ปีการศึกษา 2531

REMOTE TEMPERATURE DISPLAY

โดย

จำเนียร รัตนประเสริฐ 28.6801

ฉัตรชัย รัชฎะ 28.6802

วุฒิเดช กองจันทร์ 28.6812

อารักษ์ นาคจู 28.6818

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ วิทยา ทิพยสุวรรณพร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

023146

-8 ส.ค. 2532

บทคัดย่อ

การควบคุมของหน่วยควบคุมกระบวนการในอุตสาหกรรม ไม่ว่าการควบคุมจะเป็นแบบนิวแมติก (PNEUMATIC) หรืออิเล็กทรอนิกส์ (ELECTRONICS) ก็ตามนั้นก็เพื่อให้ได้ผลของกระบวนการอยู่ภายในขอบเขตที่ต้องการ ปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ได้มีการพัฒนาไมโครคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมกระบวนการเป็นอันมาก

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้อธิบายถึงการออกแบบและสร้างระบบการควบคุมอุณหภูมิด้วย MICROCOMPUTER (TEMPERATURE CONTROLLER) ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิโดยการต่อกับอุปกรณ์ INTERFACE ระหว่าง MICROCOMPUTER กับอุปกรณ์ตรวจจับอุณหภูมิโดยผ่านทาง AC LINE ซึ่งอุปกรณ์ INTERFACE นี้ ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณ ANALOG เป็นสัญญาณ DIGITAL ในช่วงการวัด หรือ INPUT ของระบบ และเปลี่ยนสัญญาณ DIGITAL เป็น ANALOG ในช่วงนำสัญญาณไปควบคุม หรือ OUTPUT ของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

Controlling of unit control in industrial process. Controlling is pneumatic type or electronic type for effect of process in control. Present technology progressive microcomputer was development for apply use in process control.

Thesis is descripes to design and makes a temperature control display system by microcomputer (IBM pc) transmission signal from room to IBM and IBM to room by interface equipment during microcomputer with temperature sensor bypass ac line which interface equipment conversion analog signal become digital signal in range or input of process and converted digital signal to analog signal in range controllable or output value of process.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทที่ 1	คำนำ	1-1
บทที่ 2	การวัดอุณหภูมิ	
	- หลักการวัดอุณหภูมิ	2-1
	- เทอร์โมคัปเปิล	2-2
	- เทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน	2-6
	- ช่วงเวลาตอบสนองของการวัดอุณหภูมิ	2-14
	- องค์ประกอบของ Response ของเทอร์โมคัปเปิล	2-15
	- ความผิดพลาดของการวัดอุณหภูมิ	2-20
	- ความผิดพลาดของเทอร์โมคัปเปิล	2-21
บทที่ 3	การควบคุมอุณหภูมิ	
	- การควบคุมแบบ on - off	3-1
	- การควบคุมแบบ Proportional	3-3
	- ข้อแตกต่างระหว่าง on-off และ proportional	3-6
	- วิธีการเลือก Controller	3-8
บทที่ 4	โครงสร้างของระบบและวงจร	4-1
บทที่ 5	โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ	5-1
บรรณานุกรม		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

คำนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้าน Microcomputer ได้เจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว และนับวันจะมีราคาถูกลง ประสิทธิภาพก็ดีขึ้นเรื่อย ๆ จึงนิยมนำมาประยุกต์ใช้งานในด้านงานควบคุมต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง เพราะมีความแม่นยำและสิทธิภาพคุ้มค่ากับราคาของเครื่อง นอกจากนี้ยังทำให้การควบคุมสะดวก ง่ายดายและปลอดภัยมากขึ้นด้วย

ในโครงการนี้ เป็นการออกแบบสร้างเครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบโปรแกรมได้ สามารถอ่านอุณหภูมิของระบบที่ต้องการควบคุมโดยผ่านทาง key board อีกทั้งยังแสดงผลออกทางจอหน้าปัทม์ (LED)

ส่วนเนื้อหาของโครงการนี้ ในบทที่ 2 กล่าวถึงหลักการของการวัดอุณหภูมิและลักษณะสมบัติของเทอร์โมคัปเปิล บทที่ 3 กล่าวถึงการควบคุมอุณหภูมิและกริยาควบคุมต่าง ๆ ที่ถูประยุกต์ใช้ในรูป action ต่าง ๆ ทางสมการคณิตศาสตร์เพื่อควบคุมอุหภูมิให้ได้ตามที่ต้องการ บทที่ 4 เป็นการกล่าวถึงระบบ direct digital control อันเป็นหัวใจของเนื้อหาในโครงงานนี้ มาประยุกต์ใช้งานเป็นเครื่องควบคุมอุณหภูมิ (digital controller) บทที่ 5 จะกล่าวถึงโครงสร้างของระบบที่ออกแบบและสร้างขึ้นพร้อมทั้งวงจร บทที่ 6 จะเป็นโปรแกรมทั้งหมดที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หลักการวัดอุณหภูมิ

เครื่องวัดอุณหภูมิมีหลายชนิด โดยเครื่องมือแต่ละชนิดอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติเฉพาะของสารคือ จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้ เมื่ออุณหภูมิที่วัดเปลี่ยนไป และการเปลี่ยนแปลงที่วัดได้จะต้องคงที่แน่นอนและพิสูจน์ได้

หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเชิงกล

เทอร์โมมิเตอร์	หลักการวัด	วัสดุที่ใช้	ช่วงการวัด
ใช้ของเหลวบรรจุในหลอดแก้วปิด (thermometer)	Δ อุณหภูมิ → เทอร์โมมิเตอร์ → Δ การขยายตัวของของเหลว	ปรอท แอลกอฮอล์	− 130 ถึง 315° C [− 200 ถึง 600° F]
เปลี่ยนการขยายตัวเป็นความดัน (Filled Thermal)	Δ อุณหภูมิ → เทอร์โมมิเตอร์ แบบ Filled Thermal → Δ ความดัน → Δ ปริมาตร	ปรอท แอลกอฮอล์	− 185 ถึง 540° C [− 300 ถึง 1000° F]
แบบแถบโลหะคู่	Δ อุณหภูมิ → ตัววัด Bimetal → Δ ระยะทาง	INVAR-Ni + Fe + Cr.	− 60 ถึง 425° C [− 30 ถึง 800° F]

หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางไฟฟ้า

เทอร์โมมิเตอร์	หลักการวัด	วัสดุที่ใช้	ช่วงการวัด
เทอร์โมคัปเปิล	Δ อุณหภูมิ → เทอร์โมคัปเปิล → Δ แรงเคลื่อนไฟฟ้า	-type B	600 ~ + 1,700° C
		- S	0 ~ + 1,600° C
		- R	0 ~ + 1,600° C
		- K	−200 ~ + 1,200° C
		- E	−200 ~ + 800° C
		- J	−200 ~ + 800° C
		T	−200 ~ + 350° C
อาร์ทีดี	Δ อุณหภูมิ → RTD → Δ ความต้านทาน	พลาตินัม Pt	−258 ~ 900° C
		นิเกิล	−150 ~ 300° C
		ทองแดง	−200 ~ 120° C
เทอร์มิสเตอร์	Δ อุณหภูมิ → เทอร์มิสเตอร์ → Δ ความต้านทาน	เทอร์มิสเตอร์	− 30 ~ 300° C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการวัดอุณหภูมิโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางแสงและการแผ่รังสี

เทอร์โมมิเตอร์	หลักการวัด	วัสดุที่ใช้	ช่วงการวัด
ออพติคอลไพโร-มิเตอร์	ความเข้มของแสง → เปรียบเทียบความเข้มของแสง → อุณหภูมิ	-	> 700°C

หลักการวัดอุณหภูมิโดยวิธีการทางเคมี

เทอร์โมมิเตอร์	หลักการวัด	วัสดุที่ใช้	ช่วงการวัด
crayon แล็คเกอร์	△ อุณหภูมิ → แล็คเกอร์ → หลอมละลาย → เปลี่ยนสี	สารเคมี	37 ถึง 150° C 100 ถึง 300° C

เทอร์โมคัปเปิล (THERMOCOUPLES)

กฎของการเกิดแรงเครื่องไฟฟ้าเนื่องจากความร้อน (THERMOELECTRIC LAWS) สำคัญที่ควรทราบ

ก. กฎของวงจรโลหะชนิดเดียว (LAW OF THE HOMOGENEOUS CIRCUIT)

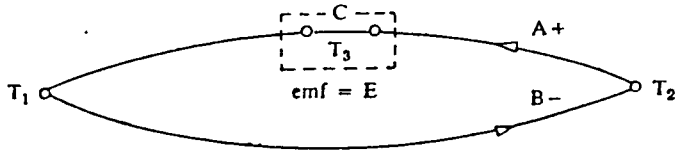
ในวงจรที่ประกอบขึ้นด้วยโลหะชนิดเดียวกัน จะไม่เกิดกระแสไฟฟ้าไหลในวงจร เมื่อเกิดความแตกต่างของอุณหภูมิ ณ ปลายจุดต่อทั้งสอง

กระแสไฟฟ้าจะเกิดขึ้นในกรณีที่ลวดทั้งสองเป็นโลหะต่างชนิดกัน แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเป็นสัดส่วนกับผลต่างของอุณหภูมิที่ปลายจุดต่อทั้งสอง

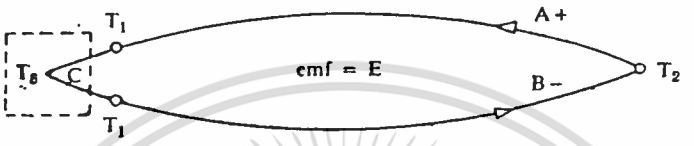
ข. กฎของโลหะแทรก (LAW OF INTERMEDIATE METALS)

ในวงจรเทอร์โมคัปเปิล ถ้ามีโลหะแทรกอยู่ ในส่วนหนึ่งส่วนใดของวงจรหากจุดต่อของปลายโลหะแทรกทั้งสองมีอุณหภูมิเท่ากันแล้ว โลหะนี้จะไม่มีผลต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้น ในทางปฏิบัติมีอยู่เสมอ เช่น ข้อต่อ (CONNECTORS) หรือสายทองแดงที่ใช้ต่อเข้ามิเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



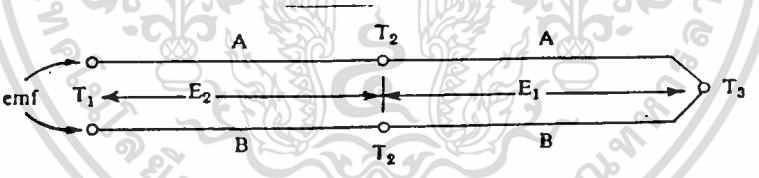
โดยที่ C ที่ต่อแทรกอยู่ในวงจรจะไม่มีผลต่อการวัดค่าอุณหภูมิที่ปลายทั้งสองเท่ากัน



ค. กฎของอุณหภูมิแทรก (LAW OF INTERMEDIATE TEMPERATURE)

แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นโดยเทอร์โมคัปเปิลชุดใด ๆ ที่มีอุณหภูมิที่จุดต่อต่างกัน จะมีค่าเท่ากับผลบวกทางพีชคณิต ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าของเทอร์โมคัปเปิลชุดนั้น ตามรูปคือ ผลรวมของแรงเคลื่อนไฟฟ้าจะมีค่าเท่ากับผลรวมของเทอร์โมคัปเปิดทั้งสองชุด

$$emf = E1 + E2$$

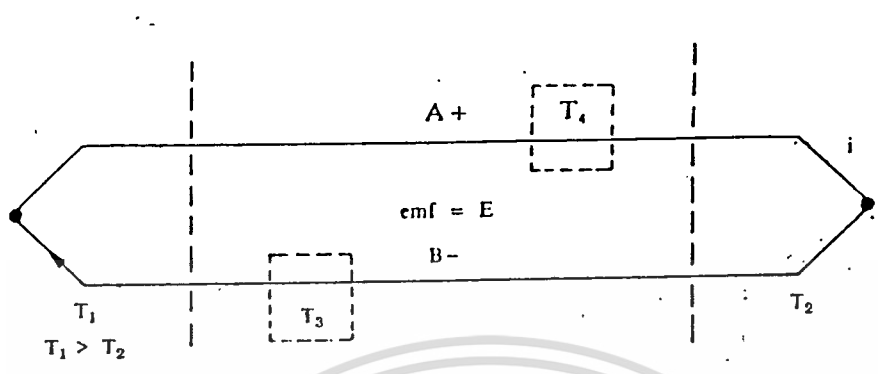


รูปที่ 2.2 แสดงกฎของอุณหภูมิแทรก

ง. ปรากฏการณ์ (PHENOMENA) ของเทอร์โมคัปเปิลที่ควรทราบ

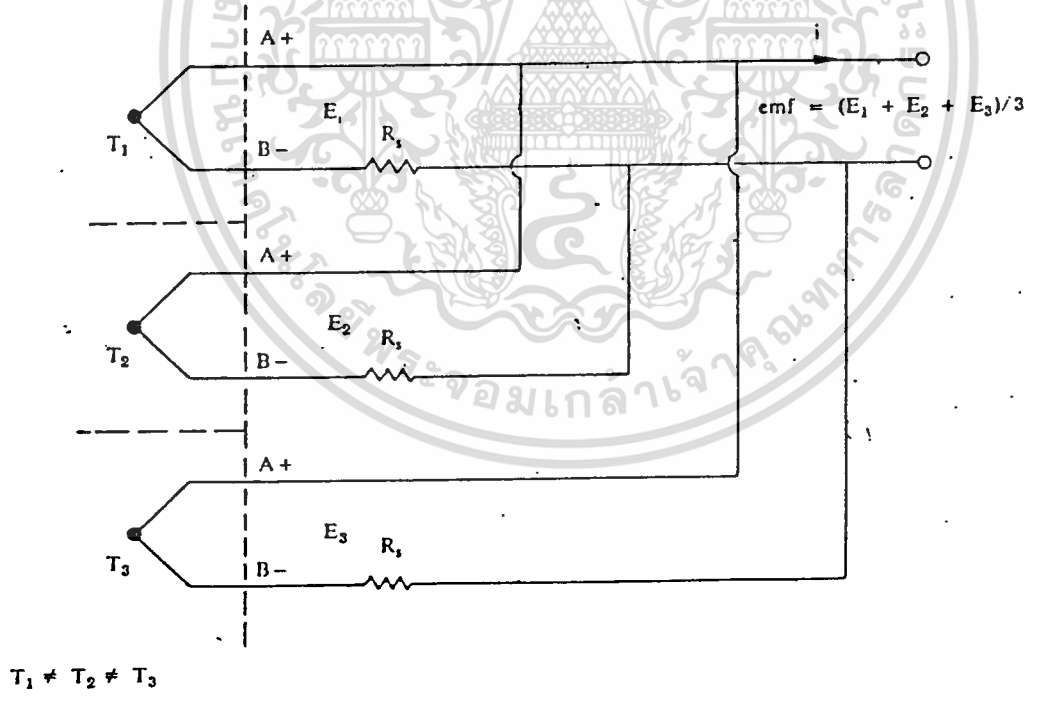
1. ในเทอร์โมคัปเปิลคู่เดียวกันอุณหภูมิที่มีผล คือ อุณหภูมิที่ปลายจุดต่อทั้งสองเท่านั้น อุณหภูมิบนจุดต่าง ๆ ตามสายจะไม่มีผลต่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 อุณหภูมิช่วงกลางสายจะไม่มีผลต่อการเกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า
(Temperature gradients do not generate emf's in a homogeneous)

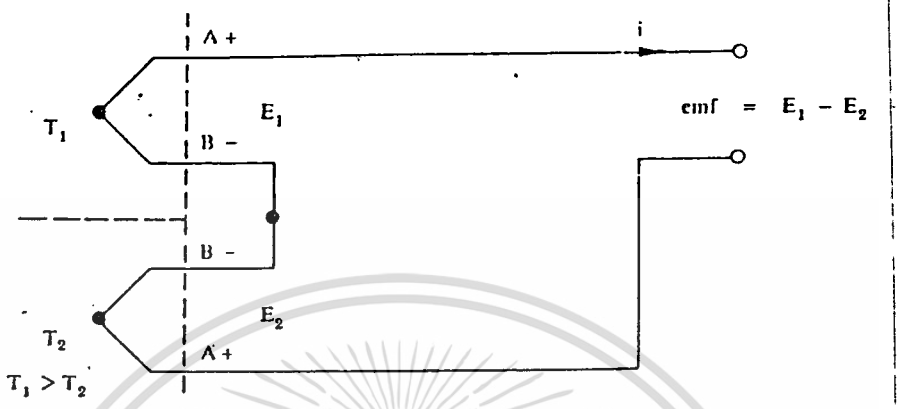
2. การต่อขนาดเทอร์โมคัปเปิลเข้าด้วยกัน ผลที่ได้คืออุณหภูมิเฉลี่ย



รูปที่ 2.4 แสดงการขนานเทอร์โมคัปเปิลเป็นการหาอุณหภูมิเฉลี่ย

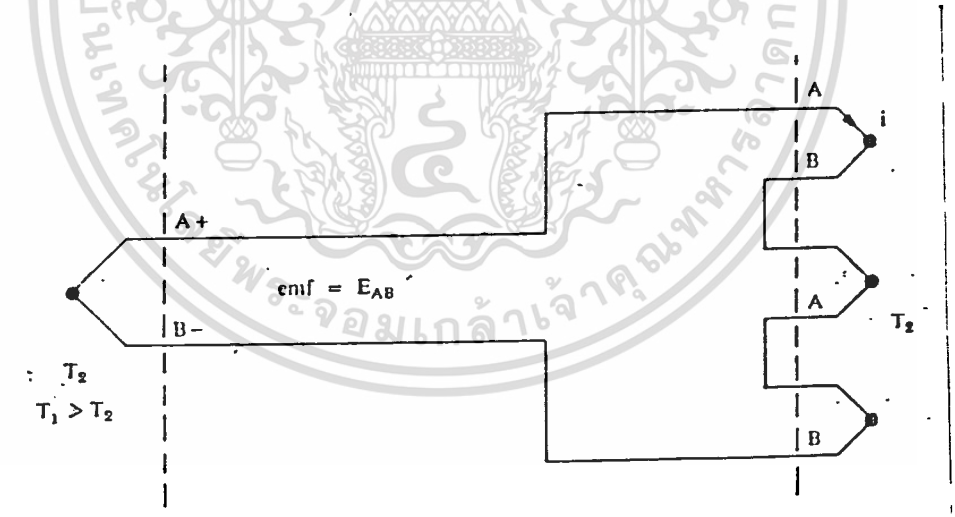
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การต่อเทอร์โมคัปเปิลสองชุดกลับขั้วกันเป็นการวัดผลต่างของอุณหภูมิ



