

เตาอบกระดูก

A BONE BAKE OVEN



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน...46256
วัน, เดือน, ปี 21 ส.ค. 2546

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตาอบกระดูก
A BONE BAKE OVEN



ปริญญาานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2544

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
เรื่อง เตาอบกระดุก

ผู้จัดทำ

- | | | |
|-------------------|------------|----------|
| 1. นาย เซวงศักดิ์ | พิไลนพงศธร | 42015216 |
| 2. นาย นราฤทธิ์ | วัดวิไล | 42015224 |



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตาอบกระดูก

A bone bake oven

นาย เซวงศักดิ์ พิไลนพงศธร 42015216 3R/2

นายบรรณฤทธิ์ วัควิไล 42015224 3R/2

โครงการนี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมทั้งจะทำการสอบได้



.....
(ดร. กิตติพล ชิตสกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เตาอบกระดูก

นาย เขวงศักดิ์ พิไลนพวงศธร

นาย นราฤทธิ์ วัควิไล

ดร. กิติพล ชิตสกุล (อาจารย์ที่ปรึกษา)

ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

เตาอบกระดูกเป็นอุปกรณ์ใช้ในการอบกระดูกด้วยความร้อนให้เป็น Hydroxyapatite เพื่อนำไปสร้างเป็นลูกตาเทียม(ocular implant) โดยการปลูกฝังลงไปในเบ้าตาข้างที่ไม่มีดวงตาเพื่อรองรับแก้วตาเทียม (artificial eye) แต่ว่าตาเทียมที่ทำการปลูกฝังไปนั้นไม่สามารถทำให้ใช้ในมองเห็นได้ เพียงแต่เพื่อความเป็นธรรมชาติของใบหน้า โครงการนี้ได้นำเตาอบที่มีอยู่แล้วมาปรับปรุงในส่วนควบคุมให้สามารถอบกระดูกด้วยความร้อนที่อุณหภูมิตั้งแต่ 400 – 1000 องศาเซลเซียสเพื่อผลิต Hydroxyapatite จากกระดูกมนุษย์ เตาอบที่นำมาดัดแปลงใช้ฮีตเตอร์เป็นตัวสร้างความร้อน ส่วนควบคุมความร้อนและการตั้งค่าอุณหภูมิใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MSC-51) ร่วมกับเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K เตาอบกระดูกที่ดัดแปลงแล้วสามารถโปรแกรมอุณหภูมิที่ต้องการโดยการกดแป้นสั่งงานได้ที่หน้าเครื่อง โดยมีการแสดงผลที่หน้าจอ LCD เตาอบนี้จะนำไปใช้งานจริงที่ศูนย์เนื้อเยื่อ คณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลศิริราช

A BONE BAKE OVEN

Mr. Chawengsak Plionpongsathorn

Mr. Nrarit Watwilai

Dr. Kitiphol Chitsakul (Advisor)

Year 2001

ABSTRACT

The bone bake oven is used for making the Hydroxyapatite from the human bone by heating at 400-1000 C°. This high bio-compatible material has been used to make the ocular implants for an empty eye socket to maintain the natural structure of the orbit and support an artificial eye. We modified a used infrared oven by implementing the new controller based on a microcontroller MSC-51 with the K type thermocouples as the sensors. With this controller, an operator can setup temperature by a keypad. Moreover the controller provides the setting menu on LCD to facilitate the operation. The oven will be installed at The Tissue Implanting Center at the Siriraj hospital in the future.

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์ ดร.กิตติพล ชิตสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาการทำโครงการที่ได้ให้คำปรึกษาในการออกแบบและการจัดทำ อีกทั้งยังให้ยืมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง และขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ยงยุทธ วัชรคุลย์ ตลอดจนเจ้าหน้าที่ศูนย์เนื้อเยื่อชีวภาพกรุงเทพฯ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้คำแนะนำและข้อมูลในการทำโครงการนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| เรื่อง | หน้า |
|---|------|
| บทคัดย่อ | I |
| Abstract | II |
| กิตติกรรมประกาศ | III |
| สารบัญ | IV |
| สารบัญรูป | VI |
| สารบัญตาราง | VII |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความเป็นมาและลักษณะของโครงการ | 1 |
| 1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการนี้ | 1 |
| 1.2 โครงสร้างของรายงาน | 2 |
| บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน | 3 |
| 2.1 คำนำ | 3 |
| 2.2 ลูกตาเทียมจากกระดูก | 3 |
| 2.3 ทรานส์ซิสเตอร์ไฟฟ้า-ความร้อน | 4 |
| 2.4 อุปกรณ์แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล | 12 |
| 2.5 ทฤษฎีของไมโครคอนโทรลเลอร์ | 14 |
| 2.5.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 | 14 |
| 2.5.2 โครงสร้างภายนอกของ MCS-51 | 17 |
| 2.5.3 ออปติเลเตอร์และสัญญาณนาฬิกาของ MCS-51 | 20 |
| 2.5.4 ความจำภายใน | 21 |
| 2.6 Dot Matrix LCD Module | 23 |
| บทที่ 3 โครงสร้างของระบบ | 30 |
| 3.1 คำนำ | 30 |
| 3.2 โครงสร้างและการทำงานส่วนควบคุม | 30 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

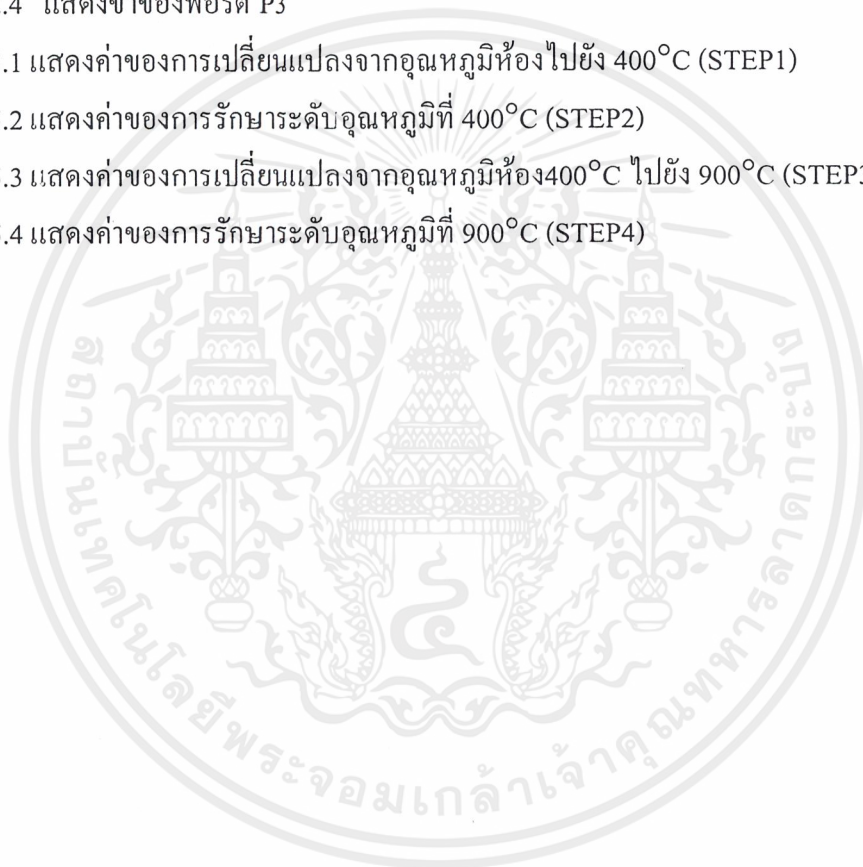
| | | |
|----------------|------------------------------------|----|
| บทที่ 4 | รายละเอียดและการออกแบบวงจรควบคุม | 32 |
| 4.1 | คำนำ | 32 |
| 4.2 | วงจรตรวจเช็คอุณหภูมิ | 32 |
| 4.3 | วงจรรขยายและวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน | 34 |
| 4.4 | วงจร A/D Converter | 34 |
| 4.5 | การออกแบบส่วนประมวลผลกลาง | 36 |
| 4.6 | วงจรควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์ | 37 |
| บทที่ 5 | การทดลองและผลการทดลอง | 38 |
| 5.1 | คำนำ | 38 |
| 5.2 | การทดลองและผลการทดลอง | 38 |
| บทที่ 6 | บทสรุปและวิจารณ์ | 45 |
| หนังสืออ้างอิง | | 46 |
| ภาคผนวก | | 47 |

สารบัญรูป

| | หน้า |
|--|------|
| รูปที่ 2.1 การใส่ลูกตาเทียมและแก้วตาเทียม | 4 |
| รูปที่ 2.2 วงจรไฟฟ้าความร้อนพื้นฐาน | 5 |
| รูปที่ 2.3 กฎของอุณหภูมิแทรก | 6 |
| รูปที่ 2.4 กฎของโลหะแทรก | 7 |
| รูปที่ 2.5 วงจรเทอร์โมคัปเปิ้ลที่มีและไม่มี การเพิ่มสายต่อในวงจรเทอร์โมคัปเปิ้ล ชนิดเหล็ก-คอนสแตนแตน | 9 |
| รูปที่ 2.6 กราฟแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิอ้างอิงที่ 0 องศาแสดง ความแตกต่าง ของความไวและความไม่เป็นเชิงเส้นของเทอร์โมคัปเปิ้ล 3 ชนิด | 10 |
| รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมของ Successive Approximation ADC | 12 |
| รูปที่ 2.8 Timing Diagram ของ SAR | 13 |
| รูปที่ 2.9 ก Block Diagram ของ MCS-51 | 15 |
| รูปที่ 2.9 ข แนวคิดการโปรแกรม MCS-51 | 16 |
| รูปที่ 2.10 ขาของ MCS-51 | 19 |
| รูปที่ 2.11 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์และเวลา | 20 |
| รูปที่ 2.12 สัญญาณคาบเวลาของการผลิตความถี่ออสซิลเลเตอร์ | 21 |
| รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของเตาอบ | 30 |
| รูปที่ 4.1 วงจรตรวจเช็คอุณหภูมิ | 33 |
| รูปที่ 4.2 วงจรขยายและวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน | 34 |
| รูปที่ 4.3 วงจรADC ที่ใช้ในระบบ | 36 |
| รูปที่ 4.4 วงจรประมวลผลกลาง | 36 |
| รูปที่ 4.5 วงจรควบคุมการทำงานของฮาร์ดแวร์ | 37 |
| รูปที่ 5.1 Profile ของอุณหภูมิที่เข้าสู่ค่าที่ตั้งไว้ที่ 400 องศาเซลเซียส | 39 |
| รูปที่ 5.2 Profile ของการรักษาระดับของอุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส | 40 |
| รูปที่ 5.3 Profile ของอุณหภูมิที่เข้าสู่ค่าที่ตั้งไว้ที่ 900 องศาเซลเซียส | 42 |
| รูปที่ 5.4 Profile ของการรักษาระดับของอุณหภูมิ 900 องศาเซลเซียส | 43 |
| รูปที่ 5.5 Profile ของการทำงานทั้งหมด | 44 |

สารบัญตาราง

| | หน้า |
|---|------|
| ตารางที่ 2.1 เทอร์โมคัปเปิ้ลมาตรฐาน | 10 |
| ตารางที่ 2.2 Thermoelectric emf and thermopowers of various metals and standard Thermocouple alloy at 200°C relative to platinum at 0°C | 11 |
| ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ในตระกูลMCS-51 | 16 |
| ตารางที่ 2.4 แสดงขาของพอร์ต P3 | 18 |
| ตารางที่ 5.1 แสดงค่าของการเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิห้องไปยัง 400°C (STEP1) | 38 |
| ตารางที่ 5.2 แสดงค่าของการรักษาระดับอุณหภูมิที่ 400°C (STEP2) | 40 |
| ตารางที่ 5.3 แสดงค่าของการเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิห้อง 400°C ไปยัง 900°C (STEP3) | 41 |
| ตารางที่ 5.4 แสดงค่าของการรักษาระดับอุณหภูมิที่ 900°C (STEP4) | 42 |



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและลักษณะของโครงการ

ในช่วงเวลาสี่สิบปีที่ผ่านมา ได้มีการยอมรับกันอย่างกว้างขวางในวงการแพทย์ว่า Hydroxyapatite ที่ทำจากปะการังชนิดหนึ่งมี Bio-compatibility สูง สามารถนำมาใช้ทดแทนปริมาตรของเบ้าตาในผู้ป่วยที่มีการสูญเสียดวงตา ทำให้ผู้ป่วยมีเบ้าตาใกล้เคียงปกติ และรองรับการใส่ตาปลอมได้ดี และสามารถทำการเชื่อมต่อระหว่างปะการังกับเบ้าตาได้ดี ช่วยให้ตาปลอมสามารถเคลื่อนไหวได้ใกล้เคียงตาจริงข้างที่เหลือของผู้ป่วยได้ ในประเทศไทยก็ประสบความสำเร็จเป็นอย่างดีในระยะเกือบสิบปีที่ผ่านมา แต่การฟื้นฟูสภาพเบ้าตาด้วย Hydroxyapatite ประการังนี้ยังไม่สามารถขยายบริการไปทั่วประเทศได้ เนื่องจากวัสดุที่ใช้ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาแพงซึ่งจะทำให้ประเทศสูญเสียเงินตราออกนอกประเทศจำนวนมาก นอกจากนี้ผู้ป่วยรายได้น้อยส่วนใหญ่ไม่สามารถใช้บริการราคาแพงนี้ได้รวมทั้งทางราชการไม่ยินยอมให้รวมอยู่ในรายการเบิกค่ารักษาพยาบาลได้ ดังนั้นทางศูนย์เนื้อเยื่อคณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล โดยคำแนะนำของจักษุแพทย์อาวุโส (นายแพทย์ชัยเชษฐ์ รัตนวิจารณ์) ได้ทดลองทำการผลิต Hydroxyapatite จากกระดูกมนุษย์ โดยการเผากระดูกภายใต้อุณหภูมิและความดันที่เหมาะสม ทำให้ calcium carbonate ในกระดูกมนุษย์ เปลี่ยนเป็น calcium phosphate สำเร็จ Hydroxyapatite จากกระดูกมนุษย์นี้มีรูพรุนขนาด 500 μ มีขนาดใกล้เคียงกับ Hydroxyapatite ที่ทำจากปะการัง ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวจึงเชื่อได้ว่าสามารถนำมาใช้ฝังในเบ้าตาผู้ป่วยที่สูญเสียดวงตาได้โดยน่าจะมี Bio-compatibility สูงเช่นเดียวกัน

เตาอบกระดูกที่ใช้ในการการผลิต Hydroxyapatite จากกระดูกมนุษย์ เป็นเตาอบความร้อนสูงประมาณ 400-1000 องศาเซลเซียส ที่มีลักษณะของการกำหนดอุณหภูมิเฉพาะตัว ทั้งนี้เพื่อไม่ทำให้โครงสร้างของชิ้นกระดูกเสียไป เตาอบกระดูกที่ได้พัฒนาขึ้นใช้ ฮีตเตอร์ (Heater) มาเป็นตัวสร้างความร้อน และใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51 มาเป็นตัวควบคุมอุณหภูมิโดยจะใช้เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple) เป็นอุปกรณ์ตัวจับความร้อนในการควบคุมความร้อนได้

1.2 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงการนี้

1. สามารถสร้างชุดควบคุมอุณหภูมิเตาอบกระดูก โดยให้มีการควบคุมอุณหภูมิได้ตามความต้องการของผู้ใช้การ โดยการ สั่งงานผ่าน KEYPAD ที่บริเวณหน้าเตาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. โครงการงานจะถูกนำไปใช้งานจริง ที่ศูนย์เนื้อเยื่อชีวภาพกรุงเทพฯ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล กรุงเทพฯ

1.3 โครงสร้างของโครงการงาน

รายงานฉบับนี้เป็นรายงานผลการศึกษาและทดลองตลอดภาคการศึกษา เพื่อออกแบบชุดควบคุมอุณหภูมิของเตาอบกระดูก ซึ่งเนื้อหานั้นจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ แยกเป็นบทๆ ไปได้ดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและลักษณะของโครงการงาน

บทที่ 2 กล่าวถึง ทฤษฎี และหลักการพื้นฐานที่จำเป็นเพื่อทำความเข้าใจการทำงานของเตาอบกระดูก

บทที่ 3 กล่าวถึง รายละเอียดและโครงสร้างของระบบ

บทที่ 4 กล่าวถึง รายละเอียดและการออกแบบวงจร

บทที่ 5 กล่าวถึง การทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 6 กล่าวถึง สรุปผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการพื้นฐาน

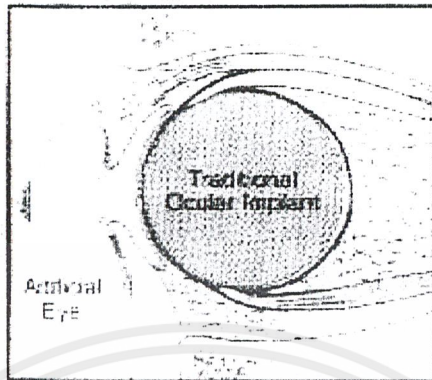
2.1 บทนำ

เนื่องจากเตาอบกระดูกเป็นเตาอบที่มีลักษณะของการกำหนดอุณหภูมิเฉพาะตัว ทั้งนี้เพื่อไม่ทำให้โครงสร้างของชิ้นกระดูกเสียไป ดังนั้นก่อนขั้นตอนการออกแบบสร้างชุดควบคุมเตาอบ ได้ศึกษาถึงการทำลูกตาเทียมจากกระดูกเพื่อให้เข้าใจพอสังเขปถึงความต้องการ และลักษณะของงานทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องตลอดจนจุดวิกฤติที่จะเกิดขึ้นกับวัสดุเป้าหมาย เพื่อผนวกกับความรู้ทางวิศวกรรมในการควบคุมการทำงานของระบบให้ได้ผลตามต้องการ ดังนั้นในบทนี้จะได้กล่าวถึงหลักการเกี่ยวกับตาเทียมที่ทำจากกระดูกที่ได้ศึกษาค้นคว้ามา รวมถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทางวิศวกรรมของอุปกรณ์ที่ใช้ เช่น ฮีตเตอร์และการควบคุมให้มีอุณหภูมิให้ได้ตามที่ต้องการ ตัวตรวจจับความร้อนหรือเทอร์โมคัปเปิ้ล ซึ่งจะเป็นตัวตรวจจับความร้อนเพื่อเป็นอินพุตให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการควบคุมความร้อนต่อไป นอกจากนี้ยังจะได้กล่าวถึงการออกแบบวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่เกี่ยวข้อง

2.2 ลูกตาเทียมจากกระดูก (Bone-Hydroxy)

วัตถุประสงค์ในการใส่ลูกตาเทียมในผู้สูญเสียดวงตานั้น เพื่อรองรับแก้วตาเทียมซึ่งเป็นส่วนที่ปรากฏบนใบหน้าทำให้ใบหน้าดูเป็นธรรมชาติมากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.1 ปัญหาสำคัญของการฝังปลูกลูกตาเทียม โดยเฉพาะเมื่อใช้วัสดุแบบ Bio-compatibility ดังนั้นได้แก่

1. การเคลื่อนที่ของแก้วตาเทียมจะทำได้ไม่ดีและดูไม่เป็นธรรมชาติ เนื่องจากการตรึงแก้วตาเข้ากับลูกตาเทียมที่ฝังลงในเบ้าตาทำได้ไม่ดีหรือทำไม่ได้
2. เกิดการหย่อนยานของเปลือกตาล่างที่จากแรงดันจากแก้วตาเทียม
3. การไม่ยอมรับลูกตาเทียมของเนื้อเยื่อรอบ orbit หรือที่เรียกว่าการตอบสนองกับ “Foreign body” ของเนื้อเยื่อทำให้เกิดการขจัดสิ่งแปลกปลอมเกิดขึ้น
4. การเลื่อนไหลของลูกตาเทียม



รูปที่ 2.1 การใส่ลูกตาเทียมและแก้วตาเทียม

เพื่อเป็นการแก้ปัญหาดังกล่าวได้มีการวิจัยหาวัสดุใหม่ ๆ ที่มี Bio-compatibility สูงที่เชื่อว่าเมื่อใส่เข้าไปในเบ้าตาแล้วจะทำให้เนื้อเยื่อโดยรอบยอมรับ ซึ่งเมื่อรวมกับการตรึงแก้วตาเทียมกับลูกตาเทียมเข้าด้วยกันแล้ว จะทำให้การเคลื่อนที่ของตาเป็นธรรมชาติมากขึ้น

ได้มีการวิจัยใช้วัสดุจากธรรมชาติคือ ประการังทะเล ที่โครงสร้างที่มีรูพรุนเมื่อผ่านกระบวนการพิเศษแล้วองค์ประกอบแร่ธาตุในประการังจะมีลักษณะที่คล้ายกระดูกมนุษย์ เรียกว่า Hydroxyapatite ซึ่งเมื่อปลูกฝังลงในเบ้าตาแล้วเนื้อเยื่อของร่างกายโดยรอบจะยอมรับและเจริญเติบโตขึ้นภายใน วัสดุที่กล่าวถึงมีการผลิตออกมาเป็นการค้าในชื่อต่าง ๆ กันเช่น Bio-eye™

ในประเทศไทยการฟื้นฟูสภาพเบ้าตาด้วย Hydroxyapatite ประการังนี้ยังไม่สามารถขยายบริการไปทั่วประเทศได้ เนื่องจากวัสดุที่ใช้ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาแพง ดังนั้นทางศูนย์เนื้อเยื่อคณะแพทยศาสตร์ โรงพยาบาลศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล ได้ทดลองทำการผลิต Hydroxyapatite จากกระดูกมนุษย์ซึ่งเรียกว่า(Bone-Hydroxy) โดยการเผากระดูกภายใต้อุณหภูมิและความดันที่เหมาะสม ทำให้ calcium carbonate ในกระดูกมนุษย์ เปลี่ยนเป็น calcium phosphate สำเร็จ Hydroxyapatite จากกระดูกมนุษย์นี้มีรูพรุนขนาด 500 μ มีขนาดใกล้เคียงกับ Hydroxyapatite ที่ทำจากประการัง ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวจึงเชื่อได้ว่าสามารถนำมาใช้ฝังในเบ้าตาผู้ป่วยที่สูญเสียดวงตา ได้โดยน่าจะมีความ Bio-compatibility สูงเช่นเดียวกัน

