



เครื่องแปลงอุณหภูมิเป็นสัญญาณไฟฟ้า
TEMPERATURE TRANSMITTER



นาย ชุมพล ศิลากุล
นาย เอกพันธ์ ธารเรวดี
น.ส. พนิดา มาลัย

29 ก.ย. 2541
วัน เดือน ปี.....
เลขทะเบียน..... 038032
เลขเรียกหนังสือ..... T39052 ๕๒๕๑

ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้ง 038032

ปีการศึกษา 2539

เครื่องแปลงอุณหภูมิเป็นสัญญาณไฟฟ้า

โดย

นาย ชุมพล	ศิลากุล	37012088
นาย เอกพันธ์	ธารเรวดี	37012130
น.ส. พนิดา	มาลัย	37013433

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ วิริยะ กองรัตน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2539

ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

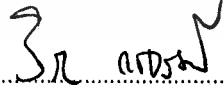
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องแปลงอุณหภูมิเป็นสัญญาณไฟฟ้า

TEMPERATURE TRANSMITTER

ผู้จัดทำ

1. นาย ชุมพล ศิลากุล 37012088
2. นาย เอกพันธ์ ธารเววดี 37012130
3. น.ส. พนิดา มาลัย 37013433

 อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ วิริยะ กองรัตน์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องแปลงอุณหภูมิเป็นสัญญาณไฟฟ้า

นาย ชุมพล คีลกุล 37012088

นาย เอกพันธ์ ธารเววดี 37012130

น.ส. พนิดา มาลัย 37013433

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ วริยะ กองรัตน์

ปีการศึกษา 2539

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จัดทำขึ้นมา เพื่อแสดงถึงการนำค่าของอุณหภูมิ ซึ่งเป็นตัวแปรหนึ่งที่เกิดขึ้นในระบบควบคุม มาทำการแปลงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า 4 - 20 มิลลิแอมป์ สัญญาณไฟฟ้านี้จะถูกนำไปใช้เป็นตัวควบคุมในกระบวนการต่อไป ซึ่งสามารถจะทำการปรับเปลี่ยนย่านการวัดได้ที่ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 และยังมีการแสดงค่าของอุณหภูมิที่วัดได้ที่ตัวเครื่อง แล้วยังส่งค่าของอุณหภูมิที่วัดได้นี้ไปแสดงผลบนจอภาพของเครื่องคอมพิวเตอร์ด้วย ซึ่งสามารถแสดงค่าของอุณหภูมิได้ 2 หน่วยด้วยกัน คือ องศาเซลเซียส และ องศาฟาเรนไฮท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TEMPERATURE TRANSMITTER

CHUMPOL SILAKUL 37012088

AEKAPON TRANRAWADEE 37012130

PANIDA MALAI 37013433

ADVISOR

VIRIYA KONGRATANA

ABSTRACT

THIS THESIS IS PRESENTED TO DISPLAY THE VALUE OF TEMPERATURE WHICH IS ONE OF THE PARAMETERS THAT OCCURED IN CONTROLLING SYSTEM TO TRANSFORMING TO ELECTRICAL SIGNAL 4 - 20 mA. THIS SIGNAL IS USED AS A CONTROLLER OF THE FOLLOWING PROCESS. TEMPERATURE CAN BE CALIBRATE RANGE AT MICROCONTROLLER MCS - 51 AND TO DISPLAY THE VALUE OF TEMPERATURE OBTAINED. THIS VALUE OF TEMPERATURE WILL BE REPRESENTED ON THE MONITOR OF COMPUTER BOTH IN THE FORM OF CELCIUS AND FARANGEHEIGHT DEGREE.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

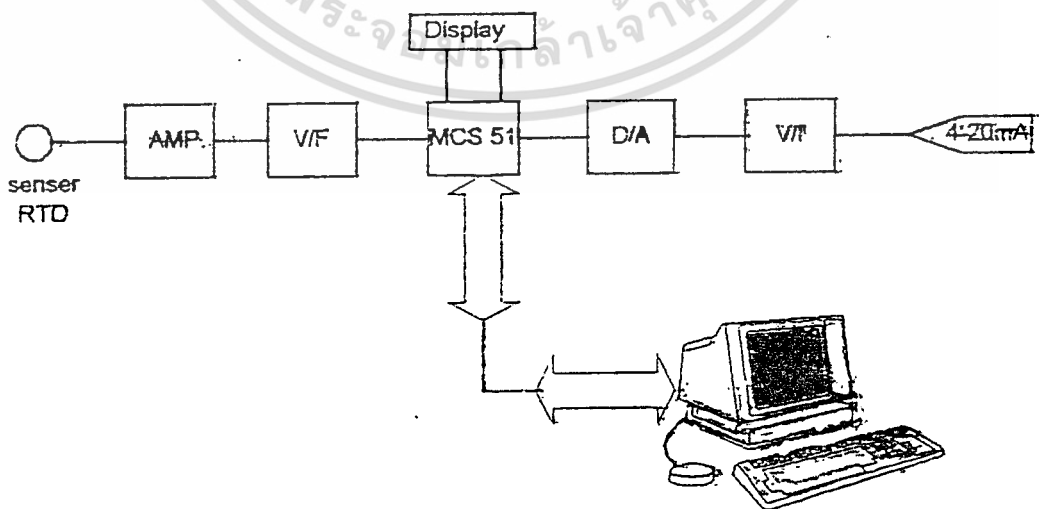
เรื่อง	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 วัตถุประสงค์ ขอบเขต และขั้นตอนการดำเนินงาน	2
บทที่ 3 การวัดอุณหภูมิ	4
บทที่ 4 วงจรตรวจจับอุณหภูมิและจัดรูปแบบสัญญาณ	13
บทที่ 5 วงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นความถี่	16
บทที่ 6 โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS- 51	21
บทที่ 7 8255 Programmable Peripheral Interface	29
บทที่ 8 การเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อก	31
บทที่ 9 V to I Converter Circuit	36
บทที่ 10 ผลการทดลอง และ อุปสรรคในการทำงาน	38
Source Program	
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
บรรณานุกรม	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไป การควบคุมกระบวนการผลิตมีบทบาทสำคัญมาก ไม่ว่าจะเป็นการควบคุมทาง ด้านแรงดัน(Pressure) , อัตราการไหล(Flow Rate) , ระดับของของเหลว (Level) และอุณหภูมิ(Temperature) เป็นต้น เพราะถ้าเราสามารถควบคุมตัวแปรเหล่านี้ได้ และสามารถนำไปควบคุมกระบวนการผลิตได้ ก็จะทำให้การทำงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยในโรงงานนี้ได้ทำการเสนอ การควบคุมทางอุณหภูมิ ซึ่งก็เป็นตัวแปรหนึ่งที่สำคัญมาก และใช้กันมากในกระบวนการผลิตในปัจจุบัน ซึ่งโรงงานนี้ได้กล่าวถึงตั้งแต่การนำ RTD มาใช้เป็น Transducer (Transducer นั้นทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงทางกายภาพจากรูปแบบหนึ่งไปเป็นอีกรูปแบบหนึ่ง) ซึ่ง RTD นั้น จะเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิไปเป็น การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานทางไฟฟ้า แล้วก็นำค่าความต้านทานทางไฟฟ้าที่ได้นี้ ไปเป็นส่วนประกอบของวงจรวินิจฉัย เพื่อให้แรงดันที่ออกจากวงจรวินิจฉัย มีการเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงของค่าความต้านทาน ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ก็นำแรงดันที่ได้ไปขยายเพื่อให้แรงดันนั้นมีกำลังมากพอในการนำไปใช้งาน แล้วก็นำไปทำการประเมินผลโดยใช้ Microcontroller ซึ่งในที่นี้จะใช้ไอซีเบอร์ 8031 และให้เอาท์พุทออกมาเป็นกระแสไฟฟ้า 4-20 mA เพื่อนำไปควบคุมกระบวนการต่างๆ ต่อไป ซึ่งในโรงงานนี้เราสามารถทำการ Calibrate ยานการวัดได้ที่ตัว Microcontroller และนอกจากนั้นจะทำการส่งสัญญาณไปติดต่อกับ Computer และเพื่อแสดง อุณหภูมิอีกด้วย ซึ่งจะมี Block Diagram คร่าวๆ ดังนี้



