เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบ PID โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์

MICROPROCESSOR-BASED PID TEMPERATURE CONTROLLER

โดย

นายสนิท จันทรัตน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต

ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2534

008411

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2534

เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบ PID โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์

MICROPROCESSOR-BASED PID TEMPERATURE CONTROLLER

โดย

นายสนิท จันทรัตน์ เลขประจำตัว 28.6715

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.ภากร หุตะสังกาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบ PID โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์

โดย นายสนิท จันทรัตน์
อาจารย์ที่ปรึกษา อ.ภากร ทุตะสังกาศ
ปีการศึกษา 2534

บทคัดย่อ

การควบคุมอุณหภูมิแบบ PID นั้นนับว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมสูงและเป็นที่นิยมในอุตสาหกรรมที่ต้องการควบคุมอุณหภูมิที่มีความแม่นยำสูง แต่เครื่องควบคุมแบบ PID นั้นค่อนข้างจะยุ่งยากในการออกแบบและสร้างด้วยฮาร์ดแวร์ ดังนั้นในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ขอเสนอการประยุกต์ใช้ไมโครโพรเซสเซอร์ในเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบ PID เพื่อลดความยุ่งยากในการสร้างฮาร์ดแวร์และใช้ซอฟท์แวร์ในการประมวลผลแทน

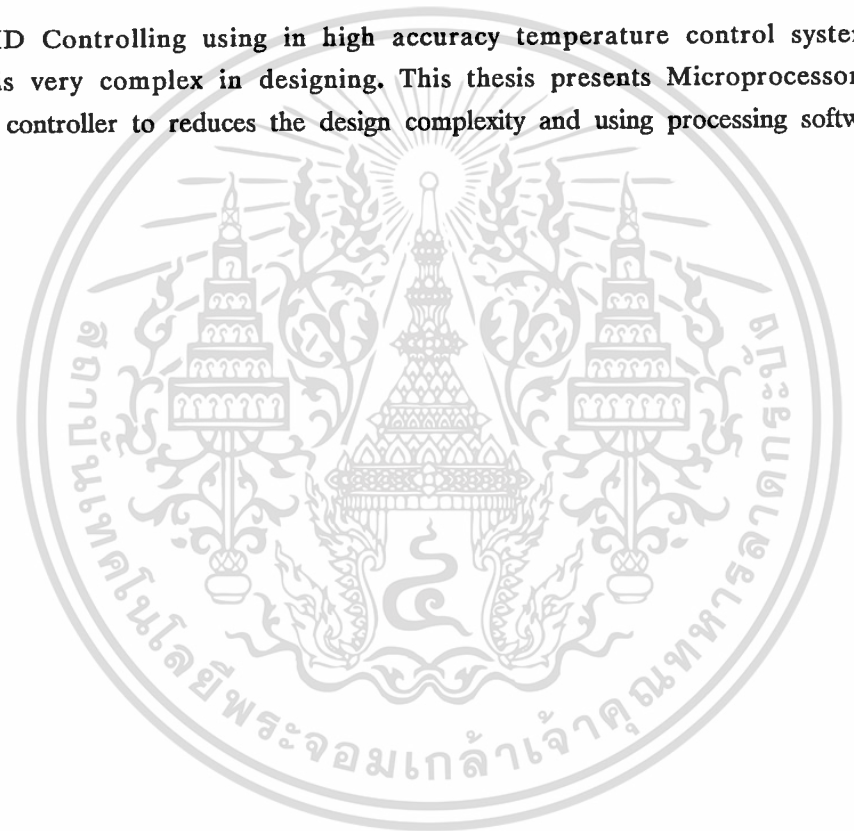
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MICROPROCESSOR-BASED PID TEMPERATURE CONTROLLER

BY Mr.Sanit Chantaratana
Project Report Advisor Mr.Phakorn Hutasangkas
Academic Year 1991

ABSTRACT

The PID Controlling using in high accuracy temperature control system. The PID controller is very complex in designing. This thesis presents Microprocessor-Based PID temperature controller to reduces the design complexity and using processing software to solve.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง หน้า

บทที่ 1 บทนำ

1.1 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

1.2 แนวความคิดในการทำวิทยานิพนธ์

1.3 การทำงานของระบบ

บทที่ 2 ทฤษฎีหลักการและการสร้าง

2.1 บล็อกไดอะแกรม (blockdiagram)

2.2 ทรานสดิวเซอร์ (transducer)

2.3 ซิกแนลคอนดิชั่นนิ่ง (signal conditioning)

2.4 ทรานสมิทเตอร์ (transmitter)

2.5 ไทม์เรสปอนส์ (time response)

2.6 ลิเนียลิตี้ (linearity)

2.7 หน่วย (unit)

2.8 เทอร์โมคับเปิ้ล (thermocouple)

2.9 การคำนวนและการสร้าง

2.9-1 ส่วนของทรานสดิวเซอร์และซิกแนลคอนดิชั่นนิ่ง

2.9-2 การชดเชยรอยต่อที่เย็น

2.9-3 การออกแบบวงจรขยายเทอร์โมคับเปิ้ล

บทที่ 3 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (ADC)

3.1 บทนำ

3.2 การเลือกใช้ไอซี อนาล็อกทูดิจิตอล

3.3 คุณสมบัติของ icl 7109

3.4 หลักในการทำงาน

3.5 การเลือกช่องในการวัด

บทที่ 4 ไมโครคอมพิวเตอร์คอนโทรล

4.1 ic หลักที่ใช้

4.1.1 ic z80

4.1.2 8255

4.1.3 uln 2803

4.1.4 mm 74c922

4.1.5 mc 1499

4.2 การทำงานของไมโครคอมพิวเตอร์

4.2.1 ไมโครคอมพิเตอร์ (single board)

4.2.2 ส่วนแสดงผลของอุณหภูมิ

4.2.3 ส่วนแสดงแซลแนลและโหมดการทำงาน

4.2.4 ส่วนเอ่าท์พุทของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.5 ส่วนของคีบอร์ด

4.2.6 ส่วนที่ทำหน้าที่เลือกอินพุทแซลแนลที่จะทำการประมวลผล

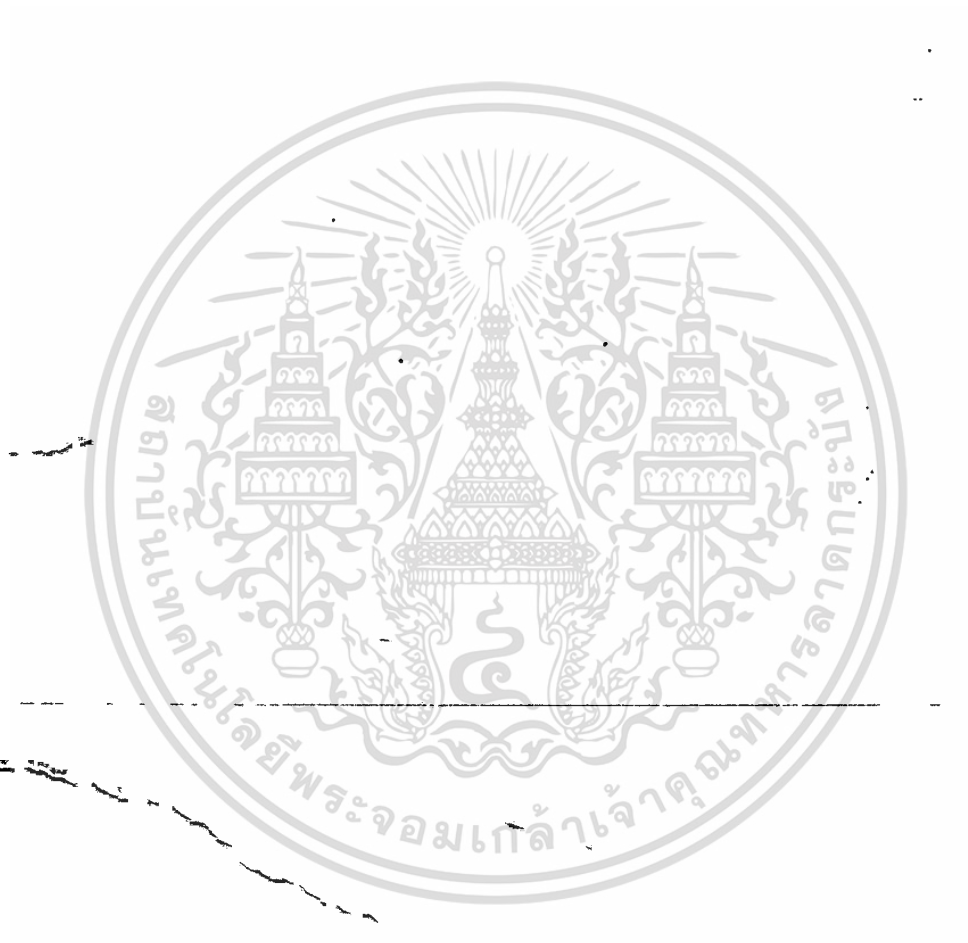
4.2.7 วอทช์ด็อก

4.3 โปรแกรมการทำงานของระบบ

4.3.1 โปรแกรมหลัก

4.3.2 โปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์

5. การทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

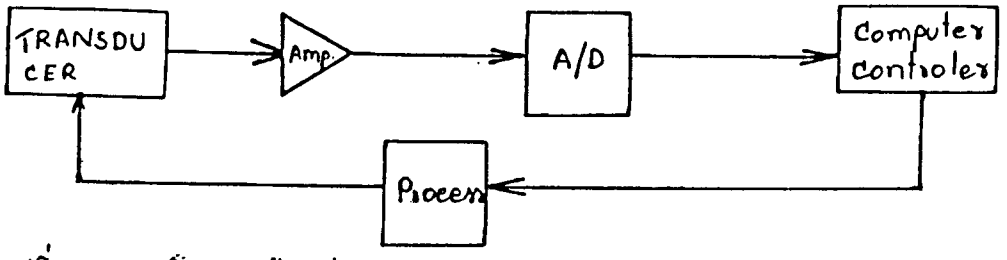
วัตถุประสงค์ และแนวคิดในการทำวิทยานิพนธ์

1.1 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์

ในปัจจุบันการพัฒนาทางด้านไมโครคอมพิวเตอร์ มีเทคโนโลยี่ที่ล้ำหน้ามาก และมีราคาไม่แพงนักอีกทั้งยังมีความแม่นยำสูง และมีความรวดเร็วมากการออกแบบระบบก็ไม่มีความยุ่งยากมากนัก ดังนั้นจึงมีการพัฒนาระบบต่าง ๆ ให้ใช้ได้กับไมโครคอมพิวเตอร์ มีการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ แผ่นพิมพ์เดียวสำหรับควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบให้เป็นระบบใหญ่ขึ้นเพื่อให้คุ้มค่ากับไมโครคอมพิวเตอร์ที่สร้างขึ้นวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้เสนอวิธีการออกแบบสร้าง ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ ที่ใช้ในการควบคุมอุณหภูมิของอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ 8 ชนิด พร้อม ๆ กันโดยใช้อุปกรณ์ที่หาได้ภายในประเทศ เพื่อที่จะให้สามารถนำไปใช้งานได้ และการบำรุงรักษาก็ไม่ยุ่งยากอีกทั้งยังเป็นการส่งเสริมให้มีการนำเอาระบบควบคุมชนิดนี้ไปใช้เป็นพื้นฐานในการออกแบบระบบที่ใหญ่ขึ้นไปได้อีก เพื่อประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

1.2 แนวความคิดในการทำวิทยานิพนธ์

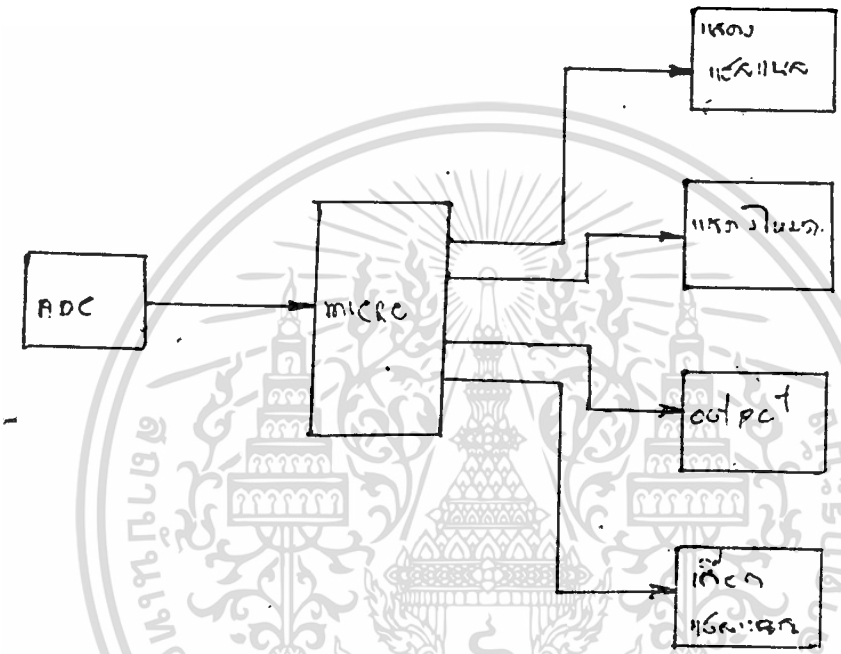
การควบคุมอุณหภูมินั้นเราสามารถทำได้โดยใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ แต่ก็ยังมีคุณสมบัติที่ไม่เที่ยงตรงกับอุณหภูมิที่เราต้องการ การปรับค่าอุณหภูมิที่ต้องการก็ทำได้ยาก อีกทั้งการแสดงค่าของอุณหภูมิในขณะนั้นเป็นตัวเลขยิ่งทำได้ยากเข้าไปอีกดังนั้นจึงสร้างระบบไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นตัวควบคุมการตรวจจับอุณหภูมิ ทุกระยะตามที่เราต้องการอีกทั้งยังสามารถ ตั้งค่าของอุณหภูมิที่ต้องการและแสดงค่าของอุณหภูมิในขณะนั้นได้อีกด้วย นอกจากนี้การควบคุมยังสามารถทำได้พร้อมกันทีเดียว 8 channell การทำงานของเครื่องเป็นแบบ ON-OFF โดยตั้ง Limit บนและ Limit ล่างของอุณหภูมิที่ต้องการในแต่ละ chanel ได้ ทาง Key board (Limit บน หมายถึงอุณหภูมิสูงสุดของระบบที่ต้องการ ส่วนLimit ล่างหมายถึงอุณหภูมิต่ำสุดของระบบ) โครงสร้างแบบง่าย ๆ ของระบบสามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรม (Block diagram) ได้ดังรูป 1.1



รูปที่ 1.1 โครงสร้างง่าย ๆ ของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ ที่ใช้ในการควบคุมสามารถเขียนเป็นบล็อกไดอะแกรมได้ดังรูป 1.2



รูปที่ 1.2 บล็อกไดอะแกรมของไมโครคอมพิวเตอร์

จากรูปที่ 1.1 จะเห็นว่าโครงงานนี้แบ่งออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. ส่วนวัดอุณหภูมิโดยใช้เทอร์โมคัปเปิล และขยายสัญญาณ
2. ส่วยแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิตอล (Analog to digital convertor)
3. ส่วนไมโครคอมพิวเตอร์คอลโทรล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 การทำงานของระบบ

เมื่อเปิดเครื่อง ทรานดิวเซอร์ (ในที่นี้คือเทอร์โมคัปเปิล) จะวัดอุณหภูมิของโปรเซส โดยเปลี่ยนความร้อนในโปรเซส เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงและไฟฟ้ากระแสตรงนี้จะถูกขยายให้มีขนาดที่ต้องการ จากนั้นสัญญาณที่ถูกขยายนี้จะถูกแปลงจากสัญญาณอนาลอกไปเป็นสัญญาณดิจิตอลส่งให้กับ CPU เพื่อประมวลผล เมื่อให้ได้ OUTP

สำหรับรายละเอียดการทำงานของแต่ละส่วนจะกล่าวถึงในบทต่อไป

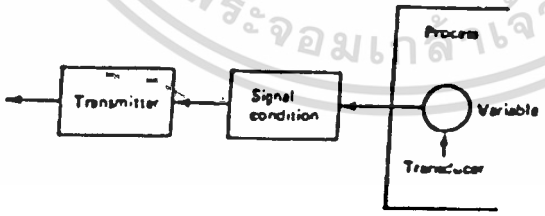
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีหลักการและการสร้าง
ซิกแนลคอนดิชันนิง (signal conditional)

ในขบวนการวัดและควบคุม (process control) โดยทั่ว ๆ ไปแล้วมีจุดประสงค์คือ ทำการวัดและควบคุม ขบวนการที่เปลี่ยนแปลง (process variable) ในการทำงานของระบบของการวัดและควบคุมนั้นมีความจำเป็นที่จะต้องใช้สัญญาณอนาล็อก (analog) หรือ สัญญาณดิจิตอล (digital) อันใดอันหนึ่งหรือทั้งสองอัน มีขบวนการที่เปลี่ยนแปลงจำนวนมากที่เราจะต้องควบคุมในขบวนการของโรงงานอุตสาหกรรม ในระบบของการวัดและควบคุมสัญญาณที่ได้มาในขั้นแรกจะเป็นสัญญาณอนาล็อกส่วนในระบบควบคุมที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ (microprocessor) สัญญาณที่ได้จากขบวนการที่เปลี่ยนแปลงจะต้องทำการเปลี่ยนให้อยู่ในรูปแบบของสัญญาณดิจิตอลเสียก่อน จากที่กล่าวมานั้นมันมีวิธีการหรือขั้นตอนคร่าว ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 บล็อกไดอะแกรม (block diagram)

โดยทั่ว ๆ ไปแล้วการได้มาของสัญญาณอนาล็อกจะได้จากขบวนการที่เปลี่ยนแปลงซึ่งใช้ตัวทรานซดิวเซอร์ (transducer) หรือตัวเซ็นเซอร์ (sensor) เป็นตัววัดหรือตรวจสอบ เพื่อให้ได้มาซึ่งสัญญาณอนาล็อกที่เหมาะสมสำหรับการเปลี่ยนแปลง (convert) ไปเป็นสัญญาณดิจิตอลต่อไป ภายใต้การได้มาของสัญญาณอนาล็อกนั้นเพื่อความสะดวกเราจะแยกระบบออกเป็น 3 ส่วน ดังรูปที่ 2-1 มี ทรานซดิวเซอร์ , ซิกแนลคอนดิชั่นนิ่ง (signal conditioning) และ ทรานสมิตเตอร์ (transmitter)



รูป 2-1 แสดงถึงภายใต้การได้มาของสัญญาณอนาล็อก ซึ่งมีส่วนประกอบพื้นฐาน 3 ส่วน ดังบล็อกไดอะแกรม

2.2 ทรานซดิวเซอร์ (transducer)

ทรานซดิวเซอร์ เป็นส่วนแรกของระบบการวัดและควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทรานซดิวเซอร์จะทำการเปลี่ยนขบวนการที่เปลี่ยนแปลงให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมโดยส่วนมากจะทำการเปลี่ยนจากขบวนการที่เปลี่ยนแปลงใด ๆ ให้อยู่ในรูปของสัญญาณทางไฟฟ้า ทรานซดิวเซอร์นี้บ่อยครั้งถูกเรียกว่า ไพรมารี่ อีลีเม้น (primary element) หน้าที่ของทรานซดิวเซอร์มันจะมีความสัมพันธ์ระหว่าง การวัดค่าของขบวนการที่เปลี่ยนแปลง (measurement variable) กับสัญญาณที่ที่ได้จากการวัด (measurement signal)

2.3 <u>ซิกแนลคอนดิชั่นนิ่ง</u> (signal conditionning)

การทำงานของ ซิกแนล คอนดิชั่นนิ่ง นี้จะมีหน้าที่ในการปรับหรือเปลี่ยนรูปแบบของระดับสัญญาณที่ได้จากการวัดให้อยู่ในรูปแบบที่เหมาะสม ตัวอย่างเช่น ถ้าทรานซดิวเซอร์ เปลี่ยนจากอุณหภูมิ (temperature) ให้เป็นความต้านทาน (resistance) ดังนั้นในส่วนของ ซิกแนล คอนดิชั่นนิ่ง นี้ก็จะทำการเปลี่ยนค่า ความต้านทานให้เป็น แรงดัน (voltage) หรือ กระแส (current) ส่วนในขบวนการวัดและควบคุมที่ใช้ คอมพิวเตอร์ (computer) ซิกแนล คอนดิชั่นนิ่งนี้ จะใช้ในการเปลี่ยนสัญญาณ อนาล็อก ที่ได้จากการวัด ให้เป็นสัญญาณ ดิจิตอล เสียก็ได้

2.4 <u>ทรานสมิทเตอร์</u> (transmitter)