รูปที่ 2.5 แสดงการหาผลต่างของอุณหภูมิที่จุด T1 และ T2

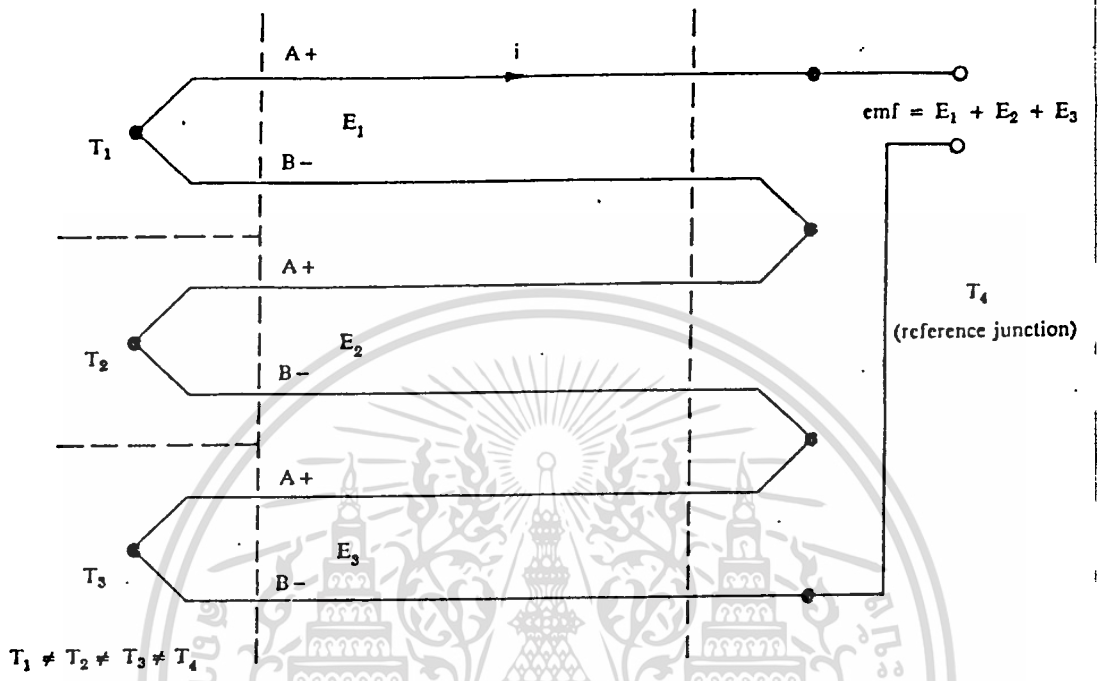
4. การเพิ่มเทอร์โมคัปเปิลที่ T หรือ T ตามรูปจะไม่มีผลต่อแรงเคลื่อนที่เกิด



รูปที่ 2.6 การต่อเทอร์โมคัปเปิลเพิ่มไม่มีผลต่อแรงเคลื่อนที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. การต่ออนุกรมเทอร์โมคัปเปิล แรงเคลื่อนที่เกิดขึ้นจะเป็นผลรวมของเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชุด



รูปที่ 2.7 การต่อทอร์โมคัปเปิล emf ที่เกิดขึ้นเป็นผลรวมของเทอร์โมคัปเปิลแต่ละชุด

เทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐาน

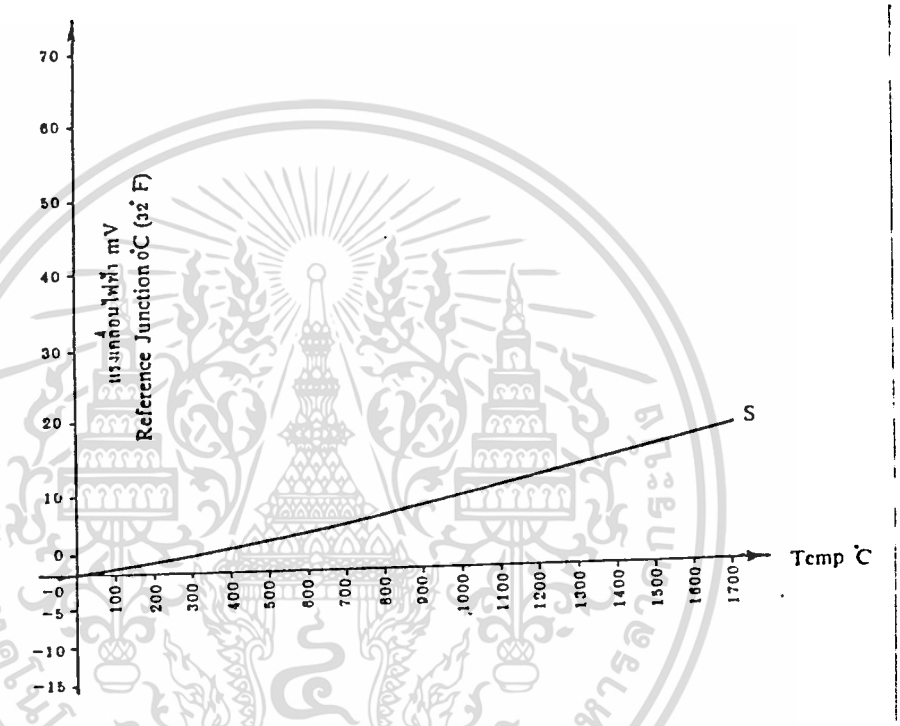
นับตั้งแต่ซีเบ็ค ได้ค้นพบหลักการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิลในปี 1821 เป็นต้นมารายละเอียดในหลักการได้ถูกพัฒนาให้ก้าวหน้าเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมมาโดยตลอด และได้เกิดเทอร์โมคัปเปิลแบบมาตรฐานขึ้นหลายชนิด เพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในลักษณะต่าง ๆ

เทอร์โมคัปเปิลแบบ S (TYPE S PLATINUM 10% RHODIUM V.S. PLATINUM)

ในปี 1886 LE CHATELIER ได้ประดิษฐเทอร์โมคัปเปิล โดยสายลบทำจากพลาตินัม และสายบวกทำจากโลหะผสม 90% ของพลาตินัม + 10% ของโดเมียม สามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัดอุณหภูมิได้สูงถึง 1400 C ซึ่งต่อมาเทอร์โมคัปเปิลแบบนี้ได้กลายเป็นแบบ S, มาตรฐานสากล ตาม IPTS 68 ระบุว่าสามารถใช้ในการสอบเทียบค่า และ เปรียบเทียบเป็นค่ามาตรฐาน (CALIBRATION AND COMPARISION) ตั้งแต่จุดแข็งตัวของ แอนติโมนี (630 .74 C) จนถึงจุดแข็งตัวของทอง (1064.43 C) ตามกราฟแสดง รูปที่ 2.8 คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบ S



รูปที่ 2.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ S

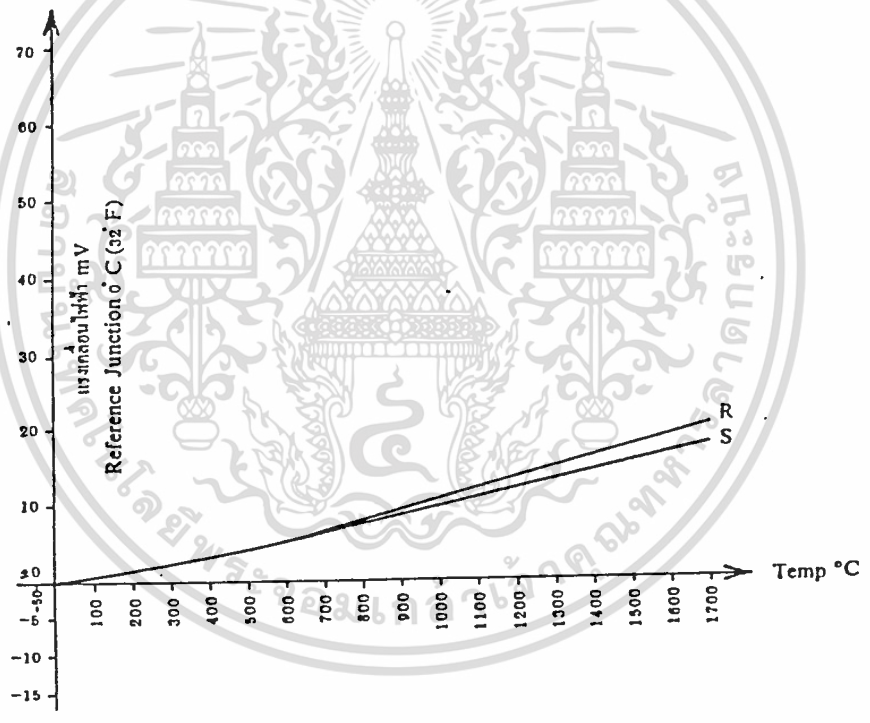
เทอร์โมคัปเปิลแบบ S นี้สามารถใช้งานในสภาวะที่เป็น OXIDIZING และ INERT ได้ดีโดยสามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 1400 C หรือกับการใช้งานในระยะเวลาสั้น ๆ สามารถทนได้ถึง 1482 C แต่ไม่เหมาะสำหรับสภาวะงานที่เป็นแบบ REDUCING, VACUUM หรือสภาพงานที่มีไอของโลหะ เช่น ตะกั่ว สังกะสี และไอของอโลหะ เช่น อาเซอิด ซัลเฟอร์ ฟอสฟอรัส ซึ่งจะทำให้มีอายุการใช้งานสั้นลง ถ้าจำเป็นต้องใช้จะต้องป้องกันด้วย PROTECTING TUBE ที่เป็นแบบอโลหะ เช่น อลูมินาบริสุทธิ์ ที่อุณหภูมิสูง ๆ เม็ดเกรนของพลาตินัมจะพองตัว และพลาตินัมก็จะเกิดสกปรก (COMTAMINATION) ได้ง่ายที่อุณหภูมิสูงๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้แรงเคลื่อนไฟฟ้ามีค่าต่ำลง จากการวิเคราะห์ส่วนผสม (COMPOSITION) ภายหลังการใช้งาน 20 ปี ส่วนผสมของ โรเดียมจะเปลี่ยนสภาพเป็นพาลาเดียมทำให้มีคุณสมบัติผิดไป การเปลี่ยนสภาพเช่นนี้จะเกิดกับเทอร์โมคัปเปิลทุกแบบที่มีส่วนผสมของโรเดียม

เทอร์โมคัปเปิลแบบ R (Type R Platinum 13% Rhodium V.S. Platinum)

เทอร์โมคัปเปิลแบบ R สายบวกทำจาก พลาตินัม สายลบทำจาก พลาตินัม 87% ผลที่ได้จะทำให้แบบ R ให้เอาท์พุทสูงกว่าแบบ S ตามกราฟแสดงคุณสมบัติเปรียบเทียบกับแบบ S คุณสมบัติเหมือนกับแบบ S ทนอุณหภูมิสูงสุดได้ 1400° C

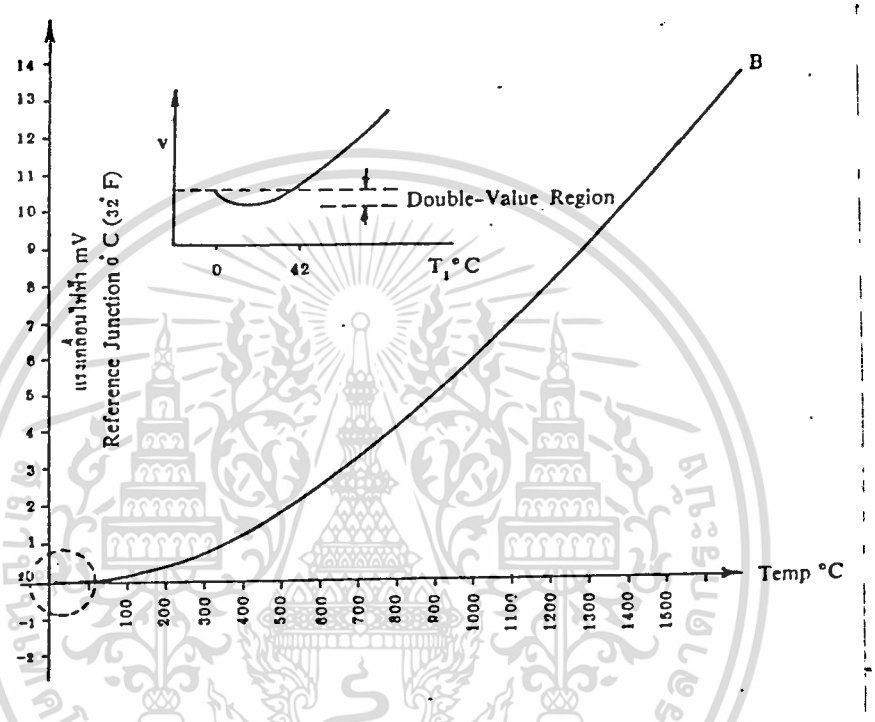


รูปที่ 2.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ R

เทอร์โมคัปเปิลแบบ B (TYPE B PLATINUM 30% RHODIUM/PLATINUM 6% RHODIUM)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลิตขึ้นครั้งแรกเมื่อปี 1954 ในประเทศเยอรมัน สายบวกทำจากพลาตินัม 70% + โรเดียม 6% คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบ B ตามกราฟที่แสดง



รูปที่ 2.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ B

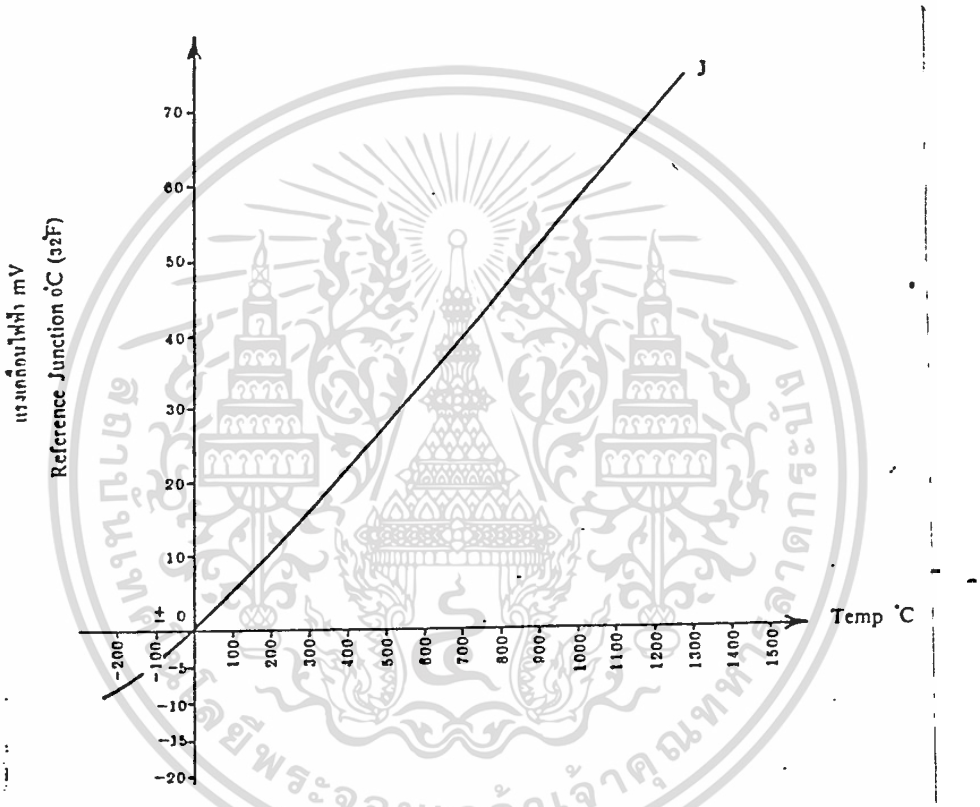
เทอร์โมคัปเปิลแบบ B จะให้แรงเคลื่อนต่ำกว่าแบบ S แบบ R แต่คุณสมบัติที่เด่นกว่าคือแข็งแรงและทนกว่า สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงสุดได้ถึง 1704° C (3100° F) ในสภาวะที่เป็น Oxiding หรือ inert แต่ไม่เหมาะสมกับการใช้งานในสภาวะ reducing หรือ vacuum และใช้งานที่มีไอของโลหะและอโลหะเช่นเดียวกับแบบ R และแบบ S

เทอร์โมคัปเปิลแบบ J (Type J Iron V.S. Constantan)

เนื่องจากพลาตินัมเป็นธาตุที่มีราคาแพง เพื่อที่จะทำให้เทอร์โมคัปเปิลมีราคาถูกลงได้มีการค้นคว้าหาวัสดุที่มีราคาถูกกว่าเพื่อใช้แทนลาตินัม วัสดุที่เริ่มทดลองใช้ เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
023146

เหล็ก นิเกิล นิเกิลบริสุทธิ์ เปราะมากในสภาพงานที่เป็น Oxidizing การทดลองต่อมาพบว่าโลหะผสมระหว่าง 60% ของทองแดง + 40% ของนิเกิล ที่ต่อมาเรียกว่า Constantan สามารถแก้ปัญหานี้ได้ เทอร์โมคัปเปิลที่ใช้สายบวกทำด้วยเหล็ก และสายลมทำด้วย Constantan จึงถือกำเนิดขึ้น และต่อมากลายเป็นแบบมาตรฐาน แบบ J



รูปที่ 2.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ J

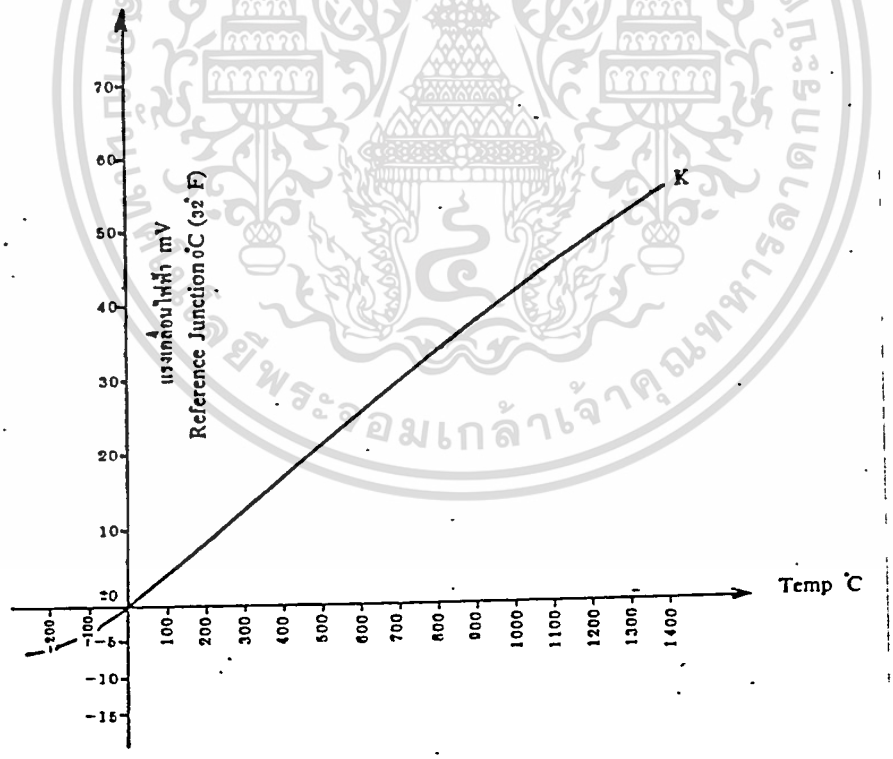
คุณสมบัติของเทอร์โมคัปเปิลแบบ J เหมาะสำหรับสภาพงานที่เป็น Vaccuum, oxidizing, reducing หรือ inert ที่อุณหภูมิไม่เกิน 760° C ไม่เหมาะสมสำหรับงานที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0° C และที่อุณหภูมิสูงกว่า 538° C (1000° F) สายที่เป็นเหล็กจะเกิด oxidization ด้วยอัตราที่สูงกว่าปกติมาก สำหรับอุณหภูมิที่สูงกว่า 538 ° C จะต้องใช้สายเทอร์โมคัปเปิลขนาดใหญ่จะช่วยให้อายุการใช้งานยืนยาวขึ้น จากการทดลองใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