รูปที่ 1.1 Block Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

วัตถุประสงค์ ขอบเขต และขั้นตอนการดำเนินงาน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อนำไปใช้วัดอุณหภูมิ และทำการควบคุมอุณหภูมิของกระบวนการผลิตที่มีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง $0 - 650^{\circ}\text{C}$ ได้
2. เพื่อใช้เป็นตัว Transmitter ในการแปลงอุณหภูมิเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เพื่อนำไปเป็นอินพุทของ Control Unit ต่อไป
3. ให้มีการปรับย่านการวัดของอุณหภูมิหรือ Calibrate ได้ที่ตัว Microcontroller

ขอบเขตของโครงการ

1. Temperature Transmitter นี้สามารถวัดอุณหภูมิได้ระหว่าง $0 - 650^{\circ}\text{C}$
2. สามารถ Calibrate ย่านการวัดอุณหภูมิโดย Microcontroller
3. มีการแสดงผล (Display) ค่าอุณหภูมิ ณ จุดที่ทำการวัด
4. สามารถติดต่อสื่อสารข้อมูลกับ Computer ได้โดยผ่านทาง RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ Transducer ในการวัดอุณหภูมิ, วงจรขยาย Instrument Amplifier, วงจรเปลี่ยนแรงดันความถี่ (V/F), การใช้งาน Microcontroller, วงจรเปลี่ยนสัญญาณ Digital เป็น Analog (D/A), และวงจรภาคเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแส (V/I)
2. ออกแบบวงจร Wheatstone Bridge โดยคำนึงถึงกระแสที่ไหลผ่าน RTD ต้องไม่เกินความสามารถของ RTD ที่จะทนได้ คือ 1 mA ถ้าให้กระแสไหลมากกว่านี้จะทำให้ RTD ร้อน ทำให้ความต้านทานเปลี่ยนแปลงเนื่องจากกระแสไหลมากเกินไป
3. ออกแบบวงจร Instrument Amplifier โดยใช้ อินพุตจากวงจร Wheatstone Bridge ที่ 0°C มีเอาต์พุตของ Instrument Amplifier เท่ากับ 0 V และที่ 650°C มีเอาต์พุตของ Instrument Amplifier เท่ากับ -5 V
4. ออกแบบวงจร V/F ให้รับอินพุต 0 ถึง -5 V และมีเอาต์พุต 0 - 16.25 Khz
5. ประกอบวงจร Instrument Amplifier โดยใช้ ออปแอมป์แบบ QUAD ซึ่งจะมีผลดีต่อออปแอมป์ทุกตัวที่อยู่ในชิปเดียวกันจะเปลี่ยนแปลงต่อสภาวะแวดล้อมเหมือนกัน โดยจะมี ออปแอมป์ตัวที่ 4 (จากรูปวงจร Instrument Amplifier อยู่ทางล่างทางขวามือ) เป็นตัวชดเชยแรงดัน Offset
7. นำเอาเอาต์พุตจาก Instrument Amplifier ป้อนเข้าอินพุตของ V/F
8. ออกแบบวงจร D/A 16 Bit
8. นำเอาต์พุตที่ได้จาก V/F ป้อนเข้า MCS-51 เพื่อประมวลผล แล้วนำผลที่ได้แสดงที่ LCD และส่งค่าเอาต์พุตออกทาง Port 8255 เป็น เลขไบนารี 16 บิต
9. นำเลขไบนารี ที่ได้ไปเข้า วงจร D/A เพื่อเปลี่ยนสัญญาณ Digital เป็น Analog (1 ถึง 5 Volts)
10. และนำค่าที่ Voltage ที่ได้ไปแปลงให้เป็นกระแส (4 - 20 mA.) เพื่อนำไปใช้งาน
11. ทำการเขียนโปรแกรม MCS-51 ในการติดต่อกับ Computer

บทที่ 3

การวัดอุณหภูมิ

อุณหภูมิค่อนข้างที่จะถูกวัดอย่างกว้างมากและบ่อยครั้งที่เป็นตัวแปรที่ถูกควบคุมในกระบวนการทางอุตสาหกรรมหลายๆอย่าง อันนี้เป็นเพราะบ่อยครั้งที่เดียวที่กระบวนการและการสร้างผลผลิตที่ต้องการเป็นไปได้เพียงแต่ถ้าอุณหภูมิถูกวัดและรักษาไว้อย่างถูกต้องเที่ยงตรง ยิ่งไปกว่านั้น มันอยู่ในรูปแบบของพารามิเตอร์บังคับที่สำคัญอันหนึ่งในทางเทอร์โมไดนามิก การส่งผ่านความร้อน และ เป็นส่วนหนึ่งของการทำงานและปฏิกิริยาทางเคมี นอกจากนี้ มันเป็นปริมาณมูลฐานอันหนึ่งเช่นเดียวกับมวล ความยาว และ เวลา

กฎพื้นฐานที่ถูกนำมาใช้ในการวัดอุณหภูมิที่เป็นที่รู้จักกันในชื่อกฎศูนย์ (Zeroth Law) ของเทอร์โมไดนามิก อันนี้กล่าวว่า ถ้าวัตถุ 2 ชนิดอยู่ในความสมดุลย์ทางความร้อนกับวัตถุที่ 3 แล้วมันทั้งหมดอยู่ในความสมดุลย์ทางความร้อนซึ่งกันและกัน กล่าวอีกอย่างหนึ่งวัตถุทั้ง 3 มีอุณหภูมิเหมือนกัน ดังนั้นถ้าเราสามารถสร้างย่านของอุณหภูมิขึ้นได้ อุณหภูมิที่ไม่รู้ค่าของวัตถุอันอื่นอาจนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐาน โดยการกระทำของเทอร์โมมิเตอร์ชนิดใดๆที่อุณหภูมิมาตรฐานและอุณหภูมิที่ไม่รู้ค่า และกระทำอย่างต่อเนื่องจนกระทั่งความสมดุลย์ทางความร้อนจะมาถึง กล่าวอีกอย่างหนึ่ง เทอร์โมมิเตอร์ถูกแคลิเบรทเทียบกับมาตรฐานอันหนึ่ง และแล้วต่อมาภายหลังถูกนำไปใช้เพื่อการอ่านอุณหภูมิที่ไม่รู้ค่า

สเกลอุณหภูมิ (Temperature Scales)

