on the value of humidity. This meter is composed of the capacitive sensor, frequency oscillator, processor and display. Capacitance of this sensor is used to generate the pulse signal, which relates to the humidity by the astable circuit. This signal is processed by microcontroller. Then the humidity result is displayed by 3 digits of seven-segment. Data signal is sent in the current form. This humidity meter was tested and modified unit it can work effectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การจัดทำปริญาานิพนธ์ฉบับนี้ สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เพราะได้รับความช่วยเหลือเป็นอย่างดีจาก อาจารย์วรรณดี เพชรธมณีล้ำค่า และอาจารย์รัชชัย คำศรี ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำที่ดีมาโดยตลอดตั้งแต่ต้น รวมทั้งเชื้อเพื่ออุปกรณ์ที่จำเป็นในการโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ และความช่วยเหลืออื่นๆที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการ ผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.เกียรติศักดิ์ กมวัชระ ที่ให้คำปรึกษาในส่วนของการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์

อีกทั้งต้องขอขอบคุณพี่แม็ค ที่ให้คำอธิบายการทำงานของวงจรต่างๆ พี่น้อย และพี่เพชร ที่เชื้อเพื่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ น้องก้อย ที่คอยช่วยเหลือทุกๆ อย่างมาตั้งแต่ต้น รวมไปถึงเพื่อนๆ ทุกคนที่ทำให้กำลังใจ กระตุ้นเตือน สนับสนุนอุปกรณ์ที่ขาดเหลือ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อโครงการ รวมทั้งคอยถามไถ่ความคืบหน้าของโครงการอยู่ตลอดเวลา

สุดท้ายนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา รวมถึงการสนับสนุนในเรื่องของงบประมาณที่ขาดเหลือ ตลอดจนเป็นแรงบันดาลใจที่ดีที่สุดที่ทำให้โครงการนี้สำเร็จลงได้

ผู้จัดทำ

นายวงศกร หงษานุรักษ์

นายประทีป ทองโสภาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูปภาพ	VII
สารบัญตาราง	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตโครงการ	2
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 รายละเอียดของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 ความหมายของความชื้น	3
2.1.1 ความชื้นสัมบูรณ์	3
2.1.2 ความชื้นสัมพัทธ์	3
2.1.3 ความชื้นจำเพาะ	3
2.2 เซนเซอร์วัดค่าความชื้น	4
2.2.1 เซนเซอร์วัดค่าความชื้นแบบ THERMAL CONDUCTIVITY	4
2.2.2 เซนเซอร์วัดค่าความชื้นแบบรีซิสตีฟ	6
2.2.3 เซนเซอร์วัดค่าความชื้นแบบคาปาซิตีฟ	8
2.3 การวัดค่าตัวเก็บประจุไฟฟ้า	9
2.3.1 การเลื่อนเฟส	9
2.3.2 วงจรเฟสล็อกกลุ๊ป	12
2.3.3 การมอดูเลตทางความถี่	14
2.4 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า	15
2.4.1 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าแก่โหนดลอย	15
2.4.2 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าแก่โหนดกราวด์	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.4.3 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าแก่โหลดขนาดสูง	18
2.5 วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า	19
2.6 วงจรอะสเตเบิล	19
2.7 จอแสดงผลแบบเจ็ดส่วน	21
2.7.1 แบบแคโทด	21
2.7.2 แบบแอโนด	21
2.8 การใช้จอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนหลายตัว	23
บทที่ 3 การออกแบบระบบเครื่องวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุ	25
3.1 โครงสร้างของเครื่องวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุ	25
3.2 หลักการทำงานของเครื่องวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุ	26
3.3 ไมโครคอนโทรลเลอร์	30
3.4 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก	32
3.5 จอแสดงผลแบบเจ็ดส่วนสามหลักที่ใช้ในงานจริง	32
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	35
4.1 การทดลองในส่วนของภาคตรวจวัดและผลิตความถี่	35
4.2 การทดลองแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก	37
4.3 การทดลองการส่งข้อมูลแบบกระแสที่ใช้ในงานจริง	38
4.3.1 การทดลองวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า	38
4.3.2 การทดลองวงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า	40
4.3.3 การทดลองวงจรการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าของอินพุตเอาต์พุต	41
4.4 การทดลองวัดค่าความชื้นจากเครื่องวัดความชื้นที่สร้างขึ้น	43
4.5 สรุปผลการทดลอง	44
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์	47
5.1 สรุป	47
5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางการแก้ไข	47
5.3 ข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาต่อไปในอนาคต	48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
ภาคผนวก	48
ภาคผนวก ก. โปรแกรมที่ใช้ในโครงการ	49
ก.1 โปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์1	50
ก.2 โปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์2	52
ภาคผนวก ข. คู่มือประกอบการใช้งานอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในโครงการนี้	56
ข.1 อุปกรณ์ในส่วนของภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกลและผลิตความถี่	56
ข.1.1 SENSOR วัดค่าความชื้นแบบตัวเก็บประจุ	56
ข.1.2 ไอซี NE555	58
ข.2 อุปกรณ์ในส่วนของภาคประมวลผลและแสดงผล	59
ข.3 อุปกรณ์ขยายสัญญาณ	60
ข.4 อุปกรณ์แปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก	61
เอกสารอ้างอิง	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 เซนเซอร์วัดความชื้นแบบ THERMAL CONDUCTIVITY	4
2.2 วงจรภายในตัวเซนเซอร์วัดความชื้นแบบ THERMAL CONDUCTIVITY	5
2.3 กราฟแสดงเอาต์พุตของเซนเซอร์วัดความชื้นแบบ THERMAL CONDUCTIVITY	5
2.4 เซนเซอร์วัดความชื้นแบบบริชิตีฟ	6
2.5 กราฟแสดงเอาต์พุตของเซนเซอร์วัดความชื้นแบบบริชิตีฟ	7
2.6 เซนเซอร์วัดค่าความชื้นแบบคาปาซิตีฟ	8
2.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้นและค่าความจุไฟฟ้า	9
2.8 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรกรองความถี่	10
2.9 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของวงจรการเลื่อนเฟส	11
2.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเอาต์พุตกับค่าประจุไฟฟ้าของการเลื่อนเฟส	12
2.11 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของวงจรเฟสล็อก	13
2.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเอาต์พุตกับค่าประจุของวงจรเฟสล็อก	13
2.13 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของการมอดูเลตทางความถี่	14
2.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเอาต์พุตกับค่าประจุของการมอดูเลตทางความถี่	14
2.15 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าแก้อไหลดลยแบบไม่กลับเฟส	15
2.16 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าแก้อไหลดลยแบบกลับเฟส	15
2.17 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าแก้อไหลดกราวนด์	17
2.18 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าขนาดสูง	18
2.19 วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า	19
2.20 วงจรอะสเตเบิล	20
2.21 ลักษณะรูปคลื่นที่ได้จากวงจรอะสเตเบิล	20
2.22 วงจรภายในของจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนทั้งแบบแคโทดร่วมและแบบแอนโนดร่วม	21
2.23 การต่อขาตัวเลขแบบเจ็ดส่วนหนึ่งหลัก	22
2.24 วงจรใช้งานจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนในลักษณะมัลติเพล็กซ์	24
3.1 โครงสร้างของเครื่องวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุ	25
3.2 แสดงลักษณะโครงสร้างของหัววัดความชื้น รุ่น HS1101	26
3.3 กราฟแสดงคุณสมบัติของความจุไฟฟ้าต่อความชื้นสัมพัทธ์ของหัววัดความชื้น	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.4 ลำดับขั้นตอนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์1	27
3.5 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์1 ในส่วนของภาคประมวลผล	28
3.6 ลำดับขั้นตอนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์2	29
3.7 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์2 ในส่วนของภาคแสดงผล	30
3.8 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก	32
3.9 จอแสดงผลแบบเจ็ดส่วนสามหลักที่ใช้ในงานจริง	33
4.1 วงจรอะสเตเบิลที่ใช้ในงานจริง	35
4.2 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในงานจริง	39
4.3 วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในงานจริง	40
4.4 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าต่อร่วมกับวงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในงานจริง	41
4.5 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าความจุที่ได้จากการทดลองและจากค่าที่ได้เทียบกับกราฟคุณสมบัติของตัวตรวจจับความชื้น	44
4.6 ส่วนตรวจวัดและผลิตความถี่ของเครื่องวัดความชื้น	45
4.7 ส่วนประมวลผลของเครื่องวัดความชื้น	45
4.8 ส่วนแสดงผลของเครื่องวัดความชื้น	46
4.9 เครื่องวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุที่สร้างขึ้นในโครงการนี้	46
ข.1 เซนเซอร์วัดความชื้นของ HUMIREL รุ่น HS 1101	56
ข.2 กราฟแสดงคุณสมบัติของความจุไฟฟ้าต่อความชื้นสัมพัทธ์ของหัววัดความชื้น	57
ข.3 ไอซี NE555	58
ข.4 ไอซี 16F877	59
ข.5 ไอซี LM741	60
ข.6 ไอซี DAC0832	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 กำหนดการต่อจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนเข้ากับพอร์ต B	22
2.2 ข้อมูลของการแสดงผลตัวเลข 0-9 ของจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน	23
3.1 การแสดงผลข้อมูลตัวเลขบนจอแสดงผลแบบเจ็ดส่วนสามหลักแบบแคโทดร่วม	33
4.1 ผลการทดลองวัดค่าความถี่โดยแปรค่าตัวเก็บประจุ	36
4.2 ผลการคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุโดยใช้ค่าความถี่ที่วัดได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์	37
4.3 ผลการทดลองแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาล็อก	38
4.4 ผลการทดลองวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า	39
4.5 ผลการทดลองวงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า	40
4.6 ผลการทดลองวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าพร้อมกับ วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า	42
4.7 ผลการทดลองการวัดค่าความชื้น	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมและทางการเกษตร เช่น ข้าวเปลือก ถั่วเขียว อาหารแห้ง ล้วนมีค่าความชื้นที่ส่งผลต่อการเก็บรักษา ซึ่งต้องมีค่าความชื้นที่เหมาะสม จึงจะสามารถเก็บรักษาได้อย่างปลอดภัยและนาน ดังนั้นจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้ทำการวัดค่าความชื้นของผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยทั่วไปเครื่องวัดความชื้นมีอยู่มากมายหลายแบบ ซึ่งส่วนมากจะนำเข้าจากต่างประเทศ จึงทำให้มีราคาสูง บางครั้งก็มีขนาดใหญ่ทำให้เคลื่อนย้ายไม่สะดวก ดังนั้นปริยญาณิพนธ์ฉบับนี้จึงสนใจในการสร้างเครื่องมือวัดความชื้นแบบค่าตัวเก็บประจุ ที่สามารถใช้งานได้ไม่ซับซ้อนและเคลื่อนย้ายได้สะดวก

1.1 ที่มาของโครงการนี้

เนื่องจากค่าความชื้นมีความสำคัญต่อการควบคุมกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป โดยเฉพาะอุตสาหกรรมการเกษตร ซึ่งค่าความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญต่อการเก็บรักษาผลผลิตต่างๆ ให้ปลอดภัย ผู้จัดทำโครงการนี้จึงได้ศึกษาถึงทฤษฎีและหลักการต่างๆ และสร้างเครื่องมือวัดความชื้นขึ้นมาเพื่อให้ทราบค่าความชื้นอันเป็นแนวทางที่จะสามารถนำค่าความชื้นที่ได้นั้นไปใช้หรือการควบคุมค่าความชื้นให้มีปริมาณที่เหมาะสม

ในการตัดสินใจเลือกทำโครงการนี้ก็เพื่อที่จะศึกษาถึงพื้นฐานหลักการทำงานในส่วนต่างๆ ของเครื่องวัดค่าความชื้นแบบตัวเก็บประจุ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผล และวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโครงการนี้ หวังเป็นอย่างยิ่งว่า โครงการเครื่องวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุจะทำให้เกิดแนวคิดที่จะพัฒนาประยุกต์ให้สามารถทำงานอื่นๆ ตามที่ต้องการได้ รวมถึงการเพิ่มความสามารถในการทำงานที่ซับซ้อนขึ้นต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ศึกษาวิธีการในการวัดค่าความชื้น
2. ศึกษาหลักการของวงจรต่างๆ ที่ใช้วัดค่าความชื้นแบบประจุไฟฟ้า
3. สร้างเครื่องวัดความชื้นให้มีความเที่ยงตรง ต้นทุนต่ำ และใช้งานได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ขอบเขตโครงการ

1. สามารถวัดค่าความชื้นได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ
2. ศึกษาภาษาทางคอมพิวเตอร์เพื่อนำมาเขียนโปรแกรมการทำงาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับในการทำโครงการ

1. เพิ่มความรู้ความเข้าใจในเชิงวิเคราะห์และออกแบบชิ้นงาน
2. สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานจริงต่อไป
3. เพิ่มทักษะการแก้ปัญหาเฉพาะทางอาชีพวิศวกรรม
4. เรียนรู้การจัดการและการดำเนินงานร่วมกับเพื่อนร่วมงานได้ดี

1.5 รายละเอียดของปริิญาานิพนธ์

เนื้อหาได้รวบรวมจากการศึกษาทดลอง แบ่งเป็นบทดังนี้

บทที่ 1 บทนำจะกล่าวถึงสาเหตุที่ทำให้เกิด โครงการวัสดุประสงค์และขอบเขต โครงการ

บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับ โครงการ

บทที่ 3 การออกแบบจะกล่าวถึงวิธีการออกแบบพร้อมทั้งวงจรที่ใช้งาน

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง จะกล่าวถึงผลการทดลองที่ได้ทำการทดลองทั้งหมด

บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุปจะเป็นการสรุปภาพรวมที่ได้ทำมา ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทาง

แก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและหลักการที่นำมาใช้ในการสร้างเครื่องมือวัดความชื้นของโครงการนี้ โดยจะกล่าวถึง ความชื้น เช่น เซอร์วัดค่าความชื้น การวัดค่าตัวเก็บประจุไฟฟ้า วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า (Voltage To Current Converter Circuit) วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า (Current to voltage Converter Circuit) วงจรอะอสเตบิลิต และจอแสดงผลแบบเจ็ดส่วน ดังมีรายละเอียดและข้อมูลต่างๆดังต่อไปนี้

2.1 ความชื้น

ความชื้น คือ ปริมาณไอน้ำในอากาศ เมื่อน้ำได้รับความร้อนน้ำจะเปลี่ยนจากของเหลวกลายเป็นไอ เรียกว่าการระเหย อากาศชื้นหรืออากาศแห้งขึ้นอยู่กับปริมาณละอองน้ำในอากาศ ปริมาณความชื้นในอากาศมีผลกระทบต่อการทำงานของเครื่องในร่างกายอากาศจะได้รับไอน้ำได้มาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ดังนั้นอุณหภูมิจึงเป็นตัวกำหนดปริมาณไอน้ำในอากาศ อากาศที่มีอุณหภูมิสูงจะรับไอน้ำได้มากกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิต่ำ ถ้าอากาศไม่สามารถรับไอน้ำได้เรียกว่า ไอน้ำอิ่มตัว

ความชื้นในอากาศมี 3 แบบ คือ

2.1.1 ความชื้นสัมบูรณ์ คือ อัตราส่วนระหว่างมวลของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศกับปริมาตรของอากาศนั้น

$$\text{ความชื้นสัมบูรณ์} = \frac{\text{มวลของไอน้ำที่มีอยู่จริงในอากาศ}}{\text{ปริมาตรของอากาศ}}$$

2.1.2 ความชื้นสัมพัทธ์ คือ อัตราส่วนของความชื้นในอากาศขณะนั้นกับความชื้นจริงของอากาศในสภาวะอิ่มตัว

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = \frac{\text{ปริมาณไอน้ำที่มีในอากาศ}}{\text{ปริมาณไอน้ำที่มีในอากาศอิ่มตัวที่อุณหภูมิเดียวกัน}} \times 100\%$$

2.1.3 ความชื้นจำเพาะ คือ น้ำหนักหรือความชื้นที่มีอยู่ในอากาศ ต่อ น้ำหนักของอากาศ (รวมไอน้ำ 1 กก.)

$$\text{ความชื้นจำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนักของอากาศขณะนั้น}}{\text{น้ำหนักรวมของอากาศ (รวมไอน้ำ 1 กก.)}}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ น้ำหนักรวมของอากาศ (รวมไอน้ำ 1 กก.) ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เซนเซอร์วัดค่าความชื้น

เซนเซอร์ที่ใช้ในการวัดค่าความชื้นแบ่งได้ 3 แบบ คือ

2.2.1 เซนเซอร์วัดค่าความชื้นแบบ Thermal Conductivity

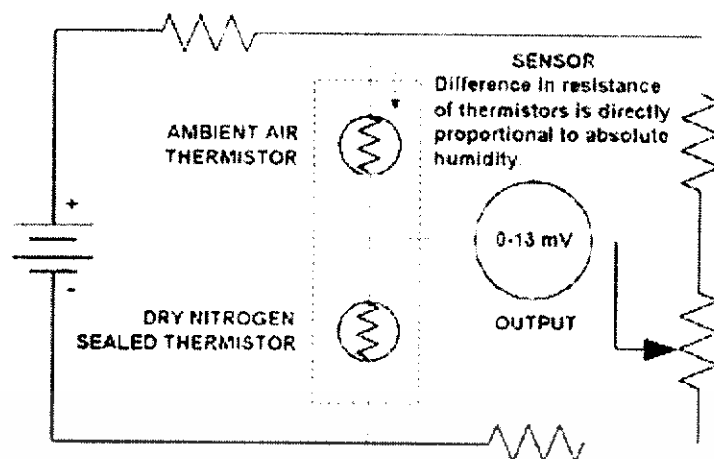
เซนเซอร์แบบนี้เป็นชนิดเดียวที่วัดค่าความชื้นสัมบูรณ์ โดยอาศัยการคำนวณความแตกต่างระหว่างค่าการนำความร้อนของอากาศแห้งกับการนำความร้อนของอากาศที่มีไอน้ำอยู่ โดยเมื่ออากาศหรือก๊าซแห้ง มันจะมีความสามารถที่จะรับความจุความร้อนสูงกว่า ยกตัวอย่างเช่น สภาพอากาศในทะเลทราย ซึ่งจะร้อนจัดในเวลากลางวัน แต่พอดกกลางคืนอากาศจะลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งเกิดจากสภาวะบรรยากาศแห้ง เมื่อเปรียบเทียบกับแล้ว อากาศที่มีความชื้นจะไม่เย็นลงอย่างรวดเร็วในตอนกลางคืน เพราะมีความร้อนที่ยังแฝงอยู่ในไอน้ำของชั้นบรรยากาศ

เซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity หรือเราอาจจะเรียกเซนเซอร์ความชื้นสัมบูรณ์ (Absolute Humidity Sensor) ประกอบด้วยเทอร์มิสเตอร์ 2 ตัว ต่ออยู่ในวงจรบริดจ์ โดยเทอร์มิสเตอร์ตัวหนึ่งบรรจุอยู่ในแคปซูลที่มีก๊าซไนโตรเจน และเทอร์มิสเตอร์อีกตัวหนึ่งถูกวางอยู่ในบรรยากาศ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



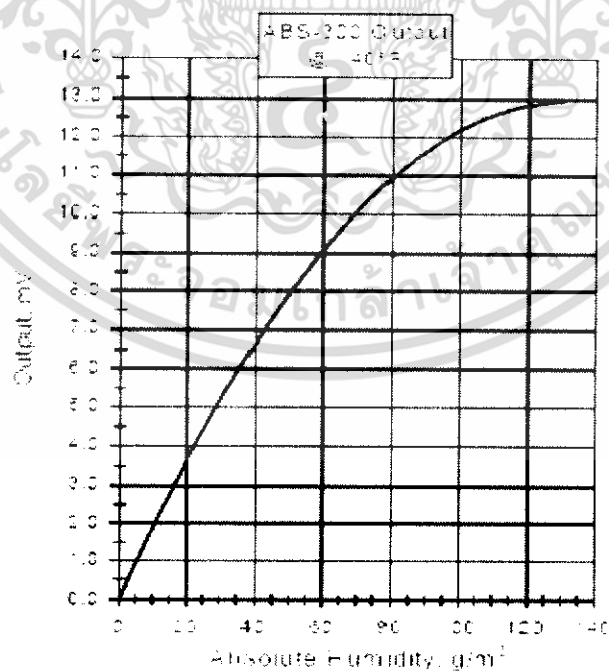
รูปที่ 2.1 แสดงเซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity

จากวงจรในรูปที่ 2.2 กระแสไฟฟ้าจะถูกส่งผ่านเทอร์มิสเตอร์ทั้งสอง ส่งผลให้เกิดความร้อนสูงขึ้นในตัวเทอร์มิสเตอร์มากกว่า 200°C และความร้อนที่กระจายออกจากเทอร์มิสเตอร์ในแคปซูลจะมากกว่า เทอร์มิสเตอร์ที่อยู่ในบรรยากาศ ความแตกต่างของอุณหภูมิของเทอร์มิสเตอร์ทั้งสองนี้ เป็นความต่างของการนำความร้อนของไอน้ำเทียบกับไนโตรเจนแห้ง ความแตกต่างของค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์จึงเป็นสัดส่วน โดยตรงกับความชื้นสัมบูรณ์ดังในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ในตัวเซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity

จากรูปที่ 2.2 จะมีเทอร์มิสเตอร์ที่เหมือนกัน 2 ตัว ค่อยอยู่ในวงจรบริดจ์เซนเซอร์ตัวหนึ่งบรรจุอยู่ในก๊าซไนโตรเจนแห้ง และอีกตัวหนึ่งบรรจุอยู่ในอากาศ แรงดันในวงจรบริดจ์จะเปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความชื้นสัมบูรณ์ นอกจากนี้จะใช้วงจรบริดจ์แล้วยังมีการใช้เครือข่ายความต้านทานเพื่อสร้างแรงเคลื่อน ไฟฟ้าได้เท่ากับย่านความชื้น 0-130 G/m³ ที่อุณหภูมิ 60°C การสอบเทียบเซนเซอร์แบบนี้ จะใช้การวางเซนเซอร์ในอากาศหรือไนโตรเจน ที่ไม่มีความชื้นจากนั้น จะทำการปรับให้เอาต์พุตเป็นศูนย์