งานภายใน 20 ปี พบว่าส่วนผสมของโลหะเทอร์โมคัปเปิลจะเปลี่ยนไป 0.5% (แมงกานีสเพิ่มขึ้นในเนื้อเหล็ก)

เทอร์โมคัปเปิลแบบ K (Type K Chromel V.S. Alumel)

เพื่อที่จะทำให้เทอร์โมคัปเปิลสามารถวัดอุณหภูมิได้สูงกว่าแบบ J และมีราคาถูกกว่าจึงได้มีผู้ประดิษฐเทอร์โมคัปเปิลแบบใหม่ที่สายบวกทำจากโลหะผสมระหว่าง นิเกิล 10% + โครเมียม 90% และสายลบทำจากโลหะผสมระหว่าง นิเกิล 95% + 5% ของส่วนผสมระหว่าง อลูมิเนียม แมงกานีสและซิลิกอน ซึ่งต่อมาได้กลายเป็นแบบมาตรฐานแบบ K เป็นที่นิยมกันอย่างแพร่หลายมากที่สุด สามารถใช้กับสภาวะงานที่เป็น oxidizing หรือ inert ได้ดีกว่าแบบอื่น สามารถทนอุณหภูมิได้ถึง 1260° C (2300° F) และที่อุณหภูมิต่ำถึง -250° C (420° F) สภาพงานที่ต้องรับการแผ่รังสีโดยตรงจากแหล่งกำเนิดความร้อน แบบ K ก็สามารถใช้งานได้ดีเช่นกัน



รูปที่ 2.12 แบบ K

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณสมบัติที่เด่นมากของเทอร์โมคัปเปิลแบบ K คือให้แรงเคลื่อนเอาท์พุทสูงกว่าแบบอื่น ๆ

<u>ข้อควรระวัง</u> ไม่ควรใช้เทอร์โมคัปเปิลแบบ K สัมผัสโดยตรงกับ

1. ในสภาวะงานที่เป็น reducing หรือเป็นการใช้งานสลับกันระหว่าง oxidizing และ reducing

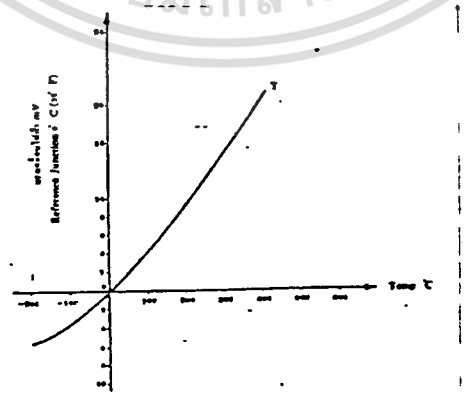
2. สภาวะงานที่มีไอของซัลเฟอร์ เพราะซัลเฟอร์จะทำลายโลหะทั้งคู่ของเทอร์โมคัปเปิลโดยเฉพาะสายลบจะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

3. สภาวะงานที่เป็น vacuum ยกเว้นในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ

ถ้าจำเป็นต้องใช้งานเทอร์โมคัปเปิลกับสภาพดังกล่าวนี้จะต้องใช้ Protecting tube ป้องกันเสียก่อนอายุการใช้งานของเทอร์โมคัปเปิลแบบ K นี้ ประมาณ 20 ปี เพราะหลังจากนั้นส่วนผสมจะเปลี่ยนไปโดยจะมีเหล็กเพิ่มขึ้นประมาณ 2% และส่วนผสมบางอย่าง เช่น แมงกานีส จะลดปริมาณลง

เทอร์โมคัปเปิลแบบ T (Type T copper V.S. Constantan)

เป็นเทอร์โมคัปเปิลแบบที่เหมาะสำหรับการวัดอุณหภูมิต่ำกว่าจุดเยือกแข็งของน้ำ สายบวกของเทอร์โมคัปเปิลแบบ T ทำจากทองแดง และสายลบทำมาจาก constantan ในสภาพการใช้งาน ปกติสามารถวัดอุณหภูมิได้ต่ำถึง -184 ° C แต่อุณหภูมิทางบวกวัดได้ต่ำกว่าแบบอื่น ๆ คือ ประมาณ 370 ° C เท่านั้นเพราะที่อุณหภูมิสูงกว่า 370 ° C อัตราการเกิด oxide ของโลหะเทอร์โมคัปเปิลจะเพิ่มมากขึ้น เป็นแบบที่ทนการกัดกร่อนในบรรยากาศที่มีความชื้นได้ดีเป็นพิเศษ และสามารถใช้งานในสภาวะที่เป็น Vacuum, oxidizing, หรือ inert ได้ดี



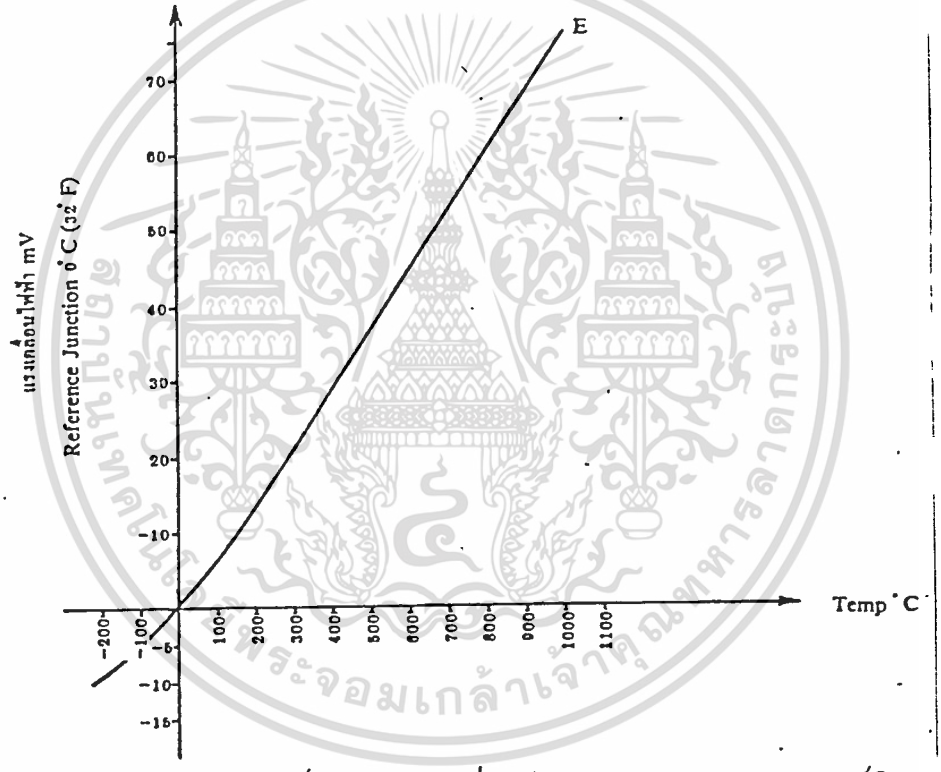
รูปที่ 2.13 แบบ T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานที่ต้องสัมผัสการแผ่รังสีโดยตรงจะทำให้ส่วนผสมของเทอร์โมคัปเปิล เปลี่ยนไปได้ จึงไม่เหมาะกับงานทดลองใช้งานใน 20 ปี ส่วนผสมของนิเกิด และสังกะสี จะเพิ่มขึ้นประมาณ 10%

เทอร์โมคัปเปิลแบบ E (Type E Chromel V.S. Constantant)

สายบวกทำจากส่วนผสมระหว่าง 10% ของโครเมียม + 90% ของนิเกิล และสายลบทำจาก Constantan อุณหภูมิใช้งานปกติอยู่ระหว่าง -250° C หรือ 87*° C เหมาะกับสภาพงานที่เป็น oxidizing คุณสมบัติด้านอื่น ๆ คล้ายกับเทอร์โมคัปเปิลแบบ K



รูปที่ 2.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับอุณหภูมิของเทอร์โมคัปเปิลแบบ E

แบบของเทอร์โมคัปเปิลที่กล่าวมานี้เป็นแบบมาตรฐาน แต่ในปัจจุบันได้มีการทดลองนำโลหะอีกหลายชนิด เช่น ทังสเตน ริเนียม (rhynium) เออนิเดียม (iridium) มาประดิษฐเทอร์โมคัปเปิลแบบใหม่เพื่อให้ได้คุณสมบัติที่ต่างไปจากแบบมาตรฐานที่มีอยู่ ซึ่งจะได้รับการจัดเข้าเป็นแบบมาตรฐานในอนาคตต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

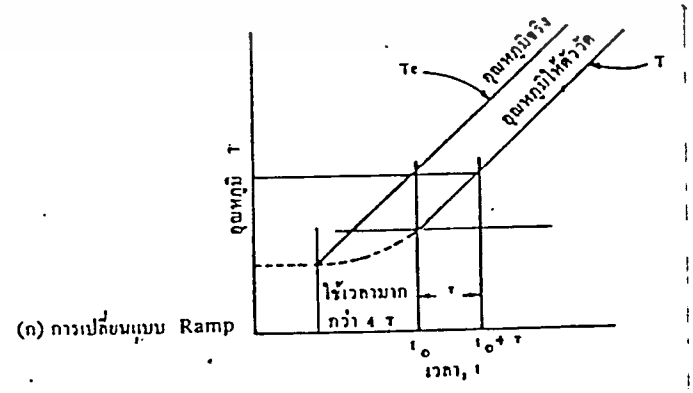
ช่วงเวลาตอบสนองของการวัดอุณหภูมิ (Response time)

เครื่องมือวัดอุณหภูมิทุกชนิด มีช่วงเวลาหน่วง คือ อุณหภูมิที่ชี้บอกจะช้ากว่าอุณหภูมิจริง เนื่องจากต้องรับ หรือคายความร้อน, ความร้อนผ่านตัว Protection tube -sheath - ฉนวน ก่อนจึงจะถึงตัววัดอุณหภูมิ ความเร็วของการวัดอุณหภูมิขึ้นอยู่กับ first order thermal time constant

$$\tau = \frac{w\ Vc}{hA} \quad \text{.....}^{*}$$

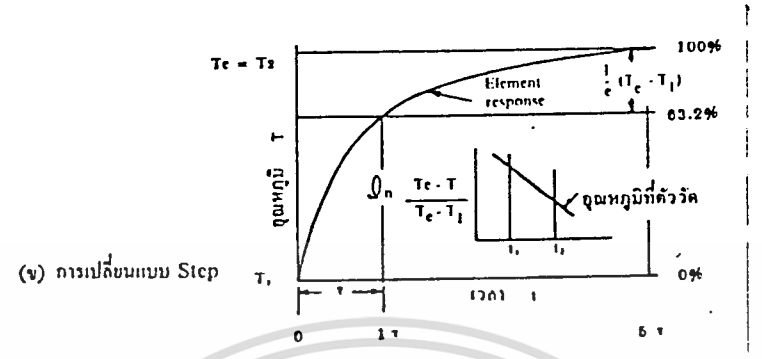
เมื่อ T เป็นค่า time constant มีหน่วยเป็น วินาที, w เป็นค่าน้ำหนักจำเพาะ, V เป็นค่าปริมาตร, C เป็นค่าความร้อนจำเพาะ, h เป็นค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน และ A เป็นพื้นที่รับความร้อน

การเปลี่ยนแปลงค่าของอุณหภูมิในระบบ พอจะแบ่งออกเป็น 2 อย่าง คือ แบบเปลี่ยนแปลงอย่างช้า ๆ เป็นสัดส่วนกับเวลา (ramp) และการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว (step) ตามรูปที่ 2.15 ก. เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบ ramp อุณหภูมิของตัววัดจะขึ้นช้ากว่าอุณหภูมิจริงในระบบมากกว่า 4T รูปที่ 2.15 ข. เป็นการเปลี่ยนแปลงแบบ step อุณหภูมิของตัววัดจะขึ้นจะขึ้นช้ากว่าอุณหภูมิจริง และขึ้นในรูปของ Exponential, ค่า time constant คือค่าเวลาที่ตัววัดใช้ชี้บอกเมื่อ 63.2% ของอุณหภูมิจริงในระบบ ตัววัดจะใช้เวลามากกว่า 5T ในการขึ้นถึงค่า 100% ของอุณหภูมิจริง



(ก) การเปลี่ยนแบบ Ramp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงแบบ Ramp และแบบ step

องค์ประกอบของ Response ของเทอร์โมคัปเปิล

Respones ของ Thermocouples ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบดังนี้

ขนาดสายของเทอร์โมคัปเปิล
การเชื่อมจุด measuring junction
bulb or well
ส่วนที่เป็นช่องว่าง (air space)
ความเร็วในการไหลของ fluid
ความหนาแน่นของ fluid

ขนาดสายและการเชื่อมจุด Measuring Junction

โปรดพิจารณาตามรูปที่ 2.16 เป็นการแสดงผลการเปลี่ยนแปลงของค่า Time Constant ที่เพิ่มขึ้นตามลักษณะต่าง ๆ ของเทอร์โมคัปเปิล โดยคำนวณจากการให้อุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงแบบ step และไหลผ่านเทอร์โมคัปเปิลด้วยความเร็ว 65 ฟุตต่อวินาที

รูปที่ ก. กราฟทางซ้ายแสดงค่า time constant ของเทอร์โมคัปเปิลแบบเปิด และจุดต่อเป็นแบบ butt weld ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 0.004 นิ้วถึง 0.002 นิ้ว ค่า time constant สำหรับสายขนาดเล็กจะมีค่าน้อยกว่าสายขนาดใหญ่

รูปที่ ก. กราฟทางขาว แสดงความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของ sheath ของ

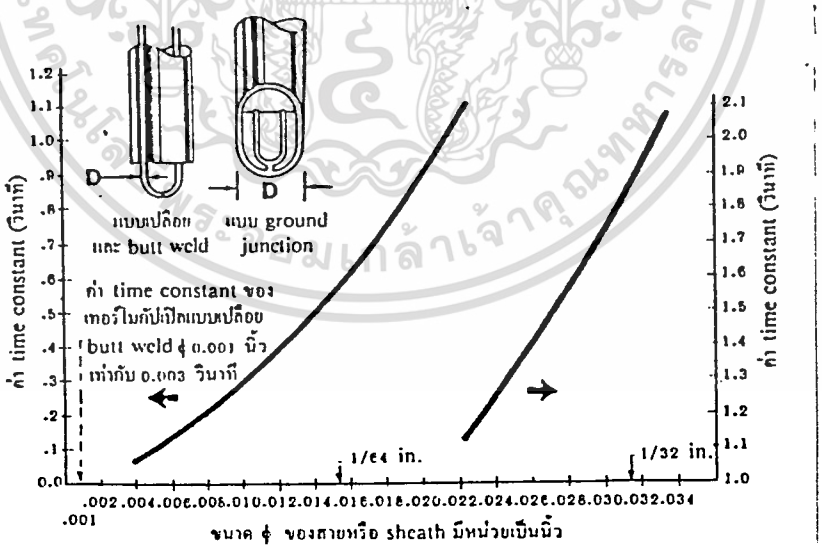
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เทอร์โมคัปเปิลแบบ ground junction กับค่า time constant ที่ sheath ขนาดเล็ก 0.022 นิ้ว ค่า time constant ประมาณ 0.1 วินาที แต่ที่ sheath ขนาด 0.033 นิ้ว time constant จะสูงขึ้นเป็น 2 วินาที

รูปที่ ข. กราฟทางซ้ายแสดงความสัมพันธ์เหมือนรูปที่ ก. แต่มีขนาดสายและ sheath ใหญ่กว่า, ขนาดสายจาก 0.03125 นิ้ว ถึง 0.375 นิ้ว ค่า time constant จะเปลี่ยนตามขนาดสายจาก 1.8 วินาที จนถึง 85 วิทนาที, ขนาด sheath จาก 1/32 นิ้ว จนถึง 3/8 นิ้ว ซึ่งจะทำให้ time constant เปลี่ยนจาก 1.8 วินาที ถึง 85 วินาที

รูปที่ ข. ทางซ้ายมือแสดงการต่อ measuring junction แบบ bead และการต่อ junction ใน sheath แบบ unground สำหรับสายของเทอร์โมคัปเปิลขนาดต่าง ๆ ค่า time constant ของเทอร์โมคัปเปิลทั้งสองแบบต้องคูณด้วย 1.5 ของค่า time constant ของเทอร์โมคัปเปิลแบบ butt weld และแบบ ground junction จากรูปที่ 2.14 พอสรุปได้ว่า

