

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องวัดค่าอุณหภูมิพูดได้



นางสาวปิยาณี แซ่มสะอาด
นางสาวธนภรณ์ ลีลาวัฒนานนท์

ร/พ.

2/622 ด

เลขหมู่..... 2539

เลขทะเบียน.....

วัน,เดือน,ปี.....

612552744

โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TALKIING THERMOMETER



**A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the
Requirement for the Degree of Bachelor of Science**

Department of Applied Physics

Faculty of science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

1996

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ เครื่องวัดค่าอุณหภูมิพูดได้
โดย นางสาวปียาณี แซ่มสะอาด
นางสาวรณภรณ์ ลีลาวัฒนานนท์
ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. วิจิต ศรีโชติ
รศ.ดร. อารีย์ วิเชียรฉาย

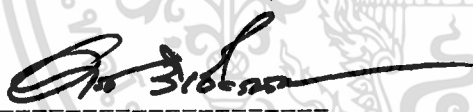
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นำโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต



(รองศาสตราจารย์ สุรพล รักvijit) หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะกรรมการโครงการพิเศษ


(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิจิต ศรีโชติ) ประธานกรรมการ



(รองศาสตราจารย์ ดร. อารีย์ วิเชียรฉาย) กรรมการ



(อ. สุน ช่างประยูร) กรรมการ



(อ. ประธาน บุรณศิริ) กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

เครื่องวัดค่าอุณหภูมิพูดได้

โดย

นางสาวปิยาณี แซ่มสะอาด

อาจารย์ที่ปรึกษา

นางสาวธนภรณ์ ธิลาพัฒนานนท์

ผศ. วิชิต ศิริโชติ

ภาควิชา

รศ. ดร. อารีย์ วิเชียรฉาย

ปีการศึกษา

ฟิสิกส์ประยุกต์

2539

บทคัดย่อ

โครงการพิเศษนี้เป็นการสร้างเครื่องมือวัดอุณหภูมิและสามารถอ่านค่าอุณหภูมิเป็นภาษาไทยได้ อุณหภูมิจะถูกวัดโดยใช้ตัวเทอร์มิสเตอร์ ซึ่งมีค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานเป็นลบ จากนั้นจะใช้วงจรบริดจ์ขยายตรวจจับการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของตัวเทอร์มิสเตอร์พร้อมทำการขยายสัญญาณส่งไปยังตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลชนิดอินทิเกรตขนาด 12 บิต เบอร์ ICL7109 จากนั้นจะใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C51 ทำการกรองค่าดิจิทัล ด้วยวิธีหาค่าเฉลี่ยเคลื่อนที่ขนาด 8 ค่า และทำการเปลี่ยนเป็นค่าของอุณหภูมิในช่วง 20 °C ถึง 40 °C ซึ่งค่าเหล่านี้ได้มาจากการปรับเทียบอุณหภูมิแล้ว นอกจากนี้ส่วนของเสียงพูดซึ่งต่อเข้ากับส่วนวัดอุณหภูมิโดยผ่านทางพอร์ตขนานจะสามารถพูดค่าอุณหภูมิเป็นภาษาไทยได้ ในอุปกรณ์ของส่วนเสียงพูดนี้จะใช้ชิพเบอร์ ISD2590* ต่อเชื่อมกับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ AT89C2051 ซึ่งการทำงานตัวไมโครคอนโทรลเลอร์นี้จะรับข้อมูลที่ป้อนเข้ามาเป็นสตริงจากนั้นค่าแอดเดรสที่สัมพันธ์กับค่านั้นจะทำให้ชิพเสียงพูดนี้ทำการพูดค่าที่เป็นภาษาไทยออกมาได้

Special Project Title	Talking Thermometer
Name	Ms.Piyanee Chaemsa-ard Ms.Tanaporn Leelawattananon
Special Project Advisor	Asst. Prof. Wichit Sirichote Assoc. Prof. Dr. Aree Wichienchai
Department	Applied Physics
Academic Year	1996

Abstract

This project is the development of a device for measuring of a temperature including talking the reading value in Thai language. Temperature was measured by a thermistor having a negative resistance versus temperature. A bridge amplifier detects a changing of thermistor resistance and amplifies the signal feed to a 12 bits integrating type A/D converter, ICL7109. A microcontroller, AT89C51, makes digital filtering via a 8-points moving average and converts to a reading temperature ranging from 20.0°C to 40.0°C using linear regression from a calibrating temperature. Additional talking module attached to the thermometer via a serial linked enables the reading value to talk in Thai language. The talking module implements with a speech chip, ISD2590, and a miniature microcontroller, AT89C2051. The microcontroller receives a reading string and then addressing the corresponding word to the speech chip produces a speech in Thai.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สำเร็จล่วงได้ด้วยดี เนื่องด้วยความช่วยเหลือจากท่านผู้มีพระคุณหลายท่าน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง คุณพ่อและคุณแม่ของข้าพเจ้าที่ให้การสนับสนุนและช่วยเหลือด้านการเงิน อีกทั้งยังเป็นกำลังใจที่ดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณ ผศ. วิชิต ศิริโชติ และ รศ. ดร. อารีย์ วิเชียรฉาย ที่ได้ให้ความกรุณาแนะนำและให้ความช่วยเหลือในเรื่องอุปกรณ์เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณพี่โมและพี่ๆที่บริษัทพรีเมียร์ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำเป็นอย่างดีในการคาถิเบทค่าอุณหภูมิ

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณเพื่อนๆภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ ที่ให้กำลังใจและให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี

นางสาวปิยาณี แซ่มสะอาด
นางสาวธนภรณ์ ลีลาวัฒนานนท์
คณะผู้จัดทำ

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญรูป	ช
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบข่ายการทำงาน	1
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
2. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเทอร์มิสเตอร์	3
2.1 เทอร์มิสเตอร์ในบทบาทสารกึ่งตัวนำ	3
2.2 คุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์	6
2.3 การดัดแปลงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทาน-อุณหภูมิ	7
3. ทฤษฎี ส่วนการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล	8
3.1 ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล	8
3.2 การทำงานของ A/D	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
4. ข้อมูลส่วนการควบคุมเสียงพูด	17
4.1 ข้อมูลเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์	17
4.1.1 ลักษณะโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051	17
4.1.2 ตัวถังและขาสัญญาณของชิป AT89C2051	18
4.2 ข้อมูลเกี่ยวกับ ISD2590	20
4.2.1 ลักษณะทั่วไป	20
4.2.2 คุณสมบัติทั่วไปของ ISD2590	20
4.2.3 รายละเอียดของ ISD2590	23
4.2.4 รายละเอียดของขาสัญญาณของ ISD2590	24
4.2.5 โหมคของการทำงาน	28
5. หลักการทำงานและการออกแบบเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิพูดได้	37
5.1 หลักการทำงานและการออกแบบเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิ	38
5.1.1 การออกแบบวงจรบริดจ์	38
5.1.2 การออกแบบวงจรขยายสัญญาณ	39
5.1.3 การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณ A/D	40
5.1.4 ตัวประมวลผล (ไมโครคอนโทรลเลอร์)	41
5.1.5 หน่วยแสดงผล	43
5.2 หลักการออกแบบซอฟต์แวร์	44
5.2.1 การเปรียบเทียบข้อมูลในช่วง 20°C - 40°C	46
5.2.2 การคำนวณค่าอุณหภูมิ	47
5.2.3 การแปลงเลขฐานสองเป็นรหัส seven - segment	48
5.2.4 การรับข้อมูล	49
5.3 หลักการออกแบบวงจรเสียงพูด	50
5.3.1 การออกแบบวงจรขยายสัญญาณ	50
5.3.2 การออกแบบส่วนรับ - ส่งข้อมูล	51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
5.3.3 ตัวประมวลผล (ไมโครคอนโทรลเลอร์)	51
5.4 หลักการออกแบบซอฟต์แวร์สำหรับวงจรเสียงพูด	53
5.5 การเชื่อมต่อเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิและวงจรเสียงพูด	55
6. การทดสอบทางอุณหภูมิ	56
7. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	70
ภาคผนวก ก ภาพวงจรส่วนการวัดอุณหภูมิและส่วนการส่งข้อมูล ไปยัง Talking Box	
ภาคผนวก ข ภาพวงจร Talking Box	
ภาคผนวก ค ซอฟต์แวร์สำหรับคำนวณค่าอุณหภูมิและวงจรเสียงพูด	
เอกสารอ้างอิง	
ประวัติผู้จัดทำโครงการพิเศษ	

สารบัญรูป

รูป		หน้า
รูปที่ 2.1	กราฟความต้านทาน-อุณหภูมิ	4
รูปที่ 2.2	วงจรบริดจ์	8
รูปที่ 3.1	พัลส์การทำงานของ 7109	11
รูปที่ 3.2	วงจรการทำงานของ 7109	12
รูปที่ 3.3	สัญญาณนาฬิกา OSC IN	15
รูปที่ 3.4	Timing Diagram 7109	16
รูปที่ 4.1	แสดงไดอะแกรมวงจรภายในและขาสัญญาณของ AT89C2051	19
รูปที่ 4.2	แสดงบล็อกไดอะแกรมของ ISD2590	22
รูปที่ 4.3	แสดงการวัดเรียงขาของ ISD2590	23
รูปที่ 4.4	แสดงการใช้งานของวงจรในโหมดการอ้างแอดเดรส	32
รูปที่ 4.5	แสดงการใช้งานของวงจรในโหมด Push - Button	33
รูปที่ 4.6	แสดงลักษณะการเชื่อมต่อ ISD2590 กับไมโครคอนโทรลเลอร์ 34	34
รูปที่ 4.7	แสดงไทม์มิงไดอะแกรมในโหมดการอ้างแอดเดรส	35
รูปที่ 4.8	แสดงไทม์มิงไดอะแกรมในโหมด Push - Button	36
รูปที่ 5.1	แผนภาพการทำงานของเครื่องมือวัดอุณหภูมิ	37
รูปที่ 5.2	การออกแบบวงจรบริดจ์	38
รูปที่ 5.3	การออกแบบวงจรถ่ายสัญญาณ	39
รูปที่ 5.4	วงจร 7660	40
รูปที่ 5.5	วงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล	41
รูปที่ 5.6	ตัวประมวลผล (ไมโครคอนโทรลเลอร์)	42
รูปที่ 5.7	หน่วยแสดงผล	43
รูปที่ 5.8	โฟลว์ชาร์ตการทำงานโปรแกรมคำนวณค่าอุณหภูมิ	45
รูปที่ 5.9	โฟลว์ชาร์ตการเปรียบเทียบข้อมูลในช่วง 20°C ถึง 40°C	46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 5.10	47
รูปที่ 5.11	49
รูปที่ 5.12	50
รูปที่ 5.13	52
รูปที่ 5.14	54
รูปที่ 6.1	57
รูปที่ 6.2	57
รูปที่ 6.3	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 3.1	คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ 7109 analog section	10
ตารางที่ 3.2	คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ 7109 digital section	11
ตารางที่ 4.1	แสดงคุณลักษณะที่สำคัญของ ISD2590	20
ตารางที่ 4.2	แสดงโหมดของการทำงานของ ISD2590	28
ตารางที่ 4.3	แสดงการควบคุมการทำงานในโหมดการอ้างแอดเดรส	32
ตารางที่ 4.4	แสดงการควบคุมการทำงานในโหมด Push - Button	33



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การแสดงผลทางอุณหภูมิที่พบเห็นโดยทั่วไปมักจะแสดงด้วยตัวเลข จะพบอยู่น้อยครั้งที่
มีเสียงพูดประกอบด้วย ทั้งๆที่จะเพิ่มประโยชน์อย่างมากในการนำไปใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่ง
กับคนตาบอด

ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้ จึง ได้พัฒนาระบบการวัดอุณหภูมิที่แม่นยำและแสดงผลด้วยตัวเลข
และเสียงพูด เพื่อที่จะได้นำไปใช้ประโยชน์ในงานต่างๆทั่วไป

1.2 วัตถุประสงค์ ของโครงการ

1. เพื่อสร้างเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ละเอียดและใช้สำหรับวัดอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยได้
2. เพื่อเป็นการเพิ่มความสะดวกจึงได้ทำอุปกรณ์เสียงพูดเชื่อมกับเครื่องมือวัด
3. เพื่อเป็นการศึกษาการออกแบบวงจรและเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์
4. เพื่อศึกษาการควบคุมไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี
5. เพื่อศึกษาเทคนิคการวัดค่าอุณหภูมิ

1.3 ขอบข่ายการทำงาน

1. สร้างเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่สามารถวัดอุณหภูมิได้ตั้งแต่ 20 - 40 องศาเซลเซียส ความละเอียด 0.1 องศาเซลเซียส
2. สร้างส่วนของวงจรเสียงพูดเชื่อมเข้ากับส่วนเครื่องมือวัดอุณหภูมิ
3. เปรียบเทียบค่าอุณหภูมิที่วัดได้กับค่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ได้ศึกษาและเข้าใจวงจรวัดอุณหภูมิและวงจรเสียงพูด
2. สามารถที่จะออกแบบวงจรวัดอุณหภูมิเองได้
3. สามารถที่จะนำเครื่องมือวัดอุณหภูมิและวงจรเสียงพูดมาใช้งานจริง
4. เป็นความรู้พื้นฐานที่จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านอื่นๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเทอร์มิสเตอร์

2.1 เทอร์มิสเตอร์ในบทบาทสารกึ่งตัวนำ

เทอร์มิสเตอร์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำ เป็นตัวตรวจวัดอุณหภูมิที่อาศัยหลักการวัดค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ เทอร์มิสเตอร์จัดเป็นสารประกอบเซรามิกที่ราคาไม่แพงและมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิสูง มันมีความไวมากกว่าเทอร์โมมิเตอร์ความต้านทานชนิดพลาทินัมถึง 1000 - 1 ล้านเท่า อีกทั้งยังมีราคาถูกกว่ามาก แต่อย่างไรก็ตามเทอร์มิสเตอร์มีความเสถียรน้อยและไม่เป็นเชิงเส้น ด้วยเหตุที่มีความไวสูงมากจึงได้มีการนำไปใช้งานในด้านการวัดและการควบคุมอุณหภูมิเป็นจำนวนมาก เช่น เป็นสวิทช์ในช่วงอุณหภูมิ -100 ถึง 500 องศาเซลเซียส เป็นต้น

เทอร์มิสเตอร์ส่วนมากเป็นสารประกอบสารกึ่งตัวนำซึ่งมีกระบวนการความนำไฟฟ้าที่ซับซ้อน มันมีความคล่องตัวต่ำในช่วงแถบพลังงานแคบๆซึ่งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ

สารประกอบสารกึ่งตัวนำจะเป็นส่วนประกอบเซรามิกซึ่งเป็นไปตาม SOLID SOLUTION โดยใช้ไอออนของโลหะทรานซิชัน โลหะทรานซิชันมากมายจะมีโครงสร้างแบบสปินเนล กลุ่มของไอออนออกซิเจนจะถูกไอออนบวก (Cation) ของโลหะทรานซิชันไปเกาะจับแบบแทรกสอดจนเป็นแปดเหลี่ยม (Octahedral) หรือสี่เหลี่ยม (Tetrahedral) ภายในกลุ่มออกซิเจนนั้น ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างมากมาต่อคุณสมบัติทางไฟฟ้าของโลหะทรานซิชันจำพวกนี้ ในการเตรียมสารประกอบดังกล่าว จะต้องควบคุมความดันของออกซิเจนในระหว่างกระบวนการนี้ด้วย เพื่อให้เกิดสถานะของสภาพการดึงเอาไอออนของออกซิเจน (Cation-Oxidation) จำนวนองประจุพาหะที่เกิดขึ้นนี้จะถูกควบคุมได้ตามสูตรและความร้อนมันจะมีความไวเมื่อเกิดกระบวนการออกซิเดชัน - รีดักชัน และการแอนนีลจะเป็นการป้องกันความไม่เสถียรเมื่อนำไปใช้งาน ผู้ผลิตจำนวนมากจะปรับปรุงผลิตภัณฑ์เหล่านี้เพื่อให้มีความแตกต่างของเทอร์มิสเตอร์แต่ละอันที่สามารถควบคุมได้

นอกจากนี้เทอร์มิสเตอร์ยังเป็นสารประกอบสารกึ่งตัวนำแบบตัวนำทางไอออน (Ion Conductor) โดยไอออนเกิดการเคลื่อนที่และสะสมประจุ มีส.ป.ส.ความต้านทานเป็นค่าลบเพราะมีความหนาแน่นของที่ว่างแลทธิขเพิ่มตามอุณหภูมิ สารกึ่งตัวนำไอออนนี้ถูกนำไปใช้ในวงจรกระแสสลับ เหมาะกับการตรวจวัดอุณหภูมิในช่วง 1000 ถึง 2000 องศาเซลเซียส แต่ไม่เป็น

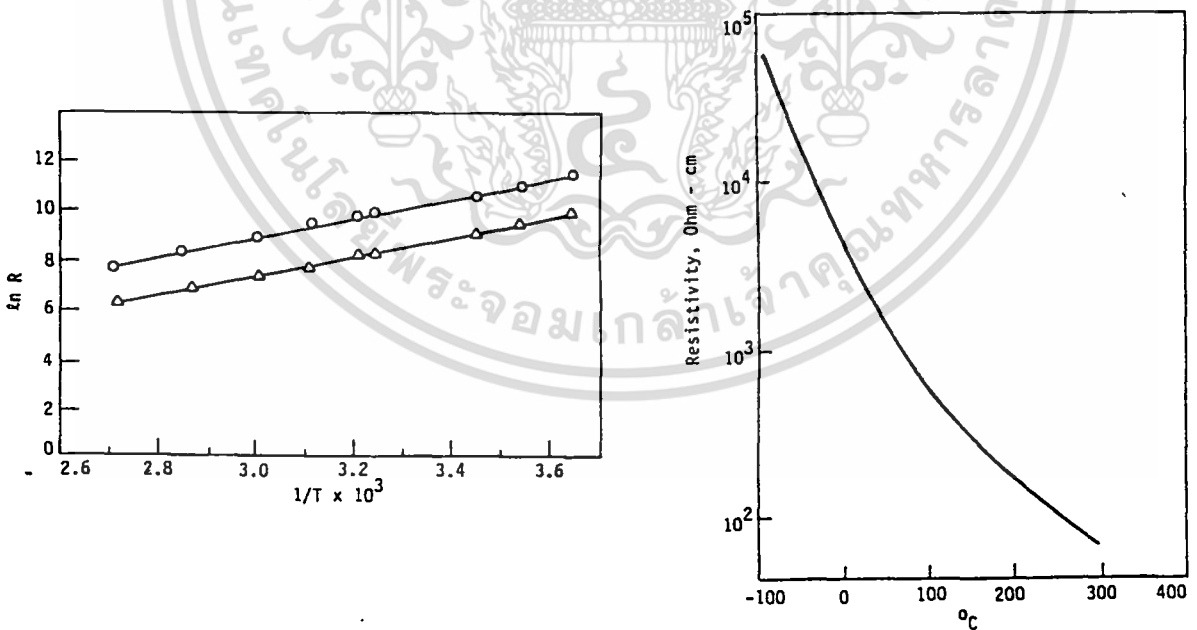
ที่นิยมในทางการค้า สำหรับสารประกอบสารกึ่งตัวนำแบบที่ทำด้วยออกไซด์โลหะทรานซิชัน เช่น Cu_2O , Co_2O_3 , SnO_2 , SnO , TiO_2 , Te_2O_3 , NiO , U_2O_3 และ Mn_2O_3 จะผลิตด้วยกระบวนการที่ซับซ้อนและเข้าใจยากจะต้องทำให้ไอออนที่แยกตัวออกเป็นอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ออกจากอิมิตอล d ต้องผ่านออกซิเจนในอิมิตอล p เมื่อจะเคลื่อนที่จากอิมิตอลหนึ่งไปยังอีกตัวหนึ่ง การเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนจะอธิบายได้ด้วยกระบวนการการกระโดด ซึ่งค่าความต้านทานตามทฤษฎีสามารถอธิบายได้โดยการประมาณ

$$\rho = 1/\sigma \approx 1/(N_0 e^{-\Delta E/KT} E' \mu) \dots\dots(1)$$

เพราะความเป็นเอ็กโปเนนเชียลมีความเด่น ค่าความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์สามารถถูกประมาณได้โดย

$$\rho = \rho_0 E^{\beta/T} \dots\dots(2)$$

โดย ρ_0 คือค่าความต้านทานที่ Infinite Temperature และ β เป็นค่าคงที่สำหรับแต่ละอุปกรณ์ ค่าความต้านทานเป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิสมบูร์น T บนกราฟเซมิล็อก แต่เมื่อพล็อตระหว่างอุณหภูมิกับความต้านทานจะเป็นแบบไม่เชิงเส้น



รูปที่ 2.1 กราฟความต้านทาน-อุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่สมการที่ตั้งขึ้นไว้สามารถที่จะนำไปพลอตกราฟที่เหมาะสมกว่าเดิมได้ โดยความต้านทานจากสมการ(2)สามารถถูกเขียนใหม่เป็น

$$R = R_0 e^{\beta(1/T - 1/T_0)} \quad \dots\dots(3)$$

โดย R_0 ถูกวัดที่อุณหภูมิสมบูรณ์ T_0 ซึ่งปกติจะวัดที่ 25 องศาเซลเซียส หรือเท่ากับ 298 K แต่บางครั้งทดลองจะวัด R_0 ที่จุดเยือกแข็งเพื่อใช้สมการ(3)

การเปลี่ยนแปลงต่อการตอบสนองของเทอร์มิสเตอร์จะเป็นแบบเอ็กโปเนนเชียล

$$R = e^{(A_0 + A_1/T + A_2/T^2 + A_3/T^3 + \dots)} \quad \dots\dots(4)$$

ความสัมพันธ์นี้คำนวณค่าความต้านทานต่ออุณหภูมิได้อย่างถูกต้องมาก สปส.อุณหภูมิของความต้านทาน นิยามว่า

$$\alpha \equiv 1/R \cdot dr/dt \quad \dots\dots(5)$$

เพื่อไม่ให้เกิดความซับซ้อนจะใช้เป็นค่าเฉลี่ย α สำหรับตัวตรวจจับชนิดความต้านทานโลหะ สำหรับเทอร์มิสเตอร์ความต้านทานชนิดพลาตินัมมีค่าเฉลี่ยของ α ในช่วง 0 ถึง 100 องศาเซลเซียสสำหรับโลหะจะมีความแตกต่างระหว่าง α และ α เล็กน้อยมาก เพราะค่า α ไม่เป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิก่อนนัก ค่า α ของเทอร์มิสเตอร์จะมีความไวสูงมากต่ออุณหภูมิสำหรับเทอร์มิสเตอร์จากสมการ(3) จะมีความไว

$$\begin{aligned} \alpha &= 1/R \cdot dR/dT = -\beta T^2 R_0 e^{\beta(1/T - 1/T_0)} / (R_0 e^{\beta(1/T - 1/T_0)}) \\ &= -\beta T^2 \quad \dots\dots(6) \end{aligned}$$

สำหรับพลาตินัมจะมี $\alpha = 0.00392/K$ แต่ถ้าเป็นเทอร์มิสเตอร์จะมีความไวสูงกว่า 10 เท่าที่ 0 องศาเซลเซียส

เทอร์มิสเตอร์จะถูกนำไปใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มากมาย โดยมันถูกใช้ในการควบคุมการตอบสนองต่ออุณหภูมิหรือชดเชยต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ การวัด อุณหภูมิการไหลของกระแสผ่านเทอร์มิสเตอร์ควรจะเล็กมากๆ เพื่อให้การสูญเสียทางความร้อนต่ำที่สุด ซึ่งเป็นสาเหตุทำให้เทอร์มิสเตอร์มีความร้อนสูงกว่าสิ่งแวดล้อม เพื่อให้อุณหภูมิที่วัดได้ไม่สูงเกินไป สำหรับจุดประสงค์เป็นสวิทช์ , สำหรับควบคุมอุณหภูมิ , สำหรับการวัดการไหลของของไหลหรือคุณสมบัติอื่นๆ จะมีผลกระทบจากการถ่ายเทความร้อนของเทอร์มิสเตอร์กระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่เพียงพอจะก่อให้เกิดการสูญเสียทางความร้อนได้ ในการวัดอุณหภูมิกระแสควรวัดที่มีขนาดเล็ก เพื่อให้ความร้อนภายในต่ำที่สุดและเกิดความคลาดเคลื่อนต่ำสุดการที่จะทำให้เป็นแบบนี้จะต้องป้อนแรงดันต่ำหรือจำกัดกระแส ในการใช้งานส่วนมากต้องการให้ความคลาดเคลื่อนจากการเกิดความร้อนภายในมีค่าต่ำที่สุด และความผิดพลาดจากการวัดความต้านทานต่ำที่สุด ผู้ผลิตจึงจำเป็นต้องผลิตให้มีค่าความสูญเสียทางความร้อนคงที่ในแต่ละรูปร่างและแต่ละค่าของความต้านทาน เพื่อช่วยให้เกิดความผิดพลาดจากความร้อนต่ำที่สุด โดยการสูญเสียทางความร้อนจะถูกนิยามว่าเป็นกำลังที่ทำให้เทอร์มิสเตอร์มีอุณหภูมิสูงกว่าสิ่งแวดล้อม 1 องศาเซลเซียส