2.3 ทรานส์ดิวเซอร์ไฟฟ้า-ความร้อน

การวัดอุณหภูมิด้วยวิธีการทางไฟฟ้าส่วนใหญ่จะใช้ทรานส์ดิวเซอร์ไฟฟ้า-ความร้อนซึ่งเป็นที่รู้จักกันดีในชื่อของ “เทอร์โมคัปเปิ้ล” โครงสร้างของเทอร์โมคัปเปิ้ลนั้นประกอบด้วยลวดโลหะ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

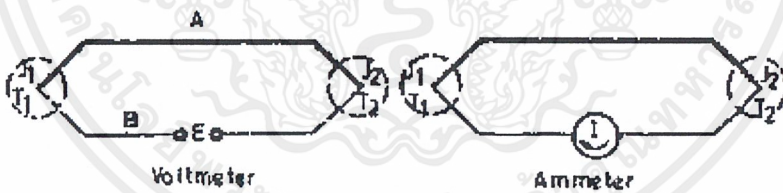
ต่างชนิดกันสองเส้นที่บิดพันเป็นเกลียวและเชื่อมต่อกันที่ปลายด้านหนึ่ง โดยลวดโลหะแต่ละเส้นถูกห่อหุ้มด้วยฉนวนซึ่งอาจจะเป็น

1. ฉนวนแร่ (แมกนีเซียมออกไซด์) สำหรับงานทั่วไปหรือ
2. ฉนวนเซรามิก สำหรับงานหนัก

หลักการพื้นฐานของการวัดอุณหภูมิที่ใช้เทอร์โมคัปเปิลถูกค้นพบโดย ซีเบค (Seebeck) ในปี ค.ศ.1821 ซึ่งแสดงภาพประกอบไว้ในรูปที่ 2.2 เมื่อลวดโลหะตัวนำต่างชนิด กันสองเส้นที่เรียกว่า A และ B ถูกเชื่อมต่อเข้าด้วยกันในลักษณะรูป และให้ขึ้นต่อ J_1 และ J_2 อยู่ที่อุณหภูมิ T_1 และ T_2 ตามลำดับ แล้วใช้โวลท์มิเตอร์ที่มีค่าความต้านทานอนันต์วัดค่าลึงดันของแรงเคลื่อนไฟฟ้า หรือใช้แอมมิเตอร์ค่าความต้านทานวัดกระแส (I) ที่ไหลในลูป แรงเคลื่อนไฟฟ้า ที่กำเนิดขึ้น โดยเทอร์โมคัปเปิลสามารถเขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$\text{emf} = \int (Q_a - Q_b) dT = (Q_a - Q_b) (T_1 - T_2) \quad (1)$$

เมื่อ emf = แรงเคลื่อนไฟฟ้า ที่ถูกกำเนิดขึ้นมีหน่วยเป็นโวลท์
 T_1, T_2 = อุณหภูมิที่ขั้วต่อทั้งสองในหน่วยเป็นเคลวิน
 Q_a, Q_b = ค่าคงที่ในการส่งถ่ายความร้อนของโลหะสองชนิด



รูปที่ 2.2 วงจรไฟฟ้าความร้อนพื้นฐาน

จากสมการที่ (1) เป็นการอธิบาย “ผลของซีเบค” (Seebeck effect) ซึ่งแสดงว่า แรงเคลื่อนไฟฟ้า ที่กำเนิดขึ้นเป็นสัดส่วนกับความแตกต่างของอุณหภูมิ และความแตกต่างของค่าคงที่ในการส่งถ่ายความร้อนของโลหะ ดังนั้น ถ้าโลหะเป็นชนิดเดียวกัน แรงเคลื่อนไฟฟ้า ก็จะเป็นศูนย์ และในทำนองเดียวกันถ้าอุณหภูมิเท่ากัน แรงเคลื่อนไฟฟ้า ก็เท่ากับศูนย์เช่นกัน

ในทางปฏิบัติ พบว่าค่าคงที่ทั้ง Q_a และ Q_b ก่อนข้างจะไม่เกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ ดังนั้นความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่กำเนิดขึ้นกับความแตกต่างของอุณหภูมิจึงเป็นเชิงเส้น นั่นคือ

$$\text{emf} = Q(T_2 - T_1) \quad (2)$$

เมื่อ Q = ค่าคงที่มีหน่วยเป็น โวลท์/K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$T_1, T_2 =$ อุณหภูมิที่ขั้วต่อ มีหน่วยเป็นเคลวิน

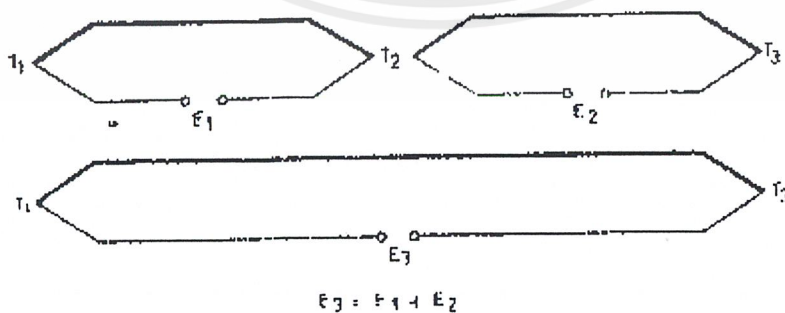
ในการนำไปใช้งาน อุปกรณ์ที่เหมาะสมจะถูกนำมาต่อรวมเพื่อชี้แสดง แรงเคลื่อนไฟฟ้า หรือการไหลของกระแส เพื่อความสะดวกในการวัดและเป็นมาตรฐานสากล ขั้วต่อข้างหนึ่งโดยปกติแล้วจะถูกรักษาไว้ที่อุณหภูมิที่เราทราบ แรงเคลื่อนไฟฟ้า ที่วัดได้จึงเป็นการแสดงอุณหภูมิที่แตกต่างไปจากอุณหภูมิอ้างอิงซึ่งในทางปฏิบัติจุดเยือกแข็ง (ice point) มักถูกใช้เป็นอุณหภูมิอ้างอิง

เป็นที่น่าสังเกตว่าอุณหภูมิ T_1 และ T_2 ของขั้วต่อ J_1 และ J_2 มีการเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยถ้าต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าจากภายนอก ทำให้มีการเสถียรไฟฟ้าไหลในลูป เนื่องจากความแตกต่างในคุณสมบัติของการส่งถ่ายความร้อนของโลหะทั้งสอง ทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่ขั้วต่อเย็น (cold junction) และเย็นลงที่ขั้วต่อร้อน (hot junction) ปรากฏการณ์เช่นนี้เราเรียกว่า “ผลของเพลเทียร์”

(Peltier effect) ผลของความร้อนและเย็นเหล่านี้จะเป็นสัดส่วนกับกระแสและมีขนาดเล็กมาก ซึ่งในทางปฏิบัติอยู่ในย่านมิลลิโวลต์ นอกจากนี้ แรงเคลื่อนไฟฟ้า ที่ขั้วต่ออาจมีการเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย ถ้าอุณหภูมิในเส้นลวดแต่ละเส้นหรือทั้งสองเส้นมีการเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อย อันนี้เป็นที่รู้จักในชื่อ “ผลของทอมสัน”(Thomson effect) อย่างไรก็ตาม ผลของทอมสันอาจถูกตัดทิ้งไปทางปฏิบัติและการวัดแรงเคลื่อนไฟฟ้าด้วยโพเทนชิโอมิเตอร์ไม่มีความไวกับความผิดพลาดอันนี้ ขณะที่ไม่กระแสไหลในวงจร

กฎของอุณหภูมิแทรก (Law of Intermediate temperature)

กฎนี้กล่าวว่า “ แรงเคลื่อนไฟฟ้า ที่กำเนิดขึ้นในเทอร์โมคัปเปิ้ลขณะที่ขั้วต่ออยู่ที่อุณหภูมิ T_1 และ T_3 จะเท่ากับผลรวมของ แรงเคลื่อนไฟฟ้า ที่กำเนิดขึ้นโดยเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิดเดียวกันสองตัว ซึ่งเทอร์คัปเปิ้ลตัวหนึ่งวัดอุณหภูมิระหว่าง T_1 และ T_2 และเทอร์โมคัปเปิ้ลอีกตัวหนึ่งวัดระหว่าง T_2 และ T_3 เมื่ออุณหภูมิ T_2 อยู่ระหว่าง T_1 และ T_3 ” ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 กฎของอุณหภูมิแทรก

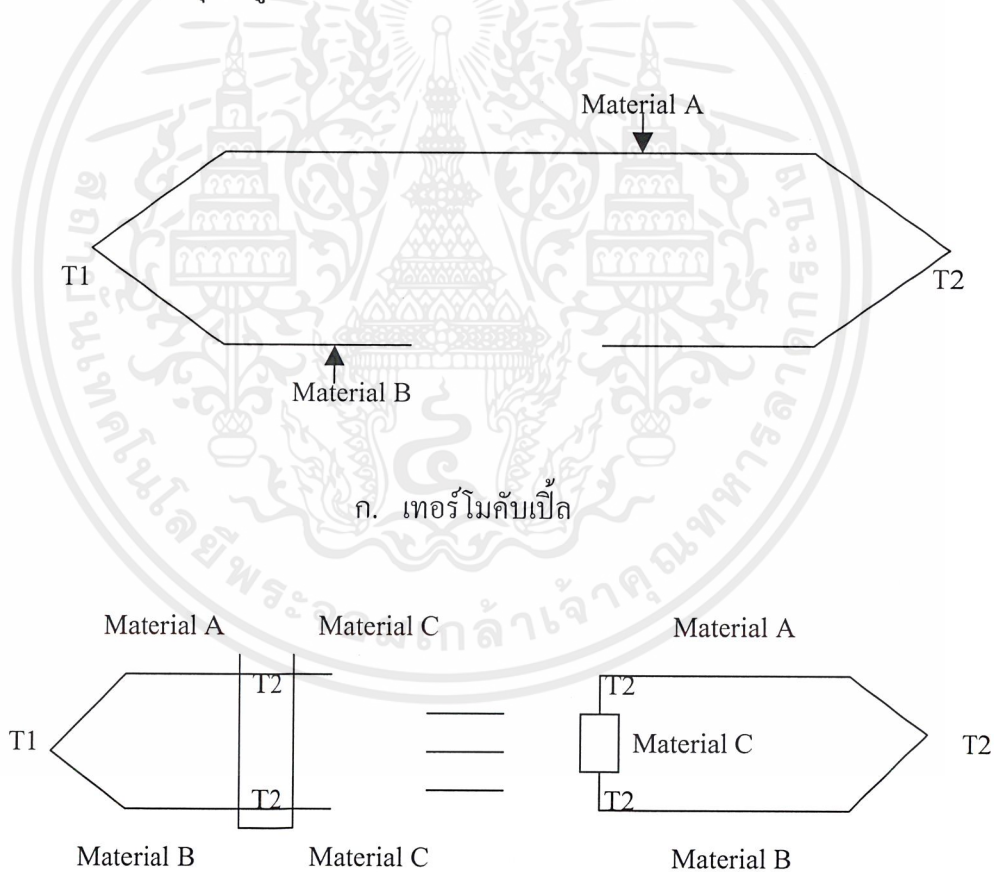
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กฎนี้มีประโยชน์ในทางปฏิบัติเป็นอย่างมากเพราะว่ามันช่วยแก้ปัญหาในกรณีที่อุณหภูมิของขั้วต่ออ้างอิง (ซึ่งโดยปกติอยู่ที่ 0 องศา) ไม่ได้อยู่ที่ 0 องศา ตัวอย่างเช่น เทอร์โมคัปเปิ้ลอันหนึ่ง ถูกทดสอบเทียบไว้สำหรับอุณหภูมิของขั้วต่ออ้างอิงอยู่ที่ 0 องศาแต่ถูกนำไปใช้ที่ 20 องศา ดังนั้นจำเป็นต้องแก้ไขด้วยการสังเกตแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นโดยเทอร์โมคัปเปิ้ลระหว่างอุณหภูมิ 0 องศา ถึง 20 องศา

กฎของโลหะแทรก (Law of Intermediate Metals)

รูปพื้นฐานของเทอร์โมคัปเปิ้ลจะประกอบด้วยลวดโลหะต่างชนิดกันสองเส้น A และ B ดังแสดงในรูปที่ 2.4 (ก) ถ้านำลวดเส้นที่สามมาต่อ ขั้วต่อสามขั้วจะถูกสร้างขึ้นมาดังแสดงในรูปที่

(ข) แรงเคลื่อนไฟฟ้า ที่กำเนิดขึ้นจะยังคงเหมือนเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลง ถ้าขั้วต่อสองขั้วอันใหม่คือ B-C และ C-A ที่อุณหภูมิ อันเดียวกัน

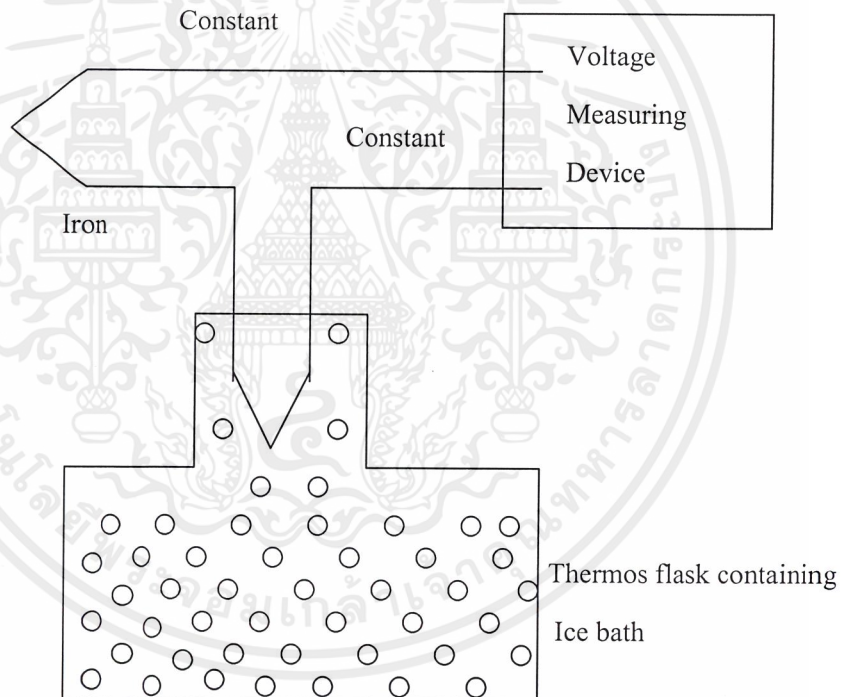


ข.เทอร์โมคัปเปิ้ลพร้อม โลหะอื่นที่คั่นอยู่ระหว่างกลาง

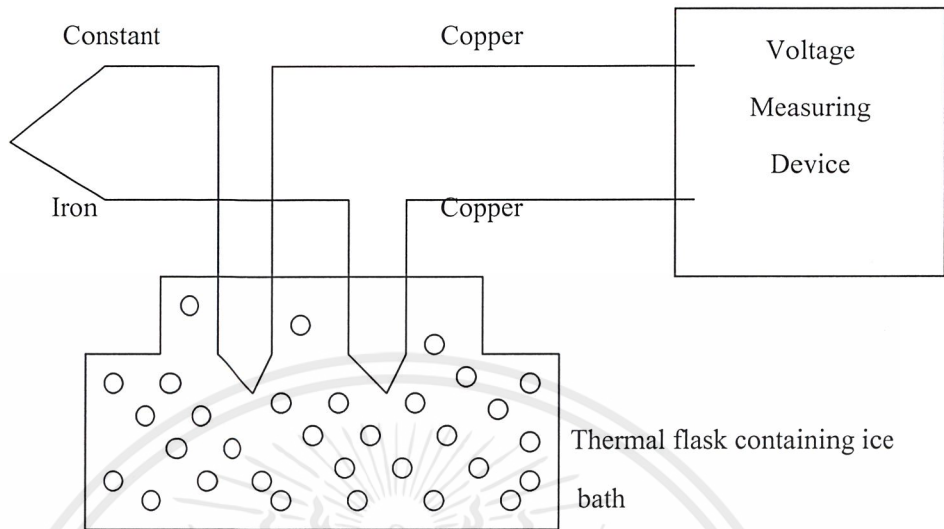
รูปที่ 2.4 กฎของโลหะแทรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นที่น่าสังเกตว่าการขยายสายต่อเป็นสิ่งจำเป็น เมื่ออุปกรณ์วัดถูกวางไว้ในระยะทางที่ห่างจากขั้วต่ออ้างอิง ความเที่ยงตรงจะเกิดขึ้นเมื่อสายต่อเป็นวัสดุชนิดเดียวกับลวดโลหะที่ใช้ทำเทอร์โมคัปเปิ้ลดังแสดงในรูปที่ 2.4 (ก) อย่างไรก็ตาม การปฏิบัติเช่นนี้ไม่เป็นการประหยัดเพราะว่าวัสดุเทอร์โมคัปเปิ้ลมีราคาแพง ยิ่งไปกว่านั้น ความไม่เที่ยงตรงเล็ก ๆ น้อย ๆ ก็ยังคงมีอยู่ ถ้าหลักยึดอุปกรณ์ (binding post) ทำด้วยทองแดงและหลักยึดทั้งสองอยู่ที่อุณหภูมิต่างกัน ด้วยเหตุนี้จึงนิยมใช้ใช้ระบบที่แสดงในรูปที่ 2.4(ข) โดยให้ขั้วต่อทองแดง-เหล็กและขั้วต่อทองแดง-คอนสแตนแตนอยู่ในขั้วเดียวกัน โป่งที่อุณหภูมิ 0 องศาและมีหลักยึดทำด้วยทองแดง ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าการทำงานของเทอร์โมคัปเปิ้ลมีความเที่ยงตรงสูงสุด



(ก) เทอร์โมคัปเปิ้ลที่ไม่มีการต่อสายต่อ



(จ) วิธีการสร้างอุณหภูมิอ้างอิงแบบธรรมดาพร้อมกับการเพิ่มสายต่อทองแดง

รูปที่ 2.5 วงจรเทอร์โมคัปเปิ้ลที่มีและไม่มีสายต่อ
ในวงจรเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิดเหล็ก-คอนสแตนตัน

วัสดุและชนิดของเทอร์โมคัปเปิ้ล

การเลือกวัสดุเทอร์โมคัปเปิ้ล ถูกกำหนดโดยปัจจัยต่างๆดังต่อไปนี้

- ความสามารถทนทานต่ออุณหภูมิที่ต้องการวัด
- ปลอดภัยจากสิ่งสกปรกโสโครกและการ oxidation ซึ่งทำให้เน้นใจในการรักษาคุณสมบัติไฟฟ้า ความร้อนได้เที่ยงตรงตลอดอายุการใช้งาน
- มีคุณสมบัติที่เป็นเชิงเส้น

โครงสร้างมาตรฐานของเทอร์โมคัปเปิ้ลที่ใช้โลหะพิเศษหรือการผสมโลหะ ได้ถูกนำมาใช้และได้มีการกำหนดชื่อเป็นตัวอักษรดังตัวอย่างที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 เทอร์โมคัปเปิ้ลแต่ละชนิดจะมีลักษณะพิเศษของมันเอง ดังเช่น ย่านการวัด ความเป็นเชิงเส้น การไม่ทำ ปฏิกิริยากับสิ่งแวดล้อมที่เป็นอันตราย ความไว และอื่น ๆ ซึ่งจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงาน นอกจากนี้ในแต่ละชนิดก็จะมีขนาดของตัวนำหลายๆ ขนาดให้เลือกใช้ สามารถสังเกตเห็นลักษณะพิเศษที่สำคัญหลายๆอย่าง จากกราฟแรงดันไฟฟ้ากับอุณหภูมิอ้างอิงอยู่ที่ 0 องศา

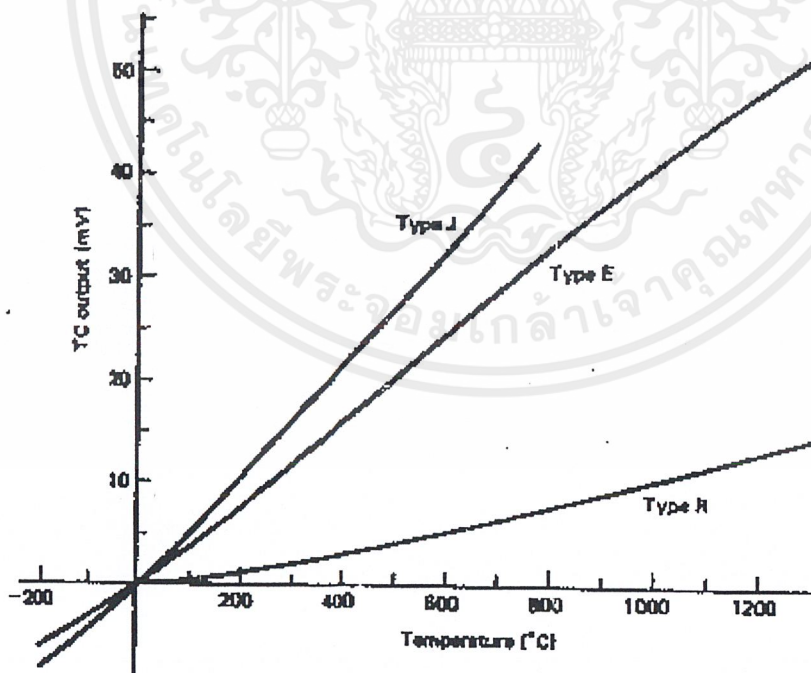
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 เทอร์โมคัปเบิลมาตรฐาน

| ชนิด | วัสดุ | ย่านการวัด |
|------|---------------------------------------|--------------------|
| J | Iron – Constantan | -190 ถึง 760 องศา |
| T | Copper – Constantan | -200 ถึง 371 องศา |
| K | Chromel – Alumel | -190 ถึง 1260 องศา |
| E | Chromel – Constantan | -100 ถึง 1260 องศา |
| S | 90% Platinum + 10% Rhodium – Platinum | 0 ถึง 1482 องศา |
| R | 87% Platinum + 13% Rhodium – Platinum | 0 ถึง 1482 องศา |