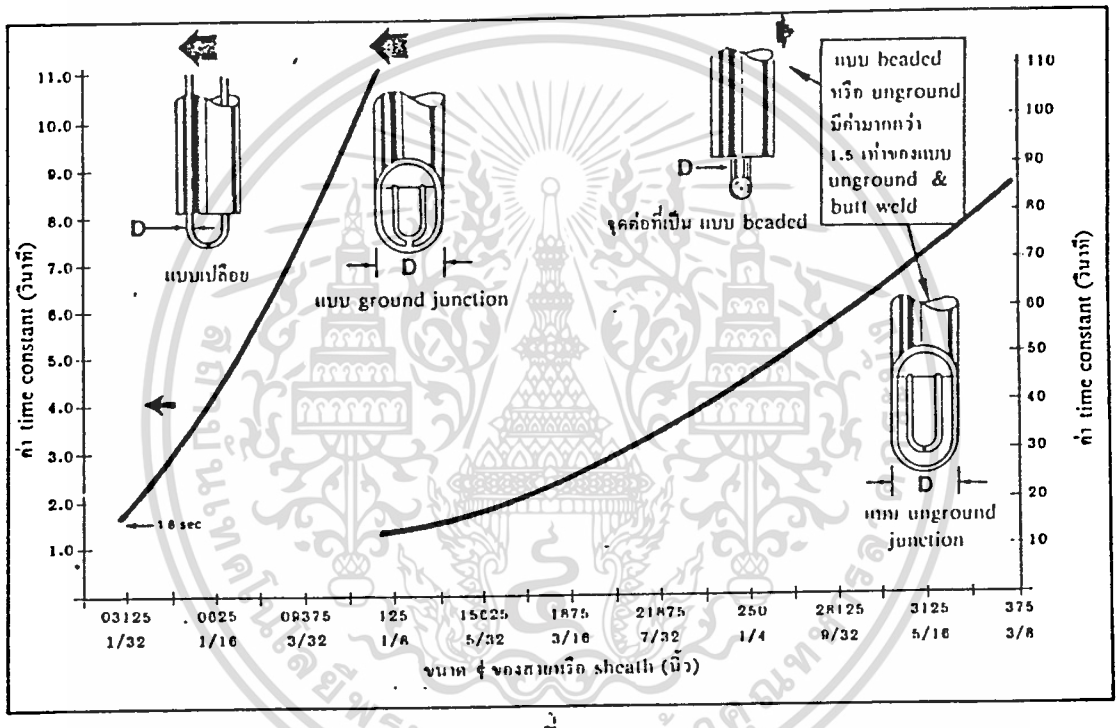
response time ของสายเทอร์โมคัปเปิลขนาดเล็กจะเร็วกว่า สายขนาดใหญ่ เนื่องจากสายขนาดใหญ่ต้องการปริมาณความร้อนมากกว่าสายขนาดเล็ก ในการเพิ่มอุณหภูมิที่เท่ากัน



รูปที่ 2.16 (ก)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดเชื่อมต่อแบบ butt weld ซึ่งเป็นจุดต่อที่มีขนาดเล็กที่สุด จะให้ response time รวดเร็วที่สุด เร็วกว่าแบบ bead และแบบย้ำ หมุด หรือแบบบิดเป็นเกลียว (twist junction) จะให้ response ช้าที่สุด เนื่องจากมีจุดต่อขนาดใหญ่ และเมื่อใช้ร่วมกับ protecting tube หรือ well จุดเชื่อมต่อของเทอร์โมคัปเปิลภายใน well ก็มีผลต่อ time constant โดยตรง แบบ ground junction จะใช้เวลาในการวัดประมาณ 2 ใน 3 ของแบบ unground junction เท่านั้น



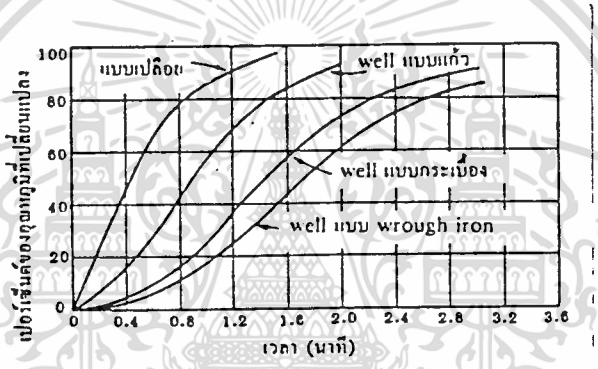
รูปที่ 2.16 (ข)

การนำความร้อนของวัสดุที่ใช้ทำ Protecting Well ก็มีผลทำให้ response time ของวัสดุที่ใช้ทำ protecting well แบบต่าง ๆ เปรียบเทียบกับแบบเทอร์โมคัปเปิลแบบเปิด (bare thermocouples) แบบแก้วจะให้ผลตอบสนอง เร็วกว่าแบบกระเบื้อง (porcelain) และแบบ wrough iron

Air Space ช่องว่างระหว่าง protecting well กับตัวเทอร์โมคัปเปิลก็มีผลทำให้ความเร็วในการวัดลดลงไปได้มาก เนื่องจากอากาศไม่ใช่สารนำความร้อนที่ดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น ในทางปฏิบัติจึงต้องลดขนาดของช่องว่าง (clearance) ในช่องที่กล่าวนี้ให้แคบที่สุด เทอร์โมคัปเปิลบางตัวที่ sheath ของมันมีสปริงดันตัว sheath ให้ติดกับ protecting well ตลอดเวลาจุดประสงค์ก็คือ ต้องการลดช่องว่างนี้ เพื่อให้ได้ผลการวัดไวขึ้น และถ้าต้องการให้ได้ผลดียิ่งขึ้นควรใส่ น้ำมันหรือผงกราไฟท์ลงไปในช่องปลายของเทอร์โมคัปเปิลด้วย แต่ต้องแน่ใจว่าในสภาวะการใช้งานปกติอุณหภูมิจะต้องไม่สูงหรือต่ำจนทำให้น้ำมันเดือดหรือแข็งตัว และน้ำมันจะต้องไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมีกับ protecting well และเทอร์โมคัปเปิล ถ้าการติดตั้งอยู่ในแนวนอนจะใช้น้ำมันไม่ได้ ควรใช้จาระบีชนิด

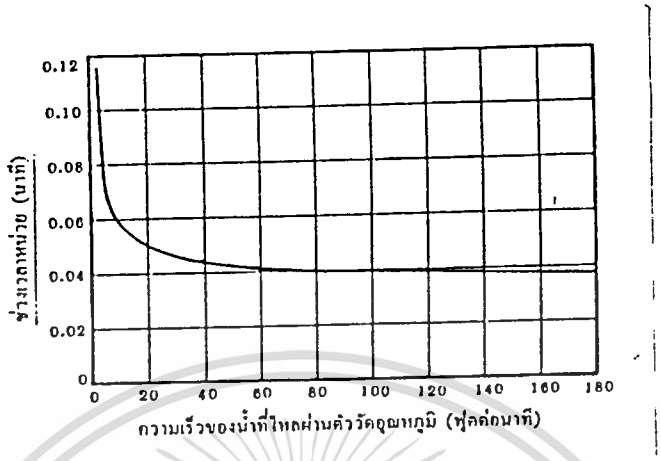


รูปที่ 2.17 แสดงความไวในการวัดของ well แบบต่าง ๆ และแบบเปลือย (ในตัวกลางอากาศ)

ทนความร้อนกับผงกราไฟท์ ผงกราไฟท์สามารถใช้งานกับอุณหภูมิในย่านกว้าง

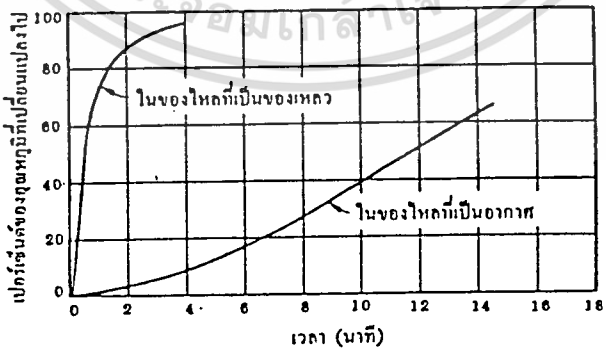
ความเร็วของ fluid ที่ไหลผ่านตัววัด (sensor) ก็มีผลทำให้อุณหภูมิของตัววัดขึ้นช้าหรือเร็วได้ เพราะเมื่อความเร็วของ fluid มากขึ้น ก็จะถ่ายเทความร้อนให้ตัววัดได้เร็วขึ้น ทำให้ได้ผลตอบสนองเร็วขึ้น ตามรูปที่ 2.18 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของความเร็วในการไหลของน้ำกับช่วงเวลาของหน่วง (lag coefficient) ที่ความเร็วของน้ำไหลผ่านตัว bulb 2 ฟุตต่อนาทีช่วงเวลาหน่วยประมาณ 0.1 นาที แต่ที่ความเร็วของน้ำ 20 ฟุตต่อนาทีช่วงเวลาหน่วงจะลดลงให้เหลือน้อย ความเร็วในการไหลของน้ำควรมีค่าอย่างน้อย 60 ฟุต ต่อนาที แต่ความเร็วในการไหลก็มีขีดจำกัด ซึ่งกำหนดขึ้นตามความแข็งแรงทนทานของตัวเทอร์โมเวลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดงช่วงเวลาของการวัดที่เปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วในการไหลของน้ำ

ความหนาแน่นของ fluid ที่ไหลผ่านตัววัดอุณหภูมิ ก็มีผลทำให้ผลการวัดเร็วหรือช้าได้ fluid ที่มีความหนาแน่นมากกว่าส่วนใหญ่จะมีค่าความร้อนจำเพาะสูงกว่า fluid ที่มีความหนาแน่นน้อยกว่า ดังนั้นการคายความร้อนให้กับตัววัดอุณหภูมิ ก็จะเป็นไปได้เร็วกว่า ตามรูปที่ 2.19 เป็นการแสดงการเปรียบเทียบผลตอบสนองในการวัดอุณหภูมิของ fluid ที่เป็นของเหลวและอากาศที่มีความเร็วในการไหลเท่ากัน จะเห็นว่าอากาศจะมีค่า time constant มากกว่า fluid ที่เป็นแบบของเหลว



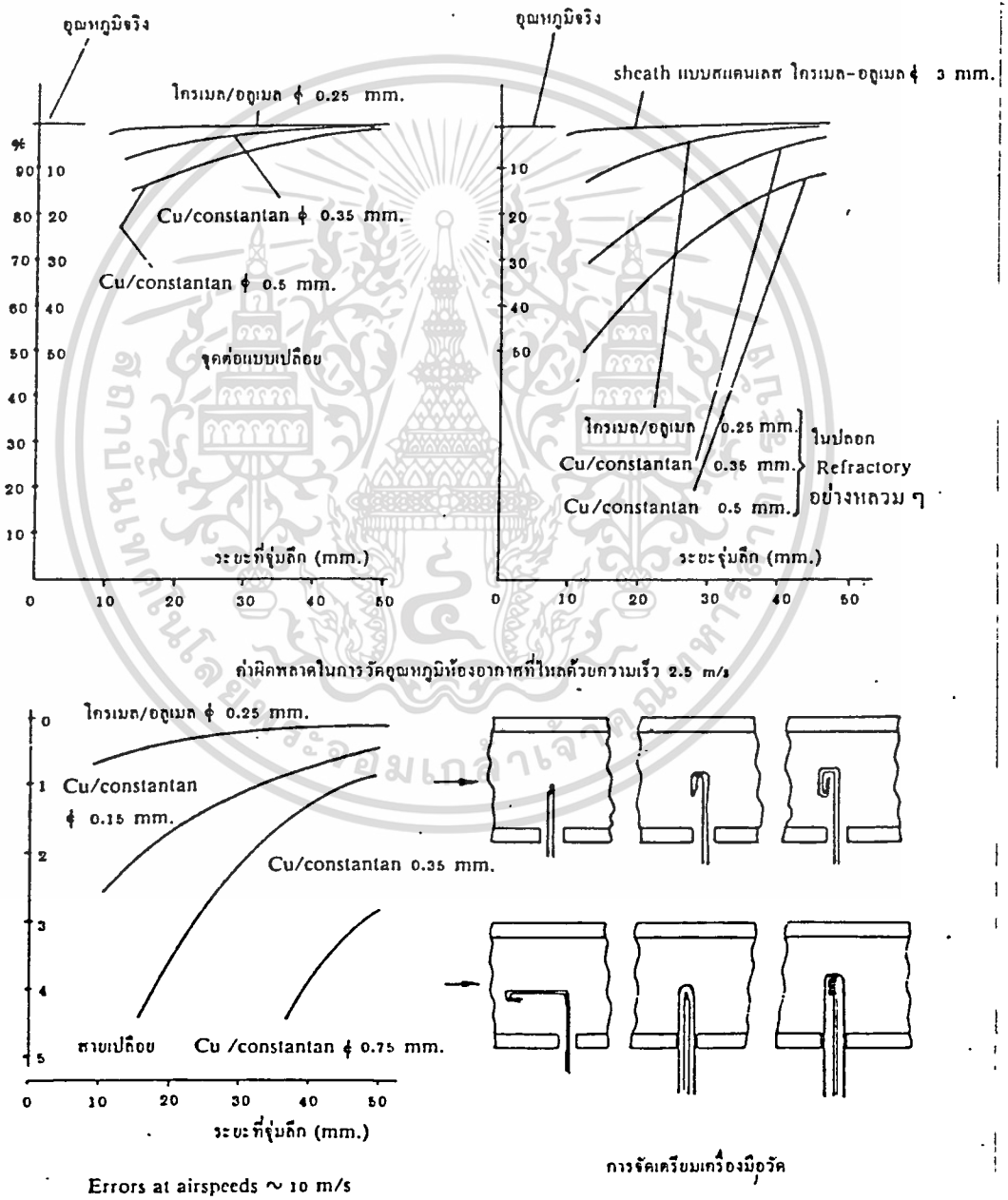
รูปที่ 2.19 แสดงความไวในการวัดค่าของของไหลที่มีความหนาแน่นต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความผิดพลาดของการวัดอุณหภูมิ

ความผิดพลาดเนื่องจากการนำความร้อน (Conduction Error in TC)

ในการใช้เทอร์โมคัปเปิลอุณหภูมิในช่วงต่ำจาก 0° C ถึง 150° C จำเป็นต้องสอดใส่เทอร์โมคัปเปิลเข้าไปสัมผัสอยู่กับ fluid นั้น ลึกพอสมควรเพราะไม่ลึกพอจะได้ค่าอุณหภูมิต่ำกว่าความเป็นจริง เนื่องจากการนำความร้อนออกสู่ภายนอกของตัวเทอร์โมคัปเปิลเอง



รูปที่ 2.20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าความผิดพลาดของเทอร์โมคัปเปิลตามพิกัด

เพื่อให้ผลการวัดอุณหภูมิถูกต้องควรเลือกชนิด, ขนาด และย่านการใช้งานให้เหมาะสมกับสภาพของงาน ต่อไปนี้เป็นข้อแนะนำขนาดสาย และพิกัดค่าผิดพลาดของเทอร์โมคัปเปิลแบบต่าง ๆ ตามมาตรฐาน ISA

ตารางที่ 2.21 ข้อแนะนำขนาดสายของเทอร์โมคัปเปิลและอุณหภูมิสูงสุดของการใช้งานตามมาตรฐาน ISA กำหนดไว้ดังนี้

ขนาดสายของเทอร์โมคัปเปิล และอุณหภูมิสูงสุดของการใช้งาน					
เทอร์โมคัปเปิลแบบ	AWG # 8gage	14 gage	20 gage	24 gage	28 gage
T	–	370° C	260° C	200° C	200° C
J	760° C	590° C	480° C	370° C	370° C
E	870° C	650° C	540° C	430° C	430° C
K	1260° C	1090° C	980° C	870° C	870° C
R&S	–	–	–	1460° C	–
B	–	–	–	1700° C	–

ตารางที่ 2.22 ค่าผิดพาดของเทอร์โมคัปเปิลที่อยู่ในพิกัดมาตรฐานของ ISA เมื่ออุณหภูมิ Ref. junction 0 °C

เทอร์โมคัปเปิลแบบ	ย่านอุณหภูมิ	พิกัดของค่าผิดพลาด	
		แบบมาตรฐาน (ใช้ค่าที่สูงกว่า)	แบบพิเศษ (ใช้ค่าที่สูงกว่า)
T	0 ถึง 350° C	± 1° C หรือ ± 0.75%	± 0.5° C หรือ 0.4%
J	0 ถึง 750° C	± 2.2° C หรือ ± 0.75%	± 1.1° C หรือ ± 0.4%
E	0 ถึง 900° C	± 1.7° C หรือ ± 0.5%	± 1° C หรือ ± 0.4%
K	0 ถึง 1250° C	± 2.2° C หรือ ± 0.75%	± 1.1° C หรือ ± 0.4%
R หรือ S	0 ถึง 1450° C	± 1.5% หรือ ± 0.25%	± 0.6° C หรือ ± 0.1%
B	800 – 1700° C	± 0.5%	–
T	- 200° C ถึง 0° C	± 1° C หรือ ± 1.5%	–
E	-,200° C ถึง 0° C	± 1.7° C หรือ ± 1%	–
K	- 200° C ถึง 0° C	± 2.2° C หรือ ± 2%	–

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความผิดพลาดในการวัดอุณหภูมิด้วยเทอร์โมคัปเปิล อาจเกิดขึ้นได้หลายแห่ง เช่น extension wire จุดต่อต่าง ๆ ในการต่อคู่สาย extension wire ก็จะต้องจะต้องระมัดระวังมิให้ผิดพลาดโดยการสลับสายทั้งที่ตัวเทอร์โมคัปเปิลและอุปกรณ์อ่านค่ามิลลิโวลท์ หรือตัวทรานสมิตเตอร์ สาย shield รอบ extension wire ก็จะต้องได้รับการต่อลง ground อย่างถูกวิธี เพราะค่าแรงเคลื่อนที่เกิดจากเทอร์โมคัปเปิลมีค่าน้อยอยู่ในย่านมิลลิโวลท์เท่านั้น และถ้าลากสาย extension wire ยาวขึ้นโอกาสที่จะได้รับการเหนี่ยวนำจากสายไฟฟ้าอื่น ๆ ที่มีกระแสสลับไหลอยู่ก็มีมากขึ้นจะทำให้เกิดค่าผิดพลาดขึ้นได้ ตามจุดต่อต่าง ๆ ต้องให้มีน้อยจุดที่สุดและเป็นวัสดุที่เลือกตามข้อแนะนำของทางบริษัทผู้ผลิต ถ้าจุดต่อยาว และอุณหภูมิปลายจุดต่อไม่เท่ากัน ความผิดพลาดจะเกิดขึ้น เพราะขัดกับกฎของไฟฟ้าที่เกิดจากความร้อน (thermoelectric law) "ข้อโลหะแทรก"

รูปที่ 2.23 พิกัดค่าผิดพลาดของ Extension Wires ที่ Reference junction ตามมาตรฐาน ISA

Extension Wire แบบ	ย่านอุณหภูมิ	พิกัดค่าผิดพลาด	
		แบบมาตรฐาน	แบบพิเศษ
K	0 ถึง 200°C	± 2.2°C	–
J	0 ถึง 200°C	± 2.2°C	± 1.1°C
E	0 ถึง 200°C	± 1.7°C	–
T	-60°C ถึง + 100°C	± 1.0°C	± 0.5°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การควบคุมอุณหภูมิ

วิธีการเลือกใช้กริยาควบคุม

ก่อนจะกล่าวถึงการควบคุมอุณหภูมิ เราควรที่จะทราบถึงการเลือกใช้กริยาควบคุมชนิดต่าง ๆ ว่า กริยาควบคุมชนิดใดเหมาะสมกับขบวนการใดบ้าง การเลือกใช้กริยาควบคุมพอสรุปหด้ดังนี้