ทรานสมิทเตอร์ มีหน้าที่ในการถ่ายทอดหรือส่งต่อสัญญาณจากจุดที่วัดไปยังห้องควบคุม มันจะเกิดการควบคุมที่ผิดเพี้ยนถ้าเราไม่ใช้ ทรานสมิทเตอร์ เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ถ้าเรามีจุดศูนย์กลางเพื่อการควบคุม มันจะมีความจำเป็นมากที่เราจะต้องส่งต่อสัญญาณที่ได้จากการวัดไปยังห้องควบคุม ซึ่งเราไม่สามารถส่งสัญญาณอนาล็อกที่อยู่ในรูปของแรงดัน ไปไกล ๆ ได้ ส่วนมากจะส่งในรูปแบบของกระแส เนื่องจากว่าถ้าส่งในรูปของแรงดันไปตามสายไกล ๆ จะทำให้แรงดันลดลงในสาย เพราะความต้านทานของสายส่ง แต่ถ้าส่งในรูปของกระแส กระแสในหลูป (current loop) จะไหลเท่ากันในหลูป ดังนั้น ทรานสมิทเตอร์ ก็จะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ ที่ได้จาก ซิกแนล คอนดิชั่นนิ่ง ให้เป็น กระแส เพื่อการส่งต่อ ในบางครั้งอาจจะเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณ ดิจิตอล จากจุดที่วัด แล้วจึงถ่ายทอดหรือส่งต่อแบบ อนุกรม (serial bit)

2.5 <u>ไทม์เรสปอนส์</u> (time response)

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า การทำงานของระบบควบคุมจะขึ้นอยู่กับเวลานับตั้งแต่นั้นมา จุดประสงค์หรือเป้าหมายของระบบควบคุม คือ การควบคุมค่าของขบวนการที่เปลี่ยนแปลงให้อยู่ภายในเวลาที่กำหนด เพราะว่าโดยพื้นฐานที่กล่าวมานี้จะส่งผลกระทบต่อค่าของเวลา ส่วนมากในระบบการควบคุมที่มีการป้อนกลับ (process control loop) ค่าของ ไทม์เรสปอนส์ มันจะเป็นตัวบ่งบอกถึง รูปแบบของ เอ้าท์พุท (output) ของระบบของการวัดที่มีการเปลี่ยนแปลงต่อค่าของเวลา เมื่อ อินพุท (input) มีการเปลี่ยนแปลงต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

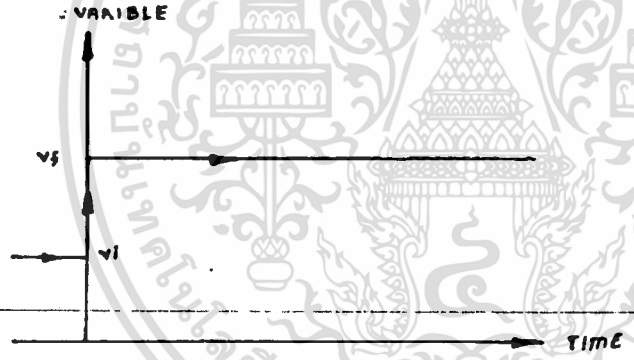
ค่าของเวลาเช่นกัน โดยทั่ว ๆ ไป การทำงานของระบบการวัดและควบคุมจะสามารถ บรรยายได้โดยใช้ ทรานเฟอร์ ฟังชั่น (transfer function)

$$v_m = T(v,t) \qquad (2\text{-}1)$$

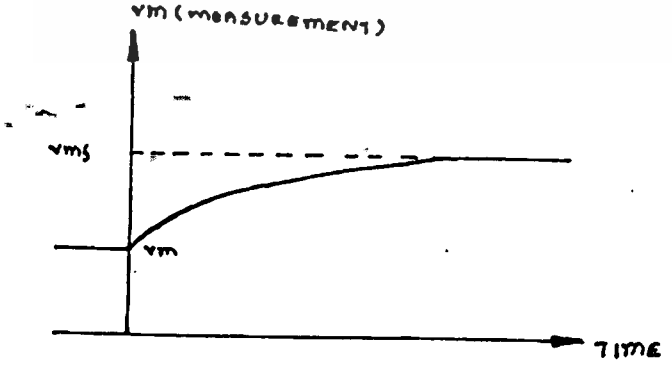
ในการกำหนดรูปแบบโดยการใช้ค่า ไทม์เรสปอนส์ บรรยายถึง ระบบของการวัด เราจะสมมติค่าของเวลา $t=0$ เพื่อทำการวัดค่าของขบวนการที่มีการเปลี่ยนที่ไม่ต่อเนื่องจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง วิธีนี้เรียกว่า การเปลี่ยนแปลงแปลงแบบทันทีทันใด (step change) ดังรูป 2-2 ที่ค่า $t=0$ การวัดค่าของขบวนการที่เปลี่ยนแปลง จะเริ่มจากค่าเริ่มต้น v_i ไปยังค่าสุดท้าย v_f ซึ่งจะสอดคล้องกับการวัดที่แสดงโดย สมการ 2-1 การสมมติค่า v_{m_i} และ v_{m_f} เป็นหลักสองอย่างสำหรับค่า ไทม์เรสปอนส์ ที่สร้างขึ้นในระบบของการวัด

-<u>เฟิรส์ท ออเดอร์ ไทม์เรสปอน์</u> (first - order time response)

ค่าเฟริสทออเดอร์ ไทม์เรสปอนส์ มันเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัว โดยข้อเท็จจริงแล้ว ผลที่ได้จากการวัดมันจะล่าช้าหรือล้าหลังกว่าค่าที่ได้จากการวัดของขบวนการที่เปลี่ยนแปลงแล้ว ซึ่งจะใช้ รูปที่ 2-3 ในการบรรยาย



รูป 2-2 แสดงค่า ไทม์เรสปอนส์ ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงทันทีทันใดของขบวนการที่เปลี่ยนแปลง



รูป 2-3 แสดงค่า ไทม์เรสปอนส์ ที่เกิดการเปลี่ยนแปลงล่าช้าของขบวนการเมื่ออินพุทเกิดการเปลี่ยนแปลงแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าของ ไทม์เรสปอนส์ สามารถที่จะบรรยายได้โดย สมการที่ 2-2

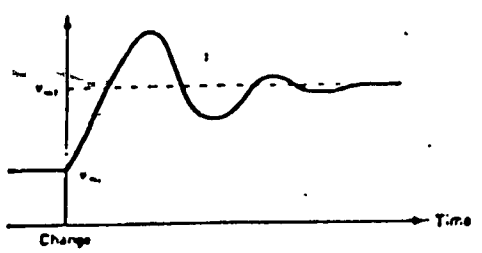
$$v_m(t) = v_{m_1} + (v_{m_f} - v_{m_1})[1-e^{-t/T}] \quad (2-2)$$

เมื่อ T = time constance (sec)

สมการที่ 2-2 แสดงให้เห็นถึงระบบของการวัดที่ เอ้าท์พุท ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ทันทีทันใด เมื่อ อินพุทของของขบวนการที่เปลี่ยนแปลงเกิดการเปลี่ยนแปลง แน่นอนจะมีผลให้ เอ้าท์พุท เกิดการล่าช้า และมันจะค่อย ๆ ลดลงเรื่อย ๆ จนกระทั่งสุดท้ายเอ้าท์พุทถึงจะถูกต้อง ส่วนค่าของ ไทม์ คอนสแตน จะมีผลให้ความเร็วของการเปลี่ยนแปลงของ เอ้าท์พุท มีค่าสูงขึ้น ถ้าค่า ไทม์ คอนสแตน มีค่าน้อยจะทำให้ผลการตอบสนองของ เอ้าท์พุท ต่อ อินพุท มีค่าเร็วขึ้น แต่ถ้าค่า ไทม์ คอนสแตน ที่มีค่ามากก็จะทำให้ผลการตอบสนองของ เอ้าท์พุท ต่อ อินพุท มีค่าช้า

-<u>เซคคั่น ออเดอ ไทม์เรสปอนส์</u> (second order time responce)

เซคคั่น ออเดอร์ ไทม์เรสปอนส์ มันเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของ เอ้าท์พุท ในระบบของการวัดและควบคุม กล่าวคือ มันจะเกิดการ ออสซิลเลเตอร์ (oscilator) ถึงแม้ว่า อินพุท จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างทันทีทันใดก็ตาม ซึ่งมันจะทำให้ผลของการวัดเกิดค่าผิดเพี้ยนหรือผิดพลาด (error) ที่สูงมาก ความสำคัญสูงสุดที่เรายอมให้ระบบที่มีค่า ไทม์เรสปอนส์ คือ ค่าของไทม์เรสปอนส์ ทำให้ผลของการวัดมีความน่าเชื่อถือได้ ก่อนที่จะเกิดการออสซิลเลเตอร์ ในระบบที่ใช้ จนาล็อก หรือไม่ก็ใช้ คอมพิวเตอร์ ถ้าเกิดมีการ ออสซิลเลเตอร์ การควบคุมก็จะไม่มีเสถียรภาพ การควบคุมจะเกิดการผิดเพี้ยน เบี่ยงเบนไปจากความเป็นจริง ดังนั้นในบางครั้งเราก็ต้องใช้วงจรกรองความถี่ (filter) ในการกำจัดความถี่ ที่จะทำให้ระบบของการวัดและควบคุม เกิดการผิดเพี้ยน เนื่องจากการ ออสซิลเลเตอร์

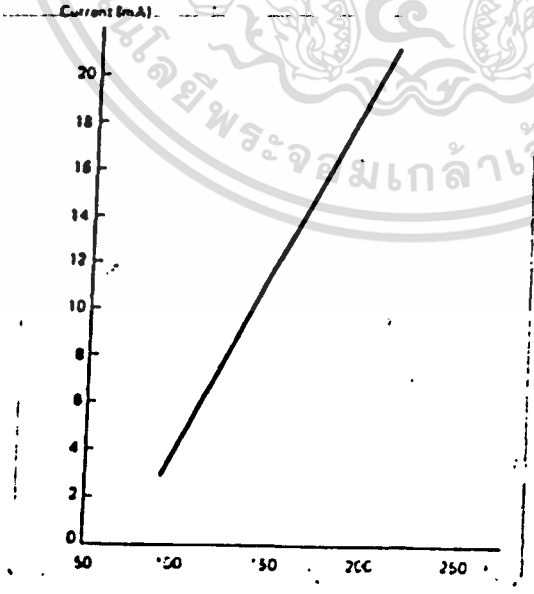


รูป 2-4 แสดงค่า เซคคั่น ออเดอร์ ไทม์เรสปอนส์ เนื่องจากการเกิดออสซิลเลเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

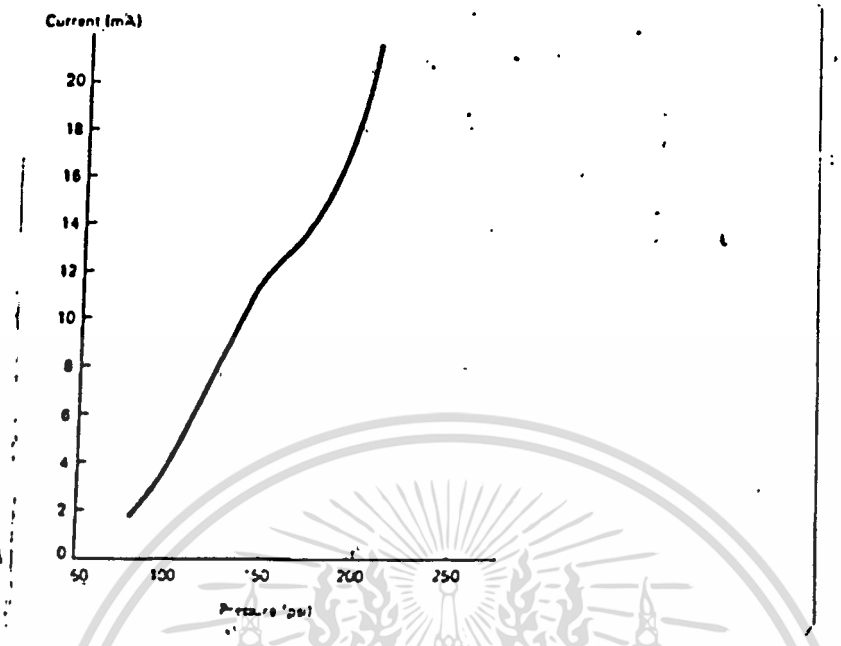
2.6 <u>ลิเนียลิตี้</u> (linearity)

มีปัญหาอีกอย่างหนึ่งในระบบของการวัดและควบคุม กล่าวคือ เอ้าท์พุทของ ทรานซดิวเซอร์ มีการเปลี่ยนแปลงที่ นอนลิเนียลิตี้ (nonlinearity) กับ อินพุท ของ ทรานซดิวเซอร์ ในระบบของการวัดและควบคุมเราสามารถที่จะป้องกันและแก้ไขได้ แต่มีความลำบากมากในการที่จะแก้ไขหรือชดเชย ปัญหาดังกล่าว ส่วนในระบบควบคุมที่ใช้ คอมพิวเตอร์ สามารถทำให้ ลิเนียลิตี้ (linearity) ได้ง่ายโดยใช้ ซอฟแวร์ (soft ware) หลังจากที่ ข้อมูลทาง อินพุทเข้ามาอย่าง นอนลิเนียลิตี้ ซึ่งมันมีความลำคัญมากที่จะต้องทำความเข้าใจ ว่าทำไม ลิเนียลิตี้ จึงมีความสำคัญต่อขบวนการวัดและควบคุม การทำงานของ อุปกรณ์ หรือ คอมพิวเตอร์ พื้นฐานของมัน จะใช้ สัญญาณ อินพุท ซึ่งบ่อยครั้งที่เรามีความจำเป็นที่จะต้องลดทอนสัญญาณ ให้อยู่ในย่านของ 4 - 20 มิลลิแอมป์ ซึ่งค่า 4 มิลลิแอมป์ เป็นค่าต่ำสุด และค่า 20 มิลลิแอมป์ เป็นค่าสูงสุด ของการวัดและควบคุม ในการใช้ คอมพิวเตอร์ ควบคุม เราจะ สมมติให้มีค่า 8 บิท ในย่านของ 00h - ffh โดยค่า 00h เป็นค่าต่ำสุด และค่า ffh เป็นค่าสูงสุด ของการควบคุมขบวนการที่เปลี่ยน เพราะฉะนั้นในระบบควบคุมจะต้องมีการ สมมติค่าหรือการกำหนดค่าของการเปลี่ยนแปลงให้มี ลิเนียลิตี้อยู่ในย่านที่กำหนด คือ 4-20 มิลลิแอมป์ หรือ 00h-ffh ในระบบ คอมพิวเตอร์



รูป 2-5 แสดงการเปลี่ยนแปลงแรงดัน กับค่า กระแสท์ ลิเนียลิตี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2-6 แสดงการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน กับ ค่ากระแสที่ นอนลิเนียลิตี้

รูปที่ 2-5 เป็นตัวอย่างของระบบในการวัด แรงดัน โดยการสร้างกระแส 4-20 มิลลิแอมป์ ที่ ลิเนียลิตี้ จากแรงดัน 100 - 200 psi. จะเห็นว่า แรงดันที่เพิ่มขึ้นจากจุด 150 - 175 psi. กระแสจะเพิ่มขึ้นจาก 12 มิลลิแอมป์ ถึง 16 มิลลิแอมป์ ซึ่งจะเห็นได้ชัดเจนว่า ในระบบของการควบคุมในขบวนการโดยที่กระแสเกิดการเปลี่ยนแปลง 4 มิลลิแอมป์ ก็จะแสดงการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน 25 psi.

รูปที่ 2-6 จะแสดงตำแหน่งที่ นอนลิเนียลิตี้ ของ ทรานซดิวเซอร์ เราสามารถเห็นได้ชัดเจนว่า การเปลี่ยนแปลงในส่วนของแรงดัน มันไม่สามารถสร้างหรือเปลี่ยนแปลงตามค่าของ กระแส โดยจะเปลี่ยนจาก 150 - 175 psi. ซึ่งจะสร้างการเปลี่ยนแปลงของกระแส 2.4 มิลลิแอมป์ ซึ่งจะเปลี่ยนจาก 12 มิลลิแอมป์ ถึง 14.4 มิลลิแอมป์ และในส่วนอื่นจะเปลี่ยนจาก 125 psi. - 250 psi. ซึ่งจะสร้างการเปลี่ยนแปลงของกระแส 3.6 มิลลิแอมป์ โดยจะเปลี่ยนจาก 8.4 มิลลิแอมป์ ถึง 12 มิลลิแอมป์

ดังนั้นในระบบของการควบคุม เราจะต้องกำหนดค่าของกระแสให้มันเกิดการเปลี่ยนแปลงเท่ากันกับการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน ซึ่งมันเป็นหนทางที่จะทำให้ ทรานซดิวเซอร์ เกิดการ ลิเนียลิตี้ หรือการทำให้ เอ้าท์พุท สามารถที่จะ ลิเนียลิตี้ โดยใช้ตำแหน่งที่เกิดขึ้นกับระบบควบคุมที่ใช้คอมพิวเตอร์ โดยจะต้องสมมติค่า หรือ กำหนดค่า สัญญาณ ดิจิตอล จาก 00H-FFH จากค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

008411

กระแส 4 มิลลิแอมป์ ถึง 20 มิลลิแอมป์ สัญญาณที่ นอนลิเนียลิตี้ จะไม่สามารถเข้าไปในสัญญาณดิจิตอลได้ เพราะ สัญญาณดิจิตอลที่เปลี่ยนไป 1 บิท จะไม่ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของค่า physical variable

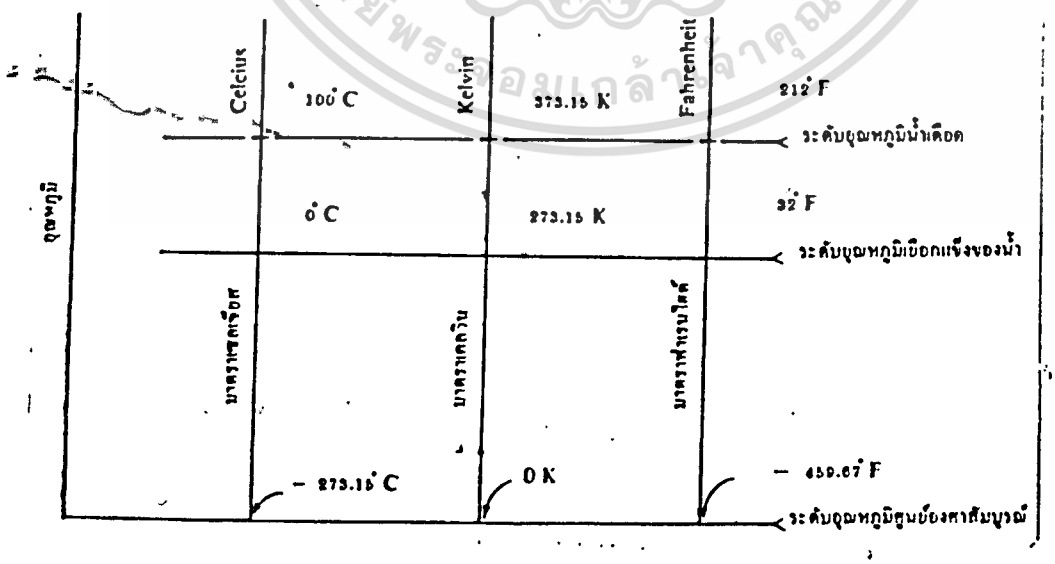
2.7 หน่วย (unit)

หน่วยที่เหมาะสมสำหรับใช้วัดอุณหภูมิ (temperture) ถูกกำหนดโดย International system of unit (si) โดยใช้หน่วยเป็น เคลวิน (K) หน่วยของ เคลวิน ยังถูกเรียกว่า Absolute เนื่องด้วยพลังงานความร้อนที่ใช้จะมีอุณหภูมิเริ่มที่ 0 องศาเคลวิน หรือ อิเล็กตรอนในอะตอมของสสารต่าง ๆ จะหยุดโคจรรอบนิวเคลียสโดยไม่มีพลังงานความร้อนหลงเหลืออยู่ในสสารนั้นอีกเลยที่จุด 0 องศาเคลวิน ส่วน หน่วยอื่น ๆ เป็นมาตราที่ได้จากการทดลองหาค่าคงที่ทางอุณหภูมิของสสาร ณ จุดต่าง ๆ เช่น หน่วยของเซลเซส (celcius) พบว่า ความดันของน้ำบริสุทธิ์ จะมีจุดคงที่ทางอุณหภูมิ 2 จุด คือ จุดเยือกแข็งของน้ำที่ 0 c และจุดเดือดของน้ำที่ 100 c ส่วนหน่วยของฟาเรนไฮต์ เป็นการหาจุดต่ำสุดของอุณหภูมิ ซึ่งพบว่า จุดต่ำสุดของอุณหภูมิของแอมโมเนียคลอไรด์ เป็นจุดต่ำสุด จึงกำหนดจุดนี้เป็นจุด 0 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งทั้ง 3 หน่วย มีความสัมพันธ์กัน ดังนี้

$$t(c) = t(k) - 273.15 \qquad (2\text{-}3)$$

$$t(f) = (9/5)T(c) + 32 \qquad (2\text{-}4)$$

t(c) = อุณหภูมิในหน่วยเซลเซส
t(f) = อุณหภูมิในหน่วยฟาเรนไฮต์
t(k) = อุณหภูมิในหน่วยเคลวิน