สองสเกลของอุณหภูมิที่ใช้กันทั่วไปก็คือ ฟาเรนไฮต์และเซลเซียส สเกลเหล่านี้อยู่บนพื้นฐานของข้อกำหนดของจำนวนที่เพิ่มขึ้นระหว่างจุดความเย็นที่น้ำเริ่มแข็งตัว (Freezing Point) และ จุดที่น้ำเดือด (Boiling Point) ที่อุณหภูมิบรรยากาศมาตรฐาน (Standard Atmospheric Temperature) สเกลเซลเซียสใช้ในชีวิตประจำวันมากกว่าเพราะว่ามันอยู่ในหน่วยของเมตริกแต่อย่างไรก็ตาม สเกลของอุณหภูมิสัมบูรณ์บนพื้นฐาน Carnot Cycle ทางอุณหพลศาสตร์ของเทอร์โมไดนามิกมีความสัมพันธ์กับสเกลเซลเซียสและฟาเรนไฮต์เหมือนดังต่อไปนี้

$$K (\text{อุณหภูมิสัมบูรณ์} - > \text{สเกลเคลวิน}) = C^\circ + 273.15$$

เมื่อ C° เป็นอุณหภูมิมบนสเกลเซลเซียส

$$R (\text{อุณหภูมิมสัมบูรณ์} - > \text{สเกลแรงคิน}) = F^\circ + 459.69$$

เมื่อ F° เป็นอุณหภูมิมบนสเกลฟาเรนไฮต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดศูนย์บนสเกลทั้งสองแทนสถานะทางกายภาพอันเดียวกัน และอัตราส่วนของค่าสองค่าเหมือนกันโดยไม่คำนึงถึงสเกลสัมบูรณ์นั้นคือ

$$[T_2 / T_1]_{\text{rankine}} = [T_2 / T_1]_{\text{kelvin}}$$

จุดเดือดและจุดเยือกแข็งของน้ำ ที่ หนึ่งความดันบรรยากาศ (101.3 kN/m^2) ถือว่าเหมือนกับ 100° และ 0° บนสเกลเซลเซียสและ 212° และ 32° บนสเกลฟาเรนไฮท์ ความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้ระหว่างสเกลฟาเรนไฮท์, เซลเซียส, แรงค์ิน และ เคลวิน คือ

$$F^\circ = 32 + (9/5) * C^\circ$$

$$R = (9/5) * K$$

ในหน่วย SI สเกลอุณหภูมิเคลวิน (ซึ่งอยู่ในเทอมของสเกลของสเกลอุณหภูมิสัมบูรณ์ หรือสเกลอุณหภูมิเทอร์โมไดนามิก) ถูกนำมาใช้ ในที่ซึ่งหน่วยของอุณหภูมิคือเคลวิน (K) มันเป็นที่สังเกตว่าสัญลักษณ์องศา ($^\circ$) ไม่ถูกนำมาใช้ในสเกลนี้

สเกลอุณหภูมิใช้งานจริงระหว่างประเทศ (International Practical Temperature Scale)

เพื่อทำให้ความเที่ยงตรงในการแคลิเบรท บนย่านการวัดอุณหภูมิที่กว้างบนเทอมของสเกลเคลวิน สเกลอุณหภูมิการใช้งานจริงระหว่างประเทศ (IPTS) ซึ่งได้ถูกสร้างขึ้น ซึ่งมีสิบเอ็ดจุดคงที่เบื้องต้นที่สามารถสร้างขึ้นได้อย่างถูกต้อง ตัวอย่างบางค่าจะเป็นดังนี้

1). สามจุดของความสมดุลไฮโดรเจน (ความสมดุลระหว่างสภาวะของแข็ง ของเหลว และไอ ของความสมดุลไฮโดรเจน)	13.81 K	-259.34 $^\circ$ C
2). จุดเดือดของความสมดุลไฮโดรเจน	20.28 K	-252.87 $^\circ$ C
3). จุดเดือดของออกซิเจน	90.188 K	-182.962 $^\circ$ C
4). สามจุดของน้ำ (ความสมดุลระหว่างสภาวะของแข็ง ของเหลว และไอของน้ำ)	273.16 K	-0.01 $^\circ$ C
5). จุดเดือดของน้ำ	373.15 K	100 $^\circ$ C
6). จุดเยือกแข็งของสังกะสี	692.73 K	419.58 $^\circ$ C
7). จุดเยือกแข็งของเงิน	1235.08 K	961.93 $^\circ$ C
8). จุดเยือกแข็งของทอง	1337.58 K	1064.43 $^\circ$ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อที่จะสร้างสเกลให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น วิธีการสอดแทรก (Interpolation) ระหว่างจุดคงที่เป็นสิ่งที่ต้องการ เทอร์โมมิเตอร์ค่าความต้านทานถูกใช้เพื่อจุดประสงค์นี้ใช้สำหรับวัดอุณหภูมิต่ำกว่า 630°C และเทอร์โมคัปเปิลระหว่าง 630°C และ 1064°C สำหรับวิธีการแผ่รังสีจะถูกใช้ที่อุณหภูมิสูงมากๆ

RTD (Resistance Temperature Detector)

หลักการของ RTD

RTD อาศัยหลักการตรวจวัดอุณหภูมิอีกประการหนึ่ง ที่มีความไวในการวัดและมีความละเอียดสูง ซึ่งจะเป็นลักษณะของความต้านทาน ความต้านทานของโลหะบริสุทธิ์จะมีสัมประสิทธิ์เป็นบวก หรือจะกล่าวได้ว่าโลหะจะมีความต้านทานเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น

ความต้านทานไฟฟ้าในเส้นลวดโลหะจะเปลี่ยนไปตามสมการ ดังนี้

$$R_t = R_0(1 + \alpha T) \quad \text{หรือ} \quad dR/dT = \alpha R_0$$

เมื่อ R_t = ความต้านทานของลวดโลหะที่อุณหภูมิ t °C

R_0 = ความต้านทานของลวดโลหะที่อุณหภูมิ 0 °C

α = ค่าสัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานไฟฟ้าต่ออุณหภูมิ
1 °C (temperature coefficient of resistance)

ซึ่งค่าของ α จะเปลี่ยนไปตามชนิดของโลหะ เช่น พลาตินัม 0.00392 จากย่าน 0-100°C นิเกิล 0.0063 เป็นต้น

ในทางปฏิบัติค่า α ของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิแต่ละช่วงจะไม่เป็นเส้นตรงแค่นั้นทั้งปฏิบัติการมาตรฐานสามารถหาค่าได้จากสมการ

$$R_t = R_0(1 + \alpha T + \beta T^2 + \gamma T^3 + \dots)$$

α, β, γ ได้จากการทดลอง เช่น พลาตินัม

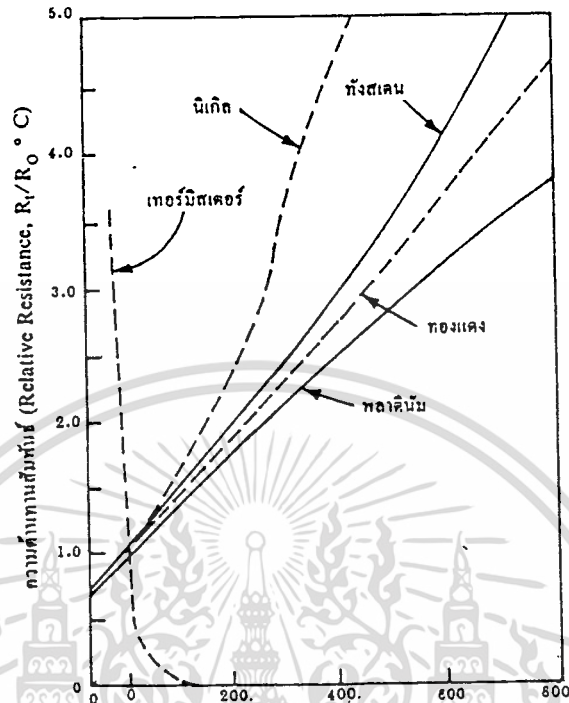
$$\alpha = 3.985 \cdot 10^{-3}$$

$$\beta = -5.856 \cdot 10^{-7}$$

$$\gamma = 4.330 \cdot 10^{-10}$$

สูตรดังกล่าวใช้ได้ในกรณีที่ต้องการความถูกต้องสูง แต่โดยทั่วไปจะใช้สูตรโดยเลือกค่า