หมายเหตุ Constantan ,Chromel และ Alumel เป็นชื่อของโลหะผสมที่เรียนกันในทางการค้า

เมื่อ Constantan = Copper/Nickel, Chromel = Nickel/Chromium Alumel =
Nickel/Aluminium



รูปที่ 2.6 กราฟแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิ ขณะที่อุณหภูมิอ้างอิงอยู่ที่ 0 องศา

แสดงความแตกต่างของความไวและความไม่เป็นเชิงเส้นของเทอร์โมคัปเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการสงวนสิทธิ์ในชื่อการค้าเท่านั้น มิใช่ผู้ให้คำแนะนำหรือข้อเสนอแนะด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางและกราฟข้างต้นจะพบว่า ประการแรก เทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด J และ E ก่อนข้างจะมีความชันมาก นั่นคือ มันมีความไวสูงทำให้การวัดทำได้ง่าย ส่วนเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด R มีความชันน้อยมาก ทำให้ความไวต่ำแต่มันมีข้อดีที่ย่านการวัดอุณหภูมิของมันกว้างมากทำให้มันสามารถวัดอุณหภูมิได้สูงและมันเป็นวัสดุที่เฉื่อยมาก(ไม่ทำปฏิกิริยากับสิ่งแวดล้อม) ลักษณะพิเศษประการที่สองคือ จะพบว่าความสัมพันธ์เหล่านี้ไม่เป็นเส้นตรงทีเดียว อย่างไรก็ตามได้ทำการสรุปรวบรวมเป็นตารางแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิขึ้นสำหรับเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิดต่างๆ

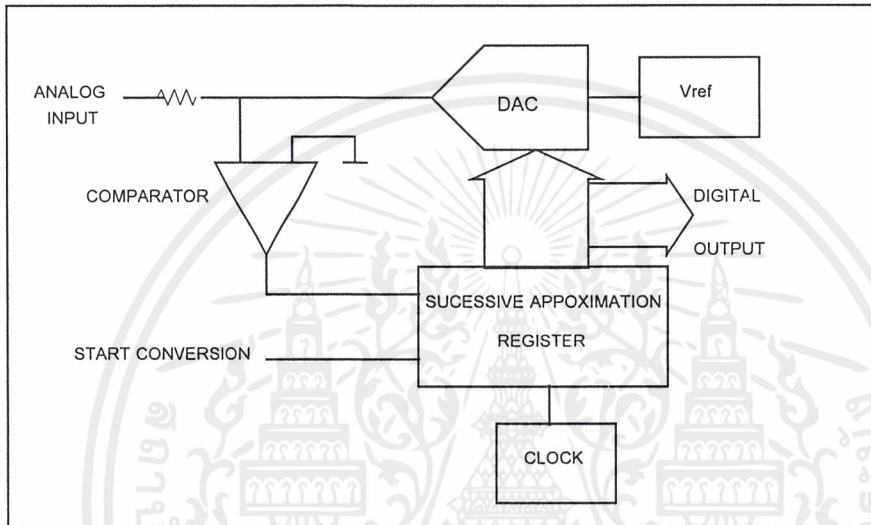
ตารางที่ 2.2 Thermoelectric emf and thermopowers of various metals and standard thermocouple alloy at 200C relative to platinum at 0C

| Element | $^{\wedge}V_r(mV)$ | Ps($\mu V/K$) | Element | $^{\wedge}V_r(mV)$ | Ps($\mu V/K$) |
|------------|--------------------|-----------------|------------|--------------------|-----------------|
| Antimony | +10.14 | +50.7 | Pt-10% Rh | +1.44 | +7.20 |
| Chromel | +5.96 | +29.8 | Aluminium | +1.60 | +5.30 |
| Iron | +3.54 | +17.7 | Tantalum | +0.93 | +4.65 |
| Molybdenum | +3.19 | +16.0 | Platinum | 0.00 | 0.00 |
| Tungsten | +2.62 | +13.1 | Calcium | -0.51 | -2.55 |
| Gold | +1.84 | +9.20 | Palladium | -1.23 | -6.15 |
| Copper | +1.83 | +9.15 | Alumel | -2.17 | -10.85 |
| Silver | +1.77 | +8.85 | Cobalt | -3.08 | -15.40 |
| Rhodium | +1.61 | +8.05 | Nickel | -3.10 | -15.50 |
| Cadmium | +2.35 | +11.8 | Bismuth | -13.57 | -67.85 |
| Pt-13%Rh | +1.47 | +7.35 | Constantan | -7.45 | -37.25 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 อุปกรณ์แปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล (ADC)แบบ Successive Approximation

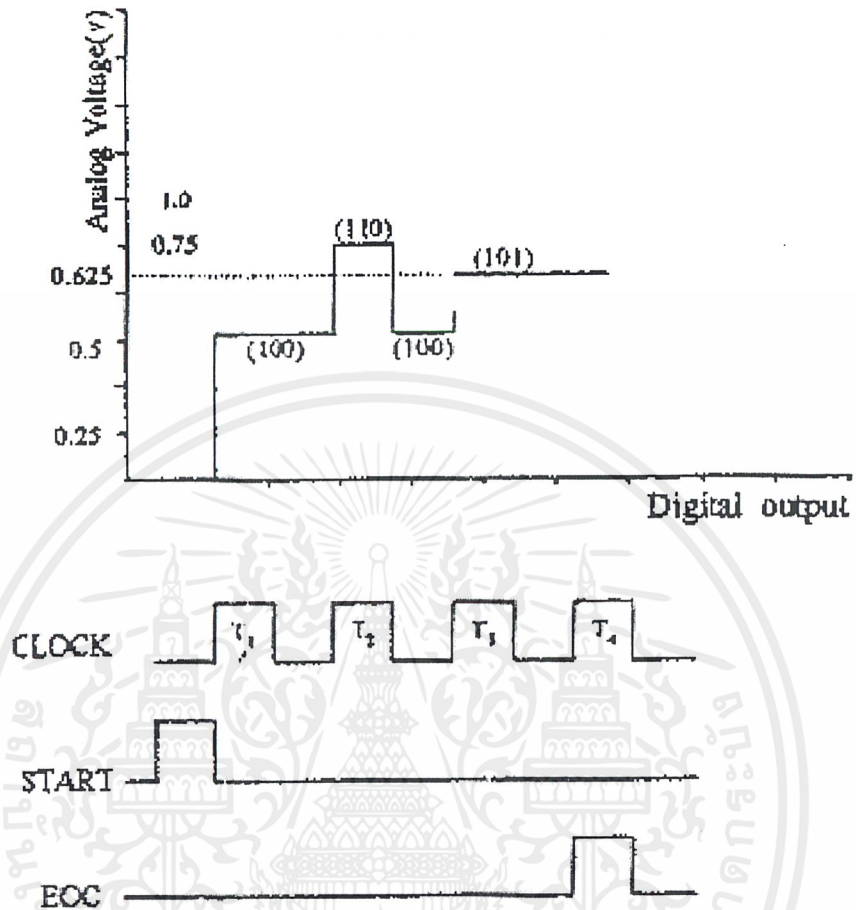
Successive Approximation ADC เป็นวงจร ADC ชนิดหนึ่งที่ได้รับคามนิยมในงานประยุกต์ที่ต้องการความเร็วปานกลางและค่อนข้างสูง ลักษณะการทำงานจะเป็นการป้อนกลับ ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.7 แสดง Function ต่างๆ ใน ADC ชนิดนี้ คอมพาราเตอร์จะคอยเปรียบเทียบเอาต์พุตจาก DAC กับอนาลอกอินพุต V_{in} เอาต์พุตจะไปควบคุม Successive Approximation register



รูปที่ 2.7 บล็อกไดอะแกรมของ Successive Approximation ADC

(SAR) ซึ่งเป็นไอซี MSI (Medium Scale Integrated Circuit) ที่ได้รับการออกแบบเป็นพิเศษเพื่อทำหน้าที่นี้โดยเฉพาะ

ในรูปที่ 2.8 แสดง Timing Diagram ADC ที่มีระดับของอนาลอก $0.625V$ เมื่อ Clock เข้าไป 1 ลูกจะทำให้ MSB (most significant bit) (บิต 4) เป็น 1 ทุกบิตอื่นยังคงเป็นศูนย์ DAC จะเปลี่ยนเอาต์พุตของ SAR เป็นอนาลอกเปรียบเทียบกับสัญญาณอนาลอกอินพุต ถ้าผลการเปรียบเทียบที่คอมพาราเตอร์บอกว่าน้อยกว่าอินพุตก็ให้บิตนั้นเป็น 1 ไว้ แต่ถ้ามากกว่าให้บิตนั้นเป็น 0 จากนั้นทำการทดสอบบิตถัดไปโดยทำให้เป็น 1 หากผลรวมของสองบิตหรือบิตหลังมากกว่าก็ทำให้บิตนั้นเป็น 0 แต่ถ้าน้อยกว่าให้คง 1 ไว้ แล้วทดสอบบิตถัดไปตามกรรมวิธีดังกล่าวจนครบทุกบิตหรือจนกว่าเอาต์พุตจะต่างจาก V_{in} ไม่เกิน 1 LSB



รูปที่ 2.8 Timing Diagram ของ SAR

การทำงานของ ADC แบบนี้เปรียบเทียบกับได้กับการใช้งานตาชั่งสองแขน เมื่อวัตถุที่ต้องการทราบน้ำหนักเสมือนเป็นอินพุตของ ADC และ OUTPUT ที่เป็นดิจิตอลบิต เสมือนเป็นตุ้มน้ำหนักมาตรฐานที่จะวางบนจานอีกข้างหนึ่งเมื่อตาชั่งยังไม่สมดุล จะต้องมีการปรับตุ้มน้ำหนักมาตรฐานจนกว่าจะเกิดสมดุล ในรูปที่ 2.8 คอมพาราทอร์จะเป็นตัวตรวจสอบการสมดุลดังกล่าว และ SAR จะทำหน้าที่ปรับแต่งดิจิตอลบิต (ตุ้มน้ำหนักมาตรฐาน)

มีข้อจำกัดประการหนึ่งสำหรับการ Conversion คือสัญญาณอนาลอกอินพุต จะต้องคงที่ในช่วงเวลาที่ทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ โดยเปลี่ยนไม่เกิน $\frac{1}{2}$ LBS ในช่วงสุดท้ายของการเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเอาต์พุตจะออกมาขนาดกันทุกบิต แต่บางแบบจะให้เอาต์พุตออกมาในลักษณะอนุกรม วงจร ADC แบบนี้สามารถทำงานได้สองโหมด คือ โหมดที่ทำงานโดยอิสระ (Free run) และโหมดที่รอคำสั่ง start conversion จากภายนอก เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนสัญญาณใช้ $(n+1)$ ลูกพัลส์ clock โดย clock ลูกแรกจะใช้ในการรีเซ็ตรีจิสเตอร์ภายใน สุดท้าย คุณภาพของระบบจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของ DAC ในระบบเป็นอย่างยิ่ง

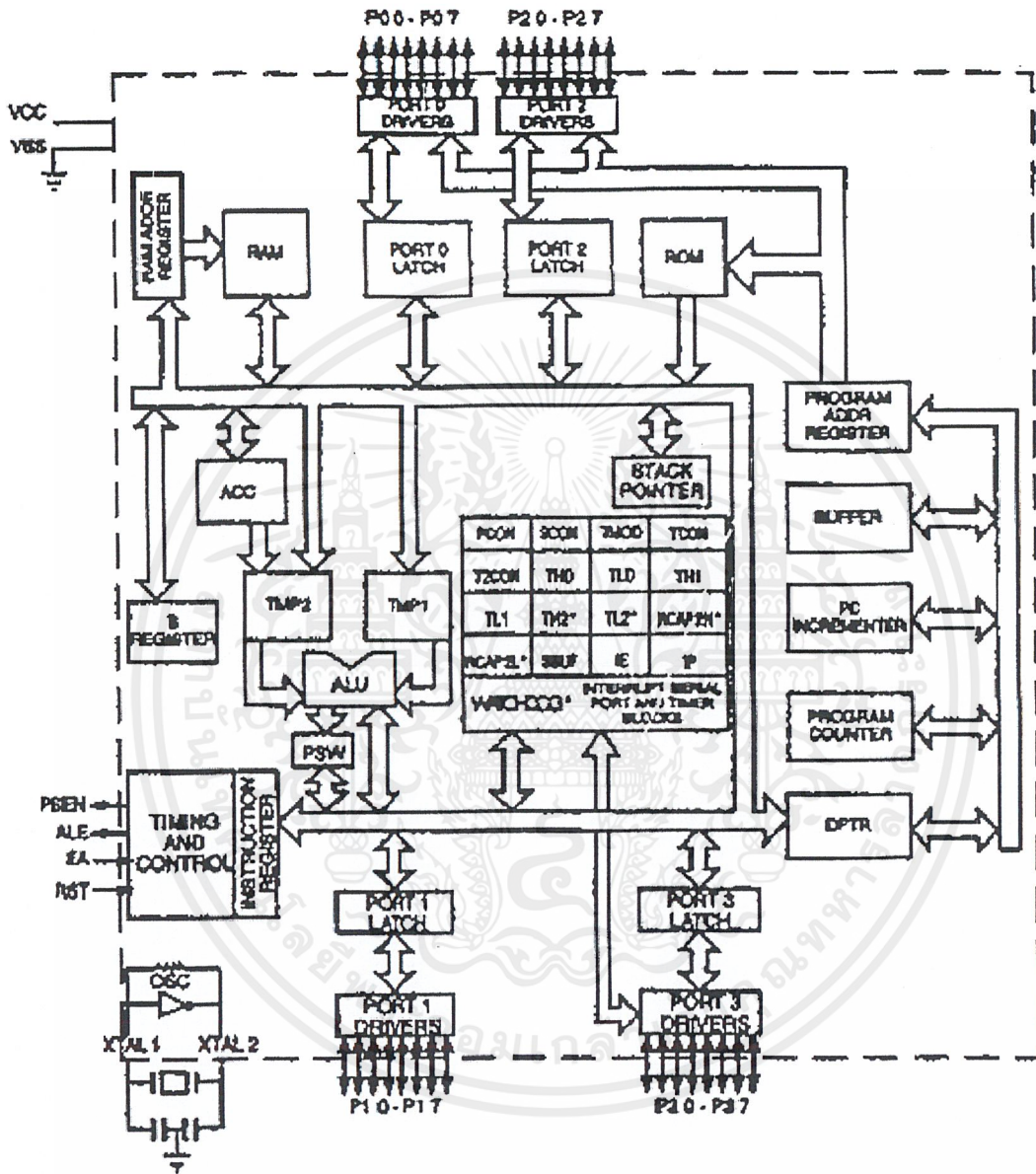
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 ทฤษฎีไมโครโพรเซสเซอร์ MSC-51

2.5.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51

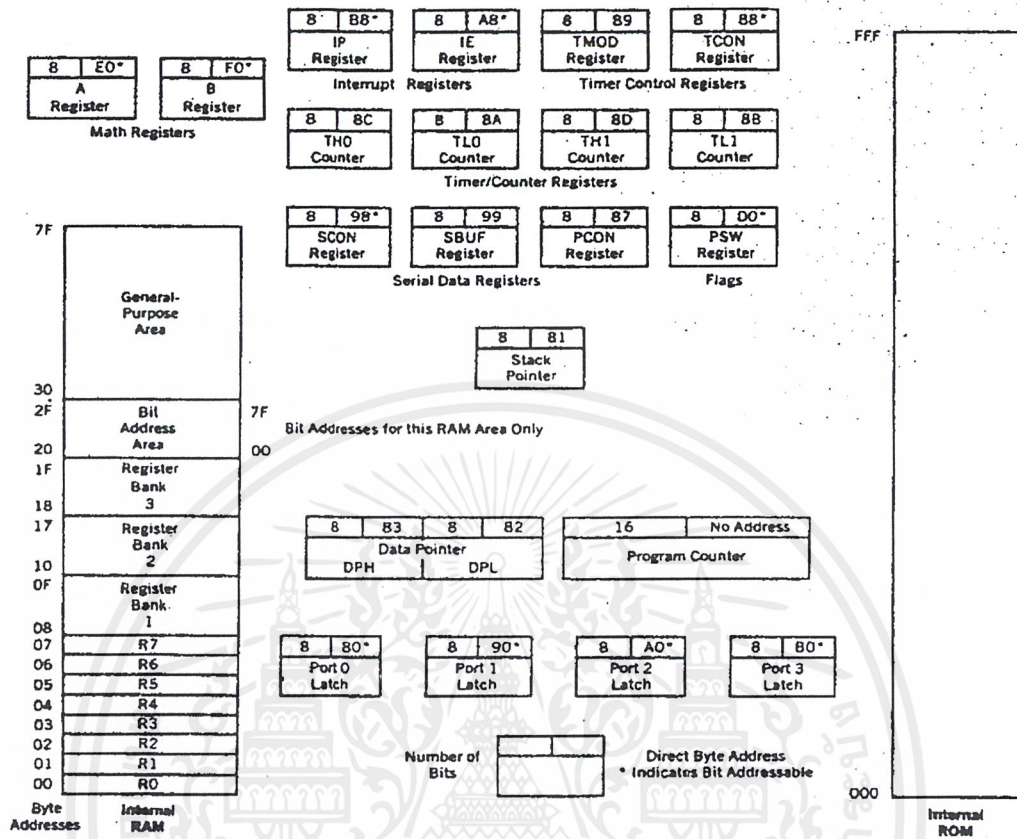
- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต
- มีวงจรรอสวิตช์และวงจรมติตัญญาณนาฬิกาภายในไอซี
- มีขาสัญญาณอินพุตเอาต์พุตจำนวน 32 บิต
- สามารถเชื่อมต่อนหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (external data memory) โดยอ้างตำแหน่งแอดเดรสได้ถึง 64 K
- มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัว (on-chip program memory) ขนาด 4 K โดยเฉพาะเบอร์ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 8 K สำหรับเบอร์ 8031 และ M8032 จะไม่มีหน่วยความจำนี้
- มีหน่วยความจำข้อมูลภายในตัว (on-chip data memory) ขนาด 128 ไบต์ โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 256 ไบต์
- หน่วยความจำข้อมูลภายในบางส่วนสามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ด้วย ทำให้การควบคุมหรือการตรวจสอบสถานะบิตทำได้ง่ายส่งผลให้การเขียนโปรแกรมทำได้ง่ายมากขึ้น
- มีไทเมอร์/เคาน์เตอร์ (Timer and Counter) ขนาด 16 บิตจำนวน 2 ตัว โดยเฉพาะเบอร์ 8032 หรือ 8052 จะมีจำนวน 3 ตัว
- การอินเตอร์รัปต์สามารถทำได้จาก 5 แหล่งกำเนิด โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะทำการอินเตอร์รัปต์ได้จาก 6 แหล่งกำเนิด โดยการอินเตอร์รัปต์ยังสามารถจัดระดับความสำคัญได้เป็น 2 ระดับ
- มีพอร์ตสื่อสารอนุกรมภายในตัวเอง ซึ่งทำงานเป็นแบบฟูลดูเพล็กซ์ (full duplex)
- มีคำสั่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และทางตรรกศาสตร์
- คำสั่งโดยส่วนใหญใช้เวลาการทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 12 MHz
- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ เพียงชุดเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ก. Block Diagram ของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 ข. แนวคิดการโปรแกรม MCS-51

ตารางที่ 2.3 แสดงคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ในตระกูล MCS-51

| ชื่อเบอร์ | หน่วยความจำ ภายใน | | จำนวนไทมเมอร์ / เคนน์เตอร์ | จำนวนอินเตอร์รัปต์ |
|-----------|-------------------|------------|----------------------------|--------------------|
| | เก็บโปรแกรม | เก็บข้อมูล | | |
| 8052AH | 8K × 8 ROM | 256 × 8RAM | 3 × 16 Bit | 6 |
| 8051AH | 4K × 8 ROM | 128 × 8RAM | 2 × 16 Bit | 5 |
| 8051 | 4K × 8 ROM | 128 × 8RAM | 2 × 16 Bit | 5 |
| 8032AH | ไม่มี | 256 × 8RAM | 3 × 16 Bit | 6 |
| 8031AH | ไม่มี | 128 × 8RAM | 2 × 16 Bit | 5 |
| 8031 | ไม่มี | 128 × 8RAM | 2 × 16 Bit | 5 |
| 8751H | 4K × 8 EPROM | 128 × 8RAM | 2 × 16 Bit | 5 |
| 8751H-12 | 4K × 8 EPROM | 128 × 8RAM | 2 × 16 Bit | 5 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานำไปใช้โดยไม่อนุญาตให้ทำซ้ำโดยไม่ได้รับอนุญาตจากบริษัท

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 โครงสร้างภายนอกของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาพื้นฐานที่เหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.10 สำหรับหน้าที่การใช้งานของแต่ละมีดังนี้