รูปที่ 2.3 แสดงกราฟเอาต์พุตของเซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity มีความทนทานสูงและทำงานในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูงถึง 300°C และยังทนต่อไอระเหยสารเคมีได้เป็นอย่างดีจากคุณสมบัติที่ดีของวัสดุโครงสร้างเครื่องที่ไม่มีปฏิกิริยาทางสารเคมี เช่น แก้ว สารกึ่งตัวนำ ที่ใช้สร้างเทอร์มิสเตอร์พลาสติกทนอุณหภูมิสูงหรืออะลูมิเนียม โดยทั่วไปแล้วจะมีการใช้งานเซนเซอร์แบบ Thermal Conductivity ในงานอุตสาหกรรมอบผ้าทั้งแบบที่ใช้ไมโครเวฟ หรือแบบที่ใช้ไอน้ำ รวมทั้งอุตสาหกรรมอบไม้ อุตสาหกรรมผลิตกระดาษ และการผลิตสารเคมีต่าง ๆ ทั้งนี้เซนเซอร์แบบนี้มีความแยกแยะที่ดีกว่าเซนเซอร์แบบอื่น ที่ระดับอุณหภูมิสูงกว่า 200°F นอกจากนี้ก็อาจมีการใช้งานที่ต้องการความแม่นยำระดับ -3g/m^3 ซึ่งเมื่อแปลงไปเป็นค่าความชื้นจะได้เท่ากับ $\pm 5\% \text{RH}$ ที่ 40°C และ $\pm 0.5\% \text{RH}$ ที่ 100°C

2.2.2 เซนเซอร์วัดค่าความชื้นแบบรีซิสตีฟ (Resistive Humidity Sensor)

เซนเซอร์ความชื้นแบบความต้านทานนี้ จะวัดการเปลี่ยนแปลงอิมพีแดนซ์ไฟฟ้าของตัวกลางดูดความชื้น (Hygroscopic Medium) อย่างเช่น โพลีเมอร์ เกลือ หรือสารสังเคราะห์ทั้งนี้อิมพีแดนซ์ที่เปลี่ยน จะแปรผันกับค่าความชื้นในลักษณะของกราฟเอกซ์โปเนนเชียลกลับด้าน ดังในรูปที่ 2.3

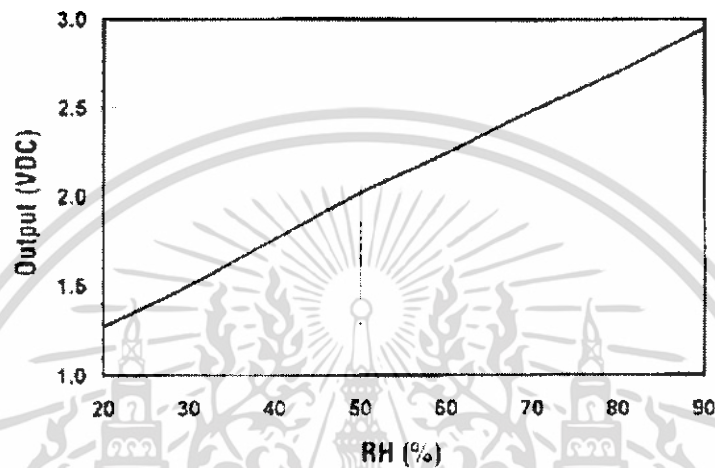


รูปที่ 2.4 แสดงเซนเซอร์แบบรีซิสตีฟ

โครงสร้างของเซนเซอร์ Resistive ประกอบด้วยอิเล็กโตรดโลหะ 2 ส่วนวางอยู่บนฐานด้วยเทคนิคการวางแบบโฟโตริซิส (Photo resist) อิเล็กโตรดอาจมีขดลวดพันรอบ Wire-wound Electrodes ใช้แกนเป็นพลาสติกหรือแท่งแก้วทรงกระบอกในส่วนของฐานนั้นถูกเคลือบด้วยเกลือ (Salt) หรือ โพลีเมอร์ (Conductive Polymer) การทำงานของเซนเซอร์ก็คือดูดซับไอน้ำและไอออนที่แตกตัว เป็นผลให้ค่าความนำไฟฟ้าของตัวกลางเพิ่มขึ้น โดยช่วงเวลาการตอบสนองของเซนเซอร์อยู่ในช่วง 10 ถึง 30 วินาทีสำหรับการเปลี่ยนแปลงในช่วง 63% โดยย่านของอิมพีแดนซ์ที่เปลี่ยนแปลงของเซนเซอร์แปรเปลี่ยน 1 kW ถึง 100 mW

เซนเซอร์แบบ Resistive จะใช้วงจรวัดแบบสมมาตร (Symmetrical) ซึ่งใช้แปลงกำเนิดกระแสสลับกระตุ้นอย่างเช่น วงจรบริดจ์ (Bridge) และสาเหตุที่เลือกใช้กระแสตรงก็เพื่อป้องกันการเอกสารถึงเป็นเอกสารถึงสวางไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้า ไม่น่าจะเหมาะสำหรับใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดขั้วศักย์ไฟฟ้าขึ้นนั่นเอง เมื่อความต้านทานเปลี่ยนแปลงตามการเปลี่ยนของความชื้นเป็นผลให้เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจรวัด กระแสไฟฟ้านี้จะถูกแปลงเป็นสัญญาณแรงดันกระแสตรงเพื่อการส่งผ่านไปยังวงจรขยายย่านวัด วงจรขยายแรงดัน วงจรปรับเชิงเส้นและวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลต่อไป ซึ่งเมื่อผ่านกระบวนการต่าง ๆ แล้วจะทำให้เซนเซอร์และ Resistive มีการตอบสนองต่ออุณหภูมิได้ดีมาก ดังแสดงความสัมพันธ์ในกราฟรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงกราฟการตอบสนองของเซนเซอร์ชนิด Resistive

ข้อดีของเซนเซอร์แบบ Resistive ก็คือการสับเปลี่ยนได้ (Interchangeability) หมายถึงหากตัวใดเสีย ก็สามารถนำอีกตัวหนึ่งมาแทนได้ โดยผ่านการสอบเทียบด้วยการปรับค่าความต้านทาน ซึ่งก็ทำให้ค่าความชื้นเปลี่ยนแปลงไปไม่เกิน $\pm 2\%RH$ อย่างไรก็ตามหากต้องการสอบเทียบเซนเซอร์ Resistive ได้อย่างแม่นยำ ก็สามารถทำได้โดยใช้ RH Calibration Chamber หรือสอบเทียบด้วยระบบ DA ซึ่งใช้คอมพิวเตอร์ร่วมด้วย

แม้ว่าอายุการใช้งานของเซนเซอร์อยู่ในช่วง 5 ปี แต่การใช้งานในสภาพแวดล้อมของไอระเหยของสารเคมีหรือน้ำมันก็อาจทำให้อายุการใช้งานของเซนเซอร์สั้นลงกว่านี้ ข้อบกพร่องหรือข้อด้อยอีกอย่างของเซนเซอร์ความต้านทานก็คือ การเกิดค่าเบี่ยงเบนเมื่อเกิดสภาวะควบแน่นหากใช้สารเคลือบที่ละลายน้ำได้เซนเซอร์แบบ Resistive จะทำงานได้ในสภาพแวดล้อมที่มีการผันแปรของอุณหภูมิไม่เกิน $10^{\circ}F$ หากเกินนี้ อุณหภูมิก็จะเริ่มส่งผลให้อ่านค่าความชื้นได้เพี้ยนไป อย่างไรก็ตาม ด้วยสาเหตุนี้เองจึงมีการเพิ่มระบบชดเชยอุณหภูมิเข้าไปด้วยเพื่อความแม่นยำสูงขึ้น จากที่กล่าวมานี้คุณลักษณะที่มีขนาดเล็ก ราคาถูก สามารถสับเปลี่ยนกันได้ และเสถียรภาพในช่วงเวลานาน จึงทำให้เหมาะใช้ในงานควบคุมอุปกรณ์แสดงผลในอุตสาหกรรม และใช้ในเครื่องใช้ ต่างๆ ตามบ้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 เซนเซอร์วัดค่าความชื้นแบบคาปาซิทีฟ (Capacitive Humidity Sensor)

เซนเซอร์วัดค่าความชื้นแบบนี้วัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ (Relative Humidity) มีรูปร่างหน้าตา ดังแสดงในรูปที่ 2.6 มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรม เจริญพาณิชย์ งานวิจัยหรือทดลองทางฟิสิกส์

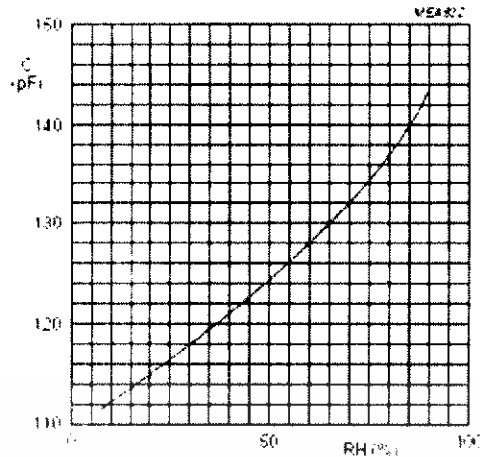


รูปที่ 2.6 เซนเซอร์วัดค่าความชื้นแบบคาปาซิทีฟ

เซนเซอร์แบบนี้ มีโครงสร้างที่ประกอบไปด้วยชั้นฐานแผ่นฟิล์มบางที่ทำจากโพสิเมอร์หรือเมทัลออกไซด์ (Metal Oxide) ถูกวางอยู่ระหว่างอิเล็กโทรดทั้งสอง โดยพื้นผิวของฟิล์มบางดังกล่าวถูกเคลือบด้วยอิเล็กโทรดโลหะแบบมีรูพรุน เพื่อป้องกันฝุ่นละอองและปัญหาจากแสงแดด เซนเซอร์แบบคาปาซิทีฟ สามารถตรวจจับความชื้นสัมพัทธ์ในสภาพแวดล้อมได้เกือบจะเป็นเชิงเส้น หรือมีการตอบสนองได้อย่างเป็นสัดส่วนที่ตีนั้นเอง โดยเมื่อค่าความชื้นสัมพัทธ์เปลี่ยนไป 1 เปอร์เซ็นต์ ค่าความจุไฟฟ้า (Capacitive) ก็จะเปลี่ยนไป 0.2 ถึง 0.5 pF

เซนเซอร์แบบคาปาซิทีฟถูกกำหนดให้มีคุณลักษณะเฉพาะ คือค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำจึงทำให้ทำงานได้ดี แม้อุณหภูมิสูงถึง 200°C การกลับสู่สภาวะเดิมจากสภาวะการควบแน่น และยังทนต่อไอระเหยของสารเคมีอีกด้วย ในขณะที่ช่วงเวลาการตอบสนองของเซนเซอร์คือ 30 ถึง 60 วินาที สำหรับการเปลี่ยนแปลงความชื้นในช่วง 63 เปอร์เซ็นต์

หลายปีที่ผ่านมา มีการออกแบบพัฒนาให้เซนเซอร์แบบคาปาซิทีฟที่มีช่วงของการดริฟต์ (Drift) และฮิสเตอรีซิส (Hysteresis) น้อยที่สุด ทั้งนี้โดยอาศัยเทคโนโลยีที่ใช้ผลิตสารกึ่งตัวนำแบบใหม่มาประยุกต์ใช้ เซนเซอร์แบบคาปาซิทีฟที่ใช้แผ่นฟิล์มบางนี้ บางรุ่นมีการติดตั้งวงจรแปลงสัญญาณเข้าไว้ด้วย เพื่อช่วยสร้างเอาต์พุตแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกือบเป็นเชิงเส้นตามการเปลี่ยนแปลงของค่าความชื้น ดังในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชื้น และค่าความจุไฟฟ้า

เมื่อพูดกันถึงข้อดีของเซนเซอร์แบบค่าปาสิตีฟกันมาพอสมควรแล้ว ตอนนี้นำพูดถึงข้อด้อย ซึ่งเริ่มจากความผิดพลาดเท่ากับ (2%RH ในช่วงการเปลี่ยนแปลงค่าความชื้น 5% ถึง 95%RH) นอกจากนี้เซนเซอร์ยังถูกจำกัดความสามารถช่วงระยะระหว่างชื้นส่วนตรวจจับความชื้นกับวงจรแปลงสัญญาณ เพราะหากใกล้กันมากเกินไปจะทำให้เกิดผลกระทบของค่าความจุไฟฟ้า และในทางปฏิบัติจะต้องน้อยกว่า 10 ฟุต

คุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของเซนเซอร์แบบค่าความจุก็คือ Dew Point เนื่องจากจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสัญญาณสอดคล้องกับค่าความชื้นที่เปลี่ยนไป แม้จะเปลี่ยนแปลงไปน้อย ๆ ก็ตาม และค่า Drift ค่า ซึ่งถือว่าเป็นข้อดี แต่ถ้าค่าความชื้นที่เปลี่ยนไปต่ำกว่าในระดับที่กำหนดแล้ว เซนเซอร์ก็เริ่มที่จะทำงานไม่เป็นเชิงเส้น คุณลักษณะดังกล่าวนี้นำไปสู่การพัฒนาระบบวัด Dew Point ติดตั้งร่วมกับเซนเซอร์และอานมีระบบไมโครโปรเซสเซอร์ช่วยเก็บข้อมูลการเปรียบเทียบค่าเอาไว้ในหน่วยความจำ เพื่อการชดเชยค่าได้อย่างแม่นยำขึ้นด้วย

2.3 การวัดค่าตัวเก็บประจุไฟฟ้า

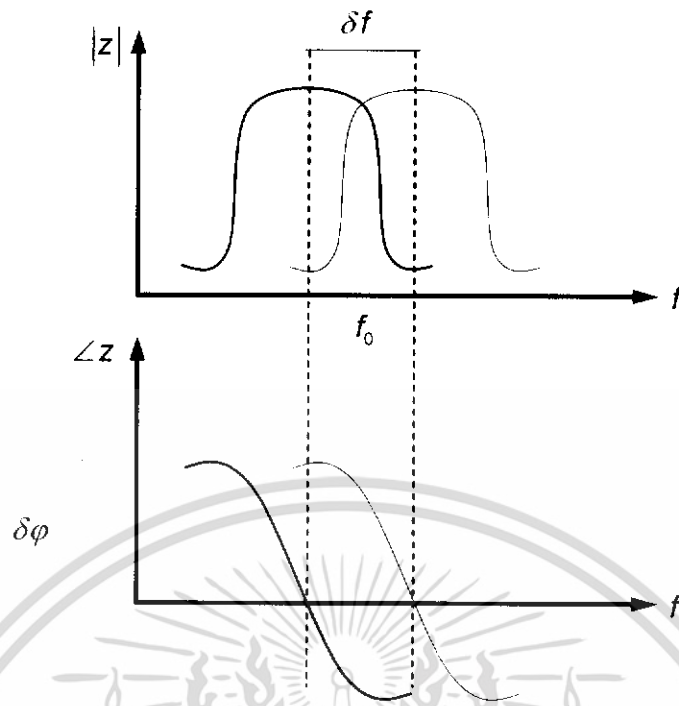
การวัดค่าตัวเก็บประจุไฟฟ้า มีวิธีในการวัด 3 วิธี ได้แก่

2.3.1 การเลื่อนเฟส

วิธีนี้อาศัยการทำงานของวงจรกรองความถี่ LC แบบง่าย ๆ ซึ่งวงจร LC จะเกิดสัญญาณตกคร่อมสูงสุดที่ความถี่ใด ๆ เพียงความถี่เดียว หรือที่เราเรียกว่าความถี่เรโซแนนซ์ทำให้ที่ความถี่ดังกล่าวจะเกิดการลดทอนของสัญญาณต่ำสุดและไม่เกิดการเลื่อนเฟส ซึ่งนั่นหมายถึงว่าการเลื่อนเฟสมีค่าเป็นศูนย์ที่ความถี่เรโซแนนซ์การเพิ่มค่ารีแอกแตนซ์ค่าน้อยๆ เช่นการเปลี่ยนแปลงค่าตัวเก็บประจุในขณะที่คงความถี่เดิมไว้แต่ค่าความถี่เรโซแนนซ์ได้เปลี่ยนไปจากเดิมแล้วจะทำให้เกิดการลดทอนของสัญญาณเพิ่มขึ้นและสิ่งสำคัญคือเกิดการเลื่อนเฟสดังแสดงในรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 ผลตอบสนองทางความถี่ของวงจรกรองความถี่

โดยเส้นกราฟที่เป็นเชิงเส้นที่ราบจะเป็นผลตอบสนองความถี่รีโซแนนซ์เดิม เส้นบางเกิดจากการเลื่อนเฟส โดยการเพิ่มค่ารีแอคแตนซ์ขนาดน้อยๆ เข้าไปสำหรับการเลื่อนเฟสเพียงน้อยๆ ค่าการลดทอนทางแรงดันที่เปลี่ยนแปลงก็จะน้อยมากเช่นกัน ทั้งนี้เนื่องจากว่าผลตอบสนองบริเวณด้านบนของกราฟผลตอบสนองของวงจรกรองความถี่จะค่อนข้างโค้งมน ดังนั้นเราจะใช้ค่าการเลื่อนเฟสมาทำการวัดค่าความจุแทนการใช้ขนาดแรงดันเพราะว่าจะให้ความแม่นยำในการวัดดีกว่าโดยใช้สมการต่อไปนี้ช่วย

ความถี่รีโซแนนซ์

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.1)$$

การเปลี่ยนแปลงค่าตามตัวเก็บประจุ (df) ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความถี่ (dC) ดังนี้

$$df = dC \times \frac{f_0}{2C} \quad (2.2)$$

และการเปลี่ยนแปลงเฟส ($d\phi$) หาได้จาก

$$\frac{d\phi}{dC} = -\omega^2 LQ \quad (2.3)$$

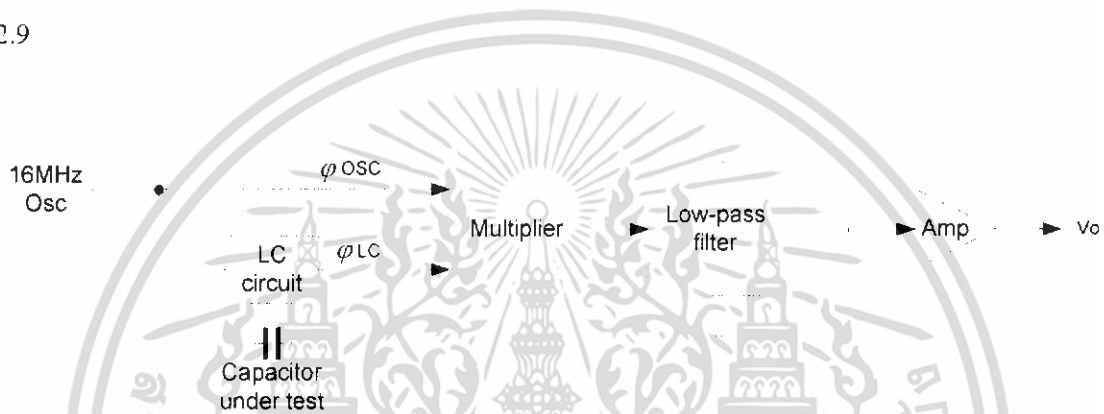
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่นี้ ω มีค่าเท่ากับ $2\pi f$ และ Q คือค่าตัวประกอบ Q (Q -factor) ของขดลวดมีค่าเท่ากับ $\omega L/r$ ซึ่งตัวแปร R คือค่าความต้านทานภายในของขดลวด

การเปลี่ยนแปลงเฟสจะเป็นเชิงเส้นกับค่าตัวเก็บประจุ สำหรับการเปลี่ยนแปลงเฟสน้อยๆ และการเพิ่มขึ้นของขนาดสัญญาณตามการเพิ่มความถี่และการเพิ่มค่าตัวประกอบ Q ซึ่งเป็นเหตุผลว่าทำไมในวงจรจึงเลือกความถี่ 16 เมกะเฮิร์ตซ์ในการทดสอบทั้งที่เครื่องกำเนิดสัญญาณส่วนใหญ่ในห้องทดลองจะผลิตความถี่ที่ต่ำกว่าคือประมาณ 1 เมกะเฮิร์ตซ์

เราทำการวัดเฟสโดยการใช้วงจรตรวจจับเฟส ซึ่งอาจจะเป็นวงจรคูณแบบอนาล็อกหรือวงจรมิกเซอร์ทั่วๆ ไปตามด้วยวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter : LPF) ซึ่งแสดงได้ดังรูปที่

2.9



รูปที่ 2.9 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของวงจรการเลื่อนเฟส

หากว่ามีสัญญาณ 2 สัญญาณ ดังนี้

$$v1 = A \cos(\omega t + \Phi_1) \quad (2.4)$$

และ

$$v2 = A \sin(\omega t + \Phi_2) \quad (2.5)$$

เมื่อนำสัญญาณทั้งสองมาคูณกันจะได้ดังนี้

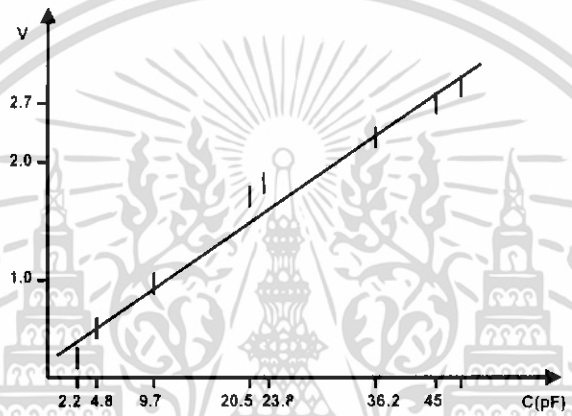
$$v1 \times v2 = \frac{A^2}{4} \cos(2\omega t + \Phi_1 + \Phi_2) + \frac{A^2}{4} \sin(\Phi_1 \pm \Phi_2) \quad (2.6)$$