สำหรับรูปร่างแบบลูกปัด (Bead) จะมีการสูญเสียทางความร้อน 0.1 มิลลิวัตต์ต่อองศาเซลเซียสสำหรับแบบงานบนแผ่นระบายความร้อนทองแดงจะมีขนาด 60 มิลลิวัตต์ต่อองศาเซลเซียส

2.2 คุณสมบัติของเทอร์มิสเตอร์

เทอร์มิสเตอร์ที่ใช้กันทั่วไปจะมีรูปร่างแตกต่างกันไปอย่างกว้างขวาง เช่น แบบกลมยาว , แบบฟิล์มบาง , แบบจาน , แบบเกล็ด และแบบอื่นๆอีกมากมาย นิยมสร้างเป็นแบบเล็กๆเพราะมีความสะดวกสบายและถูกนำไปใช้ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โพรบวัดอุณหภูมิจะมีขนาดเล็กกว่า 0.5 มิลลิเมตร และยาวเพียงแค่ 1.5 มิลลิเมตร ผู้ผลิตมักจะผลิตเทอร์มิสเตอร์ให้มีความต้านทานที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสอยู่ในช่วง 10 โอห์ม ถึง 50 เมกะโอห์ม เทอร์มิสเตอร์ขนาดหนึ่งจะถูกสร้างให้มีความแตกต่างกันระหว่างความต้านทานที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียสได้ถึงกว่า 50 ชนิด หรือให้มีความคงทนแตกต่างกัน

เทอร์มิสเตอร์ที่ผลิตขึ้นครั้งแรกจะมีความคงทน 20% สำหรับค่าความต้านทานปกติที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยมีค่า α แตกต่างกัน ความคงทนที่อุณหภูมิสูงหรือต่ำกว่านี้จะไม่ค่อยดีเท่าไร เพราะเทอร์มิสเตอร์มีความไม่เป็นเชิงเส้นจึงควรที่จะทำให้มันครอบคลุมช่วงอุณหภูมิที่แคบ

ในปี 1987 มีการประเมินความเสถียรของเทอร์มิสเตอร์จาก 6 ผู้ผลิตด้วยกัน จากการทดสอบในช่วงเวลา 550 วันถึง 770 วัน ที่อุณหภูมิ 0, 30, 60 องศาเซลเซียส เปิดเผยว่าอัตราการเคลื่อนที่สำหรับรูปร่างแบบลูกปัดและแบบจาน จะค่อนข้างสม่ำเสมอในทุกๆผู้ผลิต แบบลูกปัดจะมีความเสถียรมากกว่าแบบจาน และความเสถียรจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

ในปัจจุบันมีการผลิตเทอร์มิสเตอร์แบบจานด้วย NiMn_2O_4 และชนิดด้วยแก้วจะมีความคงทนเปลี่ยนแปลง 0.1% สำหรับอุณหภูมิในช่วง 0 ถึง 70 องศาเซลเซียส การทดสอบเป็นเวลา 500

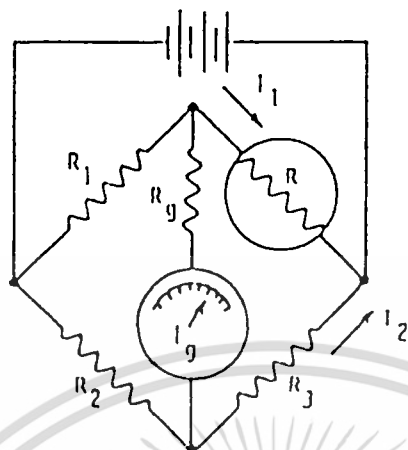
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชั่วโมงที่อุณหภูมิ -80 , 0 , 25 , 70 , 100, 150 และ 200 องศาเซลเซียส เปิดเผยว่าจะมีความเสถียรที่อุณหภูมิ 0 , 25 และ 70 องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิ 100 และ สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ความคลาดเคลื่อนจะเป็นค่าลบมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น แต่เทอร์มิสเตอร์แบบนี้จะมีความเสถียรมากกว่าแบบเคลือบด้วยอีพอกซีถึง 20 เท่า

2.3 การดัดแปลงความสัมพัทธ์ ระหว่างความต้านทานและอุณหภูมิ

ความไม่เป็นเชิงเส้นเป็นสิ่งที่ไม่พึงปรารถนาในการนำไปใช้งานทั่วไป สำหรับวงจรถอดทริกส์ที่ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิ ค่าความต้านทานจะถูกปรับปรุงโดยการต่อร่วมกับเทอร์มิสเตอร์อีก 1 ตัวหรือมากกว่า 1 ตัว หรือที่ต่อร่วมกับตัวต้านทานตัวอื่นๆ โดยปกติความต้านทานทั่วไปจะมีสปส.ความต้านทานเป็นค่าบวกเล็กน้อย ผลที่เกิดขึ้นจะทำให้ความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิลดลง แต่มีความเป็นเชิงเส้นมากขึ้น

วิธีที่นิยมวิธีหนึ่งคือการต่อร่วมกับความต้านทานตัวอื่นเป็นวงจรวิตส โตนบริดจ์ ซึ่งจัดว่าเป็นเครื่องมือวัดประเภทตัวต้านทานที่ให้ความไวสูงมาก โดยความต้านทานของตัวตรวจจับอุณหภูมิจะถูกเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ซึ่งจะใช้กระแสจากความไม่สมดุลย์ในวิทส โตนบริดจ์เป็นตัวแสดงอุณหภูมิได้โดยตรง แต่จะมีความแน่นอนน้อยมาก ความไม่สมดุลย์ของวงจรวิตส โตนบริดจ์จะถูกนำมาใช้สำหรับการใช้งานเทอร์มิสเตอร์ ดังในรูปที่ 2.1) แสดงถึงวงจรวิตส โตนบริดจ์ที่มีตัวตรวจจับกระแส , ค่าที่เกิดขึ้นจะทำให้เข็มของตัวตรวจจับเกิดการเบนไปและแสดงถึงค่าอุณหภูมิได้ โดยเราจะต้องวิเคราะห์วงจรนี้เพื่อที่จะตัดสินใจถึงสถานะที่ให้ค่าความเป็นเชิงเส้นของกระแสจากตัวตรวจจับโดยขึ้นกับอุณหภูมิ



รูปที่ 2.2 วงจรบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ทฤษฎี ส่วนการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็น ดิจิตอล

ส่วนการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลจัดว่าเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดเนื่องจากเป็นส่วนของการได้มาซึ่งข้อมูล ที่จะนำไปคำนวณเพื่อบอกค่าอุณหภูมิในขณะนั้นได้ ส่วนนี้เป็นขั้นตอนหนึ่งในระบบของเครื่องมือวัดอุณหภูมิ ที่ควรจะศึกษาเป็นอย่างยิ่ง

3.1 ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็น ดิจิตอล

ตัวแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล หรือที่เรียกกันง่ายๆ ว่า A/D ตามปกตินี้แล้วจะมีอยู่มากมายหลายชนิด แต่เท่าที่เป็นที่นิยมจะมีอยู่ 3 ชนิด คือแบบ Flash, Successive approximation และแบบ Intergrating แต่ละชนิดจะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป สำหรับในโครงการพิเศษนี้ใช้ชนิด Intergrating แบบ dual slope โดยเบอร์ไอซีที่ใช้คือ ICL7109 มีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- 1) เป็นตัวแปลงสัญญาณ A/D ชนิด Dual-slope Intergrating ที่สามารถแปลงเป็นเลขฐานสองได้ถึง 12 บิต (ซึ่งสามารถบอกถึงชั่วโมงและการเกินช่วงได้ด้วย)
- 2) มีเอาต์พุต 3 สถานะ และทำงานในโหมด UART Handshake ในการติดต่อข้อมูลทั้งแบบขนานและอนุกรม
- 3) สัญญาณรบกวนต่ำ ขนาด $15 \mu\text{V}_{\text{p-p}}$
- 4) ใช้กระแสไบอัสสำหรับอินพุตเพียง 1 พิโคแอมแปร์
- 5) สามารถที่จะแปลงข้อมูลได้มากกว่า 30 ครั้งในเวลา 1 วินาที
- 6) มีการเลื่อนของระดับแรงดันน้อยกว่า 1 ไมโครโวลต์ต่อ 1 องศาเซลเซียส
- 7) สามารถที่จะใช้เชื่อมต่อกับ Analog Multiplexer ได้

IC7109 มีอยู่หลายชนิดเหมาะสมกับการนำไปใช้ในงานด้านต่างๆ กันดังนี้

- 1) ชนิด ICL7109MDL สำหรับนำไปใช้ในทางทหาร ทำงานในช่วง -55°C ถึง $+125^{\circ}\text{C}$
- 2) ชนิด ICL7109IDL สำหรับนำไปใช้ในทางอุตสาหกรรม ,มาตรฐานเยอรมัน ,ทำงานในช่วง -25°C ถึง $+85^{\circ}\text{C}$
- 3) ชนิด ICL7109IJL สำหรับนำไปใช้ในทางอุตสาหกรรม, มาตรฐานญี่ปุ่น ทำงานในช่วง -25°C ถึง $+85^{\circ}\text{C}$
- 4) ชนิด ICL7109CPL สำหรับนำไปใช้ในทางการค้า ทำงานในช่วง 0°C ถึง $+70^{\circ}\text{C}$ ซึ่งชนิดที่ 1 ถึง 3 จะเป็นเซรามิกขนาด 40 ขา สำหรับชนิดสุดท้ายเป็นพลาสติกขนาด 40 ขา สำหรับอัตราการทนต่อการทำงานสูงสุดของ ICL7109 จะเป็นดังนี้

- 1) แหล่งจ่ายไฟบวก ไม่เกิน $+6.2\text{V}$
 - 2) แหล่งจ่ายไฟลบ ไม่เกิน -9V
 - 3) คิววิตอลอินพุท $V^+ + 0.3\text{V}$
 - 4) อุณหภูมิที่สะสมภายในชิพ -65°C ถึง 150°C
 - 5) อุณหภูมิในขณะที่ทำการบัดกรี $+300^{\circ}\text{C}$ นาน 10 วินาที
- ถ้าทุกข้อที่กล่าวมามีค่ามากกว่านี้จะทำให้อุปกรณ์พังอย่างถาวร

คุณสมบัติ ทางไฟฟ้าของ ICL7109

เมื่อป้อนแหล่งจ่ายไฟบวก 5V, แหล่งจ่ายไฟลบ -5V, กราวด์ 0V, $T_A = 25^{\circ}\text{C}$

-ANALOG SECTION

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
V_{REF}	Ref out voltage	Referred to V^+ , 25K between V^+ and REF OUT	-2.4	-2.8	-3.2	V
I_{SUPP}	Supply Current V^+ to GND	$V_{in} = 0$, crystal Osc 3.58 Mhz, test circuit		700	1500	μA

ตารางที่ 3.1 คุณสมบัติ ทางไฟฟ้า ของ 7109 analog section

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-DIGITAL SECTION

SYMBOL	PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYPE	MAX	UNIT
V_{OH}	Output High Voltage	$I_{out} = 100 \mu A$ Pin 2-16 , 18 , 19,20	3.5	4.3		V
V_{OL}	Output Low Voltage	$I_{out} = 1.6 mA$		0.2	0.4	V
t_w	Mode Input Pulse Width	(Note 4)	50			nS

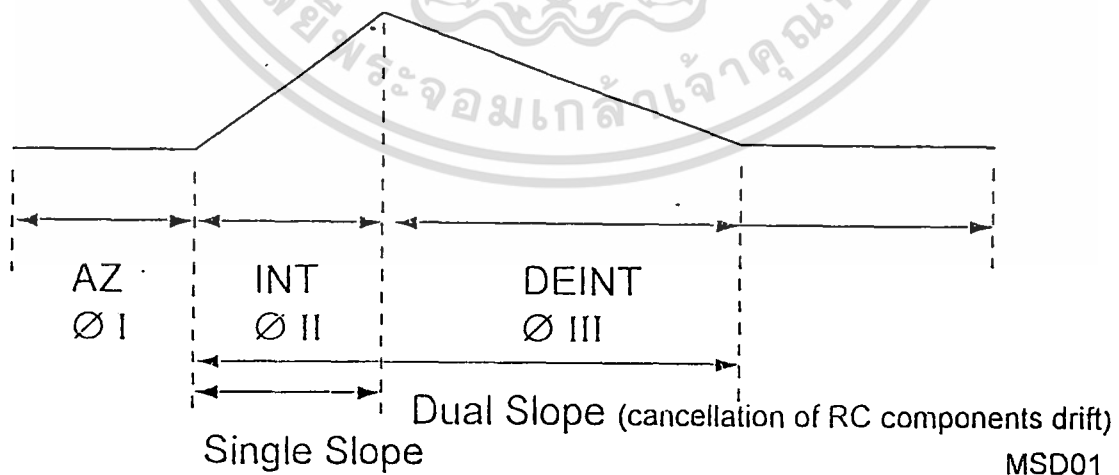
Note4. This parameter is not production tested, but is guaranteed by design

ตารางที่ 3.2 คุณสมบัติทางไฟฟ้าของ 7109 digital section

3.2 การทำงานของ A/D

ICL7109 เป็น A/D ที่ทำการแปลงข้อมูลโดยอาศัยสัญญาณนาฬิกา 4096 ลูก ควบคุมการทำงาน สามารถแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็น 4 ช่วง แต่ละช่วงควบคุมการทำงานด้วยพัลส์ 1024 ลูก

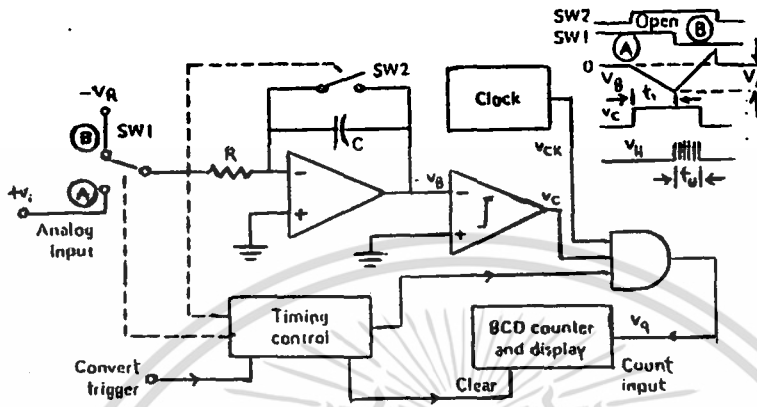
- 1) Auto Zero Phase1
- 2) Signal Intergrate Phaes2
- 3) Deintegrate Phase3
- 4) Auto zero



รูปที่ 3.1 พัลส์การทำงานของ 7109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณลักษณะดังกล่าวมี 2 slope จึงถูกเรียกว่า dual Slope เพื่อเป็นการตัดปัญหาเนื่องจากการ drift ของ R และ C ซึ่งเราสามารถจะอธิบายถึงสัญญาณที่เกิดขึ้นได้จากวงจรข้างล่างนี้



รูปที่ 3.2 วงจรการทำงานของ 7109

กล่าวคือในวงจรจะมีตัวคอมพาราเตอร์ทำหน้าที่ในการเปรียบเทียบข้อมูลที่ขาบวกและขาลบ เพื่อให้สัญญาณเอาต์พุตออกมา และมีตัว BCD counter เป็นตัวนับข้อมูล ซึ่งทั้งคู่ถูกควบคุมด้วย timing control

อธิบายการทำงานของวงจรควบคู่ไปกับ Timing Diagram ได้ดังนี้

ในขณะที่ timing control ส่งสัญญาณไปควบคุมให้ SW1 ไปแตะที่ A ก็จะมีพัลส์ไปที่ SW2 ด้วย 1 ลูก ช่วงที่ SW1 แตะที่ A จะให้ลอจิก “1” เนื่องจาก A เป็นแรงดันอินพุตบวกที่ป้อนเข้ามา ช่วงนี้เมื่อ SW2 อยู่ในสถานะ LOW และ SW1 อยู่ในสถานะ HIGH เรียกว่าช่วง AZ คือแรงดันเอาต์พุต V_B จะเป็นศูนย์โดยอัตโนมัติ เมื่อ SW2 อยู่ในสถานะ HIGH ช่วงนี้ C จะเริ่มทำการเก็บประจุทำให้ได้สัญญาณที่ V_B เป็น slope ลง จนกระทั่งพัลส์ครบ 1024 ลูก timing control จะควบคุมให้ SW1 ไปแตะที่ B ซึ่งเป็นแรงดันอ้างอิงลบ ทำให้ SW1 ตกลงมาเป็นลอจิก “0” ในขณะที่ SW2 ยังคงเป็นลอจิก “1” อยู่ที่คั้ง comparator จะให้สัญญาณเอาต์พุต V_B เป็นบวก และช่วงนี้ C จะเกิดการคายประจุออกมาจนกระทั่งหมดที่เก็บเข้าไป ซึ่งเป็นจังหวะเดียวกับ SW2 ตกลงมาเป็นลอจิก “0” จากการควบคุมของ timing control ขณะนี้ V_B จะตกลงมาเป็น AZ อีกครั้ง เป็นระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งเป็นช่วงสุดท้ายของการแปลงข้อมูล ใช้พัลส์ควบคุมทั้งหมดตั้งแต่คายประจุจนถึงเป็น AZ ในช่วงสุดท้ายจำนวน 2048 ลูก จึงจะเริ่มต้นแปลงข้อมูลใหม่อีกครั้งได้ ที่ตัวคอมพาราเตอร์ตัวที่ 2 จะได้รับสัญญาณ V_B เป็นสัญญาณอินพุต ซึ่งจากสัญญาณ V_B ที่เกิดขึ้นเมื่อผ่านเข้าไปยังตัวคอมพาราเตอร์ที่ 2 จะได้รับสัญญาณเอาต์พุต V_C เป็นพัลส์ 1 ลูก ดังแผนภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ V_C สัญญาณนาฬิกา และสัญญาณจาก timing diagram จะถูกส่งไปเป็นอินพุตให้กับ AND gate ซึ่ง AND จะให้เอาต์พุตเป็นลอจิก “1” เมื่ออินพุตทั้งหมดเป็น “1” เท่านั้น สัญญาณจาก timing diagram จะถูกส่งเป็นลอจิก “0” เมื่อ SW1 และที่ A และจะถูส่งเป็นลอจิก “1” เมื่อ SW1 และที่ B ดังนั้นเอาต์พุต V_q จึงมีลักษณะเป็นดังแผนภาพ

สัญญาณ V_q ที่เกิดขึ้นคือจำนวนพัลส์ที่ไปควบคุมให้ BCD counter เกิดการนับ และแสดงค่าเป็นตัวเลขออกมาบน display โดยพัลส์ 1 ลูก ก็คือการเกิดการนับ 1 ครั้ง ดังนั้นค่าดิจิตอลที่เกิดขึ้นก็คือจำนวนพัลส์ V_q นั่นเอง

จากแผนภาพที่กล่าวมา เราสามารถคำนวณช่วงเวลา t_r , t_u ที่เกิดการ Integrate และ Deintegrate ได้จาก

Integrate Phase 1

$$V_B = -V_{ir} / RC$$

Deintegrate Phase 2

$$V_B = V_r t_u / RC$$

$$t_u = V_r t_r / V_r$$

ดังนั้นทำให้สามารถคำนวณหาจำนวนพัลส์ V_q ที่เกิดขึ้นได้

$$\therefore N = V_{ir} t_r / V_r$$

เพียงเท่านี้เราก็สามารถทราบค่าดิจิตอลของอนาลอกอินพุตที่ถูกป้อนเข้ามาได้แล้ว โดยที่วิธีนี้ในสูตรการคำนวณจะไม่เกี่ยวกับ R และ C เลข ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่า R และ C ก็ไม่มีผลต่อการแปลงข้อมูล แต่อย่างไรก็ตามตัว C ที่ใช้ในวงจรควรจะเลือกตัวที่มีคุณภาพดีพอสมควร เพื่อหลีกเลี่ยงปัญหาเนื่องจาก hysteresis นอกจากนี้ยังต้องการ V_r ที่มีความเที่ยงตรงสูงด้วย

ในการทำงานแปลงข้อมูลด้วย A/D นี้ เราจะต้องควบคุมขาบางขาของมันด้วย เพื่อให้เกิดการทำงานได้ นอกจากนี้หลังจากแปลงข้อมูลแล้ว ก็ต้องมีการควบคุมเพื่อให้เกิดการส่งข้อมูลออกไปภายนอกได้เช่นกัน ขาต่างๆ ที่มีความสำคัญสำหรับตัว A/D มีดังต่อไปนี้

1) STATUS

ขานี้เป็นตัวบอกสถานะการทำงานของ A/D ถ้าแปลงข้อมูลเสร็จแล้ว ขานี้จะมีสถานะเป็นลอจิก “0” ในขณะที่ยังแปลงข้อมูลไม่เสร็จ จะมีสถานะเป็น “1” ซึ่งนิยมใช้ขานี้ติดต่อกับ Interrupt

2) MODE

ในการทำงานของ A/D จะมีอยู่ 2 โหมดศูนย์ และโหมดหนึ่ง สำหรับการใช้งานในโครงงานนี้จะใช้โหมดศูนย์ เนื่องจากเป็นโหมดเอาต์พุตโดยตรง ก็สามารถควบคุมขา CE/LOAD, HBEN, LBEN เพื่อให้เกิด โบท์เอาต์พุต ได้โดยตรง

3) ขา B1-B12 , OR, POL

ขาเหล่านี้จะให้เอาต์พุตคาตาบิทได้ 3 สถานะ

4) LBEN, HBEN (p1.7,p1.6)

ในการควบคุมการส่งค่าเอาต์พุตจากการแปลงแล้วไปยังภายนอก จะต้องควบคุมด้วย 2 ขานี้ โดยใช้ MODE 1 และให้ขา CE เป็นลอจิกศูนย์ ควบคุมให้ LBEN เป็นศูนย์ หมายถึงส่งให้มีข้อมูล LOW BYTE ออกมา จากขา B1-B8 ถ้าควบคุมให้ HBEN เป็นศูนย์ หมายถึงส่งให้มีข้อมูล HIGH BYTE ออกมาจากขา B9-B12, POL และ OR

5) CE/LOAD : Chip Enable Load (P1.5)

ภายใต้การควบคุมด้วยโหมดศูนย์ ขา CE จะเป็นตัวควบคุมให้เกิดเอาต์พุตได้ โดยขา CE เป็นศูนย์ จะทำให้เกิดเอาต์พุตได้ ถ้าเป็น “1” จะไม่เกิดเอาต์พุต

6) RUN/HOLD (P1.4)

ในสถานะ High จะทำให้เกิดการแปลงข้อมูลได้อย่างต่อเนื่องทุกๆ พัลส์จำนวน 8192 ลูก

ในสถานะ Low จะหยุดการแปลงข้อมูล ซึ่งจะหยุดในช่วง Auto-Zero 7 counts ก่อนจะทำการอินทิเกรตใหม่

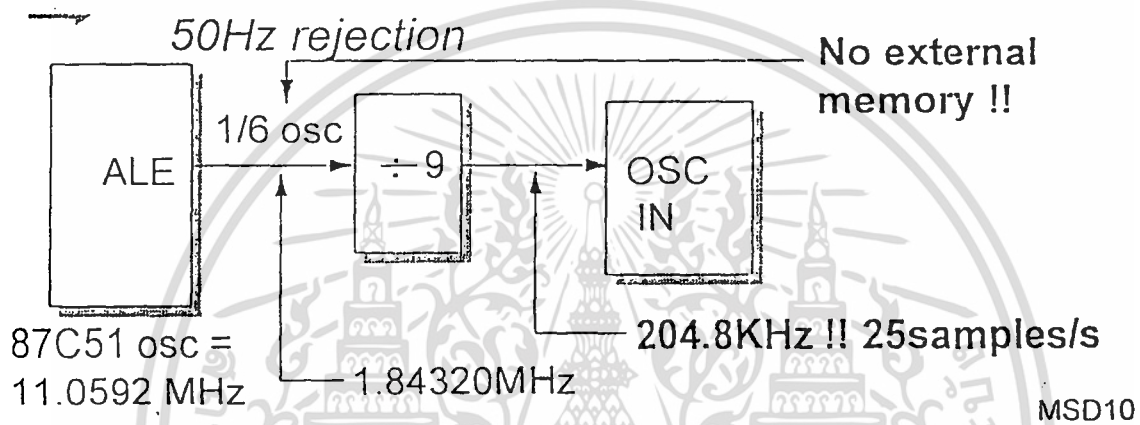
ในการทำงานของ A/D จะต้องมีการป้อนสัญญาณให้กับมันด้วยที่ขา OSC IN ซึ่งแหล่งจ่ายสัญญาณนาฬิกามีอยู่ 3 แหล่ง ดังนี้