- ขา Vcc เป็นขาป้อนแรงดันไฟเลี้ยง + 5 โวลต์
- ขา Vss เป็นขากาวัด
- ขาพอร์ต 0 (Port 0) มีขา 8 ขา ได้แก่ขา P0.0 - P0.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้ขาพอร์ตเหล่านั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย ซึ่งในสถานะนี้เองที่สามารถนำมาใช้เป็นพอร์ตอินพุตอิมพีแดนซ์สูงได้ นอกจากนี้พอร์ตนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (A0 - A7) ซึ่งจะใช้งานเป็นแบบมัลติเพล็กซ์กับการรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิต (D0 - D7)
- ขาพอร์ต 1 (Port 1) มี 8 ขา ได้แก่ขา P1.0 - P1.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุตพอร์ต นอกจากนี้สำหรับเบอร์ 8032 และ 8052 ขาพอร์ต P1.0 และ P1.1 จะถูกนำมาใช้งานเป็นขา T2 และ T2EX ตามลำดับ
- ขาพอร์ต 2 (Port 2) มี 8 ขา ได้แก่ขา P2.0 - P2.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต แล้วมันยังถูกใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์สูง (A8 - A15)
- ขาพอร์ต 3 (Port 3) มี 8 ขา ได้แก่ขา P3.0 - P3.7 เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทางสำหรับใช้งานทั่วไปโดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากนี้พอร์ตนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในหน้าที่พิเศษต่างๆ ดังแสดงในตารางที่

2.4

ตารางที่ 2.4 แสดงขาของพอร์ต P3

| ขาพอร์ต | หน้าที่พิเศษ |
|---------|--|
| P3.0 | RXD (serial input port) |
| P3.1 | TXD (serial output port) |
| P3.2 | $\overline{\text{INT0}}$ (external interrupt 0) |
| P3.3 | $\overline{\text{INT1}}$ (external interrupt 1) |
| P3.4 | T0 (Timer 0 external input) |
| P3.5 | T1 (Timer 1 external input) |
| P3.6 | $\overline{\text{WR}}$ (external data memory write strobe) |
| P3.7 | $\overline{\text{RD}}$ (external data memory read strobe) |

- ขารีสต (RST) ใช้สำหรับการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการรีเซ็ตต้องคงสถานะเป็น 1 อย่างน้อยนาน 2 แมกซีนไซเคิล ในขณะที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่
- ขา ALE/PROG เป็นขาสัญญาณเพื่อนทำหน้าที่ควบคุมการแลตช์ (latch) ค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ (Address Latch Enable) เมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก นอกจากนี้ขานี้ยังทำหน้าที่เป็นอินพุตรับพัลส์ในการ โปแกรม (Programe pulse input) ในส่วนของหน่วยความจำ EPROM สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MSC-51 ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในเป็น EPROM
- ขา RSEN (Program store Enable) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณสโตรบเพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสโตรบจำนวน 2 ครั้งในแต่ละแมกซีนไซเคิล แต่ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะไม่มี การส่งสัญญาณสโตรบแต่อย่างใด
- ขา EA/VPP (External Access enable/VPP)เป็นขาสำหรับการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมจากภายในหรือจากภายนอก โดยมีสถานะเป็น 0 จะหมายถึงให้ไปคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกที่ตำแหน่งแอดเดรส 0 -OFFFH (0 – 1FFFH ถ้าเป็นเบอร์ 8052) อย่างไรก็ตามถ้าบิตป้องกัน (security bit) ในหน่วยความจำ EPROM ถูกโปรแกรมไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกเลย นอกจากนี้ขานี้ยังทำหน้าที่รับแรงดันไฟสำหรับการโปแกรม (Vpp) ขนาด 21 โวลต์ เพื่อใช้ในระหว่างการโปแกรม EPROM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | |
|---------------------------------|----|------------|-----------|----|--|
| Port 1 Bit 0 | 1 | P1.0 | Vcc | 40 | +5V |
| Port 1 Bit 1 | 2 | P1.1 | (AD0)P0.0 | 39 | Port 0 Bit 0 (Address/Data 0) |
| Port 1 Bit 2 | 3 | P1.2 | (AD1)P0.1 | 38 | Port 0 Bit 1 (Address/Data 1) |
| Port 1 Bit 3 | 4 | P1.3 | (AD2)P0.2 | 37 | Port 0 Bit 2 (Address/Data 2) |
| Port 1 Bit 4 | 5 | P1.4 | (AD3)P0.3 | 36 | Port 0 Bit 3 (Address/Data 3) |
| Port 1 Bit 5 | 6 | P1.5 | (AD4)P0.4 | 35 | Port 0 Bit 4 (Address/Data 4) |
| Port 1 Bit 6 | 7 | P1.6 | (AD5)P0.5 | 34 | Port 0 Bit 5 (Address/Data 5) |
| Port 1 Bit 7 | 8 | P1.7 | (AD6)P0.6 | 33 | Port 0 Bit 6 (Address/Data 6) |
| Reset Input | 9 | RST | (AD7)P0.7 | 32 | Port 0 Bit 7 (Address/Data 7) |
| Port 3 Bit 0 (Receive Data) | 10 | P3.0(RXD) | (Vpp)/EA | 31 | External Enable (EPROM Programming Voltage) |
| Port 3 Bit 1 (XMIT Data) | 11 | P3.1(TXD) | (PROG)ALE | 30 | Address Latch Enable (EPROM Program Pulse) |
| Port 3 Bit 2 (Interrupt 0) | 12 | P3.2(INT0) | PSEN | 29 | Program Store Enable |
| Port 3 Bit 3 (Interrupt 1) | 13 | P3.3(INT1) | (A15)P2.7 | 28 | Port 2 Bit 7 (Address 15) |
| Port 3 Bit 4 (Timer 0 Input) | 14 | P3.4(T0) | (A14)P2.6 | 27 | Port 2 Bit 6 (Address 14) |
| Port 3 Bit 5 (Timer 1 Input) | 15 | P3.5(T1) | (A13)P2.5 | 26 | Port 2 Bit 5 (Address 13) |
| Port 3 Bit 6 (Write Strobe) | 16 | P3.6(WR) | (A12)P2.4 | 25 | Port 2 Bit 4 (Address 12) |
| Port 3 Bit 7 (Read Strobe) | 17 | P3.7(RD) | (A11)P2.3 | 24 | Port 2 Bit 3 (Address 11) |
| Crystal Input 2 | 18 | XTAL2 | (A10)P2.2 | 23 | Port 2 Bit 2 (Address 10) |
| Crystal Input 1 | 19 | XTAL1 | (A9)P2.1 | 22 | Port 2 Bit 1 (Address 9) |
| Ground | 20 | Vss | (A8)P2.0 | 21 | Port 2 Bit 0 (Address 8) |

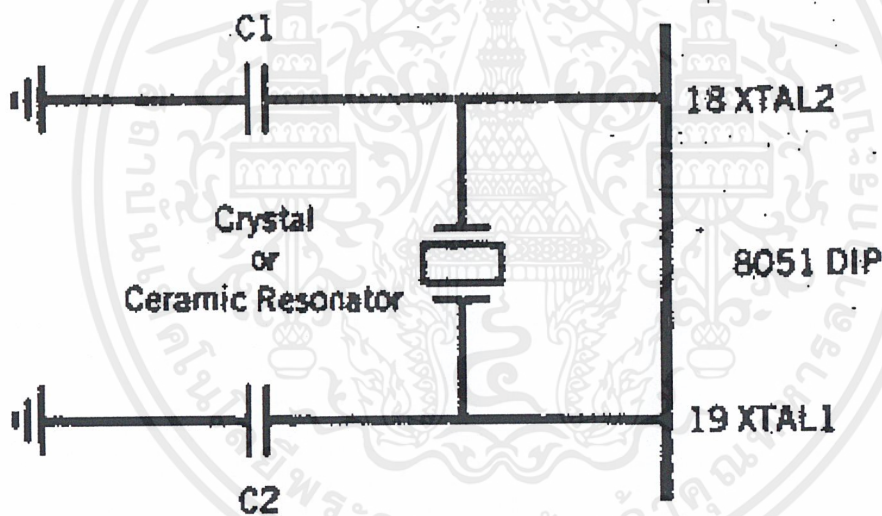
รูปที่ 2.10 ขาของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.3 ออสซิลเลเตอร์ และสัญญาณนาฬิกาของ MSC-51

หัวใจของ MSC-51 คือวงจรกำเนิดพัลส์นาฬิกา ซึ่งเกิดพร้อมกับการทำงานภายในของ MSC-51 ขา XTAL1 , XTAL2 ต่อกับวงจรรีโซแนนซ์ที่เป็นออสซิลเลเตอร์ เช่น ใช้Crystal และตัวเก็บประจุ ดังรูปที่ 2.11 ความถี่คริสตอลเป็นความถี่นาฬิกาภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ ผู้ผลิต MSC-51 ออกแบบให้ทำงานที่ความถี่สูงสุดและต่ำสุด เช่น 1MHz – 16 MHz ความถี่ต่ำสุดเป็นตัวบอกว่าความจำภายในอยู่ในภาวะไดนามิกเบะต้องทำงานเหนือความถี่สูงสุดเสมอ มิฉะนั้นข้อมูลจะสูญหาย

การสื่อสารจำเป็นต้องบอกความถี่ออสซิลเลเตอร์ เนื่องจากความต้องการให้เคาน์เตอร์ภายในคำนวณอัตรานาฬิกาให้เป็น Baud rate มาตรฐานถ้าความถี่นาฬิกาหารแล้วเหลือเศษความถี่การสื่อสารจะไม่มาตรฐาน

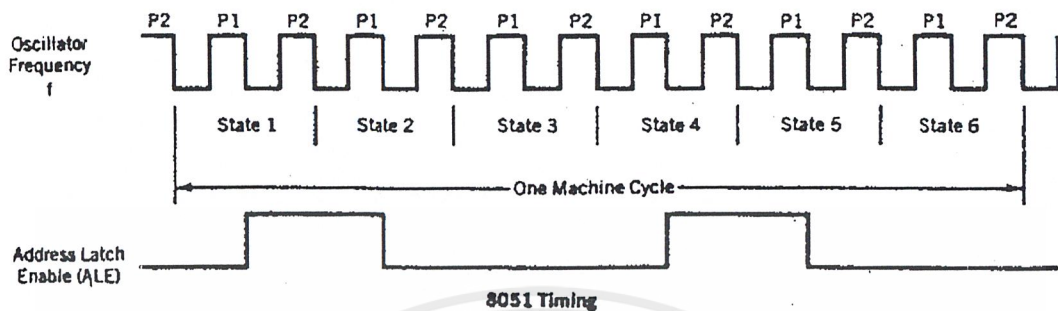


รูป 2.11 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์และเวลา

เซรามิกรีโซแนนซ์ทอาจถูกนำมาใช้เพราะมีราคาต่ำแต่เหตุนีรภาพทางความถี่จะลดลงและความอ่อนอนไม่ดี ถ้าเป็นการสื่อสารอนุกรมด้วยความเร็วสูงก็อาจเกิดภาวะวิกฤติขึ้นได้ ออสซิลเลเตอร์เป็นคริสตัล ตัวเก็บประจุและอินเวอร์เตอร์บนชิพ จะสร้างขบวนพัลส์ที่ความถี่คริสตัล ดังรูป 2.12

ควาถี่นาฬิกาต้องมีช่วงเวลาของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่น้อยที่สุดเรียกว่า ช่วงเวลาพัลส์ ช่วงเวลาที่น้อยที่สุดที่สามารถทำคำสั่งง่ายๆ หรือซับซ้อน เรียกว่า Machine cycle ซึ่งประกอบด้วย 6 สถานะ แต่ละสถานะเป็นช่วงเวลาสำหรับการทำงานที่แยกจากกันของไมโครคอนโทรลเลอร์ เช่น เฟทซ์คำสั่ง ทำคำสั่ง หรือเขียนข้อมูล แต่ละสถานะมี 2 พัลส์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 สัญญาณคาบเวลาของการผลิตความถี่ออสซิลเลเตอร์

โปรแกรมคำสั่งอาจเป็น 1, 2 หรือ 4 Machine cycle ขึ้นอยู่กับชนิดคำสั่ง คำสั่งจะถูกเฟลช และทำโดยไมโครคอนโทรลเลอร์แบบอัตโนมัติ โดยเริ่มต้นด้วยตำแหน่งคำสั่งที่รวม ตำแหน่ง 0000 h ที่เวลาการเกิดรีเซตครั้งแรก การหาเวลาที่คำสั่งจะทำได้โดยการหาจำนวน Cycle เวลาที่ทำคำสั่งได้จาก $(C \cdot 12) / (\text{ความถี่คริสตัล})$

2.5.4 ความจำภายใน

คอมพิวเตอร์จะต้องมีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมโค้ด (ในรอม) และในแรมสำหรับข้อมูลที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ ด้วยการทำงานของโปรแกรม MSC-51 มีแรมและรอมภายใน สำหรับหน้าที่เหล่านี้ ความจำที่เพิ่มเข้าสามารถเพิ่มโดยวงจรที่เหมาะสม การออกแบบของ Von Neumann จะใช้แอดเดรสของความจำ 1 ตัวสำหรับโปรแกรมโค้ดหรือข้อมูล วงจรภายในที่เข้าถึงความจำจะขึ้นอยู่กับการทำงาน

แรมภายใน

แรมภายในมี 128 ไบต์ รายละเอียดในรูปที่ 2.13 ซึ่งมีพื้นที่ต่างกันอยู่ 3 ส่วนคือ

1. 32 ไบต์จากแอดเดรส 00h ถึง 1Fh ซึ่งใช้รีจิสเตอร์ 32 ตัวหรือ 4 แบนด์ แบนด์นี้มีหมายเลขคือ 0 ถึง 3 แต่ละแบนด์ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ที่มีชื่อ R0 ถึง R7 แต่ละรีจิสเตอร์สามารถแอดเดรสได้ด้วยชื่อหรือโดยแอดเดรสของแรม ดังนั้น R0 ของแบนด์ 3 คือ R0 (ถ้าแบนด์ 3 ถูกเลือก)หรือแอดเดรส 18h (ไม่ว่าแบนด์ 3 ถูกเลือกหรือไม่) บิต RS0 และ RS1 ใน PSW จะกำหนดว่าจะใช้แบนด์ไหน เมื่อโปรแกรมทำงานแบนด์ที่ถูกเลือก สามารถใช้เป็นแรมทั่วๆไป เมื่อมีการรีเซตจะเป็นการเลือกแบนด์ 0
2. พื้นที่ที่แอดเดรสบิตได้มีอยู่ 16 ไบต์ ในแรมที่แอดเดรส 20 h ถึง 2Fh มีทั้งหมด 128 บิต บิตที่แอดเดรสได้อาจจะเจาะจงโดยแอดเดรสของบิตจาก 00h ถึง 7Fh หรือ 8 บิตทอจรวมเป็นแอดเดรส

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์หรือทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หากมีการนำเอกสารนี้ไปใช้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางมหาวิทยาลัยฯ ถือว่าผิดกฎหมาย

แอดเดรสได้มีประโยชน์เมื่อโปรแกรมต้องการจำเพาะฐานสองเท่านั้นแรมภายในที่เป็นแบบนี้มีไม่มากนัก

- พื้นที่ใช้แรมใช้งานทั่วไปอยู่เหนือพื้นที่ที่แอดเดรสบิทได้จาก 30h ถึง 7Fh

สแตคและสแตคพอยต์เตอร์

สแตคเป็นพื้นที่ของแรมภายในที่เก็บข้อมูลและส่งออกอย่างรวดเร็ว SSP บิทของ MSC-51 ใช้เก็บแอดเดรสของแรมภายใน โดยเป็นแอดเดรสสุดท้ายของการทำงานบนสแตค เมื่อข้อมูลเก็บบนสแตค SP จะเพิ่มค่าก่อนเก็บข้อมูล เมื่อข้อมูลออกจากสแตค ข้อมูลจะถูกอ่านก่อน และ SP จะลดค่าลงเพื่อให้ข้อมูลสามารถถูกเก็บได้ การทำงานของสแตคและ SP แสดงในรูปแบบ SP เซตที่ 07h เมื่อ MSC-51 รีเซตและสามารถเปลี่ยนแอดเดรสได้โดยโปรแกรมเมอร์ สแตคถูกจำกัดด้วยขนาดของแรมภายใน ถ้าโปรแกรมเมอร์ไม่ระวังสแตคอาจเก็บข้อมูลเกินพื้นที่เกินขอบเขตที่กำหนดไว้ก่อน โดยปกติสแตคจะอยู่ส่วนบนของแรมภายใน โดยเลือกจำนวนที่อยู่บน SP เพื่อเลี่ยงการเกินขอบเขตของแรมภายใน

รีจิสเตอร์ทำหน้าที่พิเศษ (SFR)

การทำงานของ MSC-51 จะไม่ใช่แรมภายใน 128 ไบต์ ตำแหน่งที่ 00h ถึง 7Fh ซึ่งเป็นกลุ่มรีจิสเตอร์พิเศษภายใน (SFR) ซึ่งอาจทำเป็นแอดเดรสเหมือนกับแรมภายในโดยใช้แอดเดรสจาก 80h ถึง FFh

| NAME | FUNCTION | INTERNAL RAM ADDRESS (HEX) |
|------|----------------------------|----------------------------|
| A | Accumulator | 0E0 |
| B | Arithmetic | 0F0 |
| DPH | Addressing external memory | 83 |
| DPL | Addressing external memory | 82 |
| IE | Interrupt enable control | 0A8 |
| IP | Interrupt priority | 0B8 |
| P0 | Input/output port latch | 80 |
| P1 | Input/output port latch | 90 |
| P2 | Input/output port latch | A0 |
| P3 | Input/output port latch | 0B0 |
| PCON | Power control | 87 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|------|----------------------------|-----|
| PSW | Program status word | 0D0 |
| SCON | Serial port control | 98 |
| SBUF | Serial port data buffer | 99 |
| SP | Stack pointer | 81 |
| TMOD | Timer/counter mode control | 89 |
| TCON | Timer/counter mode control | 88 |
| TL0 | Timer 0 low byte | 8A |
| TH0 | Timer 0 high byte | 8C |
| TL1 | Timer 1 low byte | 8B |
| TH1 | Timer 1 high byte | 8D |

ควรจำไว้ว่า PC ไม่ใช่ส่วนของ SFR และไม่มีการแอดเดรสแรมภายใน SFRs เป็นชื่อของบางออฟโค้ดตามชื่อฟังก์ชัน เช่น A หรือ TH0 และถูกอ้างอิงโดยแอดเดรสของมัน เช่น 0E0h หรือ 8Ch ควรสังเกตว่าแอดเดรสที่ใช้จะเริ่มต้นด้วยตัวเลข ดังนั้นแอดเดรส E0h สำหรับ A SFR จึงต้องเริ่มด้วย 0 ข้อผิดพลาดในการใช้ตัวเลขจะมีผลต่อความผิดพลาดของแอสเซมบลีเมื่อมีโปรแกรมเข้ากัน

รวมภายใน

MCS-51 ถูกสร้างให้ความจำข้อมูล และความจำโปรแกรมโค้ดสามารถมีลักษณะที่ต่างกันในช่วงแอดเดรสเดียวกันได้ โครงสร้างของแรมภายในได้กล่าวมาแล้ว บล็อกของโปรแกรมโค้ดภายในจะประกอบด้วยรวมภายใน แอดเดรสโค้ดในช่วง 0000h ถึง 0FFFh โดยทั่วไป PC ใช้ไบต์ของโปรแกรมโค้ดจากช่วง 0000h ถึง 0FFFh แอดเดรสของโปรแกรมที่สูงกว่า 0FFFh จะเกินความจุของรวมภายใน ทำให้ MSC-51 เฟตซ์โค้ดจากโปรแกรมภายในโดยอัตโนมัติ ไบต์ของโค้ดอาจถูกเฟตซ์จากความจำภายนอกแอดเดรส 0000h ถึง FFFFh โดยต่อขา external access (EA ขา 31) ลงกราวนด์ซึ่ง PC จะไม่สนใจว่าโค้ดจะเป็นของรวมภายในหรือภายนอก

2.6 Dot Matrix LCD Module

อุปกรณ์ในปัจจุบันนี้ในส่วนแสดงผลนั้นจะใช้ LCD เสียเป็นส่วนใหญ่ไม่ว่าจะเป็นเครื่องเล่น VEDIO, เครื่องถ่ายภาพเอกสาร, เครื่องคอมพิวเตอร์

การแบ่ง DOT MATRIX LCD MODULE ออกได้เป็นพวกๆ ดังนี้

1.CHARACTER LCD MODULE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.GRAPHIC LCD MODULE

3.SEGMENT DISPLAY TYPE LCD MODULE

โดยแต่ละแบบนี้ก็จะมีส่วนประกอบใหญ่ ๆ แบ่งได้เป็น

1. DOT MATRIX LCD เป็นตัวแสดงผลให้เรามองเห็นในลักษณะการปิดและเปิดตัวเอง กับแสงก็คือส่วนของที่เป็นตัวกระจกบรรจุผลึก
2. DRIVER เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับผลึก LCD อีกทีหนึ่ง โดยมีเบอร์ที่นิยมใช้ใน LCD MODULE เช่น HD44100H, MSM5259
3. CONTROLLER เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาและจัดการควบคุม LCD MODULE ให้ทำงานแสดงผลต่าง ๆ เช่น การลบจอภาพ, การเกิดตัวอักษร เป็นต้น

รายละเอียดของคำสั่งที่ใช้กับ LCD

1.CLEAR DISPLAY

Clear display

| | RS | R/W | DB7 | | | | | | DB0 |
|------|----|-----|-----|---|---|---|---|---|-----|
| Code | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |

คำสั่งนี้จะเป็นการเขียนช่องว่างหรือ SPACE (ASCII 20H) เข้าไปใน DD RAM ทั้งหมดและทำการ SET DD RAM ADDRESSER เป็นศูนย์ ตัว CURSOR จะกลับไปอยู่ที่ตำแหน่งบนสุดซ้ายมือของจอภาพ SET I/D = 1, S ไม่มีการเปลี่ยน

