สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สาย

Wireless soil sensor system in Greenhouse

โดย

นางสาวชื่นกมล ชูผล

นายธนัยรัตน์ มาตัะ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72200
วัน,เดือน,ปี 21 มิ.ย. 2550

b 11737249
i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ผ่านกรรมการตรวจชิ้นงานแล้ว

(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ

ระบบตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สาย

Wireless soil sensor system in Greenhouse

โดย

นางสาวชื่นกมล ชูผล 47015046

นายธนัยรัตน์ มาตั๊ะ 47015052

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ.นิภา ลีลารุจิ

รศ.ณรงค์ เหมกรณ์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **ระบบตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สาย**

Wireless soil sensor system in Greenhouse

ผู้จัดทำ

1. นางสาวชื่นกมล	**ชูผล**	**47015046**
2. นายธนัยรัตน์	**มาตัะ**	**47015052**

.....

(รศ.นิภา ลีลารุจิ) อาจารย์ที่ปรึกษา

.....

(รศ.ณรงค์ เหมกรณ์) อาจารย์ที่ปรึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สาย

Wireless soil sensor system in greenhouse

โดย นางสาวชื่นกมล ชูผล 47015046
นายธนัยรัตน์ มาตี๊ะ 47015052

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.นิภา ลีลารุจิ
รศ.ณรงค์ เหมกรณ์

บทคัดย่อ

โครงงานนี้นำเสนอการออกแบบและสร้างระบบตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สาย เป็นการส่งค่าข้อมูลความชื้นของดิน และค่าอุณหภูมิภายในเรือนเพาะปลูก ซึ่งจะส่งข้อมูลผ่านระบบการมอดดูเลชั่นแบบ FSK (Frequency Shift Keying) ไปยังเครื่องรับ โดยนำค่าไปประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อบันทึกข้อมูล และแสดงผลด้วยคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ต DB-9 จากนั้นจะนำค่าที่ได้ไปตรวจสอบสภาพความชื้นดิน รวมถึงอุณหภูมิภายในเรือนเพาะปลูก แล้วทำการปรับสภาพภายในเรือนเพาะปลูกเพื่อให้มีความเหมาะสม เช่น สั่งให้รดน้ำแปลงเพาะปลูก ปรับอุณหภูมิให้เหมาะสม โดยให้พัดลมหมุนระบายอากาศ เป็นต้น

ABSTRACT

This project is designed and constructed wireless soil sensor system in greenhouse. This system is designed for measure and transfer data that compose of humidity and temperature in greenhouse via wireless system. The system will transfer data by using FSK (Frequency Shift Keying) modulation and data processing unit using microcontroller for control and memory. The data will display on microcomputer via DB-9 port. After this system will checks and adjust the status of soil in greenhouse such as operate the sprinkle or electric fan.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณอาจารย์ รศ.นิภา ลีลารุจิ และ รศ.ณรงค์ เหมกรณ์ อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน ช่วยแนะนำติเตียนเกี่ยวกับการทำโครงงานตั้งแต่ต้นจนจบ ขอบคุณภาควิชาปฐพีวิทยาที่ให้ยืมเทนซิโอมิเตอร์มาทำการวัดสภาพดินครับ รวมทั้งขอบคุณคุณพ่อคุณแม่ที่คอยส่งเสียและเป็นกำลังใจตลอดมา ขอบคุณญาติพี่น้องที่คอยให้กำลังใจและถามไถ่ ขอบคุณนางสาวทัตวิภา ดงอินทร์ที่ช่วยติดต่อทำเรื่องยืมเครื่องวัดให้ ขอบคุณนายนพดล นาควิจิตร์ และนายทรงศักดิ์ แดนดีที่ให้ใช้พื้นที่ห้อง 501 ในการทดลอง ทำให้ได้ผลการทดลองมาส่งได้ ขอบคุณนายจเด็จ เสมอเชื้อที่ช่วยเรื่องโปรแกรมเคลไฟ จนทำให้มีโปรแกรมที่ใช้สวยงามมาก ขอบคุณนายคนย์ปภพ แก้ววิลัย และนางสาวปัทมา แสงมณี ที่ให้ยืมโมดูลทดลองในยามที่โมดูลมีปัญหา ขอบคุณนายทศพร วัฒนะพันธ์ศักดิ์ ที่ให้ยืมสว่านไม่งั้นไม่ได้กล่องที่มีน็อตใส่ ขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่มีส่วนร่วมซึ่งไม่ได้กล่าวถึงมากๆ และขอขอบคุณภาควิชารวมถึงอาจารย์ทุกคนที่ช่วยอบรมสั่งสอนจนพวกเรามีทุกวันนี้ สุดท้ายขอบคุณตัวเองที่มีความพยายามจนทำให้เกิดชิ้นงานชิ้นนี้ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
บทที่ 2	**ทฤษฎีและหลักการ**	**2**
2.1	การมอดูเลชั่นแบบดิจิตอล (Digital modulation)	2
2.1.1	การเปลี่ยนความถี่ตามสัญญาณดิจิตอล	2
2.1.2	การเปลี่ยนความถี่ตามสัญญาณดิจิตอลแบบเกาส์เซี่ยน	3
2.2	ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)	4
2.2.1	ไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์	4
2.2.2	คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	5
2.2.3	หน่วยความจำภายในชิพ	5
2.2.4	พอร์ตของ 8051	7
2.2.5	วงจรคล็อคของ MCS-51	10
2.2.6	การรับส่งข้อมูลอนุกรม UART ของ 8051	13
2.2.7	รีจิสเตอร์ควบคุมแบบอนุกรม (Serial control Register: SCON)	15
2.2.8	การอินเตอร์รัพต์	16
2.3	การสื่อสารแบบอนุกรม	18
2.3.1	การสื่อสารอนุกรมแบบ RS-232	18
2.3.2	รูปแบบการรับส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัส	19
2.3.3	อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัส	20
2.3.4	คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ	20
2.3.5	การเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อรับส่งข้อมูลอนุกรม (Universal Asynchronous Receiver Transmitter: UART)	21
2.3.6	ลักษณะ สัญญาณอินพุทและเอาท์พุทของพอร์ต RS-232	22
2.3.7	แอดเดรสของพอร์ตอนุกรม	23
2.4	ไอซีวัดอุณหภูมิ DS 1820	23
2.4.1	บล็อกไดอะแกรมภายใน	24
2.4.2	การทำงานในการวัดอุณหภูมิ	26
2.5	หลักการทำงานของ เอทูดี คอนเวอร์เตอร์ (Analog to Digital Converter: ADC)	27
2.5.1	หลักการเบื้องต้นของการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล	27
2.5.2	ค่าความละเอียดของ ADC	28
2.5.3	ชนิดของเอ/ดี คอนเวอร์เตอร์	28
2.5.4	การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

2.5.5 การจัดระดับสัญญาณ (Quantizing) 33
2.5.6 การเข้ารหัส (Coding) 34
2.6 ดิน (Soil) 34
2.6.1 ความสำคัญของดิน 35
2.6.1.1 ความสำคัญของดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช 35
2.6.1.2 หน้าที่ของดินต่อการเจริญเติบโตของพืช 35
2.6.2 องค์ประกอบของดิน (Soil Component) 35
2.6.2.1 ของแข็ง (Solids) 35
2.6.2.2 ของเหลว (Liquid) 36
2.6.2.3 แก๊ส (Gaseous) 36
2.6.3 ความชื้นในดิน 36
2.6.3.1 ความหมายของความชื้น 36
2.6.3.2 ความหมายของความชื้นในดิน 37
2.6.3.3 ความสำคัญของความชื้นในดินที่มีต่อการเกษตร 37
2.6.4 อุปกรณ์วัดความชื้นในดินเทนซิโอมิเตอร์ (Tensiometer) 37
2.6.4.1 องค์ประกอบและหลักการทำงานของ เทนซิโอมิเตอร์ 38
2.6.4.2 ข้อจำกัดการใช้งาน เทนซิโอมิเตอร์ 39
2.7 วงจรทรานซิสเตอร์ 40
2.7.1 วงจรคอลเลคเตอร์ร่วม (COMMON COLLECTOR) 40
2.7.2 ไบอัสกระแสป้อนกลับ (CURRENT FEEDBACK BIAS) 42

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง 43
3.1 วงจรการส่งและการสั่งการของโมดูลในส่วนเครื่องส่ง 44
3.2 วงจรการรับและการสั่งการของโมดูลในส่วนเครื่องรับ 46
3.3 ตัวรับและตัวส่ง 49
3.3.1 โมดูลรับส่งสัญญาณ 49
3.3.2 โหมดการทำงาน 50
3.3.2.1 ซ็อคเบิร์ท 50
3.3.2.2 โหมดทำงานทางตรง 52
3.3.3 แพ็คเกตข้อมูลของโมดูล 53
3.4 วงจรส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม 53
3.5 วงจรตัวตรวจวัดความชื้นในดิน(Soil moisture Sensor) 54
3.5.1 คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์เบอร์ 2SC458 54

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

3.5.2 การคำนวณ 56

3.6 ส่วนของการแสดงผล ควบคุมและบันทึกข้อมูล (Display Controller and Saving) 57

3.7 สมการการแพร่กระจายคลื่น (Propagation Equations) 60

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 61

4.1 วงจรเครื่องส่งตัวที่ 1 และตัวที่ 2 61

4.2 วงจรเครื่องรับ 65

4.3 ส่วนการตรวจวัดอุณหภูมิและการควบคุมพัดลมเนื่องจากอุณหภูมิ 71

4.4 ส่วนการตรวจวัดความชื้นของดินและการควบคุมแอลอีดีเนื่องจากความชื้นของดิน 77

บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป 85

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

หนังสืออ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

หน้า

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ

รูปที่ 2.1 แสดงหลักการทำงานของ FSK 2

รูปที่ 2.2 รูปคลื่นของการมอดูเลตแบบ FSK 3

รูปที่ 2.3 รูปการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ GFSK 4

รูปที่ 2.4 โครงสร้างภายใน 8051 6

รูปที่ 2.5 การจัดวางขาของ 8051 6

รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้าง พอร์ต 0 (บิต) 7

รูปที่ 2.7 โครงสร้างของพอร์ต 1 (บิต) 8

รูปที่ 2.8โครงสร้างของพอร์ต 2 (บิต) 8

รูปที่ 2.9 โครงสร้างของพอร์ต 3 (บิต) 9

รูปที่ 2.10 วงจรสร้างคล็อคของ 8051 10

รูปที่ 2.11 พอร์ตสื่อสารอนุกรม 8051 โหมด 0 13

รูปที่ 2.12 พอร์ตสื่อสารอนุกรม 8051 โหมด 1 13

รูปที่ 2.13 พอร์ตสื่อสารอนุกรม 8051 โหมด 2 14

รูปที่ 2.14 พอร์ตสื่อสารอนุกรม 8051 โหมด 3 14

รูปที่ 2.15 แสดงรายละเอียดในรีจิสเตอร์ SCON และการ เซ็ตอัพ 15

รูปที่ 2.16 แหล่งที่มาของสัญญาณอินเตอร์รัพต์ 17

รูปที่ 2.17 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอซิงโครนัส 19

รูปที่ 2.18 แสดงการจัดขาสัญญาณของ DB-9 ตัวผู้ และ ตัวเมีย และหน้าที่การทำงาน 20

รูปที่ 2.19 การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรม ในรูปแบบต่างๆ 21

รูปที่ 2.20 การทำงานภายในของขาสัญญาณต่างๆของพอร์ตอนุกรม 22

รูปที่ 2.21 ลักษณะตัวถังและการจัดขาของ DS1820 24

รูปที่ 2.22 บล็อกไดอะแกรมภายใน DS1820 24

รูปที่ 2.23 บล็อกไดอะแกรมการวัดค่าอุณหภูมิ 26

รูปที่ 2.24 แสดงกราฟคุณสมบัติของ เอทูดี ขนาด 3 บิต 28

รูปที่ 2.25 แสดงบล็อกของวงจร เอทูดี ขั้นบันไดหรือตามรอย 29

รูปที่ 2.26 แสดงรูปคลื่นของวงจร เอทูดี ขั้นบันได 29

รูปที่ 2.27 แสดงรูปคลื่นของวงจรเอทูดี ตามรอย 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 2.28 แสดงบล็อกของวงจร เอทูดี ที่ใช้การประมาณค่าโดยลำดับ 30

รูปที่ 2.30 การสุ่มสัญญาณ 31

รูปที่ 2.31 การซ้อนทับทางความถี่ 32

รูปที่ 2.32 แสดงส่วนประกอบของดินที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร) 36

รูปที่ 2.33 แสดงองค์ประกอบของ เทนชิโอมิเตอร์ และรูปขยายกระเปาะดินเผา เมื่อสัมผัสอยู่กับอนุภาคดินโดยมีฟิล์มน้ำเป็นตัวเชื่อม 38

รูปที่ 2.34 วงจรขยายสัญญาณแบบพื้นฐานชนิดคอลเลคเตอร์ร่วม 40

รูปที่ 2.35 วงจรขยายสัญญาณแบบที่ใช้งานจริงชนิดคอลเลคเตอร์ร่วม 41

รูปที่ 2.36 วงจรไบอัสกระแสป้อนกลับ 42

บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง

รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนของเครื่องส่งตัวที่ 1 และตัวที่ 2 43

รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนของเครื่องรับ 44

รูปที่ 3.3 วงจรส่วนเครื่องส่งตัวที่ 1 และตัวที่ 2 45

รูปที่ 3.4 แผนภูมิ แสดงโปรแกรมควบคุมการทำงานของโมดูลฝั่งส่งทั้งสองตัว 46

รูปที่ 3.5 วงจรส่วนเครื่องรับ 47

รูปที่ 3.6 แผนภูมิ แสดงโปรแกรมควบคุมการทำงานของโมดูลฝั่งรับ 48

รูปที่ 3.7 ลักษณะภายนอกของโมดูล TRW-2.4G 49

รูปที่ 3.8 แสดงลักษณะโครงสร้างที่แยกส่วนของช่องสัญญาณ 2 ช่องในตัวเอง 50

รูปที่ 3.9 แสดงไทม์มิ่งไดอะแกรมการทำงานในโหมดส่งสัญญาณของชิ็อคเบิร์ท 50

รูปที่ 3.10 แสดงไทม์มิ่งไดอะแกรมการทำงานในโหมดรับสัญญาณชิ็อคเบิร์ท 51

รูปที่ 3.11 แสดงไทม์มิ่งไดอะแกรมการทำงานในโหมดส่งสัญญาณของโหมดทำงานทางตรง 52

รูปที่ 3.12 แสดงไทม์มิ่งไดอะแกรมการทำงานในโหมดรับสัญญาณของโหมดทำงานทางตรง 52

รูปที่ 3.13 แสดงรูปแบบเฟรมของโมดูล 53

รูปที่ 3.14 แสดงวงจรการใช้งานของไอซี MAX232 53

รูปที่ 3.15 วงจรคอมมอนคอลเลคเตอร์ต่อไบแอสแบบสเตบิไลซ์(Stabilize Bias) 54

รูปที่ 3.16 วงจรตัวตรวจวัดความชื้นดินที่ทำการออกแบบ 55

รูปที่ 3.17 รูปที่ได้จากการลดรูปวงจร 55

รูปที่ 3.18 วงจรตัวตรวจวัดความชื้นดินที่ทำการออกแบบเสร็จ 57

รูปที่ 3.19 ลักษณะหน้าตาของโปรแกรมที่แสดงหน้าจอคอมพิวเตอร์ 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

รูปที่ 4.1 เป็นสัญญาณเอาท์พุทของเครื่องส่งตัวที่ 1 เมื่อตรวจวัดด้วย Spectrum Analyzer 61

รูปที่ 4.2 เป็นสัญญาณเอาท์พุทของเครื่องส่งตัวที่ 2 เมื่อตรวจวัดด้วย Spectrum Analyzer 62

รูปที่ 4.3 เป็นรูปแสดงขาของโมดูล 62

รูปที่ 4.4 สัญญาณของขา CE ของเครื่องส่ง เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope 63

รูปที่ 4.5 สัญญาณของขา CLK1 ของเครื่องส่ง เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope 63

รูปที่ 4.6สัญญาณของขา DATE ของเครื่องส่ง เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope 64

รูปที่ 4.7 เป็นสัญญาณอินพุทของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Spectrum Analyzer 65

รูปที่ 4.8 สัญญาณของขา CS ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope 66

รูปที่ 4.9 สัญญาณของขา CE ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope 67

รูปที่ 4.10 สัญญาณของขา CLK1 ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope 67

รูปที่ 4.11 สัญญาณของขา DATE ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope 68

รูปที่ 4.12 สัญญาณของขา DR1 ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope 68

รูปที่ 4.13 สัญญาณของขา CLK2 ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope 69

รูปที่ 4.14 สัญญาณของขา DOUT2 ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope 69

รูปที่ 4.15 สัญญาณของขา DR2 ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope 70

รูปที่ 4.16 แสดงการเตรียมอุปกรณ์รวมถึงการจัดอุปกรณ์เพื่อทำการทดลอง 72

รูปที่ 4.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากตัวตรวจวัดอุณหภูมิกับเทอร์โมมิเตอร์ 74

รูปที่ 4.18 รูปแสดงหน้าจอการกำหนดค่าที่ใช้ในการควบคุมระบบการปรับอุณหภูมิภายในเรือนเพาะปลูกจำลอง โดยกำหนดให้อุณหภูมิเท่ากับ 33.5 องศาเซลเซียส 75

รูปที่ 4.19 รูปแสดงผลค่าอุณหภูมิที่ได้ในขณะนั้น โดยมีค่าเท่ากับ 34.0 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่ามากกว่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ ทำให้พัดลมทำงานเพื่อปรับสภาพอุณหภูมิ 76

รูปที่ 4.20 แสดงการทำงานของพัดลมเนื่องจากการควบคุมระบบผ่านทางโปรแกรมหน้าจอคอมพิวเตอร์ 77

รูปที่ 4.21 แสดงการเตรียมอุปกรณ์รวมถึงการจัดอุปกรณ์เพื่อทำการทดลอง 78

รูปที่ 4.22 แสดงการวัดความชื้นดินด้วยเทนซิโอมิเตอร์และเครื่องตรวจวัดที่ทำขึ้นมาเอง 80

รูปที่ 4.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากตัวตรวจวัดความชื้นในดินกับเทนซิโอมิเตอร์ 81

รูปที่ 4.24 รูปแสดงหน้าจอการกำหนดค่าที่ใช้ในการควบคุมระบบการปรับความชื้นดินภายในเรือนเพาะปลูกจำลอง โดยกำหนดให้ความชื้นดินเท่ากับ 22 เซนติบาร์ 82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 4.25 รูปแสดงผลค่าความชื้นในดินที่ได้ในขณะนั้น โดยแปลงเพาะปลูก 1 มีค่าเท่ากับ 26 เซนติบาร์ และแปลงเพาะปลูก 2 มีค่าเท่ากับ 28 เซนติบาร์ ซึ่งมีค่ามากกว่าความชื้นดินที่กำหนดไว้ ทำให้แอลอีดีทำงานเพื่อปรับสภาพความชื้นดินในเรือนเพาะปลูก 83

รูปที่ 4.26 แสดงการทำงานของแอลอีดีเนื่องจากการควบคุมระบบผ่านทางโปรแกรมหน้าจอคอมพิวเตอร์ 84

บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป

รูปที่ 5.1 เครื่องตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สาย พร้อมกับเรือนเพาะปลูกจำรอง 85

รูปที่ 5.2 โปรแกรมควบคุมการทำงานเครื่องตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สาย 86

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

บทที่ 1 บทนำ

บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ

ตารางที่ 2.1 แสดงสัญลักษณ์ชื่อและตำแหน่งต่างๆที่มีอยู่ใน SFR 11

ตารางที่ 2.2 โหมดการทำงานอนุกรม 15

ตารางที่ 2.3 ตารางการใช้ไทม์เมอร์ 1 กำหนดบอดเรต 16

ตารางที่ 2.4 อินเตอร์รัพต์เวคเตอร์ของ MCS-51 และลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพต์ 17

ตารางที่ 2.5 แสดงลักษณะขาต่างๆของ DB-9 21

ตารางที่ 2.6 แสดงแอดเดรสฐานและหน่วยความจำที่เก็บแอดเดรสฐานของพอร์ตอนุกรม 23

ตารางที่ 2.7 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ DS1820 25

ตารางที่ 2.8 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิกับข้อมูลดิจิตอลเอาท์พุท 27

ตารางที่ 2.9 แสดงการเข้ารหัสสัญญาณ 34

บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง

ตารางที่ 3.1 แสดงลักษณะในการเซ็ตค่าในโหมดต่างๆของโมดูล 50

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองวัดอุณหภูมิ ตั้งแต่ 25 – 40 องศาเซลเซียส 73

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองวัดความชื้นในดิน 5 สถานะ 2 เซนติบาร์, 16 เซนติบาร์, 22 เซนติบาร์, 28 เซนติบาร์ และ 34 เซนติบาร์ 80

บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีไร้สายกำลังได้รับความสนใจ ซึ่งมีการใช้ในงานด้านต่างๆอย่างแพร่หลาย และเนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ดังนั้นเราควรคิดหาวิธีที่จะนำ เทคโนโลยีไร้สายมาประยุกต์ใช้กับการเกษตรได้ และนี่คือที่มาของแรงบันดาลใจที่ผู้ทำโครงงานได้ตัดสินใจที่จะทำโครงงานชิ้นนี้ โดยโครงงานชิ้นนี้จะมีองค์ประกอบของทั้งเซนเซอร์ ไมโครคอนโทรลเลอร์และการส่งสัญญาณไร้สาย ซึ่งกลายมาเป็นโครงงานเครื่องตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สาย

ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้เข้ามามีบทบาทในส่วนของวงจรดิจิตอลและอิเล็กทรอนิกส์มากมาย โดยผู้ทำโครงงานเลือกที่จะใช้ MCS-51 เนื่องจากมีความรู้พื้นฐาน พร้อมกับองค์ประกอบของตัว MCS-51 เองได้รับการพัฒนา มามากมาย รวมทั้งมีหน่วยความจำโปรแกรมภายในแบบแฟลต ที่สามารถลบและเขียนใหม่ได้หลายพันครั้ง ทำให้สามารถนำมาใช้เขียนโปรแกรมและพัฒนาได้โดยสะดวก ซึ่งในโครงงานนี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการเขียนและควบคุมการทำงานของระบบต่างๆ รวมไปถึงควบคุมในส่วนของการแสดงผลและควบคุมระบบทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ ด้วย

ในส่วนของข้อมูลที่จะทำการส่งนั้นจะได้มาจากอุปกรณ์เซ็นเซอร์ที่ประกอบด้วย เซ็นเซอร์วัดความชื้นของดินและเซ็นเซอร์วัดอุณหภูมิของสภาพแวดล้อมภายในและภายนอกเรือนเพาะปลูก

การรับส่งสัญญาณแบบไร้สายในโครงงานนี้จะใช้ตัวส่งที่เป็น โมดูล ซึ่งมีการมอดูเลตแบบ FSK (Frequency Shift Keying) โดยจะทำงานแทนสัญญาณดิจิตอลซึ่งมีค่า 0 กับ 1 โดยในตัวโมดูลจะทำการส่งข้อมูลโดยการจัดข้อมูลที่ได้จากการมอดูเลตให้เป็นเฟรมเพื่อส่งออกไปเป็นแพ็กเกตด้วยความเร็วที่เราสามารถโปรแกรมได้คือ 250 กิโลบิตต่อวินาที หรือ 1 เมกะบิตต่อวินาที ซึ่งผู้ทำโครงงานได้เลือกที่จะโปรแกรมให้มีความเร็วเท่ากับ 250 กิโลบิตต่อวินาที เพื่อใช้ในโครงงานชิ้นนี้ เนื่องจากสามารถส่งข้อมูลได้ไกลกว่าความเร็ว 1 เมกะบิตต่อวินาที โดยจะเหมาะกับลักษณะงานที่จะนำโครงงานชิ้นนี้ไปใช้

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะนำเสนอการช่วยให้เกษตรกรสามารถควบคุมระบบต่างๆ ในเรือนเพาะปลูก โดยเฉพาะการควบคุมอุณหภูมิ รวมไปถึงควบคุมระดับความชื้นของดินภายในเรือนเพาะปลูก ให้มีความเหมาะสมกับการเพาะปลูกของพืชแต่ละชนิดนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

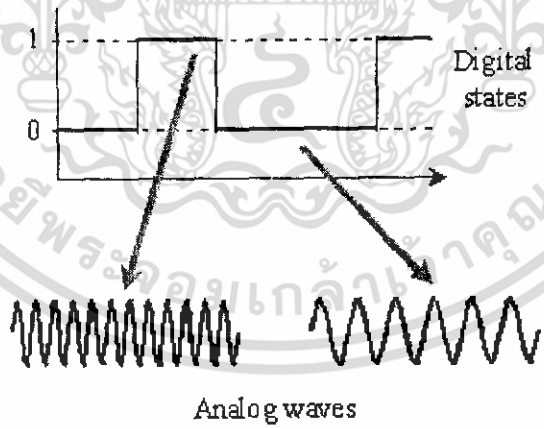
2.1 การมอดูเลชั่นแบบดิจิตอล (Digital modulation)

กล่าวนำ

การสื่อสารในปัจจุบันได้นิยมนำเอาการมอดูเลตสัญญาณแบบดิจิตอลมอดูเลชั่น (Digital Modulation) มาใช้อย่างแพร่หลาย เนื่องจากระบบดิจิตอลให้ค่าความแน่นอนน่าเชื่อถือสูงกว่าระบบอนาล็อก (Analog System) และมีการรบกวนจากสัญญาณรบกวน (Noise) ต่ำ ซึ่งในปัจจุบัน อุปกรณ์ด้านระบบดิจิตอลได้มีการพัฒนาก้าวหน้าไปมาก ทำให้ต้นทุนในการผลิตลดต่ำลง นอกจากนี้ การมอดูเลตแบบดิจิตอลยังสามารถทำการเข้ารหัส (Encoder) ก่อนทำการมอดูเลตแล้วทำการถอดรหัส (Decoder) หลังการมอดูเลตทำให้การส่งข้อมูลมีการผิดพลาดน้องลง ในการมอดูเลตสัญญาณดิจิตอล ที่นิยมใช้กันชนิดหนึ่งก็คือ การเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณดิจิตอล(Frequency Shift Keying:FSK)

2.1.1 การเปลี่ยนความถี่ตามสัญญาณดิจิตอล (Frequency Shift Keying: FSK)

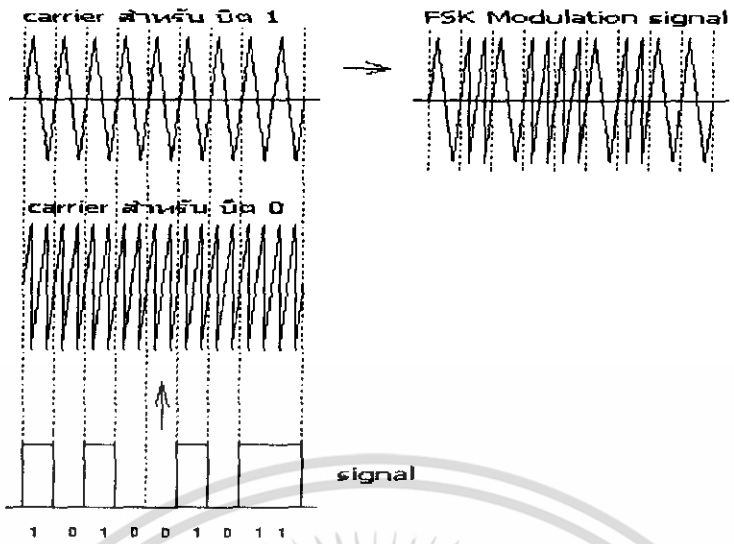
วิธีการ FSK นี้คือใช้ความถี่ของเสียงสองความถี่สำหรับแทนสัญญาณ ลอจิก "1" และลอจิก "0" ฝ่ายรับก็พยายามจับเอาสองความถี่ที่ว่านี้มาแปลงเป็นสัญญาณลอจิกกลับคืน ความถี่ของเสียงทั้งสองเสียงต้องห่างกันพอที่จะแยกออกจากกันได้โดยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ และก็จะต้องไม่ห่างเกินจนตกขอบของความสามารถของตัวกลางที่จะนำพาไปได้ ดังรูปที่ 2.1 แสดงหลักการทำงานของ FSK



รูปที่ 2.1 แสดงหลักการทำงานของ FSK

รูปคลื่นสัญญาณที่ได้จากวิธีการนี้สัญญาณดิจิตอลจะควบคุมความถี่ของสัญญาณที่ได้จากวงจรมอดูเลชั่น โดยรูปคลื่นจะมีความถี่สูงเมื่อระดับสัญญาณดิจิตอลเป็น "1" และมีความถี่ต่ำเมื่อระดับสัญญาณเป็น "0" ซึ่งมีอัตราการส่งข้อมูลต่ำพอๆกับวิธีการASK มีข้อดีเหมือนกัน แต่ทนทานต่อสัญญาณรบกวนได้สูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 รูปคลื่นของการมอดูเลตแบบ FSK

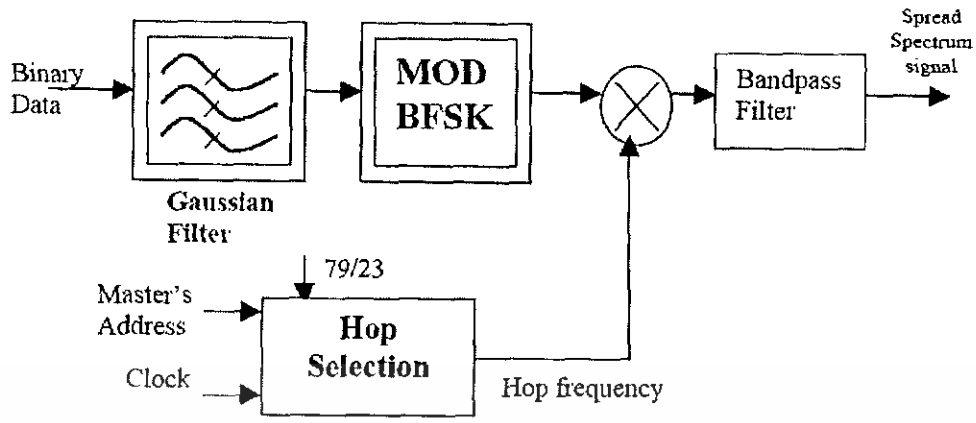
เนื่องจากแถบความถี่คลื่นที่สายโทรศัพท์ยอมให้ผ่านไปได้อยู่ในช่วง 300 เฮิรตซ์ ถึง 3400 เฮิรตซ์ จึงสามารถแบ่งความถี่ในย่านนั้นออกเป็น 4 คลื่นเสียงที่สำคัญ สำหรับสถานีส่งสองเสียง สถานีรับสองเสียง เนื่องจากต้องการให้การติดต่อเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ คือ ทั้งรับและส่งได้ในเวลาเดียวกันจำเป็นจะต้องแยกสถานีออกเป็นสองฝ่าย ออริจิเนจหรือฝ่ายเริ่มการติดต่อ และอีกฝ่ายเรียกว่า คำตอบ (Answer) จะต้องใช้ความถี่อีกสองความถี่ที่แตกต่างไปจากฝ่ายส่ง (เพื่อป้องกันการรบกวนกันเอง) สำหรับแทนสัญญาณลอจิก "0" และ "1" เช่นเดียวกันจะได้รับและส่งในเวลาเดียวกันเป็นฟูลดูเพล็กซ์ได้

2.1.2 การเปลี่ยนความถี่ตามสัญญาณดิจิตอลแบบเกาส์เซียน (Gaussian Frequency Shift Keying: GFSK)

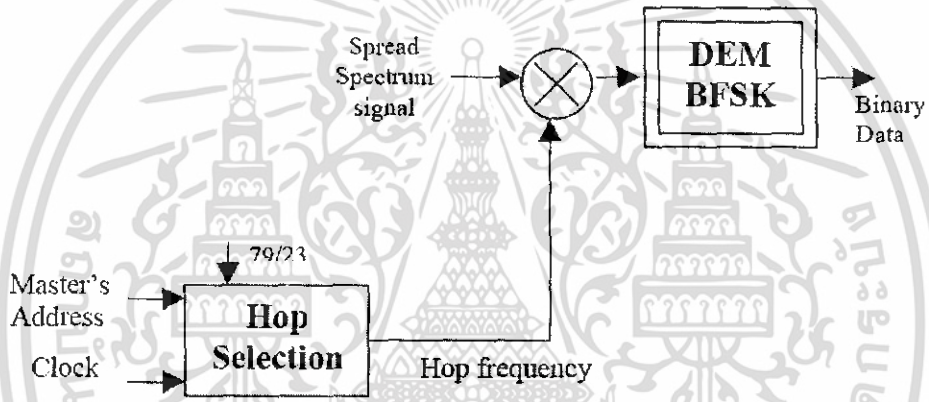
GFSK พัฒนามาจากเทคนิคการมอดูเลตแบบ FSK เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้แบนด์วิดท์ โดยข้อเสีย ของการมอดูเลชั่น แบบ FSK ก็คือ ในขณะที่ข้อมูลเปลี่ยน จาก 0 เป็น 1 หรือ 1 เป็น 0 จะเกิดการเปลี่ยนเฟสของสัญญาณคลื่นพาห์ อย่างรวดเร็ว อาจจะสูงขึ้นหรือต่ำลง ซึ่งก็มีผลทำให้ความถี่คลื่นพาห์ จริงสูงกว่า หรือ ต่ำกว่า f_0 หรือ f_1 ที่กำหนดไว้ นั่นก็คือจะทำให้แบนด์วิดท์ที่ได้กว้างขึ้น ทำให้ได้ช่องสัญญาณในการส่งที่น้อย

ดังนั้นจึงลดปัญหาดังกล่าวคือการนำเอาสัญญาณข้อมูลที่จะไปทำการมอดูเลตแบบ FSK มาผ่านวงจรกรองแบบเกาส์(Gaussian Filter)ก่อน ซึ่งจะให้การเปลี่ยนแปลงของสัญญาณข้อมูล เป็นแบบค่อยๆ ขึ้น หรือ ค่อยๆ ลง โดยมีความโค้งเป็นแบบเกาส์เซียนพัลส์ จากนั้นจึงค่อยนำไปมอดูเลตแบบ FSK ก็ทำให้แบนด์วิดท์ที่ได้แคบลงเมื่อเทียบกับการมอดูเลตแบบ FSK และจะทำให้ได้อัตราการส่งข้อมูลสูงขึ้น โดยมีสัญญาณดังรูปที่ 2.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3(ก) แสดงการมอดดูเลตแบบ GFSK



รูปที่ 2.3(ข) แสดงการดีมอดดูเลตแบบ GFSK

รูปที่ 2.3 รูปการมอดูเลตและดีมอดูเลตแบบ GFSK

2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในงานด้านต่างๆเช่น

- เครื่องใช้ในบ้าน เช่น เครื่องซักผ้า เตาอบไมโครเวฟ กล้องถ่ายรูป
- ในสถานที่ทำงานเช่น แฟกซ์ เลเซอร์ พริ้นท์เตอร์
- ในรถยนต์ เช่น ถุงลมนิรภัย(Air Bag) เอ บี เอส และกล่องควบคุมหัวฉีด

2.2.1 ไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครโปรเซสเซอร์ หมายถึง จุดประสงค์ทั่วไปของไมโครโปรเซสเซอร์ (General-Purpose Microprocessor) เช่น Z-801,8086,80286,80486 และ เพนเทียม ซึ่งทั้งหมดที่กล่าวมาแล้วนี้ภายในชิพไม่มี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรม (Random Access Memory : RAM) รอม (Read Only Memory : RAM) พอร์ตอินพุทและเอาท์พุท (I/O Port) ไทม์เมอร์ พอร์ตอนุกรม (Serial Port)

ซิงเกิลไมโครคอนโทรลเลอร์ คือการนำเอา แรม รอม พอร์ตอินพุทและเอาท์พุท ไทม์เมอร์ พอร์ตอนุกรม มาใส่เข้าไปในชิพ ทำให้ขนาดเล็กลงมากมีผู้ผลิตออกมาหลายราย เช่น อินเทล แอดเมล ฟิลลิปส์ ซีเมนต์ ดัลลัส เซมิคอนดัคเตอร์

2.2.2 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 โดยบริษัทอินเทล เบอร์89C51

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบต์
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) ขนาด 128 ไบต์
- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลแยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบต์
- มีไทม์เมอร์ และเคาน์เตอร์ ขนาด 16 บิต 2 ชุด (สำหรับ 8052 มี 3 ชุด) ทำงานได้ 4 โหมด
- รับอินเตอร์รัพต์ได้ 6 แหล่ง 5 เวกเตอร์ สำหรับเบอร์ 8052 ขึ้นไปมี 8 แหล่ง 6 เวคเตอร์
- มีพอร์ตรับส่งข้อมูลอนุกรม(UART) 2 พอร์ตแบบ ฟูลดูเพล็กซ์ เลือกรูปแบบได้ 4 โหมด
- มีคำสั่งในการทำ AND, OR หรือ Complement ได้ทั้งแบบ 8 บิต และ 1 บิต

2.2.3 หน่วยความจำภายในชิพ

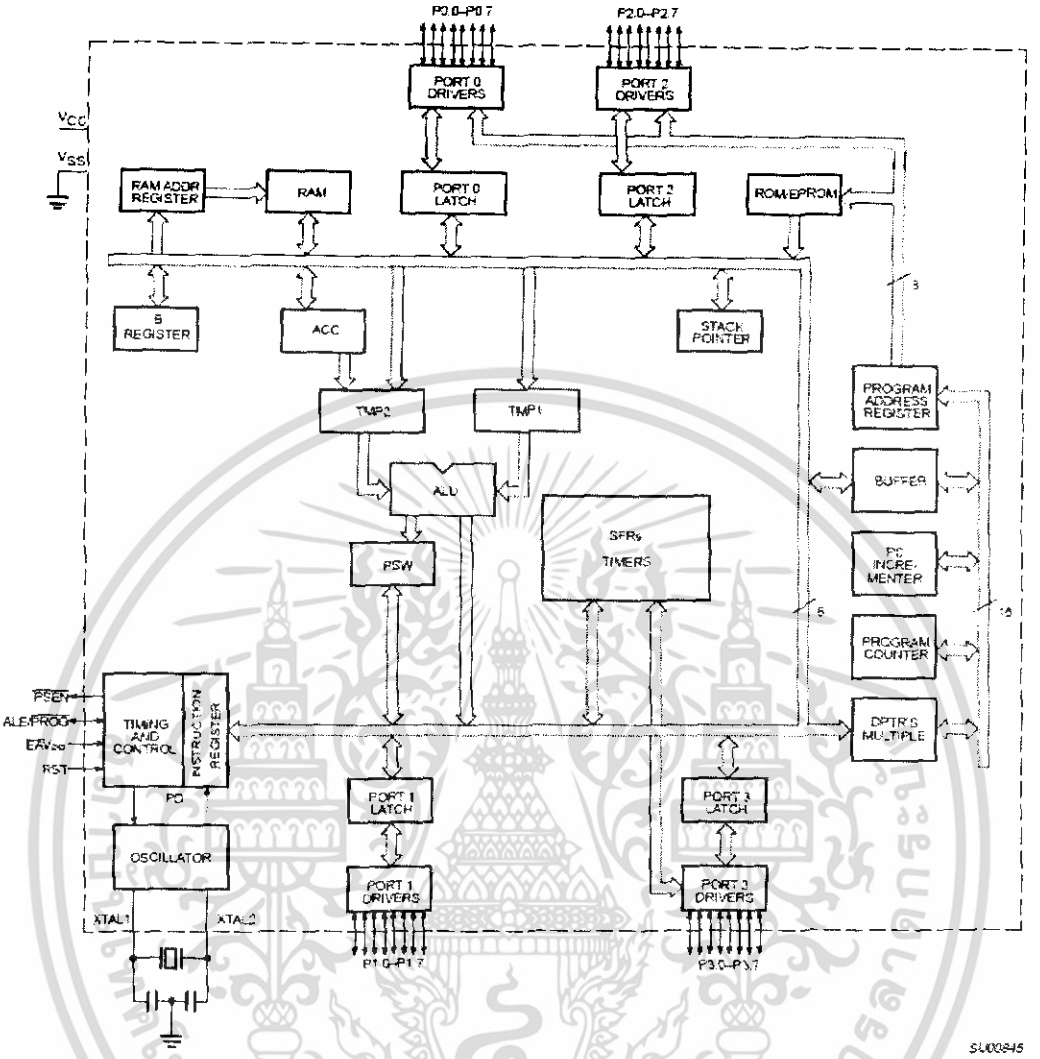
แบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ

- หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม
- หน่วยความจำข้อมูล128 ไบต์

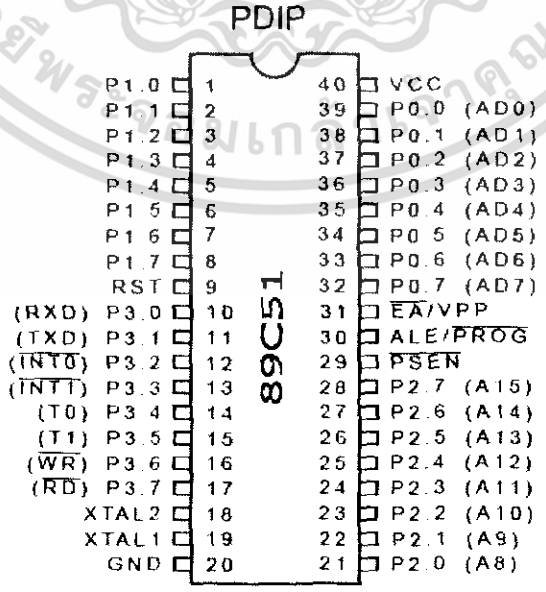
ข้อดีของ 89C51 คือเปลี่ยนจาก รอมภายในชิพเป็น 4 กิโลไบต์ สำหรับ พีอีรอม สามารถลบและโปรแกรมใหม่ได้พันครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างภายในของ 8051 ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 โครงสร้างภายใน 8051