1) X-tal 3.58 Mhz จะหาได้ง่ายแต่ไม่เหมาะสำหรับความถี่บ้านขนาด 50 Mhz จะเหมาะกับเมืองนอกที่ใช้ไฟขนาด 60 Mhz มากกว่า

2) RC oscillator จะหาง่าย, แม่นยำ แต่เกิดการเลื่อนระดับสัญญาณที่อุณหภูมิสูงๆ ได้

3) External drive จะหาง่าย, แม่นยำ และเหมาะสมที่สุดสำหรับไฟบ้าน 50 Mhz โดยการนำสัญญาณนาฬิกาที่ออกมาจากขา ALE ของไมโครคอนโทรลเลอร์ มาทำการหาร 9 จะได้ความถี่ที่เหมาะสมที่จะป้อนให้กับ OSC IN

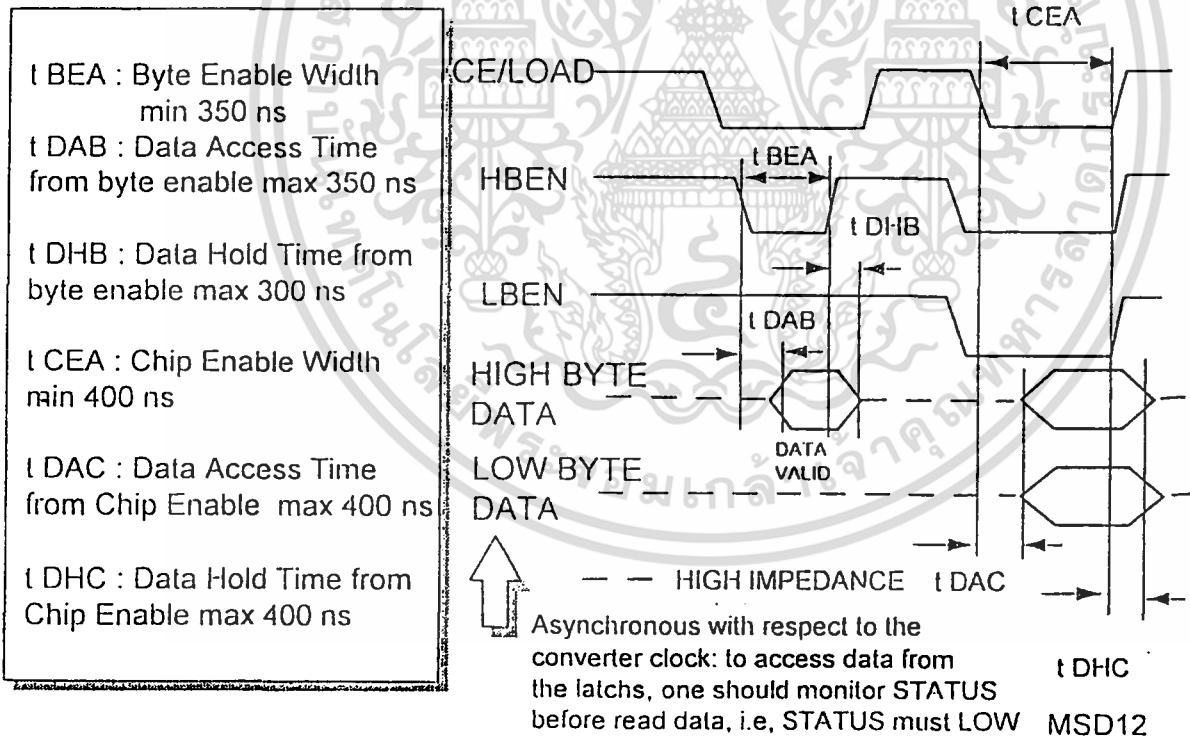


รูปที่ 3.3 สัญญาณนาฬิกา OSC IN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

timing diagram สำหรับการทำงานในโหมดศูนย์

- t_{BEA} : Byte Enable Width min 350 ns
- t_{DAB} : D0ata Acces Time from byte enable max 350 ns
- t_{DHB} : Data Hold Time from byte enable max 300 ns
- t_{CEA} : Chip Enable Width min 400 ns
- t_{DAC} : Data Access Time from Chip Enable max 400 ns
- t_{DHC} : Data Hold Time from Chip Enable max 400 ns



รูปที่ 3.4 Timing Diagram 7109

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ข้อมูลส่วนการควบคุมเสียงพูด

4.1 ข้อมูลเกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์

4.1.1 ลักษณะโดยทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ AT89C2051

AT89C2051 Single Chip Microcontroller

AT89C2051 เป็นชิพไมโครคอมพิวเตอร์ขนาดจิ๋ว ผลิตโดย ATMEL ชุดคำสั่งและสถาปัตยกรรมภายใน จะเหมือนกับไมโครคอมพิวเตอร์ตระกูล MCS-51TM ซึ่งผลิตโดยอินเทล มีหน่วยความจำภายในเป็น PEROM หรือเรียกว่า Flash memory ขนาด 2 kB สามารถเขียนและลบใหม่ได้ไม่น้อยกว่า 1,000 ครั้ง โปรแกรมที่บันทึกไว้ภายในชิพสามารถเก็บไว้ได้นานถึง 10 ปี ซึ่งเป็นระยะเวลาใกล้เคียงกับชิพ 8751 ของตระกูล MCS-51TM ซึ่งหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ EPROM จะใช้แสง UV ในการล้างข้อมูล จุดเด่นของชิพ 89C2051 มีดังต่อไปนี้

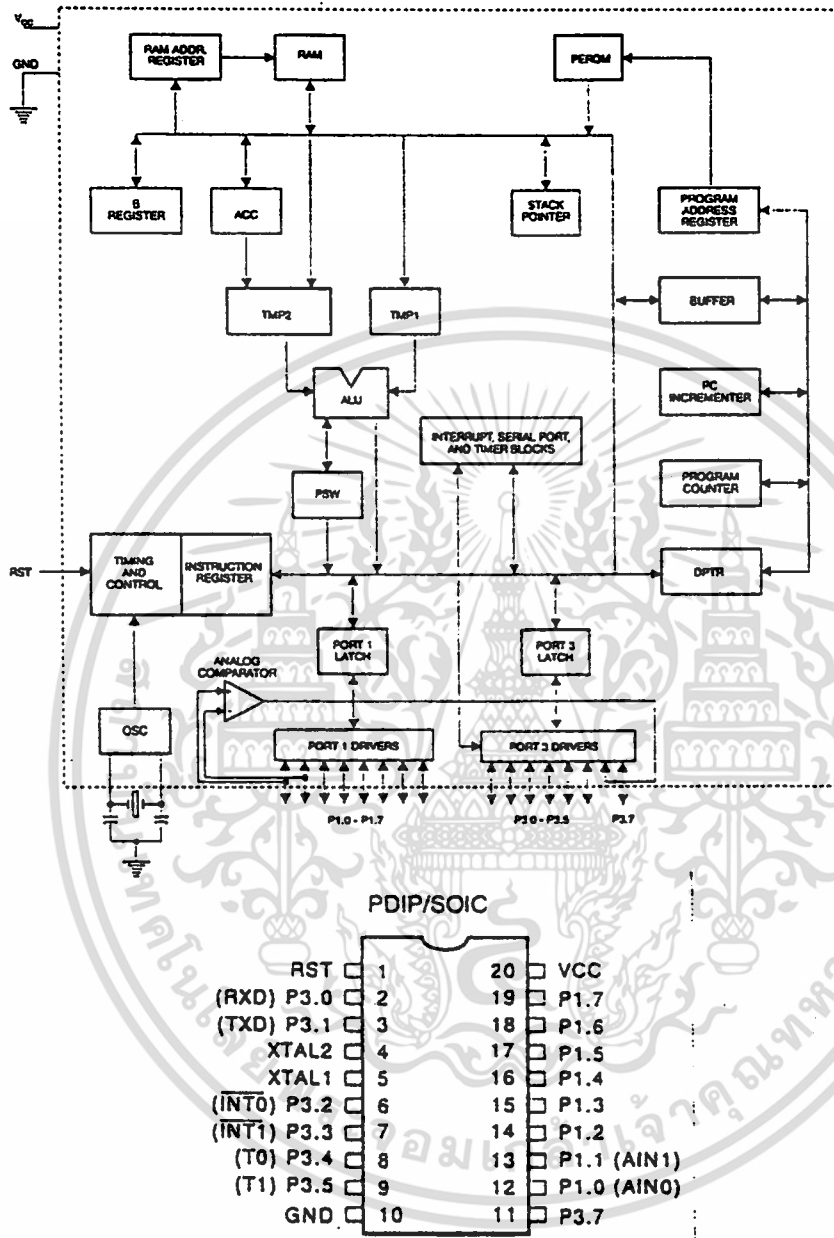
1. สามารถใช้แทนไมโครคอมพิวเตอร์ตระกูล MCS-51TM
2. หน่วยความจำโปรแกรมเป็น Flash memory ขนาด 2 kB
3. ใช้ไฟเลี้ยงได้ตั้งแต่ 2.7 V - 6 V
4. ออสซิลเลเตอร์สามารถป้อนได้ตั้งแต่ 0 Hz - 24 MHz
5. สามารถล๊อคโปรแกรมได้ 2 ระดับ
6. หน่วยความจำข้อมูลบนชิพขนาด 128 ไบต์
7. มีอินพุต / เอาท์พุตพาท 15 บิต
8. มีตัวนับและจับเวลาขนาด 16 บิต 2 ตัว
9. แหล่งอินเทอร์รัพท์มี 5 แหล่ง
10. พอร์ทอนุกรมแบบ UART โปรแกรมความเร็วในการส่งข้อมูลได้
11. เอาท์พุตพาทสามารถขับ LED ได้โดยตรงด้วยกระแส sink 20 mA
12. มีนาฬิกาคอมพาราเตอร์บนชิพ
13. มีโหมด Idle และ Power down

ชิป 89C2051 สร้างด้วยเทคโนโลยี Atmel's high density nonvolatile memory technology หน่วยความจำโปรแกรมภายในขนาด 2 kB ดังกล่าวเป็นแบบ Flash programmable and erasable read only memory (PEROM) จากความสามารถและจุดเด่น กล่าวคือ เมื่อเปรียบเทียบกับชิปไมโครคอมพิวเตอร์ขนาดจิ๋วของ Philips เช่น เบอร์ 87C750 มีโปรแกรมภายในเป็นแบบ EPROM ในแง่ของการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมขนาดเล็ก สำหรับงานควบคุมขนาดเล็กเราอาจใช้ชิป 89C2051 ได้สะดวกกว่า เพราะขณะพัฒนาโปรแกรมเราสามารถล้างโปรแกรมด้วยสัญญาณไฟฟ้า จะกินเวลาไม่เกิน 5 วินาที ในขณะที่ชิป 87C750 เป็น EPROM เวลาล้างโปรแกรมจะใช้เวลามากกว่า 5 นาที และที่สำคัญการพัฒนาทำได้ลำบาก อย่งไรก็ตาม ชิปไมโครคอมพิวเตอร์จิ๋วของทาง Philips มีข้อดีกว่าในแง่ของการมีวงจรเสริมมากมาย อาทิเช่นมี A/D , D/A , ใช้งานได้ความถี่ถึง 40 Mhz , สามารถเชื่อมต่อเป็นเครือข่ายได้ง่ายเพราะมีพอร์ทอนุกรม I²C และ CAN (Control Area Network) ขณะนี้ชิปตระกูลของ Philips ในตอนแรกยังไม่ได้นำรุ่นที่ภายในเป็น EEPROM หรือ Flash memory เข้ามาจำหน่าย หากนำเข้ามาแล้วเชื่อว่าชิปไมโครคอมพิวเตอร์ของ Philips จะมีการใช้งานมากกว่าตระกูลของ Atmel

4.1.2 ตัวถังและขาสัญญาณของชิป AT89C2051

ลักษณะตัวถังเป็นแบบ PDIP (Plastic Dual-Inline-Package) ขนาด 20 ขาสัญญาณที่สำคัญคือ I/O พอร์ท มีเพียงพอร์ท 1 จำนวน 8 บิต ระบุด้วย P1.0 - P1.7 ข้อสังเกตจะพบว่า P1.0 และ P1.1 มีฟังก์ชันเสริมคือ AIN0 และ AIN1 เป็นอนาล็อกอินพุทของวงจรคอมพิวเตอร์

จะเห็นว่าเราสามารถใช้งานเปรียบเทียบสัปดาห์ก่อนเข้ามาที่ขา P1.0 และ P1.1 ได้โดยเอาที่พอร์ทจะต่อกับ P3.6 ซึ่งสามารถอ่านค่าด้วยโปรแกรม ดังนั้นพอร์ท P3.6 จึงมิได้ต่อกับขาภายนอก พอร์ท P3 จึงมีเพียง P3.1 - P3.5 และ P3.7 สำหรับฟังก์ชันเพื่อเลือก ยังคงใช้งานได้เหมือนกับชิปตระกูล 8051 ของอินเทล ซึ่งแสดงภาพโคเดแกรมวงจรภายในและขาสัญญาณดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงไดอะแกรมวงจรภายในและขาสัญญาณของ AT89C2051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ข้อมูลเกี่ยวกับ ISD2590

Single Chip Voice Record/Playback Devices 90 Second Durations

4.2.1 ลักษณะโดยทั่วไป

ไอซีเก็บข้อมูลเบอร์ ISD2590 เป็นชิพเดี่ยวที่มีคุณสมบัติในการบันทึก และการเล่นกลับ ข้อมูลเป็นเวลา 90 วินาที จัดเป็นสิ่งประดิษฐ์ประเภท CMOS ที่ประกอบด้วยออสซิลเลเตอร์ในตัว ตัวขยายสัญญาณเสียงพูด (microphone preamplifier) ตัวควบคุมการปรับอัตราขยายอัตโนมัติ (automatic gain control) แอนติอัลไลซิง ฟิลเตอร์ (anti-aliasing filter) สมูทติง ฟิลเตอร์ (smoothing filter) และตัวขยายสัญญาณลำโพง (speaker amplifier) นอกจากนี้ ISD2590 ยังสามารถใช้ร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์ในการเก็บข้อมูลได้หลายๆ ข้อมูล และสามารถนำข้อมูลออกมาโดยการอ้างแอดเดรสในการบันทึกข้อมูลนั้น

ข้อมูลจะถูกเก็บในหน่วยความจำประเภท non-volatile และใช้เทคโนโลยีการบันทึกข้อมูลแบบ *Direct Analog Storage Technology (DAST)* โดยที่สัญญาณเสียงพูดหรือสัญญาณเสียงจะถูกบันทึกโดยตรง ในรูปของสัญญาณอะนาล็อกเข้าไปในหน่วยความจำ ซึ่งการบันทึกในลักษณะนี้จะทำให้เสียงที่ถูกสร้างขึ้นใหม่มีความเป็นธรรมชาติ

เบอร์ไอซี	Duration (second)	Input Sample Rate (kHz)	Upper Pass Band (kHz)
ISD2590	90	5.33	2.3

ตารางที่ 4.1 แสดงคุณลักษณะที่สำคัญของ ISD2590

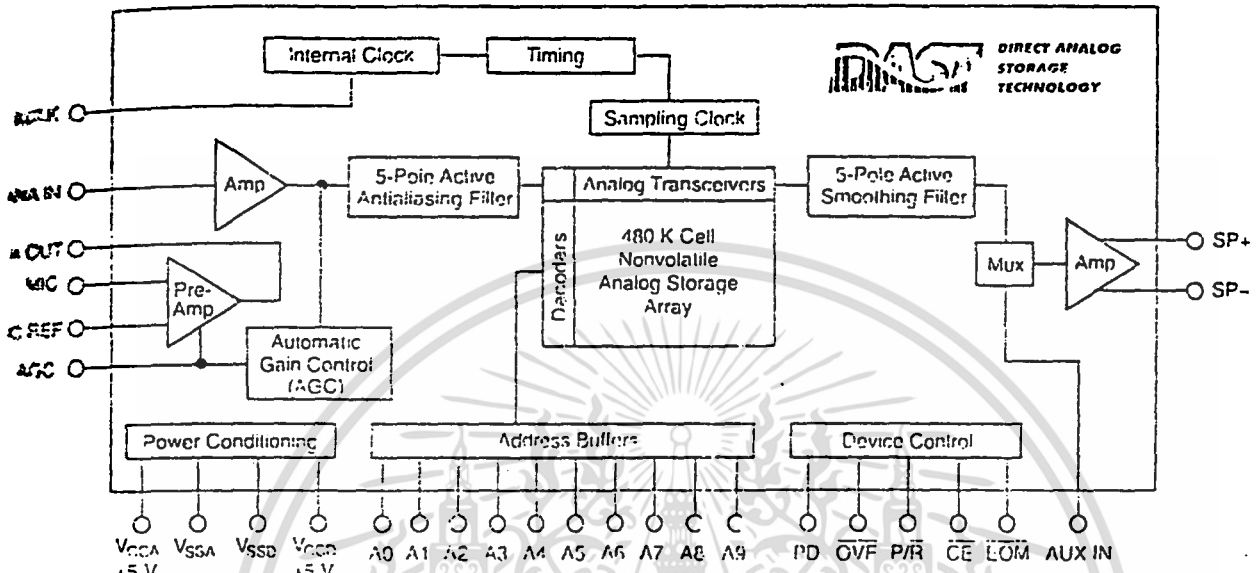
4.2.2 คุณสมบัติของ ISD2590

- ง่ายต่อการใช้งานในการบันทึกและเล่นกลับในตัวเดียว
- ไม่ต้องการไอซีภายนอก
- ไม่จำเป็นต้องพัฒนาระบบ
- คุณภาพสูง เสียงที่ถูกสร้างขึ้นใหม่มีความเป็นธรรมชาติมาก

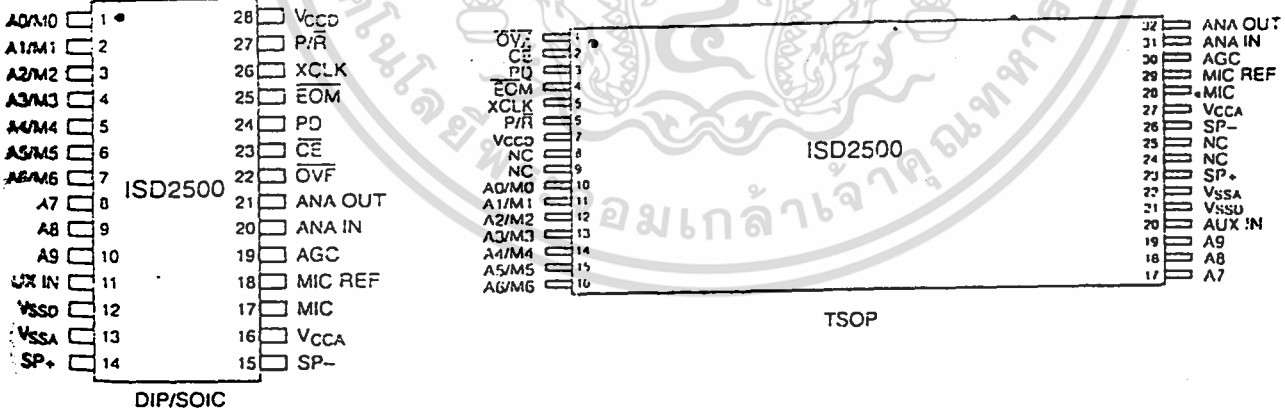
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถสวิตช์ด้วยมือหรือต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์ก็ได้
- สามารถต่อเรียงกันโดยตรง (directly cascade) เพื่อเพิ่มเวลาที่ยาวขึ้น
- ไม่ต้องการพลังงานในการเก็บรักษาข้อมูล
- ไม่มีส่วนของวงจรแบตเตอรี่แบคอัพ (battery backup)
- ตัดไฟโดยอัตโนมัติ (automatic power-down) เมื่ออยู่ใน Push-Button Mode
- กินกระแสเพียง 1 ไมโครแอมป์
- สามารถอ้างแอสแตเรสได้ในหลาย ๆ ตำแหน่ง เพื่อที่จะนำข้อมูลหลาย ๆ ข้อมูลขึ้นมา
- โดยทั่วไปข้อมูลยังคงอยู่ถึง 100 ปี
- โดยทั่วไปบันทึกซ้ำได้ 100,0001 ครั้ง
- มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา (clock) บนชิพ
- มีตัวควบคุมการปรับอัตราขยายอัตโนมัติ (Automatic Gain Control (AGC)) บนชิพ
- ใช้แหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์ (single +5 V supply) ช่วงการทำงานอยู่ระหว่าง 4.5 - 6.5 โวลต์
 - สามารถใช้โวลเตจต่ำ ๆ ได้ (3.6 V - 4.0 V)
- ตัวถังเป็นแบบ DIP , SOIC และ TSOP
- อุณหภูมิในการใช้งาน สำหรับระบบอุตสาหกรรม (-40 ถึง 80 องศาเซลเซียส)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงบล็อกโคตะแกรมของ ISD2590



รูปที่ 4.3 แสดงการวัดเรียงขาของ ISD2590

- ก) แบบ DIP/SOIC
- ข) แบบ TSOP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.3 รายละเอียดของ ISD2590

คุณภาพของเสียงและคำพูด

ISD2590 เป็นสิ่งประดิษฐ์ที่ทำงานที่ความถี่ในการแซมปลิง คือ 5.33 กิโลเฮิรตซ์ ตัวอย่างของคำพูดจะถูกเก็บโดยตรงเข้าไปในส่วนที่เรียกว่า Non - Volatile Memory ซึ่งอยู่บนตัวชิพ โดยปราศจากขั้นตอนหรือกระบวนการทางดิจิทัลและการบีบอัดซึ่งเป็นทางเลือกอีกแบบหนึ่ง

Direct Analog Storage จะให้เสียงที่สร้างขึ้นใหม่ที่มีความเป็นธรรมชาติและเหมือนจริงมาก ไม่ว่าจะเป็นเสียงพูด , เสียงดนตรี , เสียงโทนหรือซาวด์เอฟเฟค (sound effect) ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาด้วยวิธีทางดิจิทัลไม่สามารถเทียบได้

เวลาในการทำงาน (Duration)

จุดสิ้นสุดของระบบ ISD 2590 นั้นเป็นชิพเดี่ยวที่สามารถทำงานได้ยาว 90 วินาที แต่ละส่วนถูกออกแบบให้สามารถต่อเรียงกัน (cascade) เพื่อเวลาการทำงานที่ยาวขึ้น

EEPROM Storage

หนึ่งในความสามารถของเทคโนโลยี DAST ของ ISD คือใช้หน่วยความจำแบบ Non - Volatile Memory บนตัวชิพ ซึ่งเป็นการเก็บข้อมูลแบบไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานข้อมูลจะยังคงอยู่ได้นานกว่า 100 ปีขึ้นไป โดยปราศจากพลังงานและนอกจากนี้อุปกรณ์ตัวนี้ยังสามารถทำการบันทึกได้สูงกว่า 100,000 ครั้ง

การเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

นอกจากจะง่ายต่อการใช้งานแล้ว ISD 2590 ยังสามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยไม่จำเป็นต้องต่อวงจรกับขาแอดเดรสและขาคอนโทรล สามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และจัดการให้ทำงานในหน้าที่ต่าง ๆ ได้ ไม่ว่าจะเป็นการเก็บข้อความ การเรียงข้อมูลต่อ ๆ กัน , การกำหนดพื้นที่ของข้อความ และการจัดการกับข้อความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การโปรแกรม

ISD2590 เป็นอุดมคติสำหรับการเล่นกลับเท่านั้น โดยอาจจะเป็นข้อความเดียวหรือหลายข้อความก็ได้ โดยจะถูกอ้างผ่านปุ่ม , สวิตช์ หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งอยู่ที่ลักษณะของข้อความที่ถูกสร้างขึ้น การทำงานสามารถจัดการได้ง่ายโดยผู้ใช้เอง

4.2.4 รายละเอียดของขาสัญญาณของ ISD2590

Microphone Input (MIC)

ขานี้จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังภาคขยายสัญญาณจากไมโครโฟน (preamplifier) ซึ่งอยู่บนชิพ สำหรับวงจรปรับอัตราขยายอัตโนมัติ (AGC) บนชิพจะทำหน้าที่ควบคุมอัตราขยายของภาคสัญญาณจากไมโครโฟนนี้จาก -15 ถึง 24 เดซิเบล และไมโครโฟนภายนอกจะต่อแบบ AC couple กับขานี้โดยผ่านตัวเก็บประจุซึ่งต่ออนุกรมอยู่ และด้วยค่าของความต้านทานภายใน 10 กิโลโอห์มที่ขานี้ จะทำให้ตัวเก็บประจุถูกใช้ในการคัตออฟ (cutoff) สัญญาณความถี่ต่ำให้กับช่วงความถี่ของ ISD2590