α จากตาราง



รูปที่ 3.1 แสดงอัตราส่วนของความต้านทานของโลหะที่ใช้ทำ RTD เทียบกับความต้านทานของมันที่ 0°C

แบบต่างๆของ RTD

RTD แบบทองแดงเป็นแบบที่ Linear มากที่สุดแต่ย่านการใช้งานแคบประมาณ -200 ถึง 150°C ค่าความต้านทานจำเพาะต่ำ ปกติจะมีความต้านทาน 10 ที่ 0°C มีค่าความผิดพลาด $\pm 0.25^{\circ}\text{C}$

RTD แบบทังสเตนใช้ไม่แพร่หลายเนื่องจากเสถียรภาพไม่ดี (คุณสมบัติเปลี่ยนไปเมื่อ ผ่านการใช้งานไปแล้ว) แต่ความแข็งแรงจะสูงกว่าแบบอื่นๆ และทนอุณหภูมิได้สูง

RTD แบบแพลตินัม 100 จะเปลี่ยนค่าความต้านทานโดยเฉลี่ย 0.385 ต่อ 1°C โดยปกติ ในการใช้งานจะมี Current Source 1 mA เลี้ยง RTD อยู่ทุกๆ 1°C ที่เปลี่ยนแปลงจะทำให้เกิดค่า Voltage 0.385 mV

สำหรับ RTD ชนิดที่ใช้แพลตินัม (Platinum) นั้น ค่าโดยทั่วไปของระบบการวัดอุณหภูมิ แบบ RTD จะเท่ากับ 100 โอห์มที่อุณหภูมิ 0°C (เรามักจะเรียกว่า RTD PT 100 โอห์ม) ค่าสัมประสิทธิ์ (α) ของการเปลี่ยนแปลงความต้านทานเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไป ($\Delta R/\Delta T$) จะมีอยู่ 2 มาตรฐานคือ ยุโรปและ อเมริกัน ค่า α ตามมาตรฐานยุโรปจะเท่ากับ $0.00385\ \Omega/^{\circ}\text{C}$ ส่วนค่า α ตามมาตรฐานอเมริกันจะเท่ากับ $0.00392\ \Omega/^{\circ}\text{C}$ ซึ่งจะมีความแตกต่างกันบ้างเล็กน้อย (ประมาณ 1.8%) ดังนั้นถ้างานของท่านต้องการความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แม่นยำสูงมาก ท่านจะต้องรู้ให้ได้ว่า RTD ของท่านนั้นเปรียบเทียบกับมาตรฐานอะไร ตารางที่ 3.1 จะแสดง ค่าความต้านทานของ RTD PT100 ที่อุณหภูมิต่างๆ

ตารางที่ 3.1 ความต้านทานของ RTD ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

แบบพลาคินัม 100 Ω ที่ 0 $^{\circ}\text{C}$					
$^{\circ}\text{C}$	Ohm	$^{\circ}\text{C}$	Ohm	$^{\circ}\text{C}$	Ohm
10	96.07	280	204.88	570	303.95
± 0	100.00	290	208.46	580	307.20
10	103.90	+300	212.03	590	310.43
20	107.79	310	215.58	+600	313.65
30	111.67	320	219.13	610	316.86
40	115.54	330	222.66	620	320.05
50	119.40	340	226.18	630	323.24
60	123.24	350	229.69	640	326.41
70	127.07	360	233.19	650	329.57
80	130.89	370	236.67	660	332.72
90	134.70	380	240.15	670	335.86
+100	138.50	390	243.61	680	338.99
110	142.28	+400	247.06	690	342.10
120	146.06	410	250.50	+700	345.21
130	149.82	420	253.93	710	348.30
140	153.57	430	257.34	720	351.38
150	157.32	440	260.75	730	354.45
160	161.05	450	264.14	740	357.51
170	164.76	460	267.52	750	360.55
180	168.47	470	270.89	760	363.59
190	172.16	480	274.25	770	366.61
+200	175.84	490	277.60	780	369.62
210	179.51	+500	280.93	790	372.62
220	183.17	510	284.25	+800	375.61
230	186.82	520	287.57	810	378.59
240	190.46	530	290.87	820	381.55
250	194.08	540	294.16	830	384.50
260	197.70	550	297.43	840	387.45
270	201.30	560	300.70	850	390.38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ภายนอกโดยไม่ขออนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความผิดพลาดอันเกิดจากกระแสที่เลี้ยง RTD (Self-Heating)