รูปที่ 2.5 การจัดวางขาของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

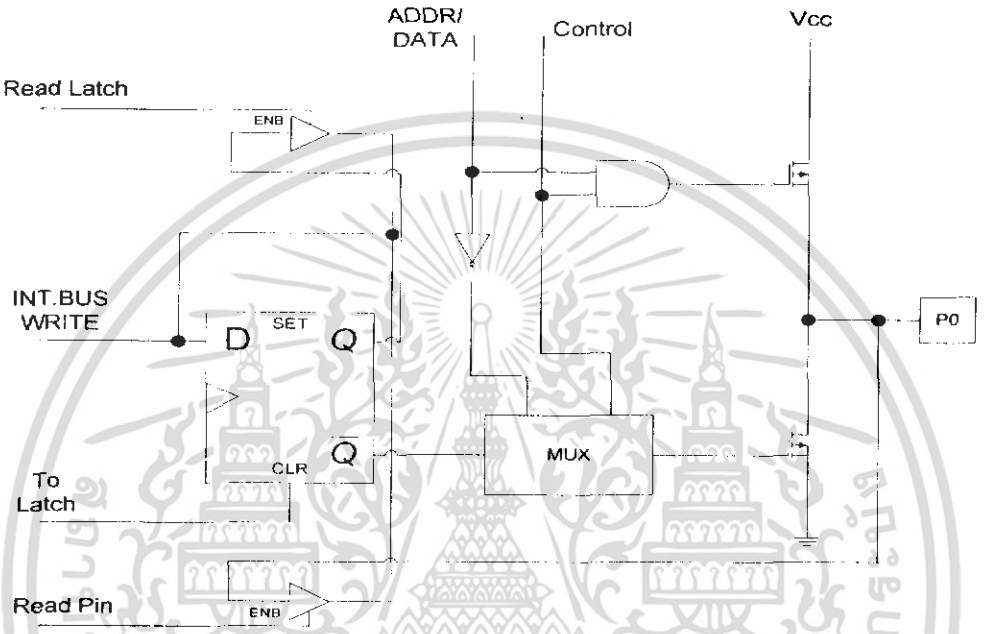
2.2.4 พอร์ตของ 8051

8051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 40 ขา ซึ่งมีขาต่างๆดังนี้

- Vcc (ขา 40) ต่อกับ + 5 โวลต์

- Vss (ขา 20) เป็นขา GND

- พอร์ต 0 (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิต คือ (P0.7-P0.0) มีโครงสร้างแบบ โอเพ่น-เดรน สองทิศทาง (Open-Drain Bi-directional) ไม่มีความต้านทานภายในพูลอัพภายในดังแสดงในรูปที่ 2.6



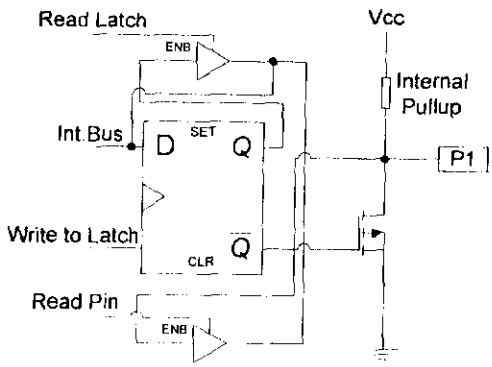
รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้าง พอร์ต 0 (บิต)

- **พอร์ต 0 (ขา 32-39)** มีทั้งหมด 8 บิต คือขา (P0.7-P0.0) ใช้งานได้ 2 หน้าที่ คือเป็นทางผ่านของแอดเดรสบัสเมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกหรือเป็นไอโอพอร์ต ถ้าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุทพอร์ตต้องส่งลอจิก "1" ไปยังพอร์ตนี้ จะมีผลให้ $\overline{Q}$ ของ ดีเอฟเอฟ เป็น "0" ทำให้ เฟท ตัวล่าง มีสถานะ ออฟสัญญาณที่ใช้อ่านอินพุทพอร์ตแลตช์โดยส่งสัญญาณ รีดแลตช์ ไปกระตุ้นที่ ไตรสเตจ บัฟเฟอร์ ตัวบนและการอ่าน พอร์ต (พิน) จะใช้สัญญาณ รีด (พิน) พอร์ตนี้ไม่มีความต้านทานพูลอัพภายใน (Internal Pull-up Resister)

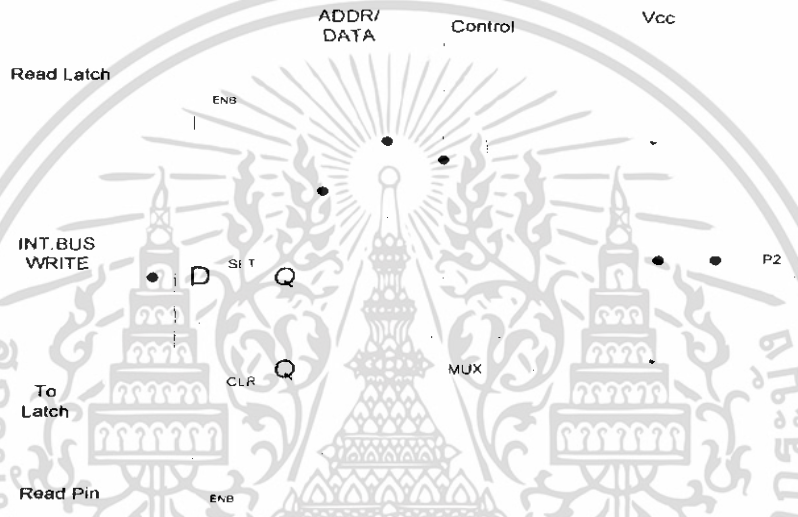
- **พอร์ต 1 (ขา 1-8)** มีทั้งหมด 8 บิต คือขา (P1.0-P1.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 0 แต่จะใช้ความต้านทานพูลอัพภายในแทน มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.7

- **พอร์ต 2(ขา 21-28)** มีทั้งหมด 8 บิต คือขา (P2.7-P2.0) มีโครงสร้างคล้าย พอร์ต 0 โดยมี เฟท ตัวล่างตัวเดียวส่วนด้านบนใช้ความต้านทานพูลอัพ (Internal pull up) แทน พอร์ตนี้ทำงาน 2 หน้าที่คือ สามารถใช้เป็นแอดเดรสบัสขนาด 8 บิต (A15-A8) และเป็นไอโอพอร์ตใช้งานทั่วไปเมื่อจะใช้งานเป็นอินพุทพอร์ตต้องส่งลอจิก "1" มาที่พอร์ตนี้ก่อน เพื่อบังคับให้ เฟท อยู่ในสภาวะ ออฟ ดังแสดงในรูปที่ 2.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 โครงสร้างของพอร์ต 1 (บิต)



รูปที่ 2.8โครงสร้างของพอร์ต 2 (บิต)

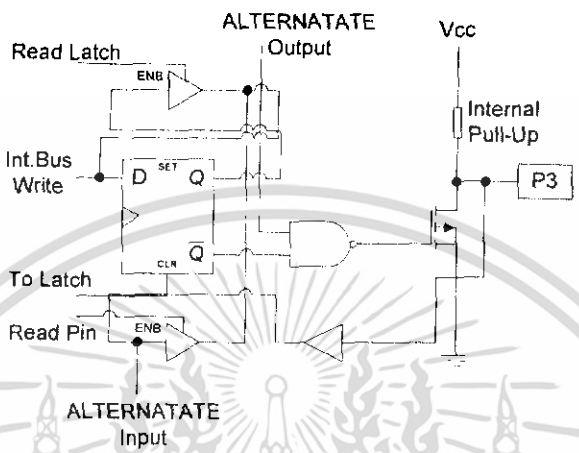
- พอร์ต 3 (ขา 10-17) มีทั้งหมด 8 บิต คือ ขา (P3.7- P3.0) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ต 1 ทำงานได้ 2 หน้าที่คือเป็นไอโอพอร์ต ถ้าจะโปรแกรมให้เป็นอินพุทพอร์ตต้องส่งลอจิก "1" มาที่พอร์ตนี้ก่อน และอีกหน้าที่หนึ่งก็คือใช้ส่งสัญญาณควบคุมออกมา และรับสัญญาณเข้าไปสัญญาณต่างๆมีดังนี้

P3.0 /RXD	(Serial Input Port)	เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม
P3.1 /TXD	(Serial Output Port)	เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม
P3.2 / $\overline{INT0}$	(External Interrupt)	ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 0
P3.3 / $\overline{INT1}$	(External Interrupt)	ใช้รับสัญญาณการขัดจังหวะจากภายนอกเบอร์ 1
P3.4 / T0	(Counter 0 External Input)	ขารับสัญญาณพัลส์อินพุทเข้าไปยังเคาน์เตอร์ 0 (เป็นอินพุทโหมดเคาน์เตอร์)
P3.5 / T1	(Counter 1 External Input)	ขารับสัญญาณพัลส์อินพุทเข้าไปยังเคาน์เตอร์ 1 (เป็นอินพุทโหมดเคาน์เตอร์)
P3.6 / $\overline{WR}$	(External Data Memory Write Strobe)	ขาสัญญาณใช้ในการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

โครงสร้างของ (พอร์ต 3) ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 โครงสร้างของพอร์ต 3 (บิต)

ALE (ขา 30) เป็นขาส่งสโตรบสำหรับใช้ในการแลตซ์แอดเดรสไบต์ต่ำ (A7- A0) ที่ส่งออกมาจาก (พอร์ต 0) สัญญาณนี้จะแอคทีฟทุกๆ 2 ครั้ง ใน 1 แมชชีนไซเคิล

$\overline{PSEN}$ (ขา 29) เป็นขาสโตรบที่ใช้สำหรับอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม ภายนอกสัญญาณนี้จะส่งออกมา 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิล แต่ถ้าเป็นการอ่าน โปรแกรมหน่วยความจำภายในจะไม่มีสัญญาณออกที่ขานี้

$\overline{EA}$ (ขา 31) ใช้เลือกหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก
ป้อน "0" จะอ่านโปรแกรมจากภายนอกชิพ
ป้อน "1" จะอ่านโปรแกรมจากภายในชิพ

RST (ขา 9) ขารีเซ็ตจะรีเซ็ตได้ก็ต่อเมื่อป้อนลอจิก "1" เข้าที่ขานี้นานอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล

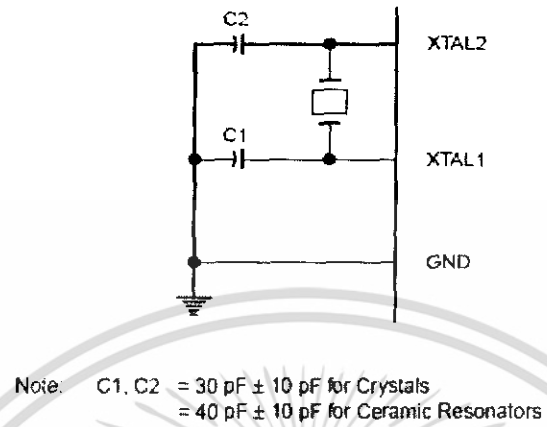
XTAL 1(ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นอินพุทเข้าสู่วงจรออสซิสเลเตอร์ภายใน

XTAL 2(ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นเอาท์พุทของวงจรออสซิลเลเตอร์ภายใน

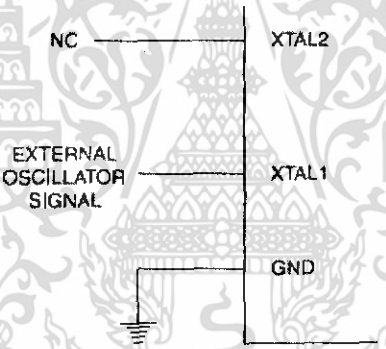
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.5 วงจรคล็อคของ MCS-51

การต่อมีอยู่ด้วยกัน 2 รูปแบบคือ แบบใช้คล็อคภายใน ดังรูปที่ 2.10(ก) และคล็อคจากภายนอก ดังรูปที่ 2.10(ข)



(ก) ใช้คล็อคภายใน



(ข) ใช้คล็อคภายนอก

รูปที่ 2.10 วงจรสร้างคล็อคของ 8051

ส่วนที่ 1 พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยตรงและทางอ้อม (Direct and Indirect Address Area)

คือพื้นที่หน่วยความจำบริเวณ(00-7FH) คือพื้นที่ 128 ไบต์ ล่างสุด

ส่วนที่ 2 พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยทางตรงเท่านั้น (Direct Address Area)

คือพื้นที่หน่วยความจำบริเวณ (80H-FFH) พื้นที่ส่วนนี้ 8031, 8051 จะไม่มีวิธีการเข้าถึงข้อมูล

ส่วนที่ 3 (80H-FFH) จะเป็น SFR เข้าถึงข้อมูลแบบทางอ้อมเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟังก์ชันหน่วยความจำพิเศษ (Special Function Register: SFR) *มีรายละเอียดดังตารางที่ 2.1*

ตารางที่ 2.1 แสดงสัญลักษณ์ชื่อและตำแหน่งต่างๆที่มีอยู่ใน SFR

Symbol	Name	Address
*ACC	Accumulator	0E0H
*B	B Register	0F0H
*PSW	Program Status Word	0D0H
SP	Stack Pointer	81H
DPL	Low Byte	82H
DPH	High Byte	83H
*P0	Port 0	80H
*P1	Port 1	90H
*P2	Port 2	0A0H
*P3	Port 3	0B0H
*IP	Interrupt Priority Control	0B8H
*IE	Interrupt Enable Control	0A8H
TMOD	Time/Counter Mode Control	89H
*TCON	Timer/Counter Control	88H
*+T2CON	Timer/Counter 2 Control	0C8H
TH0	Timer/Counter 0 (High Byte)	8CH
TL0	Timer/Counter 0 (Low Byte)	8AH
TH1	Timer/Counter 1 (High Byte)	8DH
TL1	Timer/Counter 1 (Low Byte)	8BH
+TH2	Timer/Counter 2 (High Byte)	0CDH
+TL2	Timer/Counter 2 (Low Byte)	0CCH
+RCAP2H	T/C 2 Capture Reg. (High Byte)	0CBH
+RCAP2L	T/C 2 Capture Reg. (Low Byte)	0CAH
*SCON	Serial Control	98H
SBUF	Serial Data Buffer	99H
PCON	Power Control	87H

* = Bit addressable and + = 8052 only

ACC (Accumulator) ใช้เป็นแอคคิวมูเลเตอร์ใช้คำสั่งทางคณิตศาสตร์หรือเป็นทางผ่านในการเคลื่อนย้ายข้อมูล

B (B Register) ใช้สำหรับคำสั่งคูณและหารเท่านั้น MUL AB, DIV AB

SP (Stack Pointer) ใช้กำหนดที่อยู่ของสแตค (Stack Area) คือพื้นที่ใน Internal RAM ที่ถูกใช้เก็บข้อมูลใดๆเมื่อทำคำสั่งดังนี้

PUSH, POP, ACALL, LCALL, RET, RETI ทุกครั้งที่ถูก RESET SP จะมีค่าเป็น 07H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DPTR	(Data Pointer Register) 16 บิต แบ่งเป็น DPH 8 บิต และ DPL 8 บิต ใช้ระบุตำแหน่งของหน่วยความจำเมื่อทำคำสั่งเขียนและอ่านหน่วยความจำภายนอก
P0	($Port_0$) ใช้งานได้ 2 หน้าที่ พอร์ตอินพุท เอาท์พุท 8 บิตหรือใช้เป็นทางผ่านของ Address ($A_7 - A_0$) / $DATA(D_7 - D_0)$
P1	($Port_1$) พอร์ตอินพุท เอาท์พุท 8 บิต
P2	($Port_2$) ใช้งานได้ 2 หน้าที่ พอร์ตอินพุท เอาท์พุท 8 บิต หรือใช้เป็นทางผ่านของ Address ($A_{15} - A_8$)
P3	($Port_3$) ใช้งานได้ 2 หน้าที่พอร์ตอินพุท เอาท์พุท 8 บิตหรือใช้เป็นขาของสัญญาณ RxD, TxD, $\overline{INTO}$, $\overline{INT1}$, T0, T1, $\overline{WR}$, $\overline{RD}$
SBUF	(Serial Buffer) เป็นบัฟเฟอร์สำหรับส่งและรับข้อมูลมีอยู่ 2 ตัว คือตัวหนึ่งใช้ส่งและอีกตัวใช้รับข้อมูล
IE	(Interrupt Enable Register) ใช้ห้ามหรือไม่ห้ามการทำอินเตอร์รัพต์ดูตาราง IE ประกอบ
IP	(Interrupt Priority Register) ใช้กำหนดลำดับความสำคัญของการทำอินเตอร์รัพต์ดูตาราง IP ประกอบ
TMOD	(Timer/Counter Mode Control Register) ใช้เลือกโหมด 0,1,2,3 TIMER/COUNTER External or Internal Start ดูตาราง TMOD ประกอบ
TCON	(Timer/Counter Control Register) ใช้ควบคุมการทำงานของ Timer/Counter ดูตาราง TCON ประกอบ
TH0	(Up Counter Register Channel 0 High Byte) เป็นตัวนับ 8 บิตบนของ Channel 0
TL0	(Up Counter Register Channel 0 Low Byte) เป็นตัวนับ 8 บิตล่างของ Channel 0
TH1	(Up Counter Register Channel 1High Byte) เป็นตัวนับ 8 บิตบนของ Channel 1
TL1	(Up Counter Register Channel 1 Low Byte) เป็นตัวนับ 8 บิตล่างของ Channel 1
TH2	(Up Counter Register Channel 2 High Byte) เป็นตัวนับ 8 บิตบนของ Channel 2
TL2	(Up Counter Register Channel 2 Low Byte) เป็นตัวนับ 8 บิตล่างของ Channel 2
T2CON	(Timer/Counter2 Control Register) มีใช้ใน 8052, 83C154, 83C154D เท่านั้น ใช้ควบคุมการทำงานของ Timer/Counter 2 ดูตาราง T2CON ประกอบ
RCAP2H	(Timer/Counter2 Capture Register High Byte) ใช้เก็บค่านับเริ่มต้น 16 บิตบนของ Channel 2 ใน (Reload Mode) หรือตรวจจับค่านับ ณ ปัจจุบัน (Capture Mode)
RCAP2L	(Timer/Counter2 Capture Register Low Byte) ใช้เก็บค่านับเริ่มต้น 16 บิตล่างของ Channel 2 ใน (Reload Mode) หรือตรวจจับค่านับ ณ ปัจจุบัน (Capture Mode)
PCON	(Power Control Register) ใช้ควบคุมการประหยัดพลังงานดูตาราง PCON ประกอบ
IOCON	(Input/Output Control Register) มีใช้ใน 83C154, 83C154D เท่านั้นดูตาราง ICON ประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 การรับส่งข้อมูลอนุกรม UART ของ 8051

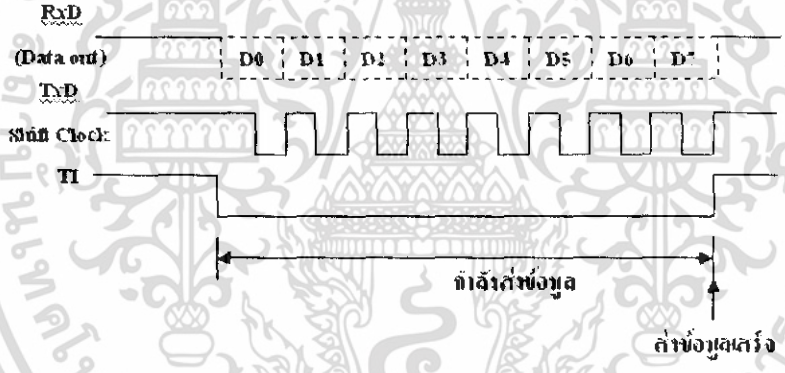
พอร์ตสื่อสารอนุกรมของ 8051 มีโครงสร้างการทำงานในแบบที่เรียกว่าฟูลดูเพล็กซ์ ในการรับและส่งข้อมูลอนุกรมได้ในเวลาเดียวกันโดย

- ทางด้านส่งใช้ขา TxD (พอร์ต 3.1)
- ทางด้านรับใช้ขา RxD (พอร์ต 3.0)
- SBUF ใช้เป็นบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลอนุกรม
- แฟลกซ์ TI จะ = "1" เมื่อส่งข้อมูลเสร็จ 1 ไบต์ ก่อนส่งไบต์ไปให้เคลียร์แฟลกซ์นี้ก่อน

พอร์ตสื่อสารอนุกรมของ 8051 สามารถโปรแกรมการทำงานได้หลายโหมดด้วยกันโดยเลือกที่บิต SM1 และ SM0 ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ควบคุม SCON การทำงานทั้ง 4 โหมด ของพอร์ตสื่อสารอนุกรม

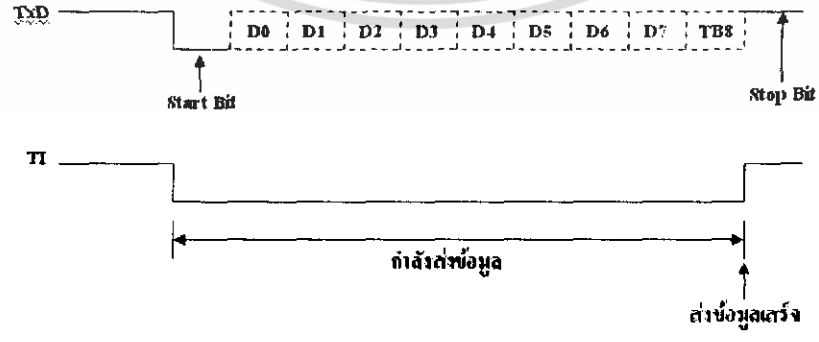
โหมด 0 : ขา RxD (พอร์ต 3.0) จะถูกใช้เป็นพอร์ตรับและส่งข้อมูลทีละบิตจะเริ่มที่บิต D0 ก่อนเสมอ

ขา TxD (พอร์ต 3.1) จะถูกใช้เป็น ชิงค์โครไนซ์ คล็อค (Shift Clock) ส่งข้อมูลด้วยความเร็ว 1/12 เท่าของ CPU คล็อค



รูปที่ 2.11 พอร์ตสื่อสารอนุกรม 8051 โหมด 0

โหมด 1 : พอร์ตสื่อสารอนุกรม 10 บิต ข้อมูล 8 บิต 1 สตาร์ทบิต และ 1 สต๊อบบิต และสามารถเปลี่ยนแปลงความเร็วในการส่งข้อมูลได้ โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON และอัตราโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์ 1



รูปที่ 2.12 พอร์ตสื่อสารอนุกรม 8051 โหมด 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\text{บอดเรต (โหมด 1)} = \frac{2^{SMOD} \times CPU_{OSC}}{32 \times 12 \times [256 - (TH1)]} \text{ สำหรับ 8051 โดยใช้ ไทม์เมอร์ 1}$$

โหมด 2 : พอร์ตสื่อสารอนุกรม 11 บิต ใช้ข้อมูล 9 บิต 1 สตาร์ทบิต และ 1 สต๊อบบิต (TB8 นิยมนำมาใช้ส่ง พาริตี้บิต) ความเร็วในการรับส่งข้อมูลเท่ากับ (1/32) และ (1/64) ของ ซีพียู คล็อค โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON)

บอดเรต (โหมด 2) = (1/32) ซีพียู ออสซิลเลเตอร์ เมื่อ SMOD = 1

บอดเรต (โหมด 2) = (1/64) ซีพียู ออสซิลเลเตอร์ เมื่อ SMOD = 0

รูปที่ 2.13 พอร์ตสื่อสารอนุกรม 8051 โหมด 2

โหมด 3 : พอร์ตสื่อสารอนุกรมแบบ 11บิต UART โดยส่งข้อมูล 9 บิต 1 สตาร์ทบิต และ 1 สต๊อบบิต เหมือนโหมด 2 ยกเว้นอัตราความเร็วจะขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON และอัตราโอเวอร์โฟลว์ของไทม์เมอร์1 สำหรับ 8051 หรือขึ้นกับ อัตราโอเวอร์โฟลว์ของ ไทม์เมอร์ 2 สำหรับ 8052,80C154D

รูปที่ 2.14 พอร์ตสื่อสารอนุกรม 8051 โหมด 3

$$\text{บอดเรต (โหมด 3)} = \frac{2^{SMOD} \times CPU_{OSC}}{32 \times 12 \times [256 - (TH1)]} \text{ สำหรับ 8051 โดยใช้ ไทม์เมอร์ 1}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อรับส่งข้อมูลอนุกรม มีอยู่ 2 โหมดด้วยกันคือ

โหมดประมวลผลเดี่ยว(Single Processor Mode) : ในโหมดนี้เราจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัวเชื่อมเข้าหากัน

โหมดประมวลผลหลายทาง(Multiprocessor Mode) : ในโหมดนี้เราจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 1 ตัวเป็นตัวแม่ (Master) และอีก256 ตัวลูก (Slave) รีจิสเตอร์ใช้ควบคุมการรับส่งข้อมูลอนุกรมดังรูปที่ 2.15

2.2.7 รีจิสเตอร์ควบคุมแบบอนุกรม (Serial control Register: SCON)

อยู่ใน SFR ตำแหน่ง (98H)

SM0	SM1	SM2	REN	TD8	RB8	TI	RI

รูปที่ 2.15 แสดงรายละเอียดในรีจิสเตอร์ SCON และการ เซ็ตอัพ

ตารางที่ 2.2 โหมดการทำงานอนุกรม

SM1	SM0	โหมด	การทำงาน
0	0	0	Shift register อัตราเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลเท่ากับ (½) ของความถี่ออสซิลเลเตอร์
0	1	1	8 bit UART อัตราเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลขึ้นกับ Timer 1, 2 และ SMOD
1	0	2	9 bit UART อัตราในการรับหรือส่งข้อมูล = (1/32) หรือ (1/64) ของความถี่ออสซิลเลเตอร์ ขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON
1	1	3	9 bit UART อัตราเร็วในการรับหรือส่งข้อมูลกำหนดความถี่ Timer 1 , 2 และ SMOD

SM2 บิตเลือกการทำงานแบบ โหมดประมวลผลเดี่ยว หรือ โหมดประมวลผลหลายทาง

1: เลือก โหมดประมวลผลหลายทาง ใช้ได้กับโหมด 2, 3

0 : เลือก โหมดประมวลผลเดี่ยว ใช้ได้กับทุกโหมด

เมื่อเลือกการทำงานรับข้อมูลแบบ โหมดประมวลผลหลายทาง แล้ว

ถ้าข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับได้มีค่าเป็น 1 RI จะเซ็ต

ถ้าข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับได้มีค่าเป็น 0 RI จะเคลียร์

REN (Receive Enable) บิตควบคุมให้รับหรือไม่รับข้อมูล

1 = ให้รับข้อมูลได้

0 = ห้ามรับข้อมูล

TB8 (Transmit bit D8) ข้อมูลบิตที่ 9 ที่จะส่งออกไปในโหมด 2,3 ให้ใส่ในบิตนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RB8 (Receive bit D8) ข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาจะเก็บในบิตนี้
(ข้อมูลบิตที่ 9 ก็คือค่าใน TB8 ทางด้านส่งนั่นเอง)

TI แฟลกซ์ TI จะเป็น 1 เมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล 1 ไบต์

RI แฟลกซ์ RI จะเป็น 1 เมื่อรับข้อมูลเสร็จ 1 ไบต์ (บิต RI, TI ผู้เขียนโปรแกรมจะต้องเคลียร์เอง)

ตารางที่ 2.3 ตารางการใช้ไทม์เมอร์ 1 กำหนดบอดเรต

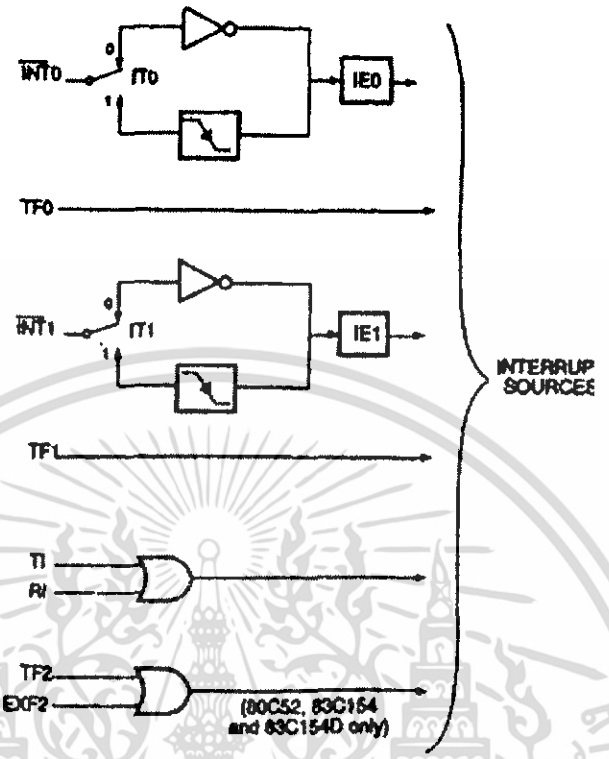
			TIMER 1		
Baud Rate	**Fosc**	**SMOD**	$C/\overline{T}$	**MODE**	**Reload Value (TH 1)**
(MODE 0)Max :1 MHz	12 MHz	X	X	X	X
(MODE 2)Max:375 KHz	12 MHz	1	X	X	X
(MODE 2)Min :187.5KHz	12 MHz	0	X	X	X
MODE 1,3 :62.5 KHz	12 MHz	1	0	2	FFH
19.2 KHz	11.059 MHz	1	0	2	FDH
9.6 KHz	11.059 MHz	0	0	2	FDH
4.8 KHz	11.059 MHz	0	0	2	FAH
2.4 KHz	11.059 MHz	0	0	2	F4H
1.2 KHz	11.059 MHz	0	0	2	E8H
137.5 KHz	11.059 MHz	0	0	2	1DH
110 Hz	6 MHz	0	0	2	72H
110 Hz	12 MHz	0	0	1	FEEBH

2.2.8 การอินเตอร์รัพต์

คือการขัดจังหวะโปรแกรมชั่วขณะแล้วมาทำโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพต์ (Interrupt Service Routine; ISR) การตรวจสอบสัญญาณการร้องขออินเตอร์รัพต์จะตรวจสอบที่ตำแหน่ง S5P2 ของทุกๆ แมชชีนไซเคิลเมื่อพบแล้วในช่วงแมชชีนไซเคิลที่ 2 จะเป็นการตรวจสอบว่าเป็นของอุปกรณ์ใด และแมชชีนไซเคิลที่ 3 จะกระโดดไปทำโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพต์ ดังรูปที่ 2.16 อินเตอร์รัพต์ของ MCS-51 ได้มาจาก 8 แหล่ง และแต่ละแหล่งมีเพียง 6 Vector (TI และ RI ใช้ตำแหน่งเดียวกัน) ตำแหน่งของเวคเตอร์ดังแสดงดังรูปที่ 2.16 รวมทั้งมีการกำหนดความสำคัญตามตารางที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.16 แหล่งที่มาของสัญญาณอินเตอร์รัพต์

ตารางที่ 2.4 อินเตอร์รัพต์เวคเตอร์ของ MCS-51 และลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพต์

ลำดับ	ชื่อสัญญาณอินเตอร์รัพต์	Vector Address	Priority
1	$\overline{INT0}$	0003H	highest
2	TFO	000BH	
3	$\overline{INT1}$	0013H	
4	$TF1$	001BH	
5	$TI + RI$	0023H	
6	$TF2 + EXF2$	002BH	lowest

* ถ้ามีอินเตอร์รัพต์เข้ามาพร้อมกัน $\overline{INT0}$ จะถือว่ามี กรรมสิทธิ์ สูงสุด *

2.3 การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารมีด้วยกัน 2 รูปแบบคือ การสื่อสารแบบขนานและการสื่อสารแบบอนุกรม การสื่อสารแบบขนาน เป็นการรับหรือส่งข้อมูลคราวละมากกว่า 1 บิตในเวลาเดียวกัน ทำให้การรับและส่งข้อมูลมีความเร็วสูง แต่จำนวนของสายสัญญาณที่ใช้ ในการส่งผ่านข้อมูลต้อง มีมากตามจำนวนบิต ของข้อมูลที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
72700

ทำการส่งนอกจากนั้นยังมีสายที่ใช้สำหรับควบคุม และตรวจสอบการรับส่งข้อมูลด้วยซึ่งอาจต้องใช้สายมากเป็น 2 เท่าของจำนวนบิตข้อมูลก็ได้ในขณะที่การรับส่งข้อมูลต้องมีมากตามจำนวนบิตของข้อมูลที่ทำการส่ง นอกจากนั้นยังมีสายที่ใช้สำหรับควบคุมและตรวจสอบการรับส่งข้อมูลด้วย ซึ่งอาจต้องใช้สายมากเป็น 2 เท่าของจำนวนบิตข้อมูลก็ได้ ในขณะที่การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะเป็นการรับส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจึงมีข้อดีในเรื่องของจำนวนสายสัญญาณที่น้อยมากและไม่แปรตามจำนวนบิตของข้อมูล แต่ความเร็วในการสื่อสารจะลดลงและโปรแกรมควบคุมจะมีความซับซ้อนมากกว่า

การสื่อสารแบบอนุกรมยังแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ การสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัส (Synchronous) และการสื่อสารอนุกรมแบบอซิงโครนัส (Asynchronous) การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณคล็อคร่วมกับการรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสคือคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ หรือบัสแบบ I^2C ซึ่งสายเส้นหนึ่งเป็นสายของสัญญาณคล็อคส่วนสายอีกเส้นเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้นคือ สัญญาณคล็อค ข้อมูลและกราวด์

การสื่อสารอนุกรมแบบอซิงโครนัสรับและส่งข้อมูลโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณคล็อค ร่วมด้วย แต่จะใช้การกำหนดค่าอัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกอัตราความเร็วว่า อัตราบอดเรต (Baud rate) มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที (Bit Per Second: BPS)

2.3.1 การสื่อสารอนุกรมแบบ RS-232

สมาคมอุตสาหกรรมอิเลคทรอนิกส์ (Electronic Industries Association : EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อว่า EIA RS-232 เป็นมาตรฐานการสื่อสารอนุกรมแบบอซิงโครนัส 2 ทิศทาง มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต ระดับสัญญาณตั้งแต่ -3 โวลต์ จนถึง -12 โวลต์ แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) หรือเทียบเท่าลอจิก "1" และ +3 โวลต์ ถึง + 12 โวลต์ แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space) หรือลอจิก "0"

มาตรฐาน RS-232 กำหนดรูปแบบการสื่อสารข้อมูลกันระหว่างอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูล (Data Terminal Equipment: DTE) กับวงจรข้อมูลปลายทาง (Data Circuit Terminating: DEC) อุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัว เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DEC ทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น

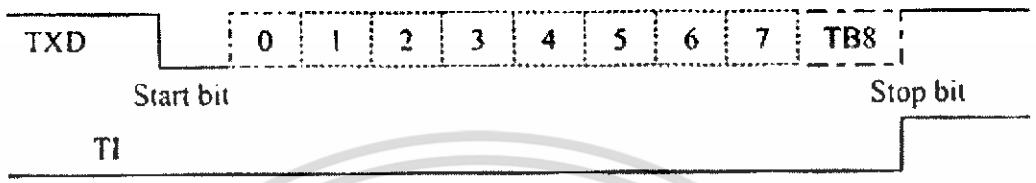
ปัจจุบันมาตรฐานนี้ได้พัฒนาถึงเวอร์ชัน C สำหรับการใช้งานในคอมพิวเตอร์ส่วนใหญ่พอร์ตอนุกรม RS-232 ถูกใช้เพื่อเชื่อมต่อกับโมเด็ม หรือเมาส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 รูปแบบการรับส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัส

สัญญาณที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัส ประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

- บิตเริ่มต้น (Start bit) 1 บิต
- บิตข้อมูลแบบอนุกรม 5,6,7 หรือ 8 บิต
- บิตปิดท้ายหรือบิตหยุด (Stop bit) 1,1.5 หรือ 2 บิต



รูปที่ 2.17 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอซิงโครนัส

รูปที่ 2.17 แสดงรูปแบบการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอซิงโครนัส เมื่อไม่มีการส่งข้อมูล ขาข้อมูลจะมีสถานะลอจิกหนึ่งเรียกสถานะนี้ว่า สถานะหยุดรอ (Waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขาข้อมูล มีลอจิกศูนย์ ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต เรียกบิตนี้ว่า บิตเริ่มต้น จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไปโดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (Least Significant Bit: LSB) ตามด้วยบิตพาริตี้ (Parity bit) ซึ่งในการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล มีสถานะลอจิกหนึ่งอีกครั้งด้วยระยะเวลา 1 บิต1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดไบต์ข้อมูลแล้ว

การตรวจสอบพาริตี้สามารถกำหนดให้เป็นพาริตี้คี่ (Odd Parity) พาริตี้คู่ (Even Parity) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ก็ได้พาริตี้คี่หรือพาริตี้คู่แสดงถึงจำนวนลอจิกหนึ่งทั้งหมดภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ รวมบิตพาริตี้ว่ามีจำนวนเป็นเลขคู่หรือเลขคี่ ยกตัวอย่าง ข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิต มีค่า 1011001B จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิกหนึ่ง จำนวน 4 ตัว ซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าเป็นพาริตี้คู่ ค่าของบิตพาริตี้จะต้องมีลอจิกศูนย์ แต่ถ้ากำหนดเป็นพาริตี้คี่ค่าของบิตพาริตี้จะต้องเป็นหนึ่งเพื่อให้จำนวนบิตที่เป็นหนึ่งรวมบิตพาริตี้มีค่าเป็นคี่

บิตพาริตี้ถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูล ซึ่งทางภาครับจะต้องกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพาริตี้ที่ตรงกันไว้ด้วย หากเกิดความผิดพลาดจากการส่งสัญญาณ ทางภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดให้ผู้ใช้ทราบ กระบวนการดังกล่าวเป็นวิธีการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการรับส่งข้อมูลที่ง่ายที่สุด แต่สามารถตรวจสอบได้เมื่อบิตของข้อมูลที่ทำการรับส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำการส่งมีบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล สำหรับการตั้งพาริตี้บิตเป็น None นั้นทั้งภาครับและภาคส่ง จะไม่มีการตรวจสอบพาริตี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

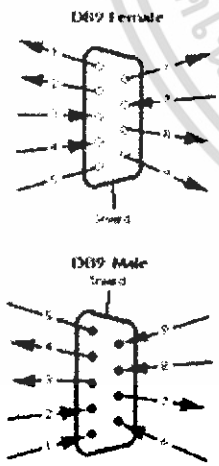
2.3.3 อัตราความเร็วในการรับส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัส

อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัสหรืออัตราบอด หรือบอดเรตที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232 มีหลายค่า ได้แก่ 110,150,300,600,1200,2400,4800,9600 และ 19200 บิตต่อวินาที โดยมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์เนื่องจากบอดเรต คือค่าของจำนวนบิตที่สามารถส่งได้ใน 1 วินาที สมมติว่า ข้อมูลอนุกรมมีขนาด 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวของข้อมูล 1 ไบต์จะเท่ากับ 8 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9,600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 9,600 บิตต่อวินาที

2.3.4 คอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต RS-232 และการเชื่อมต่อ

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232 จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 หรือ DB-9 ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้นเช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่นๆ ที่เคยมีการใช้งานในอดีตไม่ค่อยมีความสำคัญมากนักจึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งขาในรูปที่ 2.18

- **Receive Data : RD หรือ RxD** ขานี้ใช้เพื่อรับข้อมูลอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์ โดยจะนำข้อมูลที่อ่านได้ไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์
- **Transmitted Data : TD หรือ TxD** ขานี้ใช้เพื่อส่งข้อมูลอนุกรมออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลส่งออกไป
- **Signal Ground : GND** เป็นขากราวด์ของสัญญาณ



ตัวเมียและตัวผู้ :

ขา 1 Received Line Signal Data	ขา 6 DCE Ready
ขา 2 Transmitted Data	ขา 7 Clear to Send
ขา 3 Received Data	ขา 8 Request to Send
ขา 4 DTE Ready	ขา 9 Ring Indicator
ขา 5 Signal Ground	

รูปที่ 2.18 แสดงการจัดขาสัญญาณของ DB-9 ตัวผู้ และ ตัวเมีย และหน้าที่การทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.5 แสดงลักษณะขาต่างๆของ DB-9

D-Type-9 Pin No.	Abbreviation	Full Name
Pin 3	TD	Transmit Data
Pin 2	RD	Receive Data
Pin 7	RTS	Request To Send
Pin 8	CTS	Clear To Send
Pin 6	DSR	Data Set Ready
Pin 5	SG	Signal Ground
Pin 1	CD	Carrier Detect
Pin 4	DTR	Data Terminal Ready
Pin 9	RI	Ring Indicator

สำหรับการเชื่อมต่อสายระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกแสดงดังรูปที่ 2.19 ลูกศรในรูปแสดงถึงทิศทางของข้อมูล การเชื่อมต่อในรูปที่ 2.19(ก) เป็นการเชื่อมต่อแบบ Null Modem ส่วนการเชื่อมต่อในรูปที่ 2.19(ข) เป็นการเชื่อมต่อโดยใช้สายสัญญาณน้อยที่สุดเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูลอีกเส้นหนึ่งสำหรับรับข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวด์

(ก) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ Null modem (ข) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ RS 232 ในลักษณะที่ใช้สายสัญญาณน้อยที่สุดเพียง 3 เส้น

รูปที่ 2.19 การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมในรูปแบบต่างๆ

2.3.5 การเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อรับส่งข้อมูลอนุกรม

(Universal Asynchronous Receiver Transmitter: UART)

UART หมายถึงอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัส หน้าที่หลักของ UART คือ แปลงสัญญาณข้อมูลแบบขนานที่ส่งมาจากหน่วยประมวลผลกลางให้เป็นสัญญาณอนุกรมแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