Microphone Reference Input (MIC REF)

โดยการต่อขานี้กับ V_{SSA} (analog ground) โดยผ่านตัวเก็บประจุซึ่งอนุกรมกันสัญญาณรบกวนเนื่องจากคอมมอนโหมด (common mode noise) สามารถถูกตัดออกได้ที่ภาคขยายเสียงสัญญาณจากไมโครโฟน (preamplifier) ค่าของตัวเก็บประจุจะต้องเป็นค่าเดียวกันกับตัวเก็บประจุที่คัปปลิงที่ขาไมโครโฟนอินพุต การใช้ค่าที่ใกล้เคียงอาจจะทำให้มีสัญญาณรบกวนเพิ่มขึ้นมากกว่า 10 เดซิเบล ถ้าอินพุตนี้ไม่ถูกใช้อาจไม่ต้องต่อก็ได้

Analog Output (ANA OUT)

ขานี้จะได้จากเอาต์พุตภาคขยายสัญญาณเสียงจากไมโครโฟน ซึ่งอัตราขยายโวลเตจของภาคขยายสัญญาณเสียงจากไมโครโฟนจะถูกพิจารณาโดยค่าโวลเตจที่ขา AGC

Analog Input (ANA IN)

ขานี้จะส่งผ่านสัญญาณไปยังชิพเพื่อทำการบันทึก สำหรับกรณีที่ใช้ไมโครโฟนอินพุต ขา ANA OUT จะถูกต่อผ่านตัวเก็บประจุภายนอกไปยังขา ANA IN ด้วยค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ของ ANA IN ซึ่งมีค่า 3.0 กิโลโอห์ม ทำให้ตัวเก็บประจุนี้สามารถถูกเลือกให้เพิ่มค่าคัตออฟ (cutoff) ที่ความถี่ต่ำสุดของช่วงสัญญาณเสียงที่ยอมให้ผ่านได้ ถ้าอินพุตที่ต้องการถูกแบ่งจากแหล่งอื่นซึ่งไม่ใช่ไมโครโฟน สัญญาณนี้อาจจะถูกป้อนเข้าไปในขา ANA IN โดยตรงก็ได้

Automatic Gain Control Input

AGC จะทำหน้าที่ในการปรับอัตราขยายของภาคสัญญาณเสียงจากไมโครโฟนแบบไดนามิกเพื่อให้ไปชดเชยระดับอินพุตของไมโครโฟนให้เหมาะสม ตัวต้านทานภายนอก (R2) จะถูกต่อขนานกับตัวเก็บประจุภายนอก (C2) โดยต่อจากขา AGC ต่อขาลงอะนาล็อกกราวด์ (analog ground) โดยทั่วไปใช้ค่า 470 กิโลโอห์มและ 4.7 ไมโครฟารัด ซึ่งจะให้ผลที่น่าพอใจมากที่สุด

Speak Outputs (SP+ / SP-)

สามารถขับลำโพง 16 โอห์ม 50 มิลลิวัตต์ได้โดยตรง ขา Speaker Outputs นี้จะอยู่ระดับ V_{SSA} ในระหว่างช่วงการบันทึกเสียงและช่วง Power Down

ไม่ควรนำ Speaker Outputs ของ ISD 2590 หลาย ๆ ตัวมาต่อขนานกันเนื่องจากจะทำให้เกิดความเสียหายกับอุปกรณ์ได้

Power Down Input (PD)

ขณะที่ไม่มีการบันทึกหรือการเล่นกลับ ขา PD ควรให้เป็น “ HIGH ” เพื่อให้อยู่ในโหมดของการใช้พลังงานต่ำ ๆ เมื่อเกิดสถานะ Overflow ขา OVF จะให้พัลส์ที่เป็น “ LOW ” ออกมา ควรให้ขา PD เป็น “ HIGH ” เพื่อทำการรีเซ็ตให้ตัวซีแอดเดรสกลับไปจุดเริ่มต้น

Chip Enable Input (CE)

ในการบันทึกและเล่นกลับต้องทำการอินาเบิลโดยให้ขา CE เป็น “ LOW ” ข้อมูลอินพุตที่ขาแอดเดรสอินพุต และ P/R จะถูกแลตซ์โดยการตกลงของขอบสัญญาณที่ขา CE

Playback / Record Input (P / R)

อินพุตที่ขา P/R จะถูกแลตซ์ไว้เมื่อเกิดการตกลงของขอบสัญญาณที่ขา CE โดยถ้าขา P/R มีระดับเป็น “HIGH” ไซเคิลของการเล่นกลับจะถูกเลือกใช้งาน ส่วนถ้าขา P/R เป็น “LOW” ไซเคิลของการบันทึกจะถูกเลือกใช้งานแทน สำหรับไซเคิลของการบันทึก ข้อมูลที่ขาแอดเดรส อินพุตจะเป็นตัวกำหนดแอดเดรสเริ่มต้นและจะบันทึกอย่างต่อเนื่องจนกว่าขา PD หรือ CE กลายเป็น “HIGH” หรือเกิด Overflow (เช่น หน่วยความจำในชิพเต็ม) เมื่อสิ้นสุดการบันทึก End-Of-Message (EOM) marker จะถูกเก็บไว้ที่แอดเดรสปัจจุบันในหน่วยความจำสำหรับไซเคิลการเล่นกลับ ข้อมูลที่ขาแอดเดรสอินพุตจะเป็นตัวกำหนดแอดเดรสเริ่มต้นและอุปกรณ์จะเล่นจนกว่าจะพบ EOM marker

Address/Mode Inputs (Ax/Mx)

ที่ขาเหล่านี้มี 2 ฟังก์ชันขึ้นอยู่กับ 2 บิตแรกของ Most Significant Bits (MSB) ของแอดเดรส คือ

ถ้าบิตทั้งสองเป็น “LOW” อินพุตทั้งหมดของขาเหล่านี้จะถูกแปลงเป็นแอดเดรสเพื่อนำไปใช้เป็นแอดเดรสเริ่มต้นในการบันทึกหรือเล่นกลับ และที่ขาเหล่านี้จะเป็นอินพุตเท่านั้นไม่สามารถอ่านข้อมูลแอดเดรสภายในออกมาได้ ข้อมูลที่ขาเหล่านี้จะถูกแลตซ์ที่ขอบขาลงของ CE

ถ้าบิตทั้งสองเป็น “HIGH” อินพุตของขาเหล่านี้จะถูกแปลงเป็นบิตสำหรับเลือกโหมดของการทำงานตามตารางที่ 4.2 ซึ่งมี 6 โหมด (M0...M6) โดยเราสามารถใช้งานหลาย ๆ โหมดในช่วงเวลาเดียวกันนี้

External Clock Input (XCLK)

ไอซี ISD2590 ถูกกำหนดจากโรงงานให้มีความถี่ของสัญญาณนาฬิกาภายในที่ใช้ในการแชนเปลิ่ง - + 1% เป็นคุณสมบัติเฉพาะ และความถี่จะมีการเปลี่ยนแปลงเป็นอยู่ในช่วง + - 2.25% ถ้าต้องการความถี่ที่ถูกต้องกว่านี้จะต้องใช้สัญญาณนาฬิกา (clock) โดยผ่านทางขา XCLK โดยที่ ไอซี ISD 2590 ต้องการสัญญาณนาฬิกา 682.7 กิโลเฮิร์ต และมีอัตราในการแชนเปลิ่ง 5.33 กิโลเฮิร์ต สัญญาณนาฬิกาที่ใช้ไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลงเพราะแอนติลิสไลซิง ฟิลเตอร์ (antialiasing filter) และสมูทติงฟิลเตอร์ (smoothing filter) จะถูกกำหนดให้คงที่ ถ้าอัตราในการแชนเปลิ่งแตกต่างจากค่าที่ต้องการจะมีปัญหาแอนติลิสไลซิง (antialiasing) เกิดขึ้น ถ้าขา XCLK ไม่ใช่จะต้องการวาร์ด

End-Of-Message/ RUN Output (EOM)

Non-Volatile marker จะถูกแทรกเข้าไปที่ส่วนสุดท้ายของแต่ละข้อความที่บันทึกและจะคงอยู่จนกระทั่งข้อความนั้นถูกบันทึกทับ เอาท์พุทของ EOM นี้จะให้พัลส์เป็น “LOW” เป็นช่วงเวลา T EOM เมื่อสิ้นสุดแต่ละข้อความ

นอกจากนี้ไอซี ISD2590 ยังมีวงจรตรวจจับ V_{CC} ภายในเพื่อรักษาข้อมูลให้คงอยู่เมื่อ V_{CC} น้อยกว่า 3.5 โวลต์ EOM จะเป็น “LOW” และไอซีจะอยู่ในโหมดเล่นกลับเท่านั้น

เมื่อไอซีถูกกำหนดให้อยู่ในโหมดการทำงาน M6 (Push-Button Mode) ขานี้จะให้สัญญาณ “HIGH” ขณะทำงาน เพื่อแสดงว่าไอซีกำลังอยู่ระหว่างการบันทึก และการเล่นกลับ สัญญาณนี้จะสามารถขับให้ LED เปล่งแสงเพื่อแสดงว่ากำลังอยู่ระหว่างการทำงาน

Overflow Output (OVF)

เมื่อหน่วยความจำหมดขานี้จะให้สัญญาณพัลส์ “LOW” ออกมา เพื่อแสดงว่าหน่วยความจำถูกบันทึกไว้เต็มจนเกิดการ Overflow และเอาท์พุทของ OVF จะเป็นไปตามอินพุทของ CE จนกว่าให้พัลส์ที่ขา PD เพื่อรีเซ็ตไอซี ในการต่อ ISD2590 หลายๆ ตัว ขานี้จะใช้เชื่อมสัญญาณเล่นกลับจากไอซีตัวหนึ่ง ไปยังเอาท์พุทของตัวขับลำโพงของไอซีก่อนหน้านั้น

Voltage Inputs (V_{CCA} , V_{CCD})

เพื่อเป็นการลดเสียงรบกวน , วงจรของสัญญาณอะนาล็อกและดิจิตอล จึงควรจะใช้สายนำสัญญาณแยกออกจากกัน

Ground Inputs (V_{SSA} , V_{SSD})

ไอซีนี้ใช้สายนำสัญญาณกราวด์ของอะนาล็อกและดิจิตอลแยกออกจากกัน

4.2.5 โหมดของการทำงาน

Mode Control	Function	Typical Use	Jointly Compatible
M0	Message cueing	Fast-forward through messages	M4,M5,M6
M1	Delete EOM markers	Position EOM marker at the last message	M3,M4,M5,M6
M2	Not applicable	Reserved	N/A
M3	Looping	Continuous playback from address 0	M1,M5,M6
M4	Consecutive addressing	Record/Play multiple consecutive messages	M0,M1,M3,M4
M5	CE level-activated	Allows message pausing	M0,M1,M3
M6	Push-button control	Simplified device interface	M0,M1,M3

ตารางที่ 4.2 แสดงโหมดของการทำงานของ ISD2590

ไอซี ISD2590 ถูกออกแบบให้มีความสามารถได้หลายโหมด เพื่อให้สามารถทำฟังก์ชันต่าง ๆ ได้ โดยใช้อุปกรณ์ต่อพ่วงน้อยที่สุด

โหมดต่าง ๆ ในการทำงานจะใช้ขาแอดเดรสเป็นข้อมูลในการเลือกโหมด โดยที่ 2 บิตแรกของ MSB ที่ขาแอดเดรสเป็น “HIGH” และข้อมูลที่เหลืออยู่จะเป็นบิตที่ใช้เลือกโหมด แทนที่จะเป็นบิตบอกแอดเดรส ดังนั้นการสั่งโหมดของการทำงาน และการอ้างแอดเดรสโดยตรงไม่สามารถทำพร้อมกันได้

ในการใช้โหมดของการทำงานสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง 2 สิ่ง คือ

1. การกระทำทุกอย่างจะเริ่มต้นที่แอดเดรส 0 ซึ่งเป็นตำแหน่งเริ่มต้นสำหรับ ISD2590 การกระทำต่อมาสามารถเริ่มต้นที่แอดเดรสอื่นได้ ขึ้นอยู่กับโหมดการทำงานที่เลือก นอกจากนี้ตัวซีแอดเดรสจะถูกรีเซ็ตเป็น 0 เมื่อเปลี่ยนการทำงานจากการบันทึกเสียงมาเป็นการเล่นกลับ หรือเปลี่ยนจากการเล่นกลับมาเป็นการบันทึกเสียง หรือเมื่อมีไซเคิล Power Down เกิดขึ้น

2. โหมดการทำงานนี้จะเริ่มทำงานเมื่อขา CE เป็น “LOW” และ 2 บิตแรกของ MSB ที่ขาแอดเดรสเป็น “HIGH” และโหมดการทำงานนี้จะยังคงอยู่จนกว่าจะมีสัญญาณ “LOW” ครั้งต่อไปที่ขา CE เข้ามาอีก

รายละเอียดโหมดของการใช้งาน

โหมดของการทำงานนี้สามารถเชื่อมต่อกับไมโครคอลโทรลเลอร์ หรือ **hard-wired** เพื่อให้เข้าสู่โหมดการทำงานที่ต้องการได้

M0 - Message Cueing

โหมดนี้เพื่อให้ผู้ใช้สามารถข้ามข้อความต่าง ๆ ได้ โดยไม่ต้องรู้ตำแหน่งของแอดเดรสจริงของแต่ละข้อความ โดยให้พัลส์ “LOW” ที่ขา CE แต่ละครั้งตัวซีแอดเดรสก็จะข้ามข้อความหนึ่งไปยังข้อความถัดไป โหมดนี้ใช้ในการเล่นกลับเท่านั้นและใช้ร่วมกับโหมด M4

M1 - Delete EOM Markers

โหมดนี้ใช้ในการรวมข้อความที่อัดเป็นลำดับให้เป็น 1 ข้อความ โดยมี EOM marker เพียงที่เดียว คือ ตรงท้ายสุดของข้อความที่รวมกันแล้ว เมื่อใช้โหมดนี้ข้อความที่ถูกอัดเป็นลำดับเรียงต่อกันจะถูกเล่นกลับอย่างต่อเนื่องเพียงครั้งเดียว

M2 - Unused

เมื่อมีการเรียกใช้โหมดของการทำงาน ขา M2 ควรเป็น “LOW”

M3 - Message Looping

โหมดนี้ใช้ในการเล่นกลับข้อความอย่างต่อเนื่อง โดยฮัด โนมิตตั้งแต่แอดเดรสเริ่มต้นจนถึงสุดท้าย และจะวนเล่นกลับตั้งแต่เริ่มต้นใหม่โดยไม่เกิด **Overflow**

M4 - Consecutive Addressing

ในช่วงการทำงานปกติตัวซีแอดเดรสจะถูกรีเซต เมื่อข้อความเล่นกลับจนถึง EOM marker โหมดนี้จะหยุดยั้งการรีเซตของ EOM เพื่อให้ข้อความถูกเล่นกลับเรียงลำดับกันไป

M5 - CE Level Activated

ในโหมดอื่นของไอซี ISD2590 คือการเล่นกลับจะกระทำที่ขอบสัญญาณของขา CE ส่วนการบันทึกจะกระทำที่ระดับสัญญาณของ CE ในโหมดนี้ใช้กับการเล่นกลับโดยอาศัยสัญญาณ CE

ในโหมดนี้ เมื่อขา CE เป็น “LOW” ก็จะเริ่มไหลเคิลของการเล่นกลับ เมื่อ CE เป็น “HIGH” ก็จะหยุดไหลเคิล และเมื่อ CE เป็น “LOW” อีกครั้งจะเริ่มการเล่นกลับที่ตำแหน่งของข้อความเดิมได้สิ้นสุดไว้ โดยตัวรีแอดเดรสไม่ถูกรีเซต

M6 - Push-Button Mode

โหมดนี้สามารถนำไปใช้เพื่อความประหยัดได้มากเนื่องจากถูกออกแบบให้ใช้วงจรภายนอกและอุปกรณ์ที่จะมาต่อน้อยที่สุด เพื่อที่จะใช้โหมดนี้ต้องให้ขา 7, 9 และ 10 เป็น “HIGH”

การบันทึกในโหมด Push-Button

1. ให้ขา PD เป็น “LOW”
2. ให้ขา P/R เป็น “LOW”
3. เมื่อให้พัลส์ “LOW” กับขา CE จะเริ่มการบันทึก แล้วขา EOM จะกลายเป็น “HIGH” เพื่อแสดงว่ากำลังทำงานอยู่
4. เมื่อให้พัลส์ “LOW” กับขา CE จะหยุดการบันทึก EOM จะกลายเป็น “LOW” EOM marker จะถูกนำไปเก็บในหน่วยความจำเพื่อรีตำแหน่งสิ้นสุดของข้อความ
5. เมื่อให้พัลส์ “LOW” กับขา CE การบันทึกจะเริ่มตั้งแต่แอดเดรสที่ EOM marker ี้อยู่ และ EOM จะกลายเป็น “HIGH”
6. เมื่อให้พัลส์ “LOW” กับขา CE อีกครั้งจะหยุดการบันทึกและตอนท้ายของข้อความ จะมี EOM marker ไว้

การเล่นกลับในโหมด Push-Button

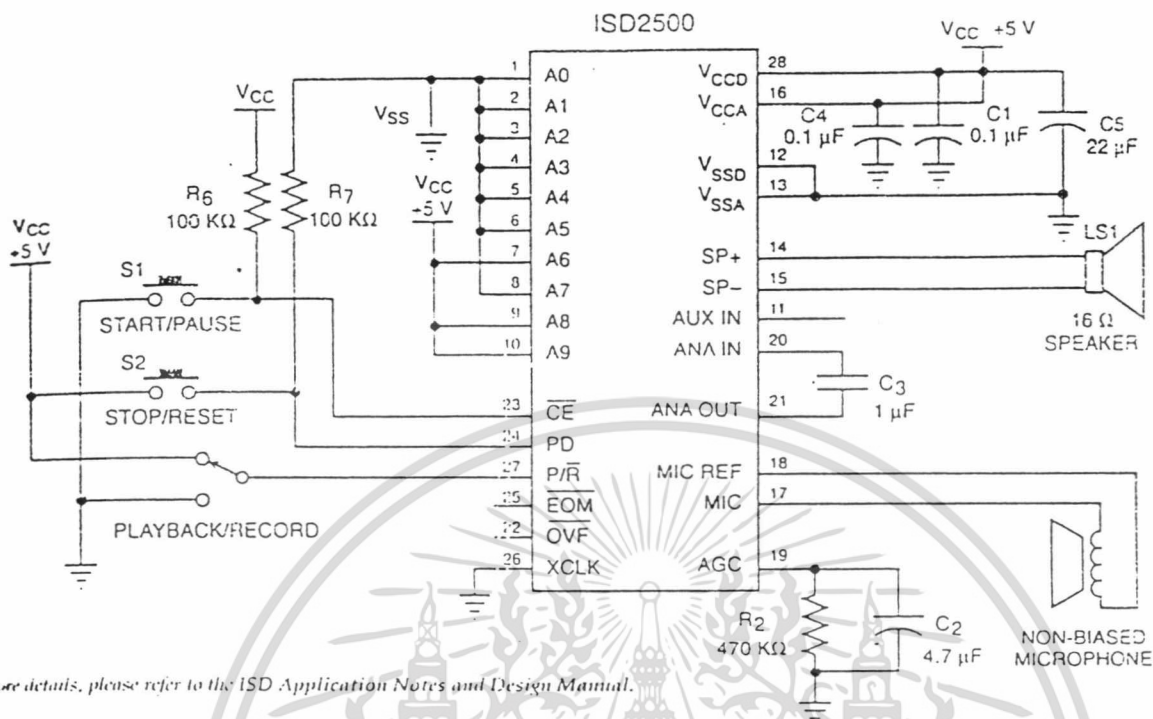
1. ให้ขา PD เป็น “LOW”
2. ให้ขา P/R เป็น “HIGH”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เมื่อให้พัลส์ “LOW” กับขา CE จะเริ่มการเล่นกลับ แล้วขา EOM จะกลายเป็น “HIGH” เพื่อแสดงว่ากำลังทำงานอยู่
4. เมื่อให้พัลส์ “LOW” กับขา CE หรือพบ EOM marker ระหว่างการทำงานจะหยุดทำงานทันทีแล้ว EOM จะกลายเป็น “LOW”
5. เมื่อให้พัลส์ “LOW” กับขา CE อีก การเล่นกลับจะเริ่มต้นที่ตำแหน่งที่หยุดทำงานในตอนแรก แล้ว EOM จะกลายเป็น “HIGH” แสดงว่ากำลังทำงานอยู่
6. ในกรณี Overflow เมื่อให้ CE เป็น “LOW” จะรีเซ็ตตัวรีแอดเดรสและเริ่มการเล่นกลับจากจุดเริ่มต้นครั้งแรกใหม่ หรือถ้าให้พัลส์กับขา PD จะทำการรีเซ็ตไปยังแอดเดรส 0



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



For more details, please refer to the ISD Application Notes and Design Manual.