2.RETURN HOME

Return home

| | RS | R/W | DB7 | | | | | | DB0 |
|------|----|-----|-----|---|---|---|---|---|-----|
| Code | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | * |

*No effect

คำสั่งนี้จะทำการ SET DD RAM ADDRESSER เป็นศูนย์ ตัว CURSOR จะกลับไปอยู่ที่

ตำแหน่งบนสุดซ้ายมือของจอภาพข้อมูลในจอภาพไม่เปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.ENTRY MODE SET

Entry mode set

| | RS | R/W | DB7 | | | | | | | DB0 |
|------|----|-----|-----|---|---|---|---|---|-----|-----|
| Code | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | I/D | S |

BIT I/D : โดยจะเป็นตัวกำหนดให้ว่าเมื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลแล้วจะทำให้ DD RAM ADDRESS เพิ่มขึ้นหนึ่งหรือลดลงหนึ่งโดย

1 = เพิ่มขึ้นหนึ่ง

0 = ลดลงหนึ่ง

BIT S : เป็นการกำหนดการแสดงผลโดยถ้า S = 1 จะเป็นการใส่ข้อมูลแล้วตัว CURSOR อยู่ที่ข้อมูลจะถูกดันไปทางซ้าย ถ้า S = 0 ข้อมูลจะอยู่กับที่ตัว CURSOR จะถูกดันไปทางขวา

4.DISPLAY ON/OFF CONTROL

| | RS | R/W | DB7 | | | | | | | DB0 |
|------|----|-----|-----|---|---|---|---|---|---|-----|
| Code | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | D | C | B |

BIT D : เป็น BIT ให้เปิดปิดหน้าจอภาพโดยถ้า

D = 1 ON

D = 0 OFF

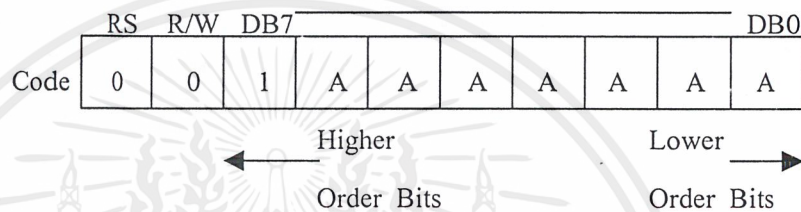
BIT C : จะให้แสดง CURSOR ให้ BIT C = 1 และถ้าไม่ต้องการแสดง CURSOR BIT C = 0 โดยตัว CURSOR จะอยู่ที่ LINE ที่ 8 ในแบบ 5x7 DOT และจะอยู่ LINE ที่ 11 ในแบบ 5x7 DOT

BIT B : เป็น BIT SET การกระพริบของ CURSOR โดย B = 1 การกระพริบ B = 0 ไม่มีการกระพริบโดยมีระยะเวลาการกระพริบประมาณ 379.2 ms

ใน HD44780 นั้นจะมีหน่วยความจำอยู่ 2 ชุด คือ DISPLAY DATA RAM (DD RAM) จำนวน 80x8 BIT และ CHARACTER GENERATER ROM CG RAM จำนวน 512 BIT และ 7200 BIT คำสั่งนี้จะเป็นการ SET ADDRESS ใน CG RAM โดยต้องทำการ SET ADDRESS ก่อนเขียนหรืออ่านข้อมูลจาก CG RAM ด้วย

8. SET DD RAM ADDRESS

Set DD RAM address



เป็นคำสั่ง SET ค่า ADDRESS ใน DD RAM ในการเขียนหรืออ่านค่าจาก DD RAM (DD RAM คือส่วนที่จะแสดงผลหน้าจอ LCD) โดยจำนวน ADDRESS ที่จะเกิดขึ้นบนจอ LCD จะอยู่กับ SET ค่า N ด้วย

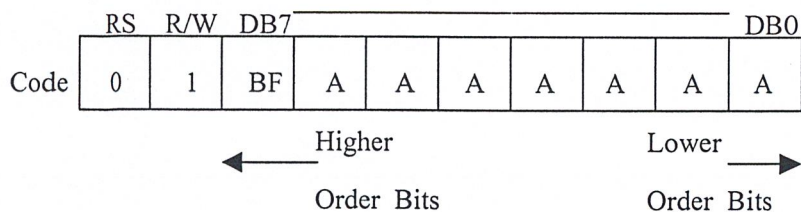
N = 0 (1 บรรทัด) ADDRESS จะอยู่ 00H - 4FH

N = 1 (2 บรรทัด) ADDRESS จะอยู่ 00H - 27H สำหรับบรรทัดที่ 1 และ 40H - 67H สำหรับบรรทัดที่ 2

แบบการจัด ADDRESS ของ DD RAM หน้าจอ LCD แบบ 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด, 16 ตัวอักษร 2 บรรทัด, 16 ตัวอักษร 4 บรรทัด, 20 ตัวอักษร 1 บรรทัด, 20 ตัวอักษร 2 บรรทัด และ 40 ตัวอักษร 2 บรรทัด

9.READ BUSY FLAG AND ADDRESS

Read busy flag & address



เป็นคำสั่งอ่านค่า BUSY FLAG ซึ่งจะเป็นตัวบอกว่าตัว HD44780 นี้อยู่ในขบวนการทำงานภายในอยู่หรืออยู่ในสภาพพร้อมจะรับข้อมูล โดย

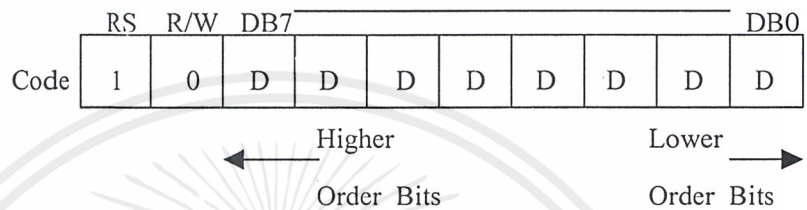
BF = 1 อยู่ในขบวนการทำงานภายในไม่พร้อมจะรับข้อมูลหรือคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BF = 0 พร้อมจะรับข้อมูลหรือคำสั่งได้
และนอกจากนี้ยังเป็นคำสั่งอ่านค่าข้อมูล ADDRESS ของ CG RAM หรือ DD RAM ด้วย

10. WRITE DATA TO CG หรือ DD RAM

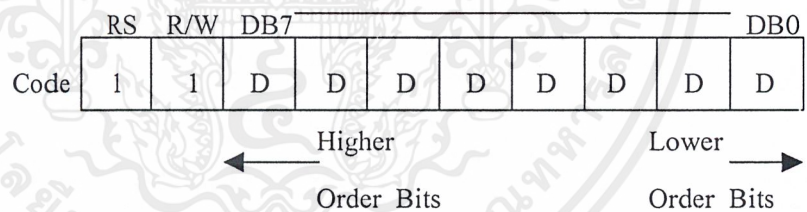
Write data to CG or DD RAM



เป็นคำสั่งเขียนข้อมูลเข้าไปใน CG หรือ DD RAM โดยเมื่อเขียนข้อมูลและ ADDRESS จะเพิ่มหรือลดโดยอัตโนมัติตามคำสั่งที่ SET ใน ENTRY MODE ซึ่งกำหนดที่จะรู้ว่าเป็นการเขียนข้อมูลของ CG RAM หรือ DD RAM ทำได้โดยการ SET ADDRESS ของ CG RAM หรือ DD RAM ขึ้นมาก่อนจะเขียนข้อมูล

11. READ DATA FROM CG OR DD RAM

Write data to CG or DD RAM







เป็นคำสั่งอ่านค่าข้อมูลจาก CG RAM หรือ DD RAM โดยก่อนอ่านค่าจาก DD RAM หรือ CG RAM นี้ควรจะใช้คำสั่ง SET ADDRESS ก่อนเพื่อให้รู้ว่าข้อมูลที่อ่านได้นั้นเป็น DD หรือ CG RAM จากตารางการทำงาน
ขาต่าง ๆ ในการต่อใช้งาน LCD

1. RS (REGISTER SELECTION) จะเป็นขาเลือก REGISTER ภายในซึ่งมี อยู่ 2 ตัว คือ INSTRUCTION REGISTER (IR) และ DATA REGISTER (DR) โดยถ้าเป็น 1 จะเป็นการเลือก DATA และถ้าเป็น 0 จะเป็นการเลือก INSTRUCTION

2. R/W (READ/WRITE) เป็นตัวเลือกว่าจะเขียนหรือจะอ่านข้อมูลจากตัว IC โดยอ่านข้อมูล = 1, เขียนข้อมูล = 0

3.E (ENA BLE SIGNAL) เป็นขาคำหนดสภาพการรับเขียนอ่านข้อมูล

Register selection

| RS | R/W | E | Operation |
|----|-----|---|---|
| 0 | 0 |  | IR write as internal operation (Display clear, etc) |
| 0 | 1 |  | Read Busy flag (DB7) and address counter (DB0 – DB6) |
| 1 | 0 |  | DR write as internal operation (DR to DD or CG RAM) |
| 1 | 1 |  | DR read as internal operation (DD or CG RAM to DR) |

4.DB0 – DB7 เป็นขารับส่งข้อมูลจากตัว IC

5.VDD ไฟเลี้ยงตัววงจร +5V

6.VSS เป็นขา GND

7.VO เป็นขารับ VOLTAGE ในการขับ LCD ให้สว่างหรือมืด

สามารถต่อ VR ปรับค่าได้ 2 แบบ

1.ต่อ GND ในกรณี LCD แบบธรรมดา

2.ต่อโฟลต ในกรณี LCD บางรุ่นที่ต้องใช้โฟลต เช่น LM2017

บทที่ 3

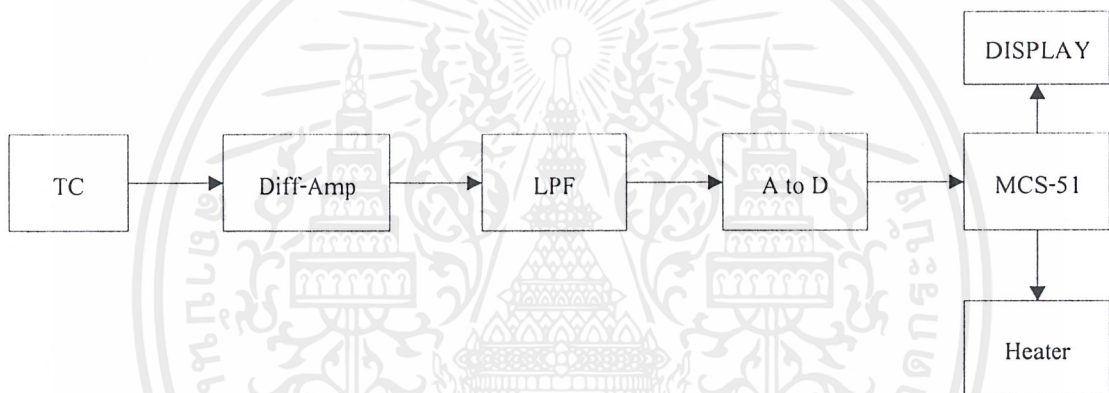
โครงสร้างของระบบ

3.1 คำนำ

ก่อนที่จะกล่าวถึงรายละเอียดของวงจร เพื่อให้ให้เห็นแนวคิดในการออกแบบระบบควบคุม อุณหภูมิให้เหมาะสมกับการอบกระดูกในบทนี้จะกล่าวถึง โครงสร้างโดยรวมของระบบก่อน

3.2 โครงสร้างและการทำงานของส่วนควบคุม

โครงสร้างของเตาอบและส่วนควบคุมแบ่งออกเป็นส่วนๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.1 การทำงานของในแต่ละส่วน อธิบายเป็นส่วน ๆ ดังนี้



รูปที่ 3.1 บล็อกโคอะแกรมของเตาอบ

3.2.1 ส่วนตรวจเช็คอุณหภูมิ

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการตรวจเช็คค่าของอุณหภูมิภายในเตาอบ เพื่อส่งข้อมูลที่ได้นั้นนำมาทำการประมวลผลให้ส่วนควบคุมทราบว่าจะขณะนั้น ๆ มีค่าของอุณหภูมิเท่าไร ต้อง เพิ่ม ลด หรือ คงค่าอุณหภูมินั้นๆ ไว้ ตามโปรแกรมที่ตั้งไว้ ในระบบที่ออกแบบใช้ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ 2 ชิ้นคือ ส่วนหนึ่งใช้ Thermocouple Type K สัมผัสกับความร้อนภายในเตาอบ และ LM 335 เป็นไอซีที่ทำหน้าที่คอยปรับแต่งค่าของแรงดันที่ป้อนให้กับตัวกำเนิดความร้อนในการปรับแต่งอุณหภูมิ ส่วนตรวจเช็คอุณหภูมินี้ นอกจากตัวตรวจวัดอุณหภูมิแล้วยังมีอุปกรณ์นาฬิกาเพื่อปรับแต่งสัญญาณ

3.2.2 วงจรขยายและวงจรรองความถี่ต่ำผ่าน

เมื่อได้รับสัญญาณระดับแรงดันที่มาจาก Thermocouple แล้ว แต่ว่าจะยังมีขนาดของแรงดันที่มีขนาดเล็กมากดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องมีการขยายสัญญาณเพิ่มเพื่อจะได้ส่งไปยังวงจรเปลี่ยนสัญญาณนาฬิกาเป็นดิจิทัลได้และเพื่อป้องกันการรบกวนจากสัญญาณความถี่สูงก็ให้ต่อวงจรรองความถี่ต่ำผ่านไปด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 วงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล

เป็นส่วนที่เปลี่ยนแรงดันจากส่วนตรวจเช็คอุณหภูมิ ตามค่าอุณหภูมิต่าง ๆ มาเป็นข้อมูลดิจิทัลให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผล เพื่อในการปรับแต่งอุณหภูมิ ในการออกแบบใช้ไอซี ADC แบบ Successive Approximation 12 บิตเนื่องจากความละเอียดพอเพียง และอินเตอร์เฟสกับไมโครคอนโทรลเลอร์แบบอนุกรม

3.2.4 ส่วนประมวลผลกลาง

จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เป็นตัวประมวลผลกลางในการควบคุมอุณหภูมิ โดยจะมีการติดต่อกับ KEY PAD ในการรับคำสั่ง และแสดงผลไปยังจอ LCD รวมทั้งแสดงสถานะการทำงานของเตาอบในขณะนั้นๆ และทำการส่งการควบคุมให้ เกิดการ ON/OFF ของสวิตซ์รีเลย์ เพื่อให้ heater ทำงาน

3.2.5 เตาอบ

ใช้เตาอบเก่าที่มีหลอดความร้อนและตัวตรวจจับความร้อนแบบ K ในตัว ได้ทำการรื้อส่วนควบคุมเดิมที่ใช้การไม่ได้ ออก โครงสร้างภายในรูปสี่เหลี่ยมขนาด 25.5x17x29 ซม. บุด้วยเซรามิกทนความร้อน หลอดความร้อนขนาด 1430 วัตต์ที่ 220 โวลท์

บทที่ 4

รายละเอียดและการออกแบบวงจรควบคุม

4.1 คำนำ

ในการออกแบบชุดควบคุมการทำงานของเตาอบกระดุก เป็นการออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51 เป็นตัวประมวลผลคำสั่งและสั่งการทำงานของเตาอบกระดุก และยังมีวงจรทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการควบคุมที่มีการสั่งงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์และวงจรที่ทำการตรวจสอบค่าของอุณหภูมิเพื่อทำการส่งค่าให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลต่อไป ซึ่งจะมีรายละเอียดของการออกแบบได้ดังต่อไปนี้

4.2 วงจรตรวจเช็คอุณหภูมิ

ในการออกแบบวงจรตรวจเช็คความร้อนจะใช้ IC เบอร์ LM335 ซึ่งเป็น Precision Temperature Sensors ซึ่งมีรายละเอียดลักษณะสมบัติดังนี้

LM335 series เป็น ไอซีตรวจเช็คอุณหภูมิที่มีความแน่นอนและง่ายต่อการปรับแต่ง ซึ่งมีการทำงานของ LM335 นั้น มีค่าของแรงดันbreakdown เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าสัมบูรณ์ของอุณหภูมิ ที่ $+10\text{mV/K}$ และ น้อยกว่า 1 ของไดนามิกอิมพีแดนซ์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่มีค่าของย่านกระแส ตั้งแต่ $400\ \mu\text{A}$ ถึง $5\ \text{mA}$ ซึ่งเป็นค่าที่แท้จริงไม่มีการเปลี่ยนแปลงการในการแสดงค่า เมื่อต้องการปรับแต่งค่าที่ 25°C LM335 จะมีคุณสมบัติที่มีค่าคลาดเคลื่อนน้อยกว่า 1°C ที่ย่านของอุณหภูมิ 100°C ที่สำคัญคือ LM335 มี linear Output

การประยุกต์ใช้ LM335 จะรวมถึงเกือบทุกชนิดของตัวตรวจเช็คอุณหภูมิ ที่มีย่านการตรวจเช็คอยู่ที่ -55C ถึง $+150\text{C}$ ค่าของอิมพีแดนซ์ที่ต่ำและเป็น linear Output ซึ่งจะทำให้การ interfacing เพื่อทำการอ่านค่าออกไป หรือทำการควบคุมค่ากระแสที่ง่ายเป็นพิเศษ

การปรับแต่ง LM335

เป็นการรวมถึงการปรับแต่งบนชิพของ LM335 เป็นวิธีการที่ทำการปรับแต่งได้ง่าย โดยที่ จะเป็นอุปกรณ์ที่มีความแน่นอนสูง ในการต่อ LM335 ซึ่งจะมีขาที่ใช้ในการปรับแต่งค่าซึ่งจะยอมให้มี 1 ขาที่เป็นขาปรับแต่งเพื่อให้มีการตรวจเช็คค่าที่มีความถูกต้อง โดยปราศจากค่าความผิดพลาดที่มากกว่าย่านของอุณหภูมิ

จุดของสัญญาณที่มีการทำงานเพื่อปรับแต่งค่านั้นเป็นเพราะค่าของเข้าพุทของ LM135 เป็น สัดส่วนกับค่า absolute ของอุณหภูมิ ซึ่งจะสามารถทำการตรวจเช็คค่าแรงดันเริ่มที่ 0V ที่ 0°K

(-273.15°C) ค่าความผิดพลาดของแรงดันเข้าพุท กับอุณหภูมิเป็นเพียงความผิดพลาดซึ่งจะแสดงเป็นสโลป ซึ่งค่าของการปรับแต่งสโลปที่จุดของอุณหภูมิที่ถูกต้องเพื่อใช้เป็นตัวอ้างอิงของอุณหภูมิทั้งหมด

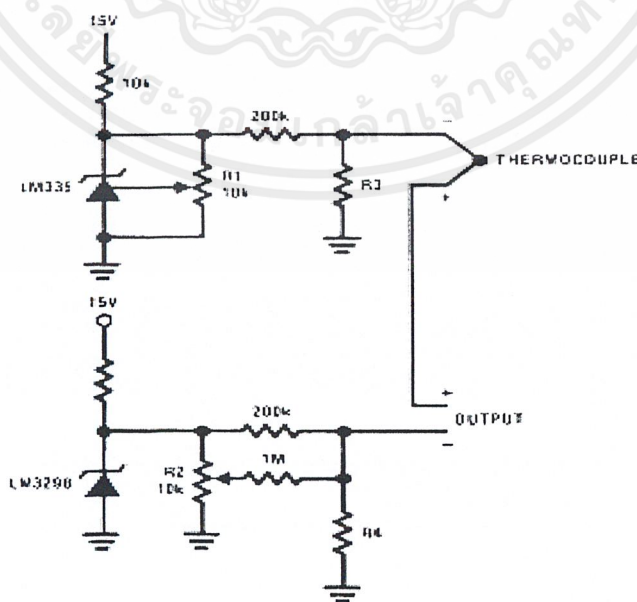
ค่าของเข้าพุท ของอุปกรณ์จะสามารถแสดงได้ดังนี้

$$V_{out} = V_{out T_0} \times (T/T_0)$$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิที่ไม่ค่าและ T_0 เป็นค่าของอุณหภูมิอ้างอิง ทั้งคู่แสดงอยู่ในหน่วยขององศา Kelvin โดยการปรับแต่งค่าของ Output เพื่อให้อ่านค่าที่ถูกต้องในค่าหนึ่งๆของอุณหภูมิของอุณหภูมิทั้งหมด ค่าNominally ของ Outputคือการปรับแต่งที่ 10mV/°K

เพื่อให้ได้ค่าที่มีความเที่ยงตรงจะต้องระมัดระวังอย่างมากกับค่าที่ได้รับมา เหมือนกันกับอุปกรณ์ที่ตรวจจับค่าของอุณหภูมิต่างๆ Self heating จะเป็นตัวลดความเที่ยงตรง โดย LM135จะทำการที่ให้ค่ากระแสต่ำสุดที่เหมาะสมสำหรับการประยุกต์ใช้งาน ค่ากระแสที่เพียงพอ ซึ่งจะจัดหาได้อย่างง่ายเพื่อใช้กับการตรวจเช็คและการปรับแต่งให้เพียงพอ จุดที่มากที่สุดในการทำงานของอุณหภูมิ เพื่อให้ดีที่สุดสำหรับอุปกรณ์ภายนอก

ถ้าตัวตรวจเช็คคือการใช้อากาศรอบๆ เมื่อค่าของ Thermal resistance เป็นค่าคงที่ Self heating error สามารถทำการปรับแต่งจากภายนอกได้ ความเป็นไปได้ถ้าอุปกรณ์เป็นการวิ่งของค่ากระแสที่คงที่ของอุณหภูมิ Heating จะเป็นสัดส่วนกับค่าแรงดัน Zener และค่าของอุณหภูมิ โดยจะให้ค่าของ Self heating error เป็นสัดส่วนกับค่า absolute ซึ่งจะเท่ากับค่าของ scale factor error