การควบคุมแบบ ON - OFF หรือแบบ สองตำแหน่ง

เป็นการควบคุมแบบ 2 สภาวะ คือ ON หรือ OFF ตัวอย่าง กรณีของวาลว์ควบคุม ก็คือตัววาลว์จะเคลื่อนที่อยู่ 2 ตำแหน่ง คือ

1. วาลว์เปิดเต็มที่ เป็นสภาวะที่ปล่อยให้พลังงานไหลเข้าระบบ
2. วาลว์ปิดสนิท เป็นระบบปิดไม่ให้พลังงานไหลเข้าระบบ

ฉนั้นจึงเกิดความไม่สมดุลย์ระหว่างพลังงานไหลเข้า-ออก ผลก็คือ Output ของขบวนการที่วัดได้เกิดการ oscillate ต่อเนื่องกันไป และการ oscillate นี้จะเกิด (มากกว่าหรือน้อยกว่า) ค่าที่ตั้งไว้

ตัวควบคุมแบบ ON - OFF สามารถใช้ได้ดีที่สุดกับกระบวนการที่มีความจุมากและไม่มี dead time และจะนิยมใช้กรณีที่มีผลของการ oscillate เป็นที่ยอมรับได้ เช่น การควบคุมอุณหภูมิภายในบ้าน เมื่อ T ต่ำ thermostat ก็จะต่อให้ heater ทำงาน ดังนั้น T ภายในบ้านจึงอุ่นขึ้น เมื่อ T ภายในบ้านถึงค่าที่กำหนด thermostat ก็จะตัดไฟไม่ให้ heater ทำงาน และเนื่องจากว่าบ้านมีค่าความจุมาก ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงสภาวะการ ON - OFF ของ heater จึงไม่ค่อยมีผลต่อ T ของบ้านเท่าไร หรือมีน้อยมากจนคนในบ้านไม่ค่อยรู้สึก

สรุปก็คือ ระบบควบคุมหรือระบบการที่มี dead time น้อย และอัตราการเพิ่มขึ้นของ output เป็นไปอย่างช้า ๆ นั้น สามารถจะทำการควบคุมได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยตัวควบคุมแบบ ON - OFF

สำหรับกระบวนการที่การควบคุมแบบ ON - OFF ใช้ไม่ค่อยได้ผล เช่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุม T ของน้ำร้อนในห้องอาบน้ำแบบฝักบัว เพราะกระบวนการนี้เป็นกระบวนการแบบต่อเนื่อง และมีความจุต่ำ และอัตราการไหลเข้าของน้ำร้อนมีค่ามากเมื่อเทียบกับปริมาณของน้ำทั้งหมดในระบบ ซึ่งไม่ค่อยมีความแน่นอนในการควบคุมพลังงานไฟไหลเข้าเพื่อให้เป็นสัดส่วนตามที่ต้องการได้

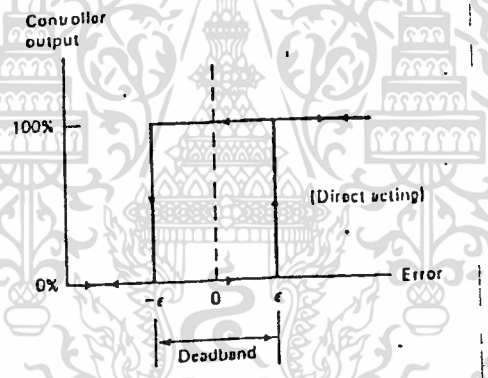
สำหรับกรณีอ่างอาบน้ำ อาจใช้ตัวควบคุมแบบ ON OFF ได้

$$c = 0\ \% \qquad e < -E$$

$$100\ \% \qquad e < +E$$

โดยที่ c = Controller output

E = Ome - haif the deadband



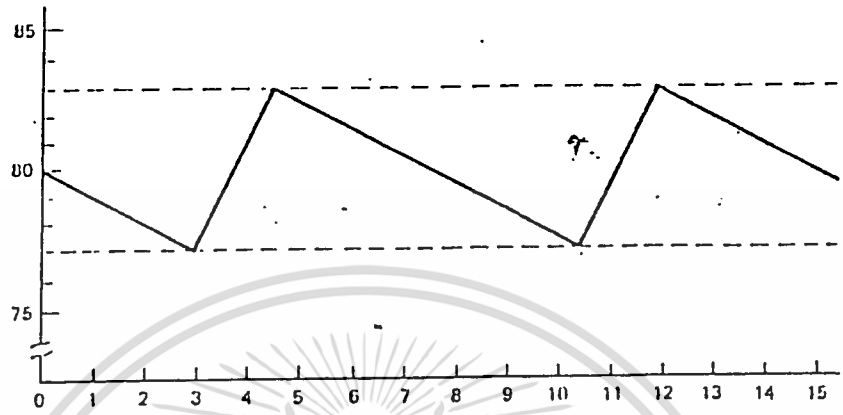
รูปที่ 3.1 แสดง กริยาควบคุมแบบ ON - OFF ซึ่งมี out put 2 ตำแหน่ง คือ 0 % และ 100 % จึงเกิด hystersis

<u>ตัวอย่าง</u> ระบบควบคุมอุณหภูมิโดยใช้การควบคุมแบบ ON - OFF ระบบหนึ่ง ตั้ง set point ที่ 80 ° C และมี deadband 6 ° C ขณะที่สัญญาณควบคุม ON ระบบนี้จะเย็นที่ -1 ° C / minute และเมื่อสัญญานควบคุม OFF ระบบจะร้อนที่ +4 ° C / minute จงเขียนกราฟระหว่างอุณหภูมิกับเวลา และหาช่วงเวลาที่เกิดการ oscillation

ปัญหา ในการสร้างกราฟ เมื่อพิจารณาขณะที่สัญญาณควบคุม ON และอุณหภูมิอยู่ที่จุด set point จะได้ว่าระบบจะมีความเย็นที่ -1 ° C/min จนเมื่อระบบมีอุณหภูมิถึง 80-3 = 77 ° C สัญญานควบคุมจะ OFF และระบบจะค่อย ๆ มีความร้อนที่ + 4 ° C / min จนเมื่อระบบมีอุณหภูมิถึง 80 + 3 = 83 ° C สัญญานควบคุมจะ ON และจะเริ่มทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเย็นอีกทีหนึ่ง ฉะนั้นจึงสามารถกราฟดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงค่าอุณหภูมิ - เวลา

จากกราฟ จะได้ว่าช่วงเวลาที่เกิดการ oscillation เท่ากับ 7.5 min

ในการใช้งานทั่ว ๆ ไป ของระบบควบคุมแบบ ON - OFF จะเกิด overshoot และ undershoot และค่าความคลาดเคลื่อนที่ยินยอมได้พิจารณาจาก deadband และ degree of overshoot and undershoot

การควบคุมแบบ proportional

เป็นการควบคุมอย่างเป็นสัดเป็นส่วนกันระหว่าง พลังงานไหลเข้ากับ พลังงานไหลออกอย่างเช่น ในกระบวนการที่มี valve เป็น final control element ตัวควบคุมชนิด proportional จะทำให้ valve ควบคุมทำงานอย่างต่อเนื่องในช่วงการวัดที่กำหนดไว้ นั่นก็คือ การควบคุมชนิดนี้ ตำแหน่งของ valve ควบคุมจะเป็นสัดส่วนกับระดับ (ตัวแปรที่ถูกควบคุม) หรือ 100 % ของช่วงชักของ valve = 100 % ของช่วงการวัด

ตัวควบคุมแบบ proportional คือเป็น amplifier ตัวหนึ่ง การควบคุมตัวควบคุมชนิดนี้จะแสดงอยู่ในเทอมของ proportional band ซึ่งนั้นก็คือ

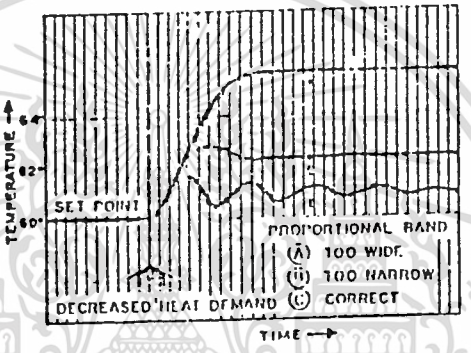
- proportional ที่กว้าง หมายถึง ตัวแปรจะต้องเปลี่ยนแปลงไปมาก เพื่อที่จะทำให้ valve เคลื่อนที่ เรียกว่า ความไวต่ำ ทำให้มี offset มาก
- proportional ที่แคบ หมายถึง ตัวแปรเปลี่ยนแปลงไปนิดเดียว valve ก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เคลื่อนที่ได้แล้วเรียกว่า ความไวสูง ทำให้เกิด oscillat

ถ้าปรับ proportional band ทำได้ 0 % จะเป็นการควบคุมแบบ on-off อย่างไรก็ตามการควบคุมแบบ proportional นั้นจะเกิด offset ถ้า load มีการเปลี่ยนแปลง ถึงไม่เป็นสิ่งที่ปรารถนา และสามารถแก้ไขได้โดยการปรับ proportional band

สรุปก็คือ ระบบควบคุมที่มีค่า time lag น้อย และอัตราการเพิ่มขึ้นของ output มีค่าค่อนข้างสูง ควรจะใช้ตัวควบคุมแบบ proportional



รูปที่ 3.3

$$Cp = Kp * Ep + Co$$

โดยที่ Cp = Controller output in percent

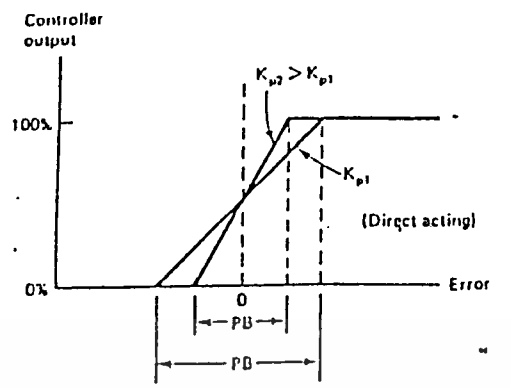
Kp = Proportional gain in percent of output / percent of error

ep = Error in percent of range

Co = Output with zero error

รูปที่ 3.4 แสดงความแตกต่างของ gain 2 ค่า จะเห็นว่ามีค่าจุดอิ่มตัวของค่าความคลาดเคลื่อนเมื่อ output ถึง 100% เนื่องจากว่าการเพิ่มของค่าความคลาดเคลื่อนไม่ได้ทำให้ output เพิ่ม ปรากฏการณ์เช่นนี้เกิดขึ้นเหมือนกันอีกเมื่อ output ตกเหลือ 0% ช่วงของค่าความคลาดเคลื่อน (error band) ซึ่งอยู่ระหว่าง 0 % - 100 % จะเรียกว่า proportional band ดังนั้น เมื่อ gain สูงขึ้น proportional band จะตกลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 แสดงกริยาควบคุมแบบ proportional output จะเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่างช่วงซึ่งขึ้นอยู่กับค่าขนาดของค่าความคลาดเคลื่อนและ gain

ตัวอย่าง ระบบ ๆ หนึ่ง ถูกควบคุม pressure ระหว่าง 120 psi ถึง 240 psi และมี setpoint ที่ 180 psi ถ้าระบบมี proportional band (P.B) เท่ากับ 2.5 % และมี zero error output เท่ากับ 65% จงเขียนสมการ controller equstion และระบบนี้มี P.B เท่ากับเท่าไร

ปัญหา ในขั้นแรกจะต้องแสดงค่าความคลาดเคลื่อนในรูปของ percentage of range

จากสมการ $ep = V-Vsp / (Vmax-Vmin) * 100$

แทนค่า $ep = (p-180) / (240-120) * 100$

$= 0.833 (P-180)$

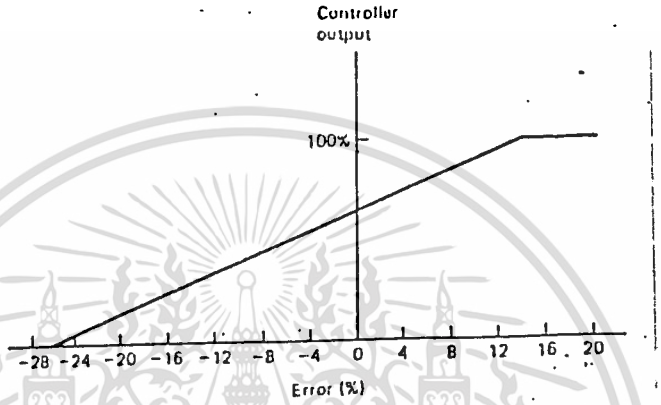
จากสมการ $Cp = Kp * ep + Co$

เพราะฉนั้น $Cp = 2.5\ ep + 65$

ค่า P.B. หาได้จากช่วงของค่าความคลาดเคลื่อน ซึ่งมีค่า span ของ output อยู่ระหว่าง 0 - 100 % จากสมการ controller equation จะได้ output เท่ากับ 0% เมื่อ 0 = 2.5 epo + 65 หรือที่ epo เท่ากับ -26 % และจะได้ output เท่ากับ 100% เมื่อ 100 = 2.5 ep100 + 65 หรือที่ ep100 = + 14% เพราะฉนั้น P.B. จะมีช่วงเท่ากับ - 25% to + 14% หรือเท่ากับ 40% ซึ่งแสดงในรูปที่ 3.5 ดังนั้นเราสามารถใช้สมการ percent of range equation เพื่อหา Pressue ที่ output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0 และ 100 % ได้ ดังนั้น peressure ที่ 148.8 psi สำหรับ 0% และ 196.8 psi สำหรับ 100% หรือมี range เท่ากับ 48 psi จึงเห็นได้ว่า ถึงแม้ range of sytem จะเป็น 120 to 240 psi แต่เนื่องจากการอิ่มตัวของ controller output จึงทำให้ค่า range ที่จริงจะเท่ากับ 148.8 to 196.8 psi



รูปที่ 3.5 แสดง controller response

ข้อแตกต่างระหว่างกิริยาควบคุมแบบ ON-OFF และ PROPORTIONAL

ตัวควบคุมแบบ proportional ก็คือแอมปลิฟลายตัวหนึ่งที่ต่อยู่ระหว่างอุปกรณ์วัดกับวาล์วควบคุม เมื่อปรับค่า proportional band ก็เท่ากับปรับค่าของ gain ของแอมปลิฟลายทั้งนี้เพราะค่าของ gain ก็คือส่วนกลับของ proportional band การปรับค่าของ gain จะทำให้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างช่วงของการวัดกับช่วงชักของวาลว์เปลี่ยนแปลงไปตามความต้องการได้

ถ้า proportional band ของตัวควบคุมสามารถปรับให้มีค่า 0 % แล้วควบคุมตัวแบบ proportional ก็จะกลายเป็นตัวควบคุมแบบ ON-OFF อย่างไรก็ตามการปรับค่าของ proportional band ให้มีค่าเท่ากับ 0% หรือหมายถึงว่าค่า gain ของตัวควบคุมมีค่าเท่ากับอินฟินิตี้นั้น จะเป็นไปไม่ได้เพราะจะเกินขีดความสามารถในการทำงานของตัวควบคุม แต่ในทางปฏิบัตินั้นโดยทั่วไปแล้วกิริยาควบคุม (control action) ของตัวควบคุมแบบ proportional ที่ใช้ค่า gain สูงสุดจะเป็นกิริยาควบคุมแบบ ON - OFF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิริยาควบคุมแบบ PROPORTIONAL

เราจะใช้เมื่อ

1) ไม่ต้องการให้มีการเกิดกิริยาควบคุมแบบ ON - OFF ในขบวนการนั้น
2) ขบวนการนั้นมีการเปลี่ยนแปลงของ load นาน ๆ ครั้ง
3) ยอมให้มีการเกิด offset ได้

กิริยาควบคุมแบบ reset (Integral)

เราจะรวมกิริยาควบคุมแบบ RESET เข้าในระบบควบคุม ถ้า

1) ต้องการที่จะตัดค่า offset ของขบวนการนั้น
2) ขบวนการนั้นมีการเปลี่ยนแปลง set - point หรือการเปลี่ยนแปลง losad บ่อยครั้ง

เราจะไม่รวมกิริยาควบคุมแบบ RESET เข้าในระบบควบคุม ถ้า

1) ต้องการที่จะตัด overshoot ในช่วงเริ่มต้น
2) ขบวนการที่สามารถที่จะถูกควบคุมโดยการตั้ง gain ของ proportional สูง ๆ ได้
3) มีการเปลี่ยนแปลงของ load อย่างมากและบ่อยครั้งในระบบที่ต่อเนื่องกิริยาควบคุมแบบ DERIVATIVE

เราจะรวมกิริยาควบคุมแบบ derivative ในระบบควบคุมก็ต่อเมื่อ

1) ขบวนการนั้นมี dynamic clement เป็นส่วนที่สำคัญในระบบ และมีคุณสมบัติเป็น distance - volocity lag
2) มี noise เกิดขึ้นในระบบ เว้นแต่ว่า noise มีขนาดเล็กมากเมื่อเทียบกับสัญญานที่ใช้งานในขบวนการนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการเลือก CONTROLLER

วิธีการในการพิจารณาว่าจะเลือก Controller แบบใดในการนำมาควบคุมอุณหภูมิ

1) กระบวนการที่มีความจุน้อย หมายถึงว่า ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงของตัวให้ความร้อนเพียงเล็กน้อยจะเป็นสาเหตุให้อุณหภูมิที่ควบคุมเปลี่ยนแปลงไดได้มาก เราควรจะเลือกใช้ควบคุมแบบ proportional มากกว่าการควบคุมแบบ ON-OFF

2) ถ้าขบวนการใดมีโอกาสที่จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของ load โดยไม่คาดหมาย ก็จะทำให้เกิด offset ขึ้นมาได้ จึงควรจะใช้ตัวควบคุมแบบ reset ด้วย

3) สำหรับการที่จะนำเอาตัวควบคุมแบบ derivative ร่วมด้วยหรือไม่นั้นก็เป็นสิ่งที่จำเป็นและจะตัดสินใจได้จาก คุณลักษณะของกระบวนการว่า ถ้าขบวนการนั้นมี dead time ซึ่งในการควบคุมอุณหภูมิก็หมายถึงเมื่อเราจ่ายพลังงานให้กับขบวนการทันทีทันใด แต่อุณหภูมิภายในขบวนการนั้นจะยังคงไม่เพิ่มขึ้นทันทีทันใดตามการจ่ายพลังงานนาน แต่จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
โครงสร้างของระบบ