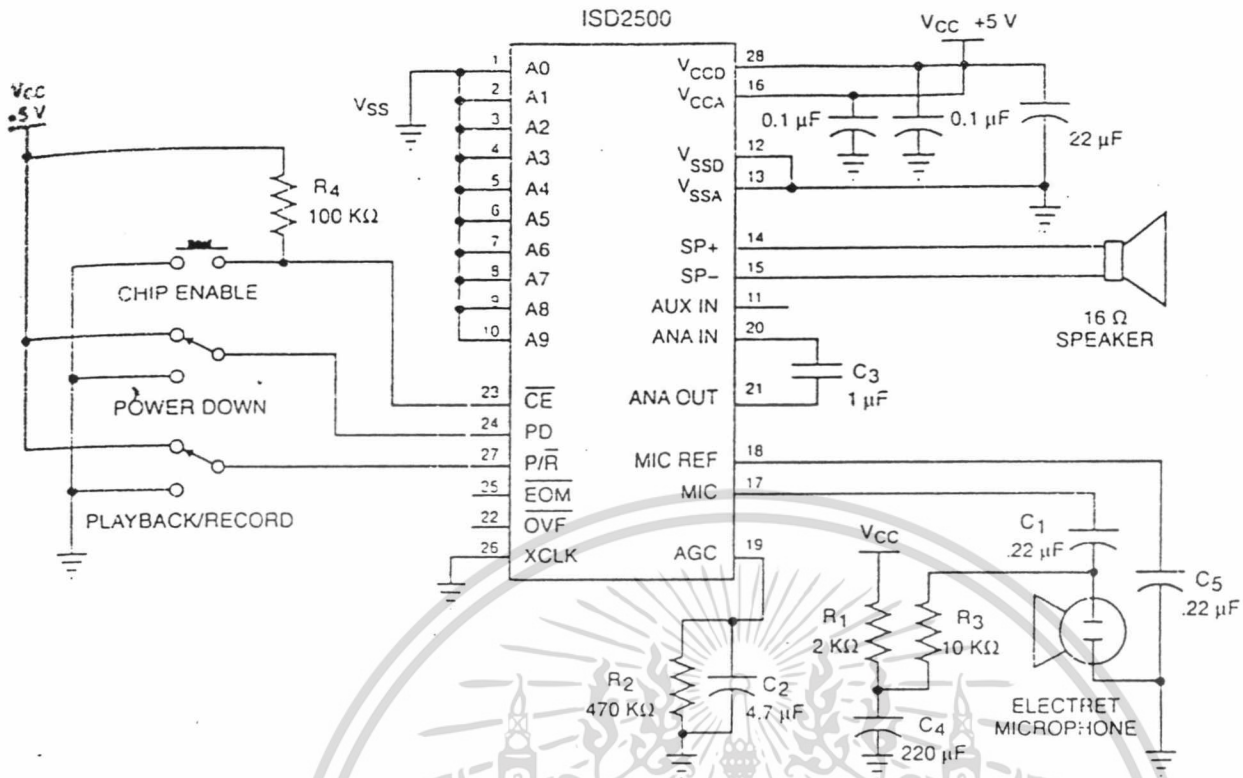
รูปที่ 4.4 แสดงการใช้งานของวงจรรีโมตการอังกแอดเดรส

APPLICATION EXAMPLE PUSH-BUTTON CONTROL

Control Step	Function	Action
1	Select record/playback mode	P/R = As desired
2A	Begin playback	P/R = HIGH CE = Pulsed LOW
2B	Begin record	P/R = LOW CE = Pulsed LOW
3	Pause record or playback	CE = Pulsed LOW
4A	End playback	Automatic at EOM marker or PD Pulsed HIGH
4B	End record	PD = Pulsed HIGH

ตารางที่ 4.3 แสดงการควบคุมการทำงานในโหมดการอังกแอดเดรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



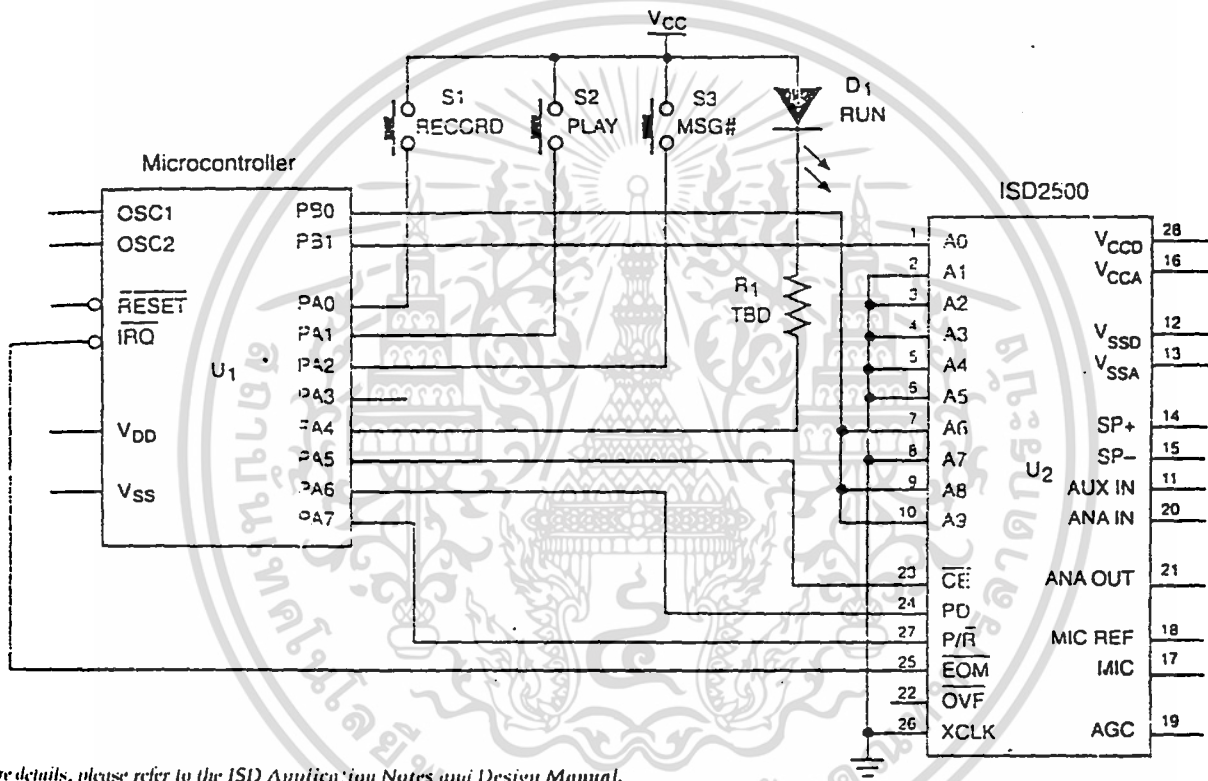
รูปที่ 4.5 แสดงการใช้งานของวงจรมินิโคมด Push-Button

APPLICATION EXAMPLE BASIC DEVICE CONTROL

Control Step	Function	Action
1	Power up chip and select record / playback mode	1. PD = LOW 2. P/R = As desired
2	Set message address for record / playback	Set addresses A0 - A7
3A	Begin playback	P/R = HIGH CE = Pulsed LOW
3B	Begin record	P/R = LOW CE = LOW
4A	End playback	Automatic
4B	End record	PD or CE = HIGH

ตารางที่ 4.4 แสดงการควบคุมการทำงานในโหมด Push-Button

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

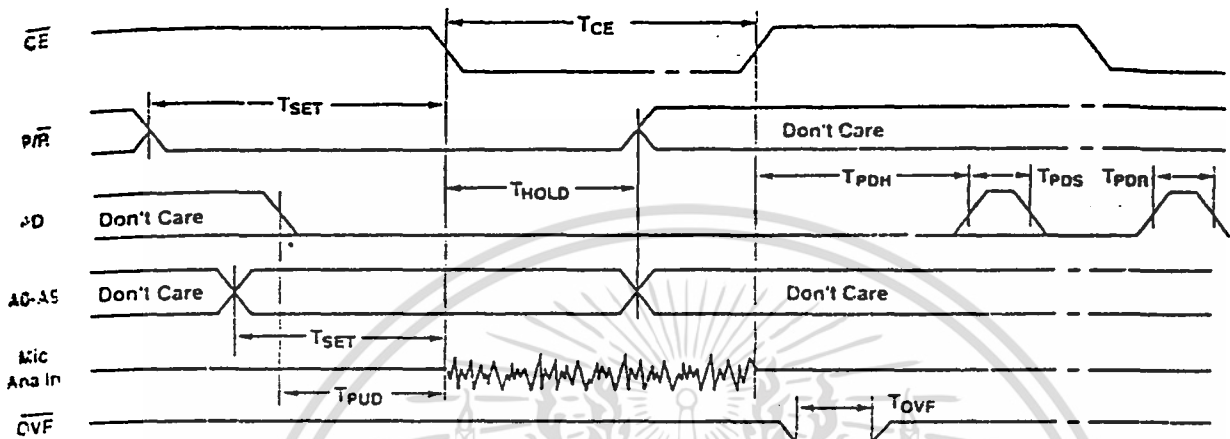


For details, please refer to the ISD Application Notes and Design Manual.

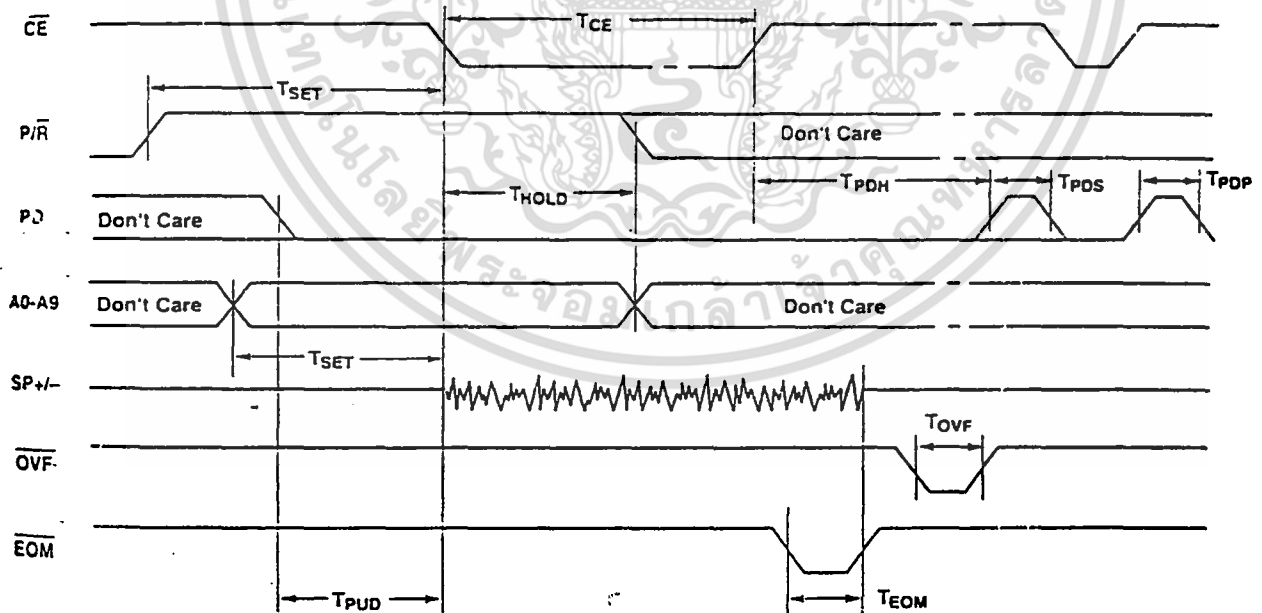
รูปที่ 4.6 แสดงลักษณะการเชื่อมต่อ ISD2500 กับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RECORD



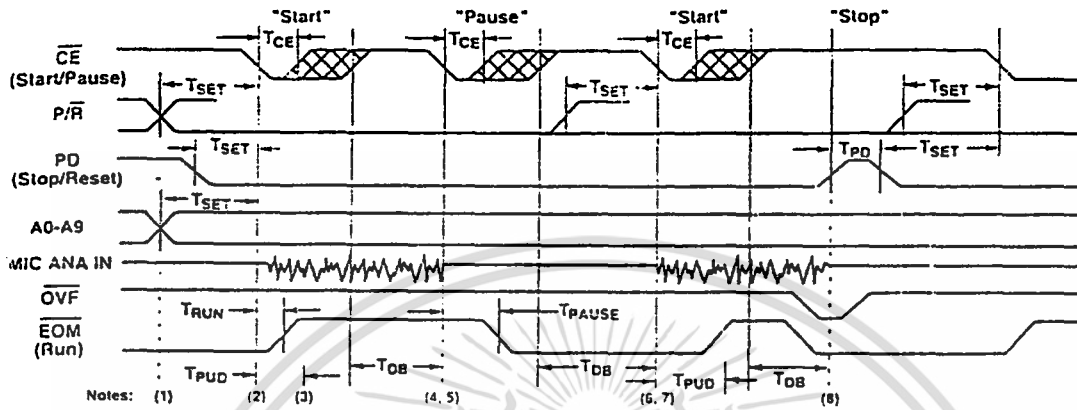
PLAYBACK



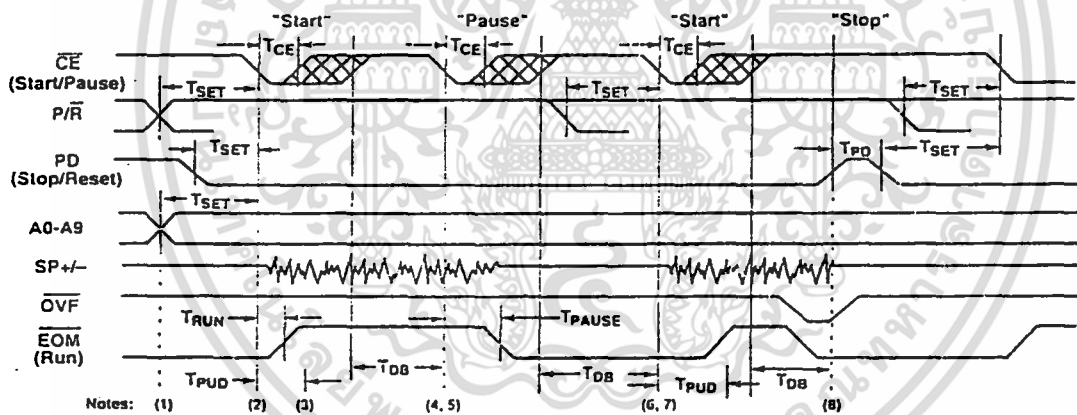
รูปที่ 4.7 แสดงไทม์มิงไดอะแกรมในโหมดการอ้างแอดเดรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PUSH-BUTTON MODE RECORD



PUSH-BUTTON MODE PLAYBACK



รูปที่ 4.8 แสดงไทม์มิงไดอะแกรมในโหมด Push-Button

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

หลักการปฏิบัติงานและการออกแบบเครื่องมี้อัดอุณหภูมิพูดได้

เราจะใช้เทอร์มิสเตอร์เป็นตัวตรวจจับอุณหภูมิ แต่เนื่องจากเทอร์มิสเตอร์มีความไม่เป็นเชิงเส้น ดังนั้นวิธีที่เหมาะสมต่อการนำเทอร์มิสเตอร์มาใช้งานจึงต้องคัดแปลงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทาน-อุณหภูมิของมัน โดยต่อเป็นวงจรวิทสโตนบริดจ์ เพื่อใช้ประโยชน์จากความไม่สมดุลย์ของวงจรเป็นตัวบอกถึงอุณหภูมิ ขั้นตอนต่างๆ ในการทำงานจะเป็นไปตามภาพที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงขั้นตอนในการทำงานของเครื่องมี้อัดอุณหภูมิ

จากแผนภาพ เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้วงจรบริดจ์เกิดการเสียสมดุลย์เป็นเหตุให้เกิดแรงดันตกคร่อมวงจรบริดจ์ ซึ่งแรงดันนี้จะมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลง และแรงดันนี้อาจจะมีค่าสูงไปหรือต่ำไปขึ้นกับการออกแบบวงจรบริดจ์ และความไวของเทอร์มิสเตอร์ จึงต้องมีการปรับระดับของแรงดันให้มีความเหมาะสมกับการนำไปใช้งานโดยผ่านวงจรขยายสัญญาณซึ่งควรที่จะเลือกตัวขยายสัญญาณที่มีสัญญาณรบกวนน้อยที่สุด แต่อย่างไรก็ตามสัญญาณที่เป็นเอาท์พุท ก็ยังคงเป็นสัญญาณอนาลอก ซึ่งเราไม่สามารถนำไปใช้ในการคำนวณได้ จึงต้องเปลี่ยนจากสัญญาณอนาลอก เป็นสัญญาณดิจิตอลเสียก่อน โดยผ่านวงจรแปลงสัญญาณ สัญญาณอนาลอกค่าหนึ่งจะถูกแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลได้แม่นยำและรวดเร็วเท่าใดขึ้นอยู่กับชนิดของตัวแปลงสัญญาณที่เลือกใช้ เมื่อได้สัญญาณดิจิตอลแล้วก็เหมาะสมที่จะนำไปคำนวณอุณหภูมิโดยส่งสัญญาณดิจิตอลเข้าไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยังตัวประมวลผลไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยภายในตัวประมวลผลนี้จะต้องมีโปรแกรมในการคำนวณค่าอยู่ เมื่อคำนวณเสร็จผลที่ได้จะถูกไปยังตัวแสดงผล เพื่อแสดงเป็นตัวเลขอุณหภูมิ ตัวแสดงผลสามารถใช้เป็น LED, LCD หรือแสดงผลบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ก็ได้

นอกจากนี้ผลที่คำนวณได้จากตัวประมวลผลจะถูกส่งไปยังส่วนเสียงพูด (Talking) ด้วย เพื่ออ่านค่าอุณหภูมิในขณะนั้น เป็นการเพิ่มความสะดวกขึ้น ซึ่งการทำงานและหลักการออกแบบวงจรเสียงพูดจะได้กล่าวถึงในภายหลัง

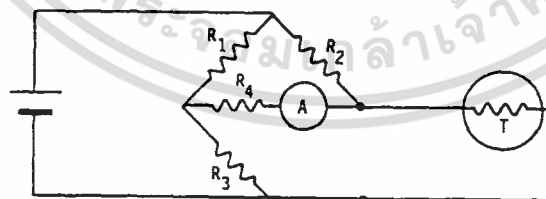
การทำงานของเครื่องมือวัดอุณหภูมิจะไม่มี ความยุ่งยากซับซ้อน ใช้วงจรง่ายๆ หลายๆ ส่วนมาเชื่อมต่อกันตามขั้นตอนการทำงาน ความถูกต้องของการวัดจะขึ้นอยู่กับโปรแกรมที่ใช้ในการคำนวณ

ในการออกแบบเครื่องมือวัดอุณหภูมิ เราจำเป็นต้องมีการเลือกอุปกรณ์ที่ทำงานในแต่ละขั้นตอนอย่างถูกต้องและเหมาะสม เพื่อให้ทำงานได้อย่างที่เราต้องการ ซึ่งการเลือกอุปกรณ์ในแต่ละส่วนมีความสำคัญด้วยกันทั้งนั้น

5.1 หลักการทำงานและการออกแบบเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิ

5.1.1 การออกแบบวงจรบริดจ์

การที่จะออกแบบวงจรบริดจ์ ควรจะทราบก่อนว่าเราต้องการวัดอุณหภูมิในช่วงไหน และต้องการความละเอียดของอุณหภูมิเท่าไร จากนั้นทำการทดสอบความต้านทานที่อุณหภูมิต่างๆ ของตัวตรวจจับอุณหภูมิที่เราเลือกใช้ จะทำให้สามารถเลือกขนาดของความต้านทานในวงจรบริดจ์ได้อย่างเหมาะสม ลักษณะของวงจรบริดจ์เป็นดังในรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 การออกแบบวงจรบริดจ์

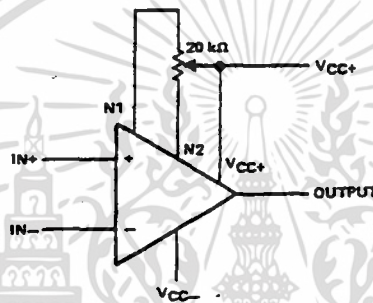
ตัวต้านทาน R_1, R_2 และ R_3 เป็นตัวต้านทานมาตรฐานที่เราจะต้องเลือกใช้ซึ่งโดยทั่วไปมักจะประมาณ $10\text{ K}\Omega - 20\text{ K}\Omega$ โดยความต้านทานของตัวเทอร์มิสเตอร์จะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ในขณะที่วงจรบริดจ์สมดุลค่า R_T จะเท่ากับ R_1 ($R_2=R_3$) แรงดันจะเป็นศูนย์ แต่ถ้าวงจรเสียสมดุล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากอุณหภูมิที่เปลี่ยนไปทำให้ R_T ไม่เท่ากับ R_1 จะเกิดแรงดันขึ้น ผลของแรงดันที่เกิดขึ้นนี้จะถูกนำไปทำการปรับระดับที่เหมาะสมด้วยวงจรขยายสัญญาณ

5.1.2 การออกแบบวงจรขยายสัญญาณ

วงจขยายสัญญาณหรือที่เรียกกันว่า Amplifier จะทำหน้าที่ทั้งขยายหรือลดขนาดของสัญญาณลงได้ โดยมีลักษณะของวงจรเป็นดังรูปที่ 5.3



รูปที่ 5.3 การออกแบบวงจรขยายสัญญาณ

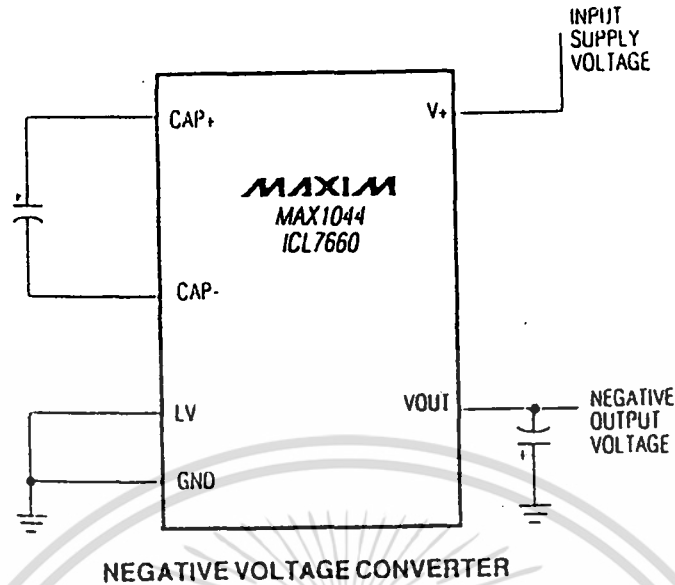
จะต้องมีการต่อตัวต้านทาน 4 ตัวที่ขาต่างๆ ดังในรูป โดย $R_1=R_2$ และ $R_3=R_4$ อัตราส่วนของวงจรขยายจะเป็นดังนี้

$$\beta = R_1/R_3$$

ดังนั้นถ้าต้องการขยายสัญญาณควรให้ R_1 มากกว่า R_3 ถ้าต้องการการลดขนาดสัญญาณควรให้ R_1 น้อยกว่า R_3 สำหรับโครงการนี้ ได้ขนาดของ R_1 น้อยกว่า R_3 10 เท่า เนื่องจากสัญญาณที่ออกมาจากวงจรปริศม์มีขนาดใหญ่เกินความต้องการ

นอกจากนี้การเลือกตัว Amplifier ควรเลือกแบบที่กำจัดสัญญาณรบกวนให้เหลือน้อยที่สุด หรือแทบไม่มีเลย เรียกว่า chopperless เช่น OP07 ทำให้สัญญาณ output มีความถูกต้องมากขึ้น

ต่อขยายสัญญาณ บางตัวต้องการแหล่งจ่ายไฟ 2 แหล่ง ทั้งที่เป็นบวกและลบ บางชนิดต้องการชนิดบวก อย่างเดียวแต่แบบ OP07 ต้องการแหล่งจ่ายไฟทั้ง 2 แบบ เพื่อเป็นการประหยัดพลังงาน เราจึงสร้างแหล่งจ่ายไฟลบ จากแหล่งจ่ายไฟบวก โดยใช้ตัวไอซี 7660 มีลักษณะของวงจรเป็นดังรูปที่ 5.4



รูปที่ 5.4 วงจร 7660

วงจร 7660 เพียงแค่ต่อตัวเก็บประจุขนาด 10 μF ชนิดมีขั้วเพิ่มอีก 2 ตัว ก็สามารถสร้างแรงดันลบออกมาได้น่าชาติให้ output ไปต่อเข้ากับขาแหล่งจ่ายไฟลบของ OP07 เพียงเท่านี้ก็ต่อแหล่งจ่ายไฟลบโดยไม่ต้องไปสร้างแหล่งจ่ายไฟลบอีกแหล่ง เป็นการประหยัดพลังงาน

5.1.3 การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณ A/D

วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล จะมีอยู่หลายประเภทด้วยกัน และแต่ละแบบจะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป เช่น dual slope, Flash, Successive approximately

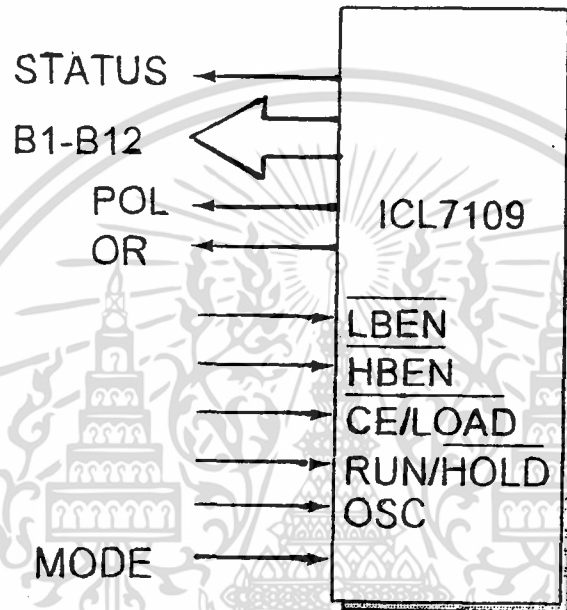
แบบ dual slope จะมีความแม่นยำพอสมควร แต่จะช้ากว่าแบบ Flash ใช้หลักการการเก็บประจุและคายประจุ พร้อมกับเปรียบเทียบค่าอินพุตว่าเท่ากันหรือไม่ จนกระทั่งเท่ากันก็จะหยุดการคายประจุ และหยุดการนับ ค่าที่เกิดขึ้นก็คือค่าดิจิตอลของอินพุตนั้น

แบบ Flash มีความถูกต้องน้อย แต่จะรวดเร็วมาก ใช้ตัวต้านทานหลายตัวต่ออนุกรมกัน และใช้ตัว comparator เท่ากับตัวต้านทานเหล่านั้น เปรียบเทียบพร้อมกันทุกตัวระหว่างที่แรงดันที่ตกคร่อมตัวต้านทานแต่ละตัวกับค่าแรงดันอินพุต แสดงผลทาง output ของตัว comparator เป็นค่าดิจิตอลของอินพุต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบ Successive จะเร็วแบบ dual slope แต่ช้ากว่าแบบ Flash จะเป็นการประมาณทีละบิตกับค่าอินพุต จนสุดท้ายประมาณครบทุกบิต ก็ทราบค่าดิจิตอลสำหรับความแม่นยำจะน้อยกว่าแบบ dual slope

ในโครงการนี้เลือกใช้ A/D แบบ dual slope เนื่องจากมีความแม่นยำแล้วยังมีปัญหาเรื่องแรงดันออฟเซต, แรงดันเลื่อนที่อุณหภูมิสูงๆ น้อยมาก ใช้เบอร์ 7109 มีลักษณะวงจรดังรูปที่ 5.5