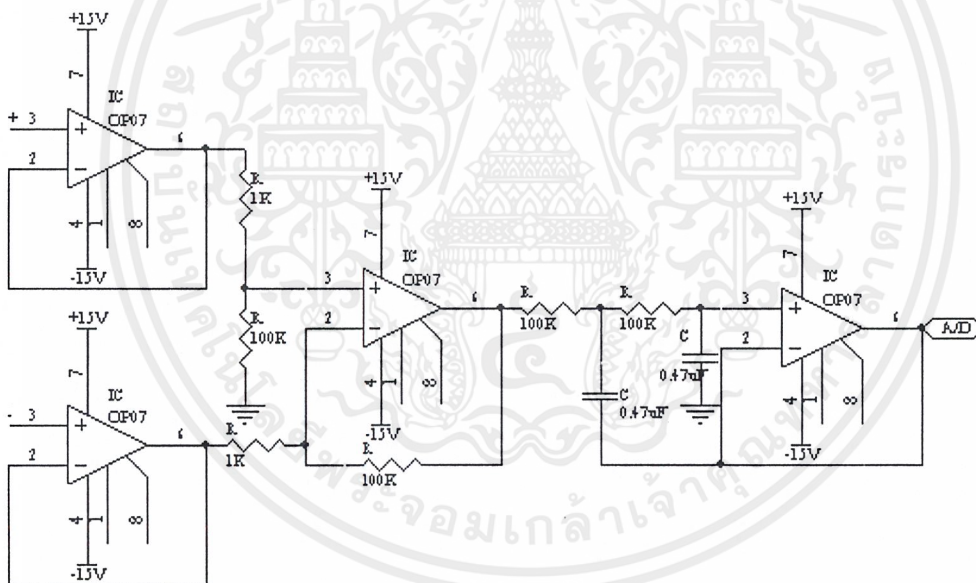
รูปที่ 4.1 วงจรตรวจเช็คอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของวงจรที่ออกแบบนี้คือในขณะที่ตรวจเช็คอุณหภูมิค่าต่ำอยู่นั้น Thermocouple จะแสดงตัวเหมือนเป็นเส้นลวดเท่านั้นยังไม่ปรากฏค่าของแรงดันออกมา ดังนั้นขณะนี้ LM335 ก็จะทำหน้าที่วัดของอุณหภูมิเพื่อให้ค่าของแรงดันออกมา แต่เมื่อค่าของอุณหภูมิสูงขึ้นแล้ว Thermocouple ก็จะให้ค่าแรงดันออกมา โดยจะได้คือ $40.8\mu\text{V}/\text{C}$

4.3 วงจรขยายและวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณที่ได้รับมาจากวงจรตรวจเช็คอุณหภูมิและ Thermocouple โดยจะมีอัตราขยายสัญญาณอยู่ที่ 100 เท่า การออกแบบวงจรนี้เราจะให้ Buffer ต่อเข้ากับขา อินพุตบวกและลบ ของออปแอมป์ที่ทำหน้าที่ขยายสัญญาณ และ ที่เอาต์พุตของวงจรถ่ายยนั้นจะต่อเข้ากับวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านอีกด้วย



รูปที่ 4.2 วงจรขยายและวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน

4.4 วงจร A/D Converter

ในการออกแบบวงจรแปลงสัญญาณ Analog เป็นสัญญาณดิจิทัลนั้นเราจะใช้ IC เบอร์ LTC 1298 Micropower Sampling 12-Bit A/D Converters in SD-8 Packages ซึ่งมีรายละเอียดความสามารถดังนี้

LTC1298 เป็น Micropower 12 bit มีความต่อเนื่องของข้อมูลโดยการประมาณการของกรรุ่มสัญญาณ A/D converter โดยจะมีการใช้กระแสเพียง 250uA สำหรับแหล่งจ่ายกระแสเมื่อมีการแปลงค่าสัญญาณและต้องการใช้กำลังงานโดยปกติที่มีแหล่งจ่ายกระแสเพียง 1 nA เมื่อยังไม่มีกรรุ่มสัญญาณเข้า และถ้าหากต้องการใช้กำลังงานน้อยลงอีกก็ยังสามารถทำได้โดยไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายกระแสเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามหากต้องการใช้กำลังงานน้อยลงอีกก็ยังสามารถทำได้โดยไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายกระแสเพิ่มเติม อย่างไรก็ตามหากต้องการใช้กำลังงานน้อยลงอีกก็ยังสามารถทำได้โดยไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายกระแสเพิ่มเติม

งานแปลงค่าสัญญาณ ตัวถังจะมีเพียง 8 ขาและมีการใช้แรงดันที่ 5V ถึง 9V LTC1298 มีการใช้งานทั้งหมด 12 bit มีความต่อเนื่องของข้อมูลที่ใช้ ADC converter รวมถึงการสุ่มและคิดค่า LTC1298 จะใช้สัญญาณ Differential analog เป็นสัญญาณ input และตัวมันจะมีการให้เลือกใช้ Software อยู่ 2 ช่องสัญญาณ MUX

บน Chip serial port จะอนุญาตให้มีการส่งผ่านของข้อมูลที่มีย่านความกว้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ จำนวน 3 เส้น การใช้งานกับ Micropower consumption จะทำให้ห่างไกลกับสภาพของความเป็นไปได้และการง่ายต่อการส่งผ่านข้อมูลไปยัง isolation barriers

วงจรสามารถใช้ประยุกต์หรือใช้กับการอ้างอิงกับภายนอก โดยต้องการสัญญาณอินพุตเป็น Analog ที่มี high impedance และมีความสามารถกับการลดค่าของ Span (ถึง 1.5 V full scale) มีการใช้งานโดยการติดต่อโดยตรงกับอุปกรณ์ Sensors และ Transducers ในการประยุกต์ใช้จำนวนมาก

Pin Functions

CS/SHDN (Pin 1): Chip Select input. ถ้าให้ Logic ต่ำ จะเป็นการเลือก Enable ของ LTC1298

Logic สูง จะเป็นการเลือก Disable และ Powerdown ของ LTC1298

CH0 (Pin 2): สัญญาณ Analog

CH1 (Pin 3): สัญญาณ Analog

GND (Pin 4): Analog ground

Din (Pin 5): Digital input .The multiplexes address is shifted into this input

Dout (Pin 6): Digital output. The A/D conversion result is shifted out of this output

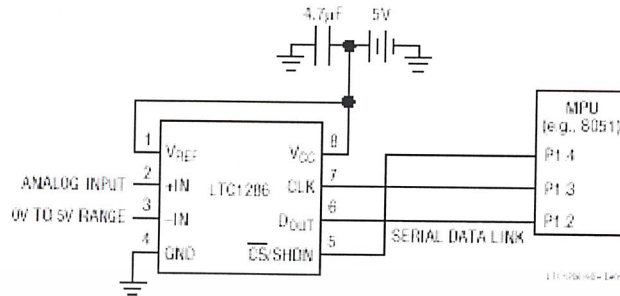
CLK (Pin 7): Shift Clock. This clock synchronizes the serial data transfer and determines conversion speed.

Vcc/Vref (Pin 8): Power supply and Reference Voltage.

Serial interface จะมี 2 ช่องสัญญาณสำหรับ LTC 1298 เพื่อการสื่อสารกับไมโครคอนโทรลเลอร์ และอุปกรณ์จากภายนอกโดยจะมีสายสัญญาณเป็นแบบ Synchronous, half duplex, 4-wire serial interface

สัญญาณ CLK จะ Synchronize กับข้อมูลที่ทำการส่งผ่านกับส่วนเริ่มต้นของ บิตแรกที่ทำ การของส่งมากับสัญญาณขอบขาลงและจะพร้อมับสัญญาณขอบขาขึ้นของทั้งระบบการส่งและ ระบบของการรับ อันดับแรกในการรับข้อมูลของสัญญาณอินพุตและการส่งกลับของผลของข้อมูล A/D converter (half duplex) เพราะว่า half duplex เป็นการทำงานของ Din และ Don ซึ่งจะมีความ สัมพันธ์ด้วยกันกับการส่งผ่านของข้อมูลของทั้ง 3 สายคือ CS, CLK และ DATA

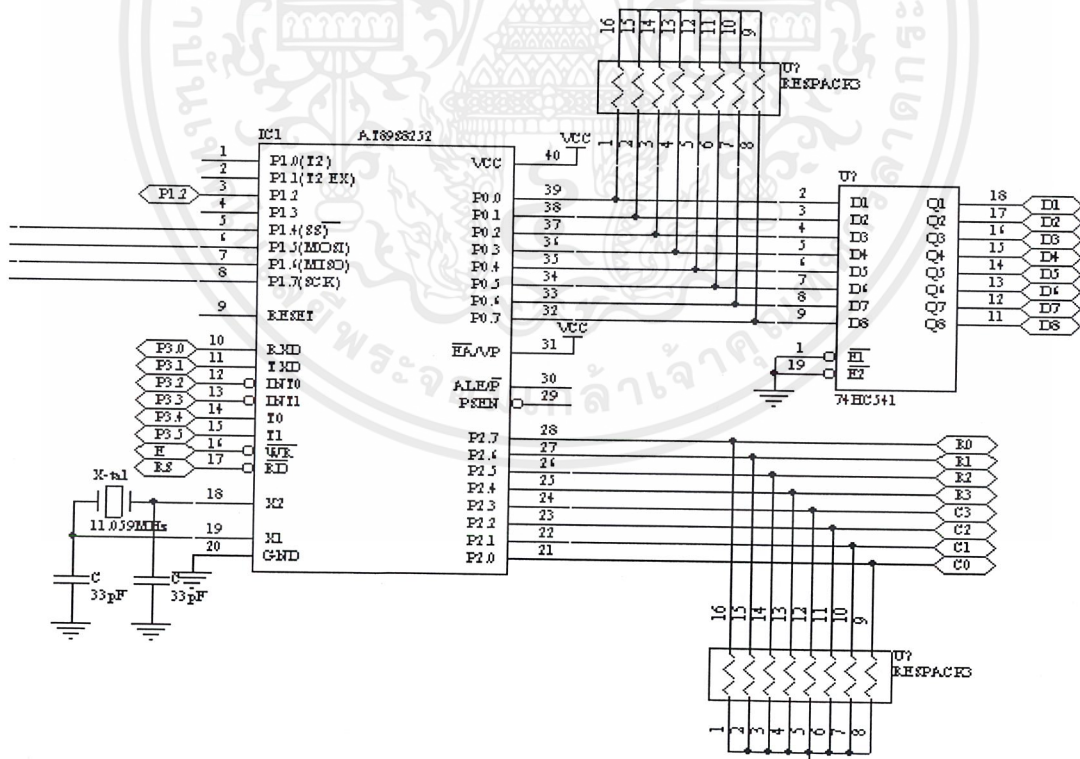
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 วงจร ADC ที่ใช้ในระบบ

4.5 การออกแบบส่วนประมวลผลกลาง

การออกแบบส่วนประมวลผลกลางนั้นเราจะทำการ ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51 โดยใช้ไอซีเบอร์ 89AS8252 เป็น CPU ทำหน้าที่ประมวลผลกลาง ซึ่งไอซีเบอร์นี้จะสามารถทำการ download ข้อมูลเข้าไประยะ ไอซีได้โดยตรงเลยซึ่งจะใช้ พอร์ตขนานของคอมพิวเตอร์ติดต่อกับไอซีได้เลย

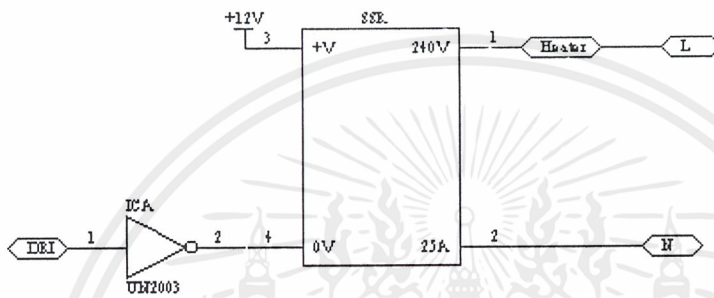


รูปที่ 4.4 วงจรประมวลผลกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6 วงจรควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์

เป็นการควบคุมการทำงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อทำการ Switch ON/OFF ของฮีตเตอร์ โดยจะเป็นการปล่อยลอจิกเพื่อทำการควบคุม โซลิดสเตตสวิตช์รีเลย์



รูปที่ 4.5 วงจรควบคุมการทำงานของฮีตเตอร์

บทที่ 5

การทดลองและผลการทดลอง

5.1 คำนำ

ในการทดลองเรื่องของเตาอบกระดุกนั้นเป็นการทดลองเรื่องของการควบคุมค่าของอุณหภูมิให้เป็นไปตามที่เรากำหนดหรือเป็นไปตามค่าที่ต้องการใช้งาน โดยในการทดลองนี้จะใช้ค่าของอุณหภูมิที่เราจะใช้งานกันจริงอยู่ 2 ช่วงคือ 400 องศาเซลเซียส และที่ 900 องศาเซลเซียสซึ่งจะต้องนำมาใช้งานจริง

5.2 การทดลองและผลการทดลอง

ในการทดลองนั้นได้ตั้งค่าต่างๆไว้เพื่อการทดลองก่อน โดยจะสมมุติค่าที่ใช้งานจริงในการอบกระดุกแต่เวลานั้น เราได้ใช้เวลาที่เหมาะสมกับการทดลองเท่านั้น โดยเราจะใช้ค่าในการทดลองคือ จะใช้ที่ 400 องศาเซลเซียส และที่ 900 องศาเซลเซียส ในการทดลอง จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าเมื่อเราทำการเร่งอุณหภูมิในช่วงต้นนั้น จะมีการเพิ่มของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว และค่อยลดลงเมื่ออุณหภูมิเข้าใกล้ค่าที่เราทำการตั้งไว้ คือที่ 400 องศาเซลเซียส และที่ 900 องศาเซลเซียส การวัดอุณหภูมิใช้เทอร์โมมิเตอร์แบบ K

- 1) ทดลองใน STEP1 คือในขณะนี้เป็นการเริ่มต้นการใช้เตาอบกระดุก โดยเราจะทดลองให้เตาอบทำการเร่งความร้อนจากอุณหภูมิห้องไปยังอุณหภูมิที่ 400 องศาเซลเซียสเป็นเวลาทั้งหมด 45 นาที แล้วทำการบันทึกผลการทดลองทุกๆ 1 นาที จากนั้นจะทำการเขียนกราฟแสดงจากทำงานเปรียบเทียบระหว่างเวลาและค่าของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลง

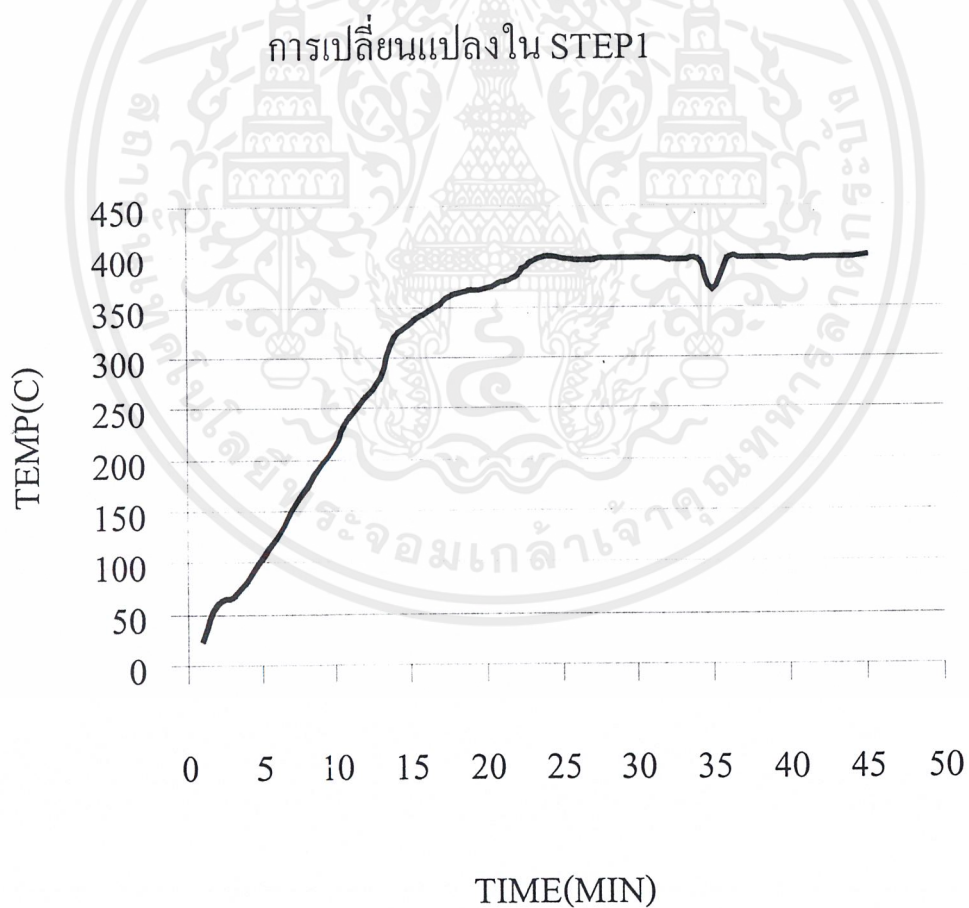
ตารางที่ 5.1 แสดงค่าของการเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิห้องไปยัง 400 องศาเซลเซียส (STEP1)

| Time (min) | Temp (°C) | Time (min) | Temp (°C) | Time (min) | Temp (°C) |
|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| 1 | 26 | 16 | 343 | 31 | 398 |
| 2 | 60 | 17 | 353 | 32 | 396 |
| 3 | 67 | 18 | 363 | 33 | 396 |
| 4 | 80 | 19 | 368 | 34 | 396 |
| 5 | 104 | 20 | 370 | 35 | 367 |
| 6 | 125 | 21 | 375 | 36 | 398 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | |
|----|-----|----|-----|----|-----|
| 7 | 150 | 22 | 380 | 37 | 399 |
| 8 | 173 | 23 | 395 | 38 | 399 |
| 9 | 196 | 24 | 400 | 39 | 399 |
| 10 | 214 | 25 | 398 | 40 | 397 |
| 11 | 240 | 26 | 397 | 41 | 397 |
| 12 | 260 | 27 | 397 | 42 | 398 |
| 13 | 281 | 28 | 398 | 43 | 399 |
| 14 | 319 | 29 | 399 | 44 | 399 |
| 15 | 334 | 30 | 399 | 45 | 400 |



รูปที่ 5.1 Profile ของอุณหภูมิที่เข้าสู่ค่าตั้งค่าไว้ที่ 400°C

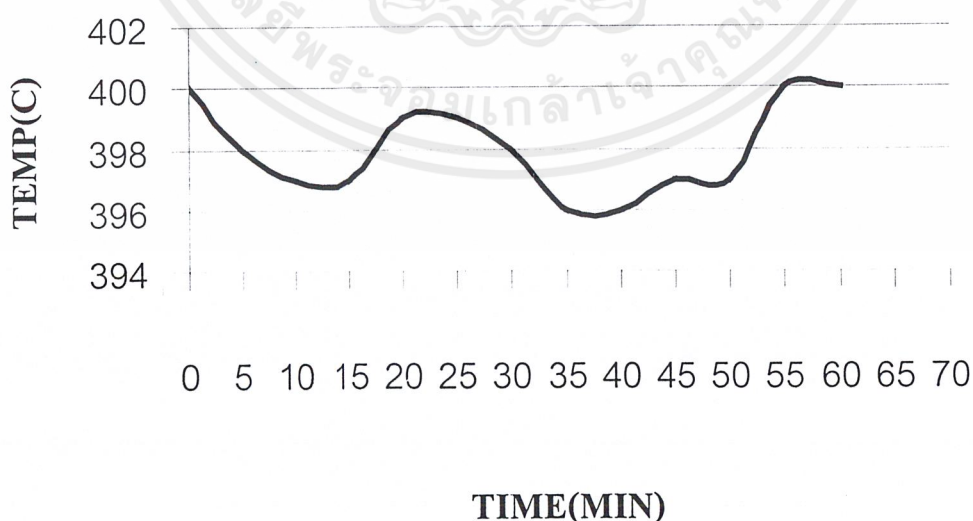
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 2) เมื่อทำการทดลองจนกระทั่งอุณหภูมิที่เตาเท่ากับ 400 องศาเซลเซียสแล้ว ก็ให้ทำการคงที่รักษาระดับอุณหภูมิดังกล่าวไว้ เนื่องจากที่อุณหภูมินี้เป็นค่าของอุณหภูมิจริงที่มีการใช้งานในการอบกระดูก เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และทำการบันทึกค่าไว้ทุกๆ 5 นาที แล้วก็ทำการเขียนกราฟ

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าของการรักษาระดับอุณหภูมิที่ 400 องศาเซลเซียส (STEP2)

| Time (min) | Temp(°C) | Time (min) | Temp(°C) |
|------------|----------|------------|----------|
| 0 | 400 | 35 | 396 |
| 5 | 398 | 40 | 396 |
| 10 | 397 | 45 | 397 |
| 15 | 397 | 50 | 397 |
| 20 | 399 | 55 | 400 |
| 25 | 399 | 60 | 400 |
| 30 | 398 | | |

การเปลี่ยนแปลงค่าใน STEP2



รูปที่ 5.2 Profile ของการรักษาระดับของอุณหภูมิ 400°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 3) เมื่อเรารักษาค่าของอุณหภูมิที่ 400 องศาเซลเซียสได้เป็นเวลา 1 ชั่วโมงแล้วจากนั้นเราก็จะทำการเปลี่ยนแปลงค่าของอุณหภูมิอีกคือ จาก 400 องศาเซลเซียสไปเป็น 900 องศาเซลเซียส โดยการเร่งให้ฮีตเตอร์ทำการเร่งความร้อนเพิ่ม ในระยะเวลา 80 นาที จากนั้นจะทำการบันทึกค่าของอุณหภูมิทุกๆ 1 นาทีเป็นเวลา 80 นาที แล้วเขียนกราฟแสดงผลการทำงาน