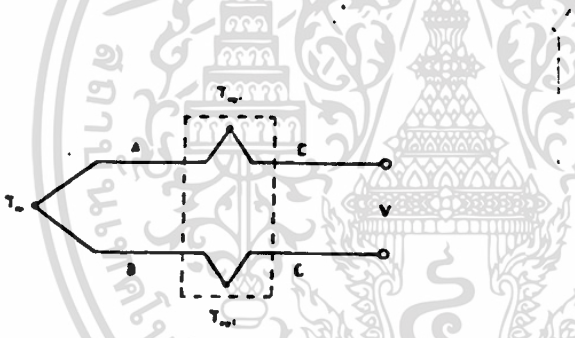


รูป 2-7 แสดงการเปรียบเทียบอุณหภูมิทั้ง 3 หน่วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 <u>เทอร์โมคับเปิ้ล</u> (thermocouple)

เทอร์โมคับเปิ้ล เป็น ทรานซดิวเซอร์ ชนิดหนึ่งที่ใช้ตรวจสอบอุณหภูมิ มีการทำงาน กล่าวคือ มันจะสร้างแรงดันโดยตรงจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ย่านในการวัดของเทอร์โมคับเปิ้ล จะขึ้นอยู่กับชนิดของเทอร์โมคับเปิ้ล แต่ละชนิด แต่เมื่อรวมทุกชนิดแล้วจะมีย่านของการวัดตั้งแต่ - 150 องศาเซลเซส ถึง 1500 องศาเซลเซส ส่วนค่าของ ไทม์คอนสแตน จะขึ้นอยู่กับขนาดของสายที่ใช้เป็นโครงสร้าง สำหรับเทอร์โมคับเปิ้ลที่ใช้สายขนาดเล็กค่าไทม์คอนสแตนจะมีค่าน้อยมาก ประมาณ 20 ms. ในการสร้างค่าแรงดันของเทอร์โมคับเปิ้ลมันจะสร้างค่าแรงดันที่มีค่าน้อยมาก ประมาณ 10 mv./ c ฉะนั้นในการใช้งานจะต้องใช้วงจรขยายสัญญาณ (amplifier) ในการขยายระดับของแรงดันให้มีค่าสูงขึ้น และในการใช้งานสำหรับการวัดนั้นจะมีผลกระทบเนื่องจากสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า (noise) ดังนั้นในทางอุตสาหกรรมจะต้องมีการป้องกันหรือชดเชย ผลอันเนื่องมาจากสัญญาณรบกวนทางไฟฟ้า



รูป 2-8 แสดงโครงสร้างพื้นฐานของเทอร์โมคับเปิ้ล

แนวความคิดพื้นฐานของเทอร์โมคัลเปิ้ล ดังแสดงในรูป 2-8 ซึ่งมีสายโลหะ a และ b ที่ไม่เหมือนกัน ขมวดปลายสายเข้าด้วยกันเป็นจุดที่ทำหน้าที่ในการวัดและสายจากจุดที่วัดเรียกว่า จุดอ้างอิง (reference junction) ค่าแรงดันจะถูกคลร้างออดมาทางสาย c ซึ่งอาศัยความสัมพันธ์ระหว่าง จุดที่วัดอุณหภูมิ (measure junction temperature) หรือ tm กับจุดอุณหภูมิอ้างอิง (reference junction temperature) หรือ tref ซึ่งมีค่าอุณหภูมิเช่นเดียวกัน การได้มาของค่าแรงดันสำหรับค่าความแตกต่างของอุณหภูมิ จะขึ้นอยู่กับ ชนิดของลวดโลหะ a และ b ตามมาตรฐานของชนิดของสายลวด ซึ่งจะมีลักษณะพิเศษเฉพาะตัวกับย่านของการวัด ใน แอนเพนดักจะเป็นตาราง สำหรับค่าแรงดันต่ออุณหภูมิ ณ จุดที่วัดของเทอร์โมคับเปิ้ล ชนิด J ซึ่งทำจากเหล็กสายหนึ่ง และอีกสายหนึ่งทำจากโลหผสม ส่วนจุดอุณหภูมิอ้างอิงจะอ้างอิงที่จุด 0 องศาเซลเซส

เอกสารนี้เป็นเอกสารซึ่งสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้เทอร์โมคับเปิ้ลนั้น จะต้องมีปัญหาหรืออุปสรรค ถ้ามีการรักษาอุณหภูมิที่จุดอ้างอิงให้อยู่ที่จุด 0 องศาเซลเซส สำหรับเทอร์โมคับเปิ้ลชนิด J ในตารางนั้น ค่าของอุณหภูมิและแรงดันของจุดที่วัดมันจะอาศัยหรือขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่จุดอ้างอิงในการรักษาอุณหภูมิที่จุดอ้างอิงนี้ หรือค่าอื่น ในตารางเป็นการสร้างมาแล้วเพื่อให้ใช้ได้ในตารางเลย ในตารางนั้น ได้มีการ แก้ไขและชดเชยค่าแรงดันไว้เรียบร้อยแล้ว

Appendix A Thermocouple Table 219

TABLE A-1
Type J. Iron-Constantan

T(°C)	°C — 0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
-150	-6.50	-6.66	-6.82	-6.97	-7.12	-7.27	-7.40	-7.54	-7.66	-7.78
-100	-4.63	-4.83	-5.03	-5.23	-5.42	-5.61	-5.80	-5.98	-6.16	-6.33
-50	-2.43	-2.66	-2.89	-3.12	-3.34	-3.56	-3.78	-4.00	-4.21	-4.42
-0	0.00	-0.25	-0.50	-0.75	-1.00	-1.24	-1.48	-1.72	-1.96	-2.20
+0	0.00	0.25	0.50	0.76	1.02	1.28	1.54	1.80	2.06	2.32
50	2.58	2.85	3.11	3.38	3.65	3.92	4.19	4.46	4.73	5.00
100	5.27	5.54	5.81	6.08	6.36	6.63	6.90	7.18	7.45	7.73
150	8.00	8.28	8.56	8.84	9.11	9.39	9.67	9.95	10.22	10.50
200	10.78	11.06	11.34	11.62	11.89	12.17	12.45	12.73	13.01	13.28
250	13.56	13.84	14.12	14.39	14.67	14.94	15.22	15.50	15.77	16.05
300	16.33	16.60	16.88	17.15	17.43	17.71	17.98	18.26	18.54	18.81
350	19.09	19.37	19.64	19.92	20.20	20.47	20.75	21.02	21.30	21.57
400	21.85	22.13	22.40	22.68	22.95	23.23	23.50	23.78	24.06	24.33
450	24.61	24.88	25.16	25.44	25.72	25.99	26.27	26.55	26.83	27.11
500	27.39	27.67	27.95	28.23	28.52	28.80	29.08	29.37	29.65	29.94
550	30.22	30.51	30.80	31.08	31.37	31.66	31.95	32.24	32.53	32.82
600	33.11	33.41	33.70	33.99	34.29	34.58	34.88	35.18	35.48	35.78
650	36.08	36.38	36.69	36.99	37.30	37.60	37.91	38.22	38.53	38.84
700	39.15	39.47	39.78	40.10	40.41	40.73	41.05	41.36	41.68	42.00

รูป 2-10 แสดงตารางค่าอุณหภูมิ ของเทอร์โมคัลเปิ้ล type J ค่อค่าแรงดัน เอ้าพุท เมื่อมีจุดอ้างอิงที่ 0 องศาเซลเซส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9 การคำนวนและการสร้าง

2.9-1 ส่วนของทรานสดิวเซอร์และซิกแนลคอนดิชั่นนิ่ง (transducer and signal conditionning)

ในการวัดอุณหภูมินั้น เราจะใช้เทอร์โมคับเปิ้ล เป็นตัวตรวจสอบ ตามปกติ อุณหภูมิที่ทุกคนเข้าใจเป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าหรือสูงกว่า จุดเยือกแข็งของน้ำ (0 c) นั่นคือเราให้จุดเยือกแข็งของน้ำเป็นตัวเปรียบเทียบ (reference) ซึ่งปกติเทอร์โมคับเปิ้ลนี้ ถ้าเอาปลายข้างหนึ่งเป็นจุดที่วัดเมื่อที่จะทราบค่าอุณหภูมิดังกล่าว ถ้าเราไม่มีตัวเปรียบเทียบ อุณหภูมิที่อ่านได้จากปลายอีกข้างหนึ่งจะเป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่า หรือ สูงกว่าบรรยากาศ เพราะฉะนั้นเราจึงต้องสร้างจุดเปรียบเทียบเมื่อที่จะได้สามารถอ่านค่าอุณหภูมิเป็นองศาเซลเซส ซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะใช้อ่างน้ำแข็ง เป็นตัวเปรียบเทียบ แทนที่จะใช้อ่างน้ำแข็งก็จะเป็นการสะดวกถ้าเราใช้เทคนิค การชดเชยรอยต่อที่เย็น แรงดันที่ชดเชยจะรวมเข้ากับเทอร์โมคับเปิ้ล ดังนั้นความต่างศักย์ของรอยต่ออ้างอิงจะเสมือนอยู่ที่ 0 องศาเซลเซส แม้ว่าจริง ๆ แล้วมันอยู่ที่อุณหภูมิอื่นก็ตาม แรงดันที่เพิ่มขึ้นมานี้สามารถทำให้แปรผันโดยตรง กับ อุณหภูมิเช่นเดียวกับเทอร์โมคับเปิ้ล ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของบรรยากาศ จึงไม่มีผลต่อเอ้าท์พุทของวงจร

2.9-2 การชดเชยรอยต่อที่เย็น (thermocouple cold-junction compensation)

การชดเชยรอยต่อที่เย็นของเทอร์โมคับเปิ้ล มีวิธีการชดเชยได้ 2 วิธี วิธีแรกเป็นการชดเชยในรูปของแรงดัน vptat (voltage in the case of linearity proportional to absoute temperature) และแบบที่สอง เป็นการชดเชยในรูปของกระแส iptat (current in the case of linearity proportional absolute temperture)

ในที่นี้จะเป็นการชดเชยรอยต่อที่เย็นของเทอร์โมคับเปิ้ลในแบบของแรงดัน โดยใช้ IC# LM 335 โดยทั่ว ๆ ไปแล้ว โครงสร้างการทำงานของ lm 335 ก็ทำงานเช่นเดียวกับ ซีเนอร์ไดโอด ดังรูป 3.1 แต่มีคุณสมบัติที่เด่น กล่าวคือ lm 335 มีความ ลิเนียลลิตี้ ระหว่างแรงดัน และ อุณหภูมิ นอกจากนี้แรงดันยังลดลงเป็นศูนย์ที่อุณหภูมิ 0 องศาสัมบูรณ์ และแรงดัน เอ้าท์พุท ยังแปรผันกับอุณหภูมิสัมบูรณ์มีค่าเท่ากับ 10 มิลลิโวลท์ ต่อ องศาเคลวินะ ค่า R_s จะเป็น ตัวกำหนดกระแสที่ไหลผ่านอุปกรณ์ตัวนี้ ตามปกติ อุปกรณ์ตัวนี้สามารถทำงานใน ย่านตั้งแต่ 400 ไมโครแอมป์ ถึง 5 มิลลิแอมป์ โดยเสมือนกับว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของตัวมันเลย

ดังนั้นที่อุณหภูมิอ้างอิง 25 องศาเซลเซส แรงดันเอ้าท์พุทจึงมีค่าเท่ากับ

$V_{out} = (10*10^{-3})(273+25)$

$= 2.98$ โวลท์

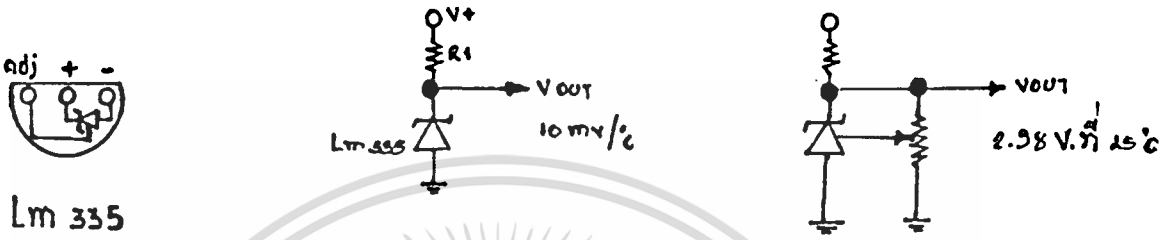
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้กระแสที่ไหลผ่าน R_1 = 1.2 มิลลิแอมป์

R_1 = (15-2.98)/($1.2*10^{-3}$)

= 10 กิโลโอห์ม

ในการใช้งานจริงใช้ VR = 10 กิโลโอห์ม ต่อคร่อม lm 335 และขา adj เพื่อปรับเอ้าท์พุท ให้ได้ 2.98 โวลท์ ที่อุณหภูมิห้อง จะทำให้เกิดความเที่ยงตรงตลอดช่วงอุณหภูมิใช้งาน



รูป 2-11. แสดงลักษณะโครงสร้างและการใช้งานของ lm 335

2.9-3 <u>การออกแบบวงจรขยายเทอร์โมคับเปิ้ล</u>

ในการออกแบบนี้ ใช้เทอร์โมคับเปิ้ล type K ซึ่งมีรายละเอียดที่น่าสนใจดังนี้

- ส่วนประกอบทำจาก โครเมล (chromel) + อลูเมล (alumel) ซึ่งให้สัญญาณไฟฟ้า 40.7 ไม โครโวลท์ ต่อ องศาเซลเซส
- ความต้านทานรวมของเทอร์โมคับเปิ้ล มีค่าประมาณ 422 โอห์ม

จะเห็นได้ว่า เราต้องการเอ้าท์พุทโวลท์เต็จ 10 มิลลิโวลท์ ต่อ องศาเซลเซส โดยใช้วงขยายแบบไม่กลับเฟส (noninverting amplifier) ในการขยาย สัญญาณ ดังรูป 3.2

ดังนั้น จะได้ $AV = V_{out} / V_{in}$

$= 1 + R_f/R_1$

$= 10/(40.7*1^{-3})$

$= 245.7$

เพราะว่า $R_f/R_1 = AV-1$

$= 245.7-1$

$= 244.7$

ดังนั้น $R_f = 244.7*R_1$

เพื่อพิจารณา ความต้านทานที่มองเข้าที่ขั้ว นอนอินเวอร์ทติ้ง (+) ของ ออปแอมป์ (op-amp) จะมีค่าเท่ากับความต้านทานรวมของเทอร์โมคับเปิ้ล คือ 422 โอห์ม ส่วนความต้านทานที่ขั้ว อินเวอร์ทติ้ง (-) ของออปแอมป์ มีค่าเท่ากับ $R_f//R_1$ ความแตกต่างของศักย์ไฟฟ้าที่อินพุททั้งสองจึงเป็นศูนย์โวล์ท

จะได้ $I(+)R_1 - I(-)R_f//R_1 = 0$

$I(+)R_1 = I(-)R_f//R_1$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้น $R_t = R_f // R_1$

เนื่องจาก $R_f >> R_1$ จะได้ $R_1 = R_t$

$= 422$ โอห์ม

ดังนั้น $R_f = 244.7 * 422$

$= 103.685$ กิโลโอห์ม

จากการออกแบบเราจะเห็นว่าเอ้าท์พุทของเทอร์โมคัปเปิ้ล มีการเปลี่ยนแปลง 10 มิลลิโวลท์ ต่อ องศาเซลเซส และเอ้าท์พุทที่ได้จาก lm 335 ซึ่งเป็นตัวชดเชยรอยต่อที่เย็น ก็มีการเปลี่ยนแปลง 10 มิลลิโวลท์ เท่ากัน โดยเอ้าท์พุทของ lm 335 จะป้อนเข้าสู่วงจรขยายแบบกลับเฟส (inverting amplifier) และเกณฑ์การขยายต้องเท่ากับ -1 เพราะเราต้องการเอ้าท์พุทของ lm 335 ที่เอ้าท์พุทของออปแอมป์ มีขนาดเท่ากันกับที่อินพุท ที่จะต้องไปชำล้างกับ โวลท์เต็จของเทอร์โมคัปเปิ้ล

จากการออกแบบจะเห็นได้ว่า แรงดันที่ได้จาก วงจรชดเชยรอยต่อที่เย็น ซึ่งชดเชยที่อุณหภูมิห้อง (25 C) นั้นมาค่าเท่ากับ 2.98 โวลท์ ซึ่งเมื่อเปรียบกับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิ้ล ต้องมีค่าเท่ากับ 0.25 โวลท์ ที่อุณหภูมิ ที่ 25 องศาเซลเซสเท่า ๆ กัน จะเห็นว่ามีแรงดันเกินอยู่ 2.98 - 0.25 = 2.73 โวลท์ซึ่งเป็นค่าแรงดันที่ผิดเพี้ยน (error)

จากการออกแบบจะเห็นได้ว่าในทางปฏิบัติจริงแล้วจะเกิดค่าผิดเพี้ยนเนื่องมาจากออฟเซ็ท (offset) อีก ดังนั้นเราจะต้องป้อนแรงดันเข้าที่ขาอินเวอร์ทติ้งของออปแอมป์ เพื่อแก้ค่าแรงดันที่เกินมา คือ 2.73 โวลท์ แต่ในขณะเดียวกันก็สามารถ แก้ค่าผิดเพี้ยนเนื่องจากออฟเซ็ทได้ด้วยดังนี้

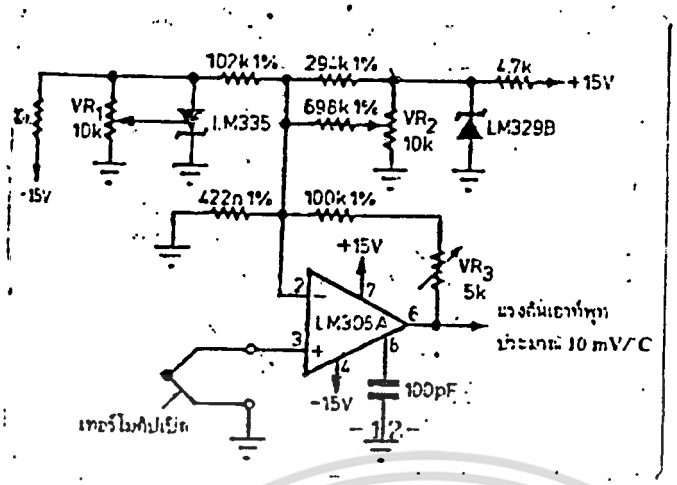
ใช้ lm 329 มีคุณสมบัติเป็นซีเนอร์ไดโอด รักษาแรงเคลื่อน 6.9 โวลท์ ที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงต่ออุณหภูมิต่ำ โดยมี R_3 , R_4 และ VR_2 เป็นตัวกำหนดค่าแรงดัน 2.42-3.44 โวลท์ ซึ่งจะ V_o ออกมาในช่วง -2.42 โวลท์ ถึง - 3.44 โวลท์ นิ่งที่จะไปหักค่าผิดพลาด คือ 2.73 โวลท์ ส่วนค่า R_5 เป็นตัวกำหนดกระแสที่ไหลผ่าน lm329 เท่ากับ 1.7 มิลลิแอมป์

จะได้ $R_5 = (15-6.9)/(1.7*10^{-3})$

$= 4.7$ กิโลโอห์ม

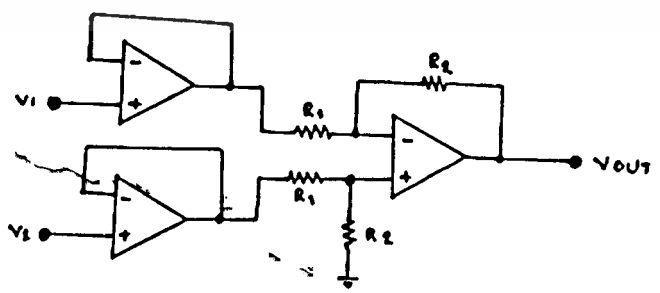
จากการออกแบบดังกล่าวข้างต้นจะได้ดังวงจรในรูปที่ 2-12 ซึ่งจะทำให้เราได้เอ้าท์พุทของวงจรวัด 10 มิลลิโวลท์ต่อหนึ่งองศาเซลเซียส ย่านของการวัดคือ 0- 1000 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้ได้เอ้าพุทของวงจรวัดเปลี่ยนแปลงอยู่ในย่าน 0-10 โวลท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2-12 วงจรขยายสัญญาณเทอร์โมคัปเปิ้ล

เป็นที่ทราบกันดีอยู่แล้วว่า ในขบวนการควบคุมที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์นั้นมีความจำเป็นที่จะต้องใช้สัญญาณดิจิตอล ในการโปรเซส (process) ดังนั้นเราจึงต้องทำการเปลี่ยนสัญญาณ อนาลอก ที่ได้จากการวัดให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเสียก่อน แต่ในวงจรที่ใช้เปลี่ยนสัญญาณ อนาลอก ให้เป็น สัญญาณ ดิจิตอลนั้น อินพุทของวงจรสามารถรับสัญญาณอนาลอกได้เพียง 0-4 โวลท์เท่านั้น ซึ่งเราจะต้องทำการบีบย่านของโวลท์เต็จ 0-10 โวลท์ ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอยู่ในย่าน 0-4 โวลท์ ซึ่งจะใช้ วงจร อินสตรูเม้นท์แอมปรีไฟเออร์ในการบีบย่านของการวัด ดังรูปที่ 2-13