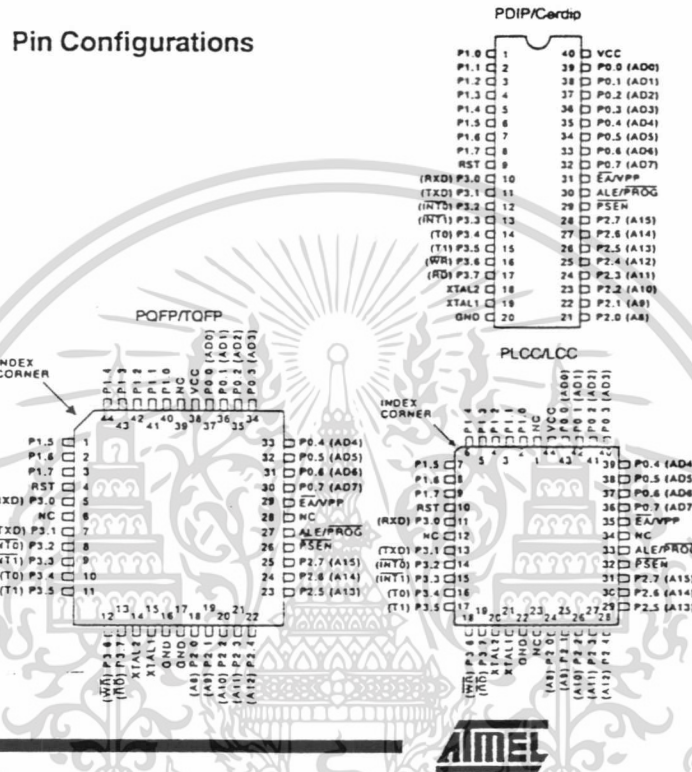
รูปที่ 5.5 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล

เมื่อสัญญาณอินพุตเข้าไปที่ตัว 7109 จะต้องมีการควบคุมให้เกิดการแปลงค่าโดยโปรแกรมฯ ที่ต้องทำการควบคุมคือ CE, LBEN, HBEN, RUN/HOLD เมื่อยังไม่มีการแปลงสัญญาณ status จะเป็นลอจิก High แต่ถ้าแปลงเสร็จจะเป็นลอจิก Low ซึ่งสัญญาณ output จะปรากฏอยู่ที่ขา B1-B12 รอการควบคุมเพื่อที่จะส่งค่า output นี้ไปทำการคำนวณที่ตัวประมวลผล

5.1.4 ตัวประมวลผล (ไมโครคอนโทรลเลอร์)

เป็นส่วนที่สามารถบรรจุโปรแกรมเพื่อคำนวณหาค่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นได้ ในที่นี่ใช้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 51 คือเบอร์ 89C51 เป็น CMOS ที่มี Flash Programmable และ PEROM ขนาด 4 กิโลไบต์, RAM ขนาด 128 ไบต์, 32I/O lines, two 16 bit timer/counter, อิน

เทอร์รี่พท์ 5 แหล่ง มีพอร์ตอนุกรมแบบรับ-ส่งในเวลาเดียวกันได้ มีวงจร clock และ oscillator บนชิพ มีขาทั้งหมด 40 ขา



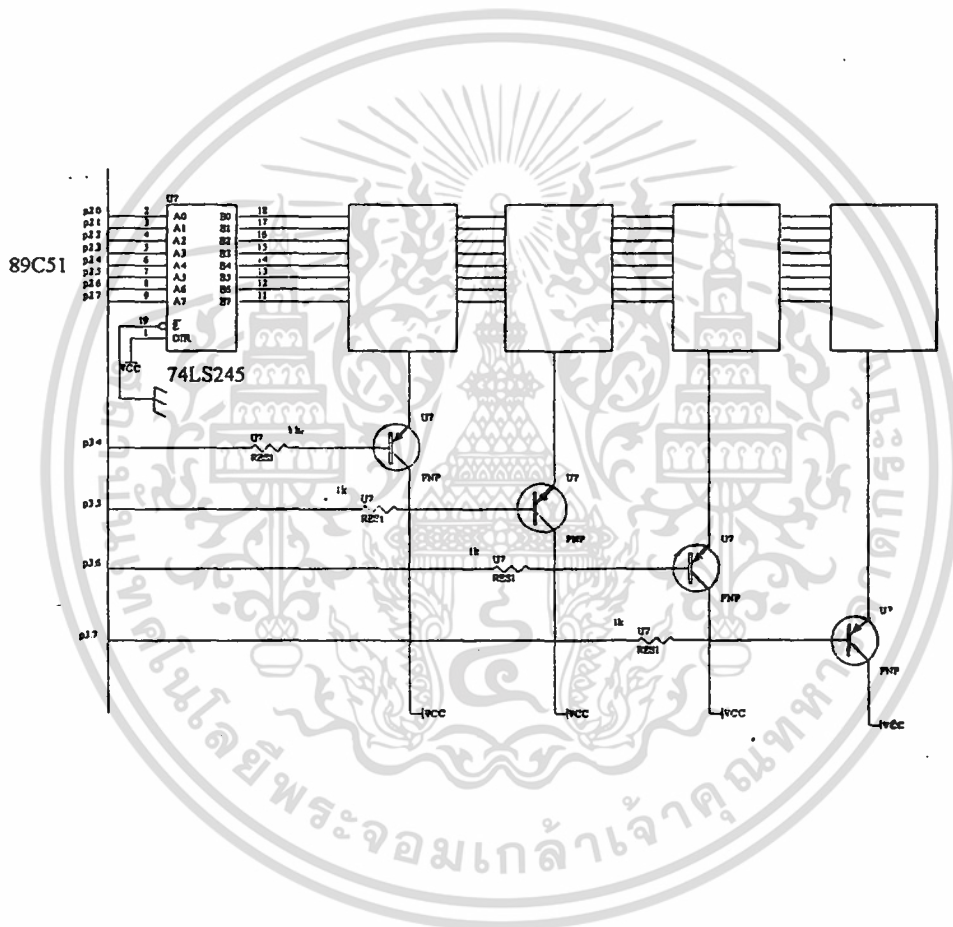
รูปที่ 5.6 ตัวประมวลผล (ไมโครคอนโทรลเลอร์)

จัดเป็นส่วนที่สำคัญอีกส่วนหนึ่งเพราะจะต้องการคำนวณและส่งค่าที่คำนวณเสร็จแล้วไปยังหน่วยแสดงผลซึ่งถ้าโปรแกรมมีความผิดพลาด จะทำให้อุณหภูมิไม่ถูกต้องไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.1.5 หน่วยแสดงผล

เราสามารถเลือกหน่วยแสดงผลเป็นชนิดใดก็ได้ ขึ้นกับความเหมาะสมและลักษณะการใช้งาน ในที่นี้เลือกใช้แบบแสดงด้วยตัว seven-segment ซึ่งมีลักษณะเป็นดังรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 หน่วยแสดงผล

ตัว seven-segment นี้ใช้แบบ common-cathod ดังนั้น ขา common จึงต้องต่อร่วมกันถึง ground และต้องต่อผ่านทรานซิสเตอร์ด้วยเพื่อควบคุมสถานะการติดดับของ LED สำหรับบางข้อมูลนั้นจะต้องเชื่อมกับตัวบัฟเฟอร์ 74LS245 เสียก่อน เพื่อป้องกันมิให้มีกระแสย้อนกลับไหลเข้าตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ในภาวะผิดปกติได้ จะทำให้ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์พังได้

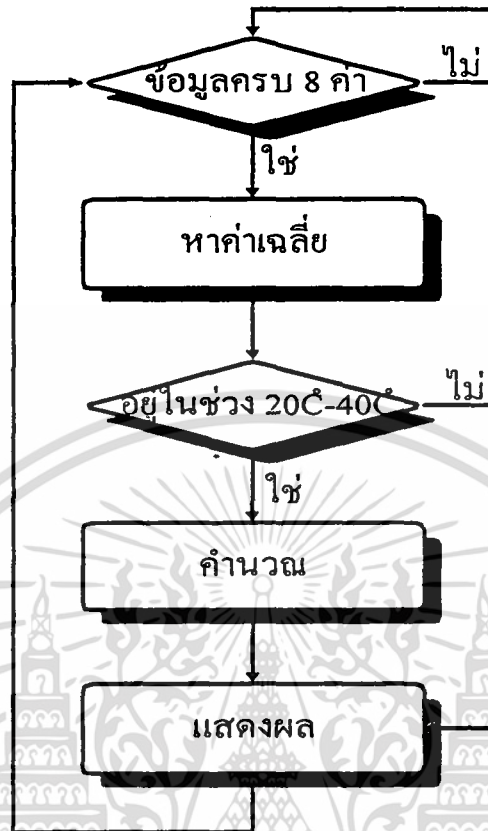
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 หลักการออกแบบซอฟต์แวร์

ซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการคำนวณข้อมูล เป็นซอฟต์แวร์ที่เขียนด้วยภาษาแอสเซมบลี ซึ่งในการคำนวณจะต้องนำเอาข้อมูลที่แปลงเสร็จแล้วจากวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลมาทำการเปรียบเทียบว่าจะอยู่ในช่วงที่สามารถวัดอุณหภูมิได้หรือไม่ ถ้าได้จึงคำนวณตามขั้นตอนต่างๆ จนในที่สุดก็จะถูกแปลงให้เป็นรหัส seven-segment เพื่อแสดงผลอุณหภูมิ และอีกส่วนหนึ่งก็ส่งข้อมูลทาง serial port ไปยังส่วนของวงจรเสียงพูด

ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมจะถูกแบ่งออกได้เป็น 9 ขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 1) ทำการรับข้อมูลเป็นจำนวน 8 ข้อมูล
- 2) ทำ moving average เพื่อหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลซึ่งจะถูกนำไปคำนวณ
- 3) เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยดังกล่าวว่าอยู่ในช่วงอุณหภูมิที่สามารถวัดได้หรือไม่
- 4) ถ้าอยู่ในช่วงวัดได้จะทำการคำนวณค่าเป็นขั้นๆ จนในที่สุดได้ค่าอุณหภูมิที่ต้องการ
- 5) ถ้าไม่อยู่ในช่วงที่ต้องการจะแสดงผลว่า over หรือ below จากนั้นไปยังขั้นตอนที่ 1 ใหม่อีกครั้ง
- 6) จากขั้นตอนที่ 4 จะเปลี่ยนค่าดิจิตอลที่เป็นเลขฐาน 2 ให้เป็นรหัส seven-segment
- 7) ส่งค่าไปแสดงผล
- 8) รอรับข้อมูลใหม่ และตัดข้อมูลแรกสุดออกไป
- 9) ทำตามขั้นตอนที่ 2 และขั้นตอนต่อไปตามลำดับ



รูปที่ 5.8 โปรแกรมการทำงานโปรแกรมคำนวณค่าอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1 การเปรียบเทียบข้อมูลในช่วง 20°C - 40°C

เราจะต้องทราบก่อนว่า 20°C เมื่อแปลงเป็นดิจิตอลแล้วจะเท่ากับค่าเท่าไร และ 40°C เมื่อแปลงเป็นดิจิตอลแล้วมีค่าเท่ากับเท่าไร ซึ่งถ้าเราใช้ตัว A/D 7109 มีแรงดันเต็มสเกลเท่ากับ 409.6 mv ทั้งหมด 4096 ระดับ มี resolution 0.1 mv สำหรับตัวเทอร์มิสเตอร์อุณหภูมิที่แตกต่างกัน 0.1°C จะให้แรงดันตกคร่อมบริดจ์แตกต่างกัน 5 mv เมื่อผ่าน Amplifier จะเหลือเพียง 0.5 mv จากการเทียบบัญญัติไตรยางศ์ แสดงว่าการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน 0.1 mv เกิดจากอุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไป 0.02°C ดังนั้นอุณหภูมิเปลี่ยนแปลง 20°C แสดงว่าแรงดันเปลี่ยนแปลงไป 100 mv เมื่อผ่านตัว A/D จะให้ค่าดิจิตอลที่เป็นฐานสิบแล้วมีค่าเท่ากับ 1000 และสำหรับค่า 40°C แสดงว่าดิจิตอลที่เกิดขึ้นคือค่า 00H เพราะในวงจรบริดจ์จะปรับค่า R1 ให้เท่ากับค่าความต้านทานที่อุณหภูมิ 40°C ดังนั้นวิธีการตรวจสอบคือ ให้เอา 1000 ตั้งลบด้วยค่าเฉลี่ยนั้น แล้วตรวจรอบ carry flag ว่าเป็น "0" หรือ "1" ถ้าเป็น "0" แสดงว่าค่าเฉลี่ยนั้นเท่ากับหรือน้อยกว่า 1000 แต่ถ้าเป็น "1" แสดงว่ามากกว่า 1000 ก็จะถูกส่งไปแสดงผลว่า below จึงหมายความว่าต่ำกว่า 20°C สำหรับการตรวจสอบว่าเกิน 40°C หรือไม่ จะตรวจสอบจากขา POL ของตัว A/D 7109 ถ้าเป็นค่า "0" แสดงว่าค่าดิจิตอลที่แปลงได้เป็นค่าลบ ซึ่งหมายความว่าอุณหภูมิในขณะนั้นสูงกว่า 40°C

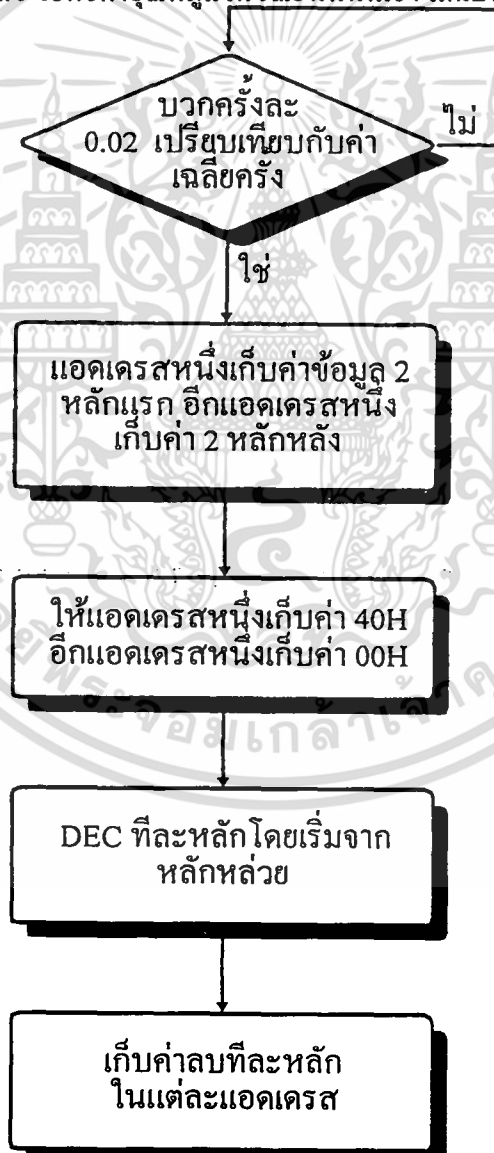


รูปที่ 5.9 โฟลว์ชาร์ตการเปรียบเทียบข้อมูลในช่วง 20°C ถึง 40°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.2 การคำนวณค่าอุณหภูมิ

หลังจากค่าเฉลี่ยนั้นตรวจสอบว่าอยู่ในช่วง $20^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$ แล้ว จะถูกส่งไปทำการคูณกับค่า 0.2 ด้วยวิธีการเริ่มต้นที่ค่า 0 บวกเพิ่มทีละ 0.02 เป็นจำนวนเท่ากับค่าเฉลี่ยครั้ง โดยให้ 1 ไบท์เก็บข้อมูล 2 หลัก และบวกทีละหลักเมื่อบวกเสร็จแล้วข้อมูลที่ได้จะถูกเก็บในแอดเดรส 2 แอดเดรส แอดเดรสหนึ่งจะเก็บ 2 หลักแรก และอีกแอดเดรสจะเก็บ 2 หลักหลัง จากนั้นจะทำการตั้งด้วย 40.00 และลบด้วยข้อมูลที่บวกเสร็จแล้ว โดยให้ 40 เป็น 2 หลักแรกและ 00 เป็น 2 หลักแล้ว และลบด้วยการใช้คำสั่ง DEC ทีละหลัก โดยเริ่มจากหลักหน่วยก่อน โดยคำนวณแบบตั้งลบธรรมดาสุดท้ายข้อมูลที่ลบเสร็จแล้ว จะคือค่าอุณหภูมิในขณะนั้นนั่นเอง แต่เป็นข้อมูลเลขฐานสอง



รูปที่ 5.10 โฟลว์ชาร์ตการคำนวณค่าอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.3 การแปลงเลขฐานสองเป็นรหัส seven-segment

ข้อมูลที่คำนวณได้สุดท้ายก็ยังคงเป็นเลขฐานสอง จะนำไปแสดงผลบน seven-segment จะต้องเปลี่ยนค่าเลขฐานสองและหลักเหล่านั้นเป็นรหัสที่ seven-segment เข้าใจก่อน โดยทำการเปรียบเทียบเลขฐานสองแต่ละหลักว่าเป็นตัวเลขใด โดยจะมีได้ตั้งแต่ 0-9 ดังนั้นจะต้องทราบก่อนว่า 0-9 ถ้าเป็นรหัส seven-segment จะคิดเป็นเลขฐานสองค่าใด ในที่นี้ถ้าใช้ seven-segment เป็นแบบ common cathod จะมีค่าต่างๆ ตั้งแต่ 0-9 เป็นดังนี้

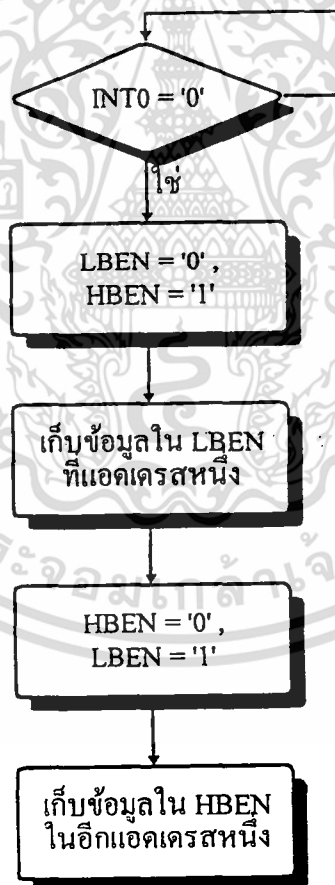
	g	f	e	d	c	b	a	
0	0	1	1	1	1	1	1	= 0
0	0	0	0	0	1	1	0	= 1
0	1	0	1	1	0	1	1	= 2
0	1	0	0	1	1	1	1	= 3
0	1	1	0	0	1	1	0	= 4
0	1	1	0	1	1	0	1	= 5
0	1	1	1	1	1	0	1	= 6
0	0	0	0	0	1	1	1	= 7
0	1	1	1	1	1	1	1	= 8
0	1	1	0	1	1	1	1	= 9

ในการเปรียบเทียบเราจะใช้วิธี scan จากตารางโดยกำหนดค่า 0-9 นี้เป็นตารางด้วยคำสั่ง

DB

5.2.4 การรับข้อมูล

การรับข้อมูลนั้นจะต้องรับในเวลาที 7109 แปลงข้อมูลเสร็จและพร้อมที่จะส่งข้อมูลแล้ว โดยดูได้จากขา status ของตัว 7109 จะเป็นลอจิก "0" ดังนั้นเราจึงต่อขา status นี้เชื่อมกับขา INTO ของตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ 89C51 และเราจะต้องตรวจสอบที่ขา INTO ว่าเป็นลอจิก "0" หรือยัง ถ้าพบว่าเป็นลอจิก "0" แล้วก็ทำการส่งข้อมูลได้โดยควบคุมที่ขา LBEN และ HBEN ของ 7109 ให้เป็นลอจิก "0" ที่ขาใดขาหนึ่งก่อน ข้อมูลของขานั้นจะออกมาก่อน และก็สลับให้อีกขาเป็นลอจิก "0" บ้างเพื่อส่งข้อมูลของอีกขาออกมาโดย LBEN คือข้อมูลที่เป็น low bite ส่วน HBEN คือข้อมูล high bite



รูปที่ 5.11 โฟลว์ชาร์ตการรับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

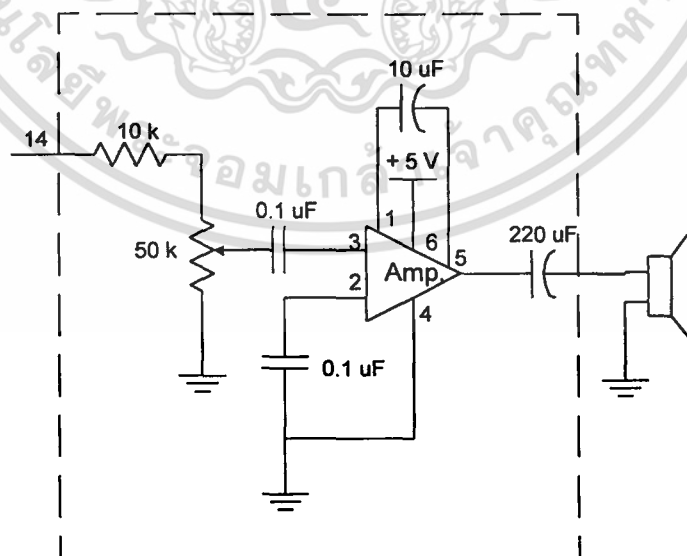
5.3 หลักการออกแบบวงจรเสียงพูด

การออกแบบวงจรเสียงพูด

การออกแบบวงจรเสียงพูด ควรคำนึงถึงข้อความที่บันทึก , ลักษณะการแสดงผลเสียงพูด , ความยาวทั้งหมดของข้อความ ในการทำงานนี้ข้อความที่ใช้ต้องการแสดงค่าข้อมูลเป็นตัวเลข ซึ่งเป็นลักษณะของข้อความสั้น ๆ ที่ต้องนำมาเรียงต่อกัน ดังนั้นจึงต้องการการเรียกใช้ข้อมูลที่บันทึกไว้ในเวลาอันสั้น ดังนั้นจึงเลือกใช้วงจรแบบการอ้างแอดเดรส ลักษณะของวงจรการอ้างแอดเดรสแสดงดังรูปที่ 5.12

5.3.1 การออกแบบวงจรขยายสัญญาณ

เนื่องจากสัญญาณที่ออกจากขา SP (ขา 14)ของ ISD2590 ยังมีขนาดเล็ก เสียงที่ได้ยินจึงเบามาก ดังนั้นจึงต้องขยายสัญญาณที่ออกมาก่อนต่อเข้าลำโพง ซึ่งอปแอมป์ที่ใช้เป็นเบอร์ 386 มีคุณสมบัติในการที่สำคัญคือ ใช้ไฟเลี้ยงต่ำ เหมาะกับงานที่ต้องการขยายสัญญาณขนาดเล็ก ส่วนสำคัญของวงจรมีคือ ค่าความต้านทานปรับค่าได้ ซึ่งเป็นตัวกำหนดขนาดของสัญญาณขาเข้า และค่าตัวเก็บประจุที่ต่อทางเอาท์พุท ซึ่งมีผลต่อขนาดของสัญญาณที่ขยายออกมา ลักษณะของวงจรที่ใช้เป็นดังรูป 5.1



รูปที่ 5.12 วงจรขยายสัญญาณเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 การออกแบบส่วนรับ - ส่งข้อมูล

ในส่วนการรับ - ส่งข้อมูลระหว่าง Talking Box กับ ชุดเทอร์โมมิเตอร์นี้เราสามารถเชื่อมต่อถึงกันได้โดยตรง แต่ในที่นี้ได้เพิ่มการต่อ MAX232 ไว้ด้วยเพื่อการพัฒนาสำหรับการ Link ข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ในอนาคต

ซึ่ง MAX232 นี้เป็นตัวแปลงสัญญาณ TTL ไปเป็นสัญญาณข้อมูลตามมาตรฐาน RS-232 หรือในทางกลับกัน

5.3.3 ตัวประมวลผล (ไมโครคอนโทรลเลอร์)