เทอมแรก จะมีค่าความถี่เป็นสองเท่าของสัญญาณทดสอบ ซึ่งจะถูกลบไม่ให้ผ่านไปโดยวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ส่วนเทอมที่ 2 จะประกอบด้วยค่าไฟฟ้ากระแสตรงที่แปรผันตามการเลื่อนเฟสของสัญญาณขาอินพุต สำหรับมุมแคบๆ สัญญาณขาอินพุตจะเท่ากับมุมในหน่วยเรเดียนดังนั้นเราจะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้แรงดันที่แปรผันตามการเลื่อนเฟสนั้น หมายความว่าแรงดันนี้จะเปลี่ยนแปลงตามค่าตัวเก็บประจุ แต่ว่าจะวัดได้เฉพาะการเลื่อนเฟสน้อยๆ เท่านั้น

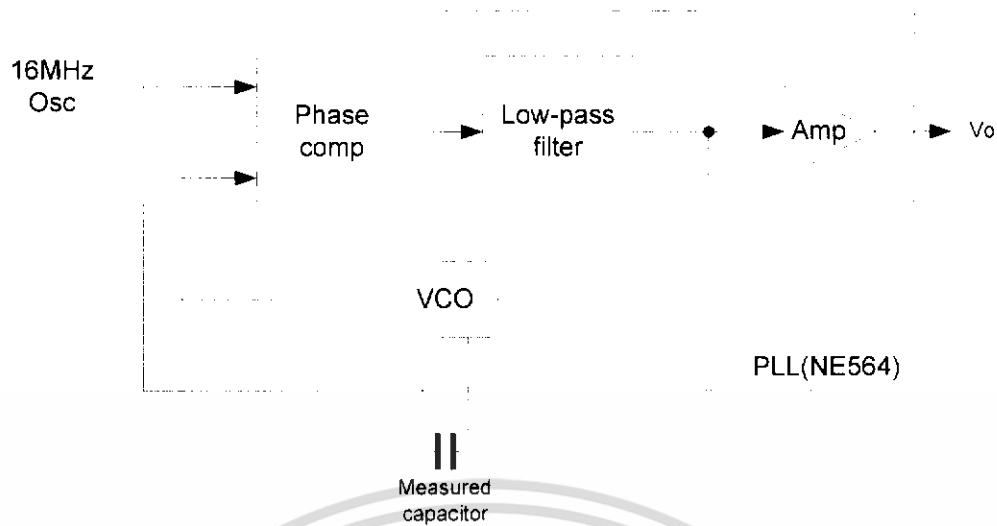
ผลจากการทำงานที่ได้จะเห็นว่าความเป็นเชิงเส้นจะไม่ดีเท่าไรนักถ้าต้องการความเป็นเชิงเส้นสูงสามารถทำได้โดยการกำหนดย่านการวัดในมุมแคบๆ โดยทำการปรับค่าขดลวดและทริมเมอร์ ร่วมกับไปดัดวียเพื่อให้ได้ย่านในการวัดตามที่ต้องการกำหนดค่าในย่านวัด และถ้าหากว่าต้องการย่านวัดที่กว้างขึ้น สามารถใช้วิธีการต่อสวิตช์ร่วมกับขดลวดเพื่อเพิ่มย่านในการวัด โดยการใช้สวิตช์หรือในอีกทางหนึ่งอาจจะใช้วิธีการเปลี่ยนความถี่แทนก็ได้



รูปที่ 2.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเอาต์พุตกับค่าประจุของวงจรการเลื่อนเฟส

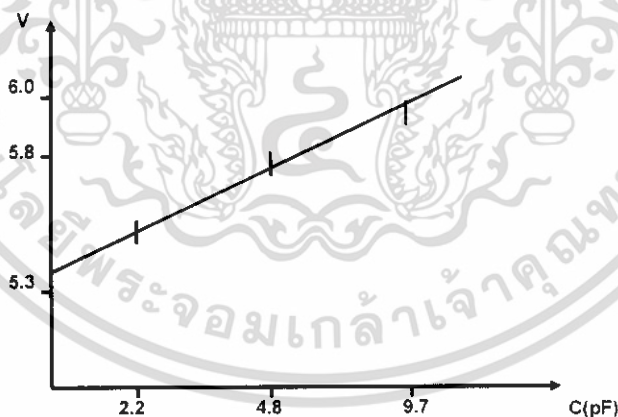
2.3.2 วงจรเฟสล็อกกลุบ

จากรูปที่ 2.11 จะใช้ไอซีเบอร์ NE564 ซึ่งเป็น ไอซีเฟสล็อกกลุบที่สามารถหาซื้อได้ง่ายตามร้านขายอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป ภาคเปรียบเทียบเฟส (phase comparator) จะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของความถี่และเฟส ระหว่างสัญญาณอ้างอิงและสัญญาณที่ได้จาก VCO จากนั้นสัญญาณจะถูกกรองความถี่สูงทิ้งด้วยวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน ดังนั้นหลังภาคขยายสัญญาณเราจะได้สัญญาณความต่างเฟสในรูปแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงนี้จะถูกป้อนกลับเพื่อไปควบคุมความถี่ VCO ให้มีความถี่เท่ากับวงจรกำเนิดความถี่ขนาด 16 เมกะเฮิร์ตซ์ ซึ่งในสถานะนี้เราเรียกว่าวงจรเกิดการล็อกความถี่



รูปที่ 2.11 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของวงจรมอสเฟสล็อก

สัญญาณความถี่หรือแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงนี้ ก็คือค่าที่กำหนดค่าตัวเก็บประจุที่นำมาวัดนั่นเอง ผลจากการทำงานของวงจรมอสเฟสล็อกในรูปที่ 2.12 จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้มีความเป็นเชิงเส้นสูงทีเดียว อย่างไรก็ตาม ย่านในการวัดของวิธีนี้จะถูกจำกัดโดยย่านความถี่ในการล็อกของไอซีเฟสล็อก (Capture Frequency)



รูปที่ 2.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเอาต์พุตกับค่าประจุของวงจรมอสเฟสล็อก

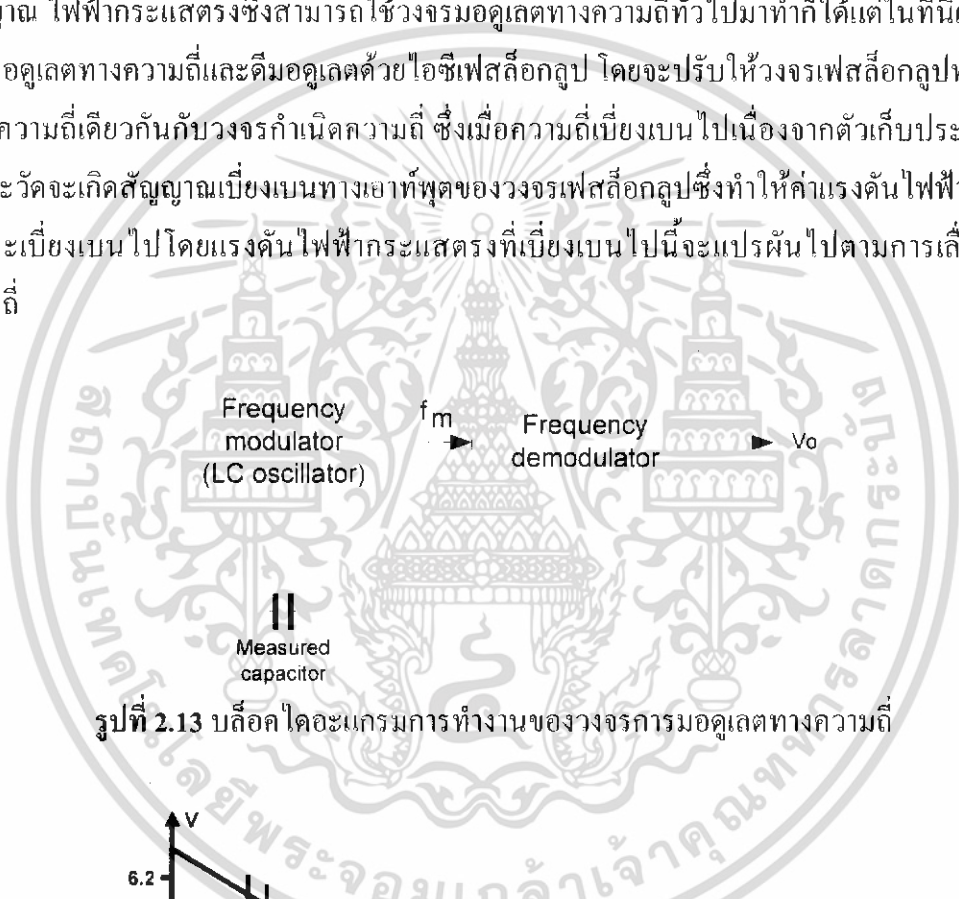
ย่านความถี่ในการล็อกของไอซีเฟสล็อกจะเป็นย่านความถี่รอบๆ ความถี่ของ VCO ที่ส่งไปภาคเปรียบเทียบเฟสแล้ว ไอซีจะเกิดสภาวะล็อกความถี่ ย่านความถี่นี้สามารถขยายได้แต่วงจรมอสเฟสล็อกจะต้องมีสัญญาณรบกวนน้อยที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

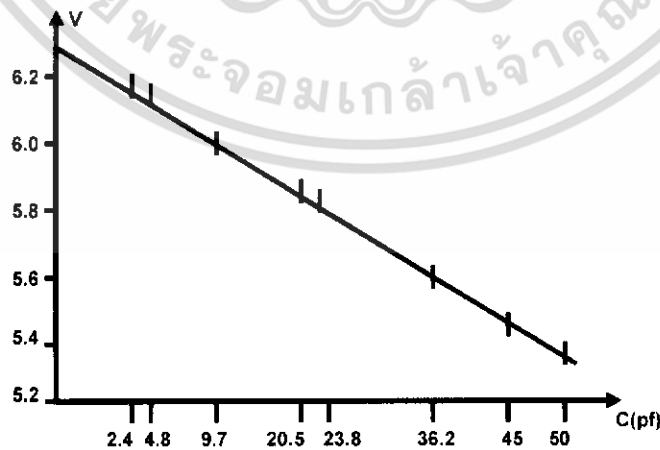
อัตราขยายในวงจรจะเป็นตัวอ่านความถี่ในการล็อกอีกชั้นหนึ่ง ซึ่งในวงจรอัตราขยายนี้จะถูกกำหนดโดยค่าความต้านทาน ขั้วควมระว่างก็คือ ถ้าเราปรับให้มีย่านความถี่ในการล็อกกว้างมากๆ สัญญาณรบกวนอาจจะทำให้ไอซีเฟสล็อกกลุ่บไม่สามารถล็อกความถี่ได้ซึ่งก็หมายความว่าการทำงานของวงจรจะไม่เป็นไปตามที่ต้องการ

2.3.3 การมอดูเลตทางความถี่

จากรูป 2.13 จะเห็นได้ว่าวิธีนี้จะใช้ค่าตัวเก็บประจุที่ต้องการวัดมาทำการเบี่ยงเบนหรือว่าเลื่อนความถี่จากนั้นทำการดีมอดูเลตสัญญาณที่ได้ เพื่อหาค่าเฟสที่เลื่อนไปจากสัญญาณในรูปสัญญาณ ไฟฟ้ากระแสตรงซึ่งสามารถใช้งานมอดูเลตทางความถี่ทั่วไปมาทำก็ได้แต่ในที่นี้เราจะใช้การมอดูเลตทางความถี่และดีมอดูเลตด้วยไอซีเฟสล็อกกลุ่บ โดยจะปรับให้วงจรเฟสล็อกกลุ่บทำการ ล็อกที่ความถี่เดียวกันกับวงจรกำเนิดความถี่ ซึ่งเมื่อความถี่เบี่ยงเบนไปเนื่องจากตัวเก็บประจุที่ต้องการจะวัดจะเกิดสัญญาณเบี่ยงเบนทางเอาต์พุตของวงจรเฟสล็อกกลุ่บซึ่งทำให้ค่าแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจะเบี่ยงเบนไปโดยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงที่เบี่ยงเบนไปนี้จะแปรผันไปตามการเลื่อนของความถี่



รูปที่ 2.13 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของวงจรการมอดูเลตทางความถี่



รูปที่ 2.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเอาต์พุตกับค่าประจุ

ของวงจรการมอดูเลตทางความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

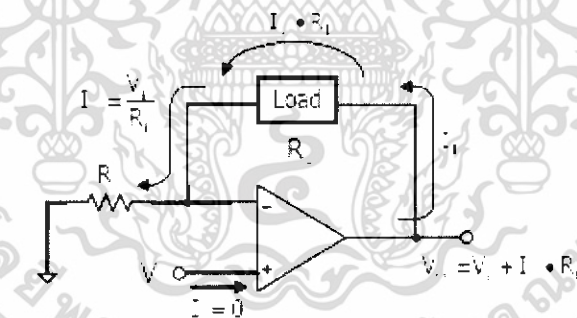
จากรูปที่ 2.14 เป็นผลจากการทำงานของวงจรวัดค่าตัวเก็บประจุโดยใช้วิธีการมอดูเลตทางความถี่ จะเห็นได้ว่ามีความเป็นเชิงเส้นที่ตีรวมทั้งสามารถทำการวัดในย่านที่กว้างกว่าสองวิธีแรก

2.4 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า

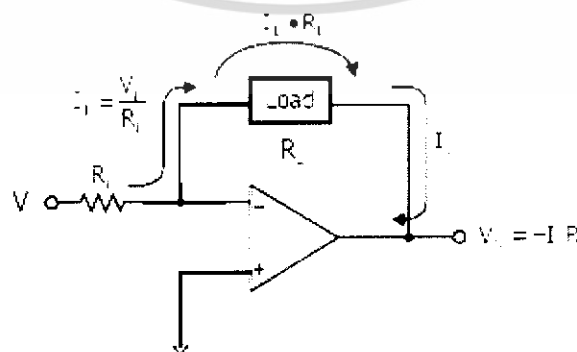
วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าสามารถใช้งานอิเล็กทรอนิกส์ได้มากมาย เช่น ในวงจรตรวจสอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ใช้ทำโวลต์มิเตอร์หรือแอมป์มิเตอร์ หรือใช้วัดลักษณะคุณสมบัติทางกายภาพที่ออกมาในรูปสัญญาณไฟฟ้า เช่น สัญญาณแสง ซึ่งวงจรนี้มีอยู่หลายแบบ ดังนี้

2.4.1 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าแก่โหลดลอย (Voltage To Current Converter for floating loads)

วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าแก่โหลดลอย หมายถึง วงจรที่ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้าอินพุตให้เป็นกระแสจ่ายให้เอาต์พุตที่มีโหลดลอย คือ ไม่มีขาข้างใดข้างหนึ่งของโหลดต่อกับกราวด์ ดังแสดงในรูปที่ 2.15 โดยในรูปที่ 2.15 เป็นวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าแก่โหลดลอยแบบไม่กลับเฟส โดยในแบบนี้จะมีกระแสไหลจากแหล่งจ่ายอินพุต ส่วนในรูปที่ 2.16 เป็นแบบกลับเฟส แบบนี้จะมีกระแสไหลออกจากแหล่งจ่ายอินพุตหมายความว่า วงจรในรูปที่ 2.16 มีความต้านทานสูงมากนั่นเอง



รูปที่ 2.15 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าแก่โหลดลอยแบบไม่กลับเฟส



รูปที่ 2.16 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าแก่โหลดลอยแบบกลับเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาดให้มาเป็ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรในรูปที่ 2.15 เราจะได้กระแสเอาต์พุต (I_L) จาก

$$I_L = \frac{V_i}{R_i} \quad (2.7)$$

จากสมการที่ (1) เห็นได้ว่าคุณค่ากระแส I_L นั้นจะไม่ขึ้นอยู่กับค่าโหลด (R_L) เลยโดยมันจะขึ้นอยู่กับแรงดันอินพุต V_i และ/หรือ R_i เท่านั้น ดังนั้นถ้าเรากำหนด R_i ให้มีค่าคงที่ แสดงว่า I_L จะขึ้นอยู่กับ V_i เท่านั้นดังนั้นจึงถูกเรียกว่า วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า หรือเรียกอีกอย่างว่า วงจรแรงดันควบคุมแหล่งจ่ายกระแส (Voltage Controlled Current Source ,VCCS) หมายถึง เราสามารถควบคุมขนาดของแหล่งจ่ายกระแส (I_L) ได้จากแรงดันอินพุต (V_i) นั่นเอง

ส่วนวงจรใน รูปที่ 2.16 มีลักษณะการทำงานเหมือนกับวงจรในรูปที่ 2.15 เพียงแต่มีขั้วตรงข้ามกันเท่านั้น นั่นคือ

$$I_L = -\frac{V_i}{R_i} \quad (2.8)$$

ข้อดีและข้อเสีย

วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าแบบ ไม่กลับเฟส ดังรูปที่ 2.15 จะ ไม่มีกระแสไหลออกจากแหล่งจ่ายสัญญาณอินพุต ดังนั้น V_i สามารถสร้างได้จากวงจรแบ่งแรงดันที่ปรับค่าได้ปกติ โดยที่ไม่ต้องคำนึงถึงเรื่องความต้านทานอินพุต หรือใช้วงจรตามแรงดันเลขแต่ V_o จะขึ้นอยู่กับ V_i ด้วยตามสมการ (2.9)

$$V_o = V_i + I_L R_L \quad (2.9)$$

ดังนั้น ในกรณีของวงจรแบบ ไม่กลับเฟส เราจะได้ขอบเขตของกระแส I_L น้อยลง เนื่องจากถูกจำกัดด้วยแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_o เพราะ V_o มีค่าได้มากที่สุด คือ แรงดันอิมิตัวด้านบวกและด้านลบ ($\pm V_{sat}$) เท่านั้น

ส่วนวงจรแบบกลับเฟส ในรูปที่ 2.16 มีกระแสไหลออกจากแหล่งจ่ายอินพุตด้วย ทำให้จะต้องใช้วงจรตามแรงดันต่อคั่น แต่วงจรนั้นจะมีแรงดันเอาต์พุต V_o ตามสมการที่ (2.10)

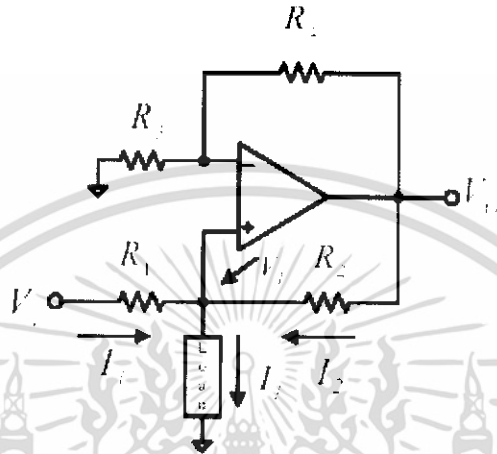
$$V_o = -I_L R_L \quad (2.10)$$

หมายความว่า V_o จะไม่ขึ้นอยู่กับ V_i แสดงว่า เราจะได้ค่า I_L มากกว่าเมื่อเทียบกับวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า แบบไม่กลับเฟส ในขณะที่ R_L เท่ากัน หรืออีกกรณีหนึ่งคือ เราจะได้ขอบเขตของ R_L กว้างขึ้น เมื่อเทียบกับค่า I_L ที่เท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.2 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าแก่โหลดกราวนด์ (Voltage to current converter for grounded loads)

วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าแบบนี้ หมายถึง เป็นวงจรที่แปลงแรงดันไฟฟ้าอินพุตให้เป็นกระแสไฟฟ้าเอาต์พุตเพื่อจ่ายให้โหลดที่ปลายด้านใดด้านหนึ่งต่ออยู่กับกราวนด์ ดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าแก่โหลดกราวนด์ จากวงจรในรูปที่ 2.17 ถ้ากำหนดให้ $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R$ (2.11)

จะได้

$$I_1 = \frac{V_i - V_L}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V_o - V_L}{R_2}$$

$$I_L = I_1 + I_2 = \frac{V_i - V_L}{R_1} + \frac{V_o - V_L}{R_2}$$

$$I_L = \frac{V_i}{R} - \frac{V_L}{R} + \frac{V_o}{R} - \frac{V_L}{R} \quad (2.12)$$

และจากวงจรจะเห็นว่า

$$V_o = 2V_L$$

จะได้ว่า

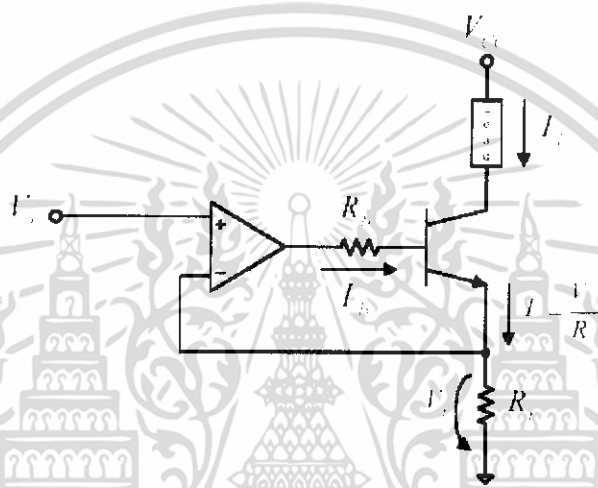
$$I_L = \frac{V_i}{R} \quad (2.13)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าค่า V_i ไม่ได้เปลี่ยนแปลงตามแรงดัน R_L แต่จะเปลี่ยนตามแรงดัน V_i ถ้า V_i คงที่ กระแส I_L ก็จะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามโหลด R_L

2.4.3 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าแก่โหลดขนาดสูง (Voltage to high current converter circuit)

ออปแอมป์เมื่อนำมาต่อเป็นวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าตามที่กล่าวมาแล้วนั้นจะจ่ายกระแสได้เพียง 4 – 20 mA เท่านั้น ดังนั้นถ้าหากเราต้องการกระแสที่สูงกว่านี้ สามารถทำได้โดยการต่อทรานซิสเตอร์แบบสองรอยต่อ (Bipolar Junction Transistor , BJT) ดังรูปที่ 2.18



รูปที่ 2.18 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าขนาดโหลดสูง

จากวงจรในรูปที่ 2.18 เมื่อมีการป้อนแรงดันอินพุต V_i เข้าที่ขา (+) ของออปแอมป์ จะส่งผลให้แรงดันที่ขา (-) เท่ากับ V_i ด้วย เนื่องจากเป็นการใช้งานออปแอมป์แบบลูปปิดและจะมีกระแส I_L ไหลผ่านโหลด R_L ตามสมการ (2.14)

$$I_L \approx I = \frac{V_i}{R_E} \quad (2.14)$$

ส่วน I_B ซึ่งเป็นกระแสเอาต์พุตของออปแอมป์ ในทางปฏิบัติมีค่าน้อยมาก เนื่องจากอัตราขยายกระแสของ BJT (β) มีค่าสูงมากนั่นเอง โดย I_B สามารถหาได้จากสมการ (2.15)