รูปที่ 2-13 วงจร อินสตรูเม้นท์แอมป์ปรีไฟเออร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2-13 จะได้ความสัมพันธ์ของโวลท์เตจเอ้าพุทดังนี้

$$V_{out} = (R_2/R_1)(v_2 - v_1)$$

แต่ถ้าเราให้ $v_1 = 0$ จะได้

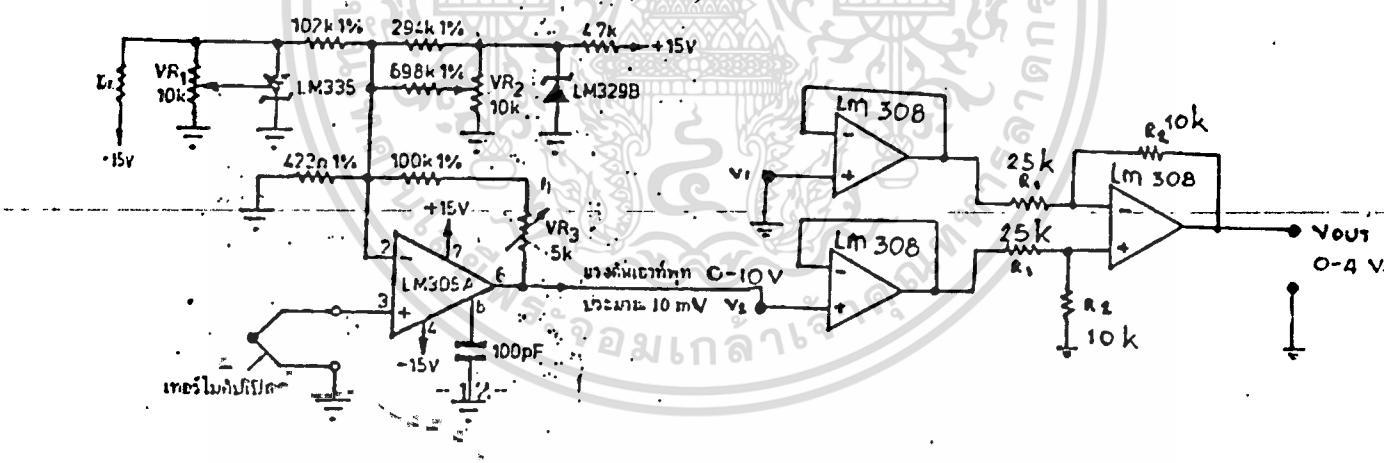
$$V_{out} = (R_2/R_1)\, v_2$$

กำหนดให้ R_2 = 10 กิโลโอห์ม

$$R_1 = R_2 (v_2/v_{out})$$

= 25 กิโลโอห์ม

สรุปในส่วนของ ซักแนลคอนดิชั่น นี้ จะได้เอ้าพุทของวงจรวัด 0-4 โวลท์ จากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ 0-1000 องศาเซลเซส โดยเปลี่ยนแปลง 10 มิลลิโวลท์ต่อองศาเซลเซส ดังรูป 2-14



รูป 2-14 วงจรวัดเทอร์โมคัปเปิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ภาคการแปลงสัญญาณอนาล็อก เป็นสัญญาณดิจิตอล
(ANALOG TO DIGITAL CONVERSION ! ADC)

3.1 บทนำ

สัญญาณในระบบดิจิตอลนั้นจะมีอยู่เพียง 2 ระดับ เท่านั้น คือ ระดับลอจิก 1(Logic 1) และระดับลอจิก 0 (Logic 0) ซึ่งอาจจะเป็นพัลซ์ต่อ ๆ กันไปก็ได้

ส่วนสัญญาณอนาล็อกนั้นระดับของสัญญาณในขณะใดขณะหนึ่งจะมีระดับแตกต่างกันไปได้หลายค่า มิได้จำกัดอยู่เพียง 2 ระดับ เท่านั้น ตัวอย่างของสัญญาณอนาล็อกได้แก่ สัญญาณรูปคลื่นซายน์ (Sine Wave) สัญญาณรูปเสียง (Sound Wave) เป็นต้น

ในบางครั้งเราจำเป็นต้องใช้สัญญาณทั้งสองร่วมกัน เช่น การนำเอาคอมพิวเตอร์ไปควบคุมอุณหภูมิของเตาอบโดยมีอุปกรณ์แปลงพลังงานจากพลังงานความร้อนไปเป็นแรงดันไฟฟ้าที่สอดคล้องกับค่าของอุณหภูมิ ในการที่จะให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลได้นั้น เราจำเป็นจะต้องแสดงสัญญาณแรงดันไฟฟ้าซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิตอล เพื่อป้อนให้คอมพิวเตอร์ต่อไป

ในการแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิตอลนั้น มักใช้วิธีการเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณอนาล็อกที่ต้องการเปลี่ยนแปลงสัญญาณที่รู้ค่าสัญญาณแน่นอน

3.2 การเลือกใช้ไอซีอนาล็อก ทูดิจิตอล

จากวงจรใช้งานจริง ๆ นั้น ในตอนแรกใช้ ไอซี (IC) ที่แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลที่มีขนาด 8 บิท ซึ่งสามารถที่จะเก็บค่าได้ 256 บิท เท่านั้น ฉะนั้นในการวัดอุณหภูมิสูงเป็น 1000 องศาเซลเซียส นั้นเราจำเป็นจะต้องเก็บค่าของข้อมูลให้ได้ถึง 1000 ค่า ซึ่งก็คือ 2^{10} = 1024 ค่า แต่วงจรที่ใช้งานที่ต้องการในขณะนี้นั้นต้องการวัดอุณหภูมิสูงสุดถึง 4000 องศาเซลเซียส ฉะนั้นจึงจำเป็นจะต้องใช้ไอซีอนาล็อก ทูดิจิตอลที่สามารถเก็บค่าได้ถึง 4000 ค่า เป็นอย่างต่ำ เพื่อส่งให้หน่วยประมวลผล ทำการประมวลผล เราจึงจำเป็นจะต้องใช้ ไอซีเบอร์ ICL 7109 ซึ่งเป็นไอซีที่แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล ที่มีขนาด 12 บิท (ICL 7109 12 bit A/D Converter for Microprocessor Interfaces) สามารถที่จะเก็บค่าได้เท่ากับ 2^{12} = 4096 ค่า

3.3 คุณสมบัติของ ICL 7109 มีดังนี้

1. เป็น A/D ที่มีขนาด 12 บิท โดยมีทางด้านบิทต่ำ (Low bit) จำนวน 8 บิท และมีบิทสูง (High bit) จำนวน 4 บิท
2. แรงดันอินพุท (Input Voltage) ป้อนเข้าที่เป็นอนาล็อกสามารถป้อนให้สูงสุด = 4 Volt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

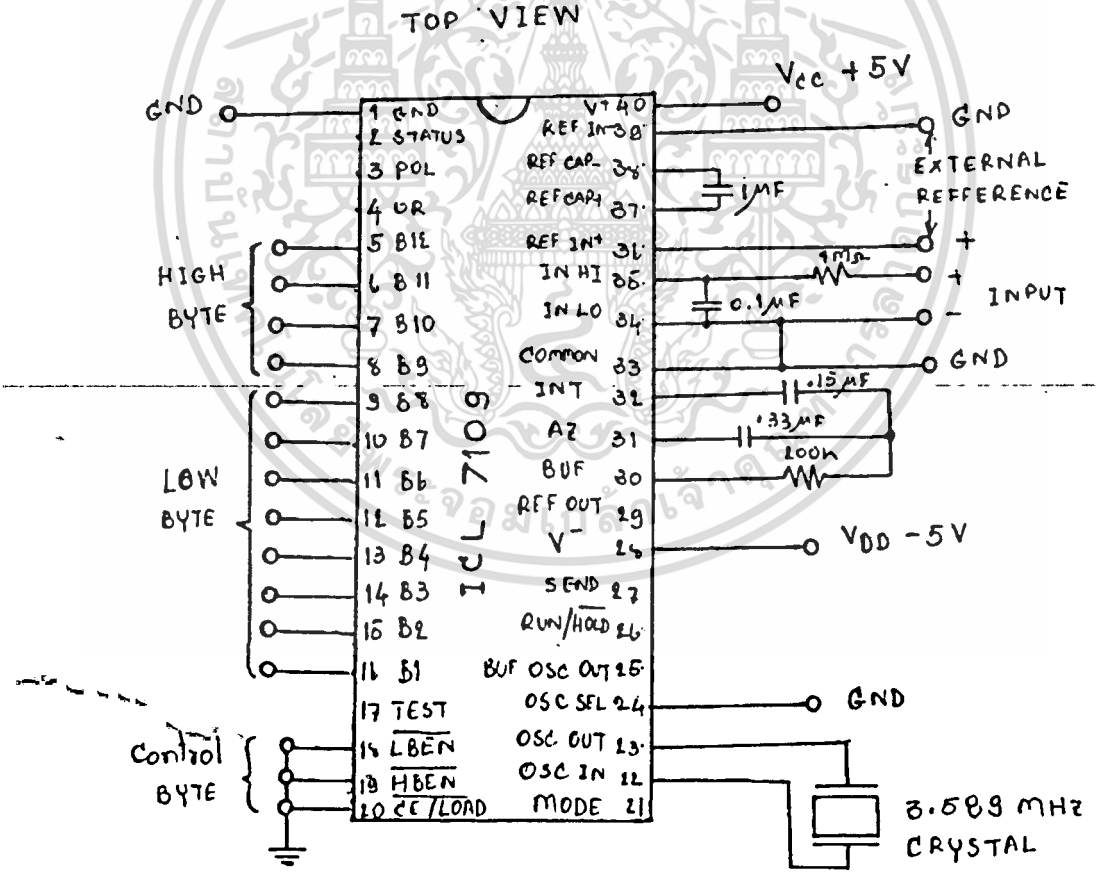
3. แรงดันรีเฟอร์เรนจ์ (Reference Voltage) ที่จะทำให้แรงดันอินพุทสามารถป้อนได้สูงสุด คือ แรงดันรีเฟอร์เรนจ์ทางลบ (REF IN) เท่ากับ 2.048

4. จะต้องมีตัวสร้างความถี่ (Crystal) ให้กับ ICL 7109 เพื่อให้มันทำงาน

5. เราสามารถที่จะควบคุม (Control) ให้ข้อมูลทางด้าน Low bit หรือ High bit ออกมาได้โดย ป้อน Logic 0 ที่ขา HBEN , LBEN , CE/LOAD

3.4 หลักในการทำงาน

ในการใช้งาน ICL 7109 นั้น IC ตัวนี้สามารถที่จะแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อส่งให้ CPU ทำการประมวลผลอุณหภูมิตั้งแต่อุณหภูมิต่ำ ๆ จนอุณหภูมิถึง 4000 องศาเซลเซียส ได้เพราะว่าข้อมูลทางด้านดิจิตอลนั้นเป็นขนาด 12 บิท นั่นเอง ดังรูปวงจรการทำงาน



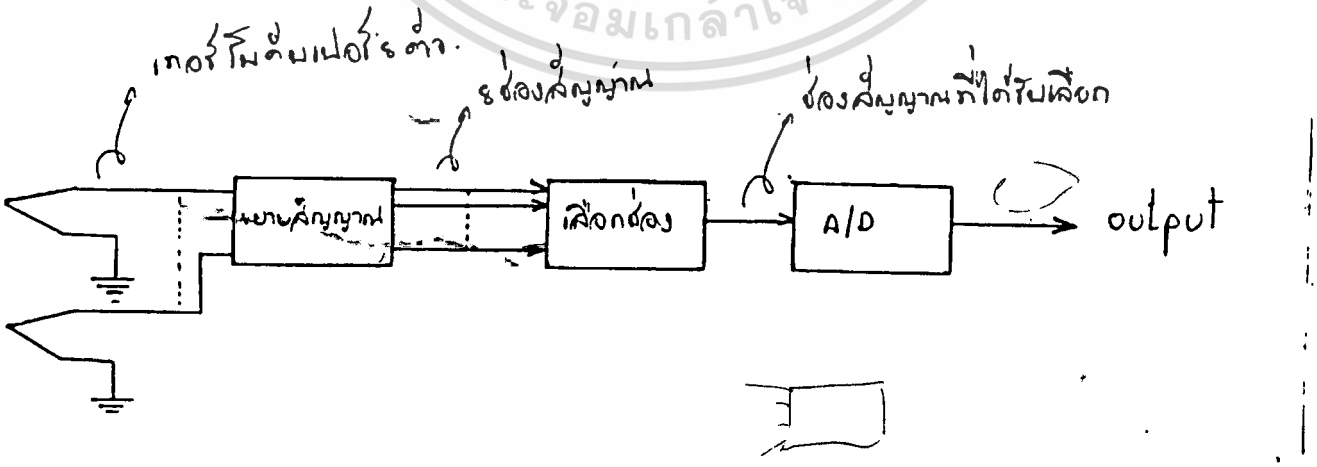
รูป 3.1 วงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลเป็นขนาด 12 บิท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรจะเห็นว่า ICL 7109 นั้นมี Out put ที่ออกเป็นดิจิตอลอยู่ทั้งหมด 12 bit และมีขา Control คือ $\overline{\text{LBEN}}$, $\overline{\text{HBEN}}$, $\overline{\text{CE/LOAD}}$ เป็นตัว load ข้อมูลออก ส่วนข้อมูลทางด้าน In put ที่ต้องป้อนเป็น Analog นั้น มีตัว Reference Voltage เป็นตัวควบคุมของ Input Voltage ที่เข้ามาว่าให้ Full scale นางด้วย Out put ที่โวลต์ จากวงจรจะสังเกตุเห็นว่า ขา $\overline{\text{LBEN}}$, $\overline{\text{HBEN}}$, $\overline{\text{CE/LOAD}}$ นั้นต่อลง Ground ที่ทำเช่นนี้เพราะว่าต้องการให้แต่ พอร์ท ที่ต่ออยู่กับหน่วยประมวลผลต่อไป

3.5 การเลือกช่องการวัด

ในการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปอร์นี้เป็นการวัดด้วยเทอร์โมคัปเปอร์ทั้งหมด 8 ตัวด้วยกัน คือ สามารถวัดอุณหภูมิได้ 8 ช่อง (Channel) ของการวัดโดยที่เราสามารถที่จะทำการวัดในช่องใดหรือ ตัวใดตัวหนึ่งก็ได้ใน 8 ตัวนี้ ดังนั้นจึงจำเป็นที่เราจะต้องสร้างวงจรที่เลือกช่องของการวัดเทอร์โมคัปเปอร์ทั้ง 8 นี้ โดยสัญญาณที่เลือกจากเทอร์โมคัปเปอร์จะถูกขยายสัญญาณจากที่เป็นมิลลิโวลต์ (mV) มาเป็นขนาดของแรงดันที่อยู่ระหว่าง 0 - 4 โวลต์ ต่อจากนั้นจะเข้าสู่วงจรเลือกช่องของการวัดทั้ง 8 ช่อง ดังนี้คือ



รูป 3.1 วงจรเลือกโดยแต่ละช่องของการเลือกช่องการวัด

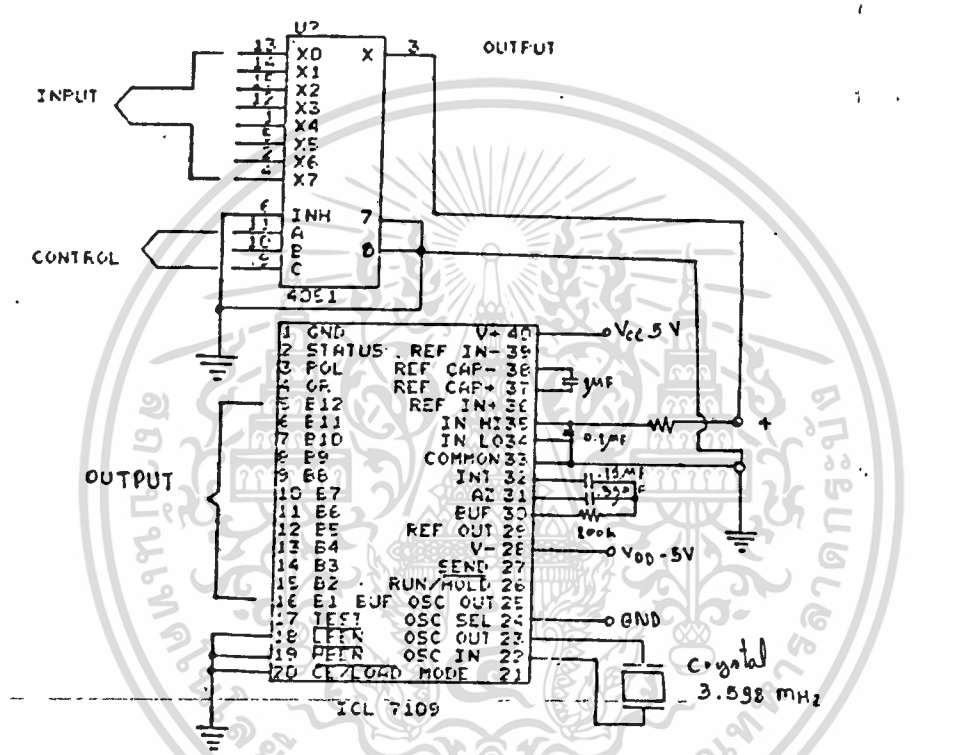
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนโนวงจรที่ใช้ในงานจริงนั้นใช้ไอซีเบอร์ 4051 B ที่เป็นอนาล็อกระบบ มัลติเพล็ก และ ดีมัลติเพล็ก (ANALOG MULTIPLEXERS - DEMULTIPLEXERS) ที่มีการป้อนอินพุทได้ 8 ช่องสัญญาณ อนาล็อก (SINGLE 8 - CHANNEL) ซึ่งสามารถทำการเลือกช่องการวัดทางด้านอินพุทได้ 8 ช่องสัญญาณ ส่วนทางด้านเอาท์พุทมีช่องสัญญาณเพียง 1 ช่อง

INPUT STATES				"ON" CHANNEL (S)
INHIBIT	C	B	A	
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	X	X	X	NONE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยในการควบคุมการเลือก แชลแนลทางด้านอินพุท จะใช้ขาคอนโทรลของ A , B , C ที่ป้อนสัญญาณเลขฐานสองควบคุมการเลือกแชลแนล ดังตาราง ที่ 1.1



รูปวงจรการเลือกสัญญาณอนาล็อก 8 ช่องของอินพุท แล้วแปลงเป็นดิจิตอล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ไมโครคอมพิวเตอร์คอนโทรล

ในบทนี้ จะกล่าวถึงฮาร์ดแวร์ (Hard ware) และโปรแกรมการทำงานของระบบ (operating System Programing) ซึ่งเป็นหัวใจของเครื่อง โดยจะกล่าวถึงทฤษฎีของ IC เบอร์หลักที่สำคัญคร่าว ๆ ส่วนซอร์ฟแวร์จะแสดงเป็นโฟลวชาร์จ

4.1 IC หลักที่ใช้

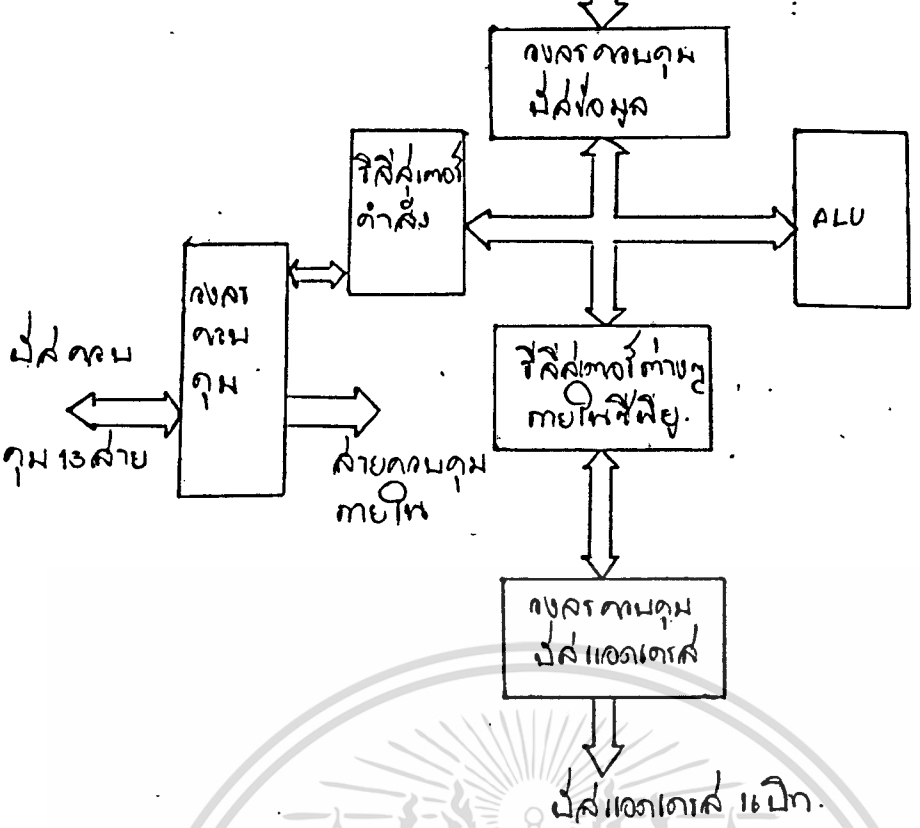
ไอซีเบอร์หลักที่ใช้ประกอบเป็นไมโครคอมพิวเตอร์คอนโทรล มี 5 เบอร์ คือ