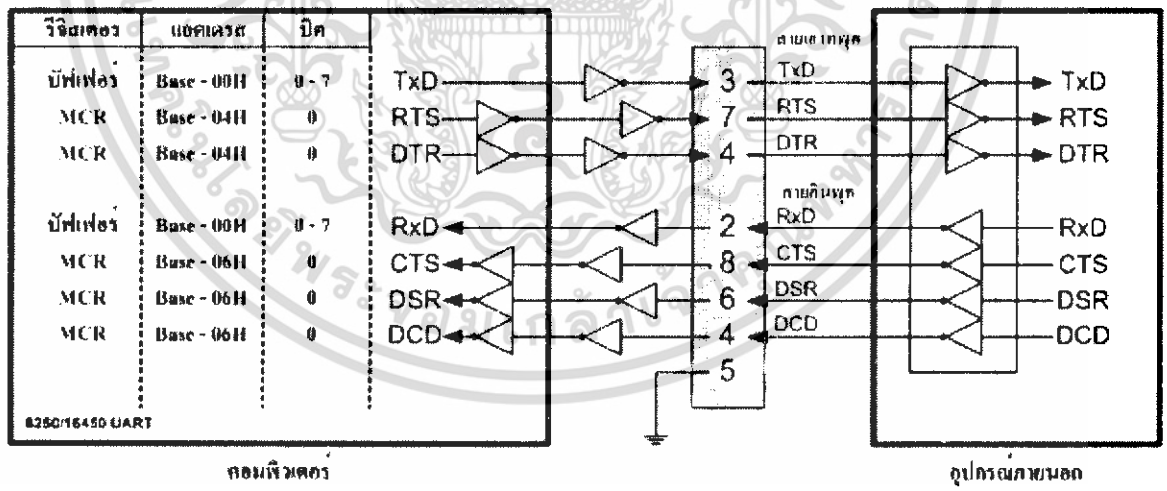
อซิงโครนัส แล้วทำการส่งออกไปและแปลงสัญญาณอนุกรมแบบอซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง UART ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าสู่หน่วยประมวลผลกลาง ซึ่งนอกจาก UART จะทำหน้าที่แปลงรูปแบบของข้อมูลแล้ว ยังแจ้งรายละเอียดอื่นๆของข้อมูลให้คอมพิวเตอร์รับทราบด้วย อาทิ อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลหรือบอดเรต รูปแบบการส่งข้อมูล ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการส่งข้อมูล

ภายใน UART จะมีวงจรสร้างบอดเรตที่โปรแกรมได้ (Programmable Baud Rate Generator) โดยกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณคล็อคของ UART โดยตัวหารนี้จะมีขนาด 16 บิต ทำให้สามารถกำหนดตัวหารอยู่ในช่วง 1 ถึง 65,535

ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปจะมี UART ที่ใช้งานกันอยู่ 2 เบอร์คือ เบอร์ 8250 และ 16550 สำหรับ UART เบอร์ 8250 เป็น UART มาตรฐานที่มีใช้ในคอมพิวเตอร์รุ่น XT โดย UART เบอร์นี้มีบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลเป็นตำแหน่งเดียวกัน ทำให้การรับและส่งข้อมูลถูกจำกัดความเร็วอยู่ที่ 57.6 กิโลบิตต่อวินาที สำหรับ UART เบอร์16550 ถูกใช้ในคอมพิวเตอร์รุ่น AT จะเพิ่มส่วนของชิพรีจิสเตอร์แบบ FIFO (First In First Out) ขนาด 16 ไบต์เข้าไป ทำให้สามารถสนับสนุนความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ระดับ 256 กิโลบิตต่อวินาทีได้

ไอซี UART เหล่านี้มีระดับแรงดันของลอจิกเป็นแบบทีทีแอล แต่เพื่อห้ามการรับส่งข้อมูลสามารถทำได้ที่ระยะทางมากขึ้น ระดับแรงดันทีทีแอลจะถูกแปลงเป็นระดับแรงดันที่สูงขึ้นโดยลอจิกศูนย์จะมีระดับแรงดัน -3 โวลต์ ถึง -12 โวลต์และลอจิกหนึ่งมีระดับแรงดัน + 3 โวลต์ จนถึง +12 โวลต์

2.3.6 ลักษณะ สัญญาณอินพุทและเอาท์พุทของพอร์ต RS-232



รูปที่ 2.20 การทำงานภายในของขาสัญญาณต่างๆของพอร์ตอนุกรม

สัญญาณเอาท์พุท RTS และ DTR รวมทั้งสัญญาณแสดงสถานะอินพุท CTS, DSR และ DCD จะถูกกลับสถานะภายในตัว UART ส่วนสัญญาณข้อมูลทั้ง RxD และ TxD จะไม่ถูกกลับสถานะ UART จะให้สัญญาณเอาท์พุทออกมาเป็นแบบทีทีแอล ดังนั้นสัญญาณที่ส่งออกมา จาก UART จะเข้าสู่วงจรขับเพื่อแปลงระดับสัญญาณให้เป็นไปตามมาตรฐาน RS -232 ก่อนส่งออกจากคอมพิวเตอร์ สำหรับอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อเชื่อมปลายทางก็จะต้องมีวงจรขับในลักษณะนี้เช่นเดียวกันเพื่อให้ได้สัญญาณในระดับเดียวกัน แต่วงจรขับที่ใช้ภายในคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่อเชื่อมปลายทางนั้นจะกลับสถานะสัญญาณ ดังแสดงในรูปที่ 2.20

2.3.7 แอดเดรสของพอร์ตอนุกรม

แอดเดรสฐาน (Base) ของพอร์ตอนุกรมในคอมพิวเตอร์มี 4 ตำแหน่ง เมื่อเริ่มเปิดเครื่องเพื่อใช้งานคอมพิวเตอร์ ไบออส จะทำการตรวจสอบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรมทั้งหมด ถ้าไบออสตรวจพบแอดเดรสของพอร์ตอนุกรม ไบออสจะนำแอดเดรสที่ตรวจพบไปเก็บไว้ในหน่วยความจำขนาด 2 ไบต์

นอกจากนั้นบิตที่ 3 ถึง 1 ของหน่วยความจำตำแหน่ง 0000 : 0411H ยังใช้เพื่อแสดงจำนวนของพอร์ตอนุกรมที่มีอยู่ในคอมพิวเตอร์อีกด้วย

ตารางที่ 2.6 แสดงแอดเดรสฐานและหน่วยความจำที่เก็บแอดเดรสฐานของพอร์ตอนุกรม

พอร์ต	แอดเดรสฐาน	หน่วยความจำที่เก็บแอดเดรสฐาน
COM 1	3F8H	0000:0400Hถึง0000:0401H
COM 2	2F8H	0000:0402Hถึง0000:0403H
COM 3	3E8H	0000:0404Hถึง0000:0405H
COM 4	2E8H	0000:0406Hถึง0000:0407H

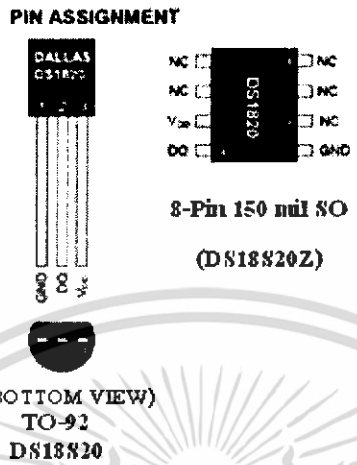
2.4 ไอซีวัดอุณหภูมิ DS 1820

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เซ็นเซอร์ขนาดเล็กและให้สัญญาณเอาท์พุทออกมาจาก สายสัญญาณเส้นเดียวมีอยู่มากมายหลายเบอร์และหลายรูปแบบ แต่ส่วนมากแล้วอุปกรณ์เซ็นเซอร์อุณหภูมิเหล่านั้นมัก จะให้สัญญาณเอาท์พุทออกมาเป็นแบบอนาล็อก และอาจเป็นผลดีในแง่การใช้งานที่ไม่ต้องการควบคุมการทำงานมากนัก คือให้เอาท์พุทออกมาเพื่อการแสดงผลเป็นหลัก และให้วงจรอนาล็อกภายนอกต่อใช้งานร่วม แต่ถ้าหากอุปกรณ์ดังกล่าวให้สัญญาณ เซ็นเซอร์อุณหภูมิออกมา เป็นแบบดิจิตอลแล้วการใช้งานจะสามารถทำได้มากกว่าการแสดงผล เพราะสัญญาณดิจิตอลที่ออกมา จะถูกประมวลผลด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ทำให้สามารถที่จะกำหนดค่าการทำงานและควบคุมจุดตรวจจับอุณหภูมิของแต่ละตัวเซ็นเซอร์ได้ รวมไปถึงการเซตตัวแสดงผลของอุณหภูมิในหลายๆจุดได้พร้อมๆกัน และอื่นๆอีกมากมาย ที่ไมโครโปรเซสเซอร์จะทำงานได้

DS1820 สามารถทำงานได้มากกว่านั้น เพราะนอกจากจะให้สัญญาณเอาท์พุทออกมาเป็นแบบดิจิตอลแล้ว ยังสามารถที่จะทำการโปรแกรมเข้าไปยังส่วนหน่วยความจำและควบคุมฟังก์ชันภายในตัวไอซีได้อีกด้วย ซึ่งมีหน่วยความจำ รอม ขนาด 64 บิตแบบเลเซอร์รอม ดังนั้นจึงสามารถที่จะทำการอ่านและเขียนข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวกับหน้าที่ ในการทำงานเกี่ยวกับ การตรวจจับอุณหภูมิได้ อย่างมากมายตามการประมวลผลของไมโครโปรเซสเซอร์ นอกจากนั้นแล้วยังสามารถติดตั้ง DS1820 เพื่อการตรวจวัดอุณหภูมิได้ในหลายลักษณะและหลายสถานที่ ตำแหน่งการติดตั้งที่มีความแตกต่างอย่างมากมายกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

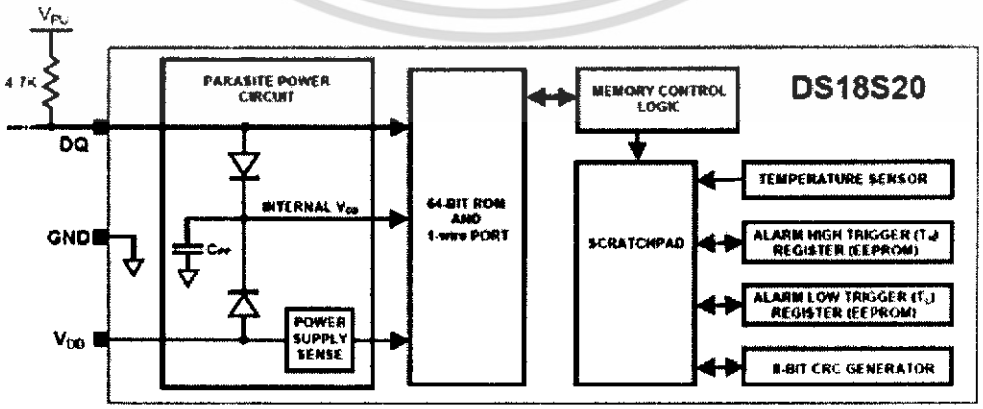
อุปกรณ์ทั่วๆไป ไม่ว่าจะเป็นการติดตั้งภายในอาคาร อุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆ หรือภายในเครื่องจักรก็สามารถติดตั้งได้ และเอาท์พุทที่เป็นตัวอนุกรมตัวเลขของ DS1820 นี้จึงสามารถต่อเอาท์พุทบนสายสัญญาณเพียงเส้นเดียวได้หลายๆชุดโดยไม่สับสนข้อมูลซึ่งกันและกัน



รูปที่ 2.21 ลักษณะตัวถังและการจัดขาของ DS1820

2.4.1 บล็อกไดอะแกรมภายใน

จากรูปที่ 2.22 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนประกอบของการทำงานต่างๆภายในตัว DS1820 จะเห็นว่ามีส่วนประกอบหลักๆอยู่ 3 ส่วนด้วยกันคือ หน่วยความจำและเซอร์รอมขนาด 64 บิต ส่วนเซ็นเซอร์อุณหภูมิและส่วนกระตุ้นเตือนอุณหภูมิแบบ non-vole tile โดยอุปกรณ์ตรวจวัดอุณหภูมินี้จะถูกควบคุมสภาวะการเพาเวอร์ออนและเพาเวอร์ออฟจากไลน์ข้อมูลเพียง 1 สาย ข้อมูลจากการเก็บรักษาคำลังงานสำรองไว้ในตัวเก็บประจุภายใน ในช่วงระหว่างคาบเวลาเมื่อสัญญาณภายในไลน์มีสถานะเป็น HIGH และจะทำงานต่อเนื่องไปเรื่อยๆ และการหยุดการทำงานก็จะเกิดขึ้นจากการหยุดจากแหล่งจ่ายในช่วงระหว่างคาบเวลานั้นเป็น LOW ของไลน์ข้อมูลและจะหยุดอยู่เช่นนั้นจนกว่าขาไลน์ข้อมูลจะกลับมาเป็น HIGH อีกครั้งจะเกิดการทำงานที่ DS1820 และแหล่งจ่ายไฟหลักให้กับไอซีก็จะได้จากแหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์ภายนอก



รูปที่ 2.22 บล็อกไดอะแกรมภายใน DS1820

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การติดต่อข้อมูลกับ DS1820 จะติดต่อผ่านพอร์ตเพียงพอร์ตเดียวคือ 1-Wire port ภายในพอร์ต 1-Wire port นี้ในส่วนของหน่วยความจำและควบคุมฟังก์ชันจะยังไม่รับรู้ข้อมูลใดๆทั้งสิ้นก่อนที่ฟังก์ชันโปรโตคอลของ รอม จะถูกทำการเซ็ตค่าเสียก่อน ในส่วนสำคัญของการทำงานฟังก์ชันอันดับแรกซึ่งเป็นหนึ่งในห้าอันดับของการสั่งการฟังก์ชันใน รอม คือ

1. อ่านหน่วยความจำรอม
2. ทำการแมตซ์รอม
3. ค้นหารอม
4. กระโดดข้ามรอม เตือนการค้นหา

ซึ่งการทำงานของระบบการสั่งการนี้จะทำงานบนพื้นที่หน่วยความจำเลเซอร์รอมขนาด 64 บิต ผ่านพอร์ตของไอซีแต่ละตัวและสามารถให้เอาท์พุทเดียว เพื่อการกำหนดคุณสมบัติของอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมินี้หลายๆตัว โดยสั่งการผ่านไลน์ข้อมูล 1-Wire นี้หลังจากฟังก์ชันใน รอม ถูกลำดับการทำงานแล้วก็พร้อมที่จะถูกใช้งานหรือเริ่มต้นการทำงานได้แล้ว และสามารถที่จะเข้าถึง การทำงานภายในตัวไอซีทั้งหมด หน่วยความจำ และส่วนควบคุมฟังก์ชัน ก็จะถูกเข้าถึงการทำงานได้และส่วนจัดเก็บค่าที่เซ็ตไว้สามารถหรืออาจจะถูกเก็บไว้ในพื้นที่ 1 ส่วนจากทั้งหมด 6 ส่วนของหน่วยความจำส่วนควบคุมฟังก์ชั่นการสั่งการ

ตารางที่ 2.7 แสดงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ DS1820

พารามิเตอร์	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
แรงดันไฟเลี้ยง	VDD	2.2 ถึง 5.5	โวลต์
แรงดันขาข้อมูล	I/O	(-0.5) ถึง (+5.5)	โวลต์
ความผิดพลาดของการวัดอุณหภูมิ	TERR	-0.5	องศาเซลเซียส
กระแสซิง	IL	-0.4	มิลลิแอมป์
กระแสขณะแสตนด์บาย	IQ	200-300	นาโนแอมป์
กระแสทำงาน	IDD	1-1.5	มิลลิแอมป์
กระแสโหลดทางอินพุท	IL	5	ไมโครแอมป์
ค่าเวลาการแปลงอุณหภูมิ	TCONV	200-5000	มิลลิวินาที
ค่าเวลาไทม์สล็อต	TSLOT	60-120	ไมโครวินาที
ค่าความจุ I/ O	CIN/OUT	25	พิโกฟารัด
เวลาอ่านข้อมูล	TRDV	15	ไมโครวินาที
ย่านอุณหภูมิทำงาน	TO	(-55) ถึง (+125)	องศาเซลเซียส

ส่วนควบคุมฟังก์ชันการสั่งการหนึ่งส่วนจะถูกกำหนดคุณสมบัติของ DS1820 ให้อยู่ในรูปแบบของการวัดค่าของอุณหภูมิซึ่งผลของการวัดนี้จะถูกบันทึกไว้ใน DS1820 ในส่วนของหน่วยความจำ ส่วน

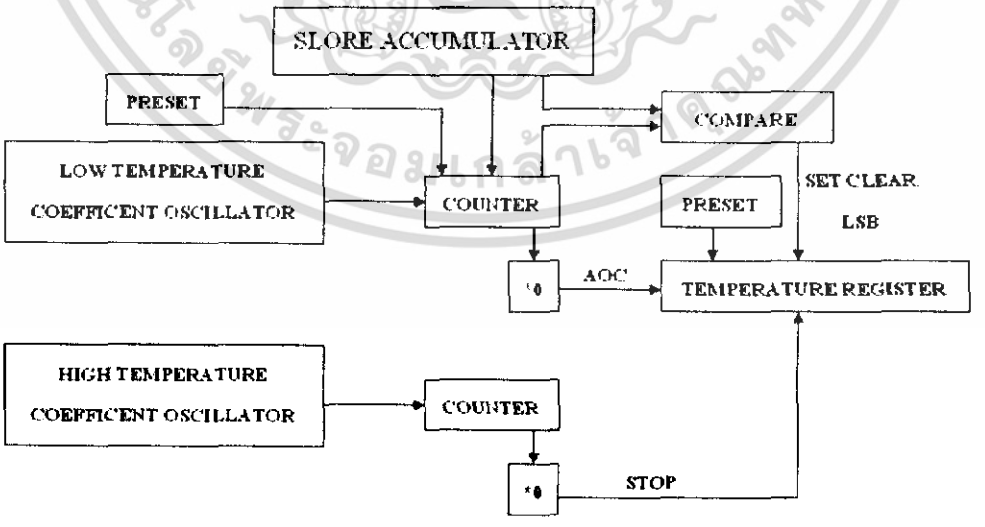
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนึ่ง (Scratchpad) และบางครั้งก็จะอ่านออกมาได้จากตารางสารบัญของหน่วยความจำฟังก์ชันการสั่งการซึ่งเป็นการสั่งการเฉพาะหัวข้อที่ถูกบันทึกไว้ในหน่วยความจำ Scratchpad สัญญาณกระตุ้นเตือนค่าอุณหภูมิสูงเกินและต่ำเกิน (TH และ TL) จะประกอบด้วย 1 ไบต์ อีอีพีรอม ถ้าสัญญาณเตือนการค้นหาไม่ถูกจ่ายเข้าไปยัง DS1820 รีจิสเตอร์เหล่านี้บางครั้ง จะถูกใช้ได้อย่างทั่วๆไปจากหน่วยความจำที่ผู้ใช้งานกำหนดได้และการเขียนเข้าไปในส่วนของการเตือน อุณหภูมิสูงเกินและต่ำเกิน จะไม่ใช่หน่วยความจำฟังก์ชันสั่งงานและการอ่านเข้าไปถึงรีจิสเตอร์นี้จะอ่านผ่านหน่วยความจำ Scratchpad และข้อมูลอื่นๆที่ต้องการอ่านและจะกระทำได้ในบิตแรกของ บิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด

2.4.2 การทำงานในการวัดอุณหภูมิ

DS1820 จะทำการวัดค่าอุณหภูมิโดยอาศัยเทคนิคการวัดแบบออนบอร์ดพิเศษ ซึ่งเป็นเทคนิคการวัดอุณหภูมิโดยเฉพาะของอุปกรณ์ชนิดนี้ ในรูปที่ 2.23 แสดงบล็อกไดอะแกรมการวัดค่าอุณหภูมิของ DS1820 ซึ่งอาศัยการวัดอุณหภูมิโดยการวัดจำนวนวงรอบของสัญญาณคล็อคที่ออสซิลเลตขึ้นมา จะเป็นการกำหนดได้จากช่วงเวลาที่ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำ ไปจนถึงสัมประสิทธิ์อุณหภูมิสูง ซึ่งจะมีค่าความถี่สัญญาณคล็อคที่ไม่เท่ากัน โดยที่ค่าการนับตัวเลขจะเริ่มนับที่อุณหภูมิต่ำสุดพื้นฐาน คือ -55 องศาเซลเซียส ถ้าการนับสัญญาณคล็อคมาถึงค่าศูนย์ก่อนที่ค่าเวลาเกตจะเกินมา รีจิสเตอร์อุณหภูมิก็จะแสดงผลที่ค่า -55 องศาเซลเซียส ถ้าหากค่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น การแสดงผลของอุณหภูมิขณะนั้นก็จะสูงกว่า -55 องศาเซลเซียส

ในทำนองเดียวกันนี้ การตั้งค่าของการนับจะกำหนดได้จากการเพิ่มความลาดลงของวงจรนับซึ่งวงจรนี้ต้องการชดเชยสำหรับการแสดงคุณสมบัติของส่วนโค้งของออสซิลเลเตอร์ที่อุณหภูมิมีค่าเกินมา วงจรนับก็จะนับสัญญาณคล็อคอีกครั้งจนกว่ามันจะได้ค่าเป็นศูนย์ ถ้าคาบเวลาเกตอยู่ในสภาวะสงบนิ่งไม่มีการปรับแต่งก็จะเกิดการประมวลผลใหม่อีกครั้งหนึ่ง



รูปที่ 2.23 บล็อกไดอะแกรมการวัดค่าอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณค่าภายใน DS1820 จะทำให้ค่าความละเอียด 0.5 องศาเซลเซียสต่อสเต็บของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ การอ่านค่าของอุณหภูมิจะถูกกำหนดไว้ภายใน 16 บิต โดยมีนัยสำคัญของตัวเลขสองส่วนประกอบการอ่าน ในตารางแสดงคุณลักษณะรายละเอียดความสัมพันธ์ของข้อมูลทางเอาท์พุทกับการจัดอุณหภูมิ ข้อมูลจะถูกส่งออกมาเป็นแบบอนุกรมบนการอินเตอร์เฟสกับสายข้อมูล 1- Wire ซึ่ง DS1280 สามารถทำการวัดค่าอุณหภูมิได้เกินย่านตั้งแต่ -55 ถึง +125 องศาเซลเซียสที่ 0.5 องศาเซลเซียสต่อสเต็บ ค่าอุณหภูมิที่ถูกทำการปรับตั้งไว้ใน DS1820 ในเทอมของ 0.5 องศาเซลเซียส บิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด ซึ่งเป็นไปตามแบบของข้อมูล 9 บิต

ที่ MSB บิตเป็นคู่เปรียบเทียบกับทุกบิตใน MSB สูงสุดของรีจิสเตอร์อุณหภูมิขนาด 2 ไบต์ ในหน่วยความจำซึ่งการอ่านค่าอุณหภูมิแบบ 16 บิต ในลักษณะสำคัญต่างๆก็แสดงไว้ในตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 ความสัมพันธ์ของค่าอุณหภูมิกับข้อมูลดิจิตอลเอาท์พุท

ค่าอุณหภูมิ	ดิจิตอลเอาท์พุท (Binary)	ดิจิตอลเอาท์พุท (Hex)
+125 C	00000000 11111010	00FAH
+25 C	00000000 00110010	0032H
+1/2 C	00000000 00000001	0001H
0 C	00000000 0000000	0000H
-1/2 C	11111111 1111111	FFFFH
-25 C	11111111 11001110	FFCEH
-55 C	11111111 10010010	FF92H

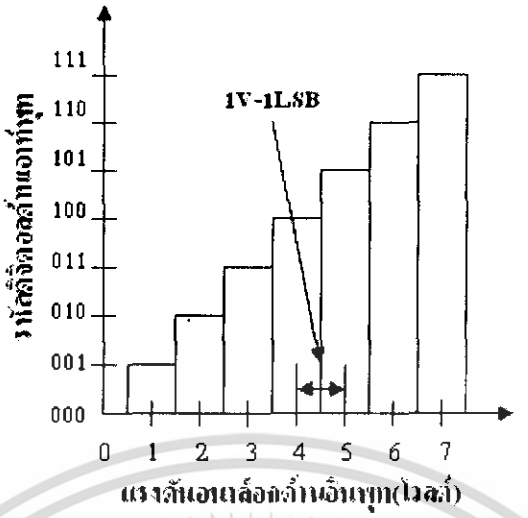
2.5 หลักการทำงานของ เอทูดี คอนเวอร์เตอร์ (Analog to Digital Converter: ADC)

กระบวนการต่างๆที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติส่วนใหญ่หากนำมาแปรค่าเป็นสัญญาณทางไฟฟ้ามักเป็นสัญญาณที่อยู่ในรูปแรงดันหรือกระแส หรือไม่ก็เป็นลักษณะของค่าความต้านทานลักษณะที่ได้จะเป็นสัญญาณอนาล็อก ซึ่งไม่สามารถนำไปใช้กับคอมพิวเตอร์โดยตรงได้จึงจำเป็นต้องมีวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล เราเรียกว่าวงจร "เอทูดี คอนเวอร์เตอร์"

2.5.1 หลักการเบื้องต้นของการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

หากนำเอา เอทูดี ขนาด 3 บิตมาเขียนกราฟคุณสมบัติระหว่างสัญญาณอินพุทกับเอาท์พุทสมมติว่าแรงดันอินพุท VI เปลี่ยนค่าจาก 0-7 โวลต์ และได้สัญญาณเอาท์พุทที่เป็นสัญญาณดิจิตอลจาก 000 -111 ดังแสดงในรูปที่ 2.24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 แสดงกราฟคุณสมบัติของ เอทูดี ขนาด 3 บิต

2.5.2 ค่าความละเอียดของ เอทูดี

ค่าความละเอียดของ เอทูดี หาได้จากการเปลี่ยนแปลงค่าแรงดันอินพุทแล้วทำให้สัญญาณดิจิตอลเปลี่ยนค่าบิตนัยสำคัญต่ำสุดไป

$$\text{ความละเอียด} = \text{ค่าแรงดันอินพุทต่อบิต} = \text{ค่าเต็มสเกลหารด้วย } 2^N - 1$$

หรืออ้างอิงถึงเรื่อง เอทูดี จะได้ว่า

$$\text{ความละเอียด} = 2^N$$

โดยที่ N คือจำนวนบิตของวงจร

ถ้าสมมุติว่ามีเอาท์พุท 8 เส้น โดยเอาท์พุทแต่ละเส้นแสดงสถานะทางลอจิกเป็น 0 หรือ 1 จะ มีความแตกต่างทางรหัส ไบนารี ทั้งหมด 2^8 หรือ 256 รหัส

เช่นถ้าตัวแปลงสัญญาณมีความแตกต่างทางรหัสเอาท์พุท 256 ระดับสัญญาณอินพุทถูกแทนเป็นไบนารี่จาก 00000000 ถึง 11111111 ถ้าย่านอินพุทเริ่มจาก 0 -5 โวลต์ ดังนั้นค่าความละเอียดเท่ากับ 5/256 = 0.0195 โวลต์

2.5.3 ชนิดของ เอทูดี คอนเวอร์เตอร์

วงจร เอทูดี คอนเวอร์เตอร์ อาจจำแนกได้ดังนี้

1) เอทูดี ชนิดป้อนกลับขนาน

2) เอทูดี ชนิด อินทิเกรต

3) เอทูดี ชนิดพร้อมกัน

4) เอทูดี ชนิดป้อนกลับเรียงลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

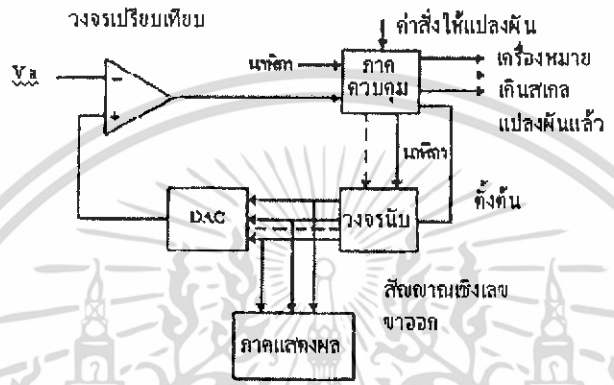
ในที่นี้จะกล่าวถึงวงจรเอทูดี ชนิดป้อนกลับแบบขนานเท่านั้น ซึ่งเป็นชนิดที่ใช้ในโครงงานเอทูดีชนิดป้อนกลับขนาน

หลักการคือ การใช้วงจร ดีทูเอ ในระบบป้อนกลับ วงจร เอทูดี ที่เป็นวงจรประมวลสำเร็จรูปส่วนใหญ่จะใช้หลักการนี้ เอทูดี ชนิดป้อนกลับขนานยังแบ่งเป็น

-เอทูดี ขั้นบันได

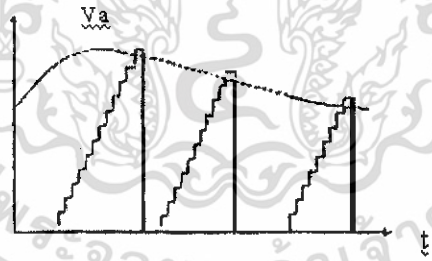
-เอทูดี ตามรอย (Tracking)

-เอทูดี ที่ใช้การประมาณค่าโดยลำดับ (Successive approximation)



รูปที่ 2.25 แสดงบล็อกของวงจร เอทูดี ขั้นบันไดหรือตามรอย

จากรูปที่ 2.26 แสดงแผนภาพของวงจร เอทูดี ขั้นบันได หรือตามรอย แล้วแต่วงจรนับเป็นแบบธรรมดาหรือแบบนับขึ้นลง

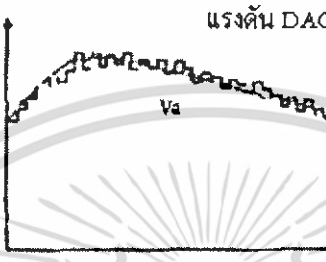


รูปที่ 2.26 แสดงรูปคลื่นของวงจร เอทูดี ขั้นบันได

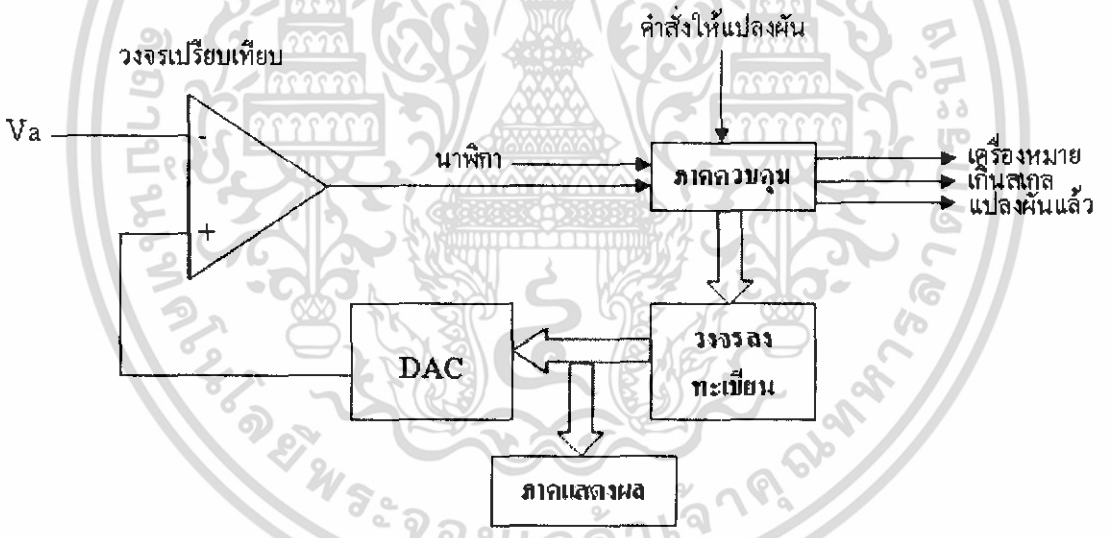
ในกรณีของวงจร เอทูดี ขั้นบันได เมื่อมีคำสั่งให้แปลงผัน วงจรนับจะตั้งต้นใหม่ (Reset) สัญญาณคล็อคจะทำให้วงจรนับ นับขึ้นไปเรื่อยๆ ผลก็คือ แรงดันออกของ ดีเอซี จะเป็นรูปขั้นบันได (ดูรูปที่ 2.26) จนกระทั่งขึ้นสูงกว่า Va วงจรเปรียบเทียบจะบอกให้วงจรควบคุมหยุดสัญญาณคล็อคที่ส่งให้วงจรนับจนกว่าจะมีคำสั่งให้แปลงผันใหม่ หรือไม่วงจรเปรียบเทียบจะบอกให้วงจรควบคุมตั้งต้นวงจรนับใหม่ (กรณีรูปที่ 2.25) และวงจรจะเริ่มต้นกระบวนการแปลงผันใหม่ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเราใช้วงจรนับขึ้น - ลง และให้วงจรเปรียบเทียบทำหน้าที่ตัดสินว่าจะนับขึ้นหรือนับลงถ้าแรงดันออกของ ดีทูเอ ต่ำกว่า Va ให้นับขึ้น แรงดันออกของ ดีเอซี จะลงเช่นกัน สังเกต ได้ว่ากรณีที่ Va มีค่าคงตัวหรือเกือบคงตัว แรงดันออกของดีเอซี จะขึ้นลงทุกๆ จังหวะของสัญญาณคล็อก ทำให้เกิดความไม่แน่นอนในบิตต่ำสุดของสัญญาณเชิงเลข (digital signal) ขาออก (ดูรูป 2.27) อย่างไรก็ดีวงจร เอทูดี ตามรอยมีข้อน่าสนใจคือ เวลาการแปลงผัน (conversion time) จะสั้นและสัญญาณเชิงเลขที่ได้จะแทนรูปคลื่นของสัญญาณเชิงอุปมาน (analog signal) ได้ดีกว่า



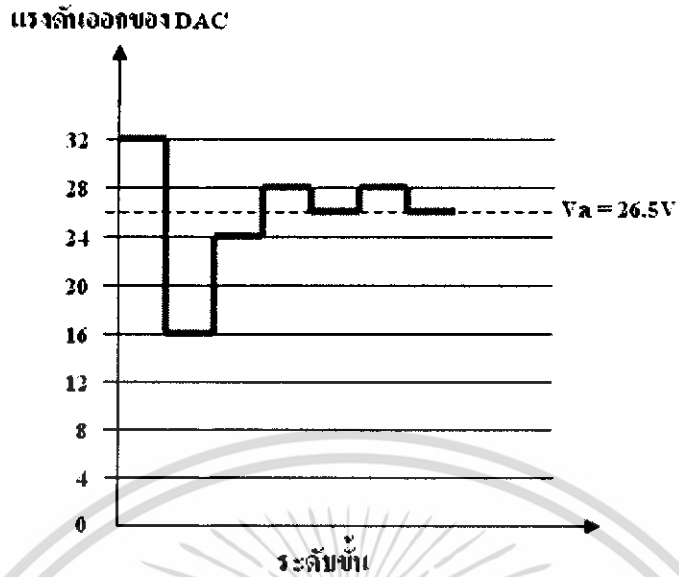
รูปที่ 2.27 แสดงรูปคลื่นของวงจรเอทูดี ตามรอย



รูปที่ 2.28 แสดงบล็อกของวงจร เอทูดี ที่ใช้การประมาณค่าโดยลำดับ

จากรูปที่ 2.28 แสดงแผนภาพบล็อกของวงจรเอทูดี ที่ใช้การประมาณค่าโดยลำดับ จะสังเกตว่าเราใช้วงจรทะเบียน (Register) แทนวงจรนับ การควบคุมการทำงานของวงจรมีขั้นตอนที่ยุ่งยากกว่าเอทูดี ตามรอย ขั้นตอนการทำงานนี้แสดงอยู่ในแผนภาพในรูปที่ 2.27 ตัวอย่างเช่น เราต้องการแปลงผัน Va = 26.5 โวลต์ ดังนั้นเลข 100000 จะสมนัยกับ 32 โวลต์ซึ่งเทียบแล้วจะใหญ่กว่า Va ดังนั้น บิตในสำคัญสูงสุดเท่ากับศูนย์ (MSB = 0) ให้บิตที่มีนัยสำคัญรองลงไปเป็น 1 เลข 010000 จะสมนัยกับ 24 โวลต์ เทียบ 24 โวลต์เทียบ 24 โวลต์ Va และเช่นนี้ไปเรื่อยๆ ไปจนครบทุกบิต (ดูรูปคลื่นในรูปที่ 2.29)

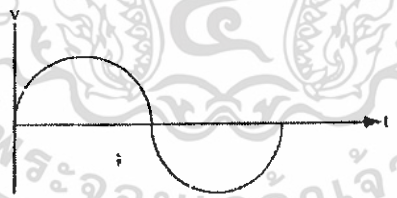
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



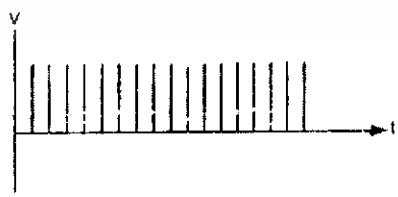
รูปที่ 2.29 แสดงรูปคลื่น

2.5.4 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

ในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลนั้นสามารถทำได้โดยสร้างขบวนพัลส์เพื่อที่จะนำมาสุ่มสัญญาณ โดยพัลส์นั้นจะมีความถี่คงที่ค่าหนึ่งที่เรียกว่าความถี่ในการสุ่มสัญญาณ (Sampling Frequency: f) เมื่อทำการมอดูเลตระหว่างขบวนพัลส์กับสัญญาณอนาล็อกโดยเสมือนว่าสัญญาณอนาล็อกจะซ้อนทับมาบนขบวนพัลส์ ถ้าหากสัญญาณอนาล็อกที่ถูกสุ่มถูก hold จนกว่าสัญญาณค่าใหม่จะถูกสุ่มเข้ามาจะได้ลักษณะของเอาท์พุทที่แสดงในรูปที่ 2.30 (ง)

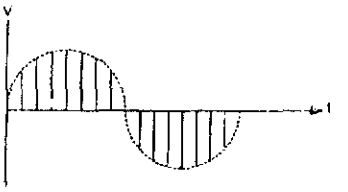


(ก) สัญญาณอนาล็อกอินพุท

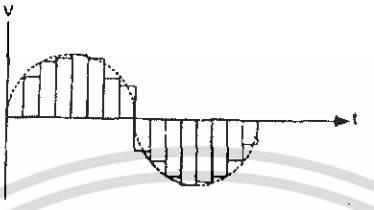


(ข) พัลส์ที่นำมาสุ่มสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ค) สัญญาณอนาล็อกหลังการสุ่ม



(ง) สัญญาณอนาล็อกหลังการสุ่มและ Hold ไว้

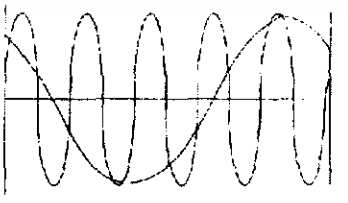
รูปที่ 2.30 การสุ่มสัญญาณ

ถ้าสัญญาณต่อเนื่องซึ่งมีความถี่และฮาร์โมนิกส์ไม่เกิน f_c ถูกสุ่มด้วยอัตราการสุ่มเท่ากับ f_s ซึ่งมีค่าไม่น้อยกว่า $2f_c$ แล้วสัญญาณดังกล่าวจะสามารถเปลี่ยนกลับมาได้อย่างเดิมโดยไม่สูญเสียรายละเอียดหรือผิดเพี้ยนไป

ผลของการใช้อัตราการสุ่มที่ไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนความถี่ต่ำเรียกว่าการซ้อนทับทางความถี่ (Aliasing frequency) เมื่อสัญญาณถูกเปลี่ยนกลับมาเช่นเดิมหลังจากถูกสุ่มแล้ว ดังรูปที่ 2.31 จะเห็นว่า การซ้อนทับ (Aliasing) จะแตกต่างจากความถี่เดิมไปมาก Anti aliasing filter เป็นวงจรกรองผ่านความถี่ต่ำที่จะช่วยลดสัญญาณในแถบความถี่ที่ทำให้เกิด การซ้อนทับทางความถี่ ในขณะที่ไม่ต้องการให้เกิดความผิดพลาดของสัญญาณในแบนด์ที่ใช้งานแบบไม่ลดความแม่นยำในการวัดโดยรวมอีกด้วย นอกจากการใช้ฟิลเตอร์ฮาร์โมนิกส์ที่สูงๆแล้วพยายามให้การสุ่มเป็นไปอย่างรวดเร็วมากที่สุด ซึ่งปกติแล้วจะสูงกว่าความถี่ต่ำสุดตามทฤษฎี การสุ่ม คือ $2f_c$

การใช้ Anti aliasing filter ขึ้นอยู่กับ

- ความถี่สูงสุดที่สนใจอัตราการสุ่ม
- ความละเอียดของการแปลงสัญญาณ



รูปที่ 2.31 การซ้อนทับทางความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากทฤษฎีการสุ่มที่ว่าให้ f_s มากกว่า $2f_c$ นั้นก็เพื่อขจัดการซ้อนกันของสเปคตรัม (Aliasing Effect) เพื่อจำกัดแบนด์วิดธ์ ของสัญญาณที่จะถูกแปลงไม่ให้เกินไปกว่า $f_s/2$ ซึ่งในทางปฏิบัติแล้วจะยังคงเกิด frequency folding ได้เสมอจากส่วนฮาร์โมนิกส์ของสัญญาณและสเปคตรัมของสัญญาณรบกวนที่ยังคงมีอยู่แม้ว่าจะทำการฟิลเตอร์แล้วก็ตาม

2.5.5 การจัดระดับสัญญาณ (Quantizing)

อีกขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญหลังจากที่สัญญาณผ่านการสุ่มมาแล้วก็คือขั้นตอนการจัดระดับของสัญญาณ โดยสัญญาณที่ผ่านการสุ่มมาแล้วจะมีลักษณะที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete Signal) และเนื่องจากสัญญาณอนาล็อกส่วนใหญ่จะมีสัญญาณรบกวนปะปนมาด้วยเสมอ จึงจำเป็นต้องกำจัดสัญญาณเหล่านี้ออกไปเพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการประมวลผลแบบดิจิตอล และสามารถนำไปเข้าได้ง่าย