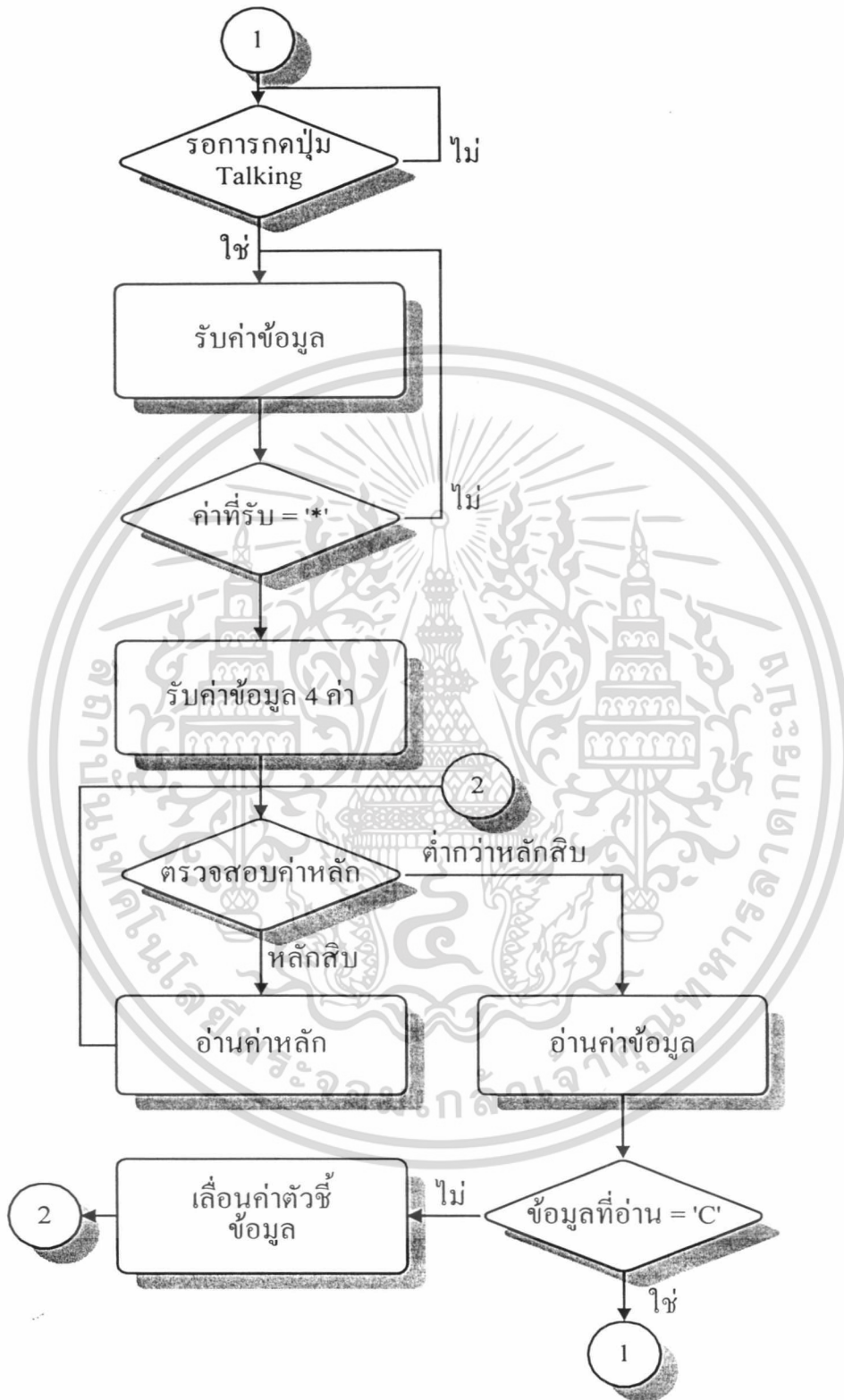
เป็นส่วนที่บรรจุโปรแกรมในการประมวลผล ในที่นี้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 51 เบอร์ 89C2051 ของ ATMEL ซึ่งเหมาะกับงานที่ใช้เนื่องจากใช้โปรแกรมประมวลผลขนาดไม่มากนัก และต้องการพอทข้อมูลไม่มากในการใช้งาน

การเชื่อมต่อของวงจรทั้งหมดแสดงดังรูป 5.13

5.4 หลักการออกแบบซอฟต์แวร์ สำหรับ วงจรเสียงพูด

Talking Box เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เชื่อมต่อกับชุดเทอร์โมมิเตอร์ เมื่อต้องการแสดงค่าข้อมูลเป็นเสียงพูด โดยชุด Talking Box จะรับไฟเลี้ยงและสัญญาณข้อมูลจากพอร์ทอนุกรมของชุดเทอร์โมมิเตอร์ ในการใช้งานทำได้โดยการกดปุ่ม Talk ทันทีที่กดปุ่ม Talk Talking Box จะรับข้อมูลจากชุดเทอร์โมมิเตอร์มาทำการประมวลผลและแสดงค่าเป็นเสียงพูด ซึ่งขั้นตอนการประมวลผลแสดงได้ดังรูปที่ 5.14 ในการรับค่าข้อมูลนั้นจะต้องทำการเช็คค่าเริ่มต้นก่อนทุกครั้ง ซึ่งในที่นี้ใช้ค่า '*' เป็นตัวเริ่มต้นในการรับค่าข้อมูล และในการส่งข้อมูลจะต้องส่งเกิน 1 ค่า เพื่อป้องกันมิให้ค่าที่ค้างอยู่ใน SBUF เป็นค่าตัวเริ่มต้น ('*')





รูปที่ 5.14 แสดงขั้นตอนการประมวลผลของชุด Talking Box

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.5 การเชื่อมต่อเครื่องมีวัดคุณสมบัติและวงจรเสียงพูด

หลังจากที่รู้ระบบการทำงานของวงจรวัดคุณสมบัติและวงจรเสียงพูดแล้ว ในหัวข้อนี้จะเป็นการกล่าวถึงการนำ 2 ระบบนี้มาเชื่อมต่อเป็นระบบเดียวกัน โดยในที่นี้จะต้องอาศัยตัวรับตัวส่งสัญญาณแบบ RS232 ระหว่าง 2 ระบบดังกล่าว

ในการเชื่อมต่อสัญญาณจะต้องส่งสัญญาณเอาท์พุทจากตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ของระบบวัดคุณสมบัติทางพอร์ตอนุกรม โดยผ่านตัว MAX232 เพื่อเปลี่ยนจากสัญญาณ TTL เป็นสัญญาณ RS232 ที่มีความเป็นมาตรฐาน ไปยังวงจรเสียงพูด ซึ่งก็มีตัว MAX232 เช่นกัน สัญญาณที่เป็น RS232 เมื่ออ่านตัว MAX232 ของวงจรเสียงพูดจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณ TTL เพื่อส่งไปยังตัวประมวลผลของมันเช่นกัน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การทดสอบทางอุณหภูมิ

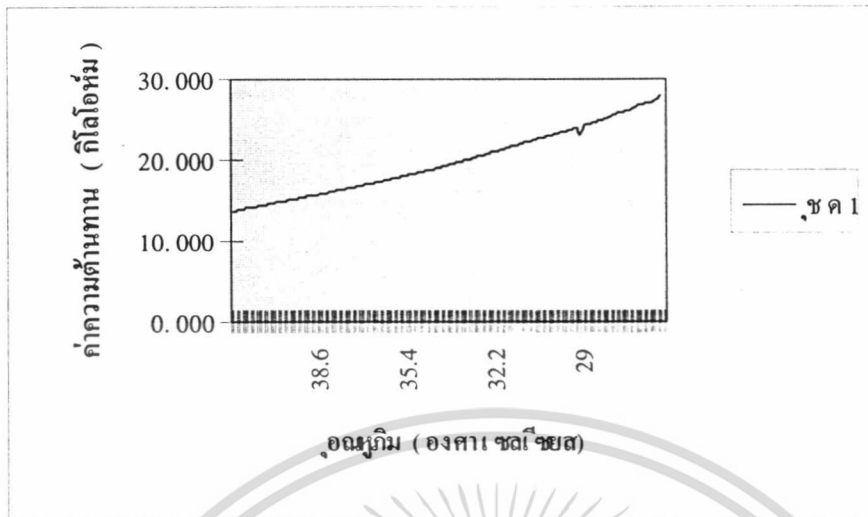
6.1 ผลการทดลอง

สำหรับส่วนของการวัดอุณหภูมิ ได้ทำการทดสอบค่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นจากเครื่องวัดค่าอุณหภูมิพูดได้ในช่วง 20°C ถึง 40°C ของน้ำมัน กับเครื่องคาลิเบรท 5210 Thermocouple Calibrator (Guildline) ที่มีความละเอียด 0.1°C ผลที่ได้มีความใกล้เคียงกันพอสมควร

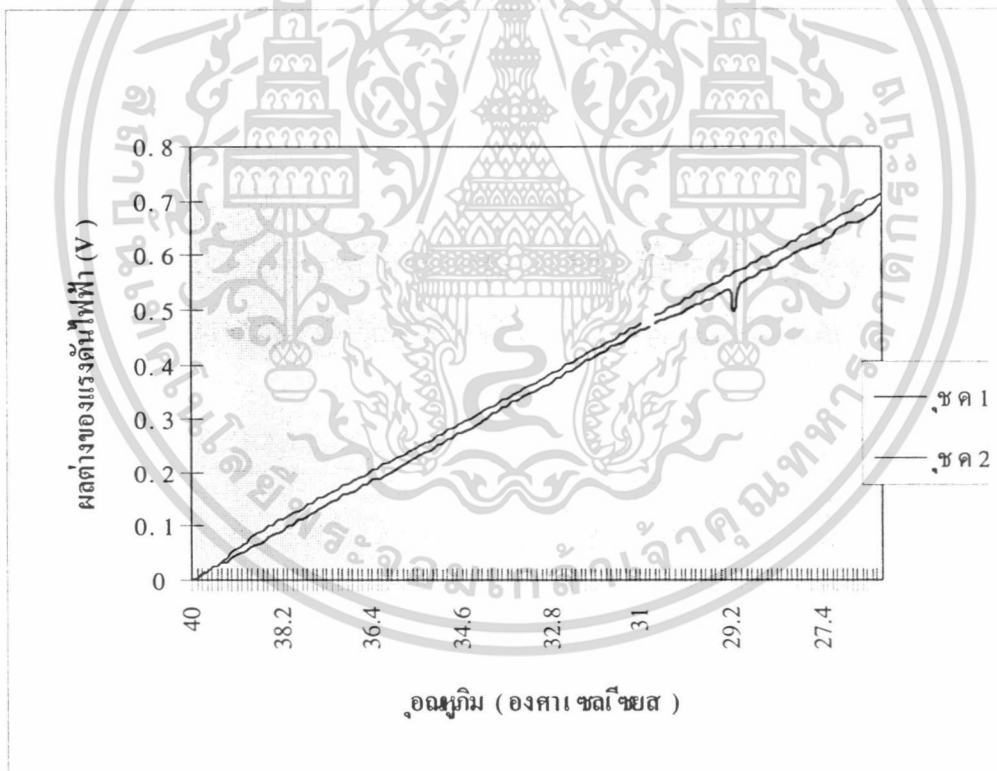
ค่ามาตรฐานของความต้านทานของเทอร์มิสเตอร์ที่อุณหภูมิในช่วง 20°C ถึง 40°C วัดจากเครื่อง Fluke 8842A Multimeter และค่าแรงดันที่ตกคร่อมบริดจ์เป็นดังในตารางที่ 1 และรูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานและอุณหภูมิ

ค่าจากการทดสอบด้วยเครื่องวัดค่าอุณหภูมิพูดได้เมื่อให้ความร้อนกับตัวเทอร์มิสเตอร์ที่อุณหภูมิดังกล่าว จะเป็นดังในตารางที่ 2 และรูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและผลต่างแรงดันเปรียบเทียบระหว่างค่ามาตรฐานกับค่าจริง

และเมื่อนำส่วนการวัดอุณหภูมิไปเชื่อมต่อกับส่วนเสียงพูด โดยส่งข้อมูลจากส่วนแรกไปยังส่วนที่ 2 ผ่านทางพอร์ตอนุกรม และกดสวิทซ์เมื่อต้องการเสียงพูด ส่วนเสียงพูดจะพูดค่าอุณหภูมิที่ปรากฏบนส่วนแสดงผลทันทีด้วยความดังและความเร็วพอสมควร โดยส่วนเสียงพูดนี้จะพูดค่าอุณหภูมิเมื่อกดสวิทซ์ให้พูดเท่านั้น



รูปที่ 6.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความต้านทานและอุณหภูมิ



รูปที่ 6.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและผลต่างแรงดันเปรียบเทียบ
ระหว่างค่ามาตรฐานกับค่าจริง ชุดที่ 1 ค่ามาตรฐาน , ชุดที่ 2 ค่าที่วัดได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 1 แสดงค่ามาตรฐานของค่าต่างๆ

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	ค่าความต้านทาน ($\text{K}\Omega$)	แรงดันบริดจ์ (V)	ผลต่างแรงดัน(V)
40	14.851	2.988	0.000
39.9	14.905	2.992	0.004
39.8	14.975	2.998	0.010
39.7	15.046	3.004	0.016
39.6	15.109	3.009	0.021
39.5	15.171	3.014	0.026
39.4	15.236	3.019	0.031
39.3	15.281	3.022	0.034
39.2	15.364	3.029	0.041
39.1	15.429	3.034	0.046
39	15.494	3.039	0.051
38.9	15.567	3.044	0.056
38.8	15.621	3.048	0.060
38.7	15.699	3.054	0.066
38.6	15.748	3.058	0.070
38.5	15.833	3.064	0.076
38.4	15.905	3.070	0.082
38.3	15.970	3.075	0.087
38.2	16.047	3.080	0.092
38.1	16.124	3.086	0.098
38	16.183	3.090	0.102
37.9	16.273	3.097	0.109
37.8	16.329	3.101	0.113
37.7	16.389	3.105	0.117
37.6	16.466	3.111	0.123
37.5	16.546	3.116	0.128
37.4	16.615	3.121	0.133
37.3	16.683	3.126	0.138

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	ค่าความต้านทาน ($\text{k}\Omega$)	แรงดันบริดจ์ (V)	ผลต่างแรงดัน(V)
37.2	16.754	3.131	0.143
37.1	16.847	3.138	0.150
37	16.906	3.142	0.154
36.9	16.964	3.146	0.158
36.8	17.030	3.150	0.162
36.7	17.087	3.154	0.166
36.6	17.181	3.160	0.172
36.5	17.269	3.166	0.178
36.4	17.334	3.171	0.183
36.3	17.392	3.175	0.187
36.2	17.441	3.178	0.190
36.1	17.514	3.183	0.195
36	17.597	3.188	0.200
35.9	17.698	3.195	0.207
35.8	17.785	3.200	0.212
35.7	17.884	3.207	0.219
35.6	17.978	3.213	0.225
35.5	18.031	3.216	0.228
35.4	18.133	3.223	0.235
35.3	18.193	3.227	0.239
35.2	18.265	3.231	0.243
35.1	18.345	3.236	0.248
35	18.437	3.242	0.254
34.9	18.538	3.248	0.260
34.8	18.624	3.253	0.265
34.7	18.715	3.259	0.271
34.6	18.774	3.262	0.274
34.5	18.838	3.266	0.278
34.4	18.909	3.270	0.282
34.3	19.024	3.277	0.289
34.2	19.112	3.283	0.294

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	ค่าความต้านทาน ($\text{k}\Omega$)	แรงดันบริดจ์ (V)	ผลต่างแรงดัน(V)
34.1	19.212	3.288	0.300
34	19.312	3.294	0.306
33.9	19.403	3.299	0.311
33.8	19.496	3.305	0.317
33.7	19.586	3.310	0.322
33.6	19.703	3.317	0.329
33.5	19.777	3.321	0.333
33.4	19.865	3.326	0.338
33.3	19.949	3.331	0.343
33.2	20.022	3.335	0.347
33.1	20.116	3.340	0.352
33	20.205	3.345	0.357
32.9	20.311	3.350	0.362
32.8	20.404	3.355	0.367
32.7	20.506	3.361	0.373
32.6	20.582	3.365	0.377
32.5	20.679	3.370	0.382
32.4	20.770	3.375	0.387
32.3	20.862	3.380	0.392
32.2	20.962	3.385	0.397
32.1	21.092	3.392	0.404
32	21.166	3.396	0.408
31.9	21.271	3.401	0.413
31.8	21.387	3.407	0.419
31.7	21.480	3.412	0.424
31.6	21.593	3.417	0.429
31.5	21.669	3.421	0.433
31.4	21.772	3.426	0.438
31.3	21.871	3.431	0.443
31.2	21.999	3.437	0.449
31.1	22.115	3.443	0.455

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (°C)	ค่าความต้านทาน (K Ω)	แรงดันบริดจ์ (V)	ผลต่างแรงดัน(V)
31	22.203	3.447	0.459
30.9	22.313	3.453	0.465
30.7	22.519	3.462	0.474
30.6	22.593	3.466	0.478
30.5	22.655	3.469	0.481
30.4	22.748	3.473	0.485
30.3	22.840	3.477	0.489
30.2	22.930	3.482	0.494
30.1	23.013	3.485	0.497
30	23.110	3.490	0.502
29.9	23.200	3.494	0.506
29.8	23.293	3.498	0.510
29.7	23.389	3.503	0.514
29.6	23.479	3.507	0.519
29.5	23.574	3.511	0.523
29.4	23.665	3.515	0.527
29.3	23.811	3.521	0.533
29.2	23.906	3.525	0.537
29.1	23.004	3.485	0.497
29	24.115	3.534	0.546
28.9	24.277	3.541	0.553
28.8	24.384	3.546	0.558
28.7	24.462	3.549	0.561
28.6	24.613	3.555	0.567
28.5	24.704	3.559	0.571
28.4	24.835	3.565	0.577
28.3	24.908	3.568	0.580
28.2	25.062	3.574	0.586
28.1	25.237	3.581	0.593
28	25.396	3.587	0.599
27.9	25.540	3.593	0.605

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	ค่าความต้านทาน ($\text{K}\Omega$)	แรงดันบริดจ์ (V)	ผลต่างแรงดัน(V)
27.8	25.609	3.596	0.608
27.7	25.735	3.601	0.613
27.6	25.824	3.604	0.616
27.5	25.884	3.607	0.619
27.4	26.025	3.612	0.624
27.3	26.197	3.619	0.631
27.2	26.320	3.623	0.635
27.1	26.585	3.633	0.645
27	26.732	3.639	0.651
26.9	26.863	3.644	0.656
26.8	26.928	3.646	0.658
26.7	26.977	3.648	0.660
26.6	27.069	3.651	0.663
26.5	27.173	3.655	0.667
26.4	27.380	3.662	0.674
26.3	27.576	3.669	0.681
26.2	27.937	3.682	0.694

ตารางที่ 2 แสดงค่าที่ได้จากการวัดจริง

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	แรงดัน (mV)	แรงดันบริดจ์(mV)
38.2	10.8	108
38.1	11.3	113
38	11.8	118
37.9	12.3	123
37.8	12.8	128
37.7	13.3	133
37.6	13.8	138
37.5	14.3	143

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (°C)	แรงดัน (mV)	แรงดันบริดจ์ (mV)
37.4	14.8	148
37.3	15.3	153
37.2	15.8	158
37.1	16.3	163
37	16.8	168
36.9	17.3	173
36.8	17.8	178
36.7	18.3	183
36.6	18.8	188
36.5	19.3	193
36.4	19.8	198
36.3	20.3	203
36.2	20.8	208
36.1	21.3	213
36	21.8	218
35.9	22.3	223
35.8	22.8	228
35.7	23.3	233
35.6	23.8	238
35.5	24.3	243
35.4	24.8	248
35.3	25.3	253
35.2	25.8	258
35.1	26.3	263
35	26.8	268
34.9	25.7	257
34.8	26.1	261

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	แรงดัน (mV)	แรงดันบริดจ์(mV)
34.7	26.5	265
34.6	26.7	267
34.4	27.9	279
34.3	28.5	285
34.2	28.9	289
34.1	29.4	294
34	29.9	299
33.9	30.4	304
33.8	30.9	309
33.7	31.4	314
33.6	31.9	319
33.5	32.3	323
33.4	33	330
33.3	33.4	334
33.2	33.8	338
33.1	34.2	342
33	34.9	349
32.9	35.3	353
32.8	35.9	359
32.7	36.4	364
32.6	36.9	369
32.5	37.4	374
32.4	37.6	376
32.3	38.3	383
32.2	38.7	387
32.1	39.1	391
32	39.6	396

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (°C)	แรงดัน (mV)	แรงดันบริดจ์ (mV)
31.9	40	400
31.8	40.5	405
31.7	40.9	409
31.5	41.9	419
31.4	42.5	425
31.3	43	430
31.2	43.5	435
31.1	44	440
31	44.5	445
30.9	45	450
30.8	45.5	455
30.7	46	460
30.6	46.5	465
30.5	47	470
30.4	47.5	475
30.3	48	480
30.2	48.5	485
30.1	49	490
30	49.5	495
29.9	50	500
29.8	50.5	505
29.7	51	510
29.6	51.5	515
29.5	51.8	518
29.4	52.5	525
29.3	53	530
29.2	53.5	535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	แรงคั้น (mV)	แรงคั้นบริดจ์ (mV)
29.1	54	540
29	54.5	545
28.9	55	550
28.8	55.4	554
28.6	56.5	565
28.5	57.2	572
28.4	57.6	576
28.3	58.1	581
28.2	58.6	586
28.1	58.8	588
28	59.2	592
27.9	59.6	596
27.8	60	600
27.7	60.6	606
27.6	61	610
27.5	61.7	617
27.4	62.1	621
27.3	62.6	626
27.2	63.1	631
27.1	63.5	635
27	64	640
26.9	64.5	645
26.8	65.1	651
26.7	65.6	656
26.6	66.1	661
26.5	66.5	665
26.4	67	670

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

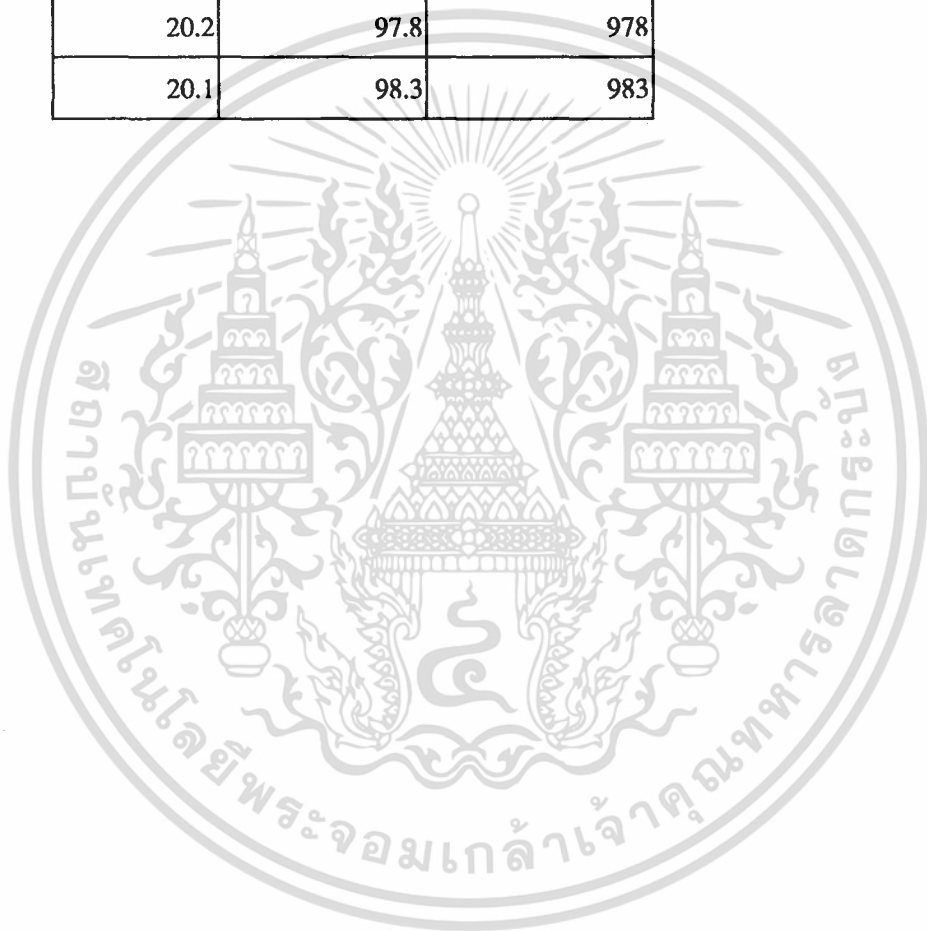
อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	แรงดัน (mV)	แรงดันบริจจ์(mV)
26.3	67.5	675
26.2	68	680
26.1	68.5	685
26	69	690
25.9	69.4	694
25.7	70.5	705
25.6	71	710
25.5	71.5	715
25.4	71.9	719
25.3	72.3	723
25.2	72.8	728
25.1	73.4	734
25	73.9	739
24.9	74.4	744
24.8	74.9	749
24.7	75.4	754
24.6	75.9	759
24.5	76.4	764
24.4	76.9	769
24.3	77.4	774
24.2	77.9	779
24.1	78.4	784
24	78.9	789
23.9	79.4	794
23.8	79.9	799
23.7	80.4	804
23.6	80.9	809

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (°C)	แรงดัน (mV)	แรงดันบริดจ์(mV)
23.5	81.4	814
23.4	81.9	819
23.3	82.4	824
23.2	82.9	829
23.1	83.4	834
23	83.9	839
22.8	84.9	849
22.7	85.4	854
22.6	85.8	858
22.5	86.3	863
22.4	86.8	868
22.3	87.3	873
22.2	87.8	878
22.1	88.3	883
22	88.8	888
21.9	89.3	893
21.8	89.8	898
21.7	90.3	903
21.6	90.8	908
21.5	91.3	913
21.4	91.8	918
21.3	92.3	923
21.2	92.8	928
21.1	93.3	933
21	93.8	938
20.9	94.3	943
20.8	94.8	948