4.1 การส่งผ่านข้อมูล

การสื่อสารข้อมูล(data communication)ระหว่างสถานที่สองแห่งหรือมากกว่า ซึ่งอยู่ห่างไกลกัน จะต้องมีอุปกรณ์ที่จะเป็นตัวเชื่อมต่อซึ่งกันและกัน ซึ่งเราเรียกว่าสายส่งสัญญาณ (transmission line) ซึ่งในที่นี้เลือกใช้สายไฟ ac 22o v ที่เดินตามอาคารบ้านเรือนทั่วๆไปเป็นสายส่งเพื่อเป็นการประหยัดและเรียบร้อยสวยงาม

ขีดจำกัดของสายส่งชนิดนี้คือ สัญญาณที่จะส่งผ่านไปได้นี้จะต้องมีเพียง 1 สัญญาณเท่านั้น

4.2 ลักษณะการส่งถ่ายข้อมูล

พิจารณาได้ 2 แบบ

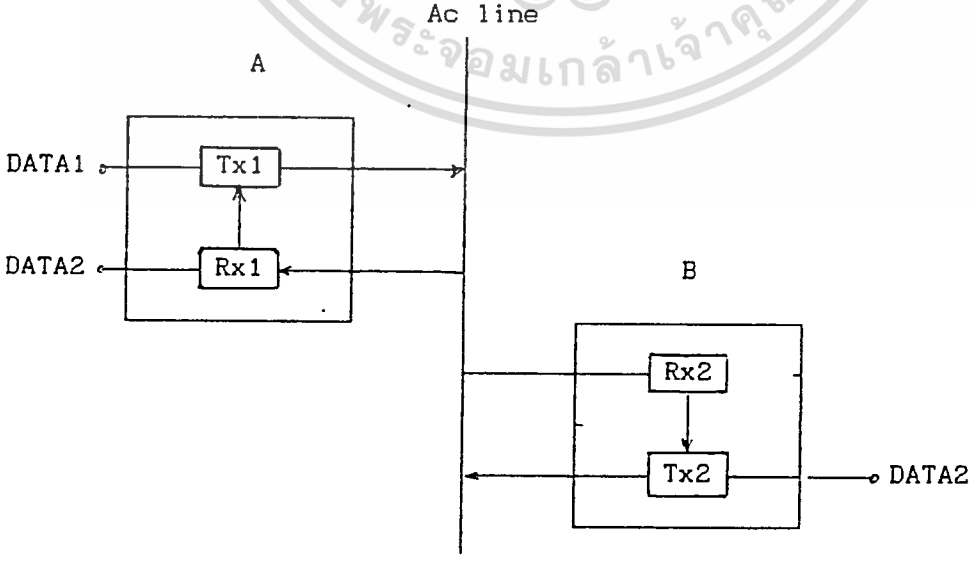
4.2.1 simplex คือการส่งถ่ายข้อมูลในลักษณะทางเดียว หมายถึงว่าจากสถานที่หนึ่งซึ่งกำหนดให้มีผู้ส่งก็จะส่งข้อมูลได้เพียงอย่างเดียว ไม่สามารถจะรับข้อมูลได้เลย ส่วนสถานที่ที่กำหนดให้เป็นผู้รับก็จะรับข้อมูลได้เพียงอย่างเดียวเช่นกัน

4.2.2 duplex คือการส่งข้อมูลที่สามารถกระทำได้สองทาง สถานที่หนึ่งๆ สามารถจะเป็นได้ทั้งผู้ส่งและผู้รับ ซึ่งแบบ duplex นี้แบ่งออกได้เป็น 2 แบบ

1. Half Duplex เป็นการส่งถ่ายข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์นัก เนื่องจากว่าสถานที่ใดสถานที่หนึ่งไม่สามารถส่งและรับข้อมูลในเวลาเดียวกัน มี switch เป็นตัวส่งหรือตัวรับ

2. Full Duplex เป็นการส่งถ่ายข้อมูลแบบ duplex ที่สมบูรณ์คือ ข้อมูลจะถูกส่งหรือรับวในเวลาเดียวกันได้ ระบบนี้จะต้องใช้สายส่ง4เส้นด้วยกัน

เนื่องจากการส่งถ่ายข้อมูลของโครงงานชุดนี้ จะต้องมีการส่งถ่ายข้อมูลแบบกลับไปกลับมาได้ จึงจัดอยู่ในประเภท full duplex แต่จากที่กล่าวมาตอนต้น คือใน line ac จะส่งสัญญาณได้เพียงสัญญาณเดียว ดังนั้นจึงจำเป็นต้องแก้ไข ในที่นี้เลือกใช้วิธีจัดแบ่งเวลา (time charing) ของการส่งผ่านข้อมูลซึ่งสามาารถอธิบายด้วยบล็อคไดอะแกรมดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อธิบายหลักการทำงานคร่าวๆ ได้ดังนี้

จากรูป แบ่งเป็น 2 ส่วน

ส่วนA มีหน้าที่ ขอการติดต่อข้อมูลกับที่ต่างๆ ในที่นี้คือ B ส่วน A ยังแบ่งย่อยได้อีก 2 ส่วนคือ

tx1 ขยายสัญญาณก่อนส่งใน AC line

rx1 รับสัญญาณที่อยู่ใน AC line

tx1 จะทำงานตลอดเวลาจนกว่า rx1 จะรับ data 1 ได้ tx1 จึงจะหยุดส่งเป็นเวลา t1

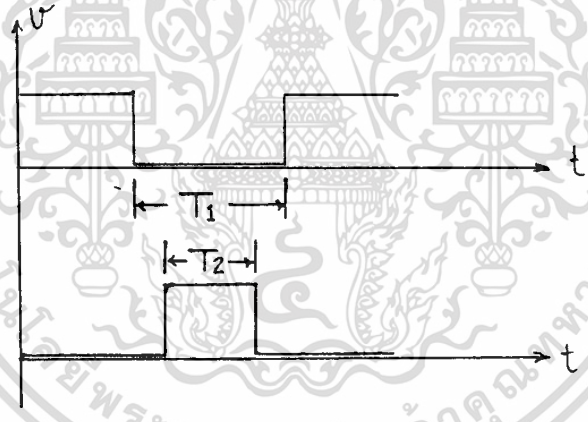
ส่วน A มีหน้าที่คอยการขอติดต่อมาจากA ส่วน B นี้ยังแบ่งได้เป็น 2 ส่วนเช่นกัน

tx2 มีหน้าที่เหมือนกับ tx1

rx2 มีหน้าที่เหมือนกับ rx1

tx2 ปกติจะไม่ทำงานจนกว่า rx2 จะรับ data 1 ได้ จะมีผลทำให้ tx2 ทำงาน ซึ่งถูกกำหนดเป็นเวลา t2 นั่นคือขณะนี้ data 2 จะถูกส่งไปที่ rx1 ได้เป็น data 2 ที่จุด x ตามความต้องการ

ข้อเปรียบเทียบเวลา t1,t2



4.3 การออกแบบระบบ

จากหลักการคร่าวๆที่กล่าวมาแล้ว สามารถเขียนออกมาเป็นโครงสร้างทั้งหมดของระบบได้ดังรูป

4.4 การทำงานของระบบ

จาก Diagram สามารถแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ๆดังนี้

4.4.1 ส่วน card on IBM ส่วนนี้จะเป็น card เสียบอยู่บนสลอทของIBM การทำงานของ card นี้ทั้งหมดจะถูกควบคุมด้วยซอฟแวร์ ซึ่งเขียนด้วยภาษา assembly 8088 โดยเริ่มจาก software จะไป set port ของ ic 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของคาร์ด ให้ port A,B,Ch,Cl เป็น i/p,o/p ตามลำดับ จากนั้นก็จะไป scan key-board เพื่อรอการกดคีย์ จาก user ซึ่งถูกกำหนดไว้ที่ key 1-10 (ch1-ch10) เมื่อ user เลือก channel ใด channel หนึ่ง ก็จะทำให้ port 8255 ได้รับ code ประจำ channel แล้วจึงส่ง code นี้ไปแปลงเป็นแรงดันส่งไปยังส่วน A ต่อไป

จากนั้นก็จะคอยรับ code ØØH ที่ port Ch ถ้าได้รับ port 8255 ก็จะไปสั่งให้ภาค A/D ส่งข้อมูลขนาด 8 bit มาที่ port A เพื่อนำไป display ที่หน้าจอต่อไป

4.4.2 ส่วน A

หลังจากได้ code ที่เป็นแรงดันแล้ว ที่ภาค v/f จะทำการเปลี่ยนแรงดันนี้ให้เป็นสัญญาณ square wave (ในที่นี้ความถี่สำหรับ ch1 =3KHz) เพื่อนำไป modulated แบบ FM แล้วขยายกำลังก่อนส่งผ่านทาง AC line

code นี้จะทำให้ภาค mono stable ส่ง logic "Ø" ไป control ให้ analog switch เปลี่ยนสภาวะจาก on เป็น off ชั่วขณะ เพื่อคอยรับ data ที่จะส่งมาทาง AC line จาก ch1

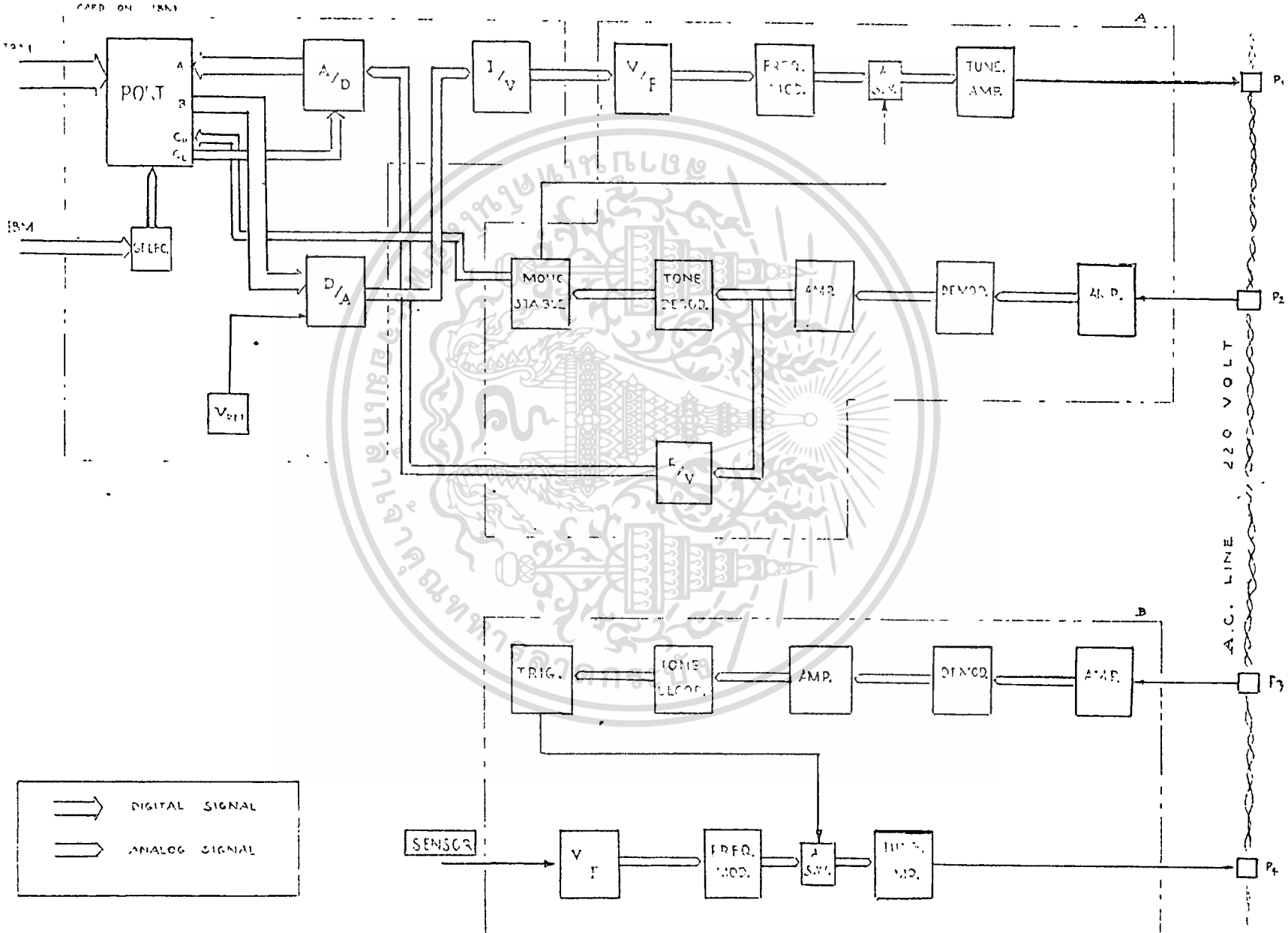
นอกจากนี้ภาค mono stable ยังเป็นตัวกำหนดจังหวะการอ่าน data ที่จะไปปรากฏที่หน้าจออีกด้วย

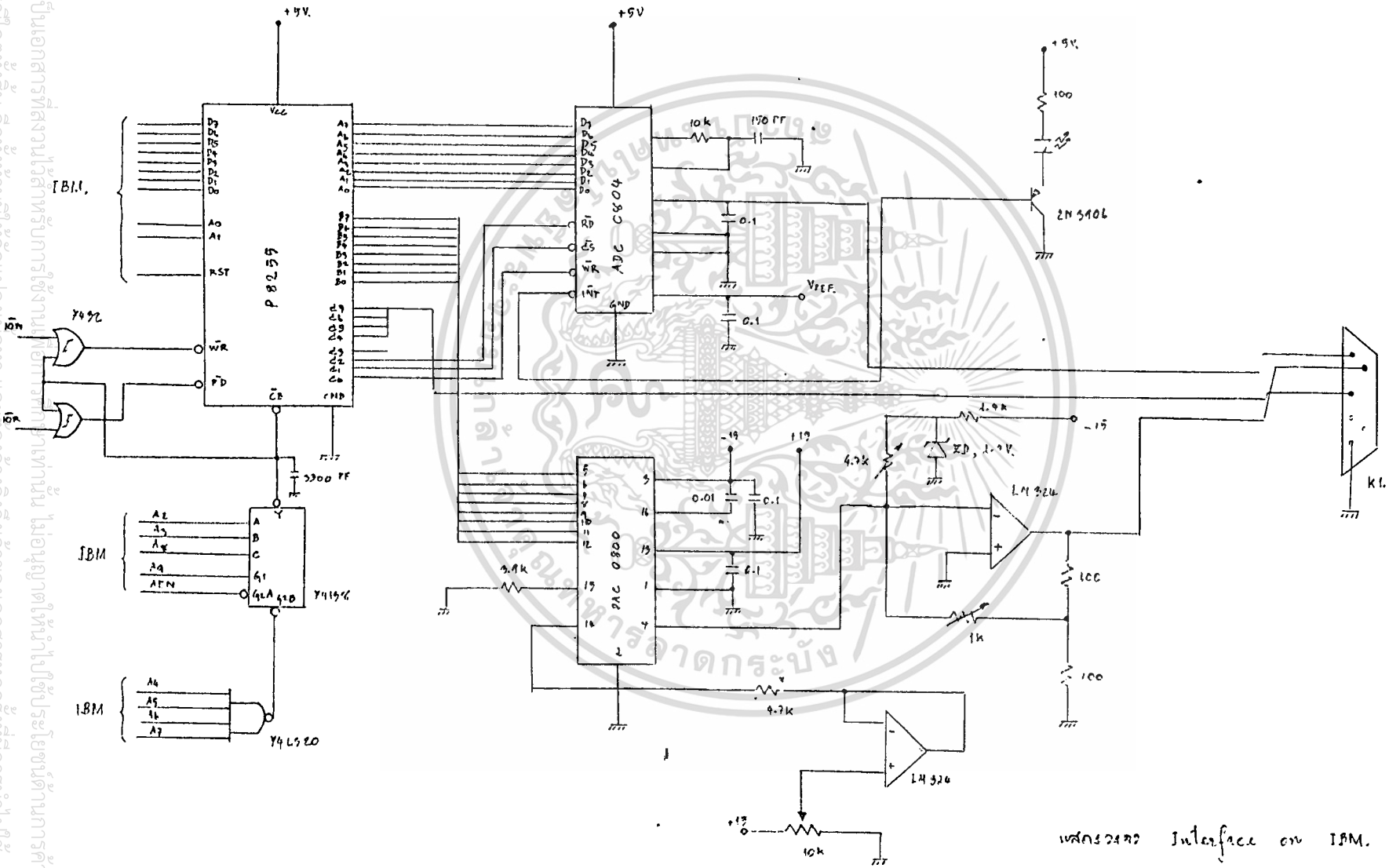
4.4.3 ส่วน B

ลักษณะการทำงานจะคล้ายกับส่วน A ต่างที่ code ที่ส่วน B ยอมรับนี้จะทำให้ภาค trig ส่ง logic"1" ไปเปลี่ยนสภาวะของ analog sw.จาก off เป็น on ชั่วขณะ เพื่อจะได้ส่งข้อมูลที่ sensor ได้นั้นผ่านทาง AC line