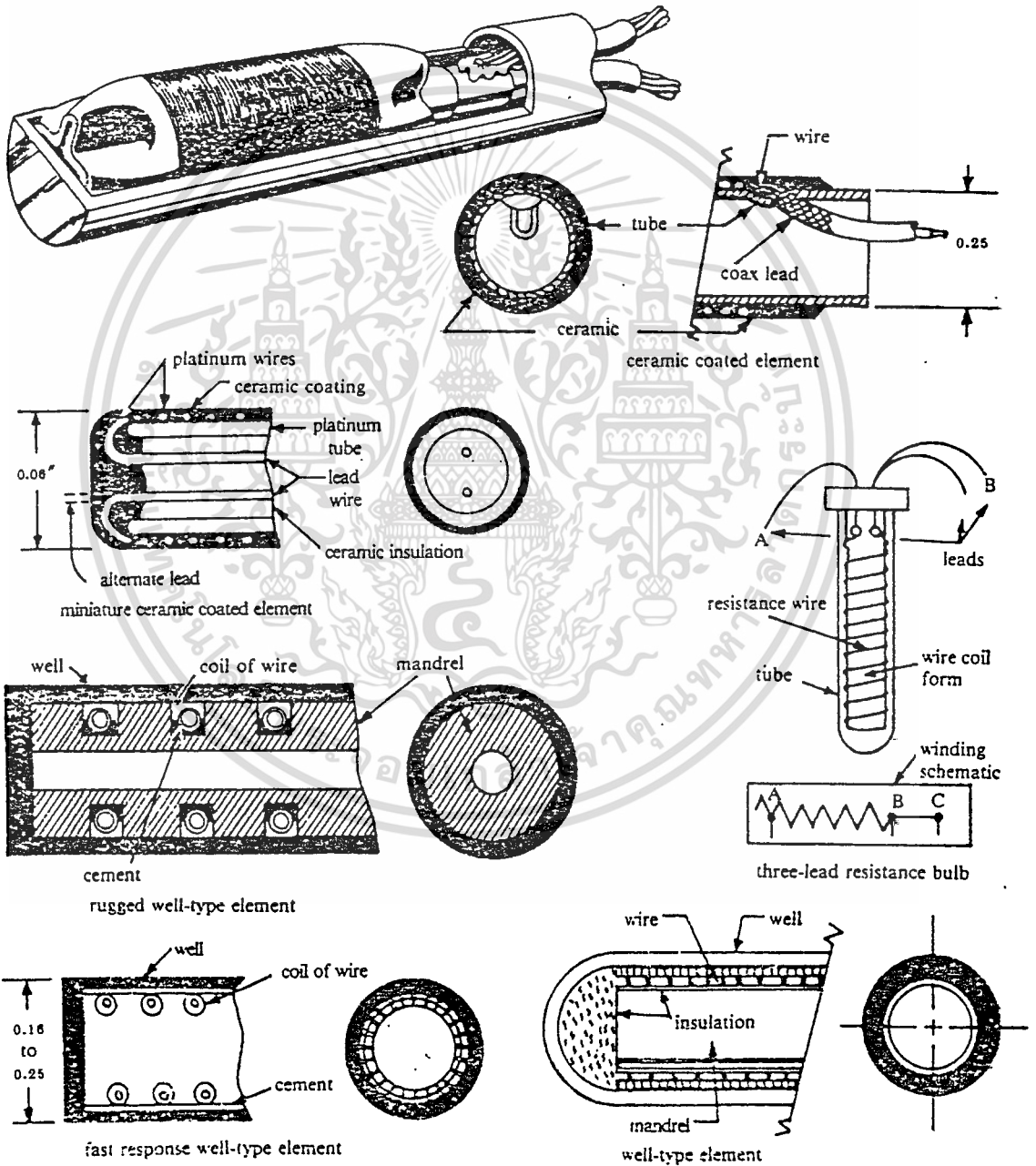
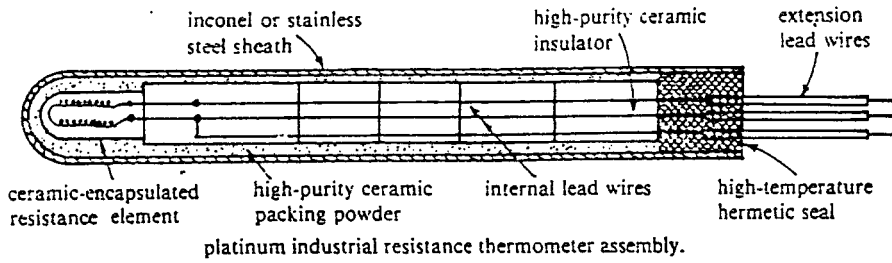
RTD นั้นจำเป็นที่จะต้องมีการเลี้ยงตัวมันเองจำนวนหนึ่ง ถ้ามีค่ามากขึ้นค่าของ O/P Voltage ก็จะมีค่ามากขึ้น กระแสจำนวนนี้ก็จะสร้างความร้อนขึ้นในตัวของมันเองด้วย

$$\text{พลังงานจากความร้อนที่เกิดขึ้น} = I^2R$$

เมื่อ I เป็นกระแสที่เลี้ยง RTD , R เป็นค่าความต้านทานของตัว RTD ความร้อนที่เกิดขึ้นทำให้เกิดการผิดพลาดทำให้ความต้านทานสูงขึ้น จึงจำเป็นที่จะต้องจำกัดค่าของกระแสที่ว่ามีให้มากที่สุดเกินไป ซึ่งโดยปกติแล้ว RTD แบบพลาคตินัมจะเกิดค่าผิดพลาดขึ้น $1/2^{\circ}\text{C}$ ต่อค่ากระแสเลี้ยง 1 mV ณ ความดันบรรยากาศ แต่ในสภาวะที่จะต้องจุ่มลงในของเหลว ค่าความร้อนนี้จะกระจายไปสู่ของเหลวทำให้ค่าความผิดพลาดต่ำลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอัตราเร็วในการไหล, ความหนาแน่นของตัวกลาง เป็นต้น

โครงสร้างของ RTD

RTD ทำด้วยโลหะที่มีความยาวค่าหนึ่งซึ่งทำให้เกิดความต้านทานที่ต้องการ ณ อุณหภูมิ 0°C ลวดโลหะนี้จะพันอยู่บนแกนที่เป็นฉนวนไฟฟ้าที่ทนต่อความร้อน แกนที่ใช้จะเป็นสารประเภทเซรามิก หรือแก้ว เช่น อลูมินาบริสุทธิ์ สกรูที่เจือปนอยู่ เช่น ซิลิกา จะทำให้เส้นลวดความต้านทานสกปรก สิ่งที่จะต้องคำนึงถึงในขบวนการผลิตคือ ขณะใช้งานลวดนี้จะต้องทนต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ, ความสั่นสะเทือนได้ ทั้งนี้เพราะเมื่อลวดได้รับความร้อนจะขยายตัว และหดตัวเมื่อเย็น แกนที่ใช้พันจะต้องมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวหรือหดตัวสัมพันธ์กับการขยายตัวของลวด การพันของลวดจะกระทำขณะที่ลวดร้อนจนอ่อนตัว หลังจากนั้นต้องผ่านกรรมวิธีการอบร้อนคลายความเครียดที่เหลืออยู่ในลวดด้วยอุณหภูมิต่ำอย่างน้อย 500°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สภาพภายนอกของ RTD เหมือน Thermocouple โดย RTD จะถูกบรรจุใน Sheath ตามรูปที่ 3.2 เป็นภาพตัดแสดงส่วนประกอบของ RTD ฉนวนที่ใช้เป็นพวกแมกนีเซียมออกไซด์หรืออลูมิเนียมออกไซด์ ช่วงที่ผลต่อการวัดโดยตรงจะอยู่ตรงส่วนปลายของ Sheath ซึ่งอาจจะยาวถึง 0.5-2.5 นิ้ว



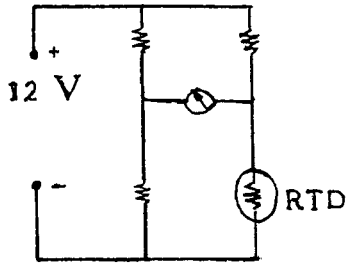
รูปที่ 3.2 RTD Elements Are Fabricated To Minimize

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

The Effects Of Mechanical Shock

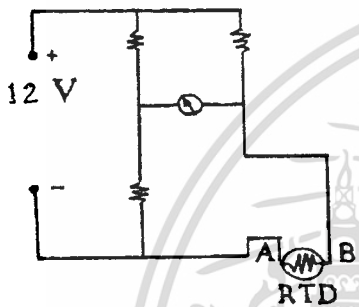
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะของวงจรการต่อใช้งานของ RTD ในรูปแบบต่าง ๆ



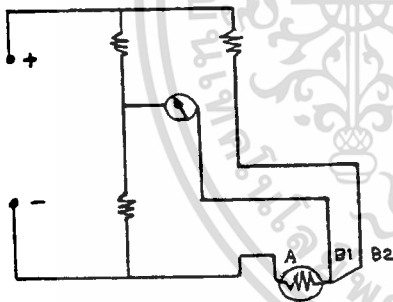
รูปที่ 3.3

วงจรรูปที่ 3.3 จะแสดงถึงตัวต้านทานบริดจ์ ซึ่งตัวมันจะต้องมีสัมประสิทธิ์ของอุณหภูมิเป็น 0 เพื่อไม่ให้ตัววงจรวัดเองสร้างความต้านทานขึ้นมา เพราะต้องการให้ความต้านทานใน RTD เปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิเท่านั้น การเปลี่ยนแปลงความต้านทานของ RTD จะส่งผลให้ค่าความต่างศักย์ที่ตกคร่อมมิเตอร์เปลี่ยนไป ซึ่งเราสามารถนำเอาปรากฏการณ์นี้ไปบอกเป็นอุณหภูมิได้