1. Z80 ทำหน้าที่เป็น CPU
2. 8255 ทำหน้าที่เป็น I/O PORT
3. ULN2803 ทำหน้าที่เป็น OUTPUT DRIVE
4. MM74C922N ทำหน้าที่ สแกนคีย์
5. MC14499P ทำหน้าที่สแกน ๆ SEGMENG เพื่อแสดงอุณหภูมิ

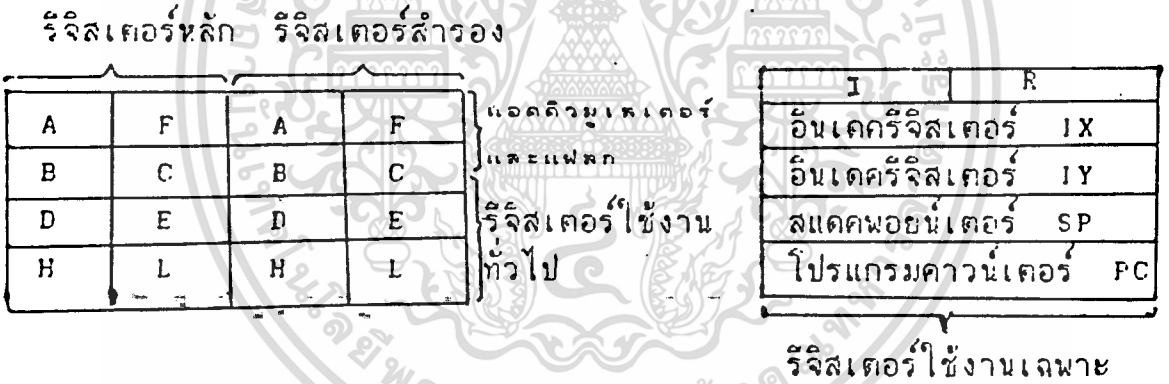
4.1.1 IC Z80

โครงสร้างของชิพยู Z80 มีโครงสร้างที่พัฒนามาจาก 8080 ดังนั้นในแง่โครงสร้างพื้นฐานจะเหมือนกับชิพยูของ 8080 แต่เนื่องจาก Z80 มีการพัฒนาทางซอร์ฟแวร์ และฮาร์ดแวร์มามากจึงทำให้มีรายละเอียดแตกต่างเพิ่ม อีกหลายประการด้วยกัน บล็อกไดอะแกรมรูปที่ 4.1 เป็นไดอะแกรมแสดงให้เห็นโครงสร้างของ Z80 โดยโครงสร้างของชิพยูนี้จะถูกบรรจุอยู่ในแอลเอสไอ (LSI) ขนาด 40 ขาโครงสร้างภายในของ Z80 ชิพยู ประกอบด้วยริจิสเตอร์ภายในที่สามารถเขียน และอ่าน(R/W) ได้ถึง 208 บิทโดยแยกเป็นกลุ่มของริจิสเตอร์ขนาด 8 บิท 18 ริจิสเตอร์ และริจิสเตอร์ขนาด16 บิท อีก 4 ริจิสเตอร์ โดยมีชุดริจิสเตอร์แสดงได้ดังรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 บล็อกไดอะแกรมซีพียู



รูปที่ 4.2 แสดงรีจิสเตอร์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ภายในซีพียู Z80

รีจิสเตอร์หลักที่ใช้งานทั่วไป

รีจิสเตอร์ในกลุ่มแรกคือ A,F,B,C,D,E,H,L เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท ที่ใช้งานทั่วไปโดยรีจิสเตอร์เหล่านี้ สามารถประกอบรวมกันเป็นคู่รีจิสเตอร์ได้คือ AF,BC,DE,HL โดยคู่รีจิสเตอร์เหล่านี้ จะได้รับการใช้งานในลักษณะของรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิท การกระทำภายในซีพียูอาจจะอาศัยเพียงรีจิสเตอร์เดียวหรือกระทำเป็นคู่รีจิสเตอร์ โดยที่ A คือ แอคคิวมูเลเตอร์ F คือ แฟลกของ Z80 จะมีด้วยกันทั้งหมด 6 ตัว จึงใช้เพียง 6 บิท แต่ Z80 อาศัยการเพิ่มบิทขึ้นอีก 2 บิทแล้วกลายเป็นรีจิสเตอร์เราสามารถใช้ F เสมือนรีจิสเตอร์หนึ่งซึ่งเมื่อรวมกันกับ A แล้ว จะกลายเป็นรีจิสเตอร์ 16 บิทได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มรีจิสเตอร์สำรอง

เป็นกลุ่มรีจิสเตอร์ที่สามารถเก็บข้อมูลได้ โดยเป็นตัวเก็บข้อมูลที่มาจากรีจิสเตอร์หลัก รีจิสเตอร์ชุดนี้มีด้วยกัน 8 ตัว A,F,B,C,D,E,H,L รีจิสเตอร์เหล่านี้เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลชั่วคราว ในการที่ต้องการใช้รีจิสเตอร์หลักทำงานอย่างอื่นก่อนดังนั้นรีจิสเตอร์กลุ่มนี้จึงไม่สามารถกระทำทางคณิตศาสตร์และลอจิกได้

กลุ่มรีจิสเตอร์ที่ใช้งานเฉพาะอย่าง

1. โปรกแกรมเคาว์เตอร์ (PC-Program Counter) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิท เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของโปรแกรมในขณะสภาวะการกระทำการเฟทช์โดยขณะทำการเฟทช์ (Fetch) ค่าที่อยู่ในโปรกแกรมเคาว์เตอร์จะไม่ปรากฏอยู่ที่แอดเดรสบัส เพื่อชี้ไปยังตำแหน่งในหน่วยความจำให้ซีพียูอ่านคำสั่งมาถอดความหมาย ค่าที่อยู่ในโปรแกรมเคาว์เตอร์จะเพิ่มค่าขึ้นโดยอย่าง อัตโนมัติหลังจากการกระทำการเฟทช์แต่ถ้าหากซีพียูกระทำคำสั่งให้ข้ามไปยังตำแหน่ง อื่น (Jump) ค่าแอดเดรสที่จะกระโดดข้ามนี้จะโหลดเข้ามายังโปรแกรมเคาว์เตอร์ได้อย่างอัตโนมัติ

2. สแตคพอยน์เตอร์ (SP-Stack Pointer) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิท ที่ใช้สำหรับชี้ไปยังแอดเดรสชั้นบนสุด ของสแตคที่อยู่ใน (RAM) โดยส่วนของสแตคมีลักษณะโดยสร้างเป็นหน่วยความจำเป็นแบบเก็บทีหลังเรียกออกก่อน ข้อมูลในสแตคอาจได้รับการพุช (push) หรือพอพ (pop) มาจากข้อมูลรีจิสเตอร์ภายในซีพียู ลักษณะของสแตคในที่นี้ยังเป็นส่วนช่วยในการกระทำ อินเตอร์รัพท์และการเรียกโปรแกรมหน่วย กล่าวคือในการอินเตอร์รัพท์ค่าของโปรแกรมเคาว์เตอร์จะได้รับการเก็บรักษาไว้ในชั้นสแตค ครั้นเมื่อโปรแกรมกลับมาจากอินเตอร์รัพท์ไปกระทำยังโปรแกรมก็จะนำค่าจากสแตคกลับเข้ามายังโปรแกรมเคาว์เตอร์ใหม่ ในทำนองเดียวกัน การกระโดดไปกระทำยังโปรแกรมย่อย ก็เช่นเดียวกับ ดังนั้นการกระทำในรูปของอินเตอร์รัพท์หรือโปรกแกรมย่อยสามารถซ้อนกันได้ไม่มีที่สิ้นสุด

3. อินเดครีจิสเตอร์ (IX,IY-Inder Register) ซีพียู Z80 มีอินเดครีจิสเตอร์ขนาด16 บิท 2 ตัว แต่ละตัวใช้ประโยชน์หลัก ในการทำหน้าที่เป็นตัวเก็บแอดเดรสฐาน (Base address) เพื่อทำหน้าที่อ้างแอดเดรส แบบอินเดคแอดเดรส แบบอินเดคเดรสซึ่ง (Index addressing) ในโหมดของอินเดคแอดเดรสซึ่งมีข้อมูลที่อยู่ในอินเดครีจิสเตอร์นี้จะรวมข้อมูลที่อยู่ในอินเดครีจิสเตอร์นี้จะรวมข้อมูลที่ติดมากับคำสั่งอีก 8 บิท เพื่อเป็นตัวกำหนดแอดเดรสให้กับ คำสั่งข้อมูลที่ติดมากับคำสั่งนี้เราเรียกว่า ดิสเพลซเมนท์(Displacement) ซึ่งจะเก็บอยู่ในรูป 2 s คอมพลีเมนท์ (2s Comlement)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. <u>อินเตอร์รัพท์เพจแอดเดรสรีจิสเตอร์</u> (I-Interrupt page) address register การอินเตอร์รัพท์ของ Z80 มีหลายโหมด และโหมดหนึ่งที่ทำการให้อินเตอร์รัพท์ของ Z80 มีประสิทธิภาพสูง กล่าวคือเมื่อเกิดการอินเตอร์รัพท์ในโหมดนี้ขึ้นมันสามารถอ้างแอดเดรสโดยทางอ้อมไปกระทำโปรแกรมในที่ใดก็ได้ในหน่วยความจำ โดยอาศัยค่ารีจิสเตอร์รวมกับค่าที่ส่งมาจากอุปกรณ์เพอริเฟอรัล (peripheral)อีก 8 บิท ชี้ไปยังค่าในหน่วยความจำ เพื่อนำค่านั้นมาโหลดเข้าในโปรแกรมเคาว์เตอร์เพื่อกระทำต่อไป ด้วยวิธีการนี้เราสามารถ กระโดดเข้าไปทำที่ส่วนใดในหน่วยความจำก็ได้

<u>*แอคคิวมูเลเตอร์*</u> (Accumulator) และแฟลก (Flag)

ซีพียูจะมีรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นหลักในการเป็นตัวโอเปอร์แรนด์ (Operand) สำหรับการกระทำทางคณิตศาสตร์และลอจิก โดยรีจิสเตอร์หลักนี้จะมีเพียง 8 บิท เรียกว่า แอคคิวมูเลเตอร์ (accumulator)การกระทำ ในส่วนของหน่วยคณิตศาสตร์ และลอจิก ย่อมเกิดเงื่อนไขได้หลายอย่างที่จะต้องแสดงสถานะภาพของเงื่อนไขเหล่านั้น เช่น เงื่อนไขผลลัพธ์เป็นศูนย์ ผลลัพธ์เป็นบวก หรือลบ มีตัวทดหรือตัวขอยืมในทางคณิตศาสตร์ แสดงเงื่อนไขพาริตี้คู่หรือคี่ (odd or even parity) ฯลฯ สิ่งเหล่านี้จะให้ผลลัพธ์แสดงสถานะได้ด้วยแฟลก (Flag) แฟลกเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท ซึ่งสามารถรวมกับแอคคิวมูเลเตอร์ขนาด 16 บิทได้ผู้เขียนโปรแกรมยังสามารถใช้คำสั่งในการเคลื่อนย้ายข้อมูล (Load) จากแอคคิวมูเลเตอร์ A และแฟลก Fไปเก็บไว้ใน A และ F ได้เพื่อทำให้การใช้งานของ A และ F มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

<u>*หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก*</u> (ALV-arithrnetic and logic unit) การประมวลผลที่สำคัญของซีพียูของคอมพิวเตอร์ยังขึ้นอยู่กับหน่วย คำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก(ALV) ส่วน ALU นี้จะนำข้อมูลซึ่งอาจจะมาจากภายนอกซีพียูหรือภายในซีพียูก็ได้มาประมวลผล การประมวลผลในส่วน ALU ที่สำคัญประกอบด้วย

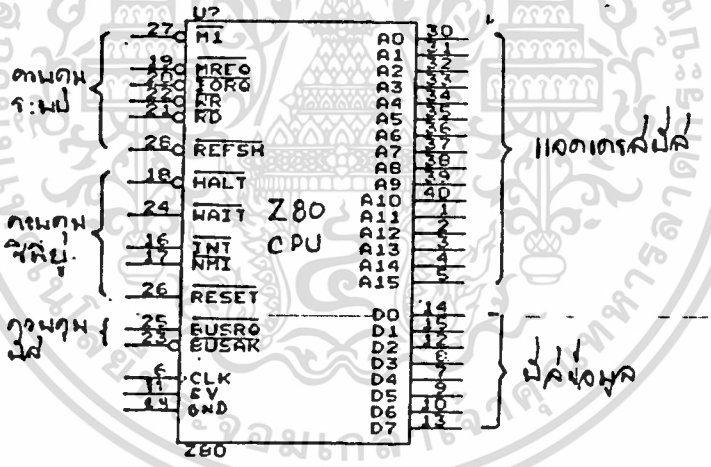
1. การบวก (Add)
2. การลบ (Subtract)
3. ลอจิก (and)
4. ลอจิก (or)
5. ลอจิก (EX-OR)
6. เปรียบเทียบ (Compare)
7. การเลื่อนบิททางซ้ายหรือทางขวา (Shift left or right)
8. การเพิ่มค่า (Increment)
9. การลดค่า (Decrement)
10. การเซทบิท (Set Bit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. การรีเซทบิท (Reset bit)
12. การทดสอบบิท (Test bit)

รีจิสเตอร์และส่วนควบคุม (Instruction register and Control)
ในการกระทำการเฟทช์ ซีพียูจะอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำที่เป็น ส่วนของโปรแกรมโดยรอคำสั่งนั้น มาเก็บไว้ใน IR เพื่อทำการถอดรหัสคำสั่งและส่งสัญญาณควบคุมการทำงานภายในซีพียู หรือควบคุมการทำงาน ของระบบสัญญาณควบคุมเหล่านี้จะออกมาในจังหวะต่าง ๆ กัน เพื่อใช้ควบคุมระบบในการทำงานต่อไป

การจัดขาของ Z80
Z80 ซีพียู เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ที่มี 40 ขา โดยหลักการแล้วเป็นซีพียูได้โดยสมบูรณ์ กล่าวคือ Z80 ไม่ต้องประกอบกับอุปกรณ์ ประกอบอื่นที่จะแยกการทำงานเพื่อรวมเป็น ซีพียู ส่วนของสัญญาณจะประกอบด้วยบัสแอดเดรส บัสข้อมูลและสัญญาณควบคุม การจัดวางขาได้แสดงไว้ดังรูปที่ 4.3



รูป 4.3 แสดงลักษณะขา Z-80

รายละเอียดของขาต่าง ๆ แสดงได้ดังนี้
0-A15 เป็นบัสแอดเดรส สัญญาณที่ออกมาจากขาไอซีเหล่านี้จะให้แอดทีฟขณะที่ติดต่อกับอุปกรณ์รอบข้างโดยขาเหล่านี้เป็นเอาท์พุทแบบไตรสเตท บัสแอดเดรสมีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 16 สายเพื่อให้ซีพียูติดต่อกับหน่วยความจำได้มากถึง 2^{16} = 64 k ไบท์ นอกจากนี้ส่วนของแอดเดรสยังเป็นตัวกำหนดเบอร์พอร์ทของอุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท โดยขณะที่ซีพียูกระทำคำสั่งเกี่ยวกับอินพุทหรือเอาท์พุทค่าของแอดเดรสบัสใน 8 บิทล่าง (A0 - A7) จะแสดงค่าเบอร์พอร์ทดังนั้น เราจึงมีอุปกรณ์อินพุท หรือเอาท์พุทได้ทั้งหมด 2^8 256 พอร์ทและในขณะช่วงเวลารีเฟรช โดยเมื่อสัญญาณรีเฟรชปรากฏขึ้นที่ขารีเฟรช (RFSH) ค่าในแอดเดรสบัส A0-A7 จะแสดงค่าแอดเดรสของหน่วยความจำที่จะถูกรีเฟรช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$\overline{M1}$

$\overline{MCEQ}$ (machine Cycle one) แมชชีน ไซเคิล วัน = มีลักษณะเป็นแอคทีฟที่ลอจิก 0 M1เป็นส่วนที่จะบอกให้ทราบว่าขณะนี้ซีพียูกำลังอยู่ ในสภาวะเฟทช์ ในขณะที่ซีพียูเฟทช์คำสั่งที่มีออกโค้ดสองไปที่ส่วนของ IORQ จะสร้างขึ้นขณะเฟทช์ในแต่ละเฟทช์ นอกจากนี้ M1ยังสร้างสัญญาณร่วมกับ IORQ เพื่อบอกสถานะการตอบรับการอินเตอร์รัพท์

$\overline{MREQ}$ (memory request) เป็นลักษณะไตรเสตท ให้ลอจิกแอคทีฟที่ "0" เป็นสายสัญญาณที่บอกให้ทราบว่า ซีพียูต้องการเขียน หรืออ่านหน่วยความจำตามแอดเดรสที่ปรากฏอยู่ในแอดเดรสบัส

$\overline{IORQ}$ (Input output request) เป็นเอาท์พุทลักษณะไตรสเตทแอคทีฟที่ลอจิก "0" เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่า ซีพียูต้องการติดต่อกับอุปกรณ์อินพุท - เอาท์พุท โดยแอดเดรสบัส 8 บิท ล่างจะแสดงค่าเบอร์พอร์ท ส่วนบัสข้อมูลจะแสดงข้อมูลที่จะมีการส่งถ่ายระหว่างซีพียูกับ I/O นอกจากนี้ IORQ ถ้าเกิดขึ้นพร้อมกับ M1 จะเป็นตัวบอกถึงสถานะที่ซีพียูกำลังตอบสนองผลจากการ อินเตอรัพท์ โดยขณะนี้ส่วนของบัสข้อมูลจะมีการส่งผ่านเข้ามาด้วยค่าของอินเตอร์รัพท์เวเตอร์

$\overline{RD}$ (Memory read) เป็นไตรสเตทเอาท์พุทและแอคทีฟขณะลอจิก "$\overline{RD}$ เป็นตัวบอกว่าซีพียูต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ I/O

$\overline{WR}$ (memory write) เป็นขาเอาท์พุทแบบไตรสเตท และแอคทีฟขลอจิก "0" WR เป็นสัญญาณบอกว่าซีพียูต้องการเขียนข้อมูลโดยจะเขียนข้อมูลในแหน่งที่แอดเดรสบัสกำหนดขึ้น อาจเป็นหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ I/O ก็ได้

$\overline{RFSH}$ (Fefesh) เป็นขาเอาท์พุทแอคทีฟขณะลอจิก "0" RFSH เป็นญาณที่จะบอกให้ทราบว่าสัญญาณในแอดเดรสบัส—ในส่วน A0-A6—เป็นแอดเดรสที่ใช้ในการรีเฟรชหน่วยความจำชนิดไดนามิคส์ส่วนบัส A7 จะแสดงค่าของรีจิสเตอ

$\overline{HALT}$ (Halt state) เป็นเอาท์พุทที่แอคทีฟขณะลอจิก "0"สัญญาณHALจะแสดงเมื่อซีพียูได้กระทำคำสั่ง HALT และจะหยุดรอจนกว่าจะมี การอินเตอรัพท์ หริอรีเซท ขณะที่อยู่ในช่วง HALT ซีพียูจะเสมือนกำลังกระทำคำสั่ง OK (no operation) เพื่อให้เกิดไซเคิลในการทำงาน เพื่อส่งสัญญาณไปกระทการรีเฟรชหน่วยความจำ ชนิดไดนามิกส์

$\overline{WAIT}$ (wait) เป็นขาอินพุท จะแอคทีฟด้วยลอจิก "0" WAIT เป็นแสดงเพื่อบอกซีพียู่ว่าให้ซีพียูรอ ในกรณีที่อุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุท หรือหน่วยความไม่สามารถรับหริอส่งข้อมูลได้ทัน WAIT จะเป็นตัวทำให้ซีพียู ซึ่งได้พอดีกับอุปกอินพุทเอาท์พุทที่ทำงานด้วยความเร็วช้า

$\overline{INT}$ (Interrupt request) เป็นขาอินพุท แอคทีฟด้วยลอจิก "0"INเป็นสัญญาณที่
สร้างขึ้นมาจากอุปกรณ์อินพุทเอาท์พุท เพื่อต้องการที่จะอินเตอร์รัพท์ซีพียู ซีพียูจะทำการตรวจสอบสัญญาณนี้ทุก ๆ ครั้งที่จบการกระทำแต่ละคำสั่งการตอบสนองข้อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวการอินเตอร์รัพท์สามารถควบคุมได้ด้วยซอฟท์แวร์ ด้วยการเซทค่าอินเตอร์รัพ ฟลิปฟลอบ (IFF) การตอบสนองอินเตอร์รัพท์จะเกิดได้ยังต้องให้ BUSRQไม่แอ ทีฟ เมื่อซีพียูตอบสนองต่อการอินเตอร์รัพท์ ซีพียูจะสร้างสัญญาณตอบด้วยสัญญา IORQ ระหว่างช่วงเวลา M1