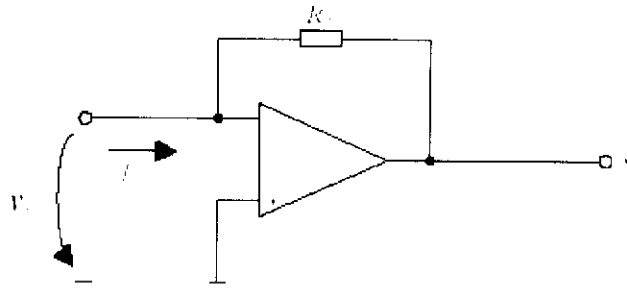
$$I_B = \frac{I_L}{\beta + 1} \quad (2.15)$$

ถ้าเราใช้ BJT ที่มีค่า β เท่ากับ 50 กระแส I_L ก็จะมีค่าสูงถึง

$$(5 \text{ ถึง } 10 \text{ mA}) \times 50 = 250 \text{ ถึง } 500 \text{ mA}$$

จะพบว่ากระแสไฟฟ้าที่ผ่านโหลด I_L เพิ่มขึ้นอย่างมากเนื่องมาจากการขยายของ BJT เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 2.19 วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า

ค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_o จะแปรผันตรงกับค่ากระแสไฟฟ้าอินพุต I_i โดยที่

$$V_o = \frac{V_o}{A_{OL}} = \frac{-I_i \cdot R_F}{A_{OL}} \quad (2.16)$$

ส่วนความต้านทานทางด้านอินพุต R_i

$$R_i = \frac{V_i}{I_i} = \frac{R_F}{A_{OL}} \quad (2.17)$$

นอกจากนี้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต ของวงจรนี้ ยังเป็นอิสระต่อโหลดอีกด้วยจากวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าต้องการพิสูจน์ว่า

$$V_o = \frac{-I_i R_F}{1 + (1/A_{OL})}$$

หรือ

$$V_o = -I_i R_F \quad \text{เมื่อ} \quad A_{OL} \gg 1$$

และ

$$R_i = \frac{R_F}{1 + R_F} \approx \frac{R_F}{A_{OL}} \quad \text{เมื่อ} \quad A_{OL} \gg 1$$

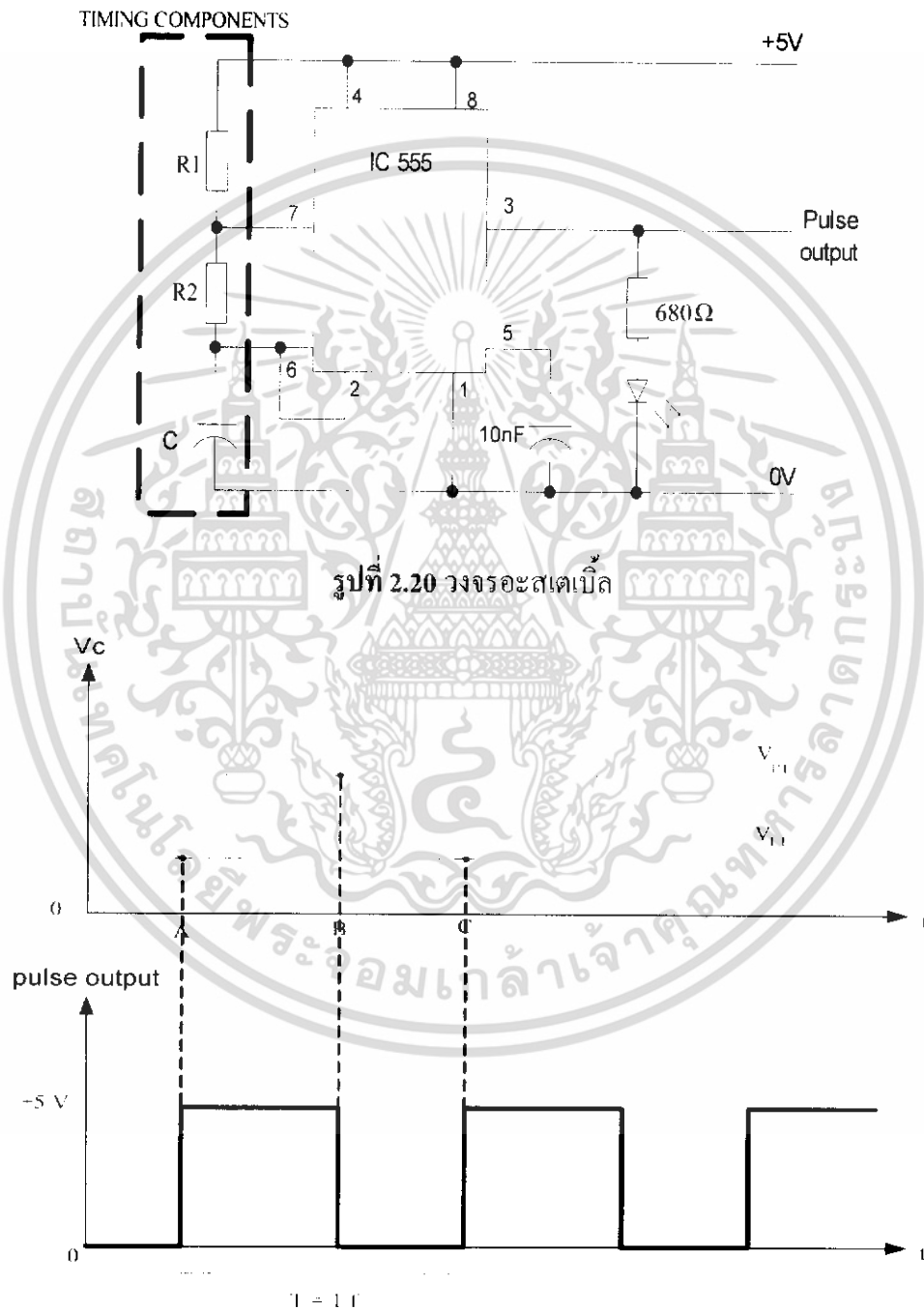
2.6 วงจรอะอสเตเบิลิต

วงจระอสเตเบิลิต คือวงจรที่นำมาใช้ในการออสซิลเลตความถี่ เพื่อส่งสัญญาณความถี่ที่ได้นำไปใช้งานซึ่ง ไอซี 555 สามารถนำมาต่อเป็นวงจระอสเตเบิลิตได้ดังรูปที่ 2.20 ซึ่งจะทำหน้าที่สร้างสัญญาณตลอดเวลา และจะได้รูปคลื่นสัญญาณที่มีลักษณะสี่เหลี่ยม (Square Wave) ดังรูปที่ 2.21

โดยตัวเก็บประจุ C จะเก็บประจุ โดยผ่าน R_1 - R_2 และคายประจุในเวลาต่อมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วงเวลา A ถึง B ไอซี 555 จะทำหน้าที่จำสถานะเดิม และเมื่อ V_c มีค่าสูงถึง V_{cc} ที่เวลาเท่ากับจุด B ไอซี 555 ก็จะเข้าสู่สถานะใหม่ซึ่งจะให้ค่าแรงดันเอาต์พุตต่ำ ขา 7 ของไอซีก็จะทำหน้าที่คล้ายประจุที่อยู่ภายในตัวเก็บประจุ C ออกผ่านตัวต้านทาน R2 และเมื่อแรงดัน V_c มีค่าต่ำจนถึงแรงดันอ้างอิง V_{ref} ตัวเก็บประจุ C ก็จะเริ่มเก็บประจุอีกครั้ง โดยขา 7 ของไอซี เสมือนเปิดวงจรอีกครั้ง การทำงานของวงจรก็จะวนเวียนเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ไม่มีที่สิ้นสุด



รูปที่ 2.21 ลักษณะรูปคลื่นที่ได้จากวงจรอะอสเตเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความถี่ในการออสซิลเลต เราสามารถคำนวณหาช่วงเวลาได้ดังนี้

$$t_{HIGH} = 0.695(R_1 + R_2)C \quad (2.18)$$

และ

$$t_{LOW} = 0.695(R_2)C \quad (2.19)$$

ดังนั้นช่วงเวลารวมหรือคาบเวลา T จะเท่ากับ

$$T = t_{HIGH} + t_{LOW} = 0.695(R_1 + 2R_2)C \quad (2.20)$$

ซึ่งจะได้ความถี่ เท่ากับ

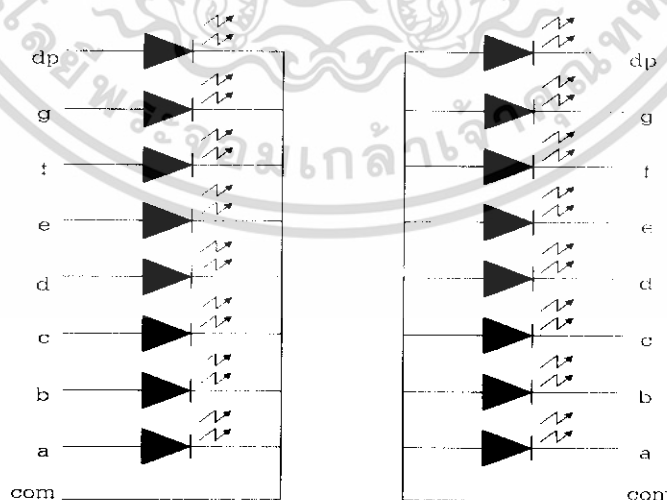
$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2)C} \quad (2.21)$$

2.7 จอแสดงผลแบบเจ็ดส่วน

จอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

2.7.1. แบบแคโทด (Common Cathode) คือ การนำเอาขานแคโทดของแอลอีดีแต่ละตัวมาต่อร่วมกันเป็นจุดร่วม (Common) ส่วนขาที่เหลือใช้เป็นอินพุต คอยรับสถานะลอจิก ซึ่งจะต้องป้อนอินพุตเป็นลอจิกเป็น "1" ดังรูปที่ 2.22 (ก)

2.7.2. แบบแอนโนด (Common Anode) คือ การนำเอาขานแอนโนดของแอลอีดีแต่ละตัวมาต่อร่วมกันเป็นจุดร่วม (Common) เหมือนกับแบบแคโทดแต่แบบแอนโนดจะต้องป้อนอินพุตเป็นลอจิก "0" ดังรูปที่ 2.22 (ข)



(ก) การต่อจอแสดงผลตัวเลขเจ็ด

ส่วนแบบแคโทดร่วม

(ข) การต่อจอแสดงผลตัวเลขเจ็ด

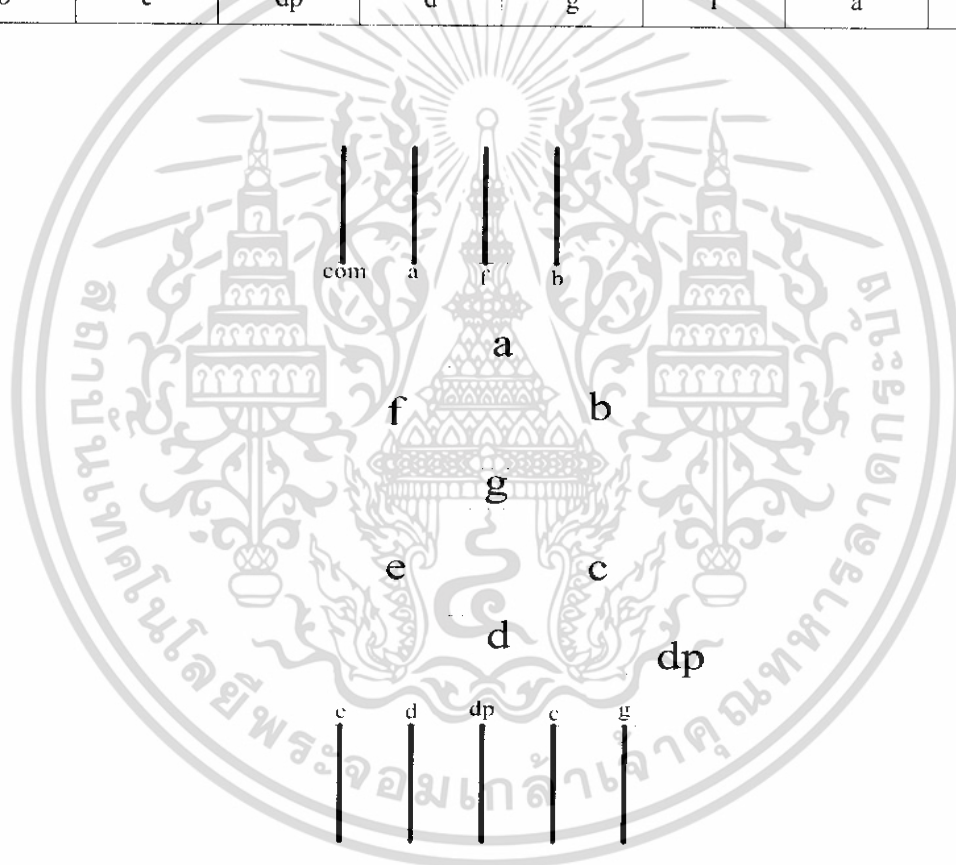
ส่วนแบบแอนโนดร่วม

รูปที่ 2.22 วงจรภายในของจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนทั้งแบบแคโทดร่วมและแอนโนดร่วม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การจัดตำแหน่งขาของจอแสดงผลแบบเจ็ดส่วนจะเป็นดังรูปที่ 2.23 และการต่อจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนหนึ่งหลัก เข้ากับพอร์ต B ของไมโครคอนโทรลเลอร์ นั้นเราจะนำขาของจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนหนึ่งหลัก ต่อเข้ากับพอร์ต B โดยผ่านความต้านทานเพื่อจำกัดกระแสหรืออาจจะผ่านไอซีก็ได้ ขาของจอแสดงผลจะเท่ากับขาของพอร์ต B ซึ่งการต่อขาของพอร์ต B จะเรียงตามตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การกำหนดการต่อจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนเข้ากับพอร์ต B

RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0
b	c	dp	d	g	f	a	e



รูปที่ 2.23 การต่อขาตัวเลขแบบเจ็ดส่วนหนึ่งหลัก

ในการแสดงผลเป็นตัวเลขหรือตัวอักษรนั้น ถ้าเป็นแบบแอนโนดร่วมจะกำหนดให้สว่างแต่ละหลอดด้วยลอจิก “0” และดับด้วยลอจิก “1” แต่ถ้าเป็นแบบแคโทดร่วมก็จะกำหนดให้สว่างแต่ละหลอดด้วยลอจิก “1” และดับด้วยลอจิก “0” โดยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.2 ซึ่งเป็นตัวเลขที่แสดงผลแบบแอนโนดร่วมและแบบแคโทดร่วม

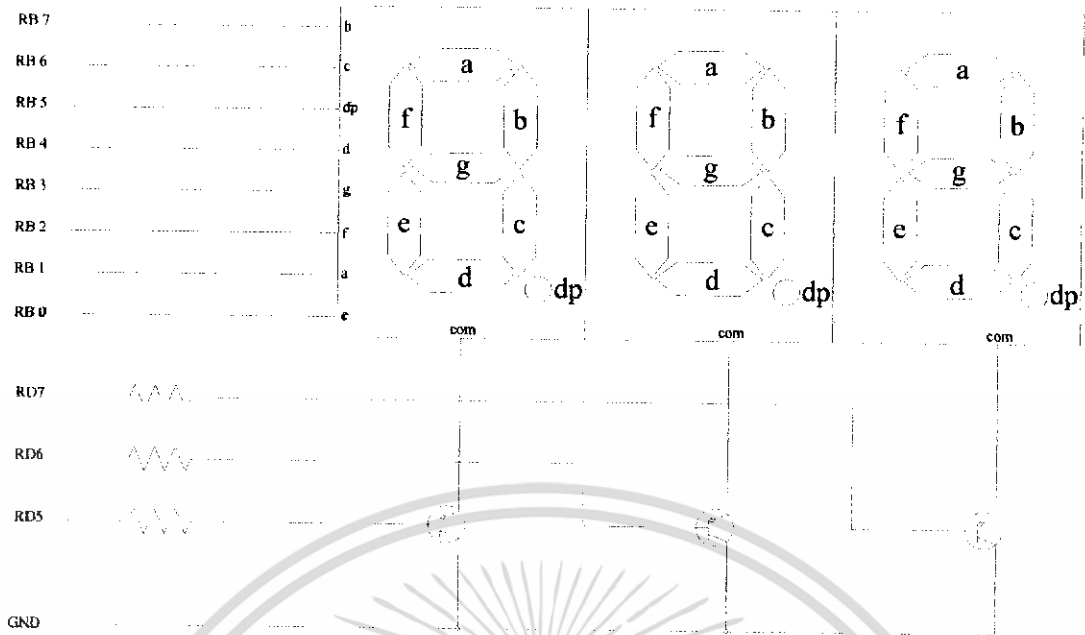
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ข้อมูลของการแสดงผลตัวเลข 0-9 ของจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน

ตัวเลขที่ แสดงผล	แบบ แอนด ร่วม	แบบ แคโทด ร่วม
0	D7	28
1	11	EE
2	CD	32
3	5D	A2
4	1B	E4
5	5E	A1
6	DE	21
7	15	EA
8	DF	20
9	5F	A0

2.8 การใช้จอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนหลายตัว

ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวส่งข้อมูลที่จะแสดงผลที่จอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน ถ้าหากนำมาต่อใช้ร่วมกันหลายๆหลักในกรณีที่จอแสดงผลติดสว่างทุกหลอดและดับทุกหลอดพร้อมกัน อาจมีปัญหาจากปริมาณของแหล่งจ่ายไฟที่ระบบต้องการ ดังนั้นการใช้งานของจอแสดงผลหลายๆตัวพร้อมกันจึงนิยมใช้วิธีที่เรียกว่า มัลติเพล็กซ์ (Multiplexed Display) โดยจะใช้วิธีการต่อขาของจอแสดงผลในแต่ละหลอดของแต่ละหลักเข้าด้วยกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 วงจรใช้งานจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนในลักษณะมัลติเพล็กซ์

พิจารณาวงจรตามรูปแล้วใช้หลักการสแกนเป็นลำดับให้จอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วนติดทีละหลัก โดยการควบคุมขาที่เป็นจุดร่วมว่าต้องการให้หลอดในหลักใดติด โดยการตรวจสอบแต่ละหลักจะต้องใช้ความเร็วจนตาไม่สามารถมองเห็นการดับของจอแสดงผลในแต่ละหลักได้ทัน ทำให้มองเห็นเหมือนกับว่าจอแสดงผลแบบทุกหลักติดพร้อมๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

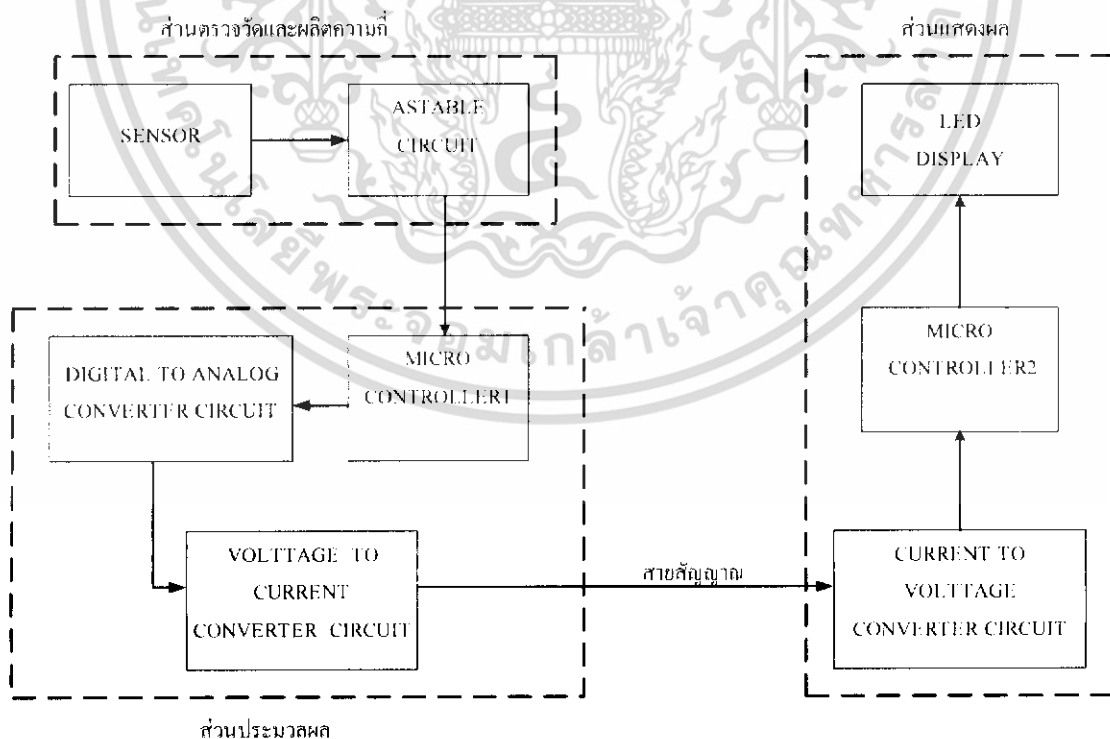
บทที่ 3

การออกแบบระบบเครื่องวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุ

ในการออกแบบระบบเครื่องวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุ จะประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ ส่วนตรวจวัดและผลิตความถี่ ส่วนประมวลผล และส่วนแสดงผล ซึ่งในส่วนตรวจวัดและผลิตความถี่นั้น ได้ใช้วงจรอะอสเตเบิลเพื่อทำการสร้างสัญญาณพัลส์ซึ่งมีค่าความถี่ที่สอดคล้องกับค่าความชื้นที่วัด แล้วส่งข้อมูลไปยังส่วนประมวลผล โดยในการส่งข้อมูลระหว่างส่วนประมวลผลกับส่วนแสดงผลจะส่งข้อมูลแบบกระแสตามสาย โดยรายละเอียดของการออกแบบจะกล่าวต่อไป

3.1 โครงสร้างของเครื่องมือวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุ

ในการออกแบบระบบควบคุมต้องเลือกอุปกรณ์ที่การทำงานมีเสถียรภาพและความเร็วสูง แต่ควรอยู่ในขอบเขตงบประมาณของ โครงการ ซึ่งในปัจจุบันมีโรงงานมากมายที่ผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ออกมาในรูปแบบของอุปกรณ์ไอซี ที่มีขนาดเล็กกลง สามารถหาซื้อได้ง่าย และการใช้งานที่ง่ายขึ้น ในโครงการนี้อาศัยแนวคิดโครงสร้างของเครื่องมือวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุ ดังรูปที่ 3.1



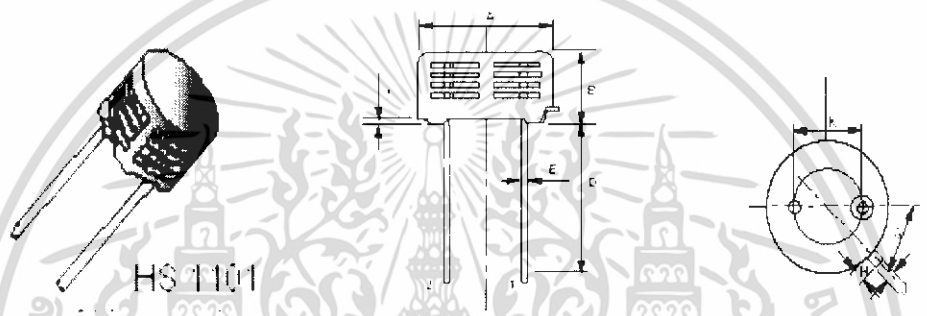
รูปที่ 3.1 โครงสร้างของเครื่องมือวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ญาติเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

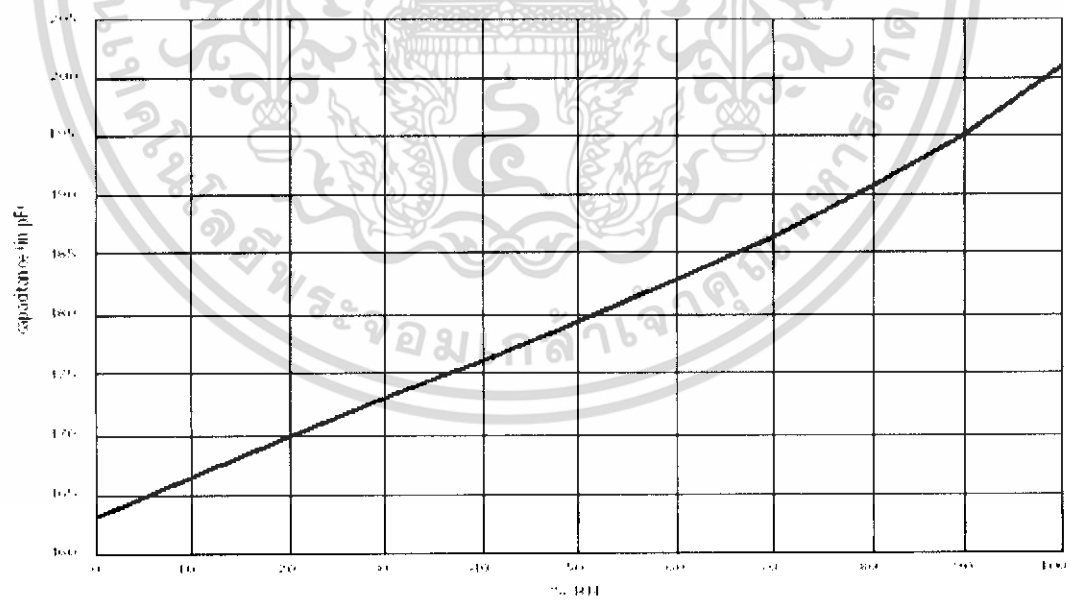
3.2 หลักการทำงานของเครื่องมือวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุ

จากรูปที่ 3.1 จะกล่าวถึงอุปกรณ์ที่เลือกใช้พร้อมทั้งอธิบายหลักการทำงานของส่วนต่างๆ ดังนี้

SENSOR : อุปกรณ์วัด ทำหน้าที่ตรวจวัดค่าความชื้นสัมพัทธ์ โดยในการออกแบบนั้น ได้ใช้หัววัดแบบคาปาซิทีฟสำเร็จรูปของ HUMIREL รุ่น HS 1101 แสดงลักษณะโครงสร้างดังรูปที่ 3.2 โดยจะทำหน้าที่ในการตรวจวัดค่า ความชื้นของอากาศ โดยช่วงของการวัดค่าความชื้นจะอยู่ระหว่าง 0-100 %RH ซึ่งค่าที่วัดได้จะมีความสัมพันธ์ต่อค่าประจุของหัววัดดังกล่าวดังแสดงกราฟความสัมพันธ์รูปที่ 3.3



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะโครงสร้างของหัววัดความชื้น รุ่น HS1101

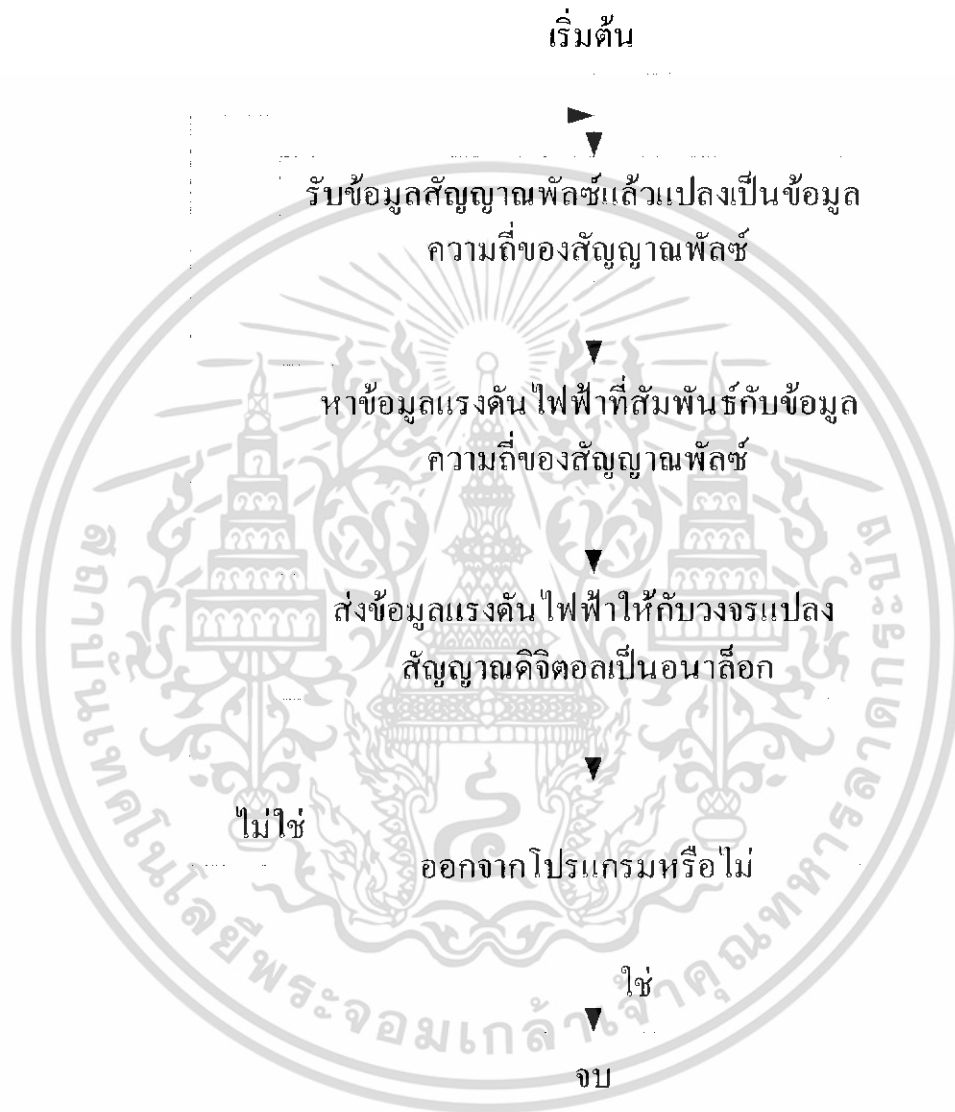


รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความจุไฟฟ้าต่อค่าความชื้นสัมพัทธ์ของหัววัดความชื้น

ASTABLE CIRCUIT : สร้างสัญญาณพัลส์ที่มีค่าความถี่ที่สอดคล้องกับค่าความชื้นที่อุปกรณ์เซนเซอร์วัดได้ โดยรายละเอียดวงจรที่ใช้งานจริงได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 2.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้ใดเห็นประโยชน์ในการนำมาใช้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROCONTROLLER1 : ทำหน้าที่ตามลำดับขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3.4 โดยรายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ จะกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 3.3 และลักษณะของการต่อวงจรที่ใช้งานจริงแสดงในรูปที่ 3.5

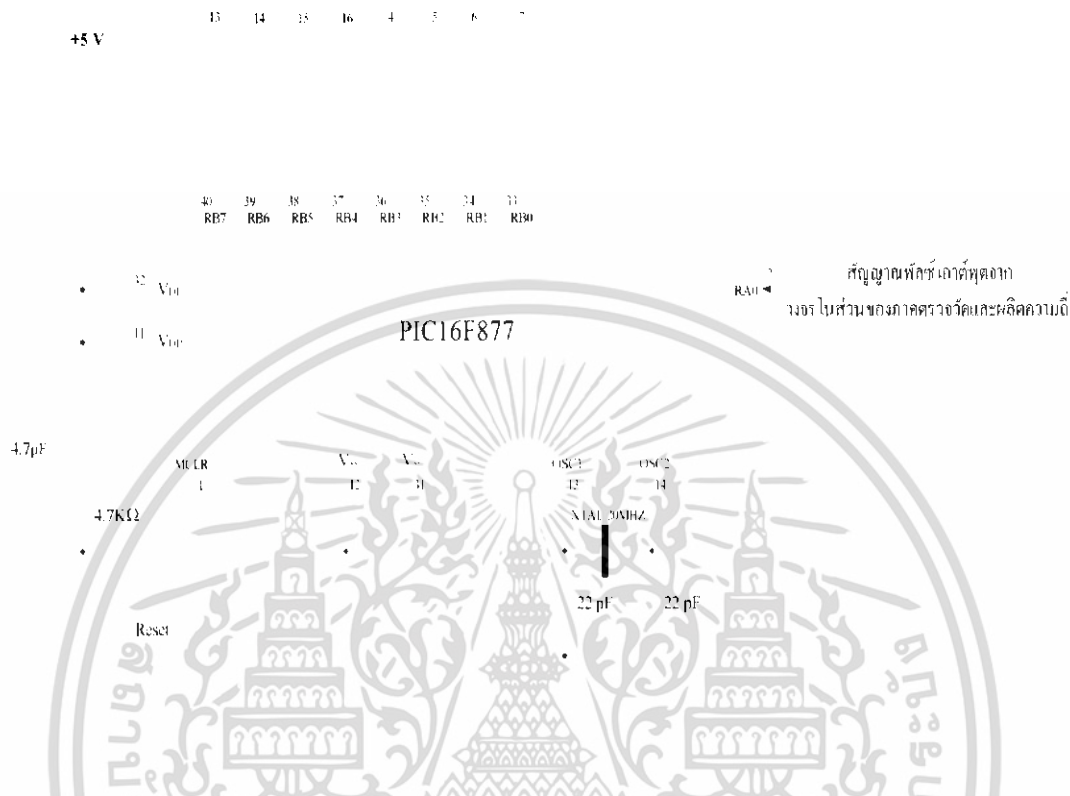


รูปที่ 3.4 ลำดับขั้นตอนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DIGITAL TO ANALOG CONVERTER CIRCUIT

สัญญาณแรงดันไฟฟ้าไบนารี
วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าไบนารีเป็นกระแสไฟฟ้า



รูปที่ 3.5 วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ ในส่วนของภาคประมวลผล

DIGITAL TO ANALOG CONVERTER CIRCUIT : ทำหน้าที่แปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อกซึ่งได้รับสัญญาณดิจิทัลจาก MICROCONTROLLER โดยรายละเอียดของวงจรที่ใช้งานจริงจะกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 3.4

VOLTAGE TO CURRENT CONVERTER CIRCUIT : ทำหน้าที่แปลงแรงดันเป็นกระแสเพื่อส่งกระแส (4-20 mA) ไปตามสายส่ง และรายละเอียดของวงจรได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 2.4. โดยรูปวงจรที่ใช้งานจริงแสดงในรูปที่ 2.4.3

CURRENT TO VOLTAGE CONVERTER CIRCUIT : ทำหน้าที่แปลงกระแสเป็นแรงดันที่ส่งมาตามสายส่งจากวงจร (V-I) มาเป็นแรงดันในช่วง 0-5 โวลต์ ซึ่งรายละเอียดของวงจรที่ใช้งานจริงได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROCONTROLLER2 : ทำหน้าที่ตามลำดับขั้นตอนดังแสดงในรูปที่ 3.6 โดยข้อมูลและรายละเอียดของไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 จะกล่าวต่อไปในหัวข้อที่ 3.3 และลักษณะของวงจรที่ใช้งานจริงแสดงในรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.6 ลำดับขั้นตอนการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา วงจรการสื่อสารอนุกรม วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล เป็นต้น

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีการนำไปประยุกต์ใช้งานกันอย่างกว้างขวาง โดยมักจะเป็นการนำไปฝัง (Embedded) ในระบบของอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อควบคุมการทำงานบางอย่าง อาทิ ในรถยนต์ เต้าอบไมโครเวฟ เครื่องปรับอากาศ เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ นาฬิกาดิจิทัล เป็นต้น เพราะว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้งานในงานควบคุมหลายประการ

- ชิพไอซีและระบบที่ได้มีขนาดเล็ก
- ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิพไมโครโปรเซสเซอร์
- วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร
- มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะ ซึ่งใช้งานได้ง่าย
- ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้

คุณสมบัติทั่วไปของ PIC16F877

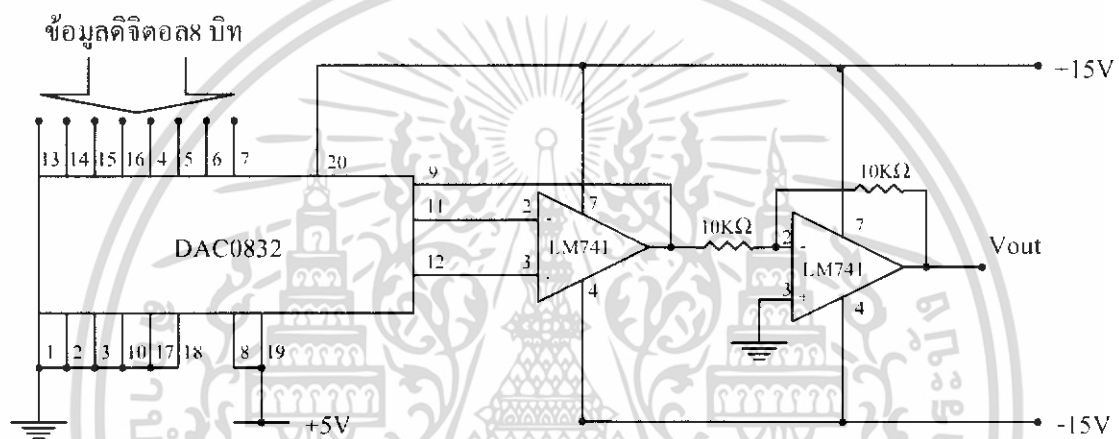
- 35 Instruction คำสั่ง
- ปฏิบัติคำสั่งทั่วไปใน Cycle เดียว และ 2 Cycle ในคำสั่งการกระโดด
- ทำงานที่ความถี่สูงสุด 20 MHz (16F877-20/P)
- หน่วยความจำโปรแกรม 8 กิโลเวิร์ด (โดยข้อมูล 1 เวิร์ดมี 14 บิต)
- หน่วยความจำข้อมูล (RAM) 368 ไบต์
- EEPROM 256 ไบต์
- สามารถตอบสนองอินเทอร์รัพท์ 14 แหล่ง
- STACK 8 ระดับ
- สามารถเลือกโหมดของสัญญาณนาฬิกาได้
- กระแสทั้งซิงค์ และซอร์สของพอร์ต คือ 25 mA
- Timer/Counter 3 ตัว Timer0 Timer1 และ Timer2
- โมดูล Capture/Compare/PWM จำนวน 2 ชุด
- วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล ขนาด 10 บิต 8 ช่องรับสัญญาณ
- พอร์ต I/O จำนวน 5 พอร์ต คือ พอร์ต A B C D และ E รวมทั้งสิ้น 33 บิต

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายยี่ห้อ หลายตระกูล และหลายเบอร์ด้วยกัน ซึ่งแต่ละเบอร์ก็จะมีโครงสร้างภายในและความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกันทำให้เลือกใช้กับงานได้อย่างเหมาะสม

ในโครงการนี้ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล PIC (Peripheral Interface Controller) เบอร์ PIC16F877 เพราะมีคุณสมบัติที่ต้องการในโครงการนี้ และง่ายต่อการโปรแกรมควบคุม เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนเวลาสำหรับการแข่งขันเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ผู้เห็นใบระเบียบเช่นนี้ การค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก

เนื่องจากสัญญาณควบคุมที่จ่ายให้กับวงจรแปลงแรงดันเป็นกระแสต้องเป็นสัญญาณต่อเนื่อง แต่ไมโครคอนโทรลเลอร์จ่ายสัญญาณควบคุมเป็นดิจิทัลจึงจำเป็นต้องมีวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก ซึ่งในโครงงานนี้ได้ใช้อุปกรณ์ ไอซี เบอร์ DAC0832 เป็นตัวแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อกขนาด 8 บิต เพื่อให้ได้ระดับแรงดันไฟฟ้าที่ต้องการ (ระดับแรงดันไฟฟ้าอยู่ในช่วง 0 ถึง -5 โวลต์) ภายในวงจรต้องเพิ่มออปแอมป์ ซึ่งเลือกใช้เบอร์ LM741 และตัวต้านทาน (ชนิดค่าความผิดพลาด 1% เพื่อเพิ่มความแม่นยำของแรงดันเอาต์พุต) ต่อกันเป็นวงจรดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก

แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_{out} สามารถคำนวณ ดังสมการนี้

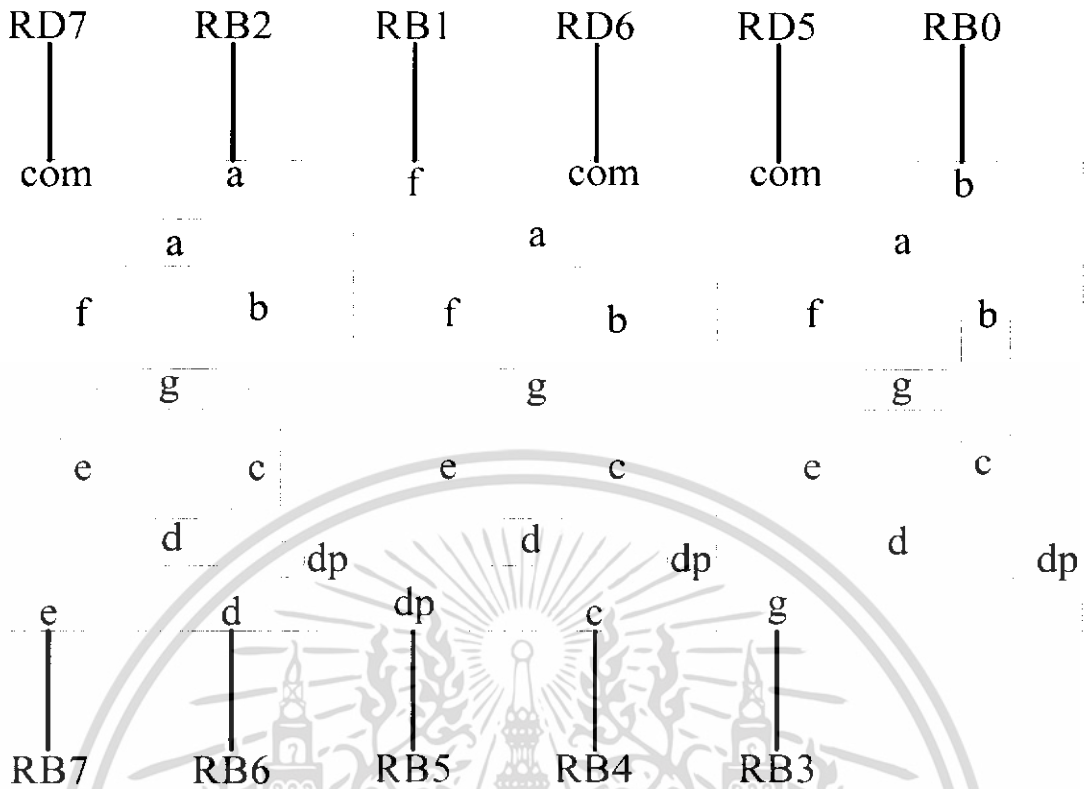
$$V_{out} = 5 \times \frac{\text{Digital}}{256} \quad (3.1)$$

โดย Digital คือ ค่าข้อมูลดิจิทัล ขนาด 8 บิต

3.5 จอแสดงผลแบบเจ็ดส่วนสามหลักที่ใช้ในงานจริง

ลักษณะจอแสดงผลแบบเจ็ดส่วนสามหลักที่ใช้ในงานจริงจะเป็นแบบแคโทดร่วมจะแสดงผลตัวเลขสามหลัก คือ แสดงค่าความชื้นจาก (0 - 100)%RH โดยมีลักษณะของจอแสดงผลแบบเจ็ดส่วนสามหลัก โดยแสดงในรูปที่ 3.9 ซึ่งรายละเอียดได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 จอแสดงผลแบบเจ็ดส่วนสามหลักที่ใช้ในงานจริง

จากรูปที่ 3.9 สามารถอธิบายถึงลักษณะของการแสดงผลของจอแสดงผล แบบเจ็ดส่วน ได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การแสดงผลข้อมูลตัวเลขบนจอแสดงผลแบบเจ็ดส่วนสามหลักแบบแคโทดร่วม