รูปที่ 3.4

วงจรรูปที่ 3.4 จะแสดงการแยก RTD ออกจากบริดจ์โดยการต่อสายไฟแทรกออกมา ในการต่อสายไฟแยกออกมาก็เพื่อป้องกันตัวต้านทานบริดจ์จากอุณหภูมิที่ RTD กำลังวัดค่าอยู่ ปัญหาอย่างหนึ่งที่น่าจะพบในการต่อใช้ RTD ก็คือความต้านทานที่เกิดจากการเดินสายออกมาจากตัวบริดจ์ไกล ๆ จะเกิดความผิดพลาดกับระบบ แก้ปัญหาโดยจะแสดงในรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5

วงจรรูปที่ 3.5 รูปนี้จะเป็นการแก้ปัญหาจากวงจรรูปที่ 3.4 ได้ โดยการต่อสายเพิ่มเข้าไป 1 เส้น เป็นเส้นที่ 3 (B2) และในสาย A, B1 และ B2 จะต้องเป็นเป็นสายชนิดเดียวกันและความยาวเท่ากัน ก็เพื่อที่ความต้านทานของสายทั้ง 3 จะได้เท่า ๆ กัน ความต้านทานที่เกิดขึ้นเนื่องจากความยาวของสาย B1 จะได้รับการชดเชยแก้ไขโดยสาย B2 ซึ่งจะส่งผลให้ได้ค่าที่ถูกต้องมากขึ้น ดังนั้น RTD ที่ใช้โดยทั่ว ๆ ไปจึงมักเป็น RTD 3 สาย

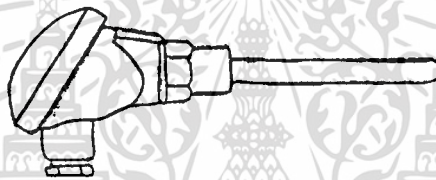
การเลือก RTD เพื่อให้เหมาะสมกับงาน

จะว่ากันไปแล้ว ในบ้านเราโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตเกือบทุกโรงงานจะต้องมีการเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิ แต่การเลือกใช้ตัวตรวจวัดอุณหภูมินั้น ขึ้นอยู่กับประเภทของสินค้าที่ผลิต เช่น โรงงานผลิตผ้าหรือย้อมผ้า โรงงานพลาสติก โรงงานผลิตอาหารกระป๋อง โรงงานผลิตอาหารสัตว์ และ โรงงานผลิตอาหารสำเร็จรูป เป็นต้น ถ้าการวัดเป็นการเดินสายไม่เกิน 5 เมตร ก็ควรจะเลือกแบบที่มีสายติดในตัวอย่างในรูปที่ 3.6 แต่ถ้าต้องการที่จะต่อสายไปวัดในระยะที่ไกลๆ ก็ควรจะเลือกใช้แบบที่มีเทอร์มินอลต่อสายหรือภาชนะที่เรียกว่า แบบหัวกระโหลก ดังรูปที่ 3.7 สายที่ใช้ต่อเดินสายของ RTD ก็เป็นสาย " สามแกน " ธรรมดา ถ้าเดินสายวัดในระยะ 100 เมตร ค่าผิดพลาดของ RTD จะมีค่าผิดพลาดประมาณ 1 - 2 องศา แต่ถ้าการวัดของเหลวที่เป็นสารเคมีที่มีฤทธิ์เป็นกรด ก็ควรจะหาลอกเป็นเทปลอนหุ้มหับส่วนที่ปลายสัมผัสกับสารโดยตรงไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยาระหว่างโลหะกับสารเคมี เหตุผลที่เลือกเทปล่อนก็เพราะว่าเทปล่อนไม่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีและยังทนอุณหภูมิได้สูงอีกด้วย



รูปที่ 3.6 แบบ มีสายติดตัว



รูปที่ 3.7 แบบ มีเทอร์มินอลสำหรับต่อสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วงจรตรวจจับสนุณหภูมิและจัดรูปแบบสัญญาณ

วงจรตรวจจับสนุณหภูมิและจัดรูปแบบสัญญาณ

(Sensor And Signal Conditioning)

ประกอบไปด้วยส่วนต่างๆดังนี้ คือ Wheatstone Bridge และ Instrument Amplifier

Wheatstone Bridge

ลักษณะของบริดจ์ก็คือ ด้านหนึ่งจะใช้กำหนดแรงดันอ้างอิง อีกด้านหนึ่งจะวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของแรงดัน ที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามการเปลี่ยนแปลงความต้านทานของตัวตรวจจับสนุณหภูมิ โดยที่นี้จะใช้ RTD เป็นตัวตรวจจับสนุณหภูมิ ซึ่งรูปแบบสมการความต้านทานของมันเมื่อเทียบกับอุณหภูมิคือ

$$R_t = R_o(1 + \alpha * \Delta T)$$

โดย

R_t = ค่าความต้านทาน ณ. อุณหภูมิใดๆ

R_o = ค่าความต้านทาน ณ. จุดอ้างอิงของอุณหภูมิ

α = สัมประสิทธิ์การเปลี่ยนแปลงของความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ

ΔT = อุณหภูมิที่เปลี่ยนไปเทียบกับอุณหภูมิ ณ. จุดอ้างอิง

ในการสร้างวงจรบริดจ์ที่ใช้ในการทดลองจะกำหนดจุดสมดุลย์ของบริดจ์ที่ 100° C โดย RTD จะมีค่าความต้านทาน 100 โอห์ม จากสมการของ Wheatstone Bridge

$$V_o = E * \left[\frac{R_{RTD} + R_D}{R_{RTD} + R_D + R_B} - \frac{V_{R3}}{V_{R3} + R_A} \right]$$

แสดงว่าที่จุดนี้

$$100 + R_D = \frac{V_{R3}}{V_{R3} + R_A}$$

$$100 + R_D + R_B = \frac{V_{R3}}{V_{R3} + R_A}$$

ทำให้สามารถหาค่า V_{R3} เพื่อที่จะปรับบริดจ์ให้สมดุลย์ได้ ในการออกแบบวงจรบริดจ์นี้จะต้องระวังปริมาณกระแสที่ไหลผ่าน RTD เนื่องจากถ้ามีกระแสไหลผ่านตัวมันมากเกินไป จะเกิดการสูญเสียพลังงานภายในตัวมันมาก ทำให้ตัวมันร้อนและจะเกิดการทำงานที่ผิดพลาดได้ ในการออกแบบวงจรนี้มีไฟตกเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คร่อมบริดจ์ 12 โวลต์ และความต้านทานของบริดจ์แต่ละด้านประมาณ 15,000 โอห์ม ซึ่งมีกระแสไหลผ่าน RTD ไม่ถึง 1 mA

นอกจากจะต้องระวังในเรื่องกระแสที่ไหลผ่านตัว RTD แล้วในวงจรบริดจ์ ยังมีการออกแบบชดเชยความต้านทานของสาย เพราะความยาวของสายที่ต่อจากบริดจ์ไปยังตัวตรวจจับอุณหภูมิ มีความยาวพอสมควรซึ่งความต้านทานของสายนี้ทำให้เกิดการผิดพลาดได้ จึงต้องมีการชดเชย โดยการต่อแบบสี่สาย