$\overline{NMI}$ (nonmeskable interrupt) เป็นขาอินพุทที่จะบอกซีพียูในขณ ขอบพัลซ์ขาลง การกระทำอินเตอร์รัพท์ด้วยวิธีนี้ ซีพียูจะให้ความสำคัญสูงกว่า IN กล่าวคือมันจะตอบสนองและกระทำทันที ด้วยการเริ่มเอ็กซีคิ้ว (excicute) ค สั่งในตำแหน่ง 0066 โดยอัตโนมัติการกระโดดไปกระทำในกรณีนี้ ซีพียูจะเก็บค่ โปรแกรมเคาว์เตอร์เดิมไว้ในสเตคเพื่อจะได้กลับไปทำงานเดิม เมื่อเสร็จสิ้นกา อินเตอร์รัพท์ได้

$\overline{RESET}$ (Reset) เป็นขาอินพุทที่แอคทีฟด้วยลอจิก "0" การรีเซทในกรณี จะมีผลดังนี้

1. ค่าของ PC มีค่าเป็น "0"
2. IFF จะได้รับการ Disable
3. รีจิสเตอร์ I จะมีค่า 00H
4. รีจิสเตอร์ R จะมีค่า 00
5. จะมีการเซทอินเตอร์รัพท์โหมดมาอยู่ที่โหมด 0

ระหว่างการรีเซทสายแอดเดรสบัส และบัสข้อมูลจะได้รับการกระทำให้มีค่า อิม แดนซ์สูงเพื่อแยกตัวออกจากซีพียู ส่วนสายสัญญาณควบคุมจะได้รับการทำเป็นสัญญา ที่ไม่แอคทีฟการรีเฟรชจะไม่เกิดขึ้น

$\overline{BUSRQ}$ (bus request) เป็นขาอินพุทที่แอคทีฟด้วยลอจิก "0" เป็นสั ญญาณที่ส่งบอกกับซีพียูเพื่อต้องการให้ซีพียูควบคุมบัส กล่าวคือต้องการให้ซีพียูทำให้บั แอดเดรส และบัสข้อมูลอยู่ในสถานะอิมพีแดนซ์สูง คือต้องการแยกซีพียูออก จากบั นั่นเอง

$\overline{BUSAK}$ (bus acknowledge) เป็นขาเอาท์พุท แอคทีฟขณะลอจิก "0 BUSAK เป็นสัญญาณตอบจากซีพียูว่า ซีพียูได้แยกตัวเองออกจากแอดเดรสบัส แล บัสข้อมูลเรียบร้อยแล้ว 0 (colck) สัญญาณนาฬิกาที่จะป้อนเข้าระบบ

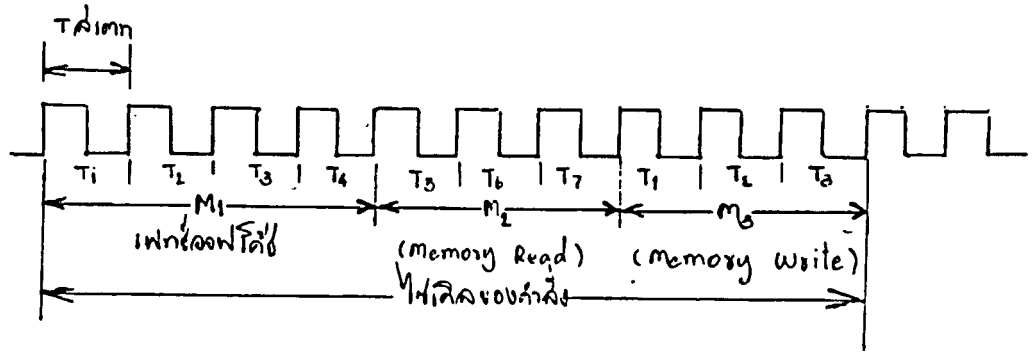
ไดอะแกรมเวลาของซีพียู

Z80 ซีพียูจะทำงานในลักษณะพื้นฐาน ที่สำคัญประกอบด้วย

1. การเขียน - อ่านหน่วยความจำ
2. การเขียน - อ่านอุปกรณ์อินพุท - เอาท์พุท
3. การตอบสนองต่อการอินเตอร์รัพท์

ลักษณะการทำงานจะสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกาขอให้พิจารณาจากรูปที่ 4.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

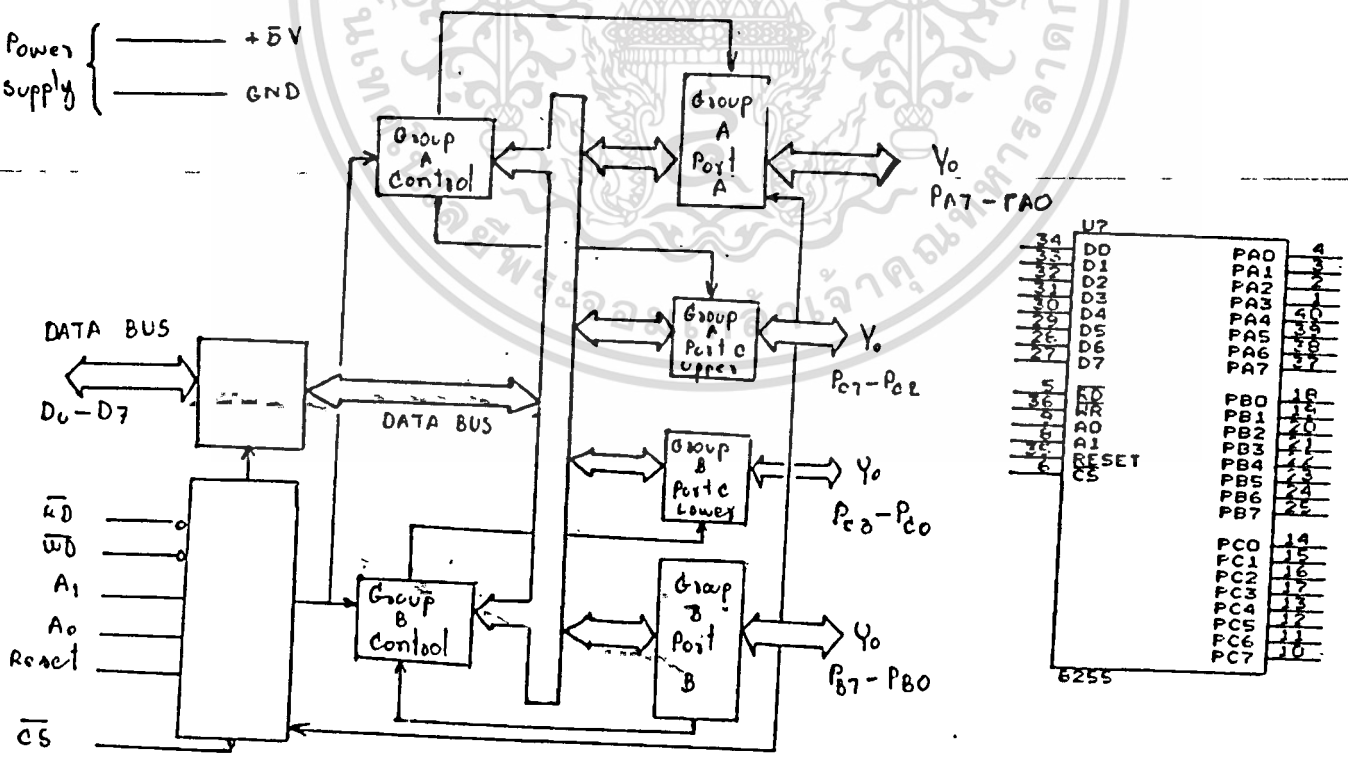


รูปที่ 4.4 ดังไดอะแกรมเวลาของซีพียู

4.1.2 8255

8255 เป็นแผงวงจรรวมขนาดใหญ่ LSI มีขา 40 ขา ซึ่งสามารถให้ข้อมูลข้าออกได้ 2 ทาง 8255 นี้ถูกออกแบบให้สามารถต่อร่วมกับระบบไมโครโปรเซสเซอร์ได้เลยความจริง 8255 ไม่ได้ถูกออกแบบเพื่อให้งานกับ Z80 กล่าวคือ บริษัทอินเทล คอร์ปอร์เรชั่น ได้ออกแบบ 8255 พิโอโอเพื่อใช้กับไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8080

8255 พิโอโอนี้สามารถในรูปบลอกไดอะแกรมดังรูปที่ 5.1



จะเห็นจากรูปว่า 8255 พิโอโอมีบลอก - บลอกที่ต่อเชื่อมกับพิโอโอซึ่ง สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอกโดยสายที่ยื่นออกมา สายต่าง ๆ เหล่านี้ได้แก่ PA0-PA7, PB0-PB7 และ PC0-PC7

กลุ่มของสัญญาณภายใน 8255 นี้จะถูกแบ่งออกเป็น 3 พวก ได้แก่

1. พวกที่เป็นพอร์ทเอ (A)
2. พวกที่เป็นพอร์ทบี (B)
3. พวกที่เป็นพอร์ทซี (C)

ในรูปที่ 4.1 นี้จะเห็นได้ว่ามีอีก 2 บลอก ที่ชื่อว่ากลุ่มควบคุม เอ (Group Control)และกลุ่มควบคุม บี (Group B Control) ซึ่งจะเป็นตัวควบคุม การแบ่งชนิดของพอร์ทอินพุท/ เอาท์พุบลอกกลุ่มสุดท้ายที่แสดงในรูป 4.1.1 บัพพ์เฟอของบัสข้อมูล (DATA A BUS BUFFER) และลอจิก สำหรับควบคุมการ อ่าน เขียน บลอกเหล่านี้จะเป็นตัวเชื่อมต่อกับ Z80 บัพพ์เฟอร์ของบัสข้อมูลจะเป็นตัส่งข้อมูลอินพุทให้บัสข้อมูลของซีพียู และรับข้อมูลเอาท์พุทมาส่งให้ 8255 สำหรับลอจิกสำหรับควบคุมการอ่านเขียนจะเป็นตัวเลือกรับและส่งข้อมูลให้ กับรีจิสเตอภายในอย่างถูกต้องและในเวลาที่เหมาะสม

<u>รายละเอียดเกี่ยวกับขารอง 8255</u>

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงหน้าที่การทำงานต่าง ๆ ของขา ซึ่งจะเป็นแนวทางสำหรับกนำไปเชื่อมต่อกับ Z80 ซีพียู

D0-D7 เป็นทางสำหรับข้อมูลทั้งอินพุทและเอาท์พุท เป็นทางสำหรับให้ ข้อมูของทั้งอินพุทและเอาท์
พุทผ่าน (เลือกชิพอินพุท) ไมโครโปรเซสเซอร์จะทำการอ่านหรือเขียนข้อมูลลงบ 8255 ได้ก็ต่อเมื่อขานี้มีค่าลอจิกเป็น 0 เท่านั้น

$\overline{RD}$ (อ่านข้อมูล) เมื่อใดก็ตามที่ขามีลอจิกเป็น 0 และ $\overline{CS}$ ก็มีลอจิเป็น 0 ด้วย ข้อมูลเอาท์พุทของ 8255 จะถูกออกไปยังบัสข้อมูลระบบ

$\overline{WR}$ (เขียนข้อมูล) ขณะที่ขานี้และขา มีลอจิกเป็น 0 พร้อมกัน 8255จถูกเขียนข้อมูลจากบัสข้อมูลของระบบ

A0-A1 (อินพุทแอดเดรส) เป็นตำแหน่งของรีสิจเตอร์ภายใน 8255 ซึ่งค่ลอจิกของมันขึ้นอยู่กับว่ามันเป็นอินพุทหรือเอาท์พุท

RESET ขารีเซทเมื่อขานี้มีค่าเป็น ลอจิก 1 แล้ว 8255 จะอยู่ในสภาวะ ขการรีเซทซึ่งจะทำให้พอร์ทที่อยู่รอบตัวมันถูกเซทให้อยู่ในโหมดของอินพุท

PA0-PA7 เป็นสายของสัญญาณที่ใช้สำหรับอินพุท/เอาท์พุทพอร์แบบ 8 บิท ซึ่งสภายนอกได้เลย

PB0-PB7 เหมือนกับ PA0-PA7

PC0-PC7 เหมือนกับ PA0-PA7 แต่กลุ่มของสัญญาณนี้อาจถูกแบ่งให้เป็นแบบ 4 บิท สองกลุ่มและใช้เพื่อควบคุม PB0-PB7, PA0-PA7 ซึ่งอยู่กับโหมด การควบคุมของ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

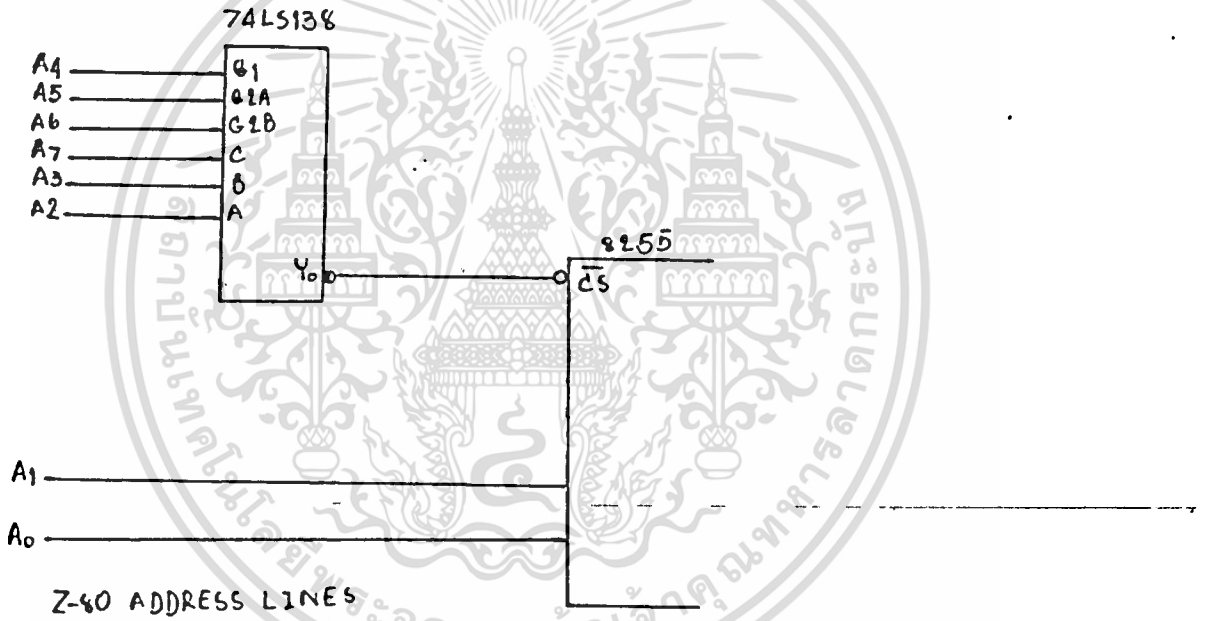
การต่อ 8255 กับ Z80

ต่อไปจะเป็นการกล่าวถึงการใช้ 8255 เป็นเอาท์พุทของระบบ Z80 ซึ่ง 825 จะถูกต่อกับZ80 ซีพียู และสมมุติว่าการติดต่อต่าง ๆ ทั้งหมดเกิดขึ้นขณะ การทงานในโหมด อินพุท/เอาท์พุท 8255 จะมี

อินพุทแอดเดรสสองเส้น คือ A0, A1 ซึ่งจะทำให้ตัวมันสามารถเป็นอินพุท/เอาพุท 4 พอร์ท โดยทั่วไปจะต่อ A0 และ A1 ของ 8255 กับ A0 และ A1 ของ Z80 ซีพียู

สายอินพุท CS ของ 8255 จะต่อจากอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุมเข้ามายังว่างของอินพุท/เอาท์พุท

ตัวอย่างเช่นถ้าเราให้แอดเดรสของอินพุท/เอาท์พุท เท่ากับ 10H, 11H 12H, และ 13Hดังนั้นจะสามารถเลือกใช้มันแต่ละอันโดยวงจรดังรูปที่ 4.1.2

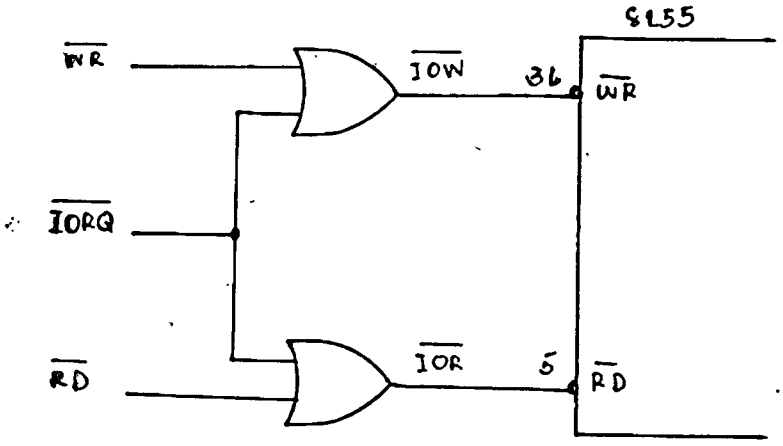


รูปที่ 4.1.2 แสดงการใช้ 8255 พิไอโอเป็นเอาท์พุทพอร์ท

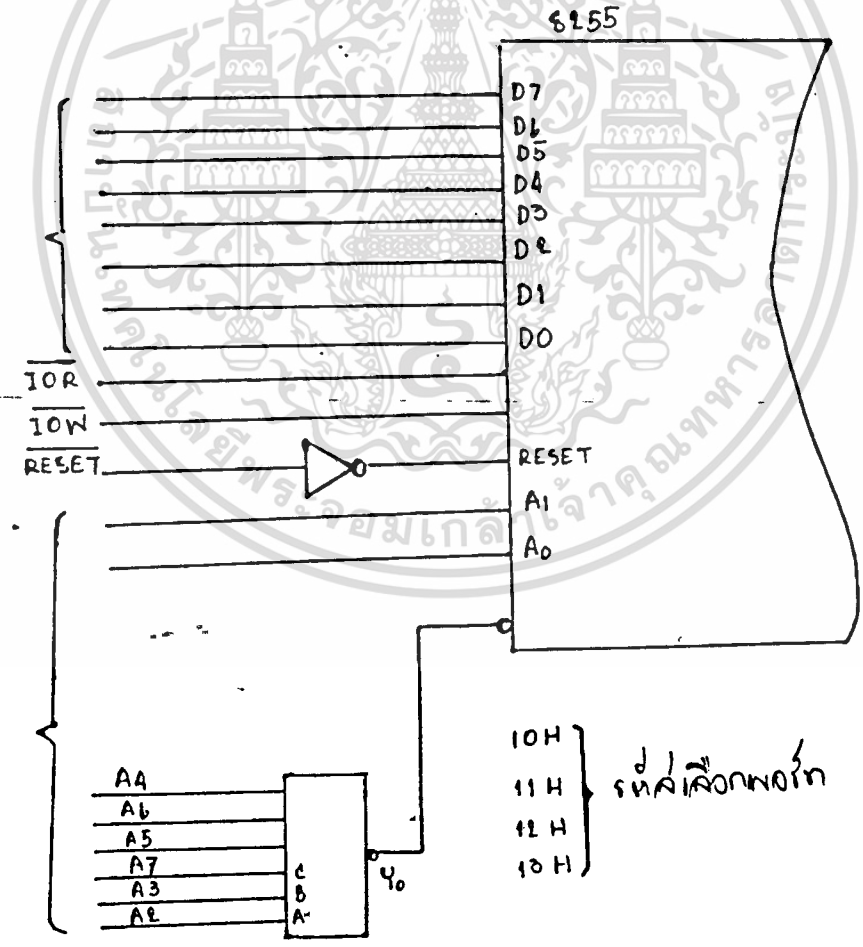
ต่อไปจะเป็นการต่อ RD และ WR กับสัญญาณควบคุมจาก Z80 โดยใช้สัญญา IOR และ IOW ทั้งนี้เนื่องจาก RD และ WR ของ 8255 ไม่สามารถต่กับเอาท์พุท RD และ WR ของ Z80 ได้โดยตรงกล่าวคือขณะที่สาย RD และ WR ของ Z80 แอคทีฟระหว่างที่มีการทำงานร่วมกับหน่วยความจำและถ้ามันไม่สามารถเชื่อมต่อกับ 8255 ได้ข้อมูลต่าง ๆ ก็จะเปลี่ยนไป

รูปที่ 4.1.3 จะแสดงถึงการต่อ RD และ WR ของ 8255 กับ IO และ IOW ของ Z80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1.3 แสดงการต่อขา $\overline{RD}$ และ $\overline{WR}$ ของ 8255 พีไอโอ กับสัญญาณควบคุมจาก Z80