ข้อมูลดิจิทัลสำหรับ LED ตัวเลข 7 ส่วน แบบแคโทดร่วม									ตัวเลขที่ต้องการ แสดง
RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0	พอร์ต์ RB	
e	d	dp	c	g	a	f	b	เลขฐาน 16	
1	1	0	1	0	1	1	1	D7	0
0	0	0	1	0	0	0	1	11	1
1	1	0	0	1	1	0	1	CD	2
0	1	0	1	1	1	0	1	5D	3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลดิจิทัลสำหรับ LED ตัวเลข 7 ส่วน แบบแคโทดร่วม									ตัวเลขที่ต้องการ แสดง
RB7	RB6	RB5	RB4	RB3	RB2	RB1	RB0	พอร์ต RB	
e	d	dp	c	g	a	f	b	เลขฐาน 16	
0	0	0	1	1	0	1	1	1B	4
0	1	0	1	1	1	1	0	5E	5
1	1	0	1	1	1	1	0	DE	6
0	0	0	1	0	1	0	1	15	7
1	1	0	1	1	1	1	1	DF	8
0	1	0	1	1	1	1	1	5F	9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

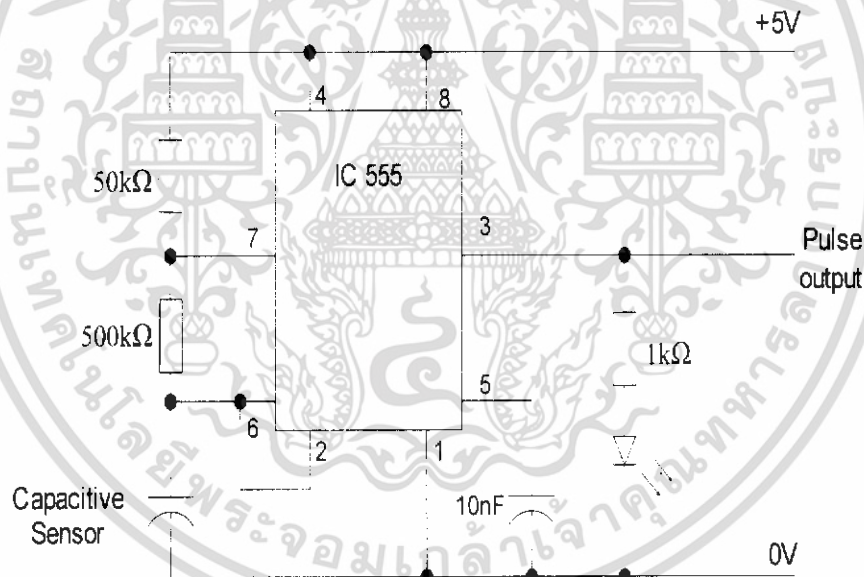
บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงการทดลองและผลการทดลองการทำงานของเครื่องวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุ ซึ่งได้ทำการทดลองทั้งในส่วนของภาคตรวจวัดและผลิตความถี่ ภาคประมวลผล และภาคแสดงผล ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

4.1 การทดลองในส่วนของภาคตรวจวัดและผลิตความถี่

ในส่วนนี้เป็นการทดลองของวงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้งานจริงดังรูปที่ 4.1 โดยการแปรค่าตัวเก็บประจุ (Capacitive Sensor) แล้วทำการวัดค่าความถี่ของสัญญาณเอาต์พุต (Pulse Output) โดยไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์วัด ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1 และในตารางที่ 4.2 เป็นผลการคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุโดยใช้ค่าความถี่ที่วัดได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์ในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้งานจริง

จากวงจรในรูปที่ 4.1 สามารถคำนวณหาค่าความถี่ (f) ของสัญญาณเอาต์พุต (Pulse Output) และคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุ (Capacitive Sensor) ได้โดย

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2)C} \text{ HZ}$$

$$C = \frac{1.44}{(R_1 + 2R_2)f} \text{ F}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองวัดค่าความถี่โดยแปรค่าตัวเก็บประจุ

ค่าตัวเก็บประจุ (pF)	ความถี่ (kHz) ที่วัดได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์	ความถี่ (kHz) ที่ได้จากการคำนวณ	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
150	9.057	9.142	0.929
160	8.57	8.571	0.163
170	8.063	8.062	0.012
180	7.543	7.619	0.997
190	7.195	7.218	0.346
200	6.954	6.857	1.414
210	6.610	6.530	1.225

จากผลการทดลอง ในตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่าเมื่อเราทำการแปรค่าตัวเก็บประจุที่เพิ่มขึ้น จะทำให้ค่าความถี่ลดลง ซึ่งค่าความถี่ที่ได้นี้จะสอดคล้องกับค่าความถี่ โดยค่าตัวเก็บประจุที่ใช้ทำการวัดเปรียบเสมือนค่าความถี่

ตารางที่ 4.2 ผลการคำนวณหาค่าตัวเก็บประจุโดยใช้ค่าความถี่ที่วัดได้จากไมโครคอนโทรลเลอร์

ค่าตัวเก็บประจุ (pF) จากที่ใช้วัดจริง	ค่าตัวเก็บประจุ (pF) จากการคำนวณ	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
150	150.42	0.28
160	160.03	0.018
170	170.09	0.052
180	180.50	0.27
190	190.61	0.321
200	200.18	0.09
210	210.66	0.314

จากผลการทดลอง ในตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าค่าตัวเก็บประจุที่ได้จากการคำนวณมีค่าความแตกต่างจากค่าตัวเก็บประจุที่ใช้วัดจริงเพียงเล็กน้อย นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก

การทดลองนี้เป็นการทดลองการแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก ซึ่งเนื้อหาได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อที่ 3.4 โดยแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_{out} สามารถคำนวณได้โดย

$$V_{out} = 5 \times \frac{\text{Digital}}{256} \text{ V}$$

ซึ่งได้ผลการทดลองในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก

ข้อมูลดิจิทัล (เลขฐานสิบ)	การทดลอง V_{out} (V)	การคำนวณ V_{out} (V)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
0	0	0	0
15	0.298	0.292	2.05
30	0.59	0.585	0.854
45	0.886	0.878	0.911
60	1.173	1.171	0.17
75	1.465	1.464	0.068
90	1.759	1.757	0.113
105	2.052	2.05	0.097
120	2.345	2.343	0.085
135	2.637	2.636	0.037
150	2.931	2.929	0.068
165	3.225	3.222	0.093
180	3.52	3.515	0.113
195	3.811	3.808	0.078
210	4.105	4.101	0.097
225	4.399	4.394	0.113
240	4.693	4.687	0.128
255	4.986	4.98	0.12

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_{out} ที่ได้จากการทดลองนั้น มีค่าความผิดพลาดน้อยมาก ดังนั้นจึงสามารถนำไปจ่ายให้กับวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าเอกสารได้เลย เอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดลองการส่งข้อมูลแบบกระแสที่ใช้ในงานจริง

ในการส่งข้อมูลที่เป็นแรงดันไฟฟ้าจากการวัดค่าความถี่จากไมโครคอนโทรลเลอร์ 1 ไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 จะประสบปัญหาของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมระหว่างสายส่ง ซึ่งทำให้แรงดันไฟฟ้าต้นสายและแรงดันไฟฟ้าปลายสายที่ส่งให้ส่วนของการประมวลผลของภาครับมีค่าแตกต่างกัน จึงได้ส่งข้อมูลแบบกระแสเพื่อไม่ให้เกิดการตกคร่อมของแรงดันไฟฟ้าระหว่างสายส่ง และทำให้ระยะทางของการส่งข้อมูลไกลขึ้น ซึ่งได้ออกแบบวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าและวงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในงานจริง แสดงดังรูปที่ 4.2 และ รูปที่ 4.3 โดยเนื้อหาของวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในงานจริงได้กล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.4.3 วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในงานจริงกล่าวไว้ในหัวข้อที่ 2.5 และวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าต่อยกกับวงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า แสดงในรูปที่ 4.4

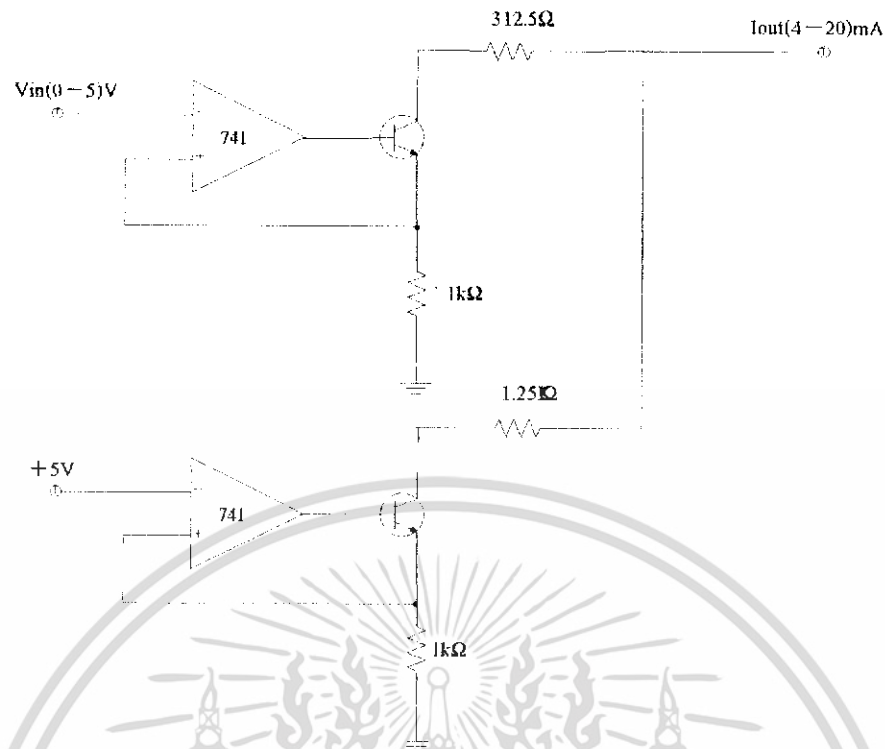
4.3.1 การทดลองวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า

ในส่วนนี้เป็นการทดลองวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในงานจริง ดังแสดงในรูปที่ 4.2 โดยการทำงานของทรานซิสเตอร์จะทำหน้าที่เหมือนสวิตช์ (เปิด-ปิด) เมื่อมีกระแสไหลผ่านขา B (Base) ไปยังขา E (Emitter) โดยกระแสไฟฟ้าเอาต์พุต I_{out} สามารถคำนวณได้โดย

$$I_{out} = \frac{V_{in} (V)}{312.5(\Omega)} + \frac{5(V)}{1.25(K\Omega)}$$

$$I_{out} = 3.2V_{in} + 4 \text{ mA}$$

ซึ่งได้ผลการทดลองในตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.2 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในงานจริง

จากรูปวงจรที่ 4.2 ได้ทำการทดลองโดยการแปรค่าแรงดันไฟฟ้า V_{in} จาก 0 ถึง 5 โวลต์ แล้วทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้า I_{out} ซึ่งได้ผลการทดลองในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้า V_{in} (V)	การทดลอง I_{out} (mA)	การคำนวณ I_{out} (mA)	เปอร์เซ็นต์ความ ผิดพลาด
0	4.01	4	0.25
0.5	5.76	5.6	2.86
1	7.66	7.2	6.39
1.5	9.69	8.8	10.11
2	11.5	11.3	1.77
2.5	12.4	12	3.33
3	13.21	13.6	2.98
3.5	15.5	15.2	1.97
4	16.54	16.8	1.55
4.5	18.41	18.4	0.05
5	20.01	20	0.05

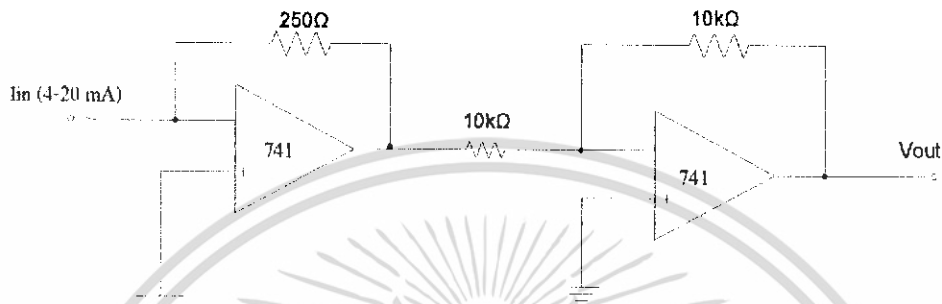
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์เพื่อการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 จะเห็นได้ว่าค่ากระแสไฟฟ้า I_{out} ที่ได้จากการทดลองมีค่ามากขึ้นเมื่อแรงดันไฟฟ้า V_{in} มากขึ้น ซึ่งค่ากระแสไฟฟ้า I_{out} ที่วัดได้ มีความเป็นเชิงเส้น

4.3.2 การทดลองวงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า

ในส่วนนี้เป็นการทดลองวงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในงานจริง ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้าที่ใช้ในงานจริง

จากรูป 4.3 ได้ทำการทดลองโดยการแปรค่ากระแสไฟฟ้า I_{in} จาก 4-20 มิลลิแอมป์ ซึ่งเป็นกระแสไฟฟ้า I_{out} ที่ได้จากวงจรในรูปที่ 4.2 แล้วทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้า V_{out} ซึ่งได้ผลการทดลองในตารางที่ 4.5 โดยค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_{out} สามารถคำนวณได้โดยสมการ

$$V_{out} = -250I_{in} \times \left(-\frac{10k\Omega}{10k\Omega}\right) \text{ V}$$

$$V_{out} = 250I_{in} \text{ V}$$

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองวงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า

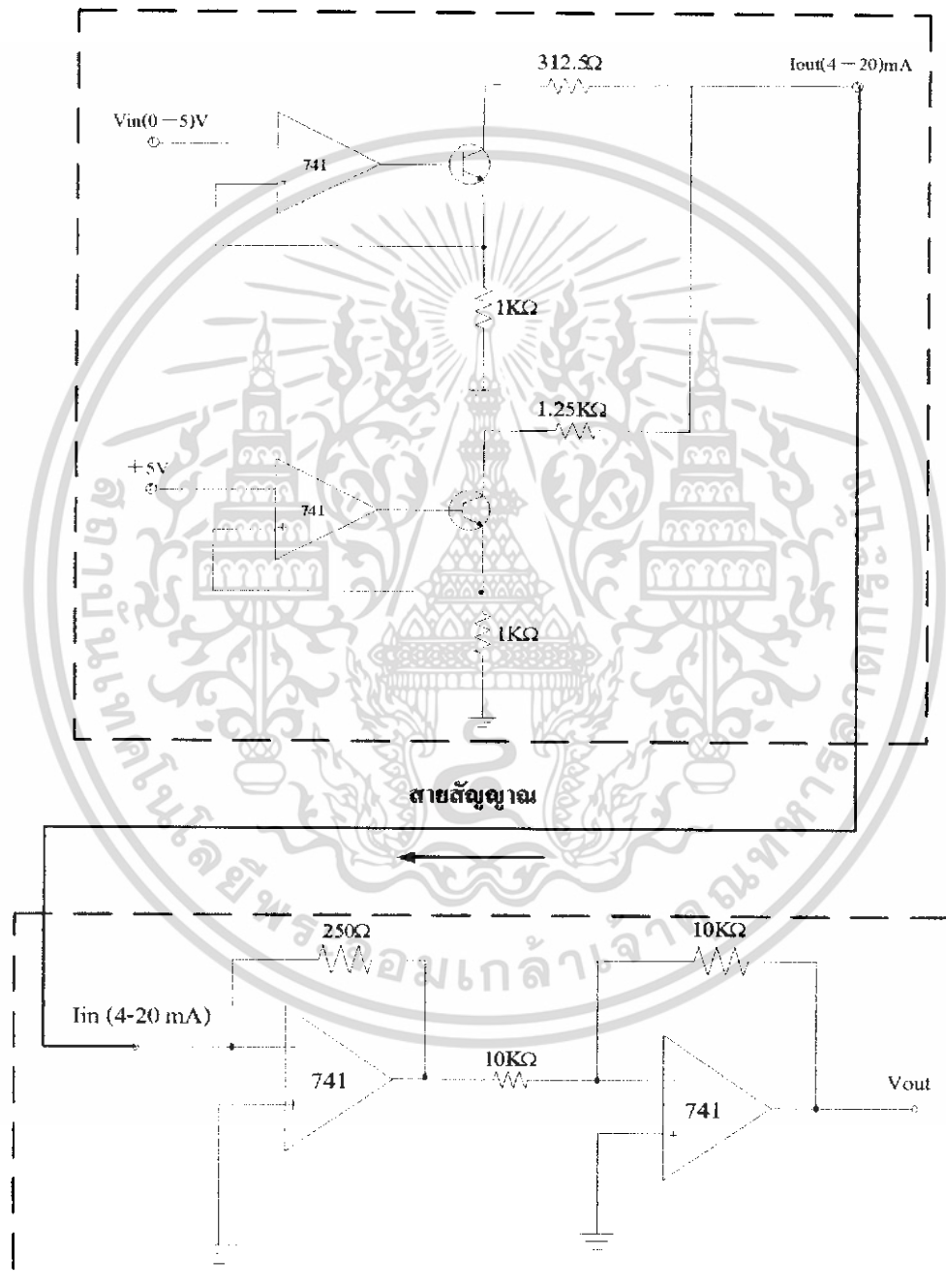
กระแสไฟฟ้า I_{in} (mA)	การทดลอง V_{out} (V)	การคำนวณ V_{out} (V)	เปอร์เซ็นต์ความ ผิดพลาด
4	1.05	1	5
6	1.53	1.5	2
8	1.98	2	1
10	2.52	2.5	0.8
12	3.12	3	4
14	3.48	3.5	0.57
16	4.01	4	0.25
18	4.49	4.5	0.22
20	5.02	5	0.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.5 เห็นได้ว่าค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_{out} เพิ่มขึ้น เมื่อกระแสไฟฟ้า I_{in} เพิ่มขึ้น และค่าแรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ มีความเป็นเชิงเส้น

4.3.3 การทดลองการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันไฟฟ้าของอินพุตและเอาต์พุต

ในส่วนนี้เป็นการนำวงจรจากรูปที่ 4.2 และ 4.3 มาต่อร่วมกันเพื่อหาค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต ได้วงจรแสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 วงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าต่อร่วมกับ วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.4 ได้ทำการทดลองแปรค่าแรงดันไฟฟ้าอินพุต V_{in} จาก 0 ถึง 5 โวลต์ แล้วทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_{out} โดยค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตสามารถคำนวณได้โดยสมการ

$$I_{in} = 3.2V_{in} + 4 \text{ mA}$$

$$V_{out} = 250I_{in} \text{ V}$$

$$V_{out} = 250(3.2V_{in} + 4) \times 10^{-3} \text{ V}$$

เพราะฉะนั้น $V_{out} = 0.8V_{in} + 1 \text{ V}$

ซึ่งได้ผลการทดลองในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้าต่อร่วมกับ วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า

แรงดันไฟฟ้า $V_{in} \text{ (V)}$	แรงดันไฟฟ้า $V_{out} \text{ (V)}$	การคำนวณ $V_{out} \text{ (V)}$	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
0	1.12	1	12
0.5	1.49	1.4	6.43
1	1.95	1.8	8.33
1.5	2.45	2.2	11.36
2	2.91	2.6	11.92
2.5	3.17	3	5.67
3	3.72	3.4	9.41
3.5	4.03	3.8	6.05
4	4.36	4.2	3.81
4.5	4.8	4.6	4.35
5	5.01	5	0.2

จากตารางที่ 4.6 เห็นได้ว่าค่าแรงดันไฟฟ้าเอาต์พุต V_{out} เพิ่มมากขึ้น เมื่อแรงดันไฟฟ้าอินพุต V_{in} เพิ่มมากขึ้น และค่าแรงดันไฟฟ้า V_{out} ที่วัดได้ มีความเป็นเชิงเส้น

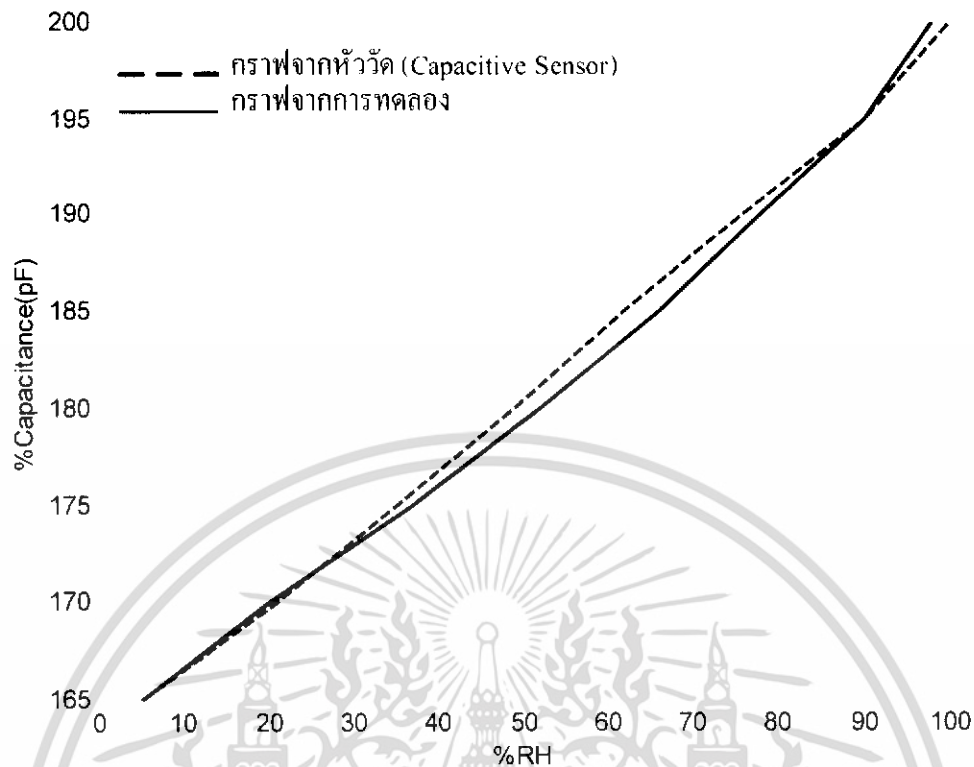
4.4 การทดลองวัดค่าความชื้นจากเครื่องวัดความชื้นที่สร้างขึ้น