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิ (°C)	แรงดัน (mV)	แรงดันบริดจ์(mV)
20.7	95.3	953
20.6	95.8	958
20.5	96.3	963
20.4	96.8	968
20.3	97.3	973
20.2	97.8	978
20.1	98.3	983



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.2 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบทางอุณหภูมิของเครื่องวัดอุณหภูมิพุดได้ที่สร้างขึ้นดังรูปที่ 6.3 ด้วยเครื่อง 5210 Thermocouple Calibrator สามารถสรุปได้ว่าให้ค่าอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกัน แต่ในช่วงต้นๆ และปลายๆ อุณหภูมิจะคลาดเคลื่อนไปบ้างไม่เกิน 1°C อันเนื่องมาจากความไม่เป็นเชิงเส้นของ ค่าความต้านทานของตัวเทอร์มิสเตอร์ดังนั้นเมื่อนำไปต่อในวงจรบริดจ์จึงให้ค่าแรงดันบริดจ์เพิ่มขึ้น แบบไม่สม่ำเสมอ โดยในช่วงอุณหภูมิต้นๆจะเพิ่มขึ้นมากกว่าช่วงอุณหภูมิปลายๆ เมื่อนำมาหาค่าเฉลี่ยจะได้ค่าการเพิ่มขึ้นของแรงดันบริดจ์ในช่วงกลางๆของอุณหภูมิ

นอกจากนี้ตัวเซ็นเซอร์ที่ใช้ในโครงงานนี้คือตัวเทอร์มิสเตอร์จะมีความไวต่ออุณหภูมิสูงทำให้ค่าอุณหภูมิที่แสดงบนหน้าปัดมีการช้อนทับค่ากันบ้าง เป็นเหตุให้อุณหภูมิบางค่าอ่านค่าไม่ชัดเจน แต่สามารถแก้ไขได้โดยการต่อตัวเก็บประจุเพื่อเพิ่มค่า Time Constant

สำหรับในส่วนของเสียงพุด ความดังของเสียงพุดสามารถปรับเปลี่ยนได้ แต่ถ้าดังมากก็จะมีเสียงรบกวนแทรกออกมาด้วยทำให้เสียงไม่ชัดเจน

สามารถที่จะพัฒนาทั้งส่วนวัดอุณหภูมิและส่วนเสียงพุดได้อีก สำหรับส่วนวัดอุณหภูมิสามารถที่จะพัฒนาทางด้านซอฟต์แวร์เพื่อให้แสดงค่าอุณหภูมิที่ถูกต้องและวัดในช่วงที่มากขึ้นได้ ซึ่งจะมีความยากมากขึ้นไปอีก สำหรับส่วนเสียงพุดยังสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับเครื่องมือวัดอื่นๆได้อีกด้วย



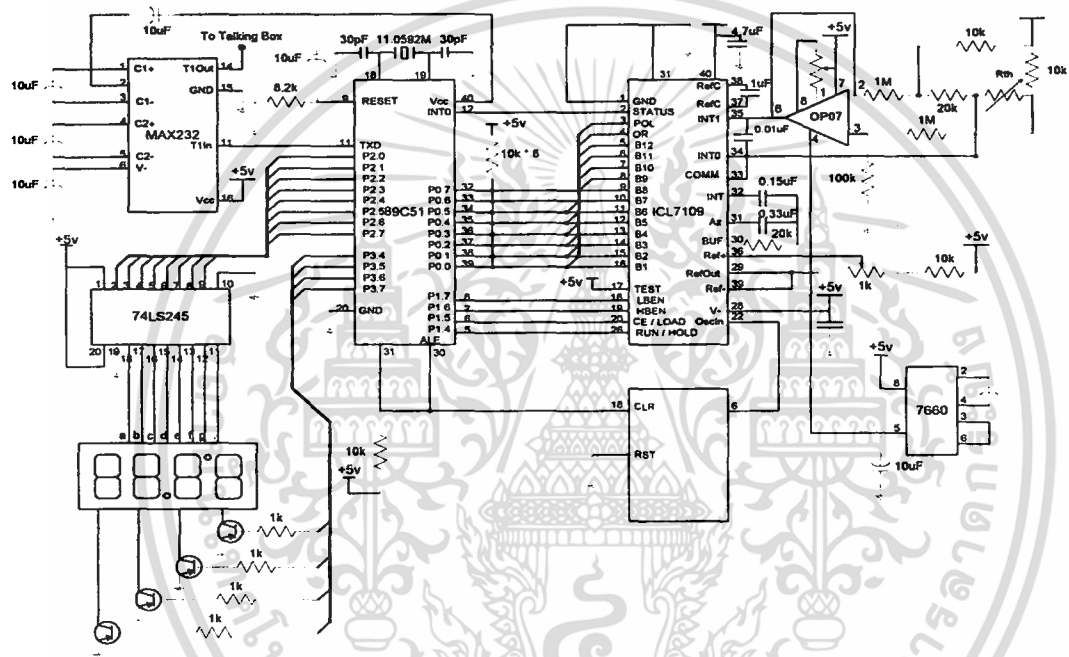
รูปที่ 6.3 ภาพเครื่องมือวัดค่าอุณหภูมิพูดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ภาพวงจรส่วนการวัดคุณภูมิ และส่วนการส่งข้อมูลไปยัง Talking Box



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

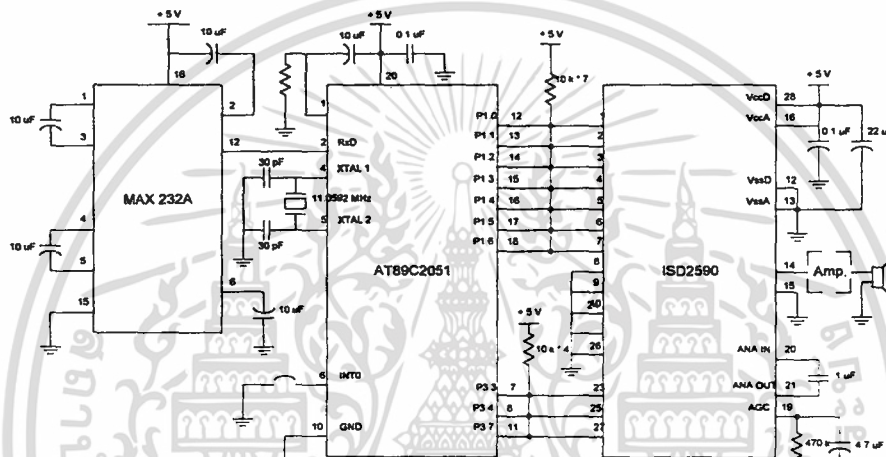


แสดงวงจรส่วนการวัดค่าอุณหภูมิและส่วนการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงวงจร Talking Box

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                ORG      000H
                LJMP    MAIN
                ORG      100H
;=====

;INIT_RS232C  INITIALIZED 89C2051 SERIAL PORT
;
;             BAUD RATE: 9600
;             DATA LENGTH: 8 BIT
;             STOP BIT: 1 BIT
;             PARITY: NO
;             X-TAL:11.0592 MHz

INIT:          MOV      TMOD,#00100001B
              MOV      SCON,#01010010B
              MOV      PCON,#00000000B ; SMOD = 1
              MOV      TH1,#0FDH      ; TIMER1 LOAD VALUE
              SETB     TR1             ; START TIMER1
              RET

;SEND         SEND A TO SERIAL PORT
;             CHECK TRANSMITTER BUFFER BEFORE SEND
;
;             ENTRY: A
;             EXIT: NO
;
SEND:          JNB     TI,SEND
              CLR     TI
              MOV     SBUF,A          ; OK BUFFER EMPTY SEND OUT.
              RET

CR            EQU     0DH
LF            EQU     0AH
EOS           EQU     10H
;=====

;CR_SEND     SEND CR TO RS232
;             ENTRY: NO
;             EXIT: NO
;
CR_LF:        MOV     A,#CR
              LCALL   SEND
              MOV     A,#LF
              LCALL   SEND
              RET
;=====

;BIN_ASCII   CONVERT BIN TO ASCII CODE
;             ENTRY: A
;             EXIT : A
BIN_ASCII:    ANL     A,#0FH
              MOV     R2,A
              CLR     C
              SUBB   A,#0AH
              JNC    ASCII_AF2
              MOV     A,R2
              ADD    A,#30H
              RET
;=====

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ASCII_AF2:      MOV      A,R2
                ADD      A,#37H
                RET

;=====

;check range about 20 - 40 degree
work:          mov      a,49h
                anl      a,#0fh
                mov      51h,a
                cjne     a,#03,below1
                ljmp     below2

below1:        mov      a,#03h
                clr      c
                subb    a,51h
                jc       below
                sjmp    cal_temp

below2:        mov      a,50h
                clr      c
                subb    a,#232d
                jnc     below
                sjmp    cal_temp

;=====

below:         mov      p3,#11101011b
                mov      p2,#83h
                lcall   delay
                mov      p2,#0ffh
                mov      p3,#11011011b
                mov      p2,#86h
                lcall   delay
                mov      p2,#0ffh
                mov      p3,#10111011b
                mov      p2,#0c7h
                lcall   delay
                mov      p2,#0ffh
                mov      p3,#01111011b
                mov      p2,#0c0h
                lcall   delay
                mov      p2,#0ffh
                ret

;=====

over:         mov      p3,#11101011b
                mov      p2,#0c0h
                lcall   delay
                mov      p2,#0ffh
                mov      p3,#11011011b
                mov      p2,#0c1h
                lcall   delay
                mov      p2,#0ffh
                mov      p3,#10111011b
                mov      p2,#86h
                lcall   delay
                mov      p2,#0ffh
                mov      p3,#01111011b
                mov      p2,#0afh
                lcall   delay
                mov      p2,#0ffh

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ret
;=====
;addc repeat number that from range routine
cal_temp:    mov     a,50h
             clr     c
             mov     52h,#00h
             mov     53h,#00h
             mov     54h,#02h
             mov     55h,#00h
again:       mov     r0,#52h
             mov     r1,#54h
             mov     r2,#02h
loop7:       mov     a,@r1
             addc    a,@r0
             da     a
             mov     @r0,a
             inc    r0
             inc    r1
             djnz   r2,loop7
             djnz   50h,again

;final value before subb with 40 degree
check1:      mov     a,49h
             cjne   a,#00h,c1
             ljmp   disp1
c1:          cjne   a,#01h,c2
             mov     54h,#12h
             mov     55h,#05h
loop9:       mov     r0,#52h
             mov     r1,#54h
             mov     r3,#02h
             clr     c
loop8:       mov     a,@r0
             addc   a,@r1
             da     a
             mov     @r0,a
             inc    r0
             inc    r1
             djnz   r3,loop8
             ljmp   disp1
c2:          cjne   a,#02h,c3
             mov     54h,#24h
             mov     55h,#10h
             ljmp   loop9
c3:          cjne   a,#03h,c4
             mov     54h,#36h
             mov     55h,#15h
             ljmp   loop9
c4:          mov     54h,#48h
             mov     55h,#20h
             ljmp   loop9
;=====
;arrange value each value in adress 40 to adress 43 from low to high

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

disp1:      mov     r0,#52h
            mov     r1,#56h
            mov     r2,#02h
loop1:      mov     r3,#02h
loop:       mov     a,@r0
            anl    a,#0fh
            mov     @r1,a
            mov     a,@r0
            swap   a
            mov     @r0,a
            inc    r1
            djnz   r3,loop
            inc    r0
            djnz   r2,loop1

;subb with 40 degree
value:      mov     r3,#03h
            mov     r1,#56h
loop3:      mov     a,@r1
            mov     r4,a
            cjne   a,#00h,cont
            mov     @r1,a
            inc    r1
            ljmp   cont1
cont:       mov     r0,#0ah
loop2:      dec     r0
            djnz   r4,loop2
            mov     a,r0
            mov     @r1,a
            inc    r1
            mov     a,@r1
            inc    a
            mov     @r1,a
            mov     r4,a
            ljmp   last
cont1:      dec     r3
            mov     a,r3
            cjne   a,#00h,loop3
            ljmp   final
last:       djnz   r3,cont
            ljmp   final1
final:      mov     a,59h
            cjne   a,#00h,final_1
            mov     59h,#04h
            ljmp   disp
final_1:    mov     r0,#04h
            mov     a,59h
            mov     r3,a
loop4:      dec     r0
            djnz   r3,loop4
            mov     a,r0
            mov     59h,a
            ljmp   disp
final1:     mov     a,59h
            inc    a
            mov     r3,a
            mov     r0,#05h
loop5:      dec     r0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        djnz     r3,loop5
        mov     a,r0
        mov     59h,a
        mov     a,56h
        clr     c
        subb   a,#05h
        jnc     change
        sjmp    change1

change:  mov     a,57h
        clr     c
        subb   a,#09h
        jnc     increase
        sjmp    increase1

change1: mov     56h,#00h
        ljmp   disp

increase: mov     a,58h
        clr     c
        subb   a,#09h
        jnc     incr
        sjmp    incr1

increase1: mov     56h,#00h
        mov     a,57h
        inc     a
        mov     57h,a
        ljmp   disp

incr:    mov     58h,#00h
        mov     57h,#00h
        mov     56h,#00h
        mov     a,59h
        inc     a
        mov     59h,a
        ljmp   disp

incr1:  mov     56h,#00h
        mov     57h,#00h
        mov     a,58h
        inc     a
        mov     58h,a
        ljmp   disp
;show value of degree celciest on 7-segment
disp:   mov     74h,59h
        mov     73h,58h
        mov     72h,57h
        mov     71h,56h
        lcall  send_dat

        mov     a,59h
        lcall  check
        mov     59h,a
        mov     a,58h
        lcall  check
        mov     58h,a
        mov     a,57h
        lcall  check
        mov     57h,a
        mov     a,56h
        lcall  check
        mov     56h,a

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

del1:      mov     r7,#00h
loop6:    mov     p3,#11101011b
          mov     p2,59h
          lcall  delay
          mov     p2,#0ffh

          mov     p3,#11011011b
          mov     p2,58h
          lcall  delay
          mov     p2,#0ffh

          mov     p3,#10111011b
          mov     p2,57h
          lcall  delay
          mov     p2,#0ffh

          mov     p3,#01111011b
          mov     p2,56h
          lcall  delay
          mov     p2,#0ffh

          djnz   r7,loop6
          ret

;=====

;scan digit
digit:    db     0c0h,0f9h,0a4h,0b0h,99h,92h,82h,0f8h,80h,90h
check:    mov     dptr,#digit
          movc   a,@a+dptr
          ret

;=====

;delay between digit
delay:    mov     r5,#05h
          djnz   r5,$
          ret

;=====

;read value from 7109 in address 30 for low byte and address 31 for 1
read_7109: push  psw
          push  acc
          push  b
          push  dpl
          push  dph
          mov   psw,#00010000b
          clr   p1.4
          mov   r0,#30h
          clr   p1.5
          clr   p1.7
          mov   p0,#0ffh
          nop
          mov   a,p0
          mov   @r0,a
          setb  p1.7
          nop
          clr   p1.6
          mov   p0,#0ffh
          nop
          mov   a,p0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

inc      r0
mov      @r0,a
setb    p1.5
setb    p1.6
pop      dph
pop      dpl
pop      b
pop      acc
pop      psw
ret
;=====

```

```

;routine for shift data up
shift:   mov      32h,33h
         mov      33h,34h
         mov      34h,35h
         mov      35h,36h
         mov      36h,37h
         mov      37h,38h
         mov      38h,39h
         mov      39h,#00h
         mov      40h,41h
         mov      41h,42h
         mov      42h,43h
         mov      43h,44h
         mov      44h,45h
         mov      45h,46h
         mov      46h,47h
         mov      47h,#00h
         ret
;=====

```

```

;routine for keep new data in 39h(lben),47h(hben)
keep_data: mov    a,31h
          anl    a,#20h
          cjne  a,#00h,lben
          lcall over
          sjmp  next

lben:    mov    a,31h
          anl    a,#0fh
          mov    60h,a
          cjne  a,#03h,lbe
          mov    a,30h
          clr    c
          subb  a,#232d
          jc    keep
          lcall below
          sjmp  next

lbe:    mov    a,#03h
          clr    c
          subb  a,60h
          jnc   keep
          lcall below

next:    lcall  set_7109
          lcall  read_7109
          sjmp  keep_data
;=====

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

keep:          mov     39h,30h
               mov     47h,60h
               lcall   sum1
               lcall   rotate
               lcall   over_lb
               lcall   cal_temp
               ret

;=====
;rouine for summ 8 value
sum1:         clr     c
               mov     48h,#00h
               mov     49h,#00h
               mov     r0,#32h
               mov     r1,#40h
               mov     r2,#08h
l1:          mov     a,48h
               addc   a,@r0
               mov     48h,a
               mov     a,49h
               addc   a,@r1
               mov     49h,a
               inc    r0
               inc    r1
               djnz   r2,l1
               ret

;=====
;check value in lben is greater than 0.5 or not
over_lb:     clr     c
               mov     a,48h
               anl    a,#07h
               lcall   compare
               clr     c
               subb   a,#04h
               jc     result1
result:      clr     c
               mov     a,50h
               addc   a,#01h
               mov     50h,a
               mov     a,49h
               addc   a,#00h
               mov     49h,a
result1:     ret

;=====
compare1:    db     00h,01h,02h,03h,04h,05h,06h,07h
compare:     mov     dptr,#compare1
               movc   a,@a+dptr
               ret

;=====
;routine value in lben&hben for div 8
rotate:      mov     a,48h
               anl    a,#0f8h
               mov     50h,a    ;value lben
               clr     c
               mov     r0,#03h
rotat1:      mov     a,49h
               rrc    a

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

mov     49h,a    ;value hben
mov     a,50h
rrc     a
mov     50h,a
djnz   r0,rotate1
ret

;=====

set_7109:      setb    p1.5    ;ce "1"
               setb    p1.6    ;hben "1"
               setb    p1.7    ;lben "1"
               clr     p1.4    ;hold 7109
               lcall   delay
               clr     p1.5    ;ce "0"
               setb    p1.4    ;run 7109
               jb     p3.2,$    ;wait interrupt
               ret

;=====

send_dat:      mov     r0,#74h
dat:          mov     a,@r0
               lcall   bin_ascii
               lcall   send
               dec     r0
               cjne   r0,#70h,dat
               lcall   cr_lf
               ret

;=====

main:          mov     sp,#61h
               lcall   init
               clr     c
               mov     r1,#40h
               mov     r0,#32h
               mov     r2,#08h
main1:         lcall   set_7109
               lcall   read_7109    ;read value from 7109
               mov     a,30h
               mov     @r0,a
               mov     a,31h
               anl     a,#20h
               cjne   a,#00h,toward
               lcall   over
               ljmp    main1
toward:       mov     a,31h
               anl     a,#0fh
               mov     31h,a
               cjne   a,#03h,tol
               mov     a,30h
               clr     c
               subb   a,#232d
               jnc    below6
               ljmp   toward1
below6:       lcall   below
               ljmp   main1
tol:          mov     a,#03h
               clr     c
               subb   a,31h
               jc     below6
               ljmp   toward1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

; Talking Thermometer
; PROGRAM FOR CONTROL TALKING BOX
; INPUT SERIAL PORT
; HARDWARE AT89C2051
;=====

                ORG     000H
                LJMP    MAIN
                ORG     100H
                ORG     003H
                LJMP    SERVICE

                CE      EQU     P3.3      ; CHIP ENABLE ,ACTIVE LOW
                EOM     EQU     P3.4      ; END OF MESSAGE ,ACTIVE LOW
                PLAYBACK EQU     P3.5      ; PLAYBACK ,ACTIVE HIGH
;=====

;INITIAL RS-232 COMMUNICATIONS
;=====
;ENTRY: -
;EXIT: -
;BAUD RATE: 9600 BIT/SEC
;DATA LENGTH: 8 BIT
;STOP BIT: 1 BIT
;PARITY: NO
;X-TAL: 11.0592 MHZ

INIT_RS232:    MOV     TMOD,#00100000B
               MOV     SCON,#01010010B
               MOV     TH1,#0FDH
               MOV     PCON,#00000000B
               SETB   TR1
               RET

RECEIVE:       JNB     RI,RECEIVE
               CLR     RI
               MOV     A,SBUF
               RET

;=====

; RECEIVE DATA INPUT

REC_DI:       MOV     R0,#31H
               MOV     R2,#02H

               LCALL  RECEIVE
               MOV     @R0,A
               INC     R0

               LCALL  RECEIVE
               MOV     @R0,A
               INC     R0

               LCALL  RECEIVE
               MOV     @R0,A
               INC     R0

               LCALL  RECEIVE
               MOV     @R0,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                INC     R0

                MOV     @R0,#'c'
                RET

;=====
; SET ADDRESS OF DATA INPUT

CHECK_1:       CJNE   @R0,#'1',CHECK_2
                DEC     R0
                CJNE   @R0,#'0',X_11
                INC     R0
                MOV     R2,#00H
                SJMP   X_1
X_11:          INC     R0
                CJNE   R2,#01H,X_1
                MOV     P1,#38H           ; 00111011B
                MOV     R2,#00H
                RET
X_1:           MOV     P1,#07H           ; 00001000B
                RET
CHECK_2:       CJNE   @R0,#'2',CHECK_3
                CJNE   R2,#02H,X_2
                MOV     P1,#3DH           ; 01001110B
                RET
X_2:           MOV     P1,#0CH           ; 00001101B
                RET
CHECK_3:       CJNE   @R0,#'.',CHECK_4
                MOV     P1,#41H           ; 00110110B
                RET
CHECK_4:       CJNE   @R0,#'c',CHECK_5
                MOV     P1,#47H           ; 01000101B
                RET
CHECK_5:       MOV     A,@R0
                CLR     C
                SUBB   A,#30H
                LCALL  CHECK
                MOV     P1,A
                RET

;=====

Z_1:           MOV     A,R2
                CLR     C
                SUBB   A,#01H
                LCALL  CHECK
                MOV     P1,A
                DEC     R2
                RET

;=====

DIGIT:  DB      02H,33H,58H,12H,16H,1BH,20H,25H,29H,2FH
CHECK:   MOV     DPTR,#DIGIT
                MOVC  A,@A+DPTR
                RET

;=====

; DELAY

DELAY:     MOV     R3,#30H
DEL:       MOV     R4,#00H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                DJNZ    R4,$
                DJNZ    R3,DEL
                RET

;=====

CK_L:          CJNE    R2,#01H,L_1
LL1:           CJNE    @R0,#'0',LL
                MOV     R2,#00H
                LJMP   EN
L_1:           CJNE    R2,#02H,LL
                CJNE    @R0,#'1',LL1
                LJMP   L_4

;=====

SERVICE:      PUSH    DPH
                PUSH    DPL
                PUSH    ACC

MARK:          LCALL   RECEIVE
                CJNE   A,#'*',MARK

                LCALL   REC_DI
                MOV     R0,#31H
LOOP_2:        LJMP   CK_L

LL:            SETB   PLAYBACK
                SETB   CE
                CLR    P1.7
                LCALL  CHECK_1
                LCALL  DELAY
                CLR    CE
                SETB   CE
                JB     EOM,$
                SETB   P1.7
                CJNE  @R0,#'c',L_5
L_5:           SJMP   END_2
                CJNE  R2,#01H,L_3
                CJNE  @R0,#'1',L_6
L_6:           SJMP   LOOP_2
                DEC    R2
L_3:           SJMP   EN
                CJNE  R2,#00H,L_4
L_4:           SJMP   EN
                SETB   PLAYBACK
                SETB   CE
                CLR    P1.7
                LCALL  Z_1
                LCALL  DELAY
                CLR    CE
                SETB   CE
                JB     EOM,$
EN:            SETB   P1.7

                INC    R0
                SJMP  LOOP_2

END_2:        POP     ACC
                POP     DPL
                POP     DPH
                RET

                END

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. John Wilus and Sons , Sache , H.B. (1975) Semiconducting Temperature Sensors and their , Applicstion , New York
2. Kenneth J. Alaya , “The 8051 Microcontroller Architecture , Programing and applicatio” , Wester Carolina University , West Publishing Company.
3. พรทิพย์ เตรียมประทีป , เอกกมล นิลอาษา , “ โครงการงานพิเศษระบบควบคุมทางโทรศัพท์ขนาดเล็ก “ , ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สจล. , 2538
4. ประเมษฐ์ ประยานันท์ , ปิยพงศ์ เผ่าวนิช “คู่มือและการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51” , บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้จัดทำโครงการพิเศษ

นางสาวปิยาณี แซ่มะฮาด เกิดวันที่ 13 สิงหาคม พ.ศ. 2518 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนราชวินิตบางแก้วในพระบรมราชูปถัมภ์ จากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาตรี สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปี 2539

นางสาวธนภรณ์ ลีลาวัฒนานนท์ เกิดวันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2518 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสตรีวัดอัมรินทร์ จากนั้นเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาตรี สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปี 2539



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้