เมื่อผ่านการสุ่มและการจัดระดับแล้วข้อมูลที่เป็นสัญญาณอนาล็อกจะถูกเปลี่ยนเป็นระดับสัญญาณที่แน่นอนและมีลักษณะไม่ต่อเนื่องเป็นระดับต่างๆกัน ในแต่ละสถานะของสัญญาณดิจิตอลเอาท์พุทจะแทนขนาดของสัญญาณอนาล็อกค่าใดค่าหนึ่งในช่วงแคบๆระหว่างจุด แบ่งระดับ เรียกช่วงเล็กๆนี้ว่า Analog Quantization หรือหนึ่งควอนตัม หรือ 1 บิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด ของการเปลี่ยนแปลงสัญญาณคลาดเคลื่อน (Error) ในการแทนค่าสัญญาณอนาล็อกในช่วงนั้นๆอยู่ด้วย ค่าความคลาดเคลื่อนนี้เป็นธรรมชาติของ การจัดระดับสัญญาณซึ่งทำการแก้ไขไม่ได้นอกจากการเพิ่มจำนวนบิตของ การจัดระดับสัญญาณ ให้มากขึ้นและอีกอย่างหนึ่งที่สำคัญมากก็คือความละเอียด (Resolution) ของตัวแปลงว่ามีกี่บิต เพราะว่าจำนวนบิตของตัวแปลงจะบอกถึงจำนวนระดับสัญญาณคือ

$$\text{จำนวนระดับสัญญาณ (Q)} = 2^N \text{ : N คือจำนวนบิต}$$

ถ้าเราใช้ตัวแปลงขนาด 8 บิต กับขนาดสัญญาณอนาล็อกที่สูงสุด 10 โวลต์ จะได้จำนวนระดับสัญญาณเท่ากับ 256 ระดับ ดังนั้นค่าของบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด จะมีค่าเป็น

$$\text{ค่าหนึ่งบิตด้านต่ำ} = \text{แรงดันสัญญาณด้านสูง} / \text{จำนวนระดับสัญญาณ}$$

ในบางครั้งเราเรียก บิตที่มีนัยสำคัยต่ำสุด ว่า "Step Size" โดยใช้สัญญาณจากตัวแปลง 8 บิต และขนาดสัญญาณ 10 โวลต์ จะมีค่า $10/2^8 = 0.039$ โวลต์ แล้วอาจเขียนสมการในการหาค่า (Δ) ใหม่ได้ว่า

$$(\Delta) = \text{FSR}/Q$$

เมื่อ Q คือจำนวนระดับสัญญาณ

FSR คือค่าวงเต็มสเกลของแรงดันอนาล็อก (Full Scale Range)

Δ คือค่าความคลาดเคลื่อนจากการจัดระดับสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเห็นว่าจำนวนบิตยิ่งมาก ค่า Δ จะยิ่งลดลงจะทำให้ค่าความผิดพลาดลดลงไปด้วย โดยค่าความผิดพลาดจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง $\Delta/2$ ซึ่งมีค่าความผิดพลาดอาจจะเป็นศูนย์ถ้าสัญญาณอนาล็อกมีค่าที่กึ่งกลางของควอนตัมพอดี

2.5.6 การเข้ารหัส (Coding)

ในการเข้ารหัสสัญญาณที่ผ่านการสุ่มและการจัดระดับมาแล้วนั้นส่วนใหญ่จะแปลงให้อยู่ในรูปของรหัสตัวเลขฐานสอง (Binary Code) แล้วเปลี่ยนจากข้อมูลแบบขนานให้เป็นแบบอนุกรมเพื่อสามารถลดช่องสัญญาณในการส่งข้อมูลให้เหลือเพียงช่องสัญญาณเดียวได้

จากตารางที่ 2.9 จะแสดงการเข้ารหัสของระดับแรงดันจากการสุ่มสัญญาณขนาด 0 ถึง 5 โวลต์ และผ่านการจัดระดับสัญญาณมาแล้ว ซึ่งที่ระดับแรงดันต่ำที่สุดก็จะมีขนาด 8 บิต เลขฐานสองเป็น 0000 0000 ส่วนระดับแรงดัน สูงสุดก็จะมีรหัสเลขฐานสองเป็น 1111 1111 เป็นต้น

ตารางที่ 2.9 แสดงการเข้ารหัสสัญญาณ

Vin	Binary code
0	0000 0000
0.5	0001 1101
1.0	0011 0011
1.5	0100 1011
2.0	0110 0111
2.5	1000 0000
3.0	1001 1100
3.5	1011 0010
4.0	1100 1111
4.5	1110 1001
5.0	1111 1111

จากขั้นตอนทั้งหมดของการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลนั้น เราสามารถกำหนดความสามารถหรือคุณภาพในการแปลงได้ด้วยปัจจัยหนึ่งที่สำคัญมากคือความละเอียด (Resolution) ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนบิตนั้นเอง แต่ในการใช้งานจริงแล้วยังมีเรื่องความเร็วในการแปลงอีกด้วย

2.6 ดิน (Soil)

ในแนวความคิดของเกษตรกรนั้น เกษตรกรถือว่าดินเป็นตัวกลางที่ใช้ในการปลูกพืชดินที่ให้ผลผลิตสูงถือว่าเป็นดินที่ดี ในทางตรงกันข้ามดินที่ให้ผลผลิตต่ำถือว่าเป็นดินที่เลว แต่ในแนวความคิดของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นักปฐพีวิทยา เมื่อศึกษาโดยมีความมุ่งหมายเพื่อการใช้ประโยชน์ของดินในด้านวิทยาศาสตร์ประยุกต์ (Edaphological Approach) ซึ่งเป็นทัศนะของการศึกษาดินที่มุ่งไปในทางที่จะใช้ดินให้เป็นประโยชน์ต่อการเพาะปลูก ความหมายของดินในด้านนี้ "ดิน คือ เทหวัตถุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติรวมตัวเป็นชั้นๆ เป็นผลมาจากการสลายตัวผุพังของหินและแร่ธาตุต่างๆผสมกับอินทรีวัตถุ ซึ่งห่อหุ้มผิวโลกเป็นชั้นบางๆ และเมื่อมีน้ำและอากาศในปริมาณที่เหมาะสมก็จะช่วยค้ำจุนในการยังชีพและการเจริญเติบโตของพืช"

2.6.1 ความสำคัญของดิน

สิ่งมีชีวิตทั้งหลายจำเป็นต้องอาศัยดินทั้งทางตรงและทางอ้อมในการยังชีพและการเจริญเติบโต ซึ่งถ้าปราศจากดินแล้วก็อาจจะไม่มีสิ่งที่มีชีวิตเหลืออยู่ในโลกนี้ได้เลย

2.6.1.1 ความสำคัญของดินที่มีต่อการเจริญเติบโตของพืช

ดินและพืชมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องซึ่งกันและกัน ในการเจริญเติบโตของพืชนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ดินเป็นปัจจัยที่สำคัญมากอย่างหนึ่งโดยทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการเจริญเติบโตของพืช พืชต้องอาศัยดินในการเจริญเติบโตตั้งแต่เริ่มงอกออกจากเมล็ดจนกระทั่งโตให้ดอกออกผล

2.6.1.2 หน้าที่ของดินต่อการเจริญเติบโตของพืช

ดินมีหน้าที่ที่สำคัญต่อการเจริญเติบโตของพืช ดังนี้

1. ดินทำหน้าที่เป็นที่ยึดเหนี่ยวของรากพืช เพื่อยึดลำต้นให้แน่นไม่ให้ล้มเอียง
2. ดินทำหน้าที่เป็นที่กักเก็บน้ำเพื่อให้พืชสามารถนำไปใช้ได้โดยการดูดน้ำเข้าทางราก
3. ดินทำหน้าที่เป็นที่กักเก็บอากาศเพื่อให้พืชนำไปใช้ในการหายใจ
4. ดินทำหน้าที่เป็นแหล่งธาตุอาหารแก่พืช เพื่อการเจริญเติบโตและความทนทานต่อโรคแมลงและภัยธรรมชาติอื่นๆ

2.6.2 องค์ประกอบของดิน (Soil Component)

องค์ประกอบของดิน หมายถึง ส่วนประกอบต่างๆของดินโดยทั่วไปประกอบไปด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ 3 ส่วน คือ

2.6.2.1. ของแข็ง (Solids) ส่วนที่เป็นของแข็งของดินนี้จะประกอบไปด้วย

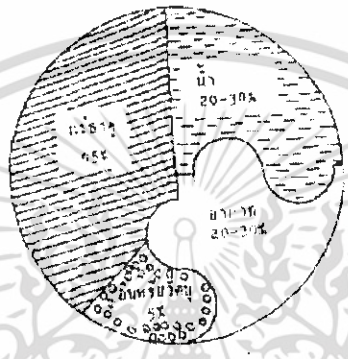
- **แร่ธาตุ** (Mineral Matter) เป็นอนินทรีสารที่ได้จากการสลายตัวผุพังของแร่และหินต่างๆ

- **อินทรีวัตถุ** (Organic Matter) เป็นส่วนที่เกิดจากการสลายตัวผุพังเน่าเปื่อยของซากพืชและสัตว์ที่ตายทับถมลงในดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2.2 ของเหลว (Liquid) ได้แก่ น้ำหรือความชื้นในดินเป็นส่วนประกอบที่อยู่รอบๆ อนุภาคดินและในช่องว่างระหว่างอนุภาคดิน

2.6.2.3 แก๊ส (Gaseous) ได้แก่ อากาศในดินเป็นส่วนประกอบของดินที่ประกอบไปด้วย ออกซิเจน คาร์บอนไดออกไซด์ ไนโตรเจน และก๊าซเฉื่อย ซึ่งจะอยู่ในช่องว่างระหว่างก้อนดินและช่องว่างระหว่างอนุภาคดินโดยอยู่ร่วมกับน้ำหรือความชื้นในดิน ถ้าช่องว่างในดินมีน้ำอยู่มากก็จะมีอากาศอยู่น้อย แต่ถ้าช่องว่างนี้มีน้ำน้อยก็จะทำให้มีอากาศอยู่มาก



รูปที่ 2.32 แสดงส่วนประกอบของดินที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)

ปริมาตรของแต่ละส่วนประกอบของดินที่เหมาะสมสำหรับการเพาะปลูก แสดงดังรูปที่ 2.32 โดยทั่วไปแล้วจะมีส่วนประกอบที่เป็นของแข็งประมาณ 50เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (ซึ่งมีแร่ธาตุประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และอินทรีวัตถุประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร) และส่วนประกอบที่เป็นช่องว่างและน้ำประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร (ซึ่งมีอากาศและน้ำประมาณอย่างละ 20-30 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร)

2.6.3 ความชื้นในดิน

ความชื้น เป็นสารที่ปรากฏเสมอในดินธรรมชาติ และเป็นสารที่มีผลกระทบต่อสมบัติต่างๆ ทั้งทางฟิสิกส์ ทางเคมีและทางชีววิทยาของดินเป็นอย่างมาก ความชื้นของดินจึงมีความสัมพันธ์ทั้งโดยตรงและโดยอ้อมเป็นอย่างมากกับความเป็นอยู่ของพืชที่ขึ้นอยู่บนดินและของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในดิน เพื่อให้การใช้ดินเพื่อวัตถุประสงค์ต่างๆโดยเฉพาะเพื่อการผลิตพืชได้ผลดีที่สุดภายใต้สภาพการณ์หนึ่งๆจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องคำนึงถึงเรื่องความชื้นของดิน

2.6.3.1 ความหมายของความชื้น

ความชื้น หมายถึง ไอน้ำหรือน้ำที่รวมอยู่หรือผสมปะปนอยู่ในสาร สสารหรือวัตถุต่างๆ ตัวอย่างเช่น ความชื้นในอากาศหมายถึงไอน้ำที่ปนอยู่ในอากาศผสมปะปนอยู่กับก๊าซ หรือความชื้นของต้นไม้ก็คือน้ำที่มีอยู่ในต้นไม้ ฯลฯ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในด้านของสิ่งมีชีวิต ความชื้นนับว่ามีความสำคัญต่อชีวิตทุกชีวิตในโลก นับตั้งแต่สัตว์หรือพืชชั้นต่ำจนถึงพืชหรือสัตว์ที่มีอวัยวะสลับซับซ้อน ความชื้นจะเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของชีวิต โดยมีอยู่ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทุกชีวิตมากน้อยแตกต่างกัน ความชื้นในสิ่งมีชีวิตมีความจำเป็นสำหรับขบวนการเมตาบอลิซึ่ม จำเป็นสำหรับขบวนการหายใจ การคายน้ำและการสังเคราะห์แสง ความชื้นมีผลทำให้ชีวิตมีความว่องไวกระฉับกระเฉง ความชื้นที่มีอิทธิพลต่อการเกษตรแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ ความชื้นในอากาศและความชื้นในดิน

2.6.3.2 ความหมายของความชื้นในดิน

ความชื้นในดิน หมายถึง ปริมาณน้ำและไอน้ำที่มีอยู่ในดินและที่อยู่ระหว่างช่องว่างของอนุภาคดิน(Soil pore)

ความชื้นของดินจะมีผลโดยตรงต่อพืชที่ขึ้นอยู่บนดินนั้น ทั้งนี้เพราะความชื้นในดินจะเป็นแหล่งน้ำแหล่งเดียวของพืชที่ขึ้นอยู่ในดินนั้นจะสามารถดูดและนำไปใช้ได้และความชื้นในดินจะมีผลโดยทางอ้อมต่อสิ่งมีชีวิตอื่นๆในโลกและต่อสภาพแวดล้อม

2.6.3.3 ความสำคัญของความชื้นในดินที่มีต่อการเกษตร

1. จะควบคุมการระเหยน้ำของดิน
2. จะควบคุมการระเหยน้ำจากต้นพืชและควบคุมอุณหภูมิภายในต้นพืช
3. ควบคุมการแพร่กระจายและการหยั่งรากของพืช
4. ควบคุมปริมาณน้ำในต้นพืช
5. ความชื้นในดินจำเป็นต่อการงอกของเมล็ดพืชในดิน
6. ความชื้นในดินจะเป็นตัวทำละลายธาตุอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อต้นพืช
7. ช่วยให้อินทรียวัตถุในดินเน่าเปื่อยได้ดี
8. ความชื้นของดินจะช่วยให้สภาพแวดล้อมของดินเหมาะต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ดิน

2.6.4 อุปกรณ์วัดความชื้นในดินเทนซิโอมิเตอร์

เป็นเครื่องมือวัดความเครียดเมตริก (Metric suction) ของความชื้นในดิน ที่ใช้กันอย่างแพร่หลายเพื่อกำหนดตารางและปริมาณการให้น้ำชลประทานแก่พืชและยังสามารถใช้ศึกษาทดลองเกี่ยวกับความชื้นในดินได้อย่างกว้างขวาง

ความเครียดเมตริกของความชื้นในดินเกิดจากการที่อนุภาคของดินดูดยึดความชื้นไว้ที่ผิวของอนุภาค และในช่องว่างขนาดเล็กในดิน (Capillary pores) จึงทำให้ความชื้นในดิน (ขณะดินยังไม่อิ่มตัวด้วยน้ำ) อยู่ในสภาวะที่ไม่อิสระ ซึ่งจะมีผลถึงความยากง่ายในการที่รากพืชจะดูดน้ำไปใช้จากดินที่ระดับความชื้นหนึ่งๆ กล่าวคือพืชจะต้องใช้พลังงานต่อหนึ่งหน่วยปริมาตรของน้ำอย่างน้อยเท่ากับความเครียดของน้ำในดินจึง จะดูดน้ำไปใช้ได้ การบอกปริมาณน้ำในดินเพียงอย่างเดียวเป็นการไม่

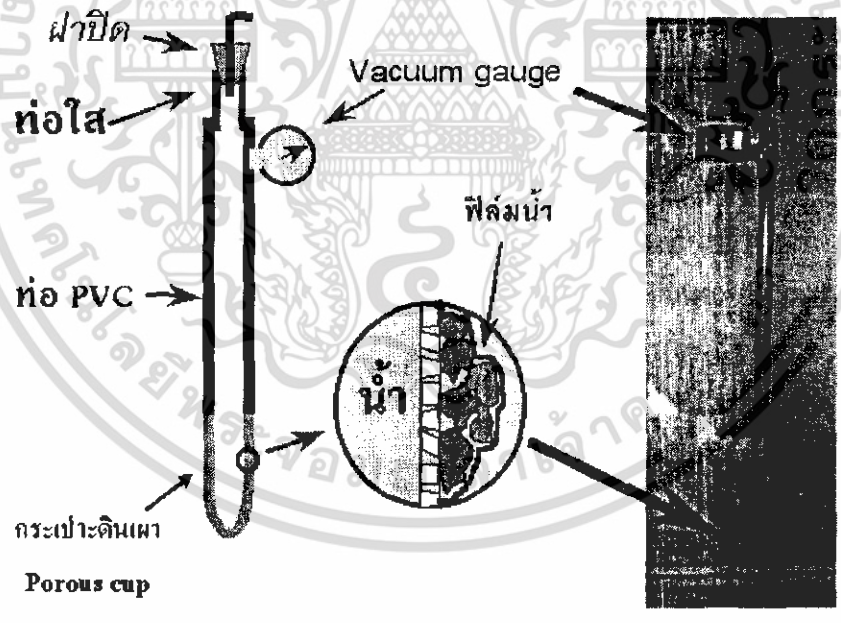
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพียงพอเพราะเราไม่ทราบว่า น้ำในดินขณะนั้นมีระดับความเป็นประโยชน์ต่อพืชมากน้อยแค่ไหนแต่ถ้าเราบอกเป็นระดับ ความเครียดของน้ำในดิน ก็เท่ากับบอกให้ทราบถึงระดับความเป็นประโยชน์ของน้ำในดินต่อพืชในขณะนั้นๆ ซึ่งระดับความเครียดเมตริกของน้ำในดินสามารถวัดโดย เทนซิโอมิเตอร์

2.6.4.1. องค์ประกอบและหลักการทำงานของ เทนซิโอมิเตอร์

องค์ประกอบของ เทนซิโอมิเตอร์ แสดงอยู่ในรูปที่ 2.33 ซึ่งประกอบด้วย 4 ส่วนคือ

- กระเปาะดินเผา (Porous ceramic cup) จะฝังอยู่ในดิน ณระดับความลึกที่ต้องการวัดความเครียดของน้ำในดิน
- ท่อกลวง เชื่อมระหว่างกระเปาะดินเผากับเครื่องวัดความเครียด
- เครื่องวัดความเครียด ซึ่งมีอยู่หลายแบบ คือ vacuum gauge, mercury manometer, closed-arm manometer นอกจากนี้ยังมีแบบ ทรานดิวเซอร์ ซึ่งเป็นเครื่องวัดความเครียดที่อาศัยหลักทางอิเลคทรอนิคส์ที่นำมาใช้ไม่นานมานี้ ซึ่งสามารถวัดค่าความเครียดได้ละเอียดและถูกต้องมาก
- ฝาปิด เป็นทางเติมน้ำและไล่อากาศออกจาก เทนซิโอมิเตอร์ ขณะใช้งาน ส่วนต่างๆ ของเทนซิโอมิเตอร์ จะบรรจุน้ำเต็มทุกส่วน



รูปที่ 2.33 แสดงองค์ประกอบของ เทนซิโอมิเตอร์ และรูปขยายกระเปาะดินเผา เมื่อสัมผัสอยู่กับอนุภาคดิน โดยมีฟิล์มน้ำเป็นตัวเชื่อม

หลักการทำงานของ เทนซิโอมิเตอร์ จากรูปที่ 2.33 ซึ่งแสดงให้เห็นส่วนขยายของกระเปาะดินเผาขณะที่สัมผัสกับอนุภาคของดินผนังของกระเปาะดินเผาจะมีคุณสมบัติพิเศษ โดยมีช่องว่างขนาดเล็กและมีขนาดค่อนข้างสม่ำเสมออยู่เป็นจำนวนมากขณะที่กระเปาะดินเผาเปียกช่องในผนังกระเปาะดินเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำเต็มทุกส่วนความตึงผิวของน้ำที่ผิวสัมผัสระหว่างน้ำกับอากาศ จะเป็นตัวอุดรูของช่องว่างขนาดเล็กนี้ไว้ โดยน้ำสามารถไหลผ่านช่องนี้ได้ แต่ฟิล์มน้ำจะอุดไม่ยอมให้อากาศเคลื่อนผ่านโดยฟิล์มน้ำจะทำหน้าที่คล้ายแผ่นยางบางๆ เคลือบปิดช่องว่างนี้ และฟิล์มน้ำนี้ก็จะเชื่อมต่อเป็นผืนเดียวกับฟิล์มน้ำที่ล้อมรอบอนุภาคของดินขณะที่ดินแห้งฟิล์มน้ำที่ล้อมรอบอนุภาคดินจะบางลง และยึดติดกับอนุภาคดินด้วยแรงที่มากขึ้น และจะเกิดแรงดึงน้ำออกจาก เทนชิโอมิเตอร์ ผ่านทางช่องที่ผนังของกระเปาะดินเผา ทำให้น้ำใน เทนชิโอมิเตอร์ เกิดความเครียด (Tension) ขึ้นและความเครียดนี้จะสูงขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งการไหลของน้ำจากภายใน เทนชิโอมิเตอร์ ออกสู่ดินหยุด จุดนี้ความเครียดน้ำในดินจะเท่ากับความเครียดในน้ำ เทนชิโอมิเตอร์ ในทางกลับกันถ้ามีการให้น้ำแก่ดิน อาจจะเนื่องจากฝนตกหรือให้น้ำชลประทานความเครียดของน้ำในดินจะลดลง ขณะที่ความเครียดของน้ำใน เทนชิโอมิเตอร์ ยังคงสูงอยู่ น้ำจะไหลจากดินเข้าสู่ เทนชิโอมิเตอร์ ผ่านทางช่องในกระเปาะดินเผา มีผลให้ความเครียดของน้ำใน เทนชิโอมิเตอร์ ลดลงจนความเครียดเท่ากับของน้ำในดิน น้ำก็จะหยุดไหล ค่าความเครียดของน้ำในดินที่ระดับความชื้นหนึ่งๆ สามารถอ่านได้จากเครื่องวัดความเครียดของ เทนชิโอมิเตอร์ ถ้าการให้น้ำแก่ดินมากจนกระทั่งดินอิ่มตัว ค่าที่อ่านได้จาก เทนชิโอมิเตอร์ จะอ่านได้ศูนย์ แสดงว่าน้ำขณะนั้นไม่มีความเครียดอยู่เลย

2.6.4.2 ข้อจำกัดการใช้งาน เทนชิโอมิเตอร์

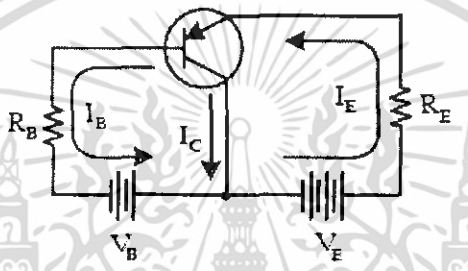
ขณะที่ดินสูญเสียน้ำซึ่งอาจจะเป็นผลจากการดูดใช้น้ำของพืชหรือระเหยออกจากดิน ค่าที่อ่านได้จาก เทนชิโอมิเตอร์ จะเพิ่มขึ้นโดยสัมพันธ์กับปริมาณน้ำที่หายไปจนถึงจุดพิกัดหนึ่งของ เทนชิโอมิเตอร์ ซึ่งหลังจากจุดนี้แล้วถึงแม้ว่าน้ำจะถูกดึงออกจากดิน ต่อไปค่าที่อ่านได้จะไม่เพิ่มขึ้นค่านี้จะคงที่อยู่จนกระทั่งมีการให้น้ำแก่ดินใหม่ ค่าที่อ่านได้ก็จะลดลงอยู่ในช่วงการทำงานของ เทนชิโอมิเตอร์ ใหม่อีกครั้ง ซึ่งจุดพิกัดนี้ตามทฤษฎีควรวัดได้สูงสุดเมื่อความเครียดของน้ำเท่ากับ 1 บรรยากาศแต่ในทางปฏิบัติสามารถวัดได้เพียงปริมาณ 0.8 บรรยากาศเท่านั้น เนื่องจากอากาศจะรั่วเข้าในกระเปาะดินเผา เมื่อความเครียดประมาณ 0.8 บรรยากาศ ซึ่งจะเป็นข้อจำกัดการใช้งานของ เทนชิโอมิเตอร์ ดังนั้นการศึกษาความชื้นในดินช่วงที่แห้งมากๆ (ความเครียดน้ำในดินมากกว่า 0.8 บรรยากาศ) จะต้องใช้เครื่องมืออื่น เช่น resistance block หรือ Time domain reflectometer หรือ Neutron probe แต่อย่างไรก็ตามค่าความเครียดของน้ำในดินตั้งแต่ 0 ถึง 0.8 บรรยากาศนี้ ในดินเนื้อละเอียด จะมีปริมาณน้ำในดินมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืช (จาก FC-PWP) ส่วนในดินทรายจะมีประมาณ 90 เปอร์เซ็นต์ ของปริมาณน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อพืชซึ่งโดยทั่วไป การจัดการน้ำในดินต้องการให้น้ำอยู่ในสภาพที่พืชจะเจริญเติบโตได้ดีที่สุด ซึ่งน้ำช่วงนี้จะอยู่ในช่วงการทำงานของ เทนชิโอมิเตอร์ นอกจากนี้ค่าที่อ่านได้จาก เทนชิโอมิเตอร์ สามารถอ่านได้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา และเป็นเครื่องมือวัดความชื้นในดินที่มีราคาถูกมาก จึงทำให้มีการใช้เครื่องมือนี้อย่างกว้างขวางในปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

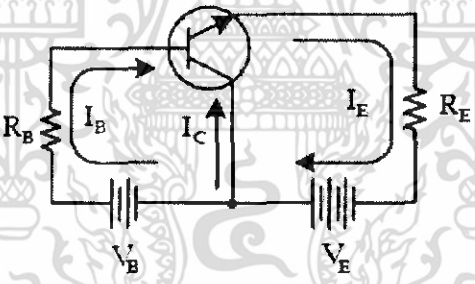
2.7 วงจรทรานซิสเตอร์

2.7.1 วงจรคอลเลคเตอร์ร่วม (Common collector)

วงจรคอลเลคเตอร์ร่วมจะมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าอิมิตเตอร์ฟลอโลวเวอร์ (Emitter fllower) จะเป็นวงจรที่เอาขา C เป็นขาร่วมระหว่างอินพุทกับเอาท์พุท โดยขาอินพุทถูกป้อนเข้าที่ ขา B และขาเอาท์พุทถูกส่งออกที่ขา E ในการป้อนสัญญาณอินพุทเข้าที่ขา B จะทำให้กระแสเบส (I_B) ไหลเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย จากผลของการป้อนสัญญาณที่ป้อนเข้ามา เป็นผลให้กระแสอิมิตเตอร์ (I_E) ไหลเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย จากผลของการป้อนสัญญาณเข้าอินพุททำให้ระดับแรงดันอินพุท (Ei) เปลี่ยนแปลง ทำให้ระดับแรงดันเอาท์พุท (E_0) เปลี่ยนแปลงตามไปด้วยผลของการเปลี่ยนแปลงทั้งแรงดันและกระแสทำให้เกิดการขยายสัญญาณขึ้น



(ก) วงจรคอลเลคเตอร์ร่วมใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP



(ข) วงจรคอลเลคเตอร์ร่วมใช้ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN

รูปที่ 2.34 วงจรขยายสัญญาณแบบพื้นฐานชนิดคอลเลคเตอร์ร่วม

- คุณสมบัติของวงจรคอลเลคเตอร์ร่วม สรุปได้ดังนี้

1.มีอิมพีแดนซ์ทางอินพุท (Zi) สูงมากประมาณ 100-500 กิโลโอห์ม เพราะขา B จะได้รับเป็นไบอัสกลับเมื่อเทียบกับขา C (ขา B ตามการจ่ายไบอัสที่ถูกต้อง จะต้องได้รับไบอัสตรงที่เทียบขา E แต่เมื่อเทียบกับขา C จะเป็นไบอัสกลับ) สารกึ่งตัวนำที่ขา B แคบกระแสที่ต้องการน้อย ทำให้ความต้านทานที่จะมาจัดเป็นวงจรไบอัสต้องใช้ค่ามาก จากเหตุที่กล่าวมาจึงทำให้อิมพีแดนซ์ทางอินพุท สูง

2. มีอิมพีแดนซ์ทางเอาท์พุท (Zo) ต่ำประมาณ 100-1,000 โอห์ม เพราะขา E จะได้รับไบอัสตรงเมื่อเทียบกับขา C มีกระแส I_E ไหลผ่านสูงทำให้อิมพีแดนซ์ทางเอาท์พุท ต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เฟสของสัญญาณอินพุทจะเหมือนกับเฟสของสัญญาณเอาท์พุท คือสัญญาณป้อนเข้าเป็นบวกสัญญาณป้อนออกก็เป็นบวกด้วย และสัญญาณป้อนเข้าเป็นลบสัญญาณออกก็เป็นลบด้วยเรียกว่าอินเฟส

4. อัตราการขยายกระแส (Current gain) ใช้สัญลักษณ์แกรมม่า (γ) เป็นอัตราขยายกระแสระหว่างกระแสเอาท์พุทคือ I_E กับกระแสอินพุทคือ I_B

จากรูปที่ 2.34 จะทราบว่ากระแส I_E = 100 เปอร์เซ็นต์ กระแส I_B = 2-5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำมาคำนวณเป็นอัตราขยายกระแสจะมีค่าประมาณ 20-50 เท่า คือมีการขยายกระแสออกเอาท์พุท เพราะ I_E ไหลมากกว่า I_B

$$\gamma = \frac{I_0}{I_i} \simeq \frac{I_E}{I_B}$$

5. อัตราขยายแรงดัน (Voltage gain) ใช้สัญลักษณ์ V_G หรือ A_V คือ อัตราส่วนระหว่างแรงดันเอาท์พุท (Eo) กับแรงดันอินพุท (Ei)

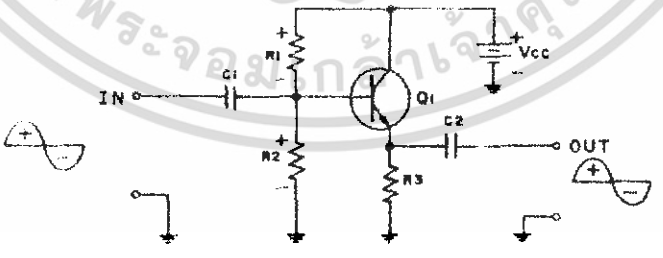
$$V_G = \frac{E_O}{E_i} = \frac{I_E R_L}{I_B R_B}$$

ค่า V_G ของวงจรคอลเลคเตอร์ร่วมจะมีค่าน้อยกว่า 1 คือ ไม่เกิดการขยายแรงดัน เพราะอิมพีแดนซ์ทางเอาท์พุท ต่ำ ทำให้ศักย์ตกคร่อมต่ำ และอิมพีแดนซ์ทางอินพุท สูง ทำให้ศักย์ตกคร่อมสูง เมื่อนำมาหาค่า V_G โดยนำแรงดันเอาท์พุทที่มีค่าน้อย ตั้งหาร ด้วยแรงดันอินพุทที่มีค่ามากค่าที่ได้จึงมีค่าน้อยกว่า 1 ดังกล่าว

6. อัตราขยายกำลัง (Power gain) ใช้สัญลักษณ์ P_G คืออัตราขยายที่เกิดจากผลคูณของอัตราขยายกระแส (γ) กับอัตราขยายแรงดัน (V_G)

$$P_G = \gamma \times V_G$$

ค่า P_G ของวงจรคอลเลคเตอร์ร่วมจะมีค่าประมาณ 15-30 dB ค่า P_G จะเปลี่ยนแปลงตามค่าการเปลี่ยนแปลงของอัตราการขยายกระแสและอัตราขยายแรงดัน



รูปที่ 2.35 วงจรขยายสัญญาณแบบที่ใช้งานจริงชนิดคอลเลคเตอร์ร่วม

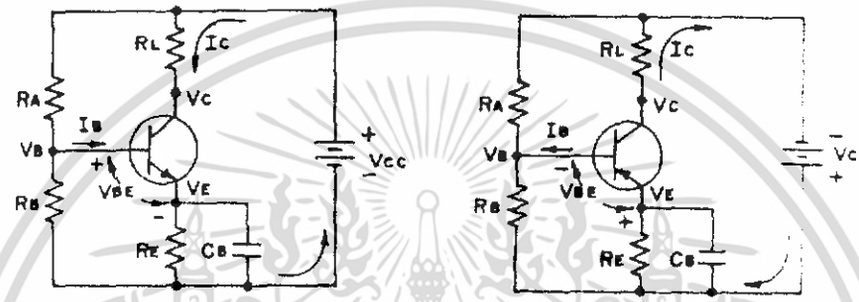
จากรูปที่ 2.35 เป็นวงจรขยายสัญญาณแบบที่ใช้งานจริงชนิดคอลเลคเตอร์ร่วม ใช้แหล่งจ่าย Vcc ชุดเดียว สัญญาณอินพุทถูกป้อนเข้าที่ขา B ของ Q_1 และสัญญาณเอาท์พุทถูกส่งออกที่ขา E ของ Q_1 โดยที่ขา C ไม่ได้เป็นทั้งขาป้อนสัญญาณเข้าและขารับสัญญาณออกจึงเป็นขาร่วม R_1, R_2 จัดวงจรเป็นวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) จ่ายไบอัสให้กับขา B ของ Q1 R_2 จะเป็นตัวจ่ายไบอัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ขา B R_1 เป็นตัวจำกัดกระแสที่จะไหลผ่าน R_2 เพื่อควบคุมแรงดันที่จะตกคร่อม R_2 ให้พอเหมาะ R_3 เป็นโหลดที่รับสัญญาณที่ขยายจาก Q_1 แล้ว ส่งมาตกคร่อม R_1 เพื่อส่งต่อสัญญาณนั้นออก เอาท์พุท

2.7.2 ไบอัสกระแสป้อนกลับ (Current Feed Back Bias)

ไบอัสกระแสป้อนกลับหรือไบอัสปรับให้คงที่ (Stablize Bias) คือการจ่ายแรงดันไบอัสที่ ขา B ของทรานซิสเตอร์เป็นแบบไบอัสคงที่ โดยถูกจัดเป็นวงจรแบ่งแรงดัน การปรับให้คงที่โดยใส่ความต้านทานที่ขา E ที่เรียกว่าความต้านทานสเตบิไลซ์ (Stabilize Resistor) เป็นตัวช่วยปรับการจ่ายไบอัสให้ขา B ของทรานซิสเตอร์จ่ายพอเหมาะกับที่ทรานซิสเตอร์ต้องการ



(ก) ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN (ข) ทรานซิสเตอร์ชนิด PNP

รูปที่ 2.36 วงจรไบอัสกระแสป้อนกลับ

จากรูปที่ 2.36 เป็นวงจรไบอัสกระแสป้อนกลับ สามารถอธิบายหลักการทำงานได้ดังนี้ R_A, R_B ถูกจัดวงจรเป็นวงจรแบ่งแรงดัน R_A เป็นตัวจำกัดกระแสที่ไหลผ่านไป R_B มากหรือน้อย R_B เป็นตัวจ่ายไบอัสตรงให้ขา B ของทรานซิสเตอร์ได้แรงดันที่ขา B คือ V_B R_E เป็นความต้านทานสเตบิไลซ์ที่ช่วยปรับแรงดัน V_{BE} ที่จ่ายให้ทรานซิสเตอร์พอเหมาะกับที่ทรานซิสเตอร์ต้องการ C_B เป็นตัวกำจัดสัญญาณที่ถูกออกมาที่ขา E ทิ้งลงกราวด์เพื่อทำให้แรงดัน V_E ที่ขา E ของทรานซิสเตอร์มีเฉพาะแรงดันไฟ DC เท่านั้น2

เมื่อจ่ายแรงดัน V_{BE} ให้วงจรถูกต้อง ทำให้เกิดกระแส I_B ไหล กระแส I_C ก็ไหลตามไปด้วย ทรานซิสเตอร์จะเกิดความร้อนขึ้น รอยต่อ C,E ของทรานซิสเตอร์จะลดค่าความต้านทานลง กระแส I_C จะไหลมากขึ้น มีกระแสไหลผ่าน R_E มากขึ้น เกิดศักย์ตกคร่อม R_E มากขึ้นคือ V_E มีศักย์มากขึ้นทรานซิสเตอร์ NPN ที่ V_E มีบวกมากขึ้นทรานซิสเตอร์ PNP ที่ V_E มีศักย์ลบมากขึ้น ส่วนที่ขา B หรือ แรงดัน V_B จะมีแรงดันคงที่เพราะ R_A,R_B ถูกจัดไบอัสเป็นแบบไบอัสคงที่ จากผลดังกล่าวแรงดัน V_B,V_E จะหักล้างกัน เหลือเป็นแรงดัน V_{BE} ซึ่งแรงดัน V_{BE} จะลดลง ทำให้กระแส I_B ไหลลดลง ทรานซิสเตอร์ทำงานน้อยลง กระแส I_C ไหลน้อยลง ทรานซิสเตอร์ทำงานเข้าสู่สภาวะปกติ

ข้อดีของวงจรไบอัสแบบนี้ คือ มีความคงที่ต่ออุณหภูมิดีมาก R_E ที่เพิ่มขึ้นมาทำให้กระแส I_C ไหลคงที่ ถึงแม้ R_A,R_B เปลี่ยนค่าหรือคลาดเคลื่อนไปไม่เกิน 20 เปอร์เซ็นต์

ข้อเสียของวงจรไบอัสแบบนี้คือใช้อุปกรณ์ในการต่อวงจรมาก ค่าใช้จ่ายก็เพิ่มมากขึ้นตามไปด้วย

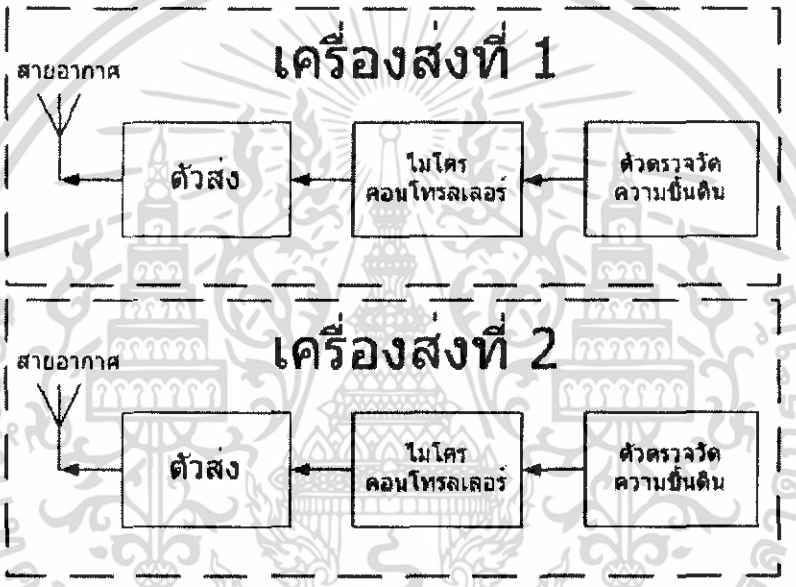
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการสร้าง

ระบบตรวจสอบสภาพดินแบบไร้สาย แบ่งการทำงานออกเป็นส่วนประกอบทั้งหมด 3 ส่วน

- ส่วนเครื่องรับ
- ส่วนเครื่องส่งตัวที่ 1
- ส่วนเครื่องส่งตัวที่ 2

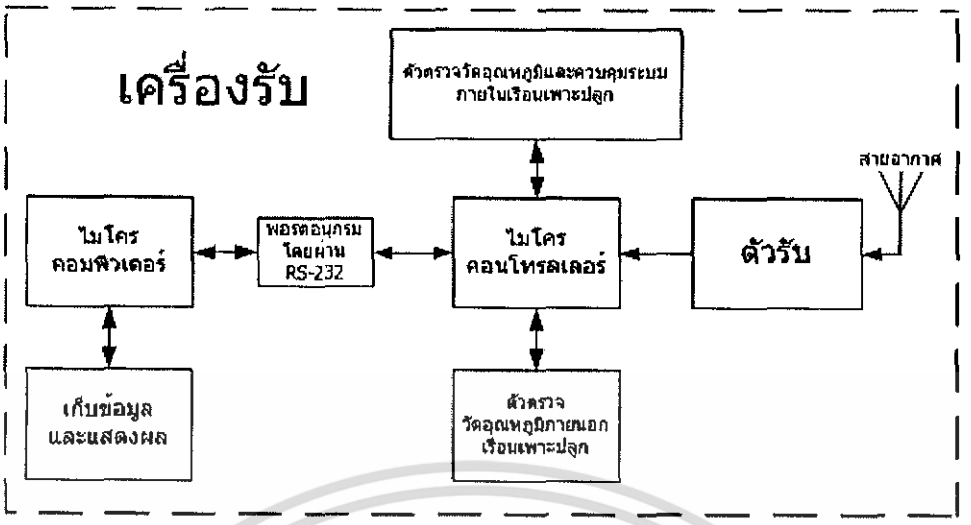
โดยจะแสดงถึงส่วนการทำงานต่างๆของระบบได้ดังนี้



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนของเครื่องส่งตัวที่ 1 และตัวที่ 2

จากรูปที่ 3.1 การทำงานจะแบ่งเป็น 3 ส่วนในส่วนแรกจะเป็นส่วนของตัวตรวจวัด โดยค่าที่ได้จากตัวตรวจวัดจะส่งไปทำการประมวลผลด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นทำการส่งข้อมูลที่ได้ไปยังตัวส่งเพื่อทำการส่งออกอากาศไปยังเครื่องรับ โดยเครื่องส่งทั้ง 2 จะมีหลักการทำงานตามบล็อกที่เหมือนกัน ซึ่งในส่วนของข้อมูลนั้น จะเป็นข้อมูลที่มีค่าเป็นอนาล็อกเพราะฉนั้นจะต้องทำการเปลี่ยนข้อมูลจากอนาล็อกเป็นดิจิตอลก่อนส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนของเครื่องรับ

จากรูปที่ 3.2 การทำงานจะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลักคือ ในส่วนของข้อมูลที่เข้ามานั้นจะรับข้อมูลผ่านทางตัวรับจากนั้นก็จะส่งข้อมูลมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการประมวลผลและส่งข้อมูลไปยังไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อทำการแสดงผล เก็บข้อมูล และควบคุม ผ่านพอร์ตอนุกรม