รูปที่ 4.1.4 แสดงการต่อขา 8255 กับ Z80

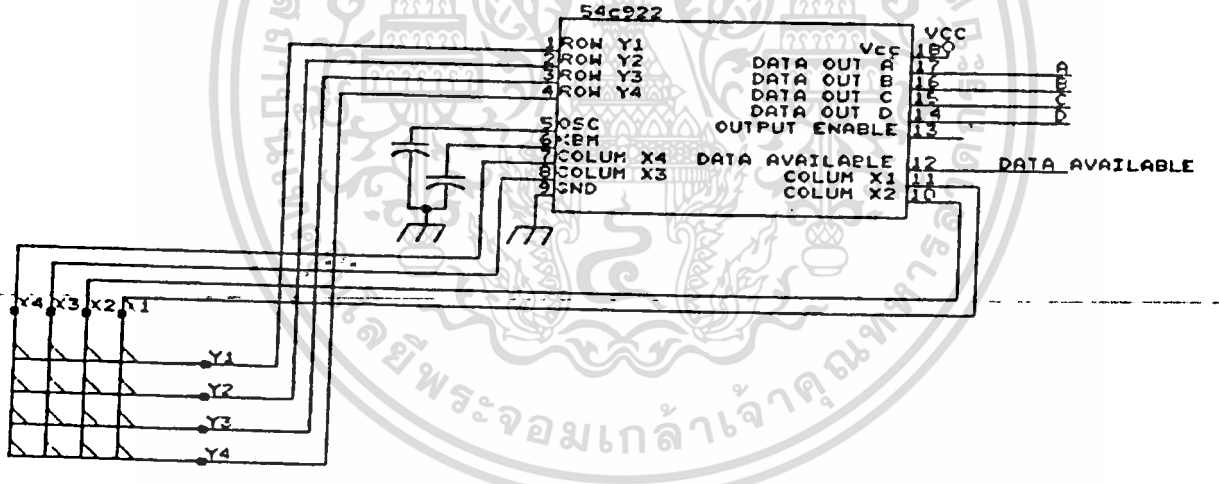
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3 ULN 2803

เป็น IC ที่ทำหน้าที่เป็น เอาท์พุท ไดร์ของเครื่อง IC แต่ละตัวบรรจุวงจร transisterต่อแบบ daringtonคอมพิวเตอร์ไว้ 8 ตัว สามารถขับกระแสโหลดสูงสุดได้ 600 MA (500 MA ต่อเนื่อง)ทนแรงดันได้ 50 V(สภาวะ OFF) รายละเอียดอื่น ๆ ดูได้จาก ดาต้าชีตในภาคผนวก

4.1.4 MM 74C922

เป็น IC ซิมอส ทำหน้าที่สแกนคีย์บอร์ดโดยมีคีย์ได้ทั้งหมด 16 คีย์เมื่อมีการกดคีย์ IC 74928 จะถอดระหัสของคีย์บอร์ดว่าคีย์ที่ถูกกดนั้นอยู่ใน row ใดและ colum ใดจากนั้นจะส่งสัญญาณ INT ออกมาทางขา DA เพื่อจะไปอินเตอร์รัพท์ CPU พร้อมทั้งจะส่งข้อมูล D0-D4 ซึ่งเป็นระหัสของคีย์ที่ถูกกดออกมารอที่ขา A-D เพื่อให้ CPU อ่านเข้าไป



รูป 4.1.5

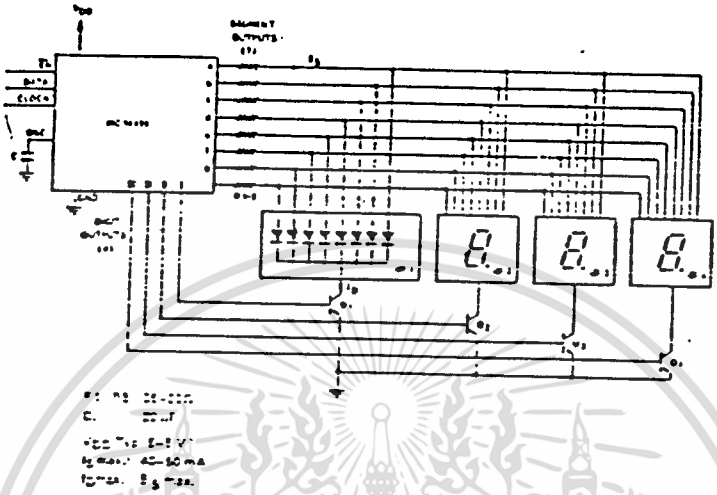
หมายเหตุ รายละเอียดภายในของ IC ดูได้จากภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5 MC 14499

เป็น IC 18 ขา รับข้อมูลอินพุท แบบ ซีเรียล ให้ O/P 12 ขา ใช้ขับ LED 8 ขา ส่วนอีก4 ขา ทำหน้าที่ multipler ใช้แสดงค่าของอุณหภูมิ

FIGURE 7 – APPLICATION EXAMPLE



หมายเหตุ รายละเอียดดูได้จากภาคผนวก

4.2 การทำงานของไมโครคอมพิวเตอร์

การออกแบบวงจรสำหรับการควบคุมอุณหภูมิ (Hardware) จะแบ่งวงจรเป็นส่วนย่อย ๆ จะเริ่มจากวงจรส่วนสำคัญของระบบที่เป็นศูนย์กลาง ในการประมวลผล ซึ่งจะเป็นวงจรที่ตรวจสอบอุณหภูมิตลอดเวลา และ เป็นหัวใจของระบบด้วย วงจรนี้ ก็คือ วงจรไมโครคอมพิวเตอร์แผ่นพิมพ์เดี่ยว และส่วนที่ 2 เป็นส่วนแสดงแชนเนล (Channel) ที่กำลังดีสเพลย์อยู่ และแสดงโหมดที่กำลังทำงานอยู่โดยมี LED จำนวน 12 ดวง8 ดวงแรกใช้แสดงแชนเนลที่กำลังดีสเพลย์อยู่ อีก 4 ดวงใช้แสดงโหมดการทำงานเมื่อกดคีย์บอร์ด ส่วนที่ 4
เป็น Output ของเครื่อง ส่วนที่ 5 เป็นคีย์บอร์ดใช้สำหรับตั้งค่า อุณหภูมิที่ต้องการ ส่วนที่ 6 เป็นส่วนเลือกอินพุทแชนเนลที่จะทำการประมวลผล ส่วนที่ 7 เป็นวอทช์ด็อก

4.2.1 วงจรไมโครคอมพิวเตอร์ แผ่นพิมพ์เดี่ยว (Single Board)

วงจรไมโครคอมพิวเตอร์ แผ่นพิมพ์เดียวที่ใช้ในการสร้างและพัฒนาเครื่องควบคุมอุณหภูมินี้มีชื่อว่าM80 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีขนาดเล็ก และราคาถูก ความสามารถทางด้านฮาร์ดแวร์สูง ไมโครโปรเซสเซอร์ของ M80 คือ Z80 ซึ่งเป็นไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิท ที่มีชุดคำสั่งถึง 158 คำสั่ง ทำงานที่ความถี่ 3.579 MHZการทำงานของ M80 ถูกควบคุมโดยโปรแกรมมอนิเตอร์ ขนาด 16 K ซึ่งจะทำหน้าที่ช่วยในการพัฒนาระบบเมื่อโปรแกรมถูกพัฒนาเสร็จเรียบร้อยแล้ว และโปรแกรมลงใน ROM หรือ EPROM แล้วโปรแกรมมอนิเตอร์ตัวนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะถูกถอดออกไปแล้วสแทนด้วยโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นส่วน RAMของ M80 มีขนาด 8 Kและสามารถขยายได้อีก 8 K โดยตัวที่ขยายเพิ่มนี้จะมีแบตเตอรี่ แบคอัพเพื่อป้องกันข้อมูลสูญหายเมื่อไฟฟ้าดับได้ด้วย นอกจากนี้ M80 ยังมี I/O พอร์ทให้ถึง 24 I/O โดยผู้ใช้สามารถที่จะโปรแกรมให้เป็น อินพุท หรือเอาท์พุท ได้ตามต้องการ (ในเครื่องนี้โปรแกรมให้เป็นอินพุทพอร์ท) และวงจรอินเทอร์เฟส ซึ่งใช้ในการติดต่อRS-232C โดยโปรแกรม I/O เหล่านี้รวมทั้งวงจรตรวจสอบแรงดันไฟฟ้าผิดปกติ (Power Bown Detector)ซึ่งจะทำการ RESET CPU เมื่อๆฟฟ้าต่ำกว่าปกติ เพื่อที่ CPU จะทำการเก็บข้อมูลที่สำคัญไว้ใน RAM ที่มีแบตเตอรี่แบคอัพ และ/หรือ ปิด เปิด เอาท์พุทต่าง ๆ เพื่อป้องกันอันตราย อันอาจเกิดขึ้นได้หน้าที่ของ M80 คือรับข้อมูล A/D ทางพอร์ท PB (8 บิทล่าง) :PA จะรับข้อมูลจาก 2 แหล่งคือPA0-PA3 รับข้อมูลจาก การกดคีย์บอร์ด PA4-PA7 รับข้อมูลจาก A/D (4 บิทบน) โดยข้อมูลที่ได้จาก A/นั้นเป็นค่าที่เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมินำเข้ามาประมวลผล แล้วแสดงค่าของอุณหภูมิออกมาที่พอร์ทเบอร์ 00 และให้เอาท์พุท ON-OFF ออกทางพอร์ทเบอร์ 02 พร้อมทั้งแสดงแชนเนลที่กำลังแสดงค่าอุณหภูมิออกทางพอร์ทเบอร์ 3 ส่วนข้อมูลที่ได้จากการกดคีย์นั้นจะกล่าวในภายหลัง

4.2.1.1 คุณสมบัติโดยทั่วไปของ M80

- ใช้ CPU Z80 ทำงานที่ความถี่ 3.5797 MHZ (IC1)
- ROM 16K เบอร์ 27128 ADDRESS 0000H-3FFFH (IC2)
- RAM 8K เบอร์ 6264 ADDRESS 4000H-5FFFH (IC3)
- RAM 8K เบอร์ 6264 ADDRESS 6000H-7FFFH มีแบรเตอรี่ แบคอัพ (IC4)
- 24 BIT PROGRAMMABLE I/O ADDRESS 0C0H-0C3H เบอร์ 8255 (IC5)
- แหล่งจ่ายกำลังงาน + 5V 200 mA (P0)
- 1.1" 6" พร้อมจุดต่อสำหรับ แอดเดรสบัส, ดาต้าบัส, คอนโทรลบัส, I/O, และ Vccรวมทั้งจุดต่อสำหรับอุปกรณ์ภายนอก
- 5 mm. LED สำหรับแสดง RESET (สีแดง),INTERRUP (สีเหลือง),HALT (สีเขียว),POWER (สีแดง)
- จุดต่อสำหรับแหล่งจ่ายไฟ 2 ขา (P0)
- จุดต่อซึ่งเป็นขาของ Z80 CPU จำนวน 40 ขา (P1)
- จุดต่อสำหรับดาต้าบัส D0-D4 8 ขา (P2)
- จุดต่อสำหรับแอดเดรสบัส A0-A7 8 ขา (P3)
- จุดต่อสำหรับคอนโทรลบัส 8 ขา (P4)
- จุดต่อ I/O 8 ขา 3 (PA,PB,PC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- จุดต่อแหล่งจ่ายกำลังงาน 8 ขา (P5A,P5B)

4.2.2 ส่วนแสดงผลของอุณหภูมิ

ส่วนแสดงผลอุณหภูมินี้จะประกอบด้วย เอาท์พุท พอร์ทของ 8255 (IC 10) ในตำแหน่งแอดเดรสที่ 00 ทำหน้าที่ส่งข้อมูลและสัญญาณ ENให้กับขา 12 และขา 5 ของ MC 14499P (IC 14) ส่วนสัญญาณ CLK นั้นจะได้จาก ตำแหน่งแอดเดรสที่ 08 ของ 74LS138 (IC 17) เมื่อ MC 14499P ได้รับสัญญาณทั้ง 3(DATA, EN, CLK) ครบแล้วมันให้เอาท์พุทไปยัง ๆ เซกเมนต์ และทำการมัลติเพล็กเซกเมนต์ ทั้ง 4 ส่วนแสดงผลของอุณหภูมิจะทำหน้าที่แสดงอุณหภูมิของแชนเนลที่กำหนด และยังใช้แสดง ตัวเลขกดทางคีย์บอร์ดเพื่อตั้งค่า เซตพอยต์อีกด้วย

4.2.3 ส่วนแสดงแชนเนล และโหมดการทำงาน

ส่วนแสดงแชนเนล จะเริ่มต้นจาก 74LS138 (IC 17) ถอดระหัสได้แอดเดรส 04IC 74LS374 (IC 11) ทำการส่งค่าของแชนเนลที่กำลังแสดงผลอยู่ออกมาที่ LED (ใช้ในตอนกดคีย์) ซึ่งมี5 ตัว

4.2.4 ส่วนเอาท์พุทของเครื่อง

จะเริ่มต้นที่ 74LS138 (IC 17) ถอดระหัสได้ แอดเดรส 02 ซึ่งเป็นพอร์ท P ของ 8255 (IC 10) พอร์ท PC ของ 8255 ถูกโปรแกรมให้เป็นเอาท์พุทพอร์ท จะส่งสัญญาณ ON-OFF ไปยังอินพุทของ ULN 2803 ตัว ULN 2803 จะทำหน้าที่ขับสัญญาณ ON-OFF เหล่านั้นซึ่งสัญญาณพวกนี้คือสัญญาณที่เป็น เอาท์พุทของเครื่องเราสามารถนำเอาสัญญาณเหล่านี้มาขับรีเลย์ หรือ ขับวงจรไตรรีสเตอร์เพื่อควบคุมโปรเซสอิกท์

4.2.5 ส่วนของคีย์บอร์ด

ตัว IC 74C922 (IC 18) จะทำหน้าที่สแกนคีย์บอร์ดทั้ง 16 คีย์ เมื่อคีย์บอร์ดถูกกด 74C922จะมีสัญญาณอินเตอร์รัพท์ ที่ขา DATA AVAILABLE ส่งผ่านอินเวอเตอร์ไปยัง CPC Z80 พร้อมทั้งมีระหัสของคีย์ที่ถูกกดมารอที่ขา เอาท์พุท A,B C,D ตัว Z80 เมื่อถูกอินเตอร์รัพท์ (ใช้อินเตอร์รัพท์โหมด 1) มันจะทำการอ่านระหัสของคีย์ที่ถูกกดเข้ามาทาง 4 บิทบนของพอร์ท PA (PA0-PA3) ของ 825 (IC 5) ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งแอดเดรส C0

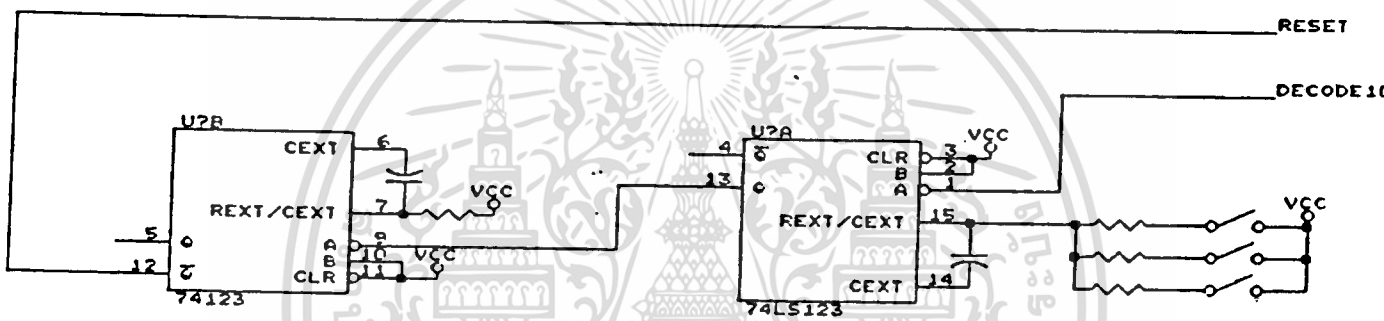
4.2.6 ส่วนที่ทำหน้าที่เลือกอินพุทแชนเนลที่จะทำการประมวลผล

เนื่องจากเครื่องควบคุมอุณหภูมินี้มีอินพุทถึง 8 แชนเนล ดังนั้นจึงต้องมีการเลือกพุทที่จะทำการประมวลผล โดยเริ่มต้นจาก 74LS138 (IC 17) ถอดระหัสได้แอดเดรส 01 ซึ่งจะทำให้พอร์ท PB ของ8255 (IC 10) จะส่งสัญญาณเลือแชนเไปยัง 4066 เพื่อให้นำสัญญาณที่ต้องการเข้ามาประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.7 วอทช์ด็อก (WATCH DOG)

เป็นวงจรที่ออกแบบขึ้นเพื่อป้องกันการทำงานผิดพลาดของไมโครคอมพิวเตอร์เ การหลุดจากลูบโปรแกรมควบคุม หรือเกิดอาการแฮ้ง (HANG) หากมีการท งานผิดพลาด จากโปรแกรมที่กำหนดวอทช์ด็อกจะทำการรีเซทไมโครโปรเซสเซอ เพื่อให้เริ่มต้นทำงานใหม่ การตรวจสอบ การทำงานของระบบไมโครอาศัยหล การที่ให้ลูบโปรแกรมของระบบไมโครส่งพัลส์มาทริกวอทช์ด็อก เป็นระยะ ๆ โด 74LS138 (IC 17)ถอดระหัสได้แอดเดรส OF จากนั้นจะมีพัลส์ออกจากขา Y ของ 74LS138 (IC 10) มาทริก IC 74LS123(IC 13) เป็นระยะๆ หากพัล ทริกหายไปชั่วขณะหนึ่ง ตามเวลาที่ตั้งไว้แสดงว่า ระบบไมโครหลุดจากลูโปรแกร ควบคุมแล้ว วอทช์ด็อกก็จะรีเซทระบบทันทีสำหรับระบบฮาร์ดแวร์ที่สมบูรณ์ของตัวไ โครคอมพิวเตอร์คอลโทรลเลอร์ แสดงไว้ในรูป



รูป 4.2.1

4.3 โปรแกรมการทำงานของระบบ (Operation System Programing

การทำงานของระบบจำเป็นต้องมีโปรแกรมจัดการ เนื่องจากไมโครคอมพิ เตอร์ จะทำงานไม่ได้ถ้าไม่มีโปรแกรมจัดการโปรแกรมการจัดการนี้ถูก แบ่งออ เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. โปรแกรมหลัก (Main Program)
2. โปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ (Interrupts service routine)

ขอบเขตของโปรแกรม คือจะต้องควบคุมอุณหภูมิ และเปลี่ยนจุดควบคุมได้ ตลอดย่าน 0-1000 C รายละเอียดของโปรแกรมจะอธิบายดังต่อไปนี้

4.3.1 โปรแกรมหลัก

การทำงานของเครื่องส่วนมากจะอยู่ในโปรแกรมหลักนี้ เริ่มต้นจาก เมื่อ มีการเปิดเครื่อง Z80จะเริ่มต้นทำงานที่ตำแหน่ง 0000 ตัวโปรแกรมจะทำการ เซทโหมดการทำงานให้ 8255 ทั้ง 2 ตัว โดยตัวแรก (IC 5) ถูกเซทให้ทำงา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นอินพุทพอร์ท ส่วนตัวที่ 2 (IC 10) ถูกเซทให้ทำงานเป็นเอาท์พุทพอร์ทจากนั้นจะเซทค่าให้กับหน่วยความจำในตำแหน่งต่าง ๆ ตามที่กำหนด

จากนั้นเลือกอินพุท แชนเนลที่ต้องการโดยในครั้งแรกสุดนี้จะเลือก เช่ เนลที่ 1 รับข้อมูลจาก A/D converter แล้วทำการกำจัด 4 บิทบนของข้อมู ทิ้งนำข้อมูลที่ได้มาหารด้วย 4 นำผลลัพธ์ที่ได้จากการหารมาเปิดตารางหาค่าอุณภูมิ ทำการตรวจดูว่า แชนเนลที่กำลังประมวลผลอยู่นั้นมีเอาท์พุท เป็น ON หรือ OFF อยู่

ถ้าเป็น ON ให้นำเอาอุณหภูมิที่ได้จากการเปิดตารางมาเทียบกับอุณหภู ซึ่งเป็นเซทพอยท์ด้านสูงว่ามีค่ามากกว่าหรือไม่ ถ้าสูงกว่าให้ทำการ OFF เอา พุทของ แชนเนลนั้น

ถ้าเป็น OFF ให้นำเอาอุณหภูมิที่ได้จากการเปิดตารางมาเทียบกับอุณห ภูมิซึ่งเป็นเซทพอยท์ด้านต่ำว่ามีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากันหรือไม่ ถ้าน้อยกว่าหรือ เท่ กันให้ ทำการ ON เอาท์พุทของ แชนเนลนั้น

จากนั้น ตรวจดูว่าเป็นแชนเนลที่กำหนดให้แสดงผล หรือไม่ ถ้าใช่ให้แสด ค่าของอุณหภูมิทางดีสเพลย์

เปลี่ยนอินพุทให้เป็น แชนเนลที่สูงขึ้น แล้วตรวจสอบว่ามีค่าเกินกว่าแช เนลที่ 8 หรือไม่ ถ้ามากกว่าให้ไปที่ 2 ถ้าน้อยกว่าหรือเท่ากันให้ไปที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 *โปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์ (Interrupts service routin*

โปรแกรมตอบสนองการอินเตอร์รัพท์นี้มีไว้สำหรับตอบสนองการอินเตอร์รัพท์เกิดจากการกดคีย์IC 74C922 จะทำการถอดระหัสของคีย์ที่ถูกกดและ กำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัพท์ มาอินเตอร์รัพท์ CPU Z80(MODE 1) เมื่อ CPU Z80ได้รับสัญญาณอินเตอร์รัพท์มันจะทำการตอบสนองการอินเตอร์รัพท์โดยทำการอ่านระหัส ของคีย์ที่ถูกกดเข้ามาทาง 4 บิทบน ของพอร์ท PA (PA0-PA3) ของ 8255 (IC 5 ซึ่งอยู่ที่ตำแหน่งแอดเดรส C0 จากนั้นจะกำจัด 4 บิทล่างทิ้งและทำการตรวจสอบดูว่าคีย์ที่คีย์ที่กดนั้นถูกกำหนดให้ทำงานอะไร ก็จะไปทำงานนั้น

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานของเครื่อง.