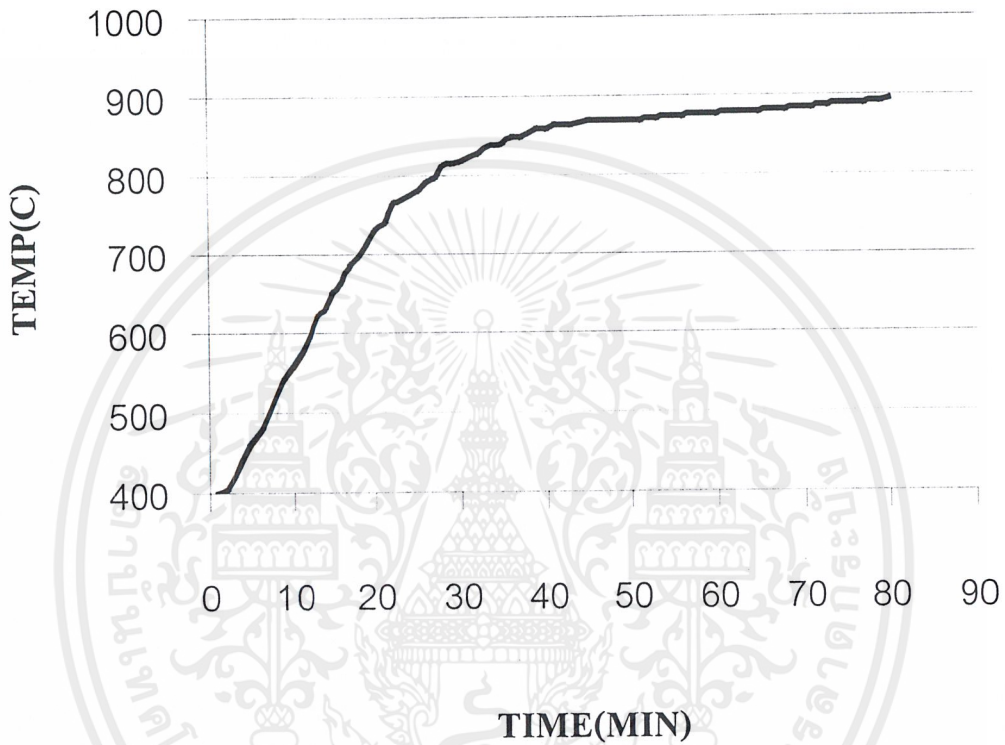
ตารางที่ 5.3 แสดงค่าของการเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิที่ 400 องศาเซลเซียสไปยัง 900 องศาเซลเซียส(STEP3)

| Time (min) | Temp (°C) | Time (min) | Temp (°C) | Time (min) | Temp (°C) | Time (min) | Temp (°C) |
|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| 1 | 400 | 21 | 741 | 41 | 863 | 61 | 879 |
| 2 | 406 | 22 | 763 | 42 | 863 | 62 | 879 |
| 3 | 420 | 23 | 770 | 43 | 865 | 63 | 879 |
| 4 | 441 | 24 | 774 | 44 | 867 | 64 | 880 |
| 5 | 461 | 25 | 781 | 45 | 868 | 65 | 880 |
| 6 | 479 | 26 | 792 | 46 | 868 | 66 | 881 |
| 7 | 500 | 27 | 798 | 47 | 868 | 67 | 882 |
| 8 | 520 | 28 | 812 | 48 | 868 | 68 | 882 |
| 9 | 540 | 29 | 815 | 49 | 868 | 69 | 884 |
| 10 | 558 | 30 | 819 | 50 | 868 | 70 | 884 |
| 11 | 578 | 31 | 822 | 51 | 869 | 71 | 885 |
| 12 | 597 | 32 | 828 | 52 | 872 | 72 | 886 |
| 13 | 620 | 33 | 835 | 53 | 872 | 73 | 887 |
| 14 | 630 | 34 | 839 | 54 | 874 | 74 | 889 |
| 15 | 651 | 35 | 842 | 55 | 874 | 75 | 890 |
| 16 | 665 | 36 | 849 | 56 | 874 | 76 | 891 |
| 17 | 688 | 37 | 850 | 57 | 876 | 77 | 891 |
| 18 | 697 | 38 | 854 | 58 | 876 | 78 | 893 |
| 19 | 714 | 39 | 858 | 59 | 877 | 79 | 893 |
| 20 | 731 | 40 | 858 | 60 | 877 | 80 | 895 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนแปลงค่าใน STEP3



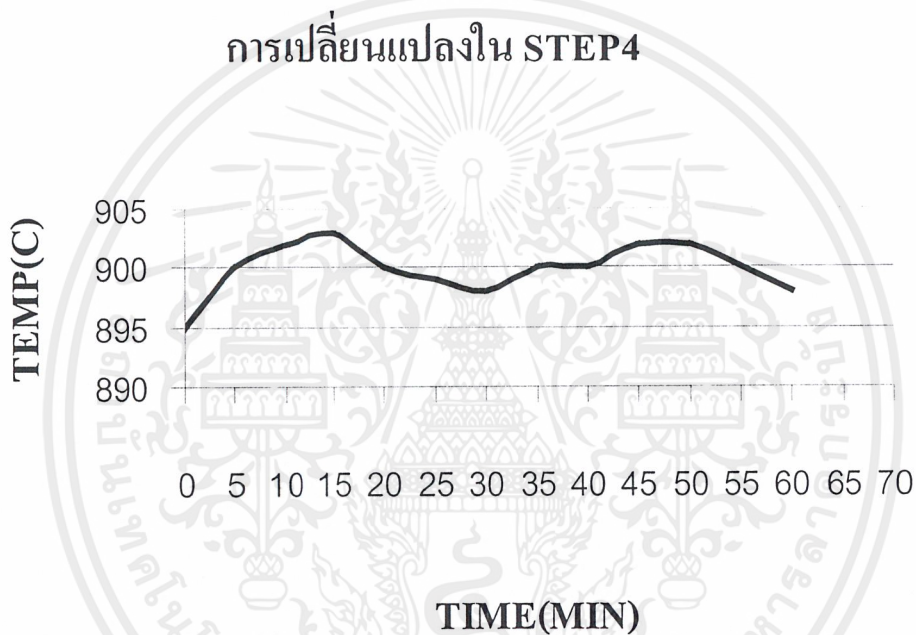
รูปที่ 5.3 Profile ของอุณหภูมิที่เข้าสู่ค่าตั้งค่าไว้ที่ 900°C

- 4) เมื่อทำการทดลองจนกระทั่งอุณหภูมิที่เตาเท่ากับ 900 องศาเซลเซียสแล้ว ก็ให้ทำการคงที่รักษาระดับอุณหภูมิดังกล่าวไว้ เนื่องจากที่อุณหภูมินี้เป็นค่าของอุณหภูมิจริงที่มีการใช้งานในการอบกระดูก เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และทำการบันทึกค่าไว้ทุกๆ 5 นาที แล้วก็ทำการเขียนกราฟ

ตารางที่ 5.4 แสดงค่าของการรักษาระดับอุณหภูมิที่ 900 องศาเซลเซียส (STEP4)

| Time (min) | Temp(°C) | Time (min) | Temp(°C) |
|------------|----------|------------|----------|
| 0 | 895 | 35 | 900 |
| 5 | 900 | 40 | 900 |
| 10 | 902 | 45 | 902 |

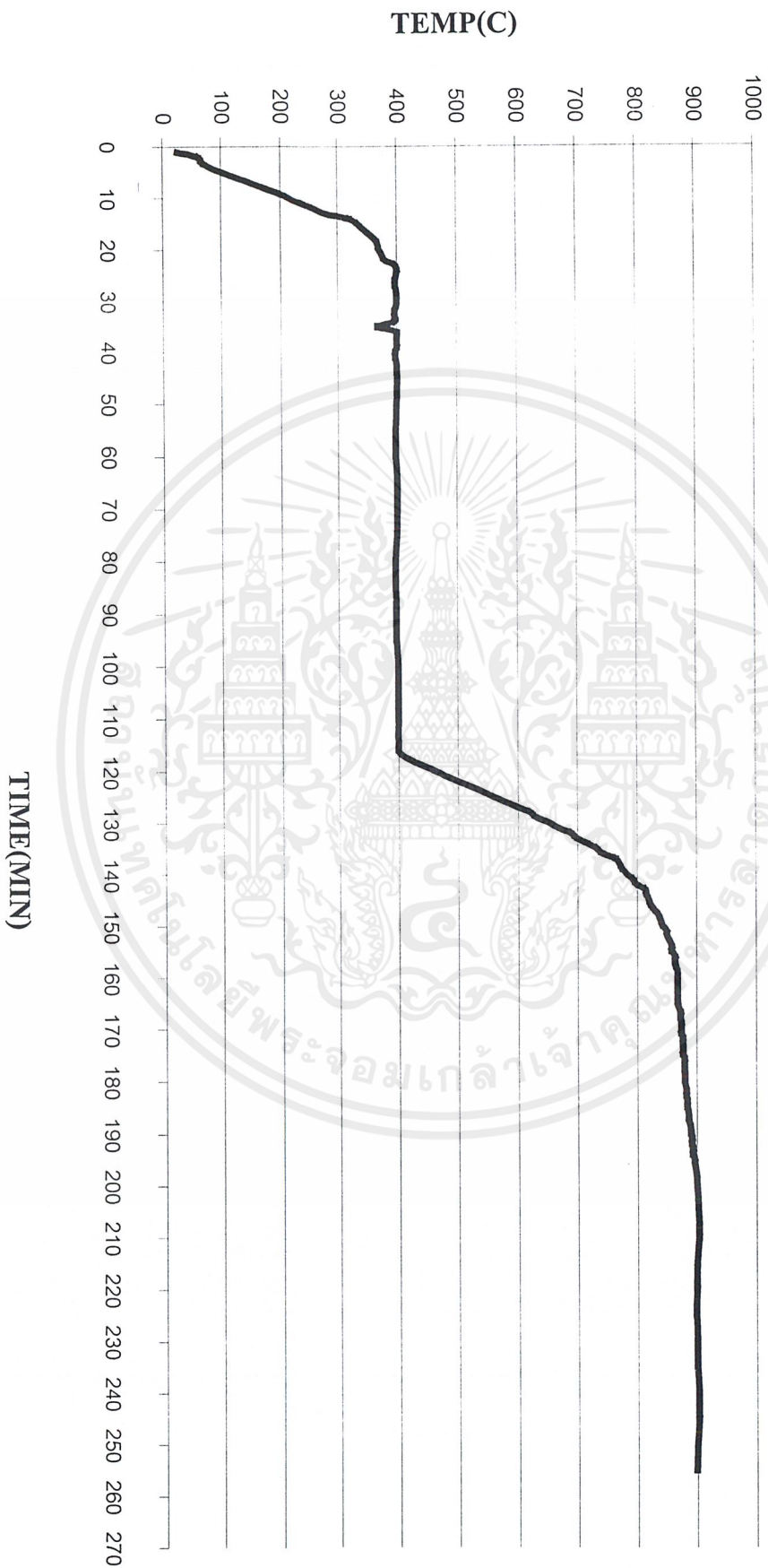
| | | | |
|----|-----|----|-----|
| 15 | 903 | 50 | 902 |
| 20 | 900 | 55 | 900 |
| 25 | 899 | 60 | 898 |
| 30 | 898 | | |



รูปที่ 5.4 Profile ของการรักษาระดับอุณหภูมิที่ 900°C

- 5) ทำการเขียนกราฟแสดงการทำงานของเตาอบกระดูกทั้งหมด 4 STEPให้อยู่ในรูปเดียวกัน เพื่อแสดงเป็นลักษณะของ Profile

PROFILE ของการทำงานทั้งหมด



รูปที่ 5.5 Profile ของการทำงานทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

บทสรุปและวิจารณ์

เตาอบกระดุกที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ ใช้เตาอบเก่ามาดัดแปลงส่วนควบคุมให้สามารถกำหนดรูปแบบการปรับแต่งอุณหภูมิภายในให้เหมาะสมกับการนำมาใช้ในการอบกระดุกให้เป็น Hydroxyapatite เพื่อนำไปทำลูกตาเทียมที่ศูนย์เนื้อเยื่อกรุงเทพ การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในการควบคุมร่วมกับวงจรวัดอุณหภูมิ สามารถทำการเลือกหรือตั้งค่าโปรแกรมการใช้งานอบกระดุกได้ที่ต้องการและยังสามารถเลือกใช้หรือตั้งค่าของโปรแกรมที่ต้องการใช้งานได้ถึง 4 แบบ และในการตั้งค่าในแต่ละโปรแกรมนั้นยังสามารถตั้งค่าของ STEP ต่างๆ ได้อีกถึง 10 STEP (ดูภาคผนวก)

จากการใช้ค่าในการทดลองที่ 400 องศาเซลเซียส และที่ 900 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการเร่งอุณหภูมิในช่วงต้นนั้น จะมีการเพิ่มของอุณหภูมิอย่างรวดเร็ว และค่อยลดลงเมื่ออุณหภูมิเข้าใกล้ค่าที่เราทำการตั้งไว้ คือที่ 400 องศาเซลเซียส และที่ 900 องศาเซลเซียส โดยที่ 400 องศาเซลเซียส นั้นเราสามารถทำการควบคุมอุณหภูมิได้ค่อนข้างใกล้เคียงกว่า ที่ 900 องศาเซลเซียส เนื่องจากค่าของอุณหภูมิที่ต่ำกว่าและยังไม่ผลต่อวงจรทางอิเล็กทรอนิกส์มากนักแต่เมื่อค่าของอุณหภูมิมียุคสูงขึ้นก็ทำให้วงจรทางอิเล็กทรอนิกส์มีการทำงานที่ผิดพลาดมากกว่าจึงทำให้การสวิงค่าของอุณหภูมิมากกว่า

ในเรื่องของการ Calibrate Thermocouple นั้นจะเป็นเปรียบเทียบกับรูปของกราฟของเทอร์โมคัปเปิลชนิด K เพราะเราไม่สามารถทำการไปปรับเทียบกับอุปกรณ์มาตรฐานได้ เนื่องจากต้องเสียค่าใช้จ่ายสูงและไม่จำเป็นต้องการความละเอียดมากขนาดนั้น ส่วนในการทดลองนั้นได้มีการนำผลของอุณหภูมิจากการวัดจากมิเตอร์ที่ใช้วัดอุณหภูมิอีกตัวหนึ่งเป็นตัวเปรียบเทียบเหมือนกัน

ปัญหาที่เกิดขึ้นคือ เรายังไม่สามารถทำการควบคุมค่าอุณหภูมิให้เป็นไปในลักษณะของ Profile ได้ดี โดยในช่วงแรก ๆ นั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิอย่างรวดเร็วและเกือบจะถึงค่าของที่ตั้งไว้ จะค่อยช้าๆ ลงก่อนค่าที่ตั้งไว้โดยใช้เวลาค่อนข้างมากกว่า อย่างไรก็ตามปัญหานี้จะถูกแก้ไข หากมีผลต่อคุณภาพของกระดุกที่ได้

หนังสืออ้างอิง

1. รองศาสตราจารย์ สมยศ จุณณะปีย์, “การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์”
คณะวิศวกรรมศาสตร์,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
358 หน้า,2543
2. รัชชัย อินทุไสและไตรภพ อินทุไส, “ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051”,สำนักฟิสิกส์เซ็นเตอร์,
173 หน้า
3. ผศ. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์, “หลักการของเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม”
คณะวิศวกรรมศาสตร์,สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
217 หน้า,2541
4. Julian W. Gardner, “Microsensors principles and applications”, University of Warwick
UK, 331p. , 1994



ภาคผนวก



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คู่มือการใช้เตาอบกระดูก

คุณสมบัติของเตาอบกระดูก

1. สามารถตั้งให้เตาทำงานได้ทั้งหมดถึง 4 รูปแบบหรือตั้งให้เตาทำ Profile ได้ถึง 4 แบบ ทำให้สะดวกในการเลือกใช้งาน
2. สามารถทำการตั้งอุณหภูมิได้สูงสุดถึง 1,100 °C และตั้งเวลาได้สูงสุดถึง 9.59 ชั่วโมงในแต่ละช่วงของการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ
3. สามารถทำการตั้งค่าการทำงานได้จากเป็นหน้าเตาอบกระดูกได้โดยตรง และยังสามารถทำการตั้งให้เตาอบกระดูกทำงานได้อีกด้วย
4. มีการแสดงผลเป็น LED เพื่อแสดงบอกสถานะในแต่ละ STEP ทั้งหมด 10 STEP

การใช้งานของเตาอบกระดูก

ปุ่มหน้าแป้นของเตาอบกระดูก ที่ใช้ในการสั่งงานและทำการ โปรแกรมเตาอบกระดูก

| | | | |
|--------|---|-----|-----|
| 1 | 2 | 3 | FNC |
| 4 | 5 | 6 | + |
| 7 | 8 | 9 | - |
| No use | 0 | RUN | CLR |

รูปที่ 1 ปุ่มหน้าแป้นของเตาอบกระดูก

- ตัวเลข หมายถึง ปุ่มที่ใช้ในการกดค่าให้กับเตาอบกระดูก
- FNC หมายถึง ปุ่มที่ใช้เพื่อทำการเขียน Profile ให้กับเตาอบกระดูก
- (+) หมายถึง ปุ่มที่ใช้ในการเลื่อนSTEP ขึ้น ขณะที่กำลังเขียนค่าลงในแต่ละ Profile หรือเลื่อนเพื่อเลือก Profile ที่ต้องการ RUN ขึ้น
- (-) หมายถึง ปุ่มที่ใช้ในการเลื่อนSTEP ลง ขณะที่กำลังเขียนค่าลงในแต่ละ Profile หรือเลื่อนเพื่อเลือก Profile ที่ต้องการ RUN ลง

เอกสาร RUN นี้หมายถึง ปุ่มที่ใช้สั่งงานเพื่อให้เตาอบทำงาน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CLR หมายถึง ปุ่มที่ใช้ในการยกเลิกการทำงานเมื่อมีการ RUN แล้วหรือออกจากการเขียนค่าลงในแต่ละ Profile เมื่อทำการเขียนเสร็จแล้ว หน้าจอ LCD เมื่อเริ่มใช้งาน ขณะที่ยังไม่ได้มีการใช้งานและยังไม่ได้ทำการโปรแกรม

PV.TEMP = 27 C

ST.TEMP = ____ C

PV.TIME = 0 0 : 00 hr

PV.TIME = __ : __ hr

PV.TEMP = ค่าของอุณหภูมิในขณะนั้น เช่น 27 °C
 ST.TEMP = ค่าของอุณหภูมิที่ต้องการควบคุมให้ได้หรืออุณหภูมิที่ต้องการให้ไปถึง
 PV.TIME = ค่าของเวลาในขณะนั้น จะมีการเปลี่ยนแปลงขึ้นไปเรื่อยๆ ตามเวลาการเปลี่ยนแปลง
 PV.TIME = ค่าของเวลาที่เรารับค่ากำหนดให้เตาอบทำงาน

การเขียนหรือแก้ไขค่าเพื่อสั่งงานเพื่อสั่งงานเตาอบกระดูก

- เมื่อทำการเปิด switch ไฟแล้วให้ กด ปุ่ม FNC เพื่อทำการเขียนค่าลงในแต่ละ Profile ซึ่งเราสามารถทำการเขียนค่าลงในแต่ละ Profile ได้ถึง 4 Profile ตามที่เราต้องการได้ เพื่อความสะดวกในเลือกใช้งาน ซึ่งจะแสดงค่าในจอ LCD เป็น Program 1 , Program 2 , Program 3 และ Program 4 โดยเราจะเลื่อนเพื่อเลือกเขียนค่าหรือแก้ไขในแต่ละ Profile โดยการกดแป้น (+) หรือ (-) เพื่อทำการเลื่อนขึ้นหรือเลื่อนลง เช่น

Program 1

Program STEP 1

SP: TEMP = ____ C

SP : TIME = ____ hr

รูปที่ 2 หน้าจอ LCD เมื่อเลือกเข้าทำการเขียนค่าหรือแก้ไขค่าใน Profile ที่ 1

- เมื่อเลือกว่าต้องการเขียนหรือแก้ไขค่าในแต่ละ Profile ได้แล้ว ซึ่งในแต่ละ Profile นั้นเราสามารถทำการตั้งค่าของ STEP ของการเปลี่ยนแปลงได้ถึง 10 STEP เช่นถ้าเราเลือกใช้ Profile ที่ 1 แล้วเราก็จะทำการตั้งค่าของ STEP ของการเปลี่ยนแปลงให้ของแต่ละ STEP ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Profile ที่ 1 เราจะทำการเขียนหรือแก้ไขค่าได้โดยการ กดปุ่ม FNC แล้วก็จะปรากฏตัวกระพริบเพื่อให้เราทำการเขียนหรือแก้ไขค่า โดยที่ค่าของอุณหภูมิสามารถตั้งได้สูงสุดถึง 1,100 °C และตั้งค่าของเวลาได้สูงสุดถึง 9.59 ชั่วโมง เช่น เราต้องการตั้งค่าของอุณหภูมิในการเปลี่ยนแปลงใน STEP ที่ 1 จาก อุณหภูมิห้องไปยัง 400 °C โดยใช้เวลาดังทั้งหมด 1 ชั่วโมง ก็จะมีการแสดงหน้าจอ LCD เป็นดังรูปที่ 3