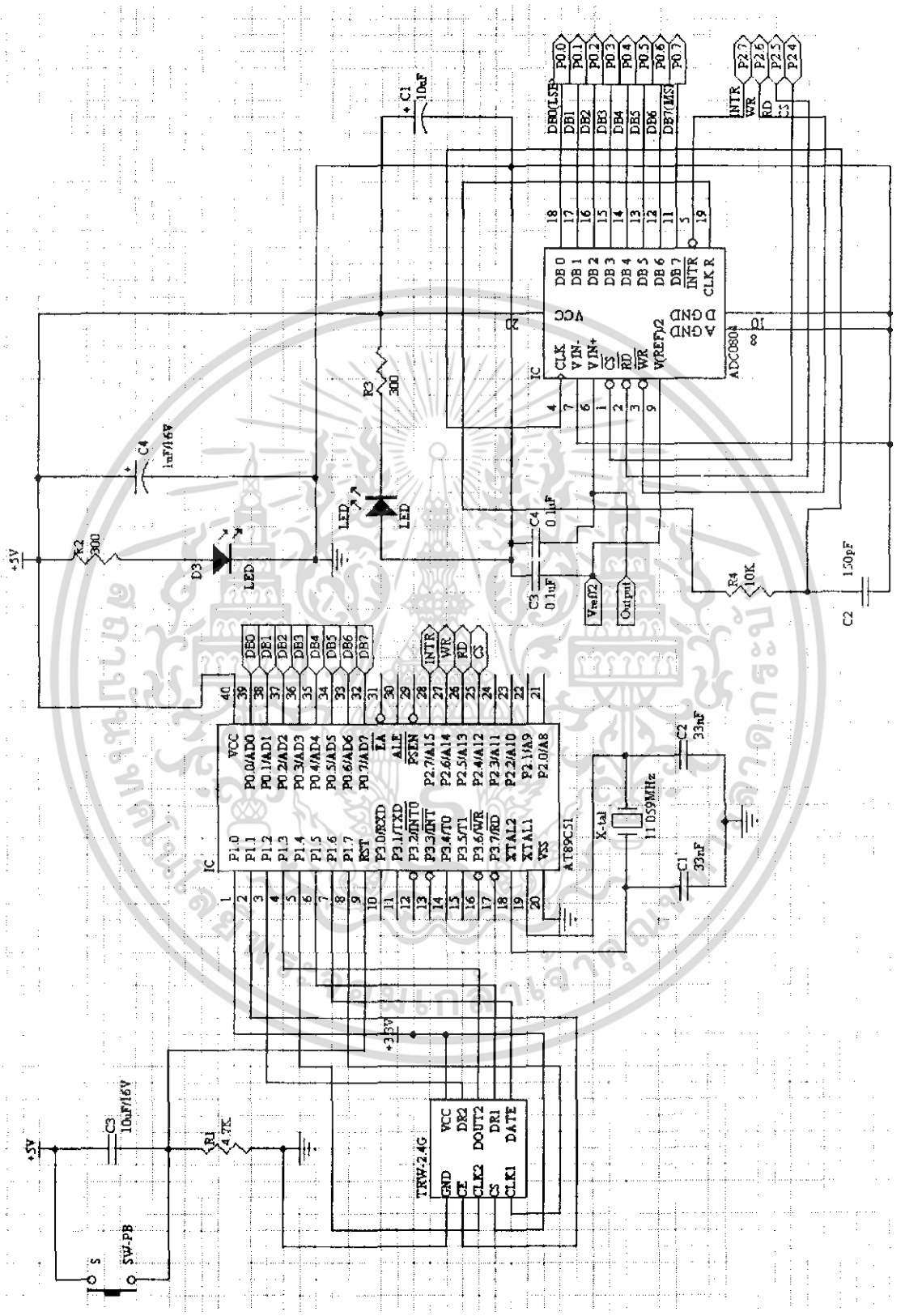
3.1 วงจรการส่งและการสั่งการของโมดูลในส่วนเครื่องส่ง

วงจรการส่งข้อมูลและการสั่งการแสดงไว้ดังรูปที่ 3.3 และการทำงานในส่วนนี้จะเป็นส่วนของการส่งข้อมูล ซึ่งรับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผ่านพอร์ตของ AT89C51 เพื่อใช้ในการติดต่อสั่งการตัวโมดูล ซึ่งจะมีลักษณะของวงจรดังรูปที่ 3.3

ส่วนของวงจรการส่งข้อมูลดังรูปที่ 3.3 เป็นส่วนของเครื่องส่ง โดยเครื่องส่งจะมี 2 ตัวซึ่งทั้งสองจะมีวงจรและการทำงานเหมือนกัน แต่จะต่างกันตรงข้อมูลที่ส่ง ตัวของโมดูลจะถูกกำหนดให้ทำงานแบบต่างๆ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการควบคุมสั่งการ ซึ่งในส่วนของภาคนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะกำหนดให้ตัวโมดูลอยู่ในสถานะเป็นตัวส่ง โดยตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะกำหนดข้อมูล และส่งข้อมูลเข้าไปที่ตัวโมดูล เมื่อรับข้อมูลโมดูลจะส่งข้อมูลออกไปยังตัวรับต่อไป

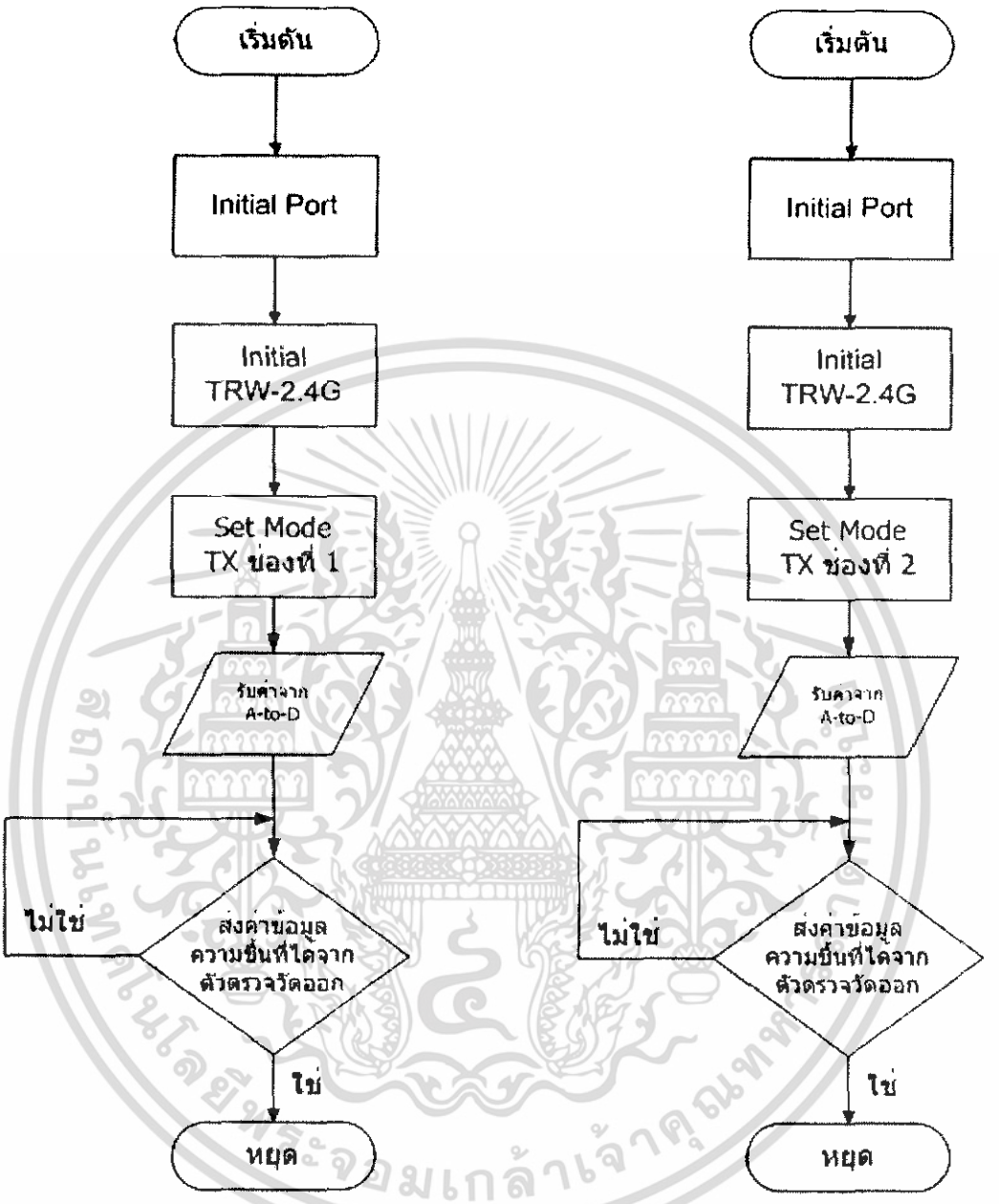
ในส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงานของโมดูล จะแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆตามลักษณะการทำงานภายในของโมดูล โดยสามารถแสดงได้ตามแผนภูมิดังรูปที่ 3.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรส่วนเครื่องส่งตัวที่ 1 และตัวที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

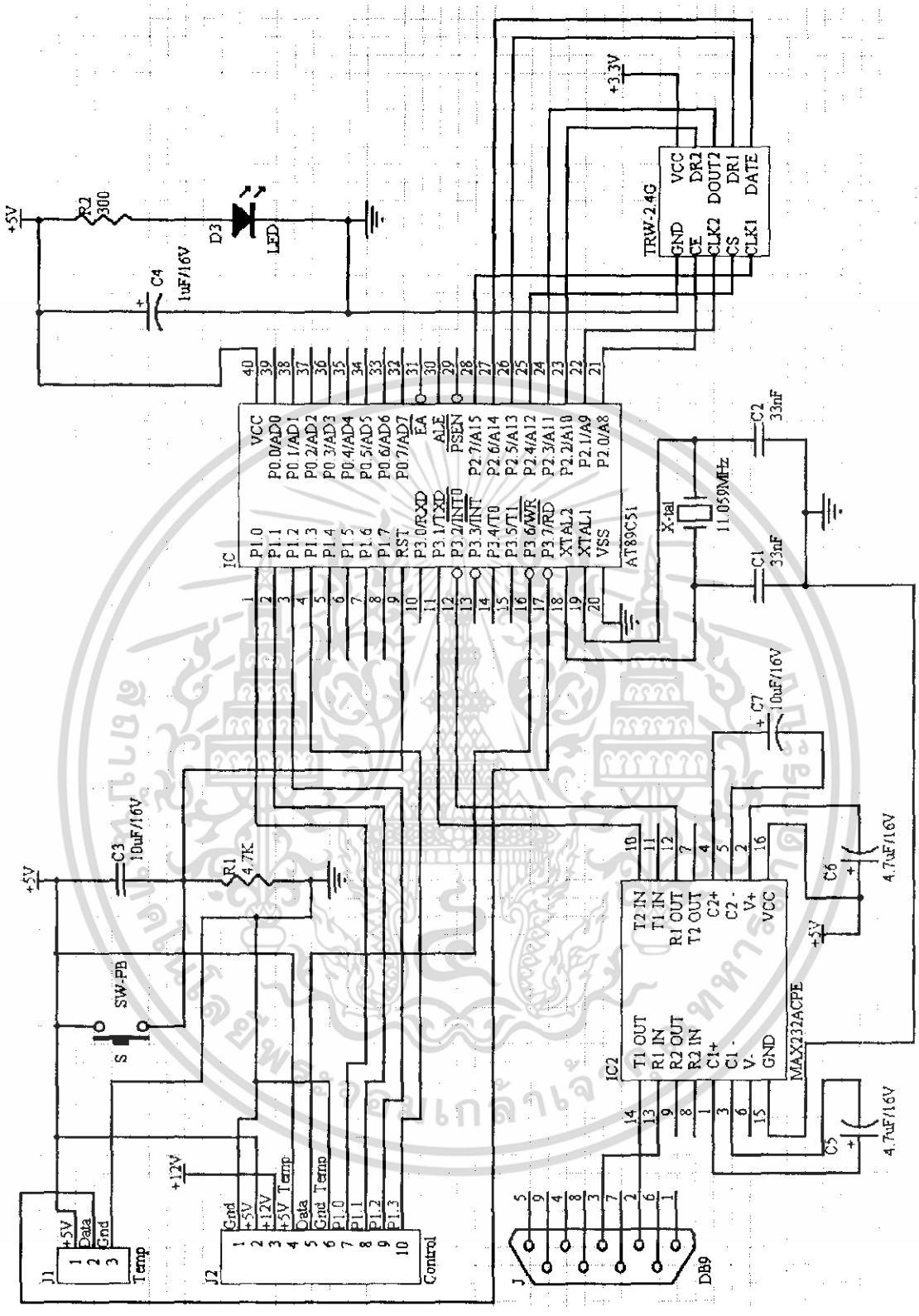


รูปที่ 3.4 แผนภูมิ แสดงโปรแกรมควบคุมการทำงานของโมดูลฝั่งส่งทั้งสองตัว

3.2 วงจรการรับและการสั่งการของโมดูลในส่วนเครื่องรับ

วงจรการรับข้อมูลและการสั่งการแสดงไว้ดังรูปที่ 3.5 และการทำงานในส่วนนี้จะเป็นส่วนของการรับข้อมูล และส่งไปแสดงผล โดยผ่านพอร์ตของ AT89C51 เพื่อใช้ในการติดต่อสั่งการตัวโมดูล ซึ่งจะมีลักษณะของวงจรดังรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

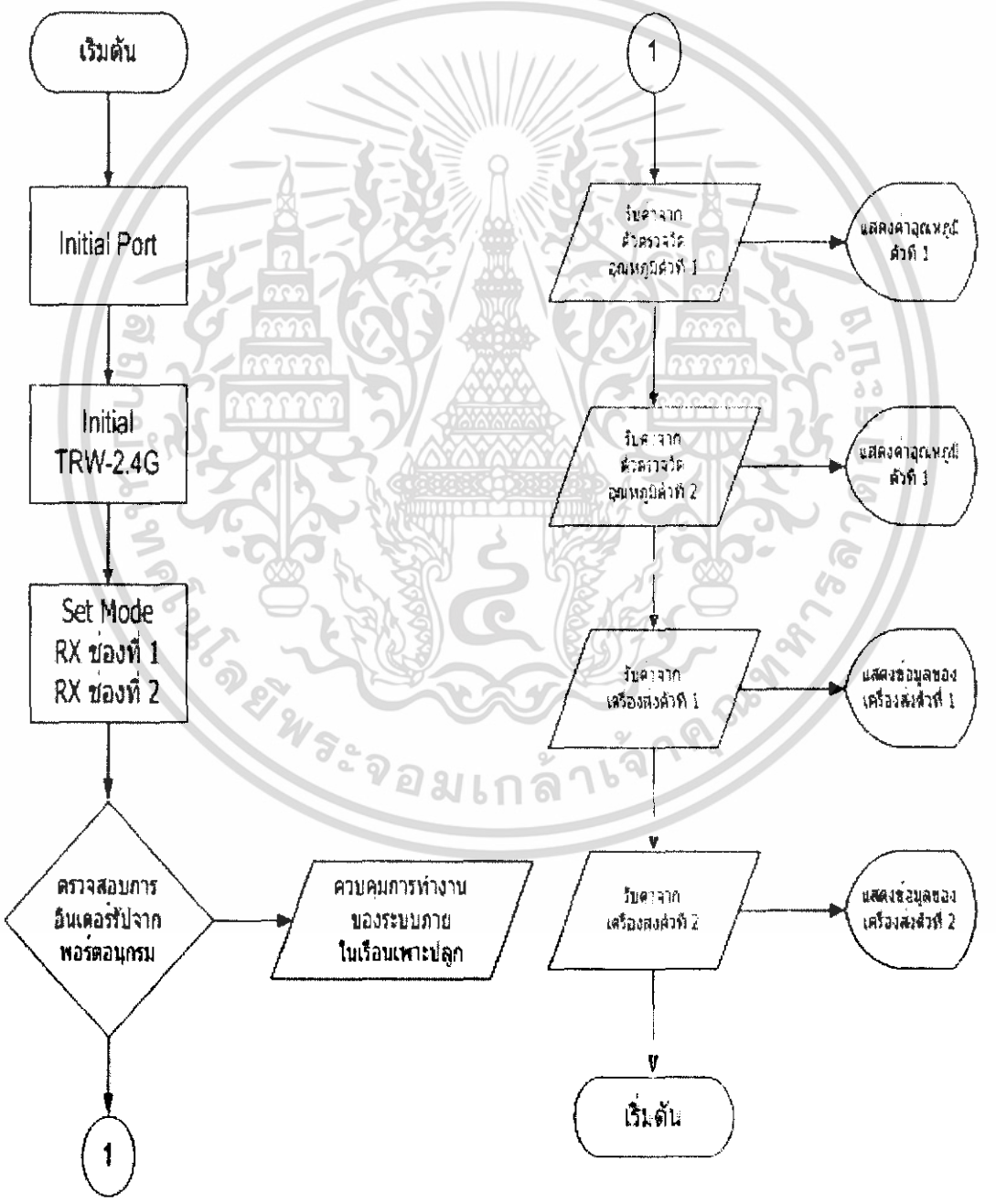


รูปที่ 3.5 วงจรส่วนเครื่องรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของวงจรการรับข้อมูลดังรูปที่ 3.5 เป็นส่วนของเครื่องรับ ตัวของโมดูลจะถูกกำหนดให้ทำงานแบบต่างๆ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการควบคุมสั่งการ ซึ่งในส่วนของภาคนี้ไมโครคอนโทรลเลอร์จะกำหนดให้ตัวโมดูลอยู่ในสถานะเป็นตัวรับ เมื่อได้รับข้อมูลมาจากทางด้านส่ง ที่ส่งข้อมูลเข้ามา ตัวโมดูลก็จะส่งข้อมูลมายังตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นตัวของไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ ส่วนในโหมดการทำงานการส่งข้อมูลไปคอมพิวเตอร์จะสั่งการผ่านขา TxD ของไมโครคอนโทรลเลอร์ และผ่านพอร์ต DB-9

ในส่วนของโปรแกรมควบคุมการทำงานของโมดูล จะแบ่งออกเป็นส่วนต่างๆตามลักษณะการทำงานภายในของโมดูล โดยสามารถแสดงได้ตามแผนภูมิดังรูปที่ 3.6

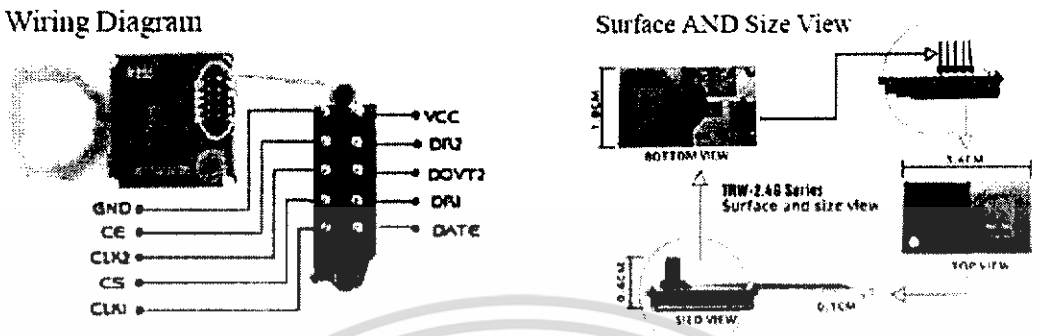


รูปที่ 3.6 แผนภูมิ แสดงโปรแกรมควบคุมการทำงานของโมดูลฝั่งรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ตัวรับและตัวส่ง (Receiver and Transmitter)

ในส่วนของตัวรับและตัวส่งนั้นจะใช้ตัวโมดูล TRW-2.4G ซึ่งมีลักษณะดังนี้



รูปที่ 3.7 ลักษณะภายนอกของโมดูล TRW-2.4G

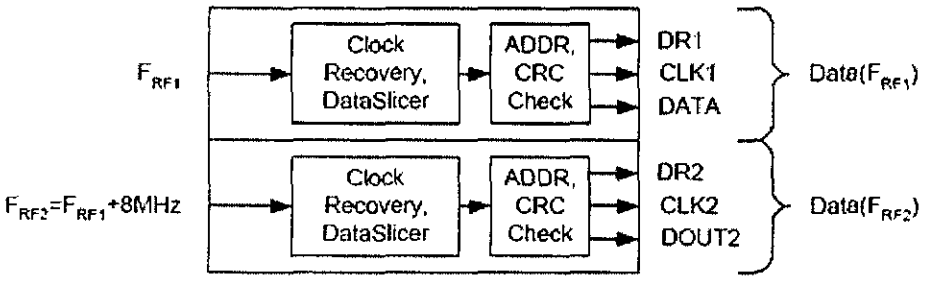
โดยมีรายละเอียดของขาต่างๆคือ

- ขาที่ 1 กราวด์
- ขาที่ 2 CE ขาเลือกสถานะของโหมดในโมดูล
- ขาที่ 3 CLK2 ขานาฬิกาของช่องที่ 2
- ขาที่ 4 CS ขากำหนดค่าต่างๆของโมดูล
- ขาที่ 5 CLK1 ขาคล็อคของช่องที่ 1
- ขาที่ 6 DATE ขาข้อมูลของช่องที่ 1
- ขาที่ 7 DR1 ขาแสดงสถานะของช่องที่ 1
- ขาที่ 8 DOUT2 ขาข้อมูลของช่องที่ 2
- ขาที่ 9 DR2 ขาแสดงสถานะของช่องที่ 2
- ขาที่ 10 ขาไฟเลี้ยง

3.3.1 โมดูลรับส่งสัญญาณ (TRW-2.4 G Transceiver modules)

โมดูลรับส่งสัญญาณ ตัวนี้ง่ายต่อการใช้งานในการรับส่งข้อมูลโดยจะใช้ย่านความถี่ 2.4- 2.5 กิกะเฮิร์ต และมี 2 ช่องสัญญาณในตัวซึ่งแสดงดังในรูปที่ 3.8 ซึ่งในตัวโมดูลจะประกอบด้วยเสาอากาศ วงจรสังเคราะห์ความถี่ ภาคขยายสัญญาณ ภาคกำเนิดความถี่ และภาคมอดูเลเตอร์ โดยเราสามารถโปรแกรมเลือกความถี่และช่องสัญญาณได้ง่ายรวมถึงการเชื่อมต่อแบบอนุกรมโดยใช้สาย 3 เส้นมีการใช้กระแสต่ำ โดยที่กำลังส่งทางเอาท์พุท -5dBm จะใช้กระแส 10 มิลลิแอมป์ ขณะที่จะใช้กระแส 18 มิลลิแอมป์ในทางด้านรับ โดยโมดูลได้ทำการออกแบบให้ใช้กำลังงานที่ต่ำ เพื่อประหยัดพลังงานในการใช้ตัวโมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 แสดงลักษณะโครงสร้างที่แยกส่วนของช่องสัญญาณ 2 ช่องในโมดูล

3.3.2 โหมดการทำงาน

ตารางที่ 3.1 แสดงลักษณะในการเซ็ตค่าในโหมดต่างๆของโมดูล

Mode	CE	CS
Active (RX /TX)	1	0
Configuration	0	1
Stand by	0	0

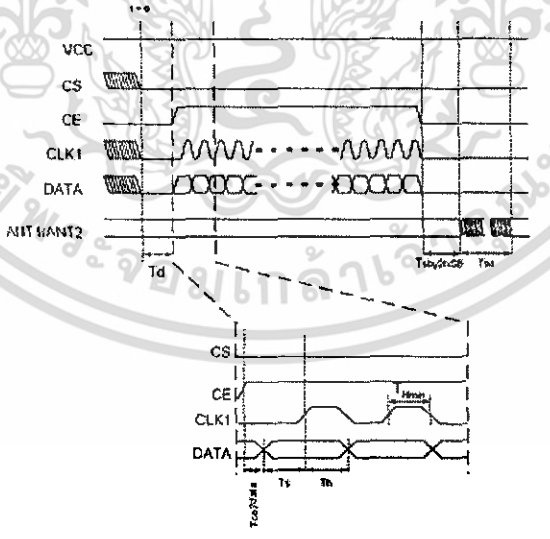
โหมดการทำงานในการรับหรือส่งข้อมูลจะแบ่งเป็น 2 โหมดได้แก่

3.1.2.1. ช็อคเบิร์ท

3.1.2.2. โหมดทำงานทางตรง (Direct Mode)

3.1.2.1.ช็อคเบิร์ท

- **โหมดส่งสัญญาณ**



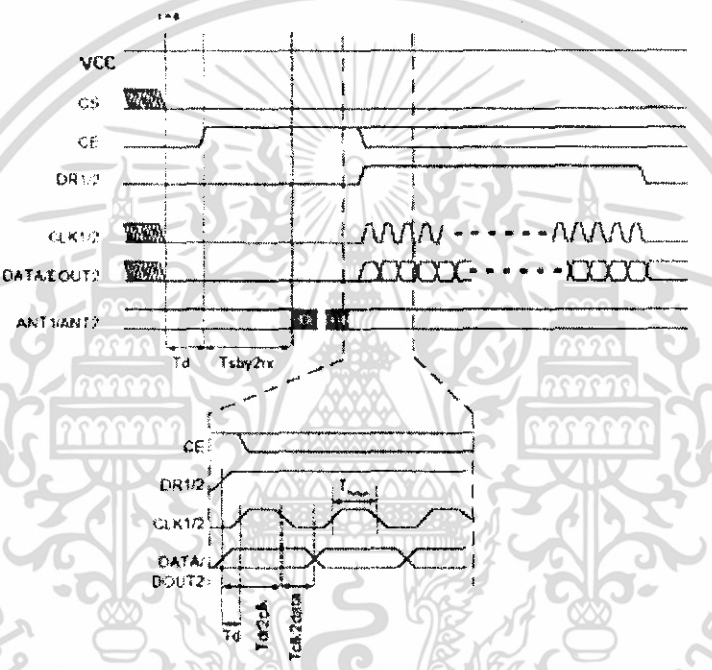
รูปที่ 3.9 แสดงไทม์มิ่งไดอะแกรมการทำงานในโหมดส่งสัญญาณของช็อคเบิร์ท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวของแพ็กเก็ตและอัตราความเร็วของข้อมูลใช้ในการหาค่าเวลาที่ใช้ในการส่งข้อมูลดังสมการ

$$T_{OA} = \left(1/_{\text{datarate}}\right) \times \left(\#\text{databits} + 1\right)$$

➢ โหมดรับสัญญาณ



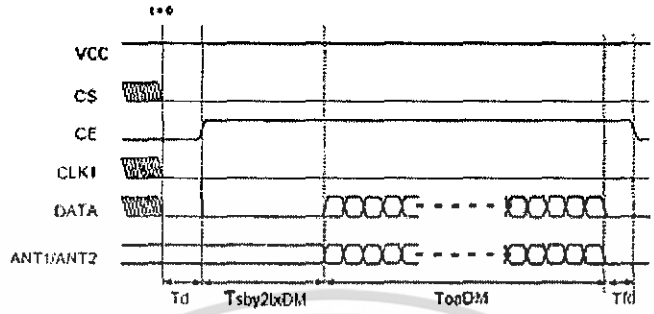
รูปที่ 3.10 แสดงไทม์มิ่งไดอะแกรมการทำงานในโหมดรับสัญญาณช็อตเบิร์ท

จะทำการรับเมื่อ CE เป็นลอจิก 1 โดยจะใช้กระแสเท่ากับ 18 มิลลิแอมป์ และใช้เวลา 200 มิลลิวินาที หลังจากขา DR1 เป็นลอจิก 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2.2. โหมดทำงานทางตรง(Direct Mode)

➢ **โหมดส่งสัญญาณ**

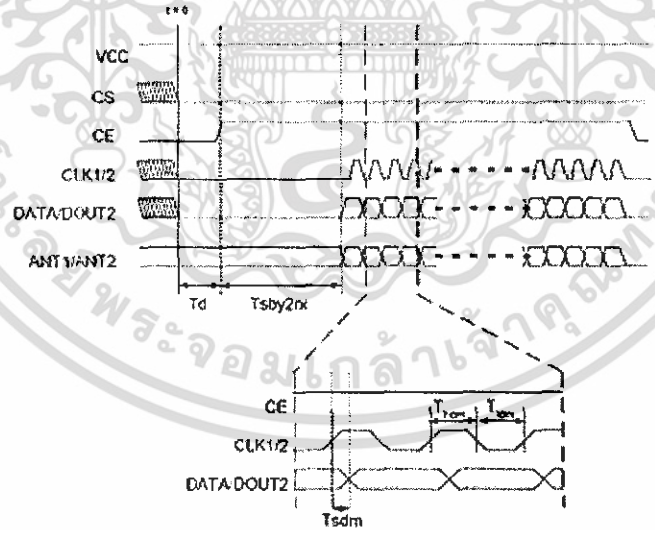


รูปที่ 3.11 แสดงไทม์มิ่งไดอะแกรมการทำงานในโหมดส่งสัญญาณของโหมดทำงานทางตรง

เมื่อทำการส่ง CLK จะเป็นลอจิก 0 โดยสามารถหาช่วงเวลาในการหน่วงได้จากสมการ

$$T_{sby2TXDM} = 194uS + \left(\frac{1}{\text{ความถี่ในการส่ง}} * 14 \right) + 2.25uS$$

➢ **โหมดรับสัญญาณ**



รูปที่ 3.12 แสดงไทม์มิ่งไดอะแกรมการทำงานในโหมดรับสัญญาณของโหมดทำงานทางตรง

จะทำการรับเมื่อ CE เป็น1 โดยจะเริ่มในการตรวจจับรวมถึงการดีมอดูเลตสัญญาณข้อมูลที่เข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.3 แพ็กเกตข้อมูลของโมดูล

Preamble	ADDR	PAYLOAD	CRC

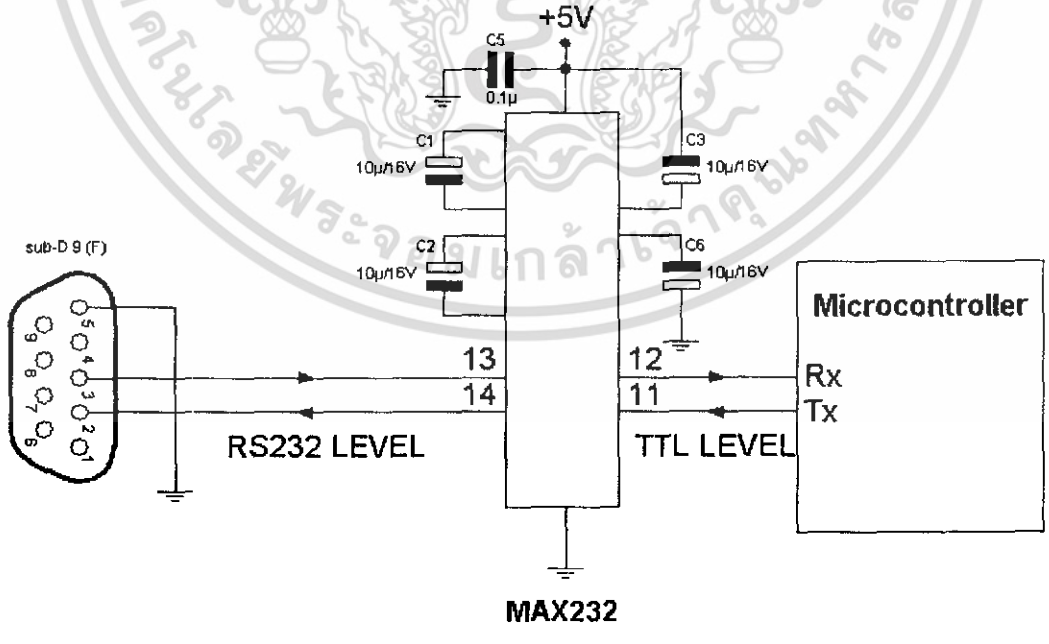
รูปที่ 3.13 แสดงรูปแบบเฟรมของโมดูล

เพ็กเกตข้อมูลจะใช้ได้กับทั้ง ซิงคเบิร์ท และโหมดทำงานทางตรง โดยจะแบ่งได้เป็น 4 ส่วน ได้แก่

1. Preamble : กำหนดให้มีความยาว 4-8 บิต เป็นส่วนหัวของเพ็กเกต
2. Address : กำหนดให้มีความยาว 8-40 บิตเป็นส่วนในการชี้ตำแหน่งของข้อมูลที่รับส่ง
3. Payload : กำหนดให้มีความยาว 256 บิต โดยจะอยู่ระหว่าง ADDR กับ CRC เป็นส่วนของข้อมูลที่ทำการส่ง
4. CRC : กำหนดให้มีความยาว 8-16 บิตเป็นส่วนในการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล

3.4 วงจรส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม

ในส่วนของการส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม จะใช้ไอซี MAX-232 ในการต่อร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะรับข้อมูลมาจากพอร์ตอนุกรมของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยมีการต่อวงจรการใช้งานดังในรูปที่ 3.14

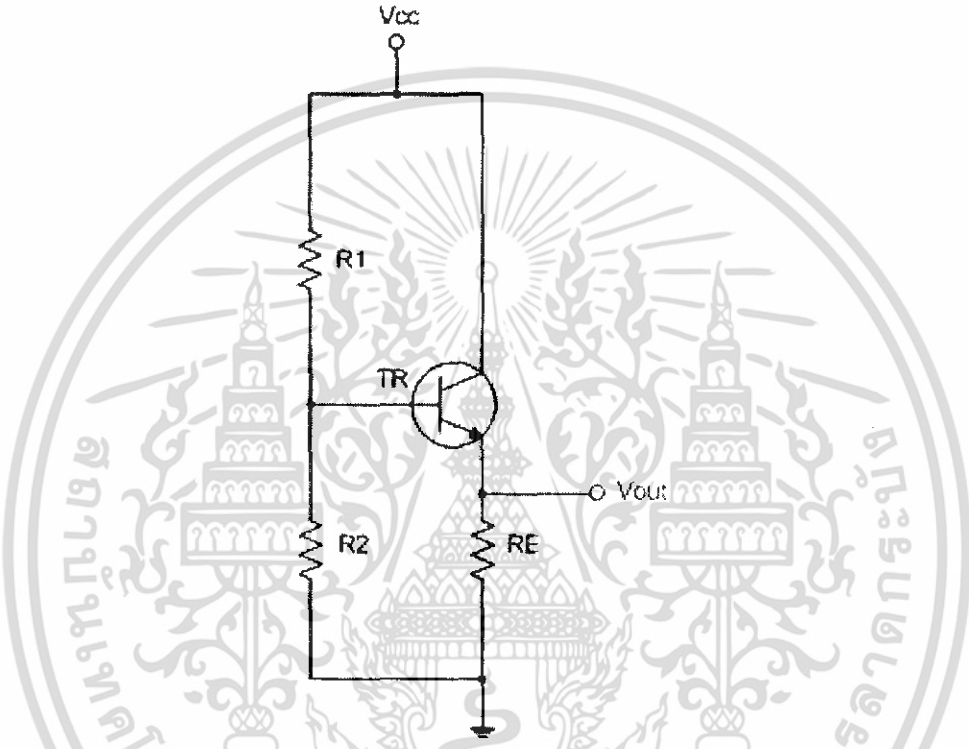


รูปที่ 3.14 แสดงวงจรการใช้งานของไอซี MAX232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 วงจรตัวตรวจวัดความชื้นในดิน (Soil Moisture Sensor)

ในส่วนของตัวตรวจวัดความชื้นในดินนี้ เราจะทำการออกแบบโดยใช้หลักการของความต้านทาน ซึ่งเราจะจำลองการทำตัวต้านทาน ซึ่งได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 2 และเมื่อทำการทำโพรบความต้านทานเพื่อใช้ในการตรวจสอบสภาพความชื้นในดินแล้ว จะนำตัวตรวจวัดนี้มาทำการต่อร่วมกับวงจรคอมมอนคอลเลคเตอร์ซึ่งทำการต่อไบแอสแบบสเตบิไลซ์(Stabilize Bias) ดังรูปที่ 3.15 โดยจะออกแบบโดยใช้ ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2SC458 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่หาซื้อได้ง่าย โดยจะมีการออกแบบดังนี้



รูปที่ 3.15 **วงจรคอมมอนคอลเลคเตอร์ต่อไบแอสแบบสเตบิไลซ์**

3.5.1 คุณสมบัติของทรานซิสเตอร์เบอร์ 2SC458

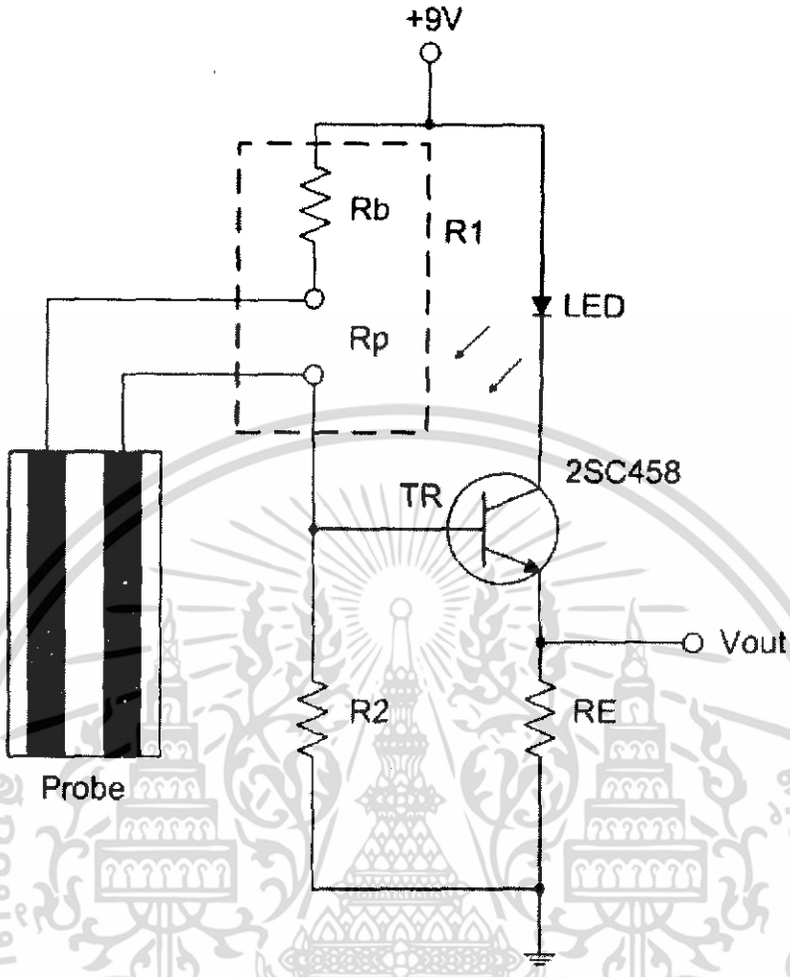
hfe(min) = 100 V_{CE} (sat) = 0.2 โวลต์ V_{BE} = 0.67 โวลต์ I_C = 100 มิลลิแอมป์

กำหนดให้วงจรใช้

V_{CC} = 9 โวลต์ R_C = 0 โอห์ม (หรือทำการช็อตวงจรนั้นเอง)

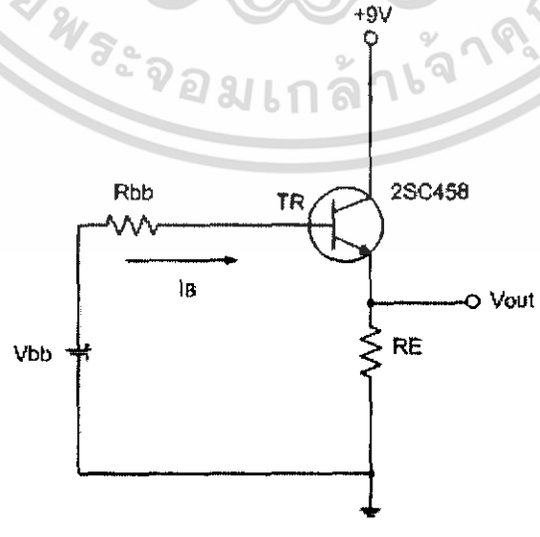
เราจะได้วงจรที่ออกแบบดังรูปที่ 3.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 วงจรตัวตรวจวัดความชื้นดินที่ทำการออกแบบ

ทำการยุบวงจรซึ่งจะได้ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 รูปที่ได้จากการลดรูปวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5.2 การคำนวณ

$$Rbb = \frac{R1R2}{R1 + R2} \qquad (1)$$

$$Vbb = \frac{R2}{R1 + R2} \bullet Vcc \qquad (2)$$

จากรูปจะได้สมการ

$$Vbb = I_B Rbb + V_{BE} + V_{RE} \qquad (3)$$

$$Vcc = V_{CE} + V_{RE} \qquad (4)$$

นำสมการที่ (3) + (4) จะได้

$$2V_{RE} = Vbb - I_B Rbb - V_{BE} + Vcc - V_{CE} \qquad (5)$$

แทนค่า สมการที่ (1) และ (2) ลงในสมการที่ (5)

$$2V_{RE} = \frac{R2}{R1 + R2} \bullet Vcc - \frac{R1R2}{R1 + R2} \bullet I_B - V_{CE} - V_{BE} + Vcc \qquad (6)$$