ในส่วนนี้ได้้นำเครื่องวัดความชื้นที่สร้างขึ้นมาทำการวัดค่าความชื้นโดยการแปรค่าความจุที่สอดคล้องกับค่าความชื้น โดยได้ทำการทดลองดังตารางที่ 4.7 และนำข้อมูลในตารางที่ 4.7 ไปพล็อตกราฟเพื่อแสดงค่าความแตกต่าง ระหว่างกราฟที่ได้จากหัววัดเปรียบเทียบกับกราฟที่ได้จากการทดลอง แสดงดังรูปที่ 4.5

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการวัดค่าความชื้น

ค่าความจุของ เซนเซอร์ ความชื้น(pF)	ค่าความชื้นของหัววัด จากกราฟ(%RH)	ค่าความชื้นจากเครื่อง วัด(%RH)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาด
165	5	5	0
170	20	21	5
175	37	35	5.4
180	52	49	6.06
185	66	62	2.5
190	78	76	2.5
195	90	90	0
200	98	100	2.04

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าเครื่องวัดความชื้นสามารถวัดค่าความชื้นได้ใกล้เคียงกับค่าความชื้นที่ได้จากกราฟในรูปที่ 3.3 และจากข้อมูลของตารางนี้ได้นำไปพล็อตกราฟดังรูปที่ 4.5



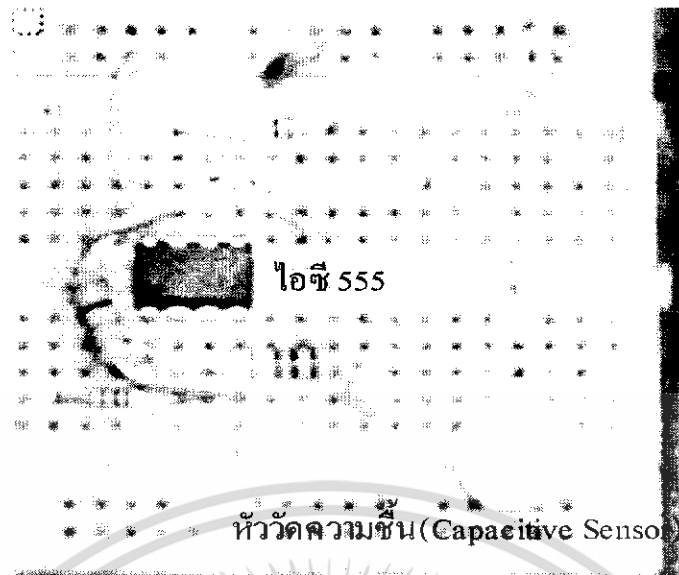
รูปที่ 4.5 กราฟเปรียบเทียบระหว่างค่าความจุที่ได้จากการทดลองและจากค่าที่ได้เทียบกับกราฟคุณสมบัติของตัวตรวจจับความชื้น

จากรูปที่ 4.5 เป็นการเปรียบเทียบระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองและค่าที่ได้จากหัววัดแบบคาปาซิทีฟ จะเห็นได้ว่ามีค่าผิดพลาดอยู่บ้าง เนื่องจากค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความจุไฟฟ้า (pF) กับค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของหัววัดความชื้น ซึ่งแสดงโดยกราฟในรูปที่ 3.3 ไม่เป็นกราฟเชิงเส้น ซึ่งในการประมวลผลของเครื่องวัดความชื้นในโครงการนี้ได้ประมาณกราฟในรูปที่ 3.3 เป็นเชิงเส้น จึงทำให้ค่าที่วัดได้มีความผิดพลาดอยู่บ้างแต่ถือได้ว่าค่อนข้างน้อย และรวมไปถึงอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในโครงการนี้ก็ยังมีค่าไม่เที่ยงตรงซึ่งเป็นผลทำให้ค่าที่วัดได้มีความผิดพลาดเช่นกัน

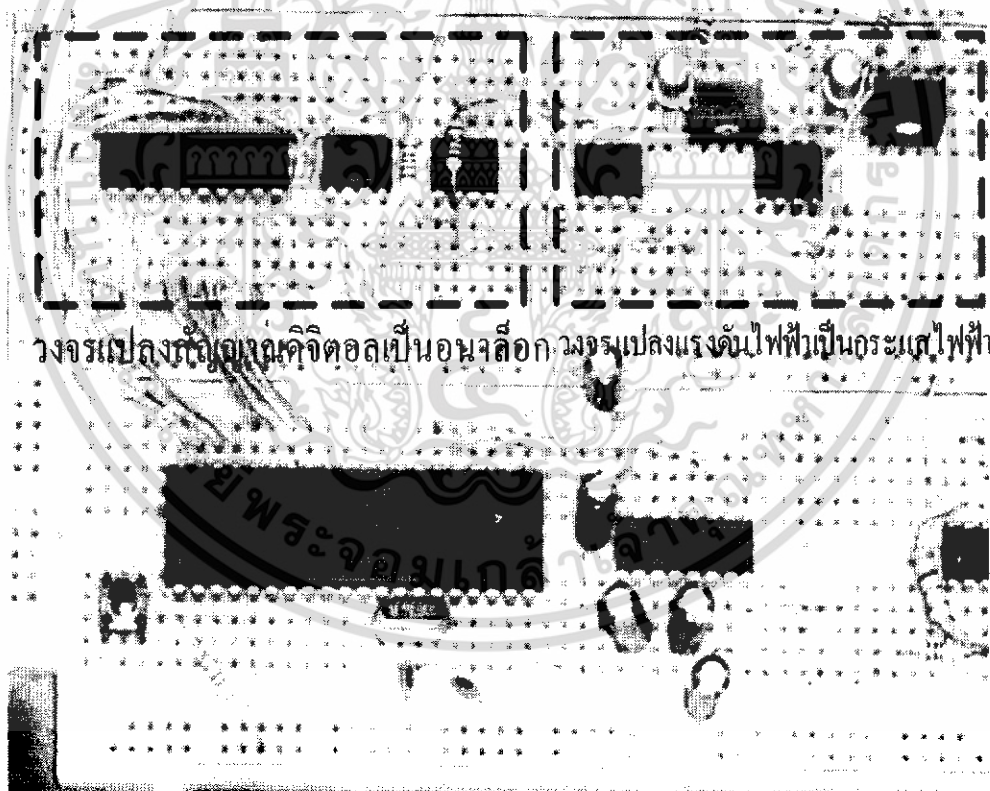
4.5 สรุปผลการทดลอง

จะเห็นได้ว่าผลการทดลองในส่วนต่างๆที่ผ่านมาข้างต้นนั้นจะมีค่าความผิดพลาดทุกๆส่วน โดยจะมีค่าผิดพลาดประมาณ 0 – 6.06 เปอร์เซ็นต์ อันเนื่องมาจากอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในโครงการนี้ยังมีค่าที่ไม่เที่ยงตรง ซึ่งเป็นผลกระทบที่ทำให้ค่าความชื้นที่เครื่องวัดค่าความชื้นของโครงการนี้วัดได้มีค่าความผิดพลาดอยู่บ้าง รวมไปถึงในส่วนของการประมวลผลของเครื่องวัดความชื้นได้ทำการประมาณกราฟในรูปที่ 3.3 เป็นเชิงเส้น จึงทำให้ค่าความชื้นที่วัดได้มีค่าความผิดพลาดเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

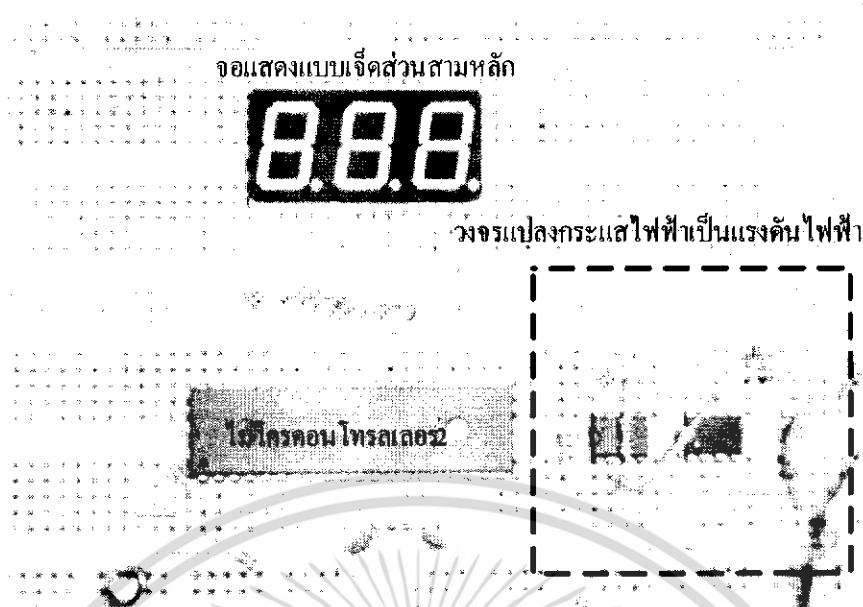


รูปที่ 4.6 ส่วนตรวจวัดและผลึกความถี่ของเครื่องวัดความชื้น

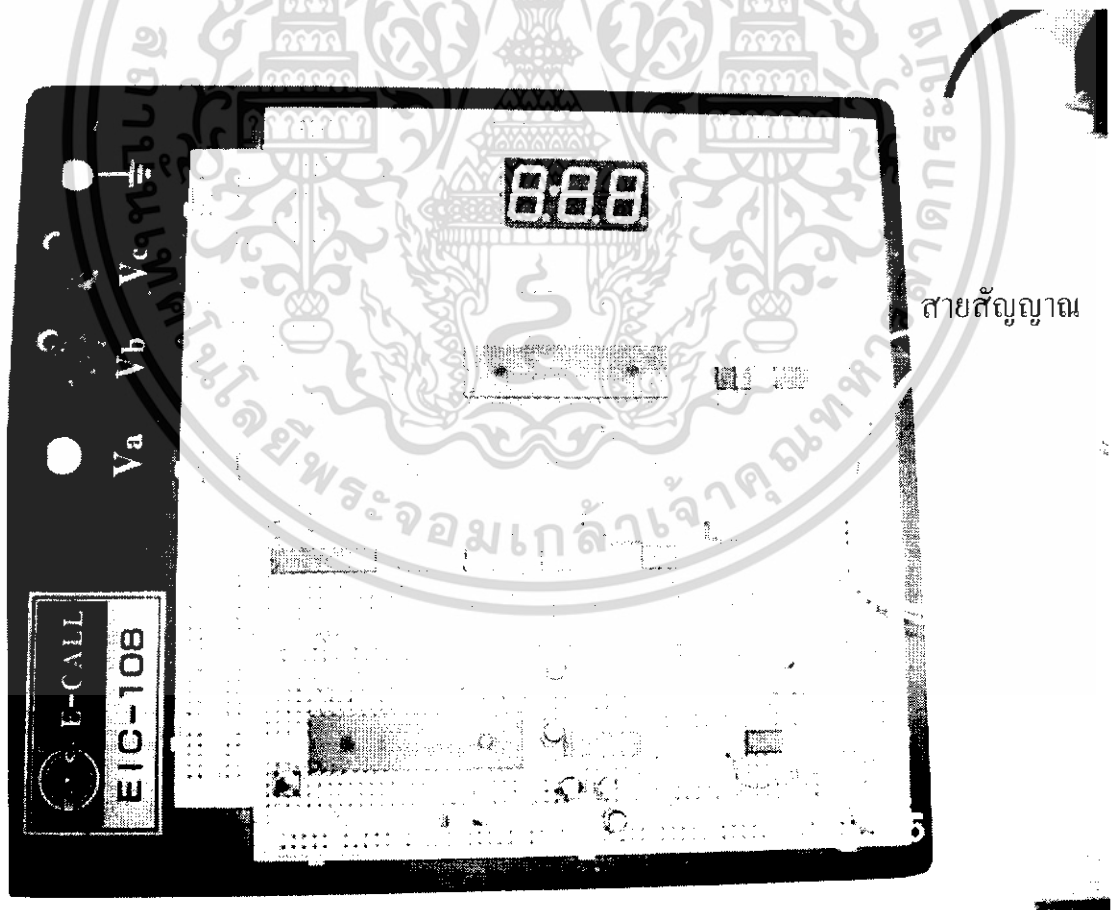


รูปที่ 4.7 ส่วนประมวลผลของเครื่องวัดความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 ส่วนแสดงผลของเครื่องวัดความชื้น



รูปที่ 4.9 เครื่องวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุที่สร้างขึ้นในโครงการนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์

5.1 สรุป

เครื่องวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุในโครงการนี้ได้ประกอบด้วย 3 ส่วนสำคัญ คือ ส่วนตรวจวัดและผลิตความถี่ เป็นส่วนในการวัดค่าความชื้นและผลิตค่าความถี่ที่สอดคล้องกับค่าความชื้นดังกล่าว ส่วนประมวลผลได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผล และส่วนแสดงผลใช้จอแสดงผลแบบเจ็ดส่วนสามหลักในการแสดงค่าความชื้นในช่วง 0 ถึง 100 (%RH) โดยในแต่ละส่วนนั้นมีขั้นตอนในการออกแบบ จัดหาอุปกรณ์ที่เหมาะสม นำมาประกอบ ทดลองและสังเกตการณ์ และนำไปใช้งานจริง

ในส่วนการทดลองนั้น เครื่องวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุ สามารถวัดค่าความชื้นได้ถูกต้องแม่นยำในระดับหนึ่ง ซึ่งสามารถยอมรับได้

อย่างไรก็ตามในการทำโครงได้พบปัญหาในแต่ละขั้นตอน ที่แตกต่างกันออกไป ดังมีรายละเอียดของปัญหาที่เกิดขึ้น แนวทางการแก้ไข และข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาต่อไปในอนาคต

5.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นและแนวทางการแก้ไข

1. ความสัมพันธ์ระหว่างค่าประจุไฟฟ้ากับค่าความชื้นสัมพัทธ์ (%RH) ของหัววัดที่ใช้ในโครงการนี้มีความไม่เป็นเชิงเส้นซึ่งในการประมวลผลของเครื่องวัดความชื้น ได้ประมาณความสัมพันธ์ดังกล่าวเป็นเชิงเส้น ทำให้ค่าความชื้นที่วัดได้ มีความผิดพลาด จึงควรประมาณความสัมพันธ์ข้างต้น ให้ใกล้เคียงกับความสัมพันธ์เดิมมากกว่านี้

2. อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่เลือกใช้ในโครงการนี้มีความเที่ยงตรงน้อย ทำให้ส่งผลกระทบต่อค่าความชื้นที่วัด ได้มีค่าความผิดพลาด แนวทางการแก้ไข ควรหาซื้ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความเที่ยงตรงมากกว่านี้ แต่ก็ควรอยู่ในงบประมาณของโครงการด้วย

3. มีความรู้พื้นฐานทางอิเล็กทรอนิกส์น้อย ทำให้เสียเวลาในการทำความเข้าใจในวงจรต่างๆที่ใช้ในโครงการ จึงควรให้เวลากับการศึกษาถึงพื้นฐานทางอิเล็กทรอนิกส์ให้มากกว่านี้

4. การขาดความรอบคอบ ในส่วนของการต่อวงจรทำให้อุปกรณ์ต่างๆของวงจรเกิดความเสียหาย และการเลือกซื้ออุปกรณ์มาใช้แต่ไม่เหมาะสม ทำให้สิ้นเปลืองงบประมาณ จึงต้องมีความรอบคอบทุกครั้งในการต่อวงจร และก่อนที่จะซื้ออุปกรณ์ต่างๆต้องศึกษาถึงรายละเอียดที่จำเป็นของอุปกรณ์นั้นๆ

5. มีพื้นฐานความเข้าใจในการเขียนโปรแกรมในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์น้อย ทำให้เสียเวลาลองผิดลองถูกในการเขียนโปรแกรมจึงควรรศึกษาถึงพื้นฐานของภาษาที่จะนำมาเขียนเป็นโปรแกรมให้มากกว่านี้

5.3 ข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาต่อไปในอนาคต

เครื่องวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุในโครงการนี้ ได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ในระดับหนึ่ง คือสามารถวัดค่าความชื้นได้ถูกต้องแม่นยำได้ในระดับหนึ่ง ซึ่งสามารถที่จะพัฒนาต่อไปให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์สูงสุด คือสามารถวัดค่าความชื้นได้ถูกต้องแม่นยำ ดังความสัมพันธ์ของค่าความจุไฟฟ้าต่อค่าความชื้นของหัววัดที่ใช้ โดยเลือกใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีความเที่ยงตรงสูง หากความสัมพันธ์ระหว่างค่าประจุไฟฟ้ากับค่าความชื้นสัมพัทธ์ของหัววัดที่ใช้ให้ใกล้เคียงกับความสัมพันธ์จริง และสุดท้ายนำเครื่องวัดบรรจุเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่มีขนาดกะทัดรัดและเคลื่อนย้ายได้สะดวก



เอกสารอ้างอิง

- [1] นิกร สุขุตตมตันติ, การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์, พิมพ์ครั้งที่1, กรุงเทพมหานคร, 2533
- [2] นิรุช อำนวยศิลป์. คู่มือเขียนโปรแกรมด้วยภาษาซี. กรุงเทพมหานคร: โปรวิชั่น. 2546.
- [3] ประจัน พลังสันติกุล, เรียนรู้การใช้งาน CCS C คอมไพเลอร์ เขียนโปรแกรมภาษา C ควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC, กรุงเทพมหานคร, 2521
- [4] อุดม จีนประดับ, ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51, กรุงเทพมหานคร, 2541



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

โปรแกรมที่ใช้ในโครงการ

ในภาคผนวกนี้จะอธิบายถึงส่วนของโปรแกรมต่างๆ ที่ใช้ในโครงการนี้ ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนโปรแกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ 1 (MICROCONTROLLER1) และส่วนโปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 (MICROTROLLER2)

ก.1 โปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ 1

ในส่วนนี้เป็นโปรแกรมที่ประมวลผลค่าความถี่จากวงจรกำเนิดพัลส์เป็นค่าข้อมูลดิจิทัลขนาด 8 บิต ซึ่งส่งให้กับวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก (DIGITAL TO ANALOG CONVERTER CIRCUIT) ดังโปรแกรมดังต่อไปนี้

```
#include <16F877.h>
#define CLOCK_SP 20000000
#define clock_input pin_D1
#fuses HS
#fuses NOLVP, NOWDT
#fuses NOPROTECT
#use delay (CLOCK=clock_sp)
#use rs232(baud=9600,xmit=TxD,rcv=RxD)
#use fast_io(b)
#use fast_io(d)
/*ประกาศตัวแปรต่างๆที่ใช้ในโปรแกรม*****/
float average=0,m1,m2,v1,v2;
int16 clock=0;
int16 freq=0;
int count=0;
float f_low = 6600.0,f_high = 8914.0;
int v_low = 1,v_high = 5,vout;
float y1=0,y2=3.65;
int x1=1,x2=5;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

/*ฟังก์ชันสำหรับการอินเทอร์รัปต์จาก TIMER1 จะอินเทอร์รัปต์ทุกๆ 104.856 ms*****/
#INT_TIMER1
void write_frequency(void)
{
freq = (clock/104.856)*1000.0;
average = average+freq;
count = count+1;
m1=(v_high - v_low)/(f_low - f_high);
m2=(y2-y1)/(x2-x1);
if(count==5)
{
average = average/5.0; // ค่าความถี่ที่วัดได้ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความชื้น
v1=m1*(average - f_low) + v_high;
if (v1<1)
v1=1;
else if (v1>5)
v1=5;
v2=m2*(v1-x1)-y1;
v2=(255.0/5.0)*v2;
vout=v2;
output_b(vout); // ส่งค่าข้อมูลแรงดันไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับค่าความชื้น
count=0;
average=0;
set_timer1(0);
}
clock = 0;
set_timer1(0);
}
/*****/

void main()
{
set_tris_b(0x00);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

output_b(0x00);
set_tris_d(0x1F);
enable_interrupts(GLOBAL);
enable_interrupts(INT_TIMER1);
setup_timer_1 ( T1_INTERNAL | T1_DIV_BY_8 );
set_timer1(0);
/*นับสัญญาณพัลส์ (pulse output) จากที่ได้จากส่วนตรวจวัดและผลิตความถี่*****
do{
while(!input(clock_input));
while(input(clock_input));
clock = clock + 1;
}while(TRUE);
}
/*****

```

ก.2 โปรแกรมในไมโครคอนโทรลเลอร์ 2

ในส่วนนี้เป็นโปรแกรมที่ประมวลผลค่าแรงดันไฟฟ้าจากวงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า (CURRENT TO VOLTAGE CONVERTER CIRCUIT) เป็นค่าข้อมูลดิจิทัลขนาด 8 บิต ซึ่งส่งให้กับจอแสดงผลแบบตัวเลขเจ็ดส่วน (LED DISPLAY) ดังโปรแกรมต่อไปนี้

```

#include <16F877.h>
#define CLOCK_SP 2000000
#define ADC=10
#define fuses HS
#define fuses NOLVP, NOWDT
#define fuses NOPROTECT
#define use delay (CLOCK=clock_sp)
#define use rs232(baud=9600,xmit=TXD,rcv=RXD)
#define use fast_io(b)
#define use fast_io(d)
void display_number(int display);