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

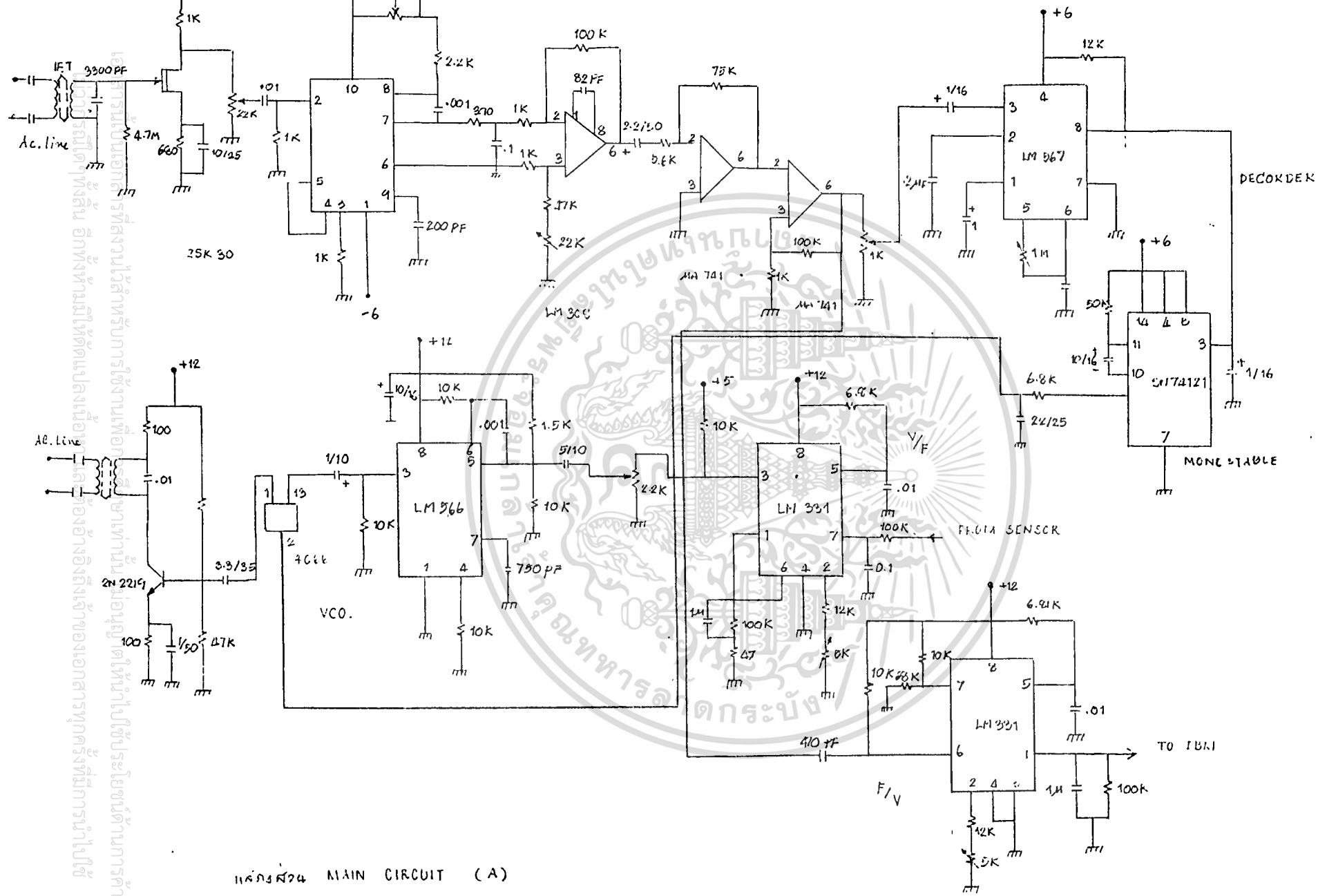
DIAGRAM OF REMOTE TEMPERATURE DISPLAY



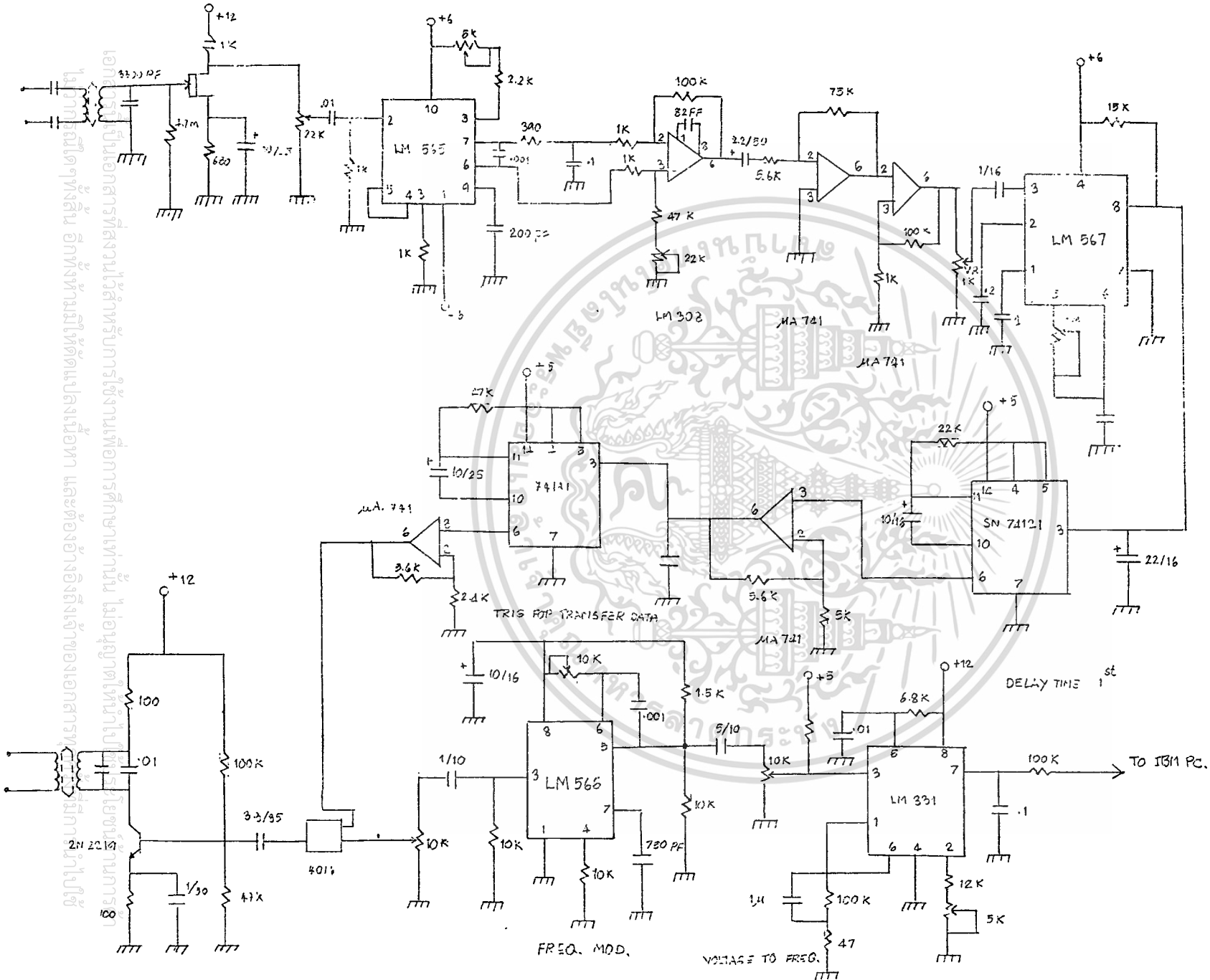


แสดงวงจร Interface on IBM.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แผงวงจร MAIN CIRCUIT (A)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำขอบคุณ

ผลงานชิ้นได้ผ่านการออกอบบ สร้างและทดสอบสำเร็จได้ด้วยดีโดยได้รับความช่วยเหลือและร่วมมือและคำแนะนำจากอาจารย์และบุคคลหลายฝ่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่ง

อ. วิริยะ กองรัตน์
อ. ภากร หุตะสังกาศ
อ. สุทธินันท์ ปรมาธิกุล
อ. สุพรรณ กุลพานิช
อ. ประภาส และ อ. วิทยา

จึงขอขอบพระคุณอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

คณะผู้จัดทำ
27 กุมภาพันธ์ 2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. กิตติ ตรีเศรษฐ์ " พื้นฐานวิศวกรรมระบบควบคุม " คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง 2527.
2. เกษตร ศิริสันติสัมฤทธิ์ "การควบคุมแบบแยกส่วน" วิทยานิพนธ์คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง 2529.
3. Multitech Industrial Corporation "Micro-professor MPF-I-PLUS User's and Experiment Manual" 1983.
4. James W. COFFPOON Z-80 Application 1983.
5. CURTIS D. Johnson Microprocessor - Based Process Control Univercity of Houston 1984.
6. Zilog " Z-80 CPU Manual".

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;program temp.asm

code            segment
                assume     cs:code,ds:data
;-----------------------------------------
display         macro      string
                mov        dx,offset string
                mov        ah,09h
                int        21h
                endm

convert         macro      value,base,destination
                local      table,start
                jmp        start
table           db         '0123456789abcdef'

start :         mov        al,value
                xor        ah,ah
                xor        bx,bx
                div        base
                mov        bl,al
                mov        al,cs:table[bx]
                mov        destination,al
                mov        bl,ah
                mov        al,cs:table[bx]
                mov        destination[1],al
                endm

;-----------------------------------------
get_time        macro
                mov        ah,2ch
                int        21h
                endm
;-----------------------------------------
get_date        macro
                mov        ah,2ah
                int        21h
                endm

;-----------------------------------------
set_date        macro      day,month,year
                mov        dl,day
                mov        dh,month
                mov        cx,year
                mov        ah,2bh
                int        21h
                endm
;-----------------------------------------
dir_con_io      macro      keys       ;scan channel
                mov        dl,keys
                mov        ah,06h
                int        21h
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                ende
;---------------------------------------

 start:         mov     ax,data
                mov     ds,ax
                call    ctrl_word       ;set port 8255
                call    clr             ;clear screen
                mov     ah,0fh
                int     10h

                lea     bx,message
                mov     di,0
                call    put_screen      ;initial screen

                mov     dh,20
                mov     dl,15
                call    xy
                display pass

 wait:          mov     ah,08h          ;no return
                int     21h
                cmp     al,13           ;key return
                jne     wait

                call    clr             ;key return is press
                call    board_d
                mov     dh,17
                mov     dl,73
                call    xy
                lea     bx,channel1
                mov     di,channel
                call    put_screen      ;put channel1
                lea     bx,channel2
                mov     di,c_annel
                call    put_screen      ;put channel2
                lea     bx,channel3
                mov     di,ch_nnel
                call    put_screen      ;put channel3
                lea     bx,channel4
                mov     di,cha_nel
                call    put_screen      ;put channel4
                lea     bx,channel5
                mov     di,chan_el
                call    put_screen      ;put channel5

                lea     bx,channel6
                mov     di,chann_l
                call    put_screen      ;put channel6
                lea     bx,channel7
                mov     di,channe_
                call    put_screen      ;put channel7
                lea     bx,channel8
                mov     di,channel_
                call    put_screen      ;put channel8
```



```
                lea     bx,channel9
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                lea     bx,channel9
                mov     di,channel__
                call    put_screen   ;put channel9
                lea     bx,channel10
                mov     di,channel___
                call    put_screen   ;put channel10

                mov     dl,00000000b
set_day:        call     read_key

                cmp      al,13       ;key return
                je       set1
                cmp      al,1bh      ;key ESC
                je       cross2      ;
                call     incre_d     ;loop for increase
                mov      d_y,dl      ;day by 1
                jmp      set_day

set1:           mov      dh,00000000b
set_month:      call     read_key
                cmp      al,13       ;key return to finish
                je       set2        ;set month
                cmp      al,1bh      ;key ESC to no set
                je       cross2
                call     incre_m     ;loop increase month
                mov      m_n,dh      ;by 1
                jmp      set_month

set2:           mov      cx,1900
set_year:       call     read_key
                cmp      al,13       ;key return to finish
                je       set3        ;set year
                cmp      al,1bh      ;key ESC to not set
                je       cross2
                call     incre_y     ;loop increase year
                mov      y_a,cx      ;by 1
                jmp      set_year

set3:           mov      dl,d_y      ;save day
                mov      dh,m_n      ;save month
                mov      cx,y_a      ;save year
                mov      ah,2bh
                int      21h         ;function
cross2:         get_date

                call     read_date_i
                lea      bx,comm_2
                mov      di,2728
                call     put_screen  ;put date

                call     read_key
                cmp      al,1bh      ;key ESC
                je       cross       ;no set

                lea      bx,time
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov     di,2850
                call    put_screen  ;put pisition set

                mov     ch,00000000b
set_hour:       call    read_key
                cmp     al,13       ;key return to finish
                je      set4        ;set hour
                cmp     al,1bh      ;key ESC to not set
                je      cross
                call    incre_h     ;loop increase hour
                mov     h_r,ch      ;by 1
                jmp     set_hour

set4:           mov     cl,00000000b
set_min:        call    read_key
                cmp     al,13       ;key return to finish
                je      set5        ;set minute
                cmp     al,1bh      ;key ESC to not set
                je      cross
                call    incre_mi    ;loop increase min.
                mov     min,cl      ;by 1
                jmp     set_min

set5:           mov     dh,00000000b
set_sec:        call    read_key
                cmp     al,13       ;key return to finish
                je      set6        ;set second
                cmp     al,1bh      ;key ESC to not set
                je      cross
                call    incre_sec   ;loop increase second
                mov     sec,dh      ;by 1
                jmp     set_sec

set6:           mov     ch,h_r      ;save hour
                mov     cl,min      ;save minute
                mov     dh,sec      ;save second
                mov     ah,2dh
                int     21h         ;function
cross:          get_time
                call    read_time
                MOV     AL,STOR
                CMP     AL,49
                JE      SCAN_1

                lea     bx,comm_c   ;clear  command
                mov     di,2728
                call    put_screen
 scan:          call    get_cnv_time
                CALL    TI_ME_P
                get_date
                call    read_date_i
                dir_con_io 0ffh
                mov     stor,al     ;save code channel
                jmp     scan_1
choice:         mov     al,stor
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                cmp     al,1bh      ;if key is ESC to MS-DOS
                je      quit
                jmp     scan

quit:           call    clr
                MOV     AH,4CH
                INT     21H

SCAN_1:         mov     al,stor     ;select channel1
                cmp     al,49
                jne     slot2
                CALL    CH_1

slot2:          mov     al,stor     ;select channel2
                cmp     al,50
                jne     slot3
                call    ch_2
slot3:          mov     al,stor     ;select channel3
                cmp     al,51
                jne     slot4
                call    ch_3
                JMP     ACCROSS
STAY1:          JMP     CHOICE
ACCROSS:        NOP
slot4:          mov     al,stor     ;select channel4
                cmp     al,52
                jne     slot5
                call    ch_4
slot5:          mov     al,stor     ;select channel5
                cmp     al,53
                jne     slot6
                call    ch_5
slot6:          mov     al,stor     ;select channel6
                cmp     al,54
                jne     slot7
                call    ch_6
                JMP     ACCROSS1
STAY2:          JMP     STAY1
ACCROSS1:       NOP
slot7:          mov     al,stor     ;select channel7
                cmp     al,55
                jne     slot8
                call    ch_7
slot8:          mov     al,stor     ;select channel8
                cmp     al,56
                jne     slot9
                call    ch_8
slot9:          mov     al,stor     ;select channel9
                cmp     al,57
                jne     slot10
                call    ch_9
slot10:         mov     al,stor     ;select channel10
                cmp     al,48
                jne     slot11
                call    ch_10
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
slot11:         jmp         stay2
;-----------------------------------------
TI_ME_P         PROC
                LEA         BX,TIME
                MOV         DI,TIME_1_ADD
                CALL        PUT_SCREEN
                mov         dh,17
                mov         dl,56
                call        xy
                LEA         BX,MENU3
                MOV         DI,2728
                CALL        PUT_SCREEN
                RET
TI_ME_P         ENDP
;-----------------------------------------
ch_1            proc
j_3:            mov         dx,02f1h
                mov         al,41h
                out         dx,al

                call        get_cnv_time
                lea         bx,menuch1
                mov         di,2728
                call        put_screen
                mov         dh,17           ;set currsor
                mov         dl,53
                call        xy
                lea         bx,time_asc
                mov         di,time_1_add
                call        put_screen
                get_date
                CALL        REAL_DATE

                dir_con_io  0ffh
                cmp         al,1bh
                je          j_2

                call        ch_1_1
                call        step_t_da_
                call        ch_1_1_1

                lea         bx,channel11
                mov         di,channel
                call        put_screen

                jmp         j_3
j_2:            lea         bx,channel1
                mov         di,channel
                call        put_screen
                mov         dx,02f1h
                mov         al,22
                out         dx,al
                ret
ch_1            endp
;-----------------------------------------
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ch_2            proc
j_6:            call        get_cnv_time
                lea         bx,time
                mov         di,time_1_add
                call        put_screen
                xor         al,al
                mov         al,spare
                test        al,01b
                je          j_4
                call        ch_2_2
                lea         bx,channel22
                mov         di,c_annel
                call        put_screen
                call        delay
j_4:            dir_con_io  0ffh
                cmp         al,1bh
                je          j_5
                call        delay
                call        delay
                call        delay
                jmp         j_6
j_5:            LEA         BX,CHANNEL2
                MOV         DI,C_ANNEL
                CALL        PUT_SCREEN
                ret
ch_2            endp
;-----------------------------------------
ch_3            proc
j_9:            call        get_cnv_time
                lea         bx,time
                mov         di,time_1_add
                call        put_screen
                xor         al,al
                mov         al,spare
                test        al,01b
                je          j_7
                call        ch_3_3
                lea         bx,channel33
                mov         di,ch_nnel
                call        put_screen
                call        delay
j_7:            dir_con_io  0ffh
                cmp         al,1bh
                je          j_8
                call        delay
                call        delay
                call        delay
                jmp         j_9
j_8:            LEA         BX,CHANNEL3
                MOV         DI,CH_NNEL
                CALL        PUT_SCREEN
                ret
ch_3            endp
;-----------------------------------------
ch_4            proc
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
j_12:           call    get_cnv_time
                lea     bx,time
                mov     di,time_1_add
                call    put_screen
                xor     al,al
                mov     al,spare
                test    al,01b
                je      j_10
                call    ch_4_4
                LEA     BX,CHANNEL44
                MOV     DI,CHA_NEL
                CALL    PUT_SCREEN
                call    delay
j_10:           dir_con_io  0ffh
                cmp     al,1bh
                je      j_11
                call    delay
                call    delay
                call    delay
                jmp     j_12
j_11:           LEA     BX,CHANNEL4
                MOV     DI,CHA_NEL
                CALL    PUT_SCREEN
                ret
ch_4            endp
;---------------------------------------
ch_5            proc
 j_15:          call    get_cnv_time
                lea     bx,time
                mov     di,time_1_add
                call    put_screen
                xor     al,al
                mov     al,spare
                test    al,01b
                je      j_13
                call    ch_5_5
                LEA     BX,CHANNEL55
                MOV     DI,CHAN_EL
                CALL    PUT_SCREEN
                call    delay
J_13:           dir_con_io  0ffh
                cmp     al,1bh
                je      j_14
                call    delay
                call    delay
                call    delay
                jmp     j_15
j_14:           LEA     BX,CHANNEL5
                MOV     DI,CHAN_EL
                CALL    PUT_SCREEN
                ret
ch_5            endp
;---------------------------------------
ch_6            proc
j_I8:           call    get_cnv_time
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                lea     bx,time
                mov     di,time_1_add
                call    put_screen
                xor     al,al
                mov     al,spare
                test    al,01b
                je      j_16
                call    ch_6_6
                LEA     BX,CHANNEL66
                MOV     DI,CHANN_L
                CALL    PUT_SCREEN
                call    delay
J_16:           dir_con_io  0ffh
                cmp     al,1bh
                je      j_17
                call    delay
                call    delay
                call    delay
                jmp     j_18
j_17:           LEA     BX,CHANNEL6
                MOV     DI,CHANN_L
                CALL    PUT_SCREEN
                ret
ch_6            endp
;---------------------------------------
ch_7            proc
j_21:           call    get_cnv_time
                lea     bx,time
                mov     di,time_1_add
                call    put_screen
                xor     al,al
                mov     al,spare
                test    al,01b
                je      j_19
                call    ch_7_7
                LEA     BX,CHANNEL77
                MOV     DI,CHANNE
                CALL    PUT_SCREEN
                call    delay
J_19:           dir_con_io  0ffh
                cmp     al,1bh
                je      j_20
                call    delay
                call    delay
                call    delay
                jmp     j_21
j_20:           LEA     BX,CHANNEL7
                MOV     DI,CHANNE
                CALL    PUT_SCREEN
                ret
ch_7            endp
;-----------------------------------------
ch_8            proc
j_24:           call    get_cnv_time
                lea     bx,time
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov     di,time_1_add
                call    put_screen
                xor     al,al
                mov     al,spare
                test    al,01b
                je      j_22
                call    ch_8_8
                LEA     BX,CHANNEL88
                MOV     DI,CHANNEL_
                CALL    PUT_SCREEN
                call    delay
J_22:           dir_con_io  0ffh
                cmp     al,1bh
                je      j_23
                call    delay
                call    delay
                call    delay
                jmp     j_24
j_23:           LEA     BX,CHANNEL8
                MOV     DI,CHANNEL_
                CALL    PUT_SCREEN
                ret
ch_8            endp
;-----------------------------------------
ch_9            proc
j_27:           call    get_cnv_time
                lea     bx,time
                mov     di,time_1_add
                call    put_screen
                xor     al,al
                mov     al,spare
                test    al,01b
                je      j_25
                call    ch_9_9
                LEA     BX,CHANNEL99
                MOV     DI,CHANNEL__
                CALL    PUT_SCREEN
                call    delay
J_25:           dir_con_io  0ffh
                cmp     al,1bh
                je      j_26
                call    delay
                call    delay
                call    delay
                jmp     j_27
j_26:           LEA     BX,CHANNEL9
                MOV     DI,CHANNEL__
                CALL    PUT_SCREEN
                ret
ch_9            endp
;---------------------------------------
ch_10           proc
j_30:           call    get_cnv_time
                lea     bx,time
                mov     di,time_1_add
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                call    put_screen
                xor     al,al
                mov     al,spare
                test    al,01b
                je      j_28
                call    ch_0_0
                LEA     BX,CHANNEL00
                MOV     DI,CHANNEL___
                CALL    PUT_SCREEN
                call    delay
j_28:           dir_con_io  0ffh
                cmp     al,1bh
                je      j_29
                call    delay
                call    delay
                call    delay
                jmp     j_30
j_29:           LEA     BX,CHANNEL10
                MOV     DI,CHANNEL___
                CALL    PUT_SCREEN
                ret
ch_10           endp
;-----------------------------------------
ch_1_1          proc
                get_time
                convert   ch,ten,time
                convert   cl,ten,time+3
                convert   dh,ten,time+6
                lea       bx,time
                mov       di,1096
                call      put_screen
                ret
ch_1_1          endp