ในหัวข้อนี้จะเป็นการแนะนำการใช้เครื่อง ซึ่งทางด้านหน้าของเครื่องจะประกอบด้วย.

1. LED สีแดง จำนวน 5 ดวง ด้านหน้าที่บอกแสดงผลที่กำลังแสดงผล. ในโหมดมอนิเตอร์, โหมดโปรแกรม (P), โหมดสีสเพลย์ (D), โหมดเซฟพอยท์ (SP)

2. LED สีเขียว จำนวน 5 ดวง ด้านหน้าที่บอกโหมดการทำงานของเครื่องโดย LED แต่ละดวงมีความหมายดังนี้.

O	O	O	O	O
L	H	P	D	SP

โดยตัว P หมายถึง โหมดโปรแกรม.
D หมายถึง โหมดสีสเพลย์
SP หมายถึง โหมดเซฟพอยท์
L หมายถึง เซฟพอยท์ต่ำสุด.
H หมายถึง เซฟพอยท์ต่ำสุด.

3. คีย์บอร์ด ประกอบด้วยคีย์ทั้งหมด 16 คีย์ ดังรูป.

3	2	1	0
7	6	5	4
P	L	9	8
CR	EN	D	SP

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถแบ่งออกได้ 4 กรณี ดังต่อไปนี้ เท่านั้น

1. ต้องการโปรแกรมค่าเซตพอยต์ใหม่
2. ต้องการเปลี่ยนแพทเทิลสีล่วงหน้าใหม่
3. ต้องการดูค่าของเซตพอยต์และแพทเทิลสีที่กำหนด
4. ยกเลิกสิ่งต่างๆ ที่กดไปแล้ว

3.1 ต้องการโปรแกรมค่าเซตพอยต์ใหม่

หากต้องการโปรแกรมค่าเซตพอยต์ใหม่สามารถทำ

ขั้นตอนดังนี้

1. กดสวิตช์ที่ปุ่ม P ที่หน้าแสดงผล จะแสดงตัวเลข 0000 และ LED สีเขียวที่มีอักษรตัว P และ ที่ตัว H จะดับ LED สีแดง จะติดแทน
2. กดค่าของแพทเทิลสีที่ต้องการโปรแกรม (1-8) LED สีแดงที่ตรงกับแพทเทิลที่จะดับ
3. กดค่าของอุณหภูมิด้านสูง โดยเริ่มจากหลักหน่วยก่อน
4. เมื่อกดค่าอุณหภูมิด้านสูงเสร็จ ให้กดที่ตัว L ที่ LED สีตรงสีเขียวที่ตรงกับตัว L จะดับ ส่วนสี H จะติด
5. กดค่าอุณหภูมิด้านต่ำ
6. เมื่อสิ้นค่าเซตพอยต์ด้านสูงและด้านต่ำแล้วไปแก้ไขในเครื่องเปียบย่อยแล้วเครื่องจะโปรแกรมเก็บเอาไว้ตลอด

3.2 ต้องการเปลี่ยนแพทเทิลสีที่ต้องการสั่งเพลย์ใหม่

1. กดสวิตช์ที่ตัว D LED สีแดง จะติดแทน LED สีเขียวสีตรงตัวที่ D จะดับ
2. กดค่าของแพทเทิลที่ต้องการสั่งเพลย์ (1-8) LED สีตรงกับค่าที่กด จะดับ
3. กด ENT เครื่องจะเปลี่ยนไปแสดงแพทเทิลที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ต้องการดูค่าเซ็นเซอร์ในแต่ละแนวที่กำหนด.

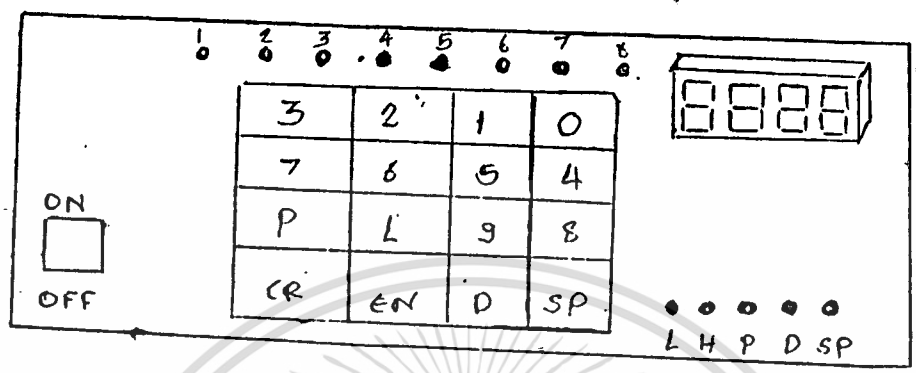
1. กดปุ่ม SP LED สีแดงจะดับหมด ค่าสีเพลย์จะแสดง 0000. LED สีเขียวที่ตรงกับ SP และ H จะติด.
2. กดค่าแต่ละแนวที่จะดูเซ็นเซอร์ ค่าสีเพลย์จะแสดงค่าของเซ็นเซอร์ค่าสูงของแต่ละแนวออกมา.
3. กดปุ่ม L LED สีเขียวที่ตรงกับปุ่ม L จะติด ปุ่ม H จะดับ. ค่าสีเพลย์จะแสดงค่าของเซ็นเซอร์ค่าต่ำของแต่ละแนวออกมา

4 กด EN

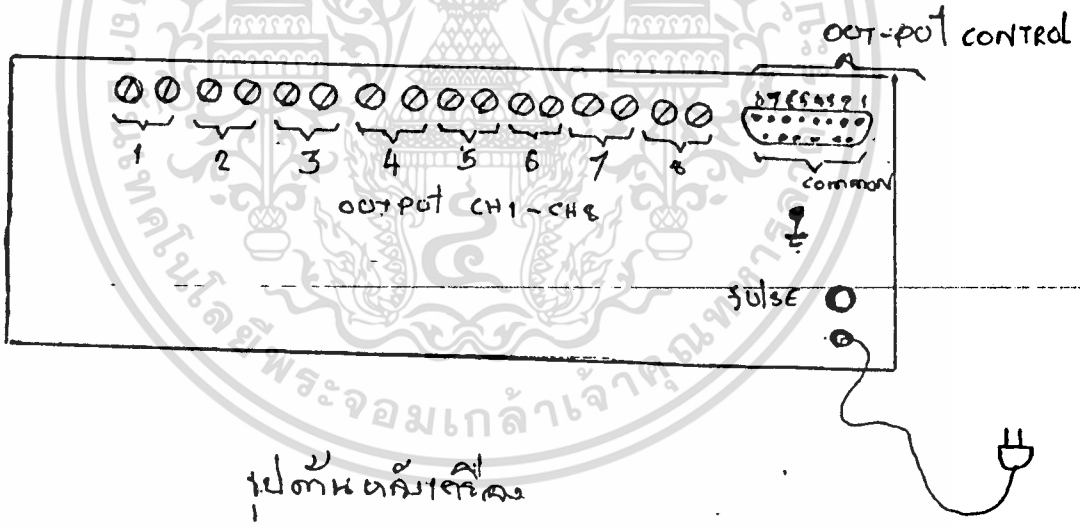
3.4 ยกเลิกปุ่มต่างๆที่กดไปแล้ว.

เมื่อกดปุ่มผิดพลาดหรือต้องการยกเลิกปุ่มที่กดไปแล้วให้ไปที่ปุ่ม CR.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป ด้านหน้าเครื่อง



รูปด้านหลังเครื่อง

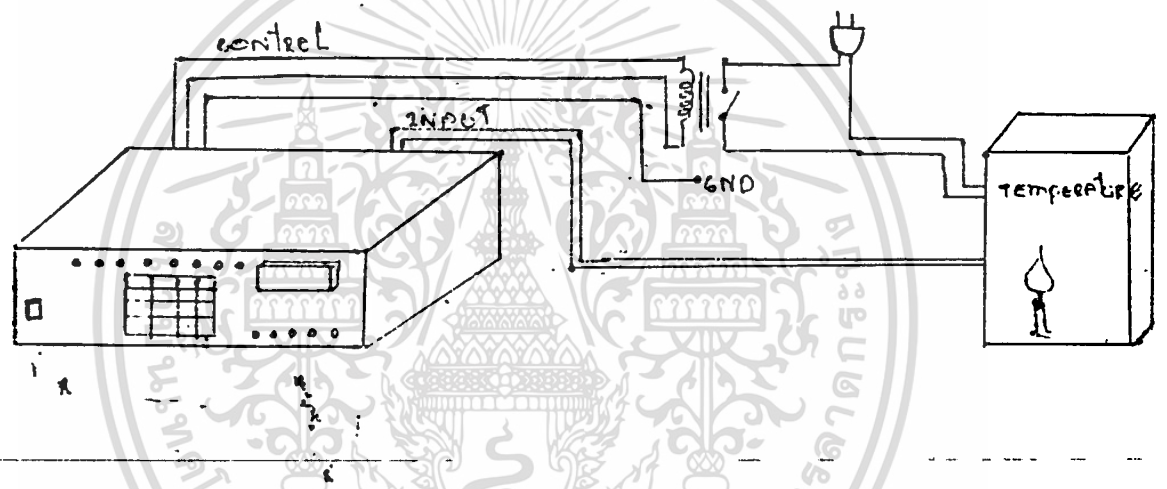
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลอง

จุดประสงค์ เพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องวัดและควบคุมอุณหภูมิ 8 แชนแนล

วิธีทดลอง 1. ต่อเครื่องควบคุมอุณหภูมิ 8 แชนแนล เข้ากับเครื่องทดสอบซึ่งภายในประกอบด้วย ตัวทำความร้อนผูกติดอยู่กับ เทอร์โมคัปเปิ้ลและแผ่นระบายความร้อนโดยนำขั้วทั้งสองของเทอร์โมคัปเปิ้ลต่อเข้ากับอินพุทของเครื่องควบคุมอุณหภูมิ และนำเอาท์พุทของเครื่องต่อเข้ากับวงจรควบคุมแหล่งจ่ายไฟของตัวทำความร้อนดังรูป



2. ริเลเทอร์โมมิเตอร์เข้ากับแผ่นระบายความร้อนเพื่อวัดอุณหภูมิเทียบกับค่าที่เครื่องแสดงที่หน้าปัด
3. ตั้งค่าเซทพอยน์ ด้านสูงไว้ที่ 50,60,70 ด้านต่ำไว้ที่ 40,50,60 ตามลำดับ
4. บันทึกผลการ ON-OFF ของรีเลย์และอุณหภูมิที่แสดงที่หน้าปัดเทียบกับอุณหภูมิที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์ เมื่อรีเลย์เกิดการเปลี่ยน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	อุณหภูมิ 40-50				อุณหภูมิ 50-60			
	SPด้านต่ำ 40		SPด้านสูง 50		SPด้านต่ำ 50		SPด้านสูง 60	
	เทอร์โม	เครื่อง	เทอร์โม	เครื่อง	เทอร์โม	เครื่อง	เทอร์โม	เครื่อง
CH1	42	40	52	50	52	50	62	60
CH2	41	40	52	50	52	50	61	60
CH3	42	40	51	50	51	50	62	60
CH4	42	40	52	50	51	50	63	60
CH5	42	40	52	50	52	50	63	60
CH6	42	40	52	50	51	50	62	60
CH7	42	40	52	50	53	50	62	60
CH8	41	39	53	51	52	49	63	61
รีเลย์	ON		OFF		ON		OFF	

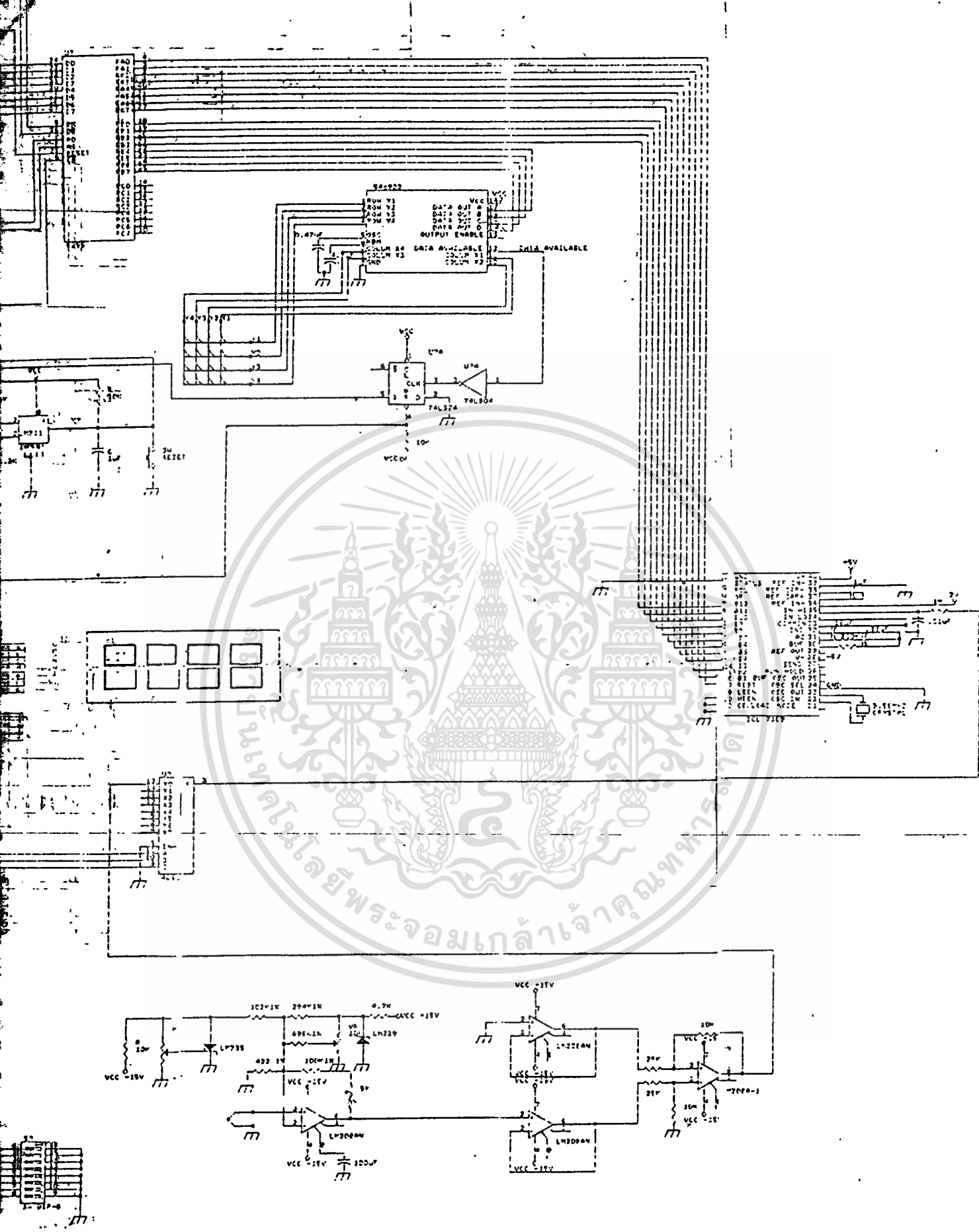
สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองจะเห็นได้ว่าเครื่องสามารถทำการตัดต่อรีเลย์ได้ตามอุณหภูมิที่ตั้ง Set Point ไว้ แต่เมื่อเปรียบเทียบค่าของอุณหภูมิของเครื่องกับค่าอุณหภูมิที่ได้จากเทอร์โมมิเตอร์นั้นจะแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย ทั้งนี้มีสาเหตุเนื่องมาจาก เทอร์โมคัปเปิ้ลถูกหันน็อตแนบอยู่กับแผ่นระบายความร้อนส่วนเทอร์โมมิเตอร์เพียงแต่วางสัมผัสกับแผ่นระบายความร้อนเท่านั้น และจุดที่เทอร์โมคัปเปิ้ลแนบกับแผ่นระบายความร้อนกับจุดที่เทอร์โมมิเตอร์สัมผัสกับ แผ่นระบายความร้อน ก็เป็นคนละจุดกันทำให้เกิดอุณหภูมิคลาดเคลื่อนกันไป

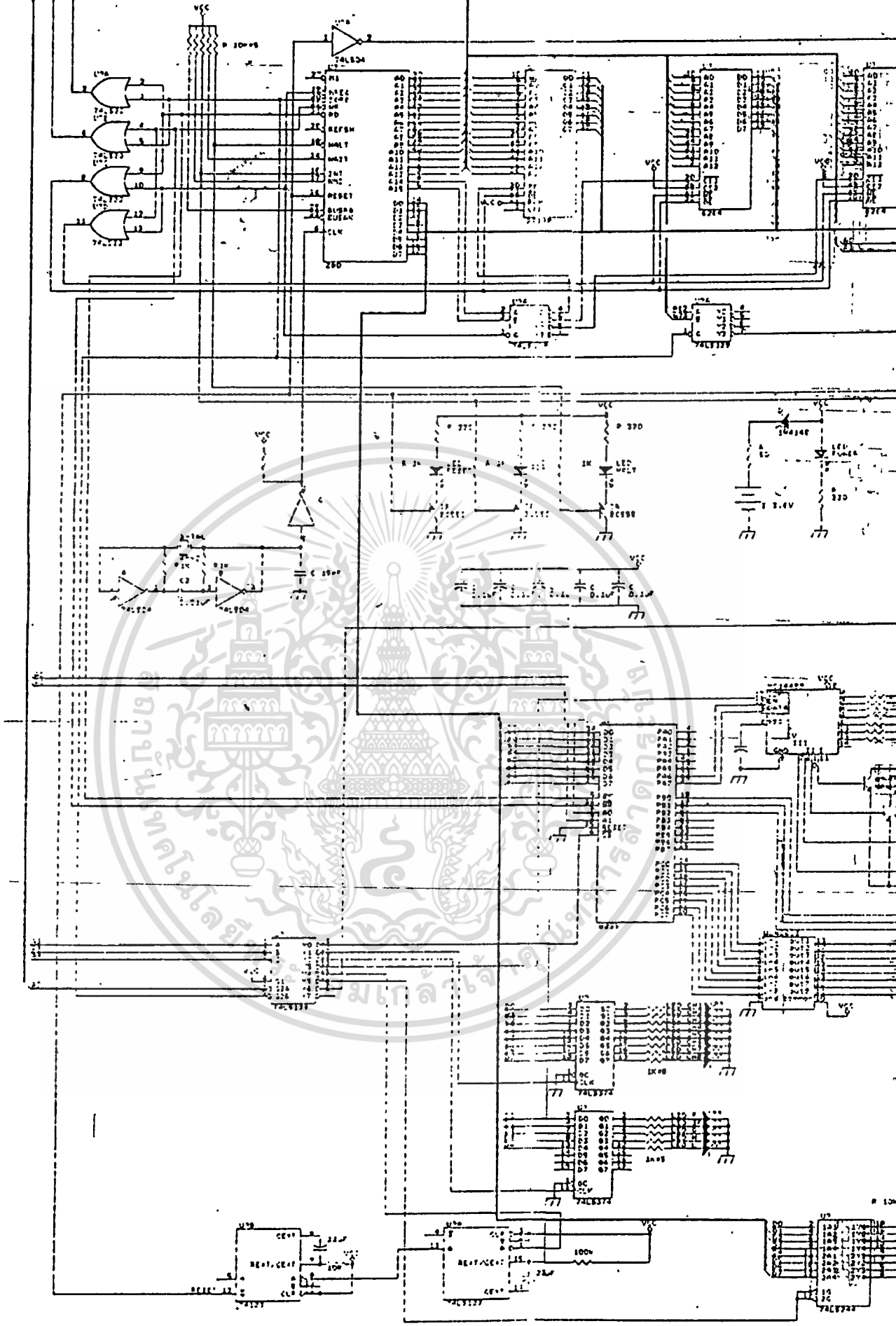
วิจารณ์ผลการทดลอง

ในการทดลองนี้เนื่องจากอุปกรณ์ที่นำมาใช้ทำ กล่องทดสอบ ทำจาก ลังกระดาษ จึงทำให้ค่าอุณหภูมิที่ทดสอบมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สูง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้