Instrument Amplifier

Instrument Amplifier เป็นวงจรขยายสัญญาณแบบหนึ่งที่ใช้วัดสัญญาณจากทรานสดิวเซอร์ (Transducer) แบบต่างๆ โดยที่ใช้สัญญาณที่รับมาขยายนั้นจะมีความถูกต้องสูงมีความผิดเพี้ยนต่ำ

ดังนั้น Instrument Amplifier จึงต้องมีคุณสมบัติเป็นวงจรขยายในอุดมคติ เมื่อพิจารณา ระบบควบคุมแล้วจะพบว่าความถี่ที่ใช้มักอยู่ในช่วงความถี่ต่ำ คือตั้งแต่ 0 Hz ถึง 500 KHz ดังนั้นการนำออปแอมป์มาใช้ในงานจึงเป็นอุปกรณ์ขยายสัญญาณที่เหมาะสม ที่จะทำให้การตอบสนองความถี่ต่ำได้ดี แต่อิมพีแดนซ์ทางเข้าของวงจรขยายแบบกลับเฟสของออปแอมป์ 1 สเตจมีค่าต่ำ ดังนั้นการพัฒนา Instrument Amplifier ให้ใช้งานจริงจะต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. อิมพีแดนซ์ที่ทางเข้ามีค่าเป็นอนันต์
2. กระแสออฟเซ็ททางเข้า และแรงดันออฟเซ็ททางเข้า (Input Offset Current And Input Offset Voltage) มีค่าเป็นศูนย์
3. อัตราการขยายเป็นอนันต์

พิจารณาในวงจรใช้งาน

พิจารณาในวงจรใช้งาน Instrument Amplifier ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นส่วนของอินพุทอิมพีแดนซ์ที่มีค่าสูง และสามารถกำหนดอัตราขยายของวงจรได้ โดยใช้การปรับ VR เพียงตัวเดียว จะได้เอาพูระหว่างออปแอมป์ทั้งสองตัวตามสูตร

$$V_o = V_{in} \left[1 + \frac{R_1}{VR_1} + \frac{R_2}{VR_1} \right]$$

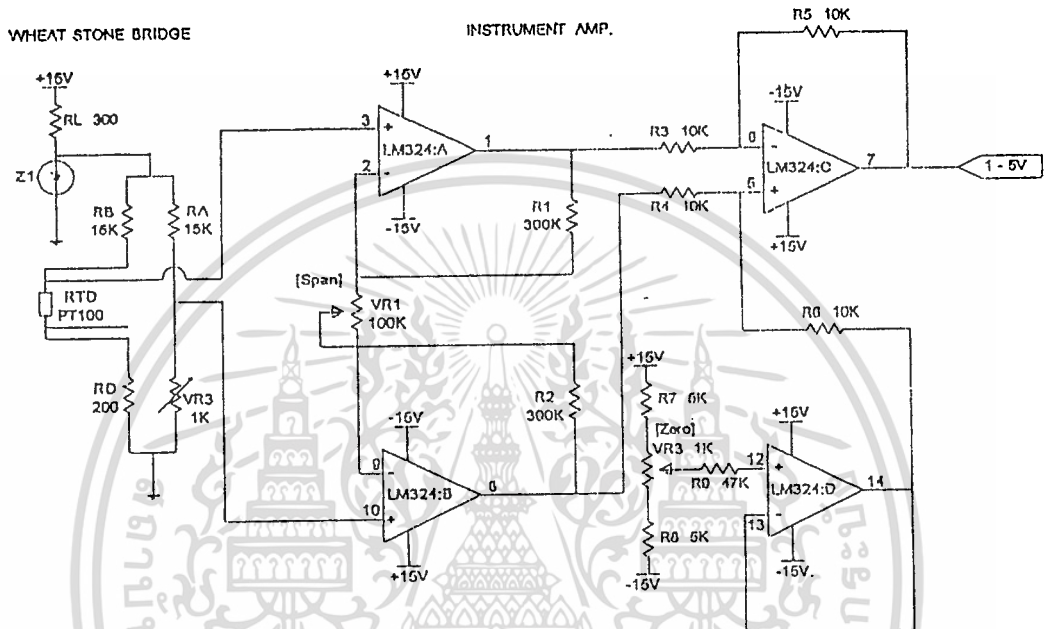
ในวงจรจะเลือกค่าความต้านทาน $R_1 = R_2 = R$ เพราะฉะนั้นจะได้

$$V_o = V_{in} \left[1 + \frac{2R}{VR_1} \right]$$

การกำหนดอัตราขยายของวงจรนี้จะเป็นการกำหนดช่วงของอุณหภูมิที่ต้องการควบคุมด้วย (กำหนด Span)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่ 2 ของ Instrument Amplifier เป็นวงจรขยายความแตกต่างที่มีอัตราขยายเท่ากับหนึ่ง มีการป้อนกลับแบบลบ มีการกำหนดจุดอ้างอิงโดยการปรับระดับไฟตรงที่ป้อนทางด้านขา Non-Inverting ของออปแอมป์ เพื่อเป็นการกำหนดจุด Zero ของวงจร



รูปที่ 4.5 วงจรตรวจจับอุณหภูมิและ Instrument Amplifier ที่ใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

วงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นความถี่

ปัจจุบันมีซิงเกิ้ลชิพที่เกี่ยวกับวงจรเปลี่ยนดิจิตอลเป็นอนาล็อก (A/D) ที่มีคุณสมบัติการใช้งานสูงๆที่เรามองข้ามไป เช่น วงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นความถี่ (V/F Converter) ซึ่งวงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นความถี่นี้ จะรวบรวมคุณสมบัติเด่นหลายประการ เช่น คุณภาพของวงจร, ความง่ายในการออกแบบ และลดค่าใช้จ่ายในการออกแบบวงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอล (A/D converter) ที่ไม่คำนึงถึงเรื่องความเร็วในการทำงานมากนัก วงจรยังสามารถใช้แยกวงจร 2 ส่วนออกจากกัน เช่น แยกวงจรราร์ดรูปออกจากกัน และยังใช้ในงานด้านอุปกรณ์การแพทย์โดยเอาที่พุทของวงจรนี้เป็นแบบอนุกรมทำให้สามารถส่งข้อมูลทางเอาท์พุทออกทางสายสัญญาณเพียง 2 เส้น หรือออกทางเส้นใยแสงได้ หรือถ้าหากเป็นข้อมูลที่มีการอ่านค่านานๆ เช่น อัตราการไหล, ฟิล์มวัดชั่วโมงหรืออื่นๆสามารถหาผลรวมโดยการนับพัลส์ที่ออกมาทางเอาท์พุท

ในปัจจุบันไอซีที่ใช้เปลี่ยนแรงดันเป็นความถี่ ลักษณะคุณสมบัติต่างๆที่มีอยู่ในตัวไอซีมีความง่ายต่อการออกแบบและประยุกต์ใช้งานด้วยตัวเอง และวงจรเปลี่ยนแรงดันเป็นความถี่ยังสามารถนำมาสร้างเป็นวงจรเปลี่ยนเป็นความถี่เป็นแรงดัน (F/V converter) โดยสามารถเชื่อมต่อกับวงจร TTL ได้โดยตรง