Program 1

Program STEP 1

SP: TEMP = 0400 C

SP : TIME = 01:00 hr

รูปที่ 3 การเขียนค่าลงใน Profile ที่ 1 และ STEP ที่ 1

จากนั้นก็ทำการกดปุ่ม (+) เพื่อทำการเขียนหรือแก้ไขค่าใน STEP ที่ 2 ต่อไป โดยทำเหมือนกับการเขียนหรือแก้ไขค่าใน STEP ที่ 1 เมื่อทำการเขียนหรือแก้ไขค่าที่เราต้องการใช้ได้ครบหมดแล้ว ไม่จำเป็นต้องครบทั้ง 10 STEP ก็ได้ โดยการตั้งค่าใน STEP สุดท้ายในการใช้งานให้ตั้งค่าของ อุณหภูมิค่าสุดที่ 50 °C และเวลาที่ 00:00 นาที จากนั้น ให้ออกมาจากการเขียนหรือแก้ไขค่าใน STEP โดยการกดปุ่ม CLR

- 3) ถ้าเรายังต้องการทำการเขียนหรือแก้ไขค่าใน Profile ที่ 2 - 4 อีกก็ให้ทำการเลือก Profile นั้นๆ โดยการกดปุ่ม (+), (-) เพื่อเลือก Profile ที่ต้องการแล้วทำการใส่ลงในแต่ละ STEP ของ Profile นั้นๆ ต่อ ไปอีกโดยทำเหมือนกับการเขียนหรือแก้ไขใน Profile ที่ 1 แต่ถ้าไม่ต้องการแล้ว ก็ให้กดปุ่ม CLR อีกครั้ง เพื่อให้ออกมาสู่หน้าจอปกติ
- 4) จากนั้นเราก็จะทำการ RUN Program ที่เราได้ทำการเขียนค่าไว้ใน Profile นั้นๆ โดยการกดปุ่ม RUN หน้าจอ LCD จะปรากฏข้อความดังรูปที่ 4

+++++

RUN

PROGRAM 1

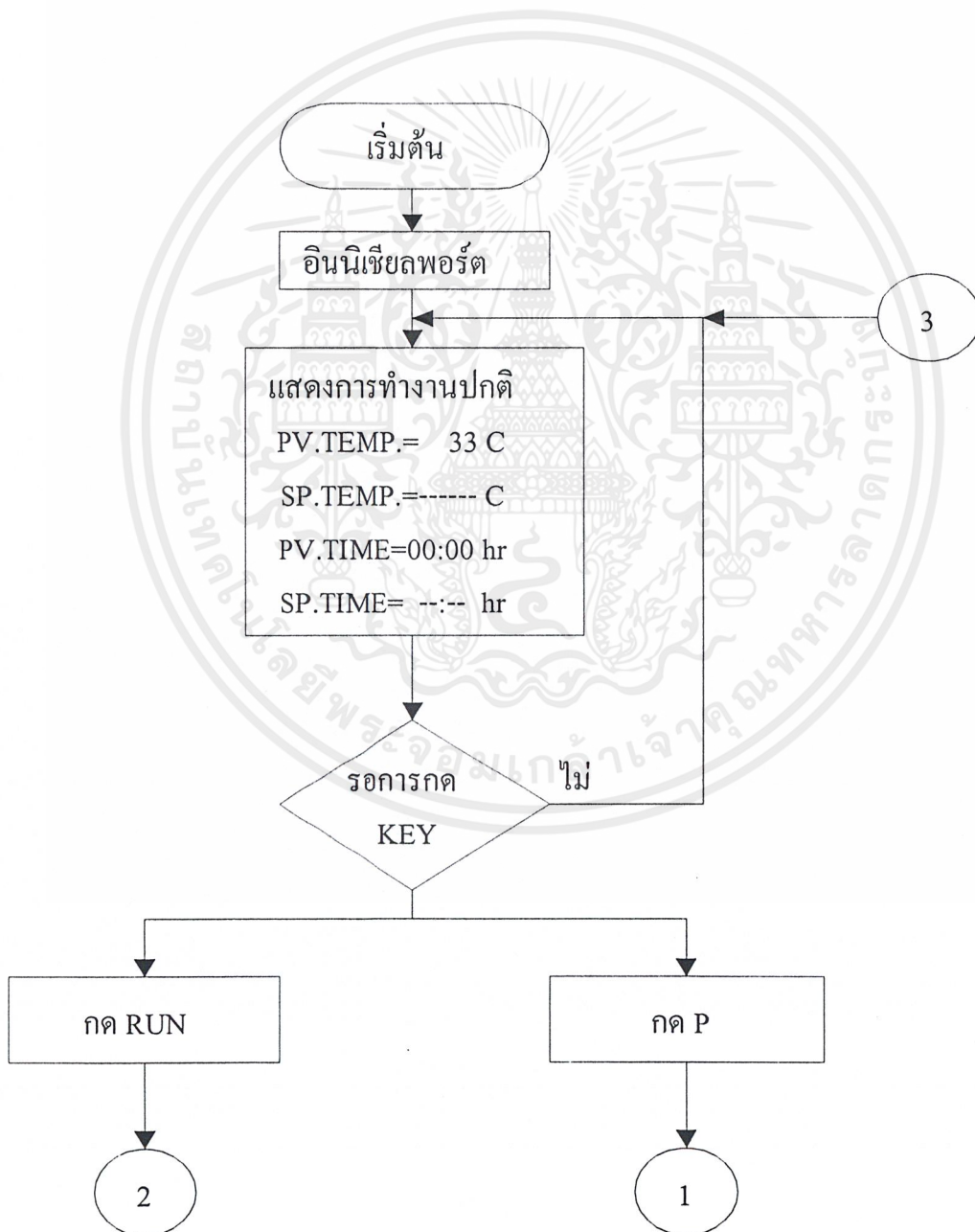
+++++

รูปที่ 4 หน้าจอเพื่อรอรับการ RUN เพื่อสั่งงานให้เตาอบทำงาน

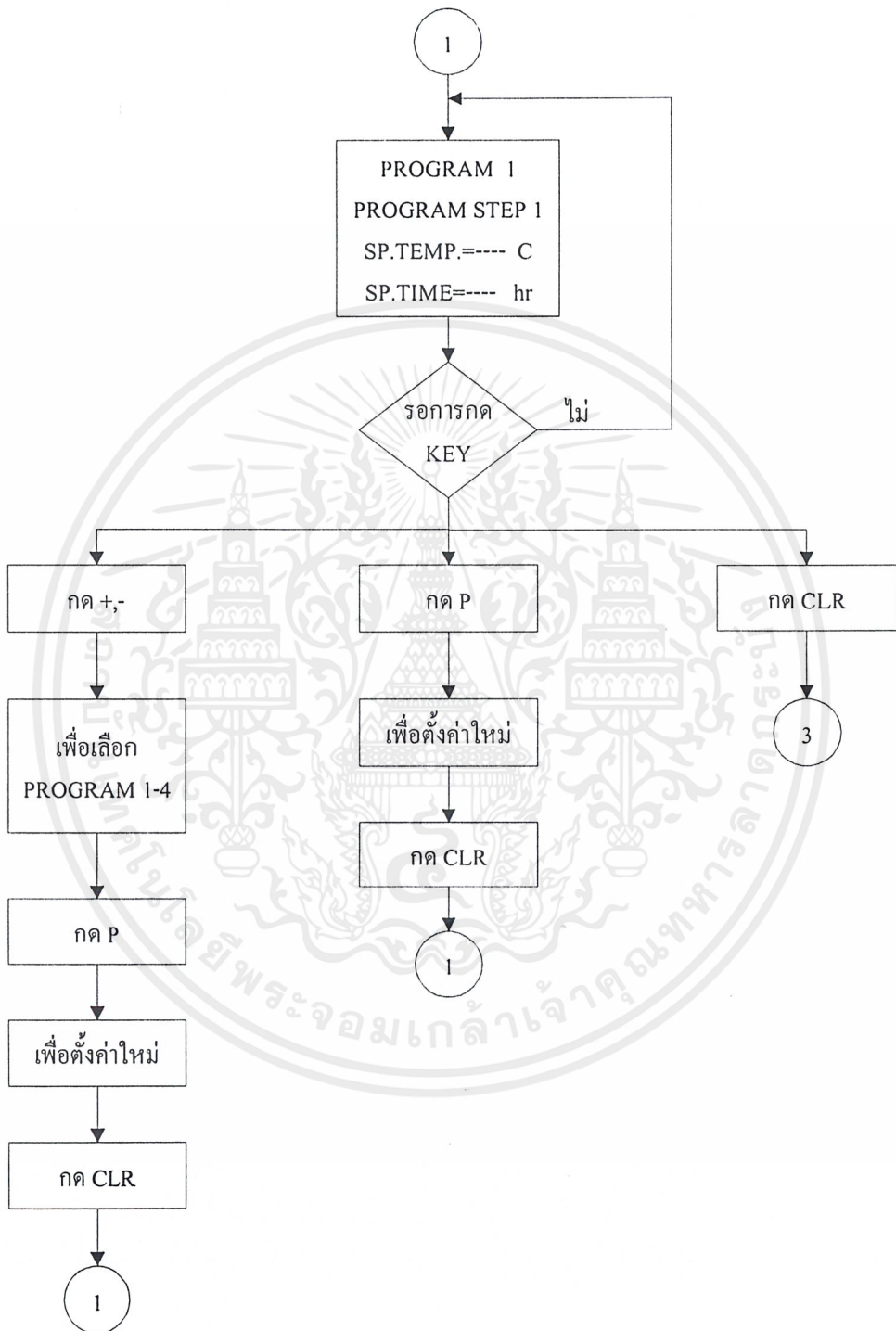
แล้วทำการกดปุ่ม (+) หรือ (-) เพื่อทำการเลือก Profile 1 – 4 เมื่อทำการเลือกได้แล้ว เช่น เลือก Profile ที่ 1 จากนั้นก็ให้กดปุ่ม RUN อีกครั้งเพื่อทำการสั่งให้เตาอบกระตุกทำงาน ในระหว่างนี้หากว่ามีการกดปุ่ม CLR ก็จะมีการยกเลิกการทำงานใน Profile นั้นๆ โดยทันที

ดังนั้นจึงควรระวังในเรื่องนี้ด้วย จากนั้นเตาอบกระดูกก็จะทำงานตามค่าในแต่ละ STEP ที่ได้ทำการตั้งค่าไว้ใน Profile นั้นๆ จนเสร็จ

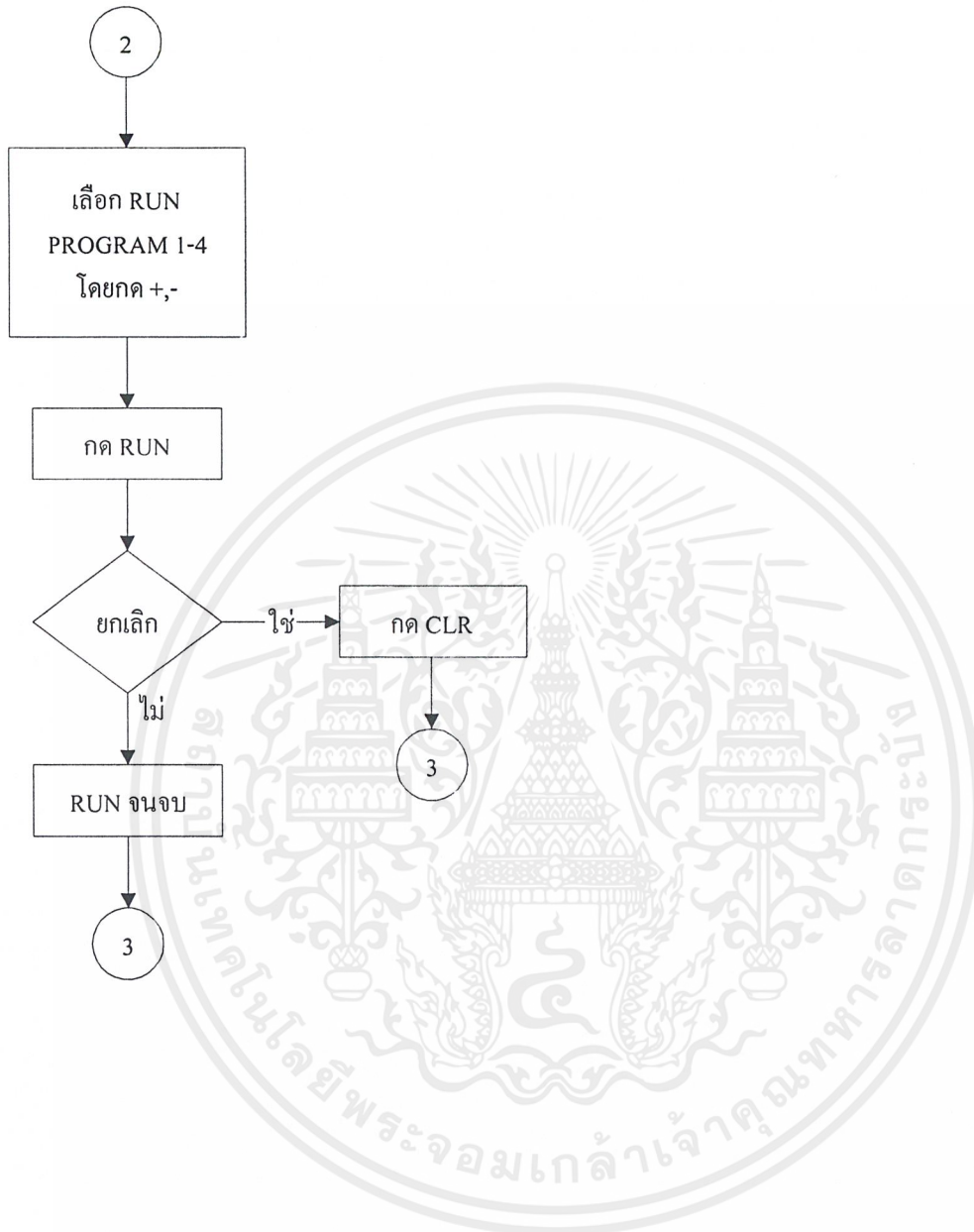
Flow Chart การทำงานของเตาอบกระดูก



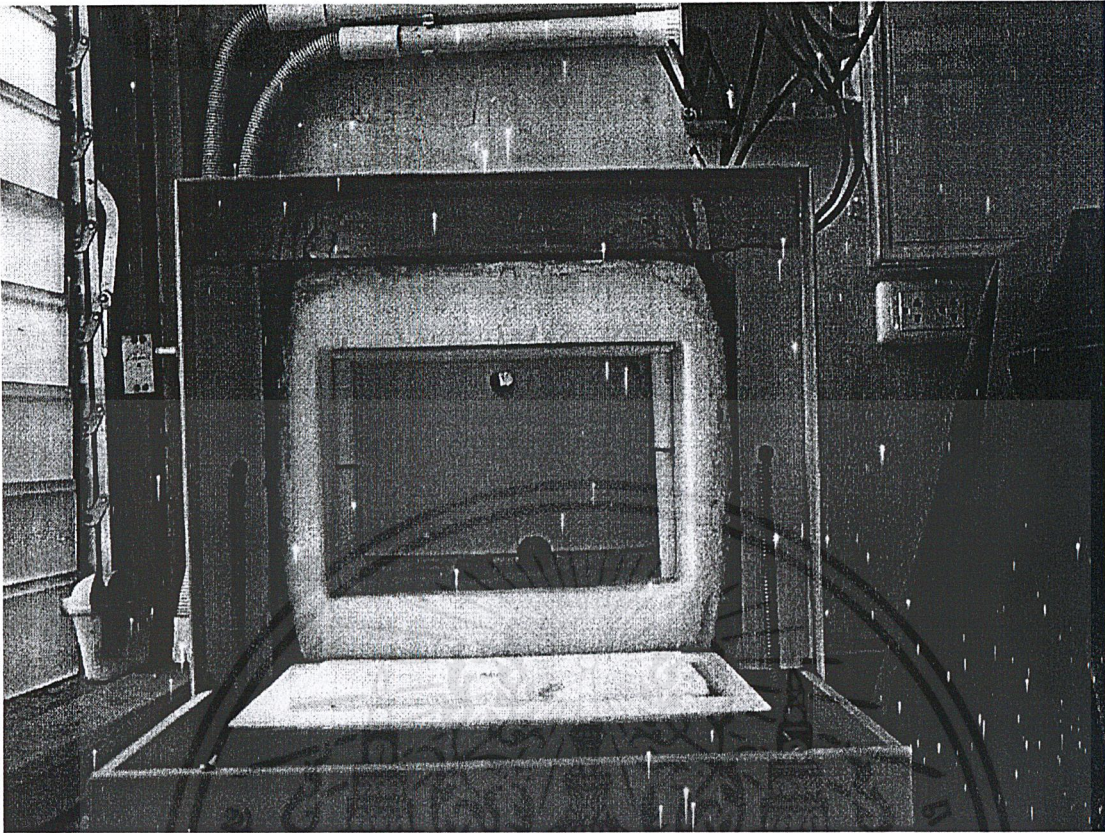
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



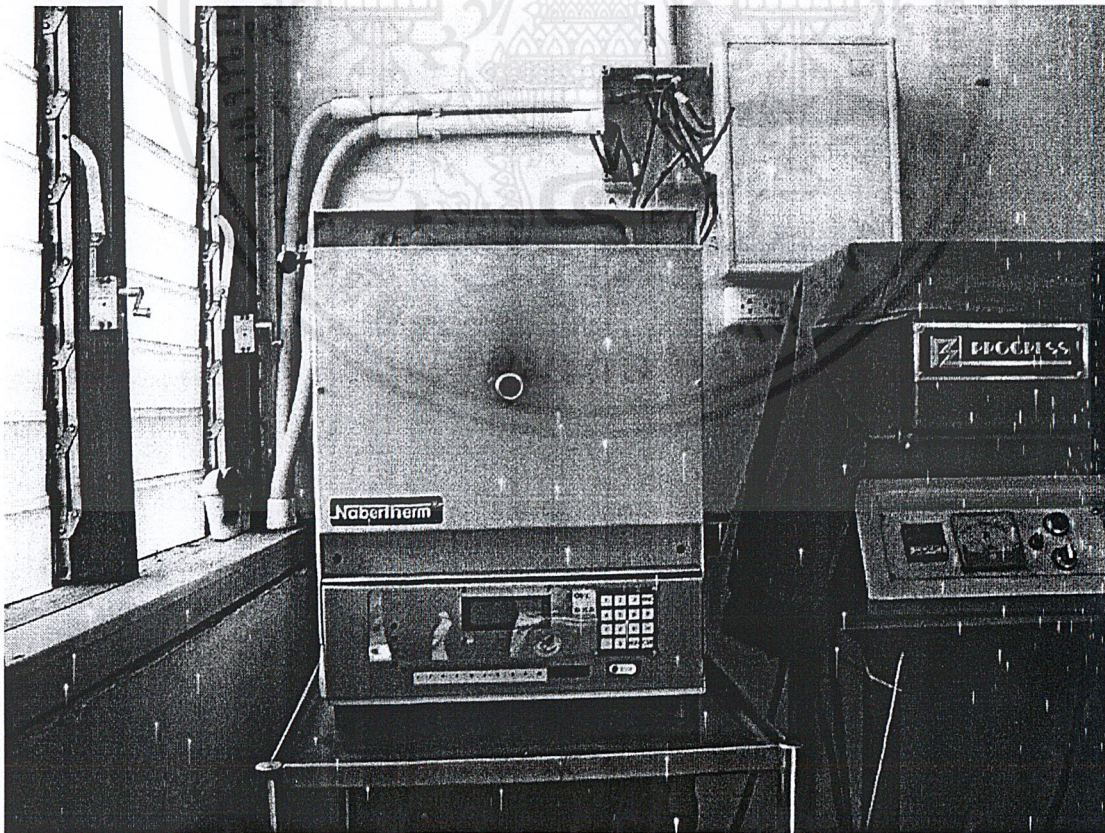
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปเตาอบกระดูก1



รูปเตาอบกระดูก2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ ทม.0807.30/090



ศูนย์เนื้อเยื่อชีวภาพกรุงเทพฯ
คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล
ตึกสลาภกิ้นแข่งรัฐบาล ชั้น 3
โรงพยาบาลศิริราช บางกอกน้อย
กรุงเทพฯ 10700
โทร. 4197524-5

19 ธันวาคม 2544

เรื่อง ขอขอบคุณและชมเชย
เรียน นายนราฤทธิ์ วัตวิไล

ตามที่ทางศูนย์เนื้อเยื่อชีวภาพกรุงเทพฯ ในพระอุปถัมภ์ สมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอเจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงนราธิวาสราชนครินทร์ คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล ได้ขอความอนุเคราะห์จากทางภาควิชาอเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และทางคณะวิศวกรรมศาสตร์ ได้มอบหมายให้นายเชวงศักดิ์ พิไลนพงศธร และ นายนราฤทธิ์ วัตวิไล นักศึกษาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ เป็นผู้ทำการซ่อมปรับปรุงเตาเผาความร้อนสูงจนสามารถใช้งานได้เหมือนเดิม ทางศูนย์เนื้อเยื่อฯ ขอชมเชยในความอุตสาหะครั้งนี้ ซึ่งถือว่าเป็นตัวอย่างที่ดีที่ได้มีความเพียรพยายามซ่อมประยุกต์ปรับปรุงอุปกรณ์จนสามารถนำไปใช้ในการผลิตกระดูกและเนื้อเยื่อสำหรับใช้ในการรักษาผู้ป่วยได้เป็นอย่างดี

จึงเรียนมาเพื่อขอขอบคุณและชมเชยในความอุตสาหะดังกล่าว และขอให้รักษาความดีนี้ไว้เพื่อเป็นอย่างตัวแก่นักศึกษารุ่นต่อไปและเพื่อประโยชน์ในการดำเนินชีวิตต่อไป

ขอแสดงความนับถือ

(ศ.นพ.ยงยุทธ วัชรดุลย์), ราชบัณฑิต
ผู้ก่อตั้งธนาคารกระดูกและเนื้อเยื่อฯ ในพระอุปถัมภ์ฯ
ที่ปรึกษาคณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล
มหาวิทยาลัยมหิดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้