แทนค่า Vcc = 9V, Ic = 100mA, VCE = 0.2V, VBE =0.67V

$$2V_{RE} = \frac{R2}{R1 + R2} \bullet 9 - \frac{R1R2}{R1 + R2} \bullet 1m - 0.2 - 0.67 + 9$$

$$2V_{RE} = \frac{R2}{R1 + R2} \bullet 9 - \frac{R1R2}{R1 + R2} \bullet 1m + 8.13$$

$$2V_{RE} = \frac{9R2 - 1mR1R2 + 8.13R1 + 8.13R2}{R1 + R2}$$

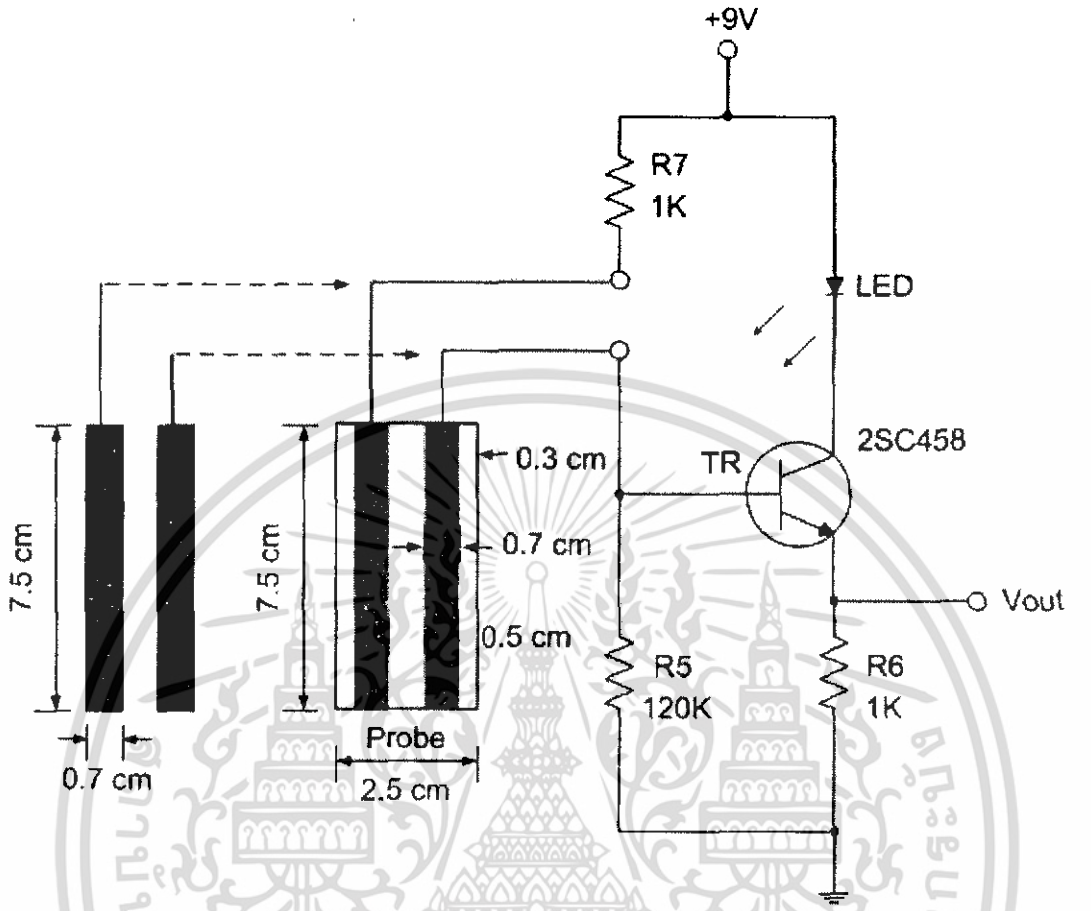
$$2V_{RE} = \frac{17.13R2 - 1mR1R2}{R1 + R2}$$

$$2V_{RE} = \frac{(17.13 - 1mR1)R2}{R1 + R2}$$

$$\therefore V_{RE} = \frac{(17.13 - 1mR1)R2}{2(R1 + R2)} \qquad (7)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เราจะทำการกำหนดค่าอุปกรณ์ต่างๆโดยจะได้วงจรที่ออกแบบเสร็จดังรูป



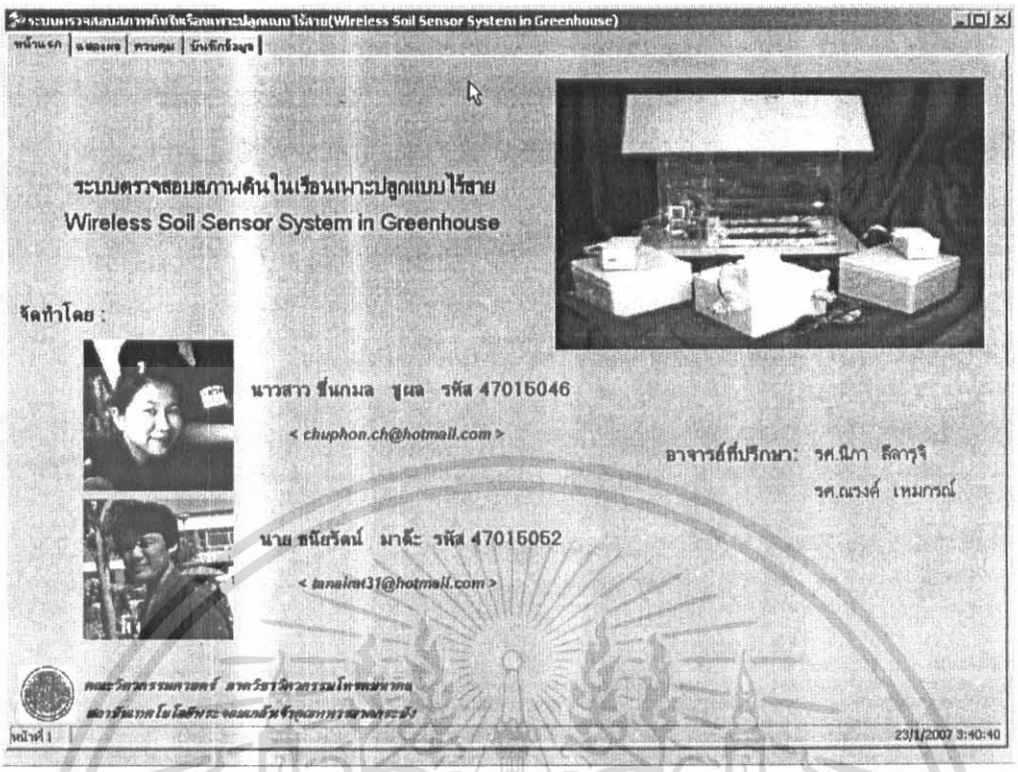
รูปที่ 3.18 วงจรตัวตรวจวัดความชื้นดินที่ทำการออกแบบเสร็จ

จากรูปที่ 3.18 จะเป็นลักษณะของวงจรตัวตรวจวัดที่นำไปใช้จริงในโครงงานชิ้นนี้ โดยในส่วนที่จะวัดในดินจะใช้แผ่นทองแดงหรือแท่งทองแดงมาทำเป็นโพรบเพื่อทำการปักลงในดิน ซึ่งจะมีขนาดและระยะห่างของโพรบดังแสดงในรูปที่ 3.18 ค่าที่ได้นั้นจะวัดทางขาอิมิตเตอร์ของทรานซิสเตอร์

3.6 ส่วนของการแสดงผล ควบคุมและบันทึกข้อมูล (Display Controller and Saving)

เมื่อเราทำการรับค่าที่ได้มาจากเครื่องส่งโดยจะผ่านตัวรับส่งมายังไมโครคอนโทรลเลอร์ จากนั้นจะส่งข้อมูลมายังคอมพิวเตอร์โดยผ่านพอร์ตอนุกรม ซึ่งข้อมูลที่ได้มานั้นเราจะจัดการข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปที่ได้จัดทำขึ้นมา ในที่นี้ได้ใช้โปรแกรม Delphi 7 ในการออกแบบและจัดการข้อมูลซึ่งจะใช้ในการรับข้อมูลที่ได้นั้นมาแสดงผลหน้าจอ รวมทั้งยังใช้ในการควบคุมระบบผ่านหน้าจอ และทำการบันทึกผลของข้อมูลผ่านทางโปรแกรมโน๊ตแพ็ดด้วย ซึ่งหน้าตาของโปรแกรมจะแสดงให้เห็นได้ดังรูป 3.19

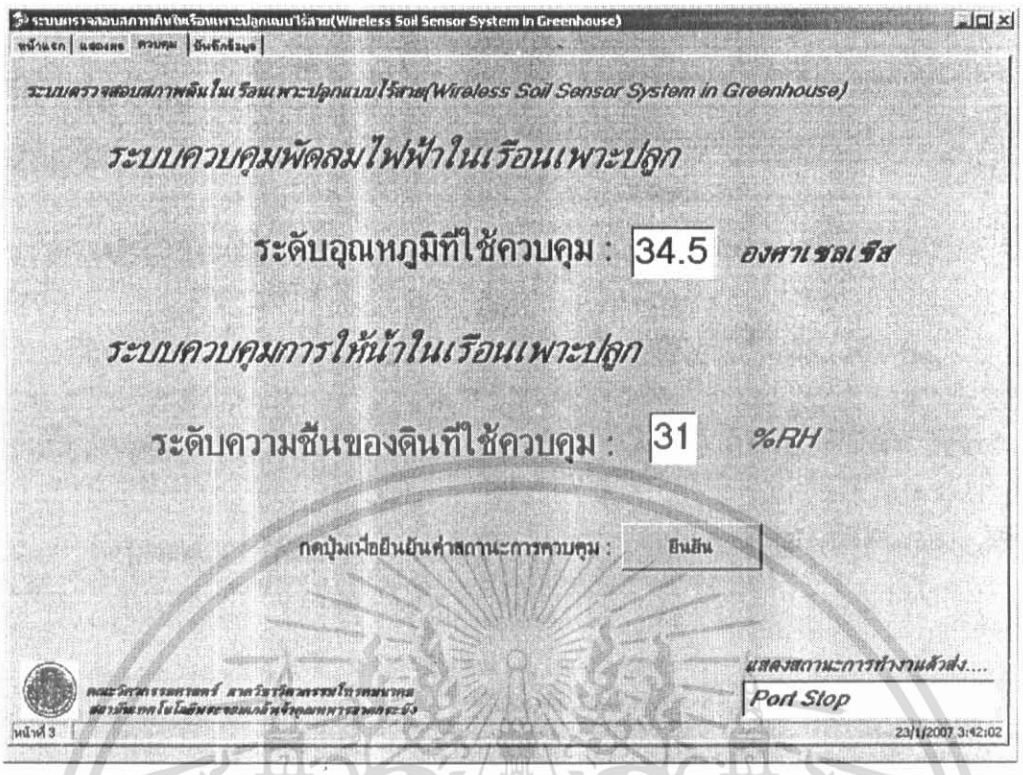
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



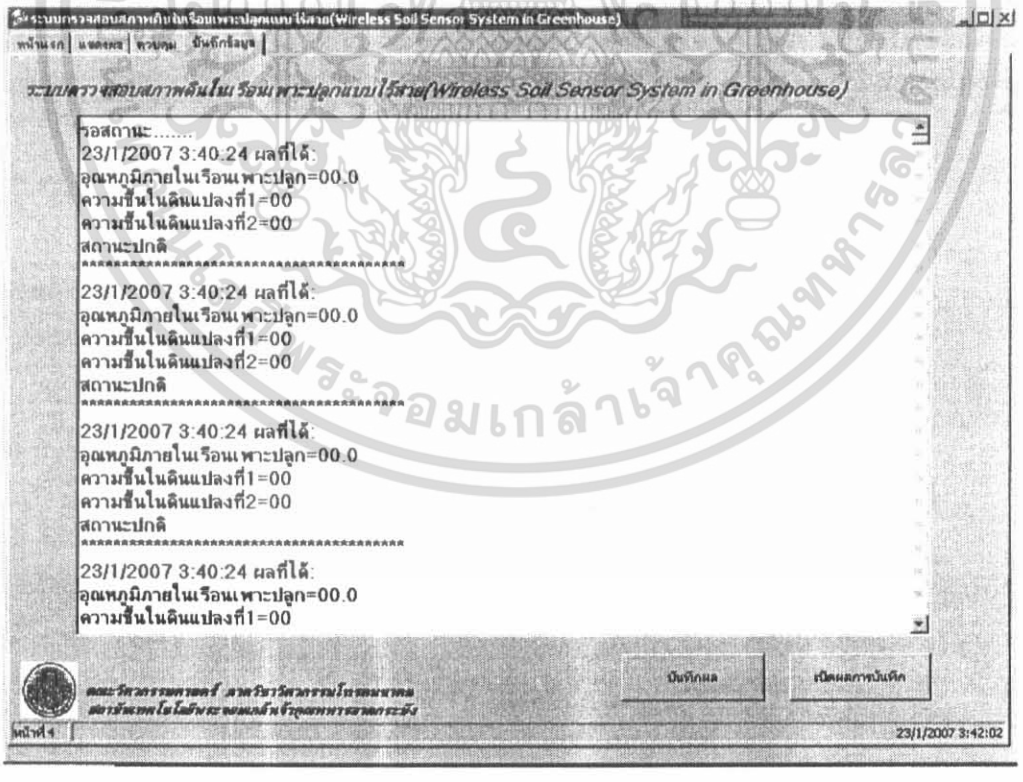
รูปที่ 3.19 (ก) หน้าแรกของโปรแกรม

รูปที่ 3.19(ข) หน้าแสดงผลของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.19(ค) หน้าแสดงการควบคุมของโปรแกรม



รูปที่ 3.19(ง) หน้าแสดงสถานะของโปรแกรม

รูปที่ 3.19 ลักษณะหน้าตาของโปรแกรมที่แสดงหน้าจอคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7 สมการการแพร่กระจายคลื่น (Propagation Equations)

โดยในโครงงานชิ้นนี้ได้มีการคำนวณเกี่ยวกับการหาค่าต่างในการแพร่กระจายคลื่นโดยจะนำค่ามาจากคุณสมบัติของโมดูลที่นำมาใช้งาน นั่นคือ TRW-2.4G ซึ่งจะทำการคำนวนโดยใช้สมการการแพร่กระจายคลื่นในฟรีสเปรช (Friis free-space equation)

$$P_r = P_t \frac{G_t G_r}{(4\pi d / \lambda)^2}$$

โดยที่ Pr คือ กำลังงานที่เครื่องรับ

Pt คือ กำลังงานที่เครื่องส่ง

Gr คือ เกนของเสาอากาศเครื่องรับ

Gt คือ เกนของเสาอากาศเครื่องส่ง

d คือ ระยะทางระหว่างเครื่องรับและเครื่องส่ง

λ คือ ความยาวคลื่น

จากคุณสมบัติของโมดูล

Pr = -90 dBm (คิดค่าที่น้อยที่สุดที่รับได้)

Pt = 0 dBm (คิดค่าที่ใช้ในการส่ง)

d = 280 เมตร (คิดที่ระยะส่งสูงสุดของอัตราบิต 250 กิโลบิตต่อวินาที)

f = 2410 เมกกะเฮิรตซ์ (คิดที่ความถี่ในการส่ง)

การคำนวณ

Pr = 10^{-9} มิลลิวัตต์

Pt = 1 มิลลิวัตต์

$$\lambda = \frac{3\times10^{8}}{2410\times10^{6}} = 0.1245 \text{ เมตร}$$

$$10^{-12} = 1\times10^{-3} \frac{G}{(4\pi \times 280/0.1245)^2}$$

$$G = 0.799$$

$G = G_t G_r$ โดยที่ $G_t = G_r$

$$\therefore\ G_t = \sqrt{0.799} = 0.894 = G_r$$

จากโครงงานได้นำโมดูลมาใช้ในการรับส่งข้อมูล ค่าส่วนใหญ่เป็นค่าที่ถูกกำหนดมาจากผู้ผลิตโมดูลมาแล้วดังนั้นถ้าเราต้องการที่จะทำให้โมดูลมีการส่งรับให้ได้ระยะที่มากขึ้นเราทำได้โดยการทำส่วนของสายอากาศที่มีเกนที่สูงขึ้นใหม่ จึงจะทำให้สามารถส่งได้ไกลขึ้นได้นั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 วงจรเครื่องส่งตัวที่ 1 และตัวที่ 2

จุดประสงค์

- เพื่อส่งสัญญาณที่เป็นข้อมูลไปยังเครื่องรับ

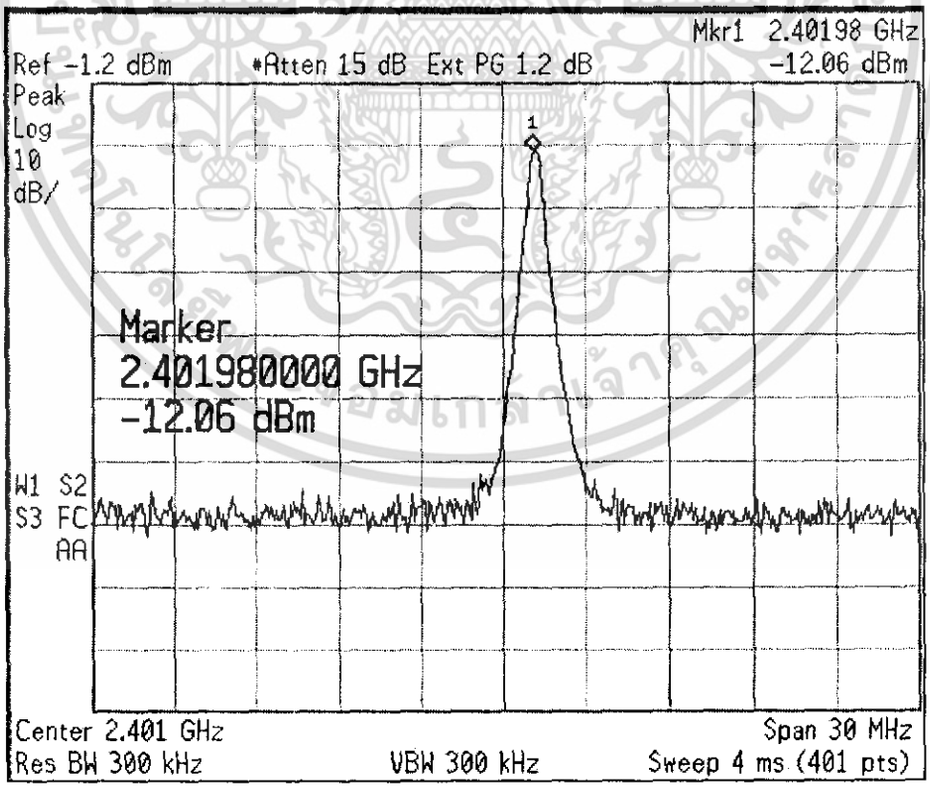
อุปกรณ์

1. Spectrum Analyzer
2. Digital Oscilloscope
3. DC Power Supply

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ป้อนไฟเลี้ยง + 5 โวลต์ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และป้อน +3.3 โวลต์ให้กับโมดูล TRW-2.4G
2. ใช้ Oscilloscope ตรวจวัดสัญญาณที่ขาต่างๆ ของโมดูล
3. ทำการตัวตรวจวัดด้วย Spectrum Analyzer เพื่อดูสัญญาณในแกนความถี่ของสัญญาณเอาท์พุท

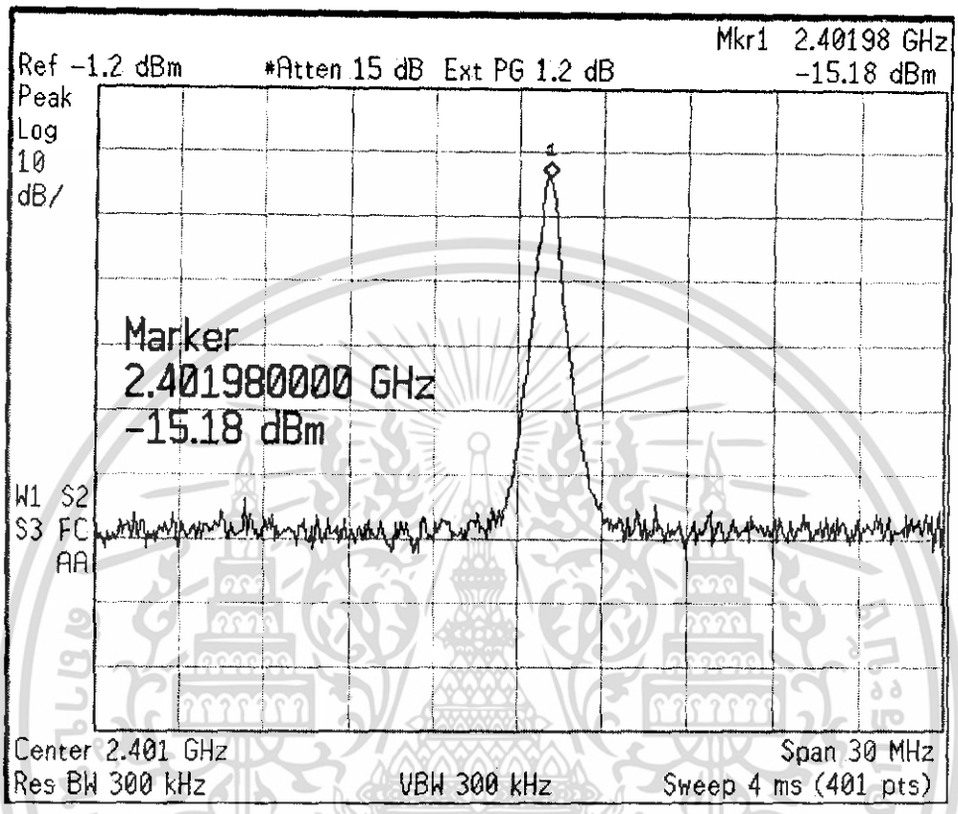
ผลการทดลอง



รูปที่ 4.1 เป็นสัญญาณเอาท์พุทของเครื่องส่งตัวที่ 1 เมื่อตรวจวัดด้วย Spectrum Analyzer

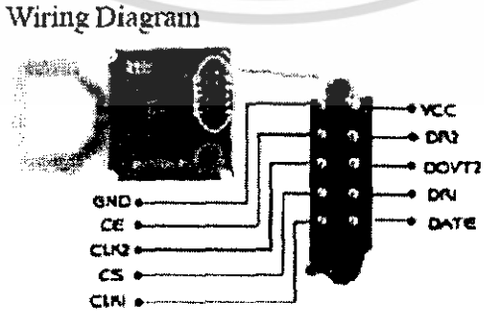
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.1 เป็นรูปแสดงสเปคตรัมของเครื่องส่งตัวที่ 1 โดยเป็นการวัดที่เสาอากาศของตัวโมดูล ซึ่งทำการส่งที่ความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ซึ่งเมื่อทำการวัดออกมาแล้วก็ได้ค่าความถี่ที่ทำการส่งพอดี และมีค่ากำลังส่งที่วัดได้เท่ากับ -12.06 dBm หรือมีค่าเท่ากับ 62.23 มิลลิวัตต์



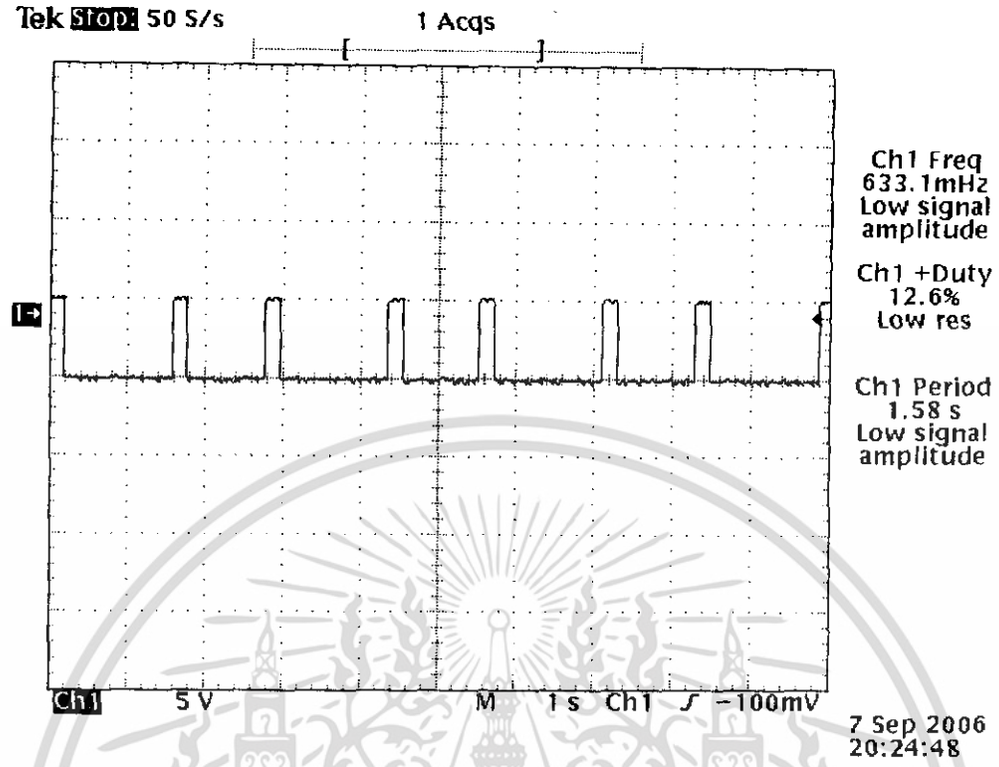
รูปที่ 4.2 เป็นสัญญาณเอาท์พุทของเครื่องส่งตัวที่ 2 เมื่อตรวจวัดด้วย Spectrum Analyzer

จากรูปที่ 4.2 เป็นรูปแสดงสเปคตรัมของเครื่องส่งตัวที่ 2 โดยเป็นการวัดที่เสาอากาศของตัวโมดูลซึ่งทำการส่งที่ความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ซึ่งเมื่อทำการวัดออกมาแล้วก็ได้ค่าความถี่ที่ทำการส่งพอดี และมีค่ากำลังส่งที่วัดได้เท่ากับ -15.15 dBm หรือมีค่าเท่ากับ 30.55 มิลลิวัตต์

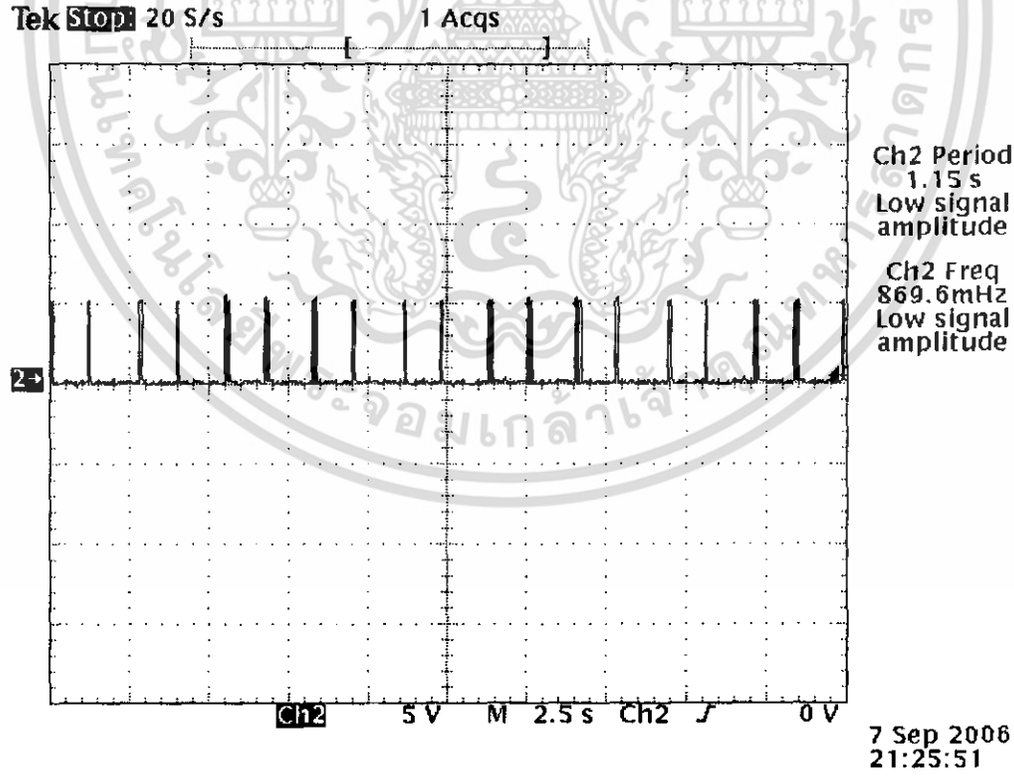


รูปที่ 4.3 เป็นรูปแสดงขาของโมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

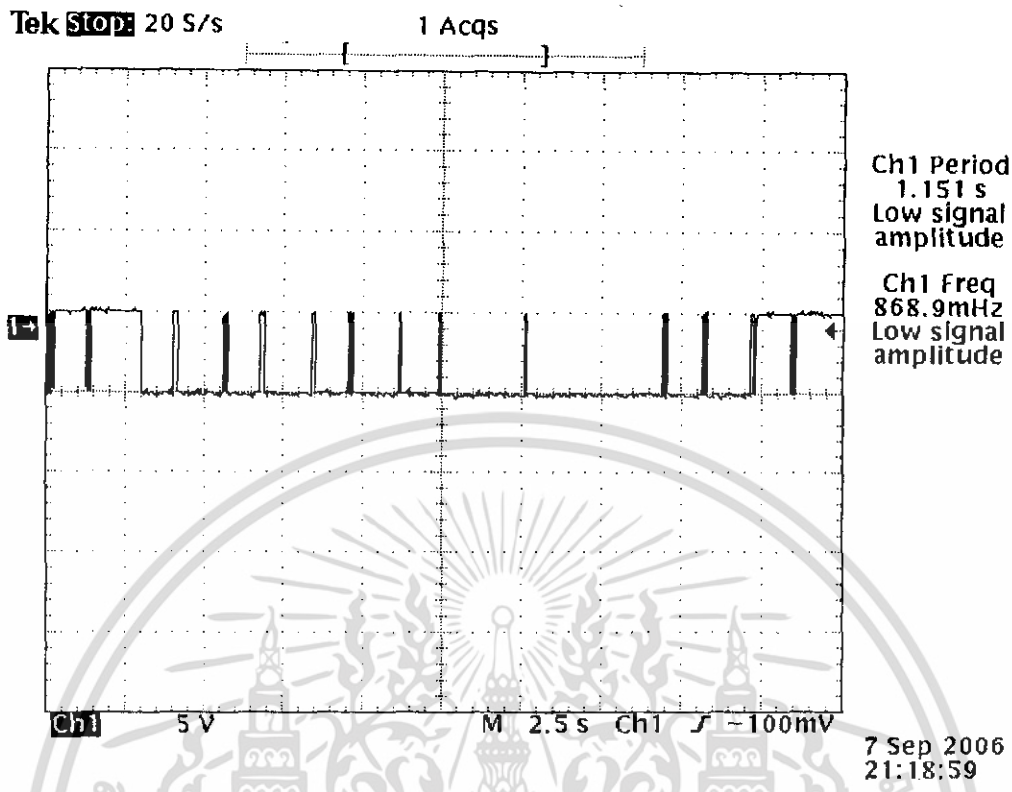


รูปที่ 4.4 สัญญาณของขา CE ของเครื่องส่ง เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope



รูปที่ 4.5 สัญญาณของขา CLK1 ของเครื่องส่ง เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6สัญญาณของขา DATE ของเครื่องส่ง เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope

จากรูปที่ 4.4 เป็นการวัดสัญญาณที่ขา CE ของเครื่องส่งโดยขา CE จะมีหน้าที่ในการกำหนดการทำงานของโหมดต่างๆของตัวโมดูล โดยถ้ามีการกำหนดโหมดจะให้ CE มีสถานะเป็น 1 และเมื่อทำการกำหนดโหมดเสร็จ ก็จะให้ CE มีสถานะเป็น 0

จากรูปที่ 4.5 เป็นการวัดสัญญาณที่ขา CLK 1 ของเครื่องส่งโดยขา CLK 1 จะมีหน้าที่ในการกำหนดการทำงานเพื่อกำหนดสภาวะต่างๆในการให้จังหวะการทำงานแก่ตัวโมดูล

จากรูปที่ 4.6 เป็นการวัดสัญญาณที่ขา DATE ของเครื่องส่งโดยขา DATE จะเป็นขาที่ทำการส่งข้อมูลของตัวโมดูล โดยลักษณะของสัญญาณจะมีรูปแบบเป็นเฟรมของข้อมูลตาม รูปแบบของเฟรมข้อมูลที่อยู่ในคุณสมบัติของโมดูลนั้นเอง โดยจะประกอบไปด้วยในส่วนหัวข้อมูล ส่วนของตำแหน่งข้อมูล ส่วนของข้อมูล และส่วนของการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 วงจรเครื่องรับ

จุดประสงค์

1. เพื่อรับสัญญาณที่เป็นข้อมูลจากเครื่องส่ง
2. เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาแสดงผล

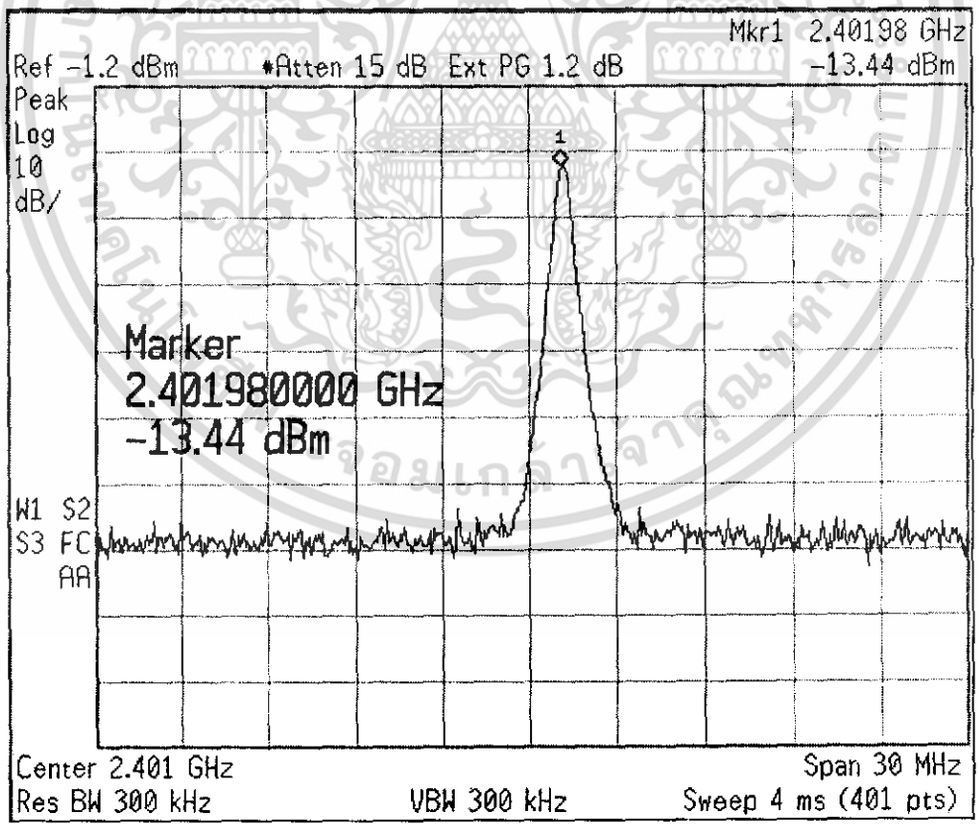
อุปกรณ์

1. Spectrum Analyzer
2. Digital Oscilloscope
3. DC Power Supply

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ป้อนไฟเลี้ยง + 5 โวลต์ให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ และป้อน +3.3 โวลต์ให้กับโมดูล TRW-2.4G
2. ใช้ Oscilloscope ตรวจวัดสัญญาณที่ขาต่างๆ ของโมดูล
3. ทำการตัวตรวจวัดด้วย Spectrum Analyzer เพื่อดูสัญญาณในแกนความถี่ของสัญญาณเอาท์พุท

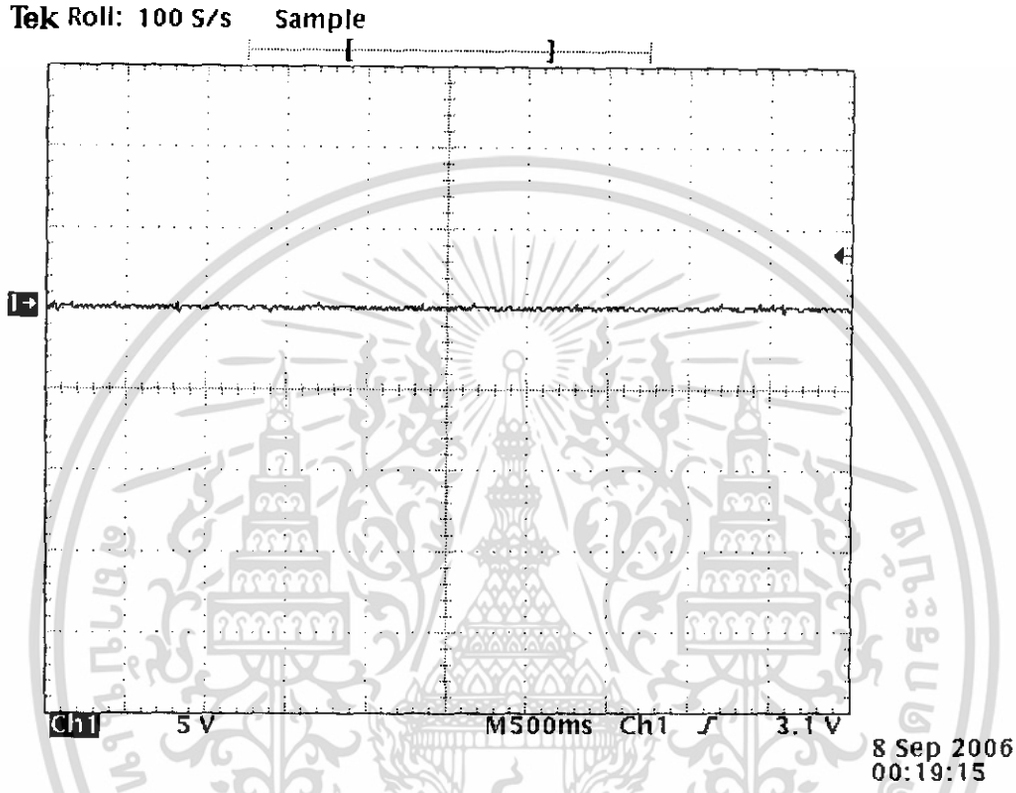
ผลการทดลอง



รูปที่ 4.7 เป็นสัญญาณอินพุทของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Spectrum Analyzer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

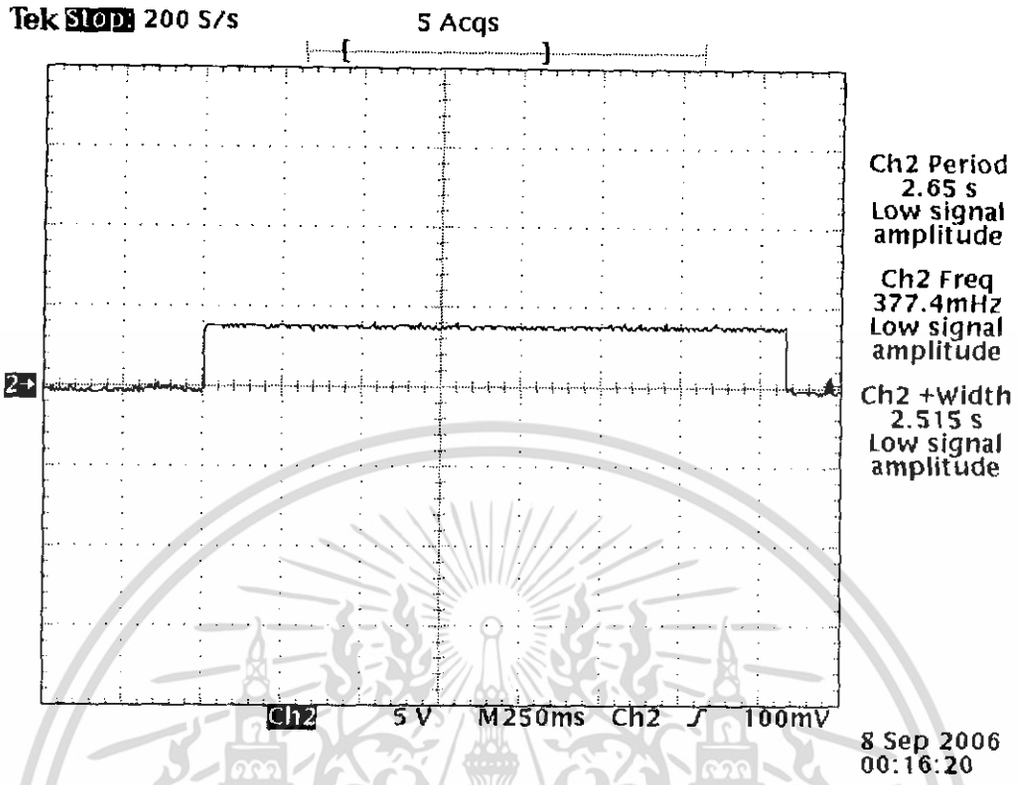
จากรูปที่ 4.7 เป็นรูปแสดงสเปคตรัมของเครื่องรับ โดยเป็นการวัดที่เสาอากาศของตัวโมดูลซึ่งทำการส่งที่ความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ซึ่งเมื่อทำการวัดออกมาแล้วก็ได้ค่าความถี่ที่ทำการส่งพอดี และมีค่ากำลังส่งที่วัดได้เท่ากับ -13.44 dBm หรือมีค่าเท่ากับ 45.29 มิลลิวัตต์