;-----------------------------------------------
ch_2_2          proc
                get_time
                convert  ch,ten,time
                convert  cl,ten,time+3
                convert  dh,ten,time+6
                lea      bx,time
                mov      di,1256
                call     put_screen
                ret
ch_2_2          endp
;-----------------------------------------
ch_3_3          proc
                get_time
                convert  ch,ten,time
                convert  cl,ten,time+3
                convert  dh,ten,time+6
                lea      bx,time
                mov      di,1416
                call     put_screen
                ret
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ch_3_3          endp
;-----------------------------------------
ch_4_4          proc
                get_time
                convert  ch,ten,time
                convert  cl,ten,time+3é
                convert  dh,ten,time+6é
                lea      bx,time
                mov      di,1576
                call     put_screen
                ret
ch_4_4          endp
;-----------------------------------------
ch_5_5          proc
                get_time
                convert  ch,ten,time
                convert  cl,ten,time+3é
                convert  dh,ten,time+6é
                lea      bx,time
                mov      di,1736
                call     put_screen
                ret
ch_5_5          endp
;-----------------------------------------
ch_6_6          proc
                get_time
                convert  ch,ten,time
                convert  cl,ten,time+3é
                convert  dh,ten,time+6é
                lea      bx,time
                mov      di,1896
                call     put_screen
                ret
ch_6_6          endp
;-----------------------------------------

ch_7_7          proc
                get_time
                convert  ch,ten,time
                convert  cl,ten,time+3é
                convert  dh,ten,time+6é
                lea      bx,time
                mov      di,2056
                call     put_screen
                ret
ch_7_7          endp
;-----------------------------------------

ch_8_8          proc
                get_time
                convert  ch,ten,time
                convert  cl,ten,time+3é
                convert  dh,ten,time+6é
                lea      bx,time
                mov      di,2216
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                call    put_screen
                ret
ch_8_8          endp
;---------------------------------------

ch_9_9          proc
                get_time
                convert ch,ten,time
                convert cl,ten,time+3
                convert dh,ten,time+6
                lea     bx,time
                mov     di,2376
                call    put_screen
                ret
ch_9_9          endp
;---------------------------------------
ch_0_0          proc
                get_time
                convert ch,ten,time
                convert cl,ten,time+3
                convert dh,ten,time+6
                lea     bx,time
                mov     di,2536
                call    put_screen
                ret
ch_0_0          endp
;---------------------------------------
ch_1_1_1        proc
                mov     ax,result
                mov     result2,ax
                lea     bx,result2
                mov     di,1032
                call    put_screen
                mov     al,result1
                mov     result4,al
                lea     bx,result4
                mov     di,1030
                call    put_screen
                ret
ch_1_1_1        endp
;---------------------------------------
ctrl_word       proc
                push    ax
                push    dx
                mov     al,98h
                mov     dx,02f3h
                out     dx,al
                pop     dx
                pop     ax
                ret
ctrl_word       endp
;---------------------------------------
step_t_da_      proc
                push    ax
                push    dx
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov     dx,02f2h  ;check data
                in      al,dx
                and     al,0f0h
                cmp     al,00
                je      r_data
                jmp     y_1
r_data:         call    delay1
                call    delay
                call    delay
                call    delay
                call    delay1

                call    read_data
                call    delay
y_1:            pop     dx
                pop     ax
                ret
step_t_da_      endp
;---------------------------------------

read_data       proc
                push    ax
                push    dx
                mov     dx,02f2h
                mov     al,04h
                out     dx,al
                call    delay1

                mov     al,03h
                out     dx,al
                call    delay1

                mov     al,09h
                out     dx,al
                call    delay1

                mov     dx,02f0h
                in      al,dx
                mov     count_,al

                lea     bx,block_1
                mov     al,count_
                xlat
                mov     ah,al

                lea     bx,block_2
                mov     al,count_
                xlat
                mov     result,ax

                lea     bx,block_3
                mov     al,count_
                xlat
                mov     result1,al
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                call    delay
                pop     dx
                pop     ax
                ret
read_data       endp
;-----------------------------------------
read_key        proc
                mov     ah,0
                int     16h
                ret
read_key        endp

;-----------------------------------------
incre_h         proc
                inc     ch
                mov     h_r,ch
                convert ch,ten,time
                lea     bx,time
                mov     di,2850
                call    put_screen
                mov     ch,h_r
                cmp     ch,11000b
                jne     x_1
                mov     ch,00000000b
x_1:            ret
incre_h         endp
;-----------------------------------------
incre_mi        proc
                inc     cl
                mov     min,cl
                convert cl,ten,time+3
                lea     bx,time
                mov     di,2850
                call    put_screen
                mov     cl,min
                cmp     cl,111011b
                jne     x_2
                mov     cl,00000000b
x_2:            ret
incre_mi        endp
;-----------------------------------------
incre_sec       proc
                inc     dh
                mov     sec,dh
                convert dh,ten,time+6
                lea     bx,time
                mov     di,2850
                call    put_screen
                mov     dh,sec
                cmp     dh,111011b
                jne     x_3
                mov     dh,00000000b
x_3:            ret
incre_sec       endp
;-----------------------------------------
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
incre_d         proc
                inc     dl
                mov     d_y,dl
                convert dl,ten,date

                lea     bx,date
                mov     di,2850
                call    put_screen
                mov     dl,d_y
                cmp     dl,00011111b
                jne     king
                mov     dl,00000000b
king:           ret
incre_d         endp
;-----------------------------------------
incre_m         proc
                inc     dh
                mov     m_n,dh
                convert dh,ten,date+3
                lea     bx,date
                mov     di,2850
                call    put_screen
                mov     dh,m_n
                cmp     dh,00001100b
                jne     mong
                mov     dh,00000000b
mong:           ret
incre_m         endp
;-----------------------------------------
incre_y         proc
                inc     cx
                mov     y_a,cx
                sub     cx,1900
                convert cl,ten,date+6

                lea     bx,date
                mov     di,2850
                call    put_screen
                mov     cx,y_a
                cmp     cx,1990
                jne     kute
                mov     cx,1900
kute:           ret
incre_y         endp
;-----------------------------------------
delay           proc
                push    cx
                mov     cx,07fffh
bk1:            loop    bk1
                pop     cx
                ret
delay           endp
;-----------------------------------------
delay1          proc
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                push    cx
                mov     cx,00ffh
bk2:            loop    bk2
                pop     cx
                ret
delay1          endp
;-----------------------------------------
clr             proc
                mov     bh,0
                mov     dx,0
                mov     ah,02h
                int     10h

                mov     ah,09h
                mov     cx,2000
                mov     al,' '
                mov     bl,07h
                int     10h
                ret
clr             endp
;-----------------------------------------
put_screen      proc
                push    ax
                push    es
                mov     ax,mono
                mov     es,ax
wrt_nxt:        mov     al,[bx]
                cmp     al,'$'
                je      exit
                mov     es:[di],al
                inc     di
                inc     di

                inc     bx
                jmp     wrt_nxt
exit:           pop     es
                pop     ax
                ret
put_screen      endp
;-----------------------------------------
board_d         proc
                lea     bx,head
                mov     di,0
                call    put_screen
                ret
board_d         endp
;-----------------------------------------
read_date       proc

                convert dl,ten,date
                convert dh,ten,date[3]
                sub     cx,1110110100b
                convert cl,ten,date[6]

                lea     bx,date
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov     di,1064
                call    put_screen
                lea     bx,date_asc
                mov     di,744
                call    put_screen
                ret
read_date       endp
;-----------------------------------------
read_date_i     proc
                convert dl,ten,date
                convert dh,ten,date+3
                sub     cx,11101101100b
                convert cl,ten,date+6
                lea     bx,date
                mov     di,744
                call    put_screen
                ret
read_date_i     endp
;-----------------------------------------
read_time       proc
                convert ch,ten,time
                convert cl,ten,time+3
                convert dh,ten,time+6
                lea     bx,time
                mov     di,776
                call    put_screen
                ret
read_time       endp
;-----------------------------------------
get_cnv_time    proc
                get_time
                mov     spare,dh
                convert ch,ten,time
                convert cl,ten,time+3
                convert dh,ten,time+6
                ret
get_cnv_time    endp
;-----------------------------------------
xy              proc
                push    bx
                push    ax
                mov     bh,0
                mov     ah,02h
                int     10h
                pop     ax
                pop     bx
                ret
 xy             endp
;-----------------------------------------
 code           ends

data          segment

channel    equ    978
c_annel    equ    1138
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ch_nnel     equ     1298
cha_nel     equ     1458
chan_el     equ     1618
chann_l     equ     1778
channe      equ     1938
channel_    equ     2098
channel__   equ     2258
channel___  equ     2418
mono        equ     0b000h
time_l_add  equ     776
table       db      '0123456789abcdef'
message     db      80 dup()
            db      80 dup()
            db      80 dup()
            db      17 dup(),201,46 dup(205),187,15 dup()
            db      17 dup(),186, 46 dup(?),186,15 dup()
            db      17 dup(),186,5 dup(),'KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY',5 dup(),186,15 dup()
            db      17 dup(),186,18 dup(),'LADKRABANG',17 dup(),186,15 dup()
            db      17 dup(),186,46 dup(),186,15 dup()
            db      17 dup(),186,12 dup(),'FACULTY OF ENGINEERING',12 dup(),186,15 dup()
            db      17 dup(),186,46 dup(),186,15 dup()
            db      17 dup(),186,19 dup(),':PROJECT:',18 dup(),186,15 dup()
            db      17 dup(),186,14 dup(),'TEMPERATURE CONTROL',13 dup(),186,15 dup()
            db      17 dup(),186,46 dup(),186,15 dup()
            db      17 dup(),186,4 dup(),'Program By',32 dup(),186,15 dup()
            db      17 dup(),186,46 dup(),186,15 dup()
            db      17 dup(),200,46 dup(205),188,15 dup()
            db      '$'
head        db  80 dup()
            db  201,78 dup(205),187
            db  186,22 dup(),'TEMPERATURE CONTROL & DISPLAY DATA',22 dup(),186
            db  204,4 dup(205),203,20 dup(205),203,19 dup(205),203,18 dup(205),203,13 dup(205),185
            db  186,4 dup(),186,6 dup(),'CHANNEL',7 dup(),186,4 dup(),'CELSIUS ',91,248,67,93,3 dup(),186,7 dup
            db  7 dup(),186,4 dup(),'TIME',5 dup(),186
            db  204,4 dup(205),206,20 dup(205),206,19 dup(205),206,18 dup(205),206,13 dup(205),185
            db  186,255,'01',255,186,20 dup(),186,19 dup(),186,18 dup(),186,13 dup(),186
            db  186,255,'02',255,186,20 dup(),186,19 dup(),186,18 dup(),186,13 dup(),186
            db  186,255,'03',255,186,20 dup(),186,19 dup(),186,18 dup(),186,13 dup(),186
            db  186,255,'04',255,186,20 dup(),186,19 dup(),186,18 dup(),186,13 dup(),186
            db  186,255,'05',255,186,20 dup(),186,19 dup(),186,18 dup(),186,13 dup(),186
            db  186,255,'06',255,186,20 dup(),186,19 dup(),186,18 dup(),186,13 dup(),186
            db  186,255,'07',255,186,20 dup(),186,19 dup(),186,18 dup(),186,13 dup(),186
            db  186,255,'08',255,186,20 dup(),186,19 dup(),186,18 dup(),186,13 dup(),186
            db  186,255,'09',255,186,20 dup(),186,19 dup(),186,18 dup(),186,13 dup(),186
            db  186,255,'10',255,186,20 dup(),186,19 dup(),186,18 dup(),186,13 dup(),186
            db  204,4 dup(205),202,20 dup(205),202,19 dup(205),202,18 dup(205),202,13 dup(205),185
            db  186,5 dup(),' Press any key to set date $dd-mm-yyé & <ESC> to no set',18 dup(),186
            db  200,78 dup(205),188
            db  '$'
pass        db  '        press <enter> to run this program $ '
channel1    db  'CHANNEL NO.1',255,255,'$'
channel2    db  'CHANNEL NO.2',255,255,'$'
channel3    db  'CHANNEL NO.3',255,255,'$'
channel4    db  'CHANNEL NO.4',255,255,'$'
channel5    db  'CHANNEL NO.5',255,255,'$'
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
channel6  db  'CHANNEL NO.6',255,255,'$'
channel7  db  'CHANNEL NO.7',255,255,'$'
channel8  db  'CHANNEL NO.8',255,255,'$'
channel9  db  'CHANNEL NO.9',255,255,'$'
channel10 db  'CHANNEL NO.10',255,255,'$'
channel11  db 'CHANNEL NO.1',255,17,'$'
channel22  db 'CHANNEL NO.2',255,17,'$'
channel33  db 'CHANNEL NO.3',255,17,'$'
channel44  db 'CHANNEL NO.4',255,17,'$'
channel55  db 'CHANNEL NO.5',255,17,'$'
channel66  db 'CHANNEL NO.6',255,17,'$'
channel77  db 'CHANNEL NO.7',255,17,'$'
channel88  db 'CHANNEL NO.8',255,17,'$'
channel99  db 'CHANNEL NO.9',255,17,'$'
channel00  DB 'CHANNEL NO.10',255,17,'$'
comm_2     db  ' Press any key to  set  time  &Hr-Mi-Secé & <ESC> to no set','$'
comm_c     db  '                                                          ','$'
menu3      db  '   Please  select channel &1-10é & <ESC> to  MS-DOS          ', 10 dup(255),'$'
menuch1    db  '     WORKING  IN  CHANNEL-1   &  <ESC> to  exit              ', 10 dup(255),'$'
ten        db  10
ascii_tb   db  '0123456789'
time       db  '00:00:00','$'
time_asc   db  '  TIME  ','$'
date       db  '00:00:00$'
date_asc   db  '  DATE  ','$'
degree     db  '00',13,'$'
d_y        db  00000000b
m_n        db  00000000b
y_a        dw  0
h_r        db  00000000b
min        db  00000000b
sec        db  00000000b
stor       db  0
SPARE      DB  00000000b
spare2     dw  00000000b
count_     db  0
countu     dw  0
result     dw  0
result2    dw '00','$'
result1    db  0
result4    db  '0','$'
block_1    db  '0','1','2','3','4','5','6','7','8','9','0','1','2','3','4','5','6','7','8','9'
           db  '0','1','2','3','4','5','6','7','8','9','0','1','2','3','4','5','6','7','8','9'
           db  '0','1','2','3','4','5','6','7','8','9','0','1','2','3','4','5','6','7','8','9'
           db  '0','1','2','3','4','5','6','7','8','9','0','1','2','3','4','5','6','7','8','9'
           db  '0','1','2','3','4','5','6','7','8','9','0','1','2','3','4','5','6','7','8','9'
           db  '0','1','2','3','4','5','6','7','8','9','0','1','2','3','4','5','6','7','8','9'
           db  '0','1','2','3','4','5','6','7','8','9','0','1','2','3','4','5','6','7','8','9'
           db  '0','1','2','3','4','5','6','7','8','9','0','1','2','3','4','5','6','7','8','9'
           db  '0','1','2','3','4','5','6','7','8','9','0','1','2','3','4','5','6','7','8','9'
           db  '0','1','2','3','4','5','6','7','8','9','0','1','2','3','4','5','6','7','8','9'
           db  '0','1','2','3','4','5','6','7','8','9','0','1','2','3','4','5','6','7','8','9'
           db  '0','1','2','3','4','5','6','7','8','9','0','1','2','3','4','5','6','7','8','9'
           db  '0','1','2','3','4','5','6','7','8','9','0','1','2','3','4','5','6','7','8','9'

block_2    db  10 dup(48),10 dup(49),10 dup(50),10 dup(51),10 dup(52)
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            db  10 dup(53),10 dup(54),10 dup(55),10 dup(56),10 dup(57)
            db  10 dup(48),10 dup(49),10 dup(50),10 dup(51),10 dup(52)
            db  10 dup(53),10 dup(54),10 dup(55),10 dup(56),10 dup(57)
            db  10 dup(48),10 dup(49),10 dup(50),10 dup(51),10 dup(52)
            db  10 dup(53),10 dup(54),10 dup(55),10 dup(56),10 dup(57)
block_3     db  99 dup(),99 dup(49),99 dup(50)

;-------------------------------------------
data        ends
            end
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้