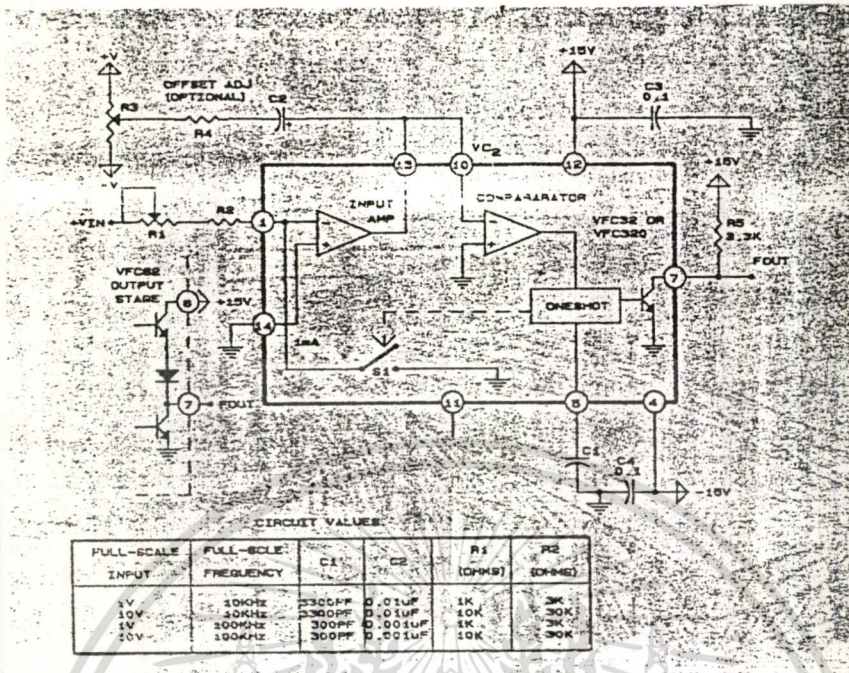
Charge Balance conversion

รูปที่ 5.1 แสดงวงจร V/F อย่างง่ายๆ โดยใช้ไอซีเบอร์ VFC 32 ของเบอร์บราวน์ไอซีตัวนี้สามารถทำงานที่ความถี่สูงถึง 500 KHz ค่าลิเนียร์ดี 0.005 % ที่ 16 KHz, 0.025% ที่ 160 KHz และ 0.05% ที่ 500 KHz ลิเนียร์ดี (Linearity) จะเป็นตัวบอกระดับประสิทธิภาพของตัวเปลี่ยนสัญญาณนั้นและเป็นฟังก์ชันของความถี่สูงสุด (Full scale Frequency) f_{fs} ซึ่งมันคือ ค่าความเบี่ยงเบนสูงสุดของทรานเฟอร์ฟังก์ชันจากเส้นตรงที่ลากอยู่ระหว่าง 90% และ 0.1% ของความถี่สูงสุด f_{fs} อินพุทของวงจรขยายคือขา 1 ของไอซีซึ่งจัดวงจรเป็นแบบวงจร อินเวอร์ตติ้งอินทิเกรเตอร์ R_3 และ R_4 จะเป็นตัวปรับค่าการประจุหรือคายประจุจาก C_2 เมื่อแรงดัน V_{in} เป็นศูนย์

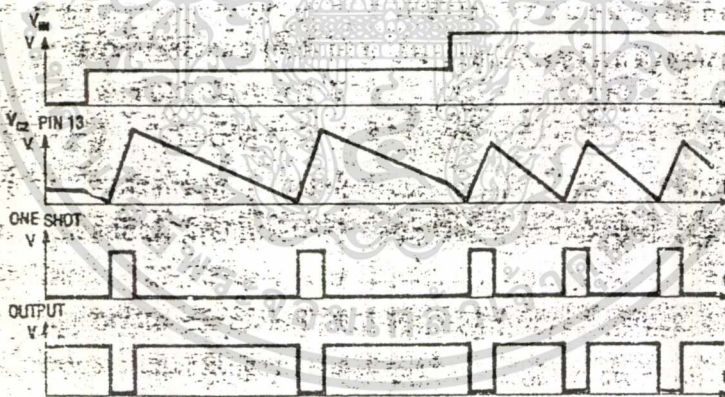
ถ้าแรงดัน V_{in} เป็นศูนย์ จะไม่มีผลอะไรเกิดขึ้นกับวงจร แต่ถ้าหากอินพุทมีแรงดันเป็นบวก กระแสทางด้านอินพุทจะเท่ากับ

$$I = \frac{V_{in}}{R_1 + R_2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 วงจร V/F Converter แบบ Charge-Balance ใช้ไอซี VFC32 ประจุบวกจาก 1 mA จะสมดุลกับประจุทางลบที่มาจากอินพุต



รูปที่ 5.2 รูปสัญญาณจากวงจร V/F Converter ในรูปที่ 5.1

เมื่อ C2 ทำการประจุที่ขา 13 จะเกิดคลื่นแรมพ์ เมื่อแรงดันที่ C2 ตกมาเป็นศูนย์วงจรเปรียบเทียบจะทำงานส่งสัญญาณไปทริกวางจรโมโนสเตเบิล (One Shot) กำเนิดพัลส์ออกไปทางเอาต์พุต ขณะเดียวกันก็จะไปทำให้ S1 ปิดวงจรทำให้กระแสอ้างอิง 1mA จากอินพุตของวงจรอินทิเกรทไพล์ C2 จะถูกประจุกลับทิศทางกันทำให้รีเซ็ตแรงดันที่ขา 13 เพื่อจะรับอินพุตใหม่เข้ามา

ถ้า Vin เพิ่มขึ้นคลื่นแรมพ์ก็จะลดลงอย่างรวดเร็ว ซึ่งเป็นสัดส่วนการเกิดความถี่ของพัลส์ กระแสทางด้านอินพุตสูงสุดต้องไม่เกิน 1 mA ซึ่งในใบตาดำชี้กำหนดไว้ว่าค่า 0.25 mA เป็นค่าที่ให้ลิเนียร์ดี ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดีที่สุด (ถ้าหากความถี่อินพุตสูงกว่า 200 KHz จะต้องเพิ่มกระแสอินพุตเป็น 0.5 mA เพื่อชดเชยเสถียรภาพทางด้านอุณหภูมิ) ถ้าแรงดันอินพุตตกเหลือศูนย์ ประจุของคาปาซิเตอร์ก็จะระงับประจุใหม่ทำให้ไม่มีพัลส์ออกทางเอาต์พุต

การทำงานของวงจร Charge-Balance ก็คือประจุทางบวกจะมาจากแหล่งจ่าย 1 mA ซึ่งสมดุลกับประจุทางด้านลบที่มาจากอินพุต ใน 1 รอบของการประจุ ค่าของประจุสุทธิของ C2 จะต้องมียุทธศาสตร์

$$Q = I * T$$

ไซเคิลของการประจุที่สมบูรณ์ประจุที่เกิดจากกระแสอินพุตจะเท่ากับประจุที่เกิดจากกระแสอ้างอิง 1 mA ถ้า T คือคาบของ 1 ไซเคิล และ Tos คือคาบของวงจรโมโนสเตเบิลแล้ว

$$Q = \left[\frac{V_{in}}{(R_1 + R_2)} \right] * T = 1 \text{ mA} * T_{os}$$

หรือ

$$T = \left[\frac{1 \text{ mA} (R_1 + R_2)}{V_{in}} \right] * T_{os}$$

ความถี่ของวงจรคือ

$$f = 1/T = \frac{V_{in}}{1 \text{ mA} (R_1 + R_2) * T_{os}}$$

โดย Tos มีค่าเท