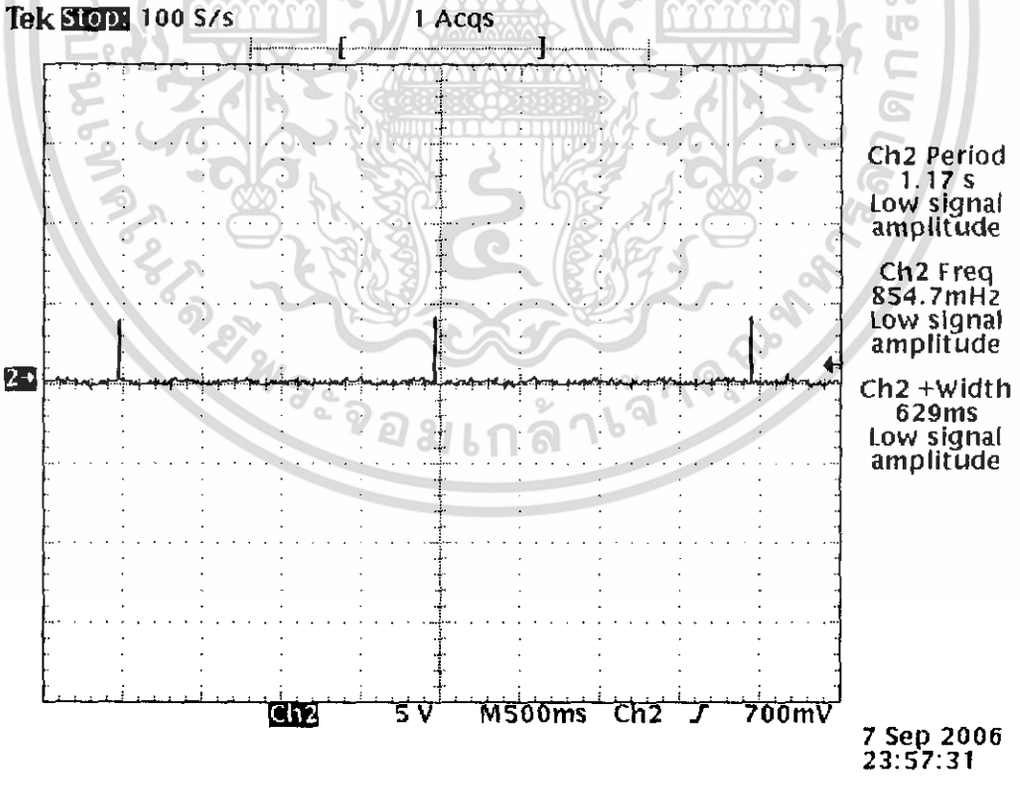
รูปที่ 4.8 สัญญาณของขา CS ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope

จากรูปที่ 4.8 เป็นการวัดสัญญาณที่ขา CS ของเครื่องรับโดยขา CS จะมีหน้าที่ในการค่าต่างๆ ให้กับโมดูล โดยการทำงานถ้ามีการกำหนดสถานะต่างๆ หรือในขณะนั้นโมดูลมีการทำงาน สัญญาณที่ขา CS ของโมดูลจะมีสถานะเป็น 1 ตลอดจนกว่าจะมีการหยุดการทำงานของโมดูล สัญญาณที่ขา CS ของโมดูลก็จะมีสถานะเป็น 0 ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

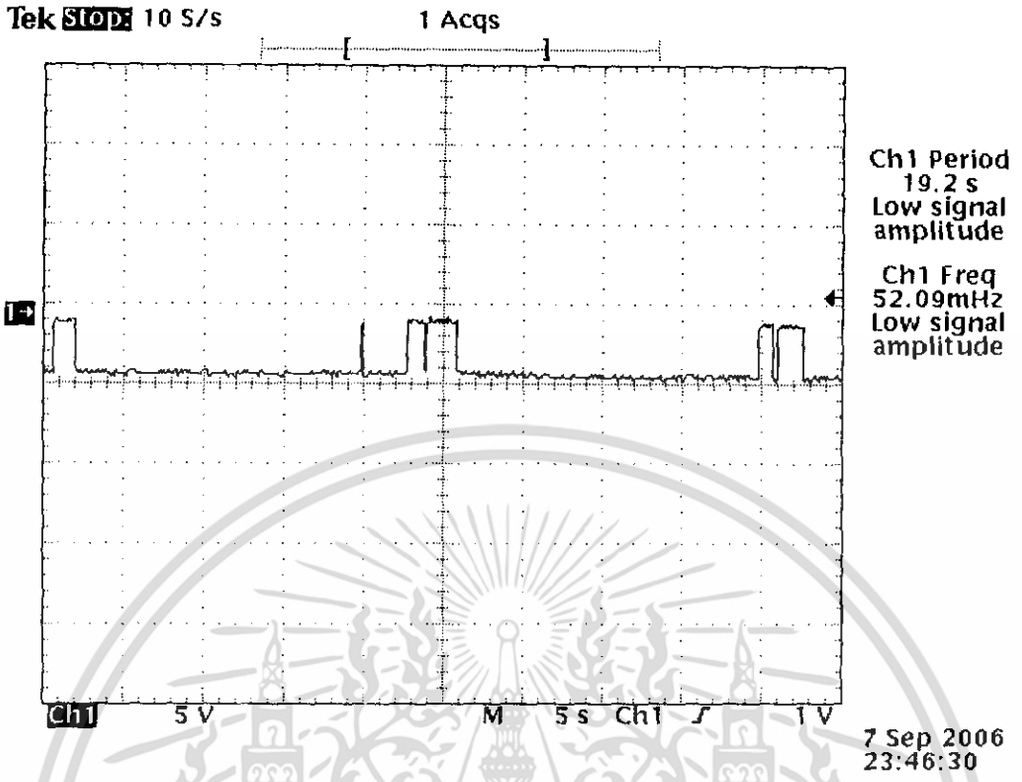


รูปที่ 4.9 สัญญาณของขา CE ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope

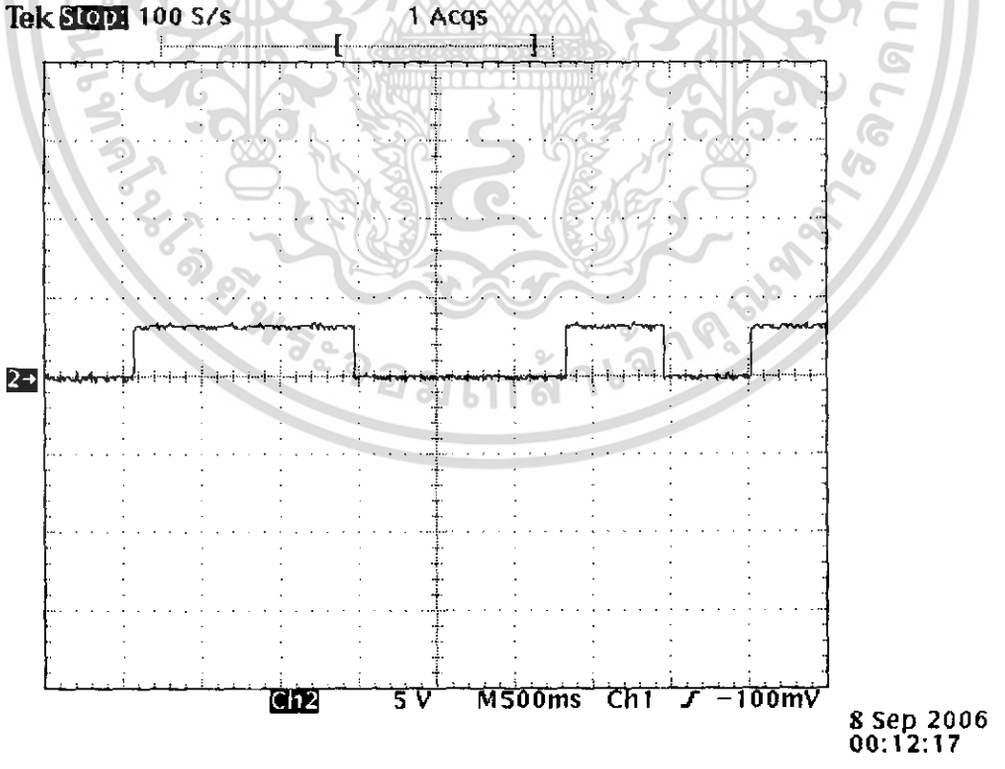


รูปที่ 4.10 สัญญาณของขา CLK1 ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

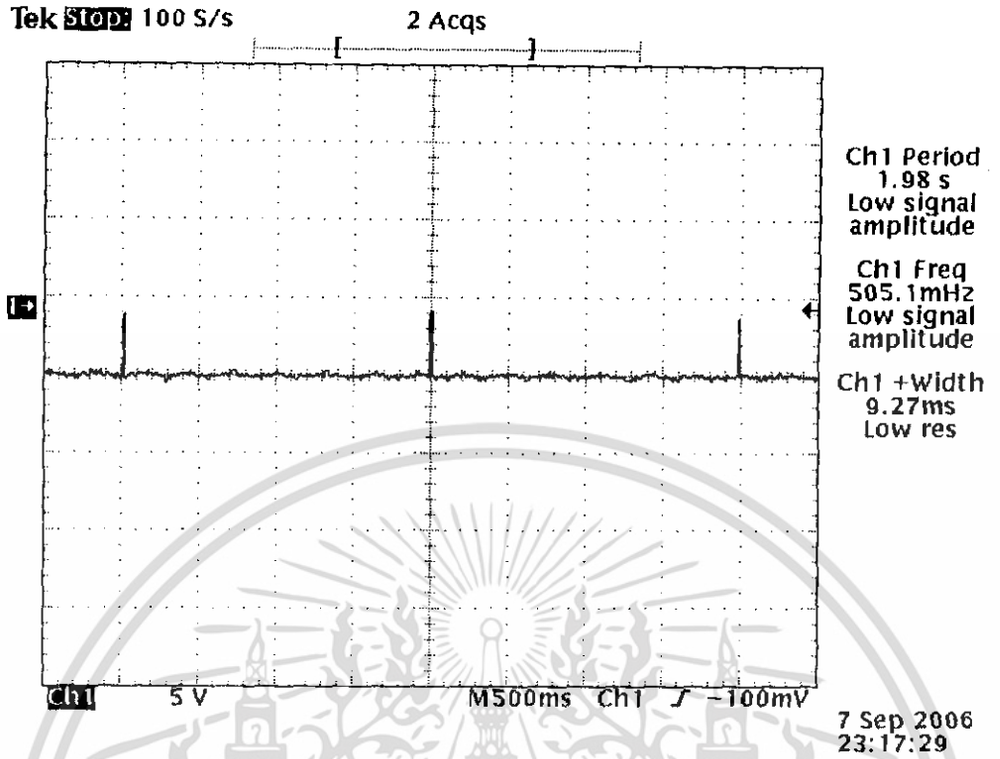


รูปที่ 4.11 สัญญาณของขา DATE ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope

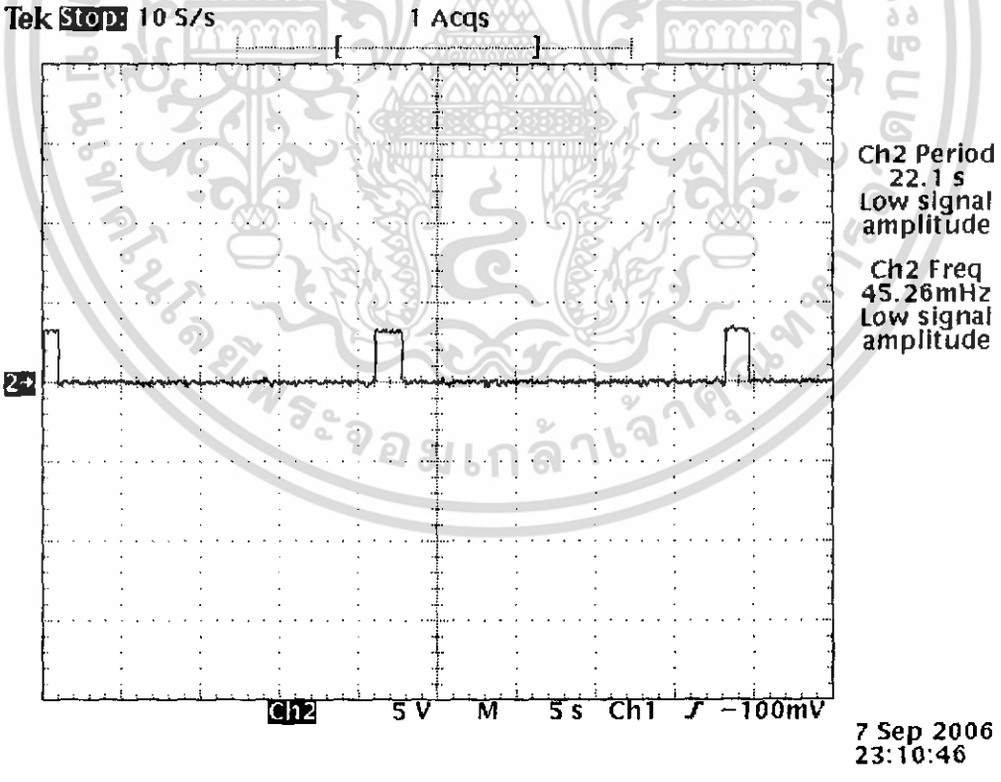


รูปที่ 4.12 สัญญาณของขา DR1 ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

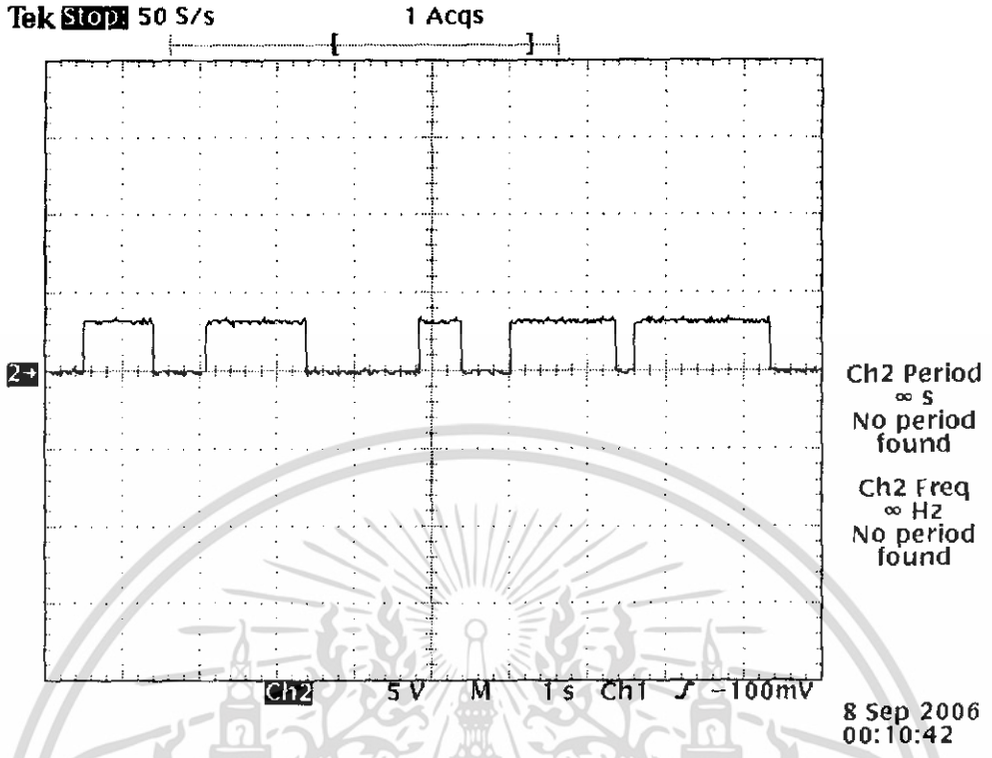


รูปที่ 4.13 สัญญาณของขา CLK2 ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope



รูปที่ 4.14 สัญญาณของขา DOUT2 ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 สัญญาณของขา DR2 ของเครื่องรับ เมื่อตรวจวัดด้วย Oscilloscope

จากรูปที่ 4.9 เป็นการวัดสัญญาณที่ขา CE ของเครื่องรับโดยขา CE จะมีหน้าที่ในการกำหนดการทำงานของโหมดต่างๆของตัวโมดูล โดยถ้ามีการกำหนดโหมดจะให้ CE มีสถานะเป็น 1 และเมื่อทำการกำหนดโหมดเสร็จแล้ว ก็จะให้ CE มีสถานะเป็น 0

จากรูปที่ 4.10 เป็นการวัดสัญญาณที่ขา CLK1 ของเครื่องรับโดยขา CLK1 จะมีหน้าที่ในการกำหนดการทำงานเพื่อกำหนดสภาวะต่างๆในการให้จังหวะการทำงานแก่ตัวโมดูลซึ่งจะเป็นสถานะของช่องที่ 1 ของโมดูล

จากรูปที่ 4.11 เป็นการวัดสัญญาณที่ขา DATE ของเครื่องรับ ซึ่งเป็นสถานะของช่องที่ 1 ของโมดูลโดยขา DATE จะเป็นขาที่ทำการส่งข้อมูลของตัวโมดูล โดยลักษณะของสัญญาณจะมีรูปแบบเป็นเฟรมของข้อมูลตาม รูปแบบของเฟรมข้อมูลที่อยู่ในคุณสมบัติของโมดูลนั้นเอง โดยจะประกอบไปด้วยในส่วนหัวข้อมูล ส่วนของตำแหน่งข้อมูล ส่วนของข้อมูล และส่วนของการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล

จากรูปที่ 4.12 สัญญาณของขา DR1 ของเครื่องรับ เป็นสถานะแสดงการรับข้อมูลช่องที่ 1 ของโมดูลโดยถ้าโมดูลมีการรับข้อมูล สถานะสัญญาณของขา DR1 นี้จะมีสถานะเป็น 1 และพอไม่มีการรับข้อมูลสถานะจะเป็น 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.13 เป็นการวัดสัญญาณที่ขา CLK1 ของเครื่องรับโดยขา CLK2 จะมีหน้าที่ในการกำหนดการทำงานเพื่อกำหนดสภาวะต่างในการให้จังหวะการทำงานแก่ตัวโมดูลซึ่งจะเป็นสถานะของช่องที่ 2 ของโมดูล

จากรูปที่ 4.14 เป็นการวัดสัญญาณที่ขา DOUT2 ของเครื่องรับ ซึ่งเป็นสถานะของช่องที่ 2 ของโมดูลโดยขา DOUT2 จะเป็นขาที่ทำการส่งข้อมูลของตัวโมดูล โดยลักษณะของสัญญาณจะมีรูปแบบเป็นเฟรมของข้อมูลตาม รูปแบบของเฟรมข้อมูลที่อยู่ในคุณสมบัติของโมดูลนั้นเอง โดยจะประกอบไปด้วยในส่วนหัวข้อมูล ส่วนของตำแหน่งข้อมูล ส่วนของข้อมูล และส่วนของการตรวจสอบความผิดพลาดของข้อมูล

จากรูปที่ 4.15 สัญญาณของขา DR2 ของเครื่องรับ เป็นสถานะแสดงการรับข้อมูลช่องที่ 2 ของโมดูลโดยถ้าโมดูลมีการรับข้อมูล สถานะสัญญาณของขา DR2 นี้จะมีสถานะเป็น 1 และพอไม่มีการรับข้อมูลสถานะจะเป็น 0

4.3 ส่วนการตรวจวัดอุณหภูมิและการควบคุมพัดลมเนื่องจากอุณหภูมิ

จุดประสงค์

- เพื่อทดสอบการตรวจวัดอุณหภูมิทั้งภายในและภายนอกเรือนเพาะปลูก
- เพื่อทดสอบนำค่าของอุณหภูมิที่ได้ไปทำการควบคุมระบบต่อไป

อุปกรณ์

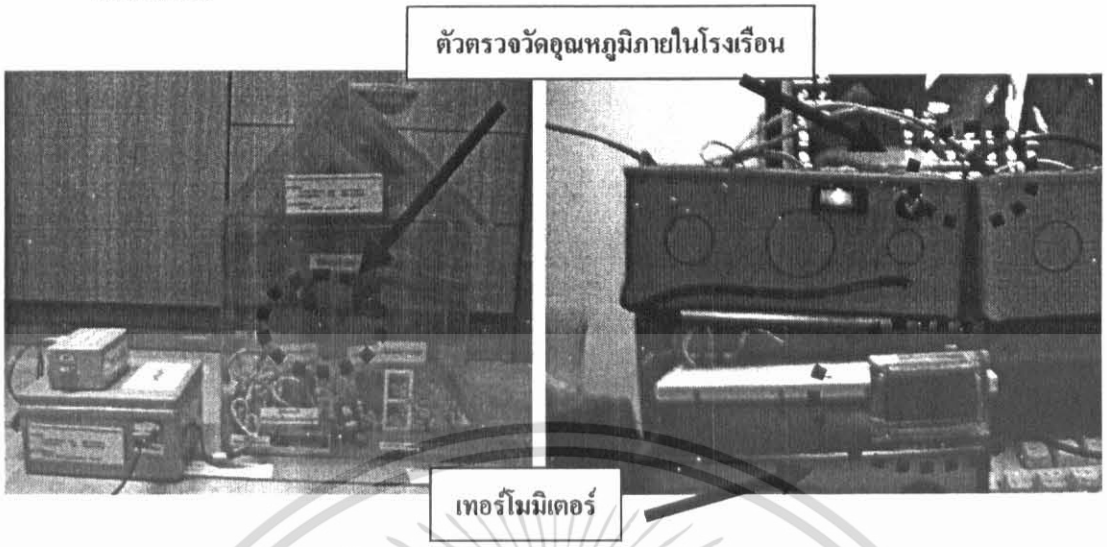
1. เทอร์โมมิเตอร์ดิจิตอล
2. เรือนเพาะปลูกจำลอง
3. เครื่องระบบตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สาย
4. คอมพิวเตอร์
5. โปรแกรมแสดงผลและควบคุมหน้าจอคอมพิวเตอร์

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อเครื่องระบบตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สายเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต DB-9
2. เปิดโปรแกรมแสดงผลและควบคุมหน้าจอคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง



(ก) แสดงรูปการต่ออุปกรณ์เพื่อทำการทดลอง

(ข) แสดงรูปหน้าจอเพื่อแสดงผล

รูปที่ 4.16 แสดงการเตรียมอุปกรณ์รวมถึงการจัดอุปกรณ์เพื่อทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลอง

- ผลการทดลองการวัดอุณหภูมิของตัวตรวจวัดอุณหภูมิ

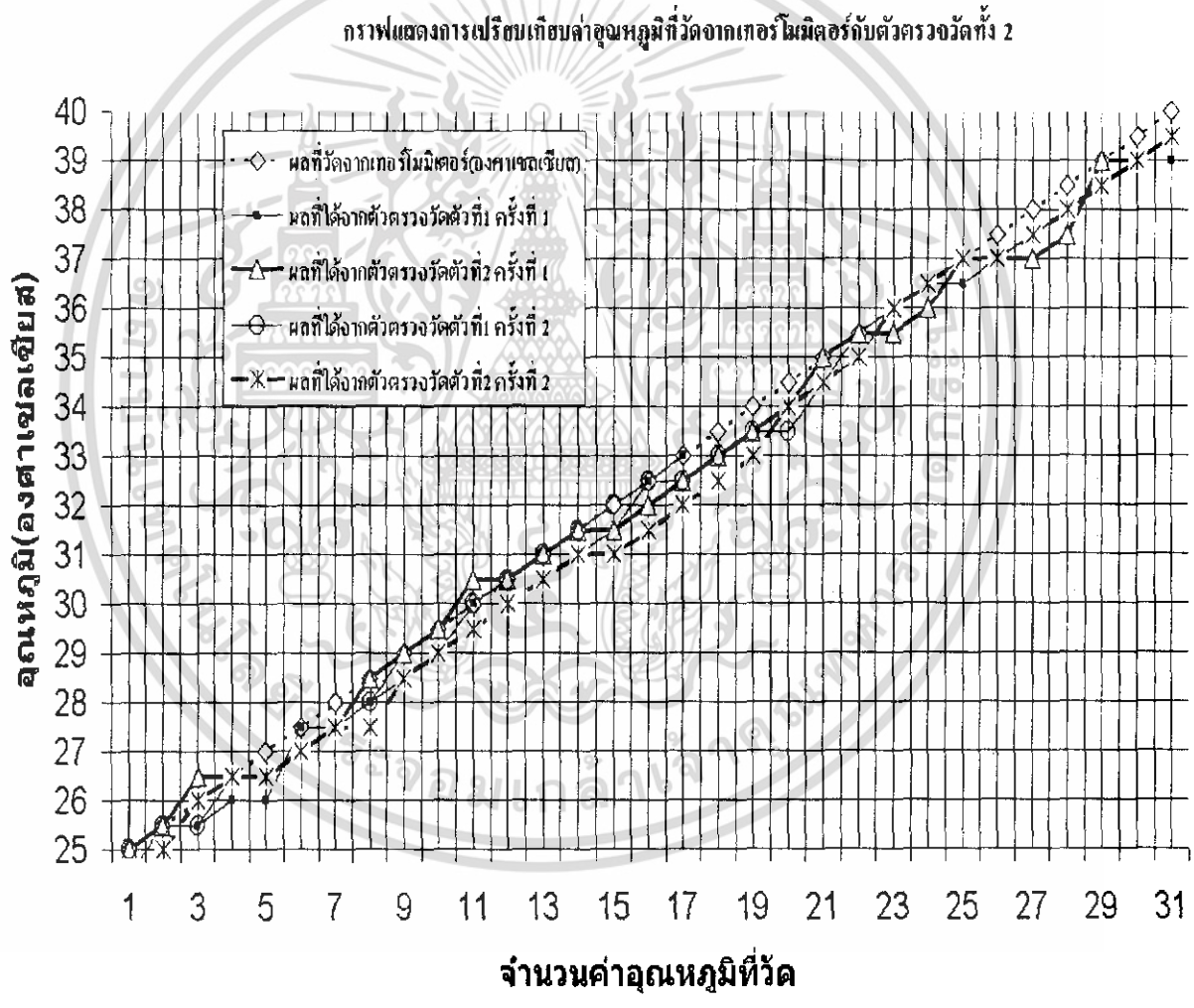
ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองวัดอุณหภูมิ ตั้งแต่ 25 – 40 องศาเซลเซียส

ผลที่วัดจาก เทอร์โมมิเตอร์ (องศาเซลเซียส)	ผลที่ได้จาก ตัวตรวจวัดตัวที่ 1 ครั้งที่1	ผลที่ได้จาก ตัวตรวจวัดตัวที่ 2 ครั้งที่1	ผลที่ได้จาก ตัวตรวจวัดตัวที่ 1 ครั้งที่2	ผลที่ได้จาก ตัวตรวจวัดตัวที่ 2 ครั้งที่2
25.0	24.5	25.0	25.0	24.5
25.5	25.5	25.5	25.5	25.0
26.0	25.5	26.5	25.5	26.0
26.5	26.0	26.5	26.5	26.5
27.0	26.0	26.5	26.5	26.5
27.5	27.5	27.0	27.0	27.0
28.0	27.5	27.5	27.5	27.5
28.5	28.0	28.5	28.0	27.5
29.0	29.0	29.0	28.5	28.5
29.5	29.5	29.5	29.0	29.0
30.0	30.0	30.5	30.0	29.5
30.5	30.5	30.5	30.5	30.0
31.0	31.0	31.0	31.0	30.5
31.5	31.0	31.5	31.5	31.0
32.0	31.5	31.5	32.0	31.0
32.5	32.5	32.0	32.5	31.5
33.0	33.0	32.5	32.5	32.0
33.5	33.0	33.0	33.0	32.5
34.0	33.5	33.5	33.5	33.0
34.5	34.0	34.0	33.5	34.0
35.0	34.5	35.0	34.5	34.5
35.5	35.5	35.5	35.0	35.0
36.0	36.0	35.5	36.0	36.0
36.5	36.5	36.0	36.5	36.5
37.0	36.5	37.0	37.0	37.0
37.5	37.0	37.0	37.0	37.0
38.0	37.5	37.0	37.5	37.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1(ต่อ) แสดงผลการทดลองวัดอุณหภูมิ ตั้งแต่ 25 – 40 องศาเซลเซียส

ผลที่วัดจาก เทอร์โมมิเตอร์ (องศาเซลเซียส)	ผลที่ได้จาก ตัวตรวจวัดครั้งที่1	ผลที่ได้จาก ตัวตรวจวัดครั้งที่2	ผลที่ได้จาก ตัวตรวจวัดครั้งที่1	ผลที่ได้จาก ตัวตรวจวัดครั้งที่1
38.5	38.0	37.5	38.0	38.0
39.0	38.5	39.0	38.5	38.5
39.5	39.0	39.0	39.0	39.0
40.0	39.0	39.5	39.5	39.5



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากตัวตรวจวัดอุณหภูมิกับเทอร์โมมิเตอร์

จากผลการทดลองและดูจากกราฟที่ทำการพ็อตแล้ว ค่าหรือผลที่ได้ค่อนข้างที่จะถูกต้องและแม่นยำมากเมื่อเทียบกับเทอร์โมมิเตอร์แล้ว และค่าที่ได้เป็นลักษณะของค่าที่เป็นเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผลการทดลองการควบคุมระบบเนื่องจากตัวตรวจวัดอุณหภูมิ

หลักการการควบคุม

1. เมื่ออุณหภูมิมีค่ามากกว่าระดับที่กำหนดไว้จะถือว่ามีอุณหภูมิที่สูงเกินไป
2. เมื่ออุณหภูมิสูงเกินไป จะทำให้ระบบสั่งให้พัดลม ที่อยู่ในเรือนเพาะปลูกจำลองทำงานเพื่อทำการปรับอุณหภูมิให้มีค่าพอเหมาะ
3. อุณหภูมิพอเหมาะคืออุณหภูมิที่มีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิที่ถูกกำหนดไว้

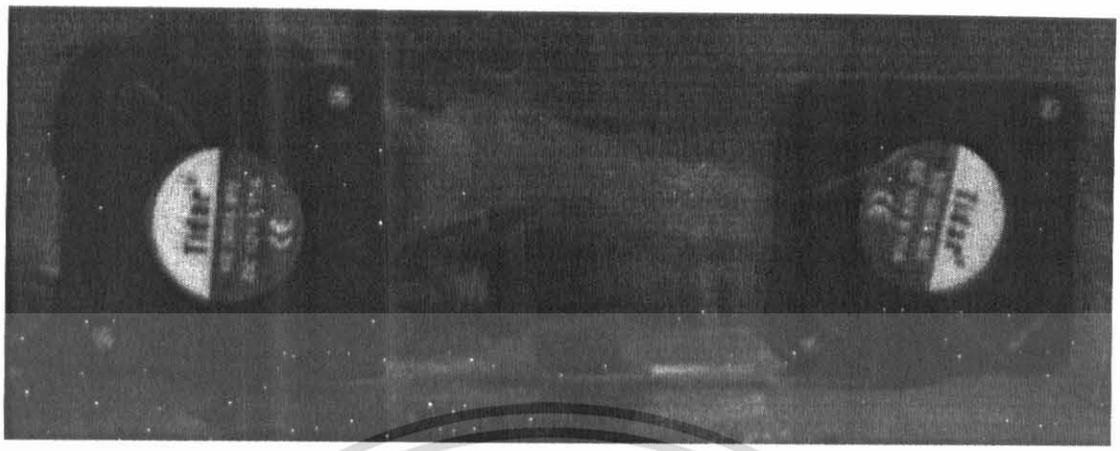
รูปที่ 4.18 รูปแสดงหน้าจอการกำหนดค่าที่ใช้ในการควบคุมระบบการปรับอุณหภูมิภายในเรือนเพาะปลูกจำลอง โดยกำหนดให้อุณหภูมิเท่ากับ 33.5 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.19 รูปแสดงผลค่าอุณหภูมิที่ได้ในขณะนั้น โดยมีค่าเท่ากับ 34.0 องศาเซลเซียส ซึ่งมีค่ามากกว่าอุณหภูมิที่กำหนดไว้ ทำให้พัดลมทำงานเพื่อปรับสภาพอุณหภูมิ

(ก) พัดลมไม่ทำงานเนื่องจากอุณหภูมิยังปกติน้อยกว่า 34.0 องศาเซลเซียส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) พัดลมทำงานเนื่องจากอุณหภูมิสูงเกินปกติมากกว่า 34.0 องศาเซลเซียส

รูปที่ 4.20 แสดงการทำงานของพัดลมเนื่องจากการควบคุมระบบผ่านทางโปรแกรมหน้าจอคอมพิวเตอร์

จากรูปที่ 4.20 แสดงให้เห็นได้ว่าในสภาวะปกติ ที่ยังมีอุณหภูมิที่พอเหมาะหรือตรงกับอุณหภูมิที่เราได้ออกแบบหรือติดตั้งไว้ พัดลมก็ยังจะอยู่ในสภาวะปกติ แต่พอค่าของอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงโดยเมื่อสูงกว่าค่าที่เราตั้งไว้ ระบบก็จะทำการสั่งให้พัดลมทำงานเพื่อปรับอุณหภูมิให้ลดลงเพื่อให้พอเหมาะกับอุณหภูมิของเรือนเพาะปลูกที่ได้กำหนดไว้นั่นเอง

4.4 ส่วนการตรวจวัดความชื้นของดินและการควบคุมแอลอีดีเนื่องจากความชื้นของดิน

จุดประสงค์

- เพื่อทดสอบการตรวจวัดความชื้นดินบนแปลงเพาะปลูกในเรือนเพาะปลูก
- เพื่อทดสอบนำค่าของความชื้นดินที่ได้ไปทำการควบคุมระบบต่อไป โดยจะจำลองให้สถานะของแอลอีดี แทนสถานะการเปิดหรือปิดน้ำในเรือนเพาะปลูก

อุปกรณ์

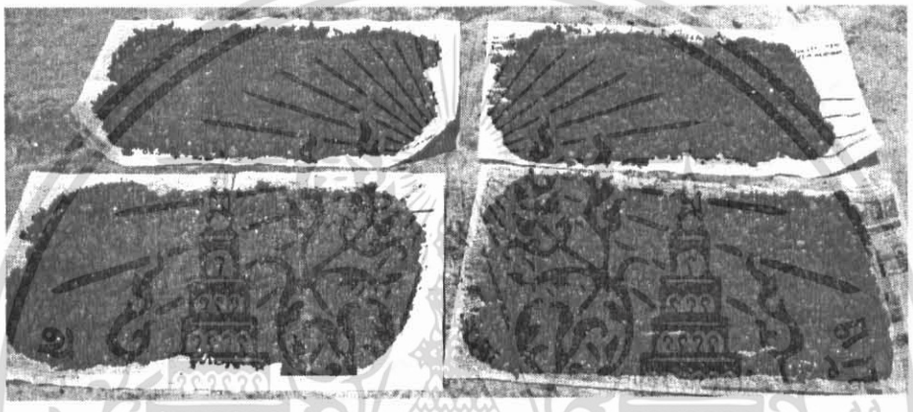
1. เทนชิโอมิเตอร์
2. เครื่องระบบตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สาย
3. ดินที่ใช้ในการเพาะปลูกจริง
4. เรือนเพาะปลูกจำลอง
5. คอมพิวเตอร์
6. โปรแกรมแสดงผลและควบคุมหน้าจอคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลำดับขั้นการทดลอง

1. ต่อเครื่องระบบตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สายเข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านพอร์ต DB-9
2. นำดินที่เตรียมไว้ใส่ขวดทดลอง
3. นำเทนชิโอมิเตอร์วัดดินเพื่อหาค่าความชื้นในแต่ละขวดทดลอง
4. นำตัวตรวจวัดความชื้นดินที่สร้างขึ้นวัดดินที่เตรียมไว้เทียบกับเทนชิโอมิเตอร์
5. เปิดโปรแกรมแสดงผลและควบคุมหน้าจอคอมพิวเตอร์

การทดลอง

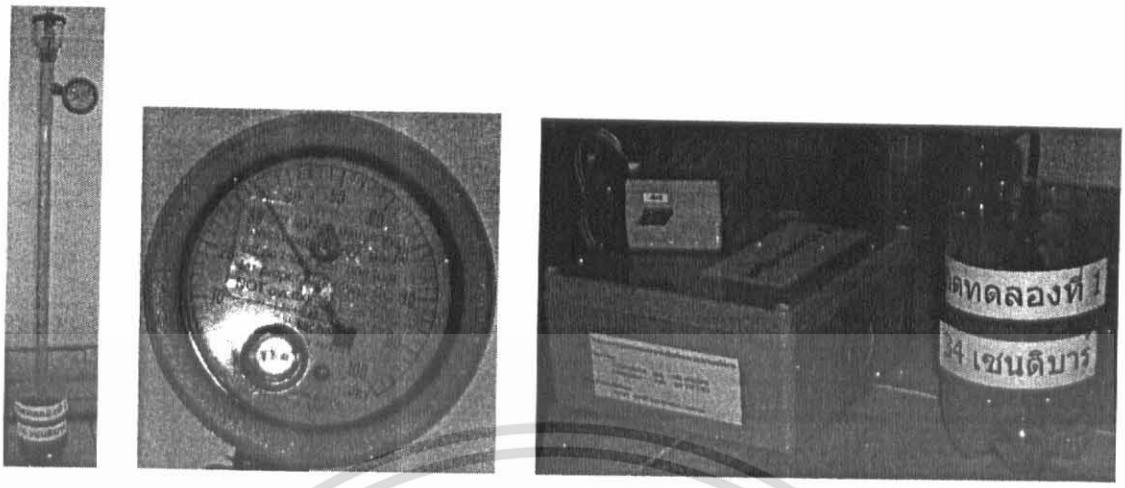


(ก) ตากดินเพื่อทำการทดลอง

(ข) แช่เทนชิโอมิเตอร์ก่อนทำการทดลอง

รูปที่ 4.21 แสดงการเตรียมอุปกรณ์รวมถึงการจัดอุปกรณ์เพื่อทำการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

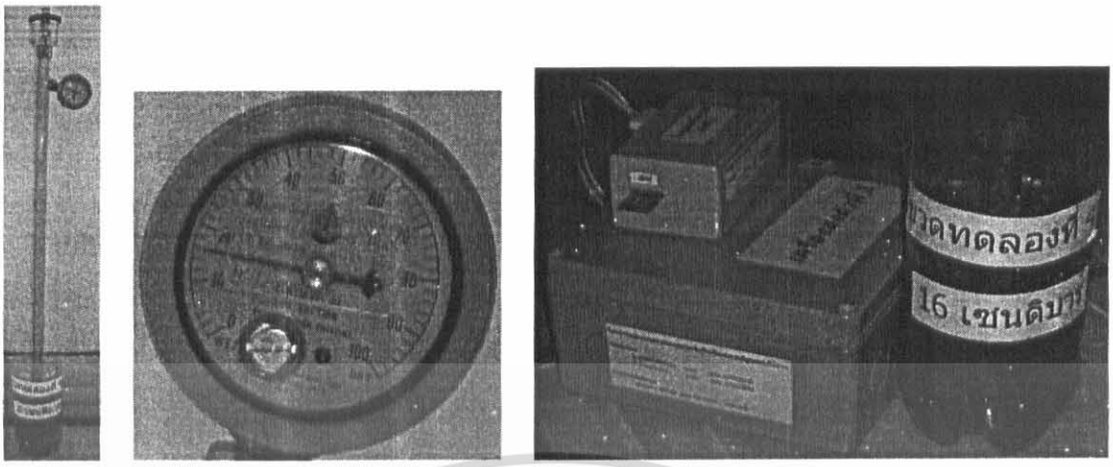


(ก) วัดค่าความชื้นดินเท่ากับ 34 เซนติบาร์

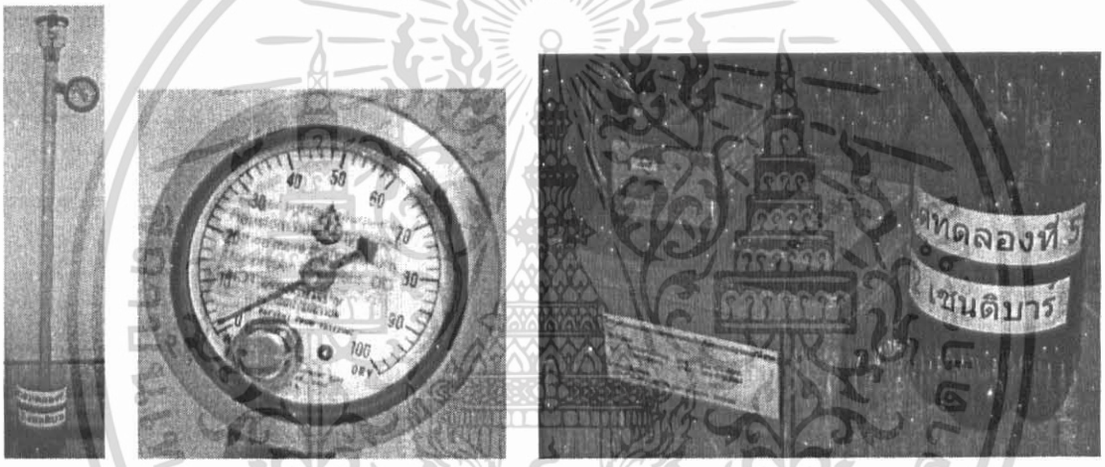
(ข) วัดค่าความชื้นดินเท่ากับ 28 เซนติบาร์

(ค) วัดค่าความชื้นดินเท่ากับ 22 เซนติบาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ง) วัดค่าความชื้นดินเท่ากับ 16 เซนติบาร์



(จ) วัดค่าความชื้นดินเท่ากับ 2 เซนติบาร์

รูปที่ 4.22 แสดงการวัดความชื้นดินด้วยเทนชิโอมิเตอร์และเครื่องตรวจวัดที่ทำขึ้นมาเอง