```

```

/*ประกาศตัวแปรต่างๆที่ใช้ในโปรแกรม*****

```

```

int16 ADC;

int16 count,count1=500;

float vout1,vout,vin,RH1;

int RH;

/*****:*****/

void main()

{

set_tris_b(0x00);

output_b(0x00);

set_tris_d(0x1F);

output_d(0xFF);

setup_port_a(ALL_ANALOG);

setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);

do{

/*คำนวณหาค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าความชื้นกับค่าแรงดันไฟฟ้าที่ได้จากวงจรแปลงกระแสไฟ
ฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า*****/

set_adc_channel(0);

delay_us(10);

ADC = Read_ADC();

vout1 = (5.0/1023)*ADC;

vout = (vout1-1)/1.0959;

vin = (vout+0.9125)/0.9125;

RH1 = ((((((vin-15.571196)/(-0.001642))-14676)/(-38.8143))-162.25)/0.3614)-10;

RH = RH1;

/*****:*****/

/*ส่งข้อมูลค่าความชื้น ไปแสดงผลยังจอ LED เจ็ดส่วนสามหลัก*****/

for(count=0;count<count1;count++)

display_number(RH);

/*****:*****/

}while(TRUE);

}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*ฟังก์ชันสำหรับแสดงผลค่าความชื้นในช่วง 0 ถึง 100 (%RH) ยังจอแสดงผล LED เจ็ดส่วนสาม
หลัก******/
```

```
void display_number(int display)
{
int number[10];
number[0]=0xD7;number[1]=0x11;
number[2]=0xCD;number[3]=0x5D;
number[4]=0x1B;number[5]=0x5E;
number[6]=0xDE;number[7]=0x15;
number[8]=0xDF;number[9]=0x5F;
if(display>=0 && display<=9)
{
output_high(pin_D7);
output_high(pin_D6);
output_low(pin_D5);
output_b(number[display]);
delay_ms(1);
output_high(pin_D5);
}
else if(display>=10 && display<=99)
{
output_high(pin_D7);
output_low(pin_D6);
output_b(number[display/10]);
delay_ms(1);
output_high(pin_D6);
output_low(pin_D5);
output_b(number[display%10]);
delay_ms(1);
output_high(pin_D5);
}
else if(display>=100 && display<=999)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
output_low(pin_D7);
output_b(number[display/100]);
delay_ms(1);
output_high(pin_D7);
output_low(pin_D6);
output_b(number[((display%100)/10)]);
delay_ms(1);
output_high(pin_D6);
output_low(pin_D5);
output_b(number[((display%100)%10)]);
delay_ms(1);
output_high(pin_D5);
}
}
/*****/

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

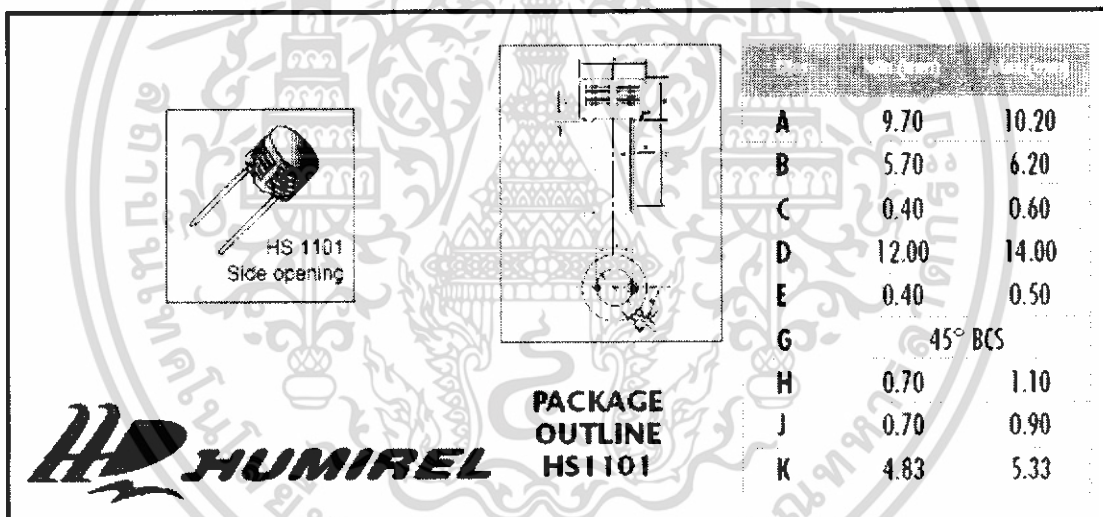
คู่มือประกอบการใช้งานอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องในโครงการนี้

ในส่วนของภาคผนวก ข. จะอธิบายในรายละเอียด และข้อมูลที่สำคัญของอุปกรณ์ต่างๆ ซึ่งเป็นส่วนประกอบในวงจรต่างๆ ที่ใช้ในโครงการนี้

ข.1 อุปกรณ์ในส่วนของภาคตรวจวัดและผลิตความถี่

ข.1.1 เซนเซอร์วัดค่าความชื้นแบบตัวเก็บประจุ

RELATIVE HUMIDITY SENSOR



A	9.70	10.20
B	5.70	6.20
C	0.40	0.60
D	12.00	14.00
E	0.40	0.50
G	45° BCS	
H	0.70	1.10
J	0.70	0.90
K	4.83	5.33

HUMIREL PACKAGE OUTLINE HS 1101

MAXIMUM RATINGS (Ta= 25 C unless otherwise noted)

รูปที่ ข.1 เซนเซอร์วัดความชื้นของ HUMIREL รุ่น HS 1101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MAXIMUM RATINGS (Ta= 25 C unless otherwise noted)

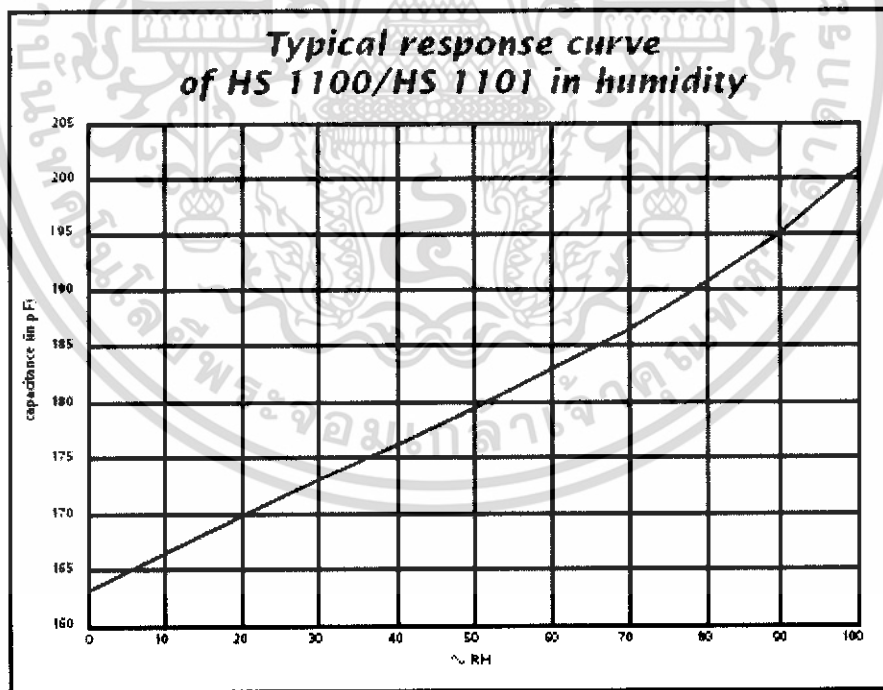
Operating Temperature	To	-40 to 100	°C
Storage Temperature	Tstg	-40 to 125	°C
Supply Voltage	Vs	10	Vdc
Humidity Operating Range	RH	0 to 100	% RH
Soldering @ T = 260°C	t	10	s

CHARACTERISTICS
(Ta = 25°C, measurement frequency @ 10kHz unless otherwise noted)

Humidity measuring range	RH	1	99	%
Supply voltage	Vs	5	10	V
Nominal capacitance @ 55% RH*	C	177	180	pF
Temperature coefficient	To	0.04		pF/°C
Averaged Sensitivity from 33% to 75% RH	$\Delta C/\%RH$	0.34		pF/%RH
Leakage current (Vcc = 5 Volts)	Is	1		nA
Recovery time after 150 hours of condensation	tr	10		s
Humidity Hysteresis		+/-1.5		%
Long term stability		0.5		%RH/yr
Response time (33 to 76 % RH, still air @ 63%)	ts	5		s
Deviation to typical response curve (10% to 90% RH)		+/-2		% RH

* Tighter specification available on request

FREQUENCY OUTPUT CIRCUITS




รูปที่ ข.2 กราฟแสดงคุณสมบัติของความจุไฟฟ้าต่อความชื้นสัมพัทธ์ของหัววัดความชื้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.1.2 ไอซี NE555

อุปกรณ์สร้างความถี่ในโครงการนี้ได้อาศัยไอซี555 ทำหน้าที่สร้างความถี่ให้ได้ระดับตามต้องการซึ่งประกอบอยู่ในวงจรอะสเตเบิล ซึ่งรายละเอียดแสดงดังรูป ข.3




NE555
SA555 - SE555

GENERAL PURPOSE SINGLE BIPOLAR TIMERS

- LOW TURN OFF TIME
- MAXIMUM OPERATING FREQUENCY GREATER THAN 500KHz
- TIMING FROM MICROSECONDS TO HOURS
- OPERATES IN BOTH ASTABLE AND MONOSTABLE MODES
- HIGH OUTPUT CURRENT CAN SOURCE OR SINK 200mA
- ADJUSTABLE DUTY CYCLE
- TTL COMPATIBLE
- TEMPERATURE STABILITY OF 0.005% PER°C

DESCRIPTION

The NE555 monolithic timing circuit is a highly stable controller capable of producing accurate time delays or oscillation. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For astable operation as an oscillator, the free running frequency and the duty cycle are both accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output structure can source or sink up to 200mA. The NE555 is available in plastic and ceramic minidip package and in a 8-lead micropackage and in metal can package version.

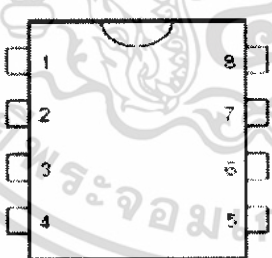


H
DIP8
(Plastic Package)
D
SO8
(Plastic Micropackage)

ORDER CODES

Part Number	Temperature Range	Package	
		H	D
NE555	0°C, 70°C	•	•
SA555	-40°C, 100°C	•	•
SE555	-55°C, 125°C	•	•

PIN CONNECTIONS (top view)



1 GND

2 Trigger

3 Output

4 Reset

5 Control voltage

6 Threshold

7 Discharge

8 Vcc

Jul, 1998

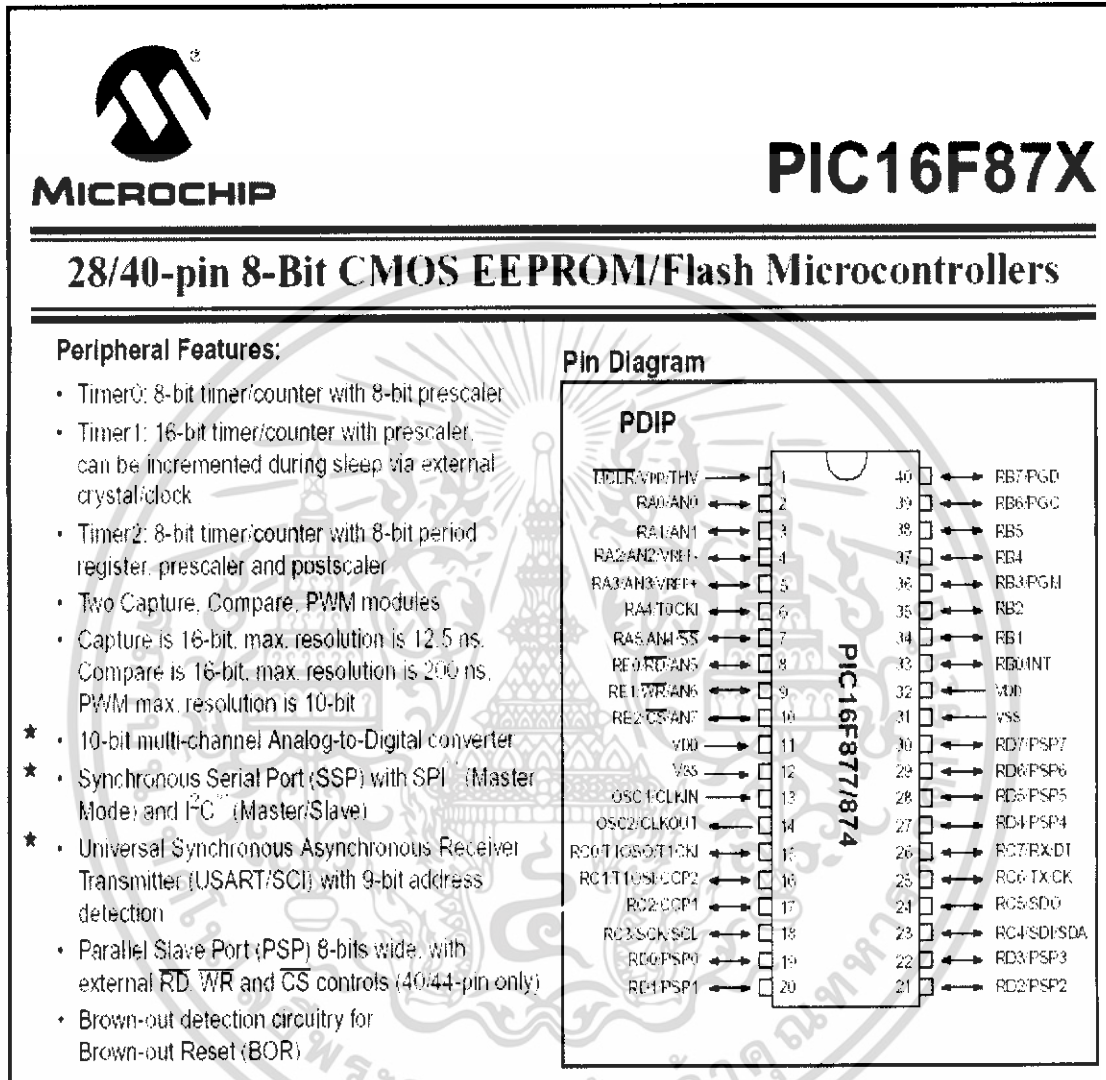
1/10

รูปที่ ข.3 ไอซี NE555

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.2 อุปกรณ์ในส่วนของภาคประมวลผลและแสดงผล

ได้ใช้ไอซี PIC16F877 เป็นตัวควบคุมเครื่องวัดความชื้นแบบตัวเก็บประจุในโครงการนี้ ซึ่งรายละเอียดของไอซีนี้ได้แสดงดังรูปที่ ข.4

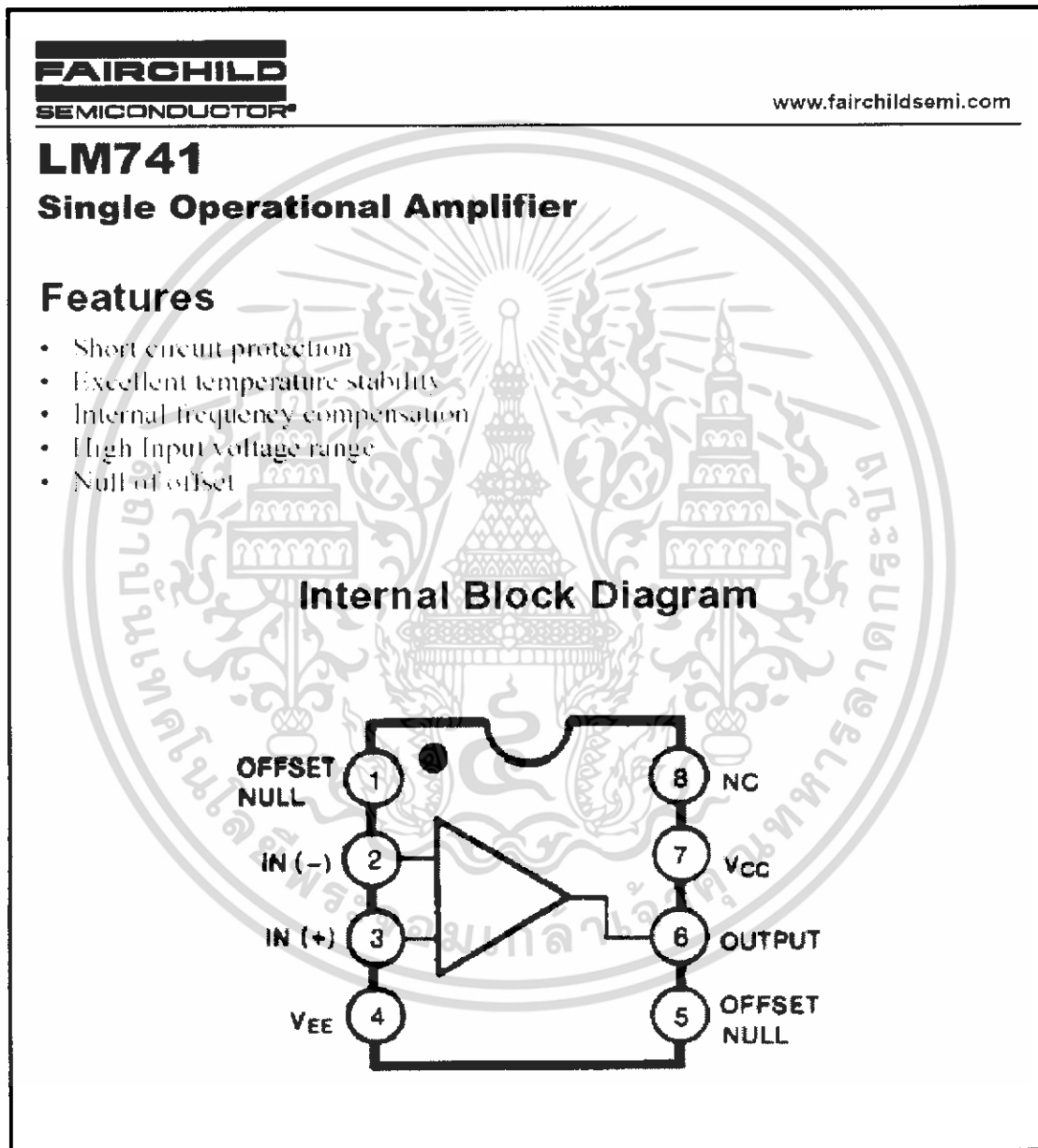


รูปที่ ข.4 ไอซี 16F877

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.3 อุปกรณ์ขยายสัญญาณ

อุปกรณ์ขยายสัญญาณในโครงการนี้ได้ใช้ไอซี LM741 ทำหน้าที่ขยายสัญญาณให้ได้ระดับที่ต้องการ ซึ่งประกอบอยู่ในวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้าเป็นกระแสไฟฟ้า วงจรแปลงกระแสไฟฟ้าเป็นแรงดันไฟฟ้า และวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก ซึ่งรายละเอียดของไอซีนี้ได้แสดงดังรูปที่ ข.5

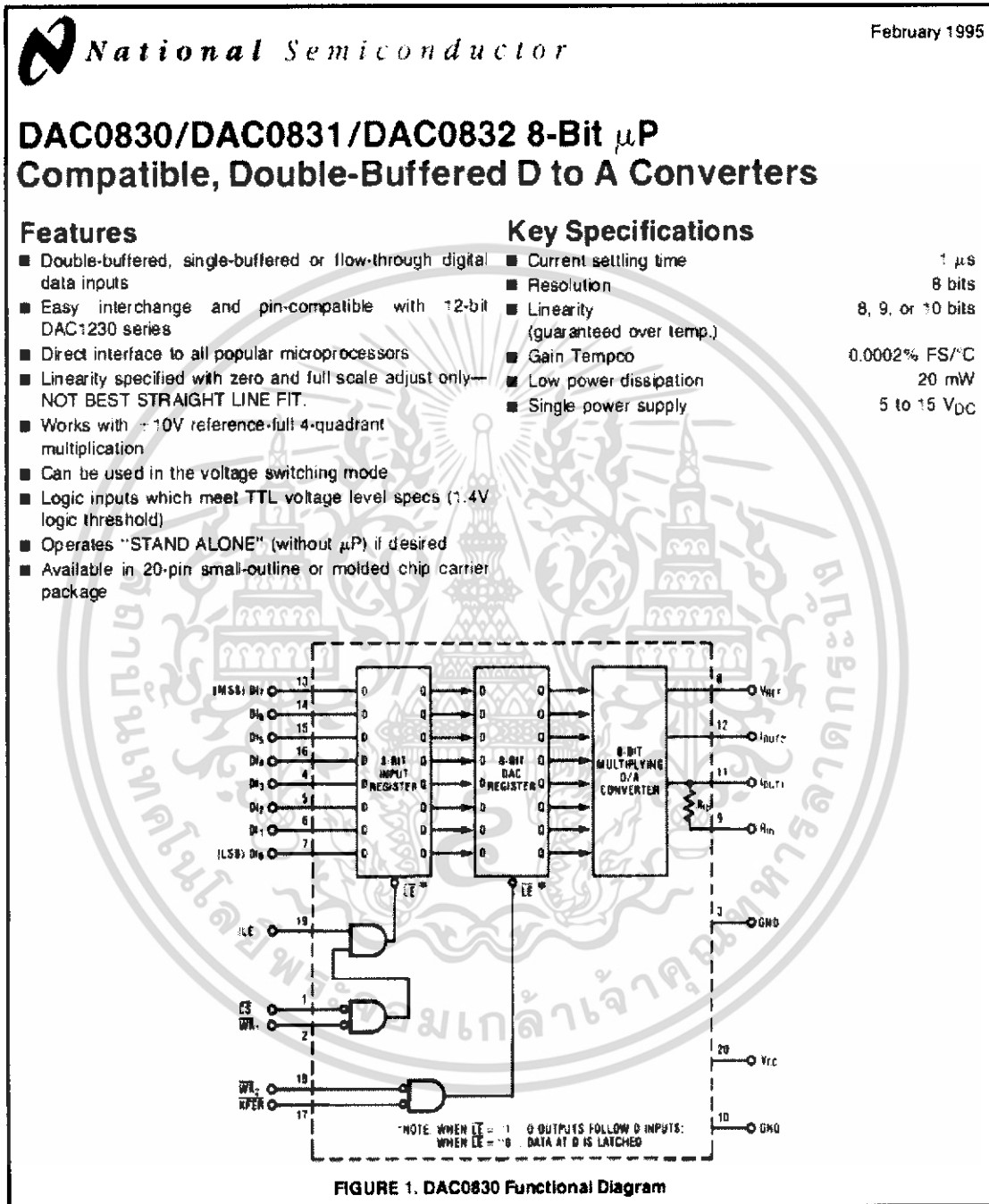


รูปที่ ข.5 ไอซี LM741

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข.4 อุปกรณ์แปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก

ในโครงงานนี้ใช้ไอซี DAC0832 ขนาด 8 บิต เป็นส่วนประกอบในวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อก ซึ่งรายละเอียดของไอซีได้แสดงดังรูปที่ ข.6



รูปที่ ข.6 ไอซี DAC0832

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้