ผลการทดลอง

- ผลการทดลองการวัดอุณหภูมิของตัวตรวจวัดความชื้นในดิน

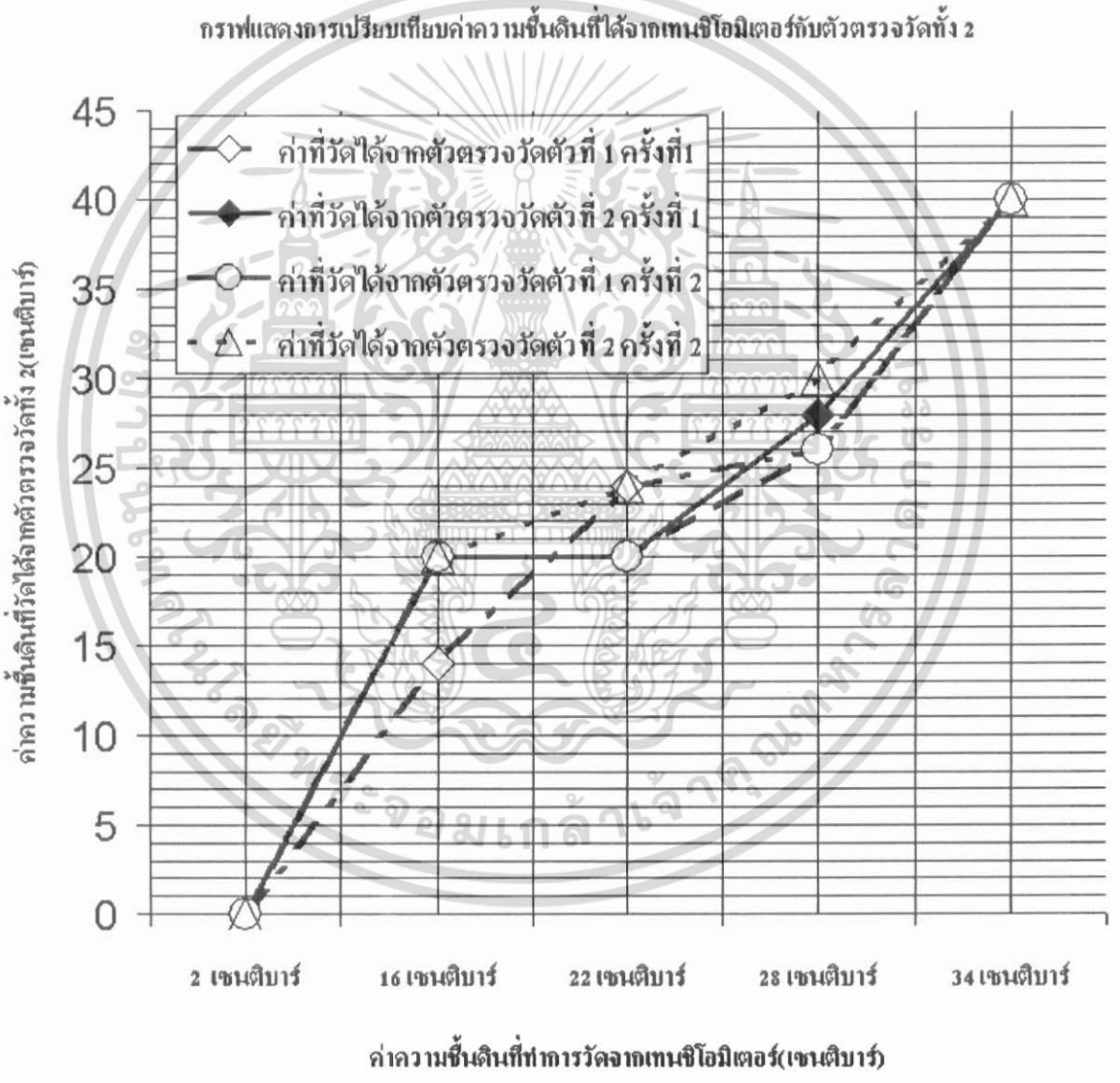
ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองวัดความชื้นในดิน 5 สถานะ 2 เซนติบาร์ 16 เซนติบาร์ 22 เซนติบาร์ 28 เซนติบาร์ และ 34 เซนติบาร์

ค่าที่วัดได้จากเทนชิโอมิเตอร์	ค่าที่วัดได้จากตัวตรวจวัดตัวที่ 1 ครั้งที่ 1	ค่าที่วัดได้จากตัวตรวจวัดตัวที่ 2 ครั้งที่ 1	ค่าที่วัดได้จากตัวตรวจวัดตัวที่ 1 ครั้งที่ 2	ค่าที่วัดได้จากตัวตรวจวัดตัวที่ 2 ครั้งที่ 2
2 เซนติบาร์	0	0	0	0
16 เซนติบาร์	14	20	20	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)แสดงผลการทดลองวัดความชื้นในดิน 5 สถานะ

ค่าที่วัดได้จากเทนชิโอมิเตอร์	ค่าที่วัดได้จากตัวตรวจวัดตัวที่ 1 ครั้งที่ 1	ค่าที่วัดได้จากตัวตรวจวัดตัวที่ 2 ครั้งที่ 1	ค่าที่วัดได้จากตัวตรวจวัดตัวที่ 1 ครั้งที่ 2	ค่าที่วัดได้จากตัวตรวจวัดตัวที่ 2 ครั้งที่ 2
22 เซนติบาร์	24	20	20	24
28 เซนติบาร์	26	28	26	30
34 เซนติบาร์	40	40	40	40



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากตัวตรวจวัดความชื้นในดินกับเทนชิโอมิเตอร์

จากผลการทดลองและดูจากกราฟที่ทำการพ็อตแล้ว ค่าหรือผลที่ได้ค่อนข้างที่จะแกว่งหรือยังไม่คงที่และตรงกับค่าที่วัดได้จากเทนชิโอมิเตอร์เท่าที่ควร จะทำให้ยังมีความผิดพลาดและเที่ยงตรงน้อยอยู่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ผลการทดลองการควบคุมระบบเนื่องจากตัวตรวจวัดความชื้นในดิน

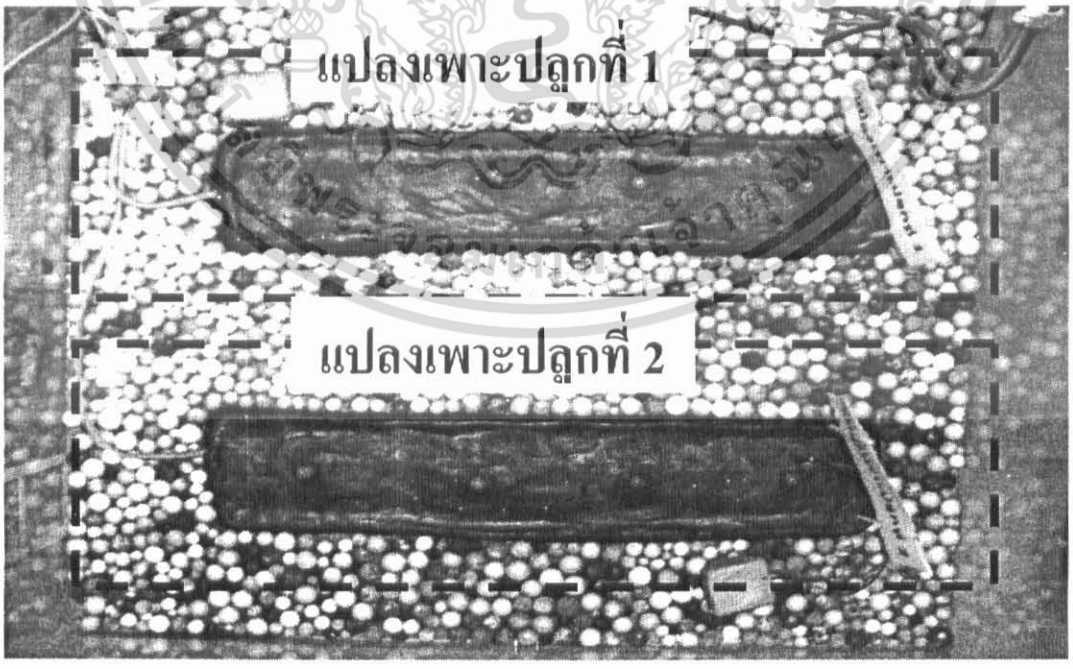
<u>หลักการการควบคุม</u>

1. เมื่อความชื้นในดินมีค่ามากกว่าระดับที่กำหนดไว้จะถือว่ามีระดับความชื้นในดินที่สูงเกินไป
2. เมื่อระดับความชื้นในดินสูงเกินไป จะทำให้ระบบสั่งให้แอลอีดีติด (แทนสถานะว่ามีการให้น้ำ) ที่อยู่ในเรือนเพาะปลูกจำลองทำงานเพื่อทำการปรับระดับความชื้นในดินให้มีค่าเหมาะสม
3. ความชื้นในดินพอเหมาะคือความชื้นในดินที่มีค่าน้อยกว่าความชื้นในดินที่ถูกกำหนดไว้

รูปที่ 4.24 รูปแสดงหน้าจอการกำหนดค่าที่ใช้ในการควบคุมระบบการปรับความชื้นดินภายในเรือนเพาะปลูกจำลอง โดยกำหนดให้ความชื้นดินเท่ากับ 22 เซนติบาร์

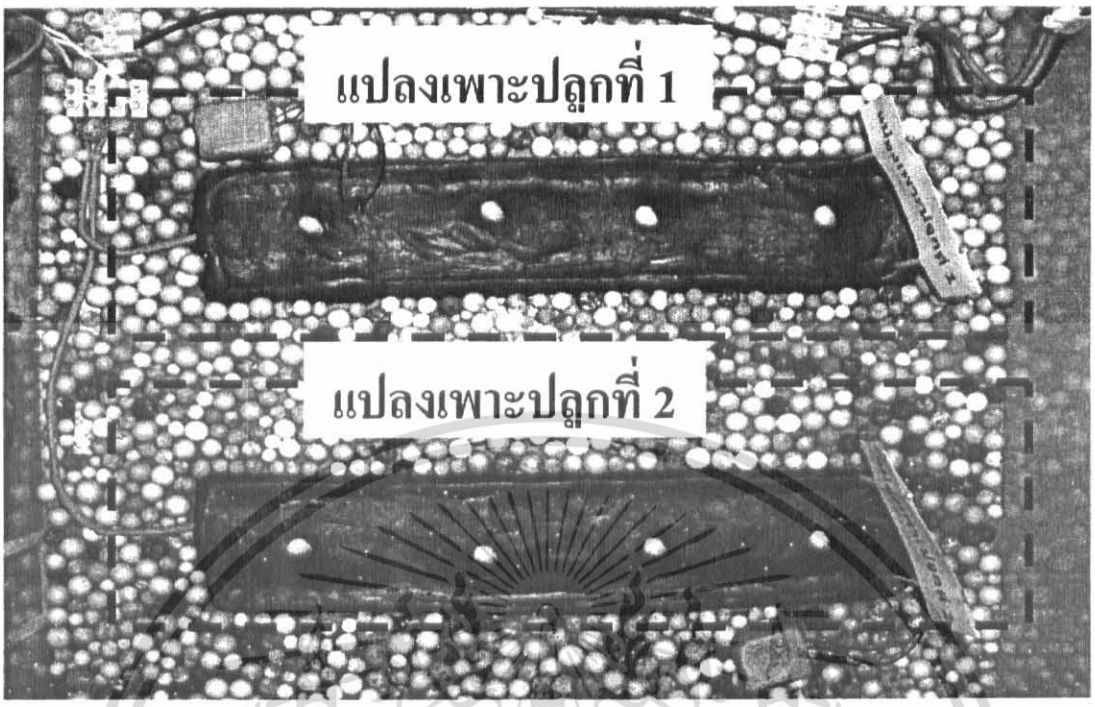
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.25 รูปแสดงผลค่าความชื้นในดินที่ได้ในขณะนั้น โดยแปลงเพาะปลูก 1 มีค่าเท่ากับ 26 เซนติบาร์ และแปลงเพาะปลูก 2 มีค่าเท่ากับ 28 เซนติบาร์ ซึ่งมีค่ามากกว่าความชื้นดินที่กำหนดไว้ ทำให้แอลอีดีทำงานเพื่อปรับสภาพความชื้นดินในเรือนเพาะปลูก



(ก) แอลอีดีไม่ทำงานเนื่องจากความชื้นดินยังปกติน้อยกว่า 22 เซนติบาร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ข) แอลอีดีทำงานเนื่องจากความชื้นดินสูงเกินกว่า 22 เซนติบาร์

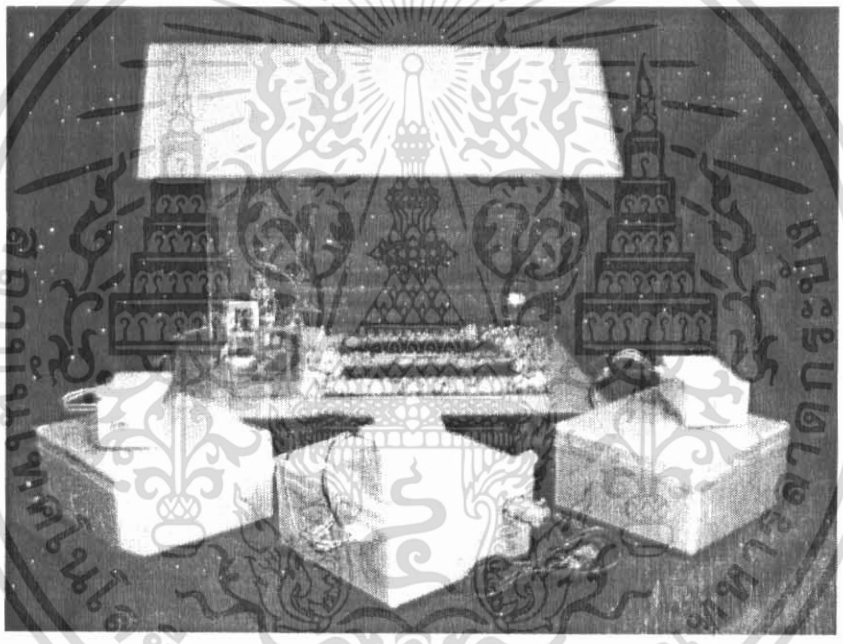
รูปที่ 4.26 แสดงการทำงานของแอลอีดีเนื่องจากการควบคุมระบบผ่านทางโปรแกรมหน้าจอคอมพิวเตอร์

จากรูปที่ 4.26 แสดงให้เห็นได้ว่าในสภาวะปกติ ที่ยังมีความชื้นของดินที่พอเหมาะหรือตรงกับความชื้นของดินที่เราได้ออกแบบหรือติดตั้งไว้ แอลอีดีก็ยังจะอยู่ในสภาวะปกติ แต่พอค่าของความชื้นของดินเปลี่ยนแปลงโดยเมื่อสูงกว่าค่าที่เราตั้งไว้ ระบบก็จะทำการสั่งให้แอลอีดีติดสว่างทำงานเพื่อปรับสภาพความชื้นของดินให้ลดลงเพื่อให้พอเหมาะกับสภาพของความชื้นดินในแปลงเพาะปลูกของเรือนเพาะปลูกที่ได้กำหนดไว้นั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และบทสรุป

จากการทดลองที่ผ่านๆมาดังได้นำเสนอไปแล้วเป็นการทดลอง สร้างในส่วนของตัวรับและตัวส่ง โดยใช้ โมดูลย่านความถี่ 2.4 กิกะเฮิรตซ์ ทั้งในส่วนของตัวรับและตัวส่ง ตัวส่งจะมี 2 ตัว ในขณะที่ตัวรับมี 1 ตัว และยังมีการตรวจวัดอุณหภูมิ จำนวน 1 จุด รวมถึงตรวจวัดความชื้นดิน 2 จุด ซึ่งในโครงงานชิ้นนี้จะทำการออกแบบและมีการทำงานใน 2 ลักษณะคือสามารถที่จะแสดงผลของสถานะค่าของอุณหภูมิ และความชื้นดินในเวลาช่วงขณะที่ทำการวัด และอีกลักษณะคือการควบคุมระบบให้มีการปรับสภาพอากาศอัตโนมัติ โดยการสั่งให้พัดลมทำงานเมื่อมีอุณหภูมิสูงกว่าที่กำหนด และควบคุมระบบให้มีการรดน้ำอัตโนมัติ โดยการสั่งให้แอลอีดีติดหรือดับเพื่อแสดงสถานะการรดน้ำ



รูปที่ 5.1 เครื่องตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สายพร้อมกับเรือนเพาะปลูกจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 5.2 โปรแกรมควบคุมการทำงานเครื่องตรวจสอบสภาพดินในเรือนเพาะปลูกแบบไร้สาย

ซึ่งสามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้คือ

เครื่องส่ง

- เครื่องส่งสามารถปรับความถี่ได้ในช่วง 2.4 กิกะเฮิรตซ์
- เครื่องส่งมีอัตราบิตเรต 250 กิโลบิตต่อวินาที
- สามารถส่งข้อมูลโดยใช้การมอดูเลตแบบ GFSK
- ส่งข้อมูลในรูปแบบของเฟรม
- สามารถปรับเปลี่ยนช่องสัญญาณได้โดยแต่ละช่องสัญญาณห่างกัน 8 เมกกะเฮิรตซ์
- เครื่องส่งใช้แรงดัน 3.3 โวลต์
- ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการกำหนดและสั่งการทำงาน
- มีเสาอากาศในตัว

เครื่องรับ

- เครื่องรับมีความไว (Sensitivity) สูงสุด –90 dBm
- เครื่องรับสามารถรับได้ทีละ 2 ช่องสัญญาณ
- เครื่องรับมีอัตราบิตเรต 250 กิโลบิตต่อวินาที
- เครื่องรับใช้แรงดัน 3.3 โวลต์
- มีเสาอากาศในตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ

- มีความละเอียด 0.5 องศาเซลเซียส
- สามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ -125 ถึง 125 องศาเซลเซียส

ตัวตรวจวัดความชื้นในดิน

- มีความละเอียด 2 เซนติบาร์
- สามารถวัดความชื้นดินได้ตั้งแต่ 0 ถึง 40 เซนติบาร์

ส่วนควบคุมระบบ

- สามารถสั่งให้ปรับสภาพอากาศได้โดยพัดลมไฟฟ้าจำนวน 2 ตัว
- สามารถสั่งให้รดน้ำอัตโนมัติได้โดยผ่านระบบ 2 ช่อง

ปัญหาที่พบ

1. เนื่องจากตัวส่งเป็นโมดูลที่มีความถี่ในย่านเดียวกับย่านของโครงข่ายไร้สาย ทำให้การส่งในลักษณะสภาพแวดล้อมโดยรอบที่มีโครงข่ายไร้สาย จะเกิดการรบกวนสัญญาณอย่างมาก
2. ในการรับข้อมูลเกิดการรับข้อมูลไม่ได้ทำให้ในบางครั้งข้อมูลที่ส่งมาเกิดการสูญหาย
3. ในการแปลงสัญญาณที่ได้จากอนาล็อกเป็นดิจิตอลยังมีปัญหาเรื่องการแกว่งของสัญญาณหรือมีสัญญาณที่ไม่นิ่งอยู่

การแก้ปัญหา

1. ทำการทดลองโดยใช้สถานที่ที่ไม่มีโครงข่ายไร้สาย เพื่อที่จะตัดการรบกวนออกไป
2. ในการส่งข้อมูลได้ทำการเขียนโปรแกรมให้ส่งข้อมูลเดิมซ้ำกัน 2 ครั้ง เพื่อทางด้านจะสามารถรับข้อมูลที่ทางด้านส่ง ส่งข้อมูลมาได้โดยข้อมูลจะไม่สูญหาย
3. นำเอาตัวความต้านทานมาทำการต่อเป็นตัวความต้านทานพูลอัพเพื่อกำหนดพอร์ตให้เป็นพอร์ตอินพุท
4. นำตัวคาปาซิเตอร์มาคร่อมแหล่งจ่ายในส่วนของวงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอลเพื่อทำให้มีไฟที่เรียบหรือนิ่งขึ้น

แนวทางการนำไปพัฒนาต่อ

ในส่วนโครงงานชิ้นนี้ได้ออกแบบให้สามารถควบคุมให้ระบบของเรือนเพาะปลูกสามารถปรับสภาพอากาศภายในและรดน้ำได้อย่างอัตโนมัติ แต่ยังขาดในส่วนของการปรับสภาพความชื้นในอากาศ รวมถึง ยังต้องมีการต่อไฟเพื่อจ่ายให้กับตัวส่งซึ่งเราจะนำไปวางที่แปลงเกษตรซึ่งไม่เหมาะเนื่องจากอาจจะโดนน้ำที่รดให้ ดังนั้นควรจะใช้แบตเตอร์รี่เพื่อจ่ายไฟแทนการต่อไฟสลับ 220 โวลต์แทน และอีกอย่างคือ ในส่วนของตัวตรวจวัดที่ทำมายังไม่สามารถวัดได้ครอบคลุมพื้นที่ ควรที่จะทำตัวตรวจวัดให้มากกว่านี้เพื่อให้ครอบคลุมพื้นที่เพื่อความถูกต้องและแม่นยำ เพื่อที่จะสามารถนำโครงงานชิ้นนี้ไปสร้างระบบเพื่อใช้งานจริงในอนาคตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. รศ.สมยศ จุณณะปิยะ, **"การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์"** , ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2546
2. อุดม รานอก , **" ภาษา C สำหรับงานควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์"** , บริษัท ไอดีซี อินโฟ ดิสทริบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด , 2548
3. มานัส สุนันท์, **"วงจรพัลส์และสวิตชิ่ง"** ,แผนกอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ,2546
4. อ.พันธ์ศักดิ์ พุฒิมานิตพงศ์, **"ทฤษฎีเครื่องเสียง"** , สำนักพิมพ์ ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ,2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรม

1. ภาคส่ง

➢ **เครื่องส่งตัวที่ 1**

```
/*########################################*/
/*                 include                */
/*########################################*/
#include <reg52.h>
#include <absacc.h>
#include <ctype.h>
#include <intrins.h>
#include <math.h>
#include <stdarg.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include "trw_2410_CH1.c"
#include "adc0804_C.c"
/*########################################*/
/*           Main Program                 */
/*########################################*/
void main (void)
{
      Dmsec(50);
      Init();                  /*initial port TRW-2.4G*/
      Dmsec(50);
      SetMode(1);
      init_adc();
      pul_wr();
      while(1)
      {
            adc_conv();
            send(getdata);     /*send Data out*/

      }
}
```

➢ **เครื่องส่งตัวที่ 2**

```
/*########################################*/
/*           include                      */
/*########################################*/
#include <reg52.h>
#include <absacc.h>
#include <ctype.h>
#include <intrins.h>
#include <math.h>
#include <stdarg.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include "trw_2418_CH2.c"
#include "adc0804_C.c"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*########################################*/
/*            Main Program                */
/*########################################*/
void main (void)
{
      Dmsec(50);
      Init();                  /*initial port TRW-2.4G*/
      Dmsec(50);
      SetMode(1);
      init_adc();
      pul_wr();
      while(1)
      {
            adc_conv();
            send(getdata);     /*send Data out*/

      }
}

############################A-to-D############################
sbit C_S = P2^1;
sbit R_D = P2^2;
sbit W_R = P2^3;
sbit INTR = P2^4;
unsigned char getdata;

void init_adc()
{
      R_D = 0;
      W_R = 0;
      INTR = 0;
      C_S = 0;
      P0 = 0xFF;
}

void pul_wr()
{
      W_R = 0;
      W_R = 1;
}

void adc_conv()
{
      if(INTR==0)
            {
                  R_D = 0;
                  getdata = P0;
                  R_D = 1;
                  pul_wr();
            }
}

/***************TRW-24G_TX_2410_CH#1***************/
/*########################################*/
/*            Define I/O Ports            */
/*########################################*/
sbit CE           =   P1^0;
sbit CLK2         =   P1^1;
sbit DR2          =   P1^2;
sbit Dout2        =   P1^3;
sbit CS           =   P1^4;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
sbit DR1          =   P1^5;
sbit Date         =   P1^6;
sbit CLK1         =   P1^7;
int i=0,j=0;
/*########################################*/
/*                Delay mSec              */
/*########################################*/
void dmsec (unsigned int count)     /*Delay mSec Xtal=11.0592 Mhz*/
{
    unsigned int i;
    while(count)
      {
        i=225;
            while (i>0)
            i--;
        count--;
    }
}
/*########################################*/
/*                      Wait              */
/*########################################*/
void Wait(unsigned int x)
{
      unsigned int i;
      for (i=0;i<x;i++)
      {}
}
/*########################################*/
/*             Initial TRW-2.4G           */
/*########################################*/
void Init(void)
{
  CE    =  0;
  CS    =  0;
  CLK1  =  0;
  Date  =  0;
  DR1   =  0;
  Dout2 =  0;
  CLK2  =  0;
  DR2   =  0;
}
/*########################################*/
/*               Set clock                */
/*########################################*/
void CLK(void)
{
      CLK1 = 0;
      dmsec(1);
      CLK1 = 1;
      dmsec(1);
}
/*########################################*/
/*          Write TRW-2.4G                */
/*########################################*/
void Write(unsigned char Data)
{
      unsigned char i;
      bit Out;
      for (i=0;i<8;i++)
      {
            Out = Data & 0x80;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Date = Out;
            CLK();
            Data = Data << 1;
        }
}
/*#########################################*/
/*          set Mode TRW-2.4G              */
/*#########################################*/
void SetMode(unsigned char Mode)
{
      Wait(500);
      CE = 0;
      CS = 1;

      Write(0x8E); /* MSB(1)*/
      Write(0x08); /* MSB(0)*/
      Write(0x1C); /* MSB(0)*/

      Write(0x08); /* Length of Bit Ch 2 */
      Write(0x08); /* Length of Bit Ch 1 */

      Write(0xC0); /* Address 5 Byte Ch 2 */
      Write(0xAA);
      Write(0x55);
      Write(0xAA);
      Write(0x55);

      Write(0xAA); /* Address 5 Byte Ch 1 */
      Write(0x55);
      Write(0xAA);
      Write(0x55);
      Write(0xAA);

      Write(0xA3); /* Number of Address bit + CRC */
      Write(0x4F); /* 1 CH 250Kbps */

      if (Mode == 1)          /* Tx Mode */
      { Write(0x14); }        /* Tx Mode 2410MHz */
      else                    /* Rx_Mode */
      { Write(0x15);          /* Rx Mode 2410MHz */
        Date=1; DR1=1; CE=1;
      }
      CS = 0;
      Wait(200);
}
/*#########################################*/
/*                Send data                */
/*#########################################*/
void send(unsigned char dat)
{
      Wait(500);
      CS = 0;
      CE = 1;

      Write(0xAA);      /*send ADDR CH1*/
      Write(0x55);
      Write(0xAA);
      Write(0x55);
      Write(0xAA);

      Write(dat);       /*send Data*/
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Wait(250);
      CLK1= 0;
      CE    = 0;
      Wait(250);
      dmsec(500);
}
/***************TRW-24G_TX_2418_CH#2***************/
/*########################################*/
/*          Define I/O Ports              */
/*########################################*/
sbit CE           =   P1^0;
sbit CLK2         =   P1^1;
sbit DR2          =   P1^2;
sbit Dout2        =   P1^3;
sbit CS           =   P1^4;
sbit DR1          =   P1^5;
sbit Date         =   P1^6;
sbit CLK1         =   P1^7;
int i=0,j=0;
/*########################################*/
/*          Delay mSec                    */
/*########################################*/
void dmsec (unsigned int count)     /*Delay mSec Xtal=11.0592 Mhz*/
{
    unsigned int i;
    while(count)
      {
       i=225;
          while (i>0)
          i--;
       count--;
    }
}
/*########################################*/
/*              Wait                      */
/*########################################*/
void Wait(unsigned int x)
{
      unsigned int i;
      for (i=0;i<x;i++)
      {}
}
/*########################################*/
/*            Initial TRW-2.4G            */
/*########################################*/
void Init(void)
{
  CE    =  0;
  CS    =  0;
  CLK1  =  0;
  Date  =  0;
  DR1   =  0;
  Dout2 =  0;
  CLK2  =  0;
  DR2   =  0;
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*########################################*/
/*                Set clock               */
/*########################################*/
void CLK(void)
{
      CLK1 = 0;
      dmsec(1);
      CLK1 = 1;
      dmsec(1);
}
/*########################################*/
/*          Write TRW-2.4G                */
/*########################################*/
void Write(unsigned char Data)
{
      unsigned char i;
      bit Out;
      for (i=0;i<8;i++)
      {
            Out = Data & 0x80;
            Date = Out;
            CLK();
            Data = Data << 1;
      }
}
/*########################################*/
/*          set Mode TRW-2.4G             */
/*########################################*/
void SetMode(unsigned char Mode)
{
      Wait(500);
      CE = 0;
      CS = 1;

      Write(0x8E); /* MSB(1)*/
      Write(0x08); /* MSB(0)*/
      Write(0x1C); /* MSB(0)*/

      Write(0x08); /* Length of Bit Ch 2 */
      Write(0x08); /* Length of Bit Ch 1 */

      Write(0xC0); /* Address 5 Byte Ch 2 */
      Write(0xAA);
      Write(0x55);
      Write(0xAA);
      Write(0x55);

      Write(0xAA); /* Address 5 Byte Ch 1 */
      Write(0x55);
      Write(0xAA);
      Write(0x55);
      Write(0xAA);

      Write(0xA3); /* Number of Address bit + CRC */
      Write(0x4F); /* 1 CH 250Kbps */

      if (Mode == 1)          /* Tx Mode */
      { Write(0x24); }  /* Tx Mode 2418MHz */
      else                    /* Rx_Mode */
      { Write(0x25);          /* Rx Mode 2418MHz */
        Date=1; DR1=1; CE=1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        }
        CS = 0;
        Wait(200);
}
/*##########################################*/
/*          Send data                       */
/*##########################################*/
void send(unsigned char dat)
{
        Wait(500);
        CS = 0;
        CE = 1;

        Write(0xC0); /* Address 5 Byte Ch 2 */
        Write(0xAA);
        Write(0x55);
        Write(0xAA);
        Write(0x55);

        Write(dat);       /*send Data*/
        Wait(250);
        CLK1= 0;
        CE    = 0;
        Wait(250);
        dmsec(500);
}
```

2. เครื่องรับ

```
/*##########################################*/
/*                include                   */
/*##########################################*/
#include <reg52.h>
#include <absacc.h>
#include <ctype.h>
#include <intrins.h>
#include <math.h>
#include <stdarg.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include "TRW_RX_2CH.c"
#include "serial_int.c"
#include "DS_18s20.c"
#include "adc_display.c"
/*##########################################*/
/*          Main Program                    */
/*##########################################*/
void main (void)
{
        unsigned char Data_in1=0,Data_in2=0;
        unsigned int k=0,l=0;
        dmsec(200);
        Init();                 /*initial port TRW-2.4G*/
        SetMode(0);             /*set Config Mode RX*/
        dmsec(200);
        while(1)
        {
//////////////////////////Start_Display////////////////////////////////
                    Temp();
                    serial_init();          /*initial serial port*/
//////////////////////////Start_Temp2//////////////////////////////////
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    put_char(temp1_h);              //Value '10
                    put_char(temp1_L);              //Value '1
                    put_char('.');                  //Value dot
                    put_char(dot1);                 //Value '.0 or .5
                    put_char(0x0A);
//////////////////////Start_Temp2/////////////////////////////////
                    put_char(temp2_h);              //Value '10
                    put_char(temp2_L);              //Value '1
                    put_char('.');                  //Value dot
                    put_char(dot2);                 //Value '.0 or .5
                    put_char(0x0B);
//////////////////////Start_ADC1//////////////////////////////////
                    dmsec(200);
                    Data_in1 = Read_CH1();
                    output_1(Data_in1);
//////////////////////Start_ADC2//////////////////////////////////
                    dmsec(200);
                    Data_in2 = Read_CH2();
                    output_2(Data_in2);
//////////////////////Finish_ADC//////////////////////////////////
                    TI=0;
      }
}
#####################Temperature Sensor############################
sbit one_wire_1 = P3^6;
sbit one_wire_2 = P3^7;
//bit state;
unsigned char temp1=0,dot1=0,temp2=0,dot2=0,
                    temp1_h=0,temp2_h=0,temp1_L=0,temp2_L=0;
/*****************************************/
/*          Delay dmsec                  */
/*****************************************/
void dmsec_T(unsigned int count)
{
      unsigned int i;
      while(count)
      {
          i=115; while(i>0) i--;
          count--;
      }
}
/*****************************************/
/*          RESET DS18s20                */
/*****************************************/
void ds1820_reset()
{
      unsigned int i;
      one_wire_1 = 0;
      one_wire_2 = 0;
      i=103; while(i>0) i--;
      one_wire_1 = 1;
      one_wire_2 = 1;
      i=4; while(i>0) i--;
}
/*****************************************/
/*          check status DS18s20         */
/*****************************************/
void ds1820_status_1(void)
{
      unsigned int i;
      while(one_wire_1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      while(~one_wire_1);
      i=4; while(i>0) i--;
}
void ds1820_status_2(void)
{
      unsigned int i;
      while(one_wire_2);
      while(~one_wire_2);
      i=4; while(i>0) i--;
}
/*****************************************/
/*          READ_BIT DS18s20             /
/*****************************************/
bit ds1820_readbit_1(void)
{
      unsigned int i;
      bit dat;
      one_wire_1 = 0; i++;
      one_wire_1 = 1; i++; i++;
      dat = one_wire_1;
    i=8; while(i>0) i--;       // delay 65uS
      return(dat);
}
bit ds1820_readbit_2(void)
{
      unsigned int i;
      bit dat2;
      one_wire_2 = 0; i++;
      one_wire_2 = 1; i++; i++;
      dat2 = one_wire_2;
    i=8; while(i>0) i--;       // delay 65uS
      return(dat2);
}
/*****************************************/
/*          READ_byte DS18s20            /
/*****************************************/
unsigned char ds1820_readbyte_1()
{
      unsigned char j,dat;
      unsigned int i;
      dat = 0;
      for(i=0;i<8;i++)
      {
            j = ds1820_readbit_1();
            dat = (j<<7)|(dat>>1);
      }return(dat);
}
unsigned char ds1820_readbyte_2()
{
      unsigned char j,dat2;
      unsigned int i;
      dat2 = 0;
      for(i=0;i<8;i++)
      {
            j = ds1820_readbit_2();
            dat2 = (j<<7)|(dat2>>1);
      }return(dat2);
}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
/*****************************************/
/*          WRITE DS18s20                */
/*****************************************/
void ds1820_write_1(unsigned char dat)
{
      unsigned int i,j;
      bit send;
      for(j=0;j<8;j++)
      {
            send = dat & 0x01;
            dat = dat>>1;
            if(send)
            {
                  one_wire_1 = 0; i++; i++;      // delay 4uS
                  one_wire_1 = 1;
                  i=8; while(i>0) i--;           // delay 65uS
            }
            else
            {
                  one_wire_1 = 0;
                  i=8; while(i>0) i--;           // delay 65uS
                  one_wire_1 = 1; i++; i++;      // delay 4uS
            }
      }
}
void ds1820_write_2(unsigned char dat2)
{
      unsigned int i,j;
      bit send2;
      for(j=0;j<8;j++)
      {
            send2 = dat2 & 0x01;
            dat2 = dat2>>1;
            if(send2)
            {
                  one_wire_2 = 0; i++; i++;      // delay 4uS
                  one_wire_2 = 1;
                  i=8; while(i>0) i--;           // delay 65uS
            }
            else
            {
                  one_wire_2 = 0;
                  i=8; while(i>0) i--;           // delay 65uS
                  one_wire_2 = 1; i++; i++;      // delay 4uS
            }
      }
}
/*****************************************/
/*          Convert#1 DS18s20            */
/*****************************************/
void ds1820_convert_1_1()
{
      ds1820_reset();
      ds1820_status_1();
      dmsec_T(1);
      ds1820_write_1(0xCC);                      //skip ROM
      ds1820_write_1(0x44);                      //convert temp
}
void ds1820_convert_1_2()
{
      ds1820_reset();
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      ds1820_status_2();
      dmsec_T(1);
      ds1820_write_2(0xCC);                        //skip ROM
      ds1820_write_2(0x44);                        //convert temp
}
/*****************************************/
/*          Convert#2 DS18s20            */
/*****************************************/
void ds1820_convert_2_1()
{
      ds1820_reset();
      ds1820_status_1();
      dmsec_T(1);
      ds1820_write_1(0xCC);                        //skip ROM
      ds1820_write_1(0xBE);                        //transfer 9
byte/time
}
void ds1820_convert_2_2()
{
      ds1820_reset();
      ds1820_status_2();
      dmsec_T(1);
      ds1820_write_2(0xCC);                  //skip ROM
      ds1820_write_2(0xBE);                  //transfer 9 byte/time
}
/*****************************************/
/*          Main DS18s20                 */
/*****************************************/
void Temp()
{
      unsigned int i;
            ds1820_convert_1_1();
            i=150; while(i>0) i--;           //1 Sec
            ds1820_convert_2_1();
            temp1 = ds1820_readbyte_1();
            dot1 = temp1&0x01;
            if(dot1)
            {
                  dot1 = 0x35;
            }
            else
            {
                  dot1 = 0x30;
            }
            P2=0x04;
            temp1 = temp1>>1;
            temp1_h=(temp1/10)|0x30;
            temp1_L=(temp1%10)|0x30;
            P2=0x05;
            ds1820_convert_1_2();
            i=150; while(i>0) i--;           //1 Sec
            ds1820_convert_2_2();
            temp2 = ds1820_readbyte_2();
            dot2 = temp2&0x01;
            if(dot2)
            {
                  dot2 = 0x35;
            }
            else
            {
                  dot2 = 0x30;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            }
            temp2 = temp2>>1;
            temp2_h=(temp2/10)|0x30;
            temp2_L=(temp2%10)|0x30;
}
/*########################################*/
/*          Initial serial Port           */
/*########################################*/
unsigned char date_in;
void serial_init(void)
{
      TMOD = 0x21;
      TH1  = 0xFD;
      TR1  = 1;
      SCON = 0x50;
      RI = 0;
      TI = 1;
      EA = 1;
      ES = 1;
      P1=0x00;
}

void put_char(char outChar)
{
      while(!TI);
      TI=0;
      SBUF=outChar;
}

void get_char_serial_interrupt() interrupt 4
{
      if(RI==1)
      {
            RI = 0;
            date_in = SBUF;
            P1 = date_in;
      }
}
/***************TRW-24G_2CH*****************/
/*########################################*/
/*          Define I/O Ports              */
/*########################################*/
sbit CE           =   P2^0;
sbit CLK2         =   P2^1;
sbit DR2          =   P2^2;
sbit Dout2        =   P2^3;
sbit CS           =   P2^4;
sbit DR1          =   P2^5;
sbit Date         =   P2^6;
sbit CLK1         =   P2^7;
/*########################################*/
/*          Delay mSec                    */
/*########################################*/
void dmsec (unsigned int count)     /*Delay mSec Xtal=11.0592 Mhz*/
{
    unsigned int i;
    while(count)
      {
        i=225;
            while (i>0)
            i--;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        count--;
    }
}
/*########################################*/
/*                Wait                    */
/*########################################*/
void Wait(unsigned int x)
{
      unsigned int i;
      for (i=0;i<x;i++)
      {}
}
/*########################################*/
/*           Initial TRW-2.4G             */
/*########################################*/
void Init(void)
{
  CE    =  0;
  CS    =  0;
  CLK1  =  0;
  Date  =  0;
  DR1   =  0;
  Dout2 =  0;
  CLK2  =  0;
  DR2   =  0;
}
/*########################################*/
/*          Write TRW-2.4G CH1            */
/*########################################*/
void Write(unsigned char Dat_1)
{
      unsigned char i;
      bit Out;
      for (i=0;i<8;i++)
      {
            Out = Dat_1 & 0x80;
            Date = Out;
            CLK1 = 0;
            dmsec(1);
            CLK1 = 1;
            dmsec(1);
            Dat_1 = Dat_1 << 1;
      }
}
/*########################################*/
/*          Write TRW-2.4G CH2            */
/*########################################*/
void Write_CH2(unsigned char Dat_2)
{
      unsigned char i;
      bit Out2;
      for (i=0;i<8;i++)
      {
            Out2 = Dat_2 & 0x80;
            Dout2 = Out2;
            CLK2 = 0;
            dmsec(1);
            CLK2 = 1;
            dmsec(1);
            Dat_2 = Dat_2 << 1;
      }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
}
/*########################################*/
/*          set Mode TRW-2.4G             */
/*########################################*/
void SetMode(unsigned char Mode)
{
      Wait(500);
      CE = 0;
      CS = 1;

      Write(0x8E);       /* MSB(1)*/
      Write_CH2(0x8E);
      Write(0x08); /* MSB(0)*/
      Write_CH2(0x08);
      Write(0x1C); /* MSB(0)*/
      Write_CH2(0x1C);

      Write(0x08); /* Length of Bit Ch 2 */
      Write_CH2(0x08);
      Write(0x08); /* Length of Bit Ch 1 */
      Write_CH2(0x08);

      Write(0xC0); /* Address 5 Byte Ch 2 */
      Write_CH2(0xC0);
      Write(0xAA);
      Write_CH2(0xAA);
      Write(0x55);
      Write_CH2(0x55);
      Write(0xAA);
      Write_CH2(0xAA);
      Write(0x55);
      Write_CH2(0x55);

      Write(0xAA); /* Address 5 Byte Ch 1 */
      Write_CH2(0xAA);
      Write(0x55);
      Write_CH2(0x55);
      Write(0xAA);
      Write_CH2(0xAA);
      Write(0x55);
      Write_CH2(0x55);
      Write(0xAA);
      Write_CH2(0xAA);

      Write(0xA3); /* Number of Address bit + CRC */
      Write_CH2(0xA3);
      Write(0xCF); /* 2 CH 250Kbps */
      Write_CH2(0xCF);

      if (Mode == 1)                  /* Tx Mode CH1#1*/
      { Write(0x14); }                /* Tx Mode 2410MHz */
      else if (Mode == 2)             /* Tx Mode CH1#2*/
      { Write_CH2(0x24); }            /* Tx Mode 2418MHz */
      else
      { Write(0x15);                  /* Rx Mode 2410MHz */
        Date=1; DR1=1; CE=1;          /* Rx_Mode CH1*/
        Wait(10);
        Write_CH2(0x25);              /* Rx Mode 2418MHz */
        Dout2=1; DR1=1;               /* Rx_Mode CH1#2*/
        CE=1;
      }
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CS = 0;
        Wait(200);
}
/*########################################*/
/*          Read TRW-2.4G CH1             */
/*########################################*/
unsigned char Read_CH1(void)
{
        unsigned char i,dat1;
        bit Out1;
        Out1=0x00;
        Date = 1;                       /*set P1.6 input channel 1 */
        for (i=0;i<8;i++)
        {
              dat1 = dat1 << 1;         /*set dat = 0x00*/
              CLK1 = 1;
            Wait(50);
              Out1 = Date;              /*send data out*/
              if (Out1)
              {
                    dat1 = dat1 + 0x01;
              }
                    CLK1 = 0;
                    Wait(50);
        }return(dat1);
}
/*########################################*/
/*          Read TRW-2.4G CH2             */
/*########################################*/
unsigned char Read_CH2(void)
{
        unsigned char i,dat2=0;
        bit Out2;
        Out2=0x00;
        Dout2 = 1;                      /*set P1.3 input channel 2 */
        for (i=0;i<8;i++)
        {
              dat2 = dat2 << 1;         /*set dat = 0x00*/
              CLK2 = 1;
            Wait(50);
              Out2 = Dout2;             /*send data out*/
              if (Out2)
              {
                    dat2 = dat2 + 0x01;
              }
                    CLK2 = 0;
                    Wait(50);
        }return(dat2);
}
////////////////Finish Program//////////////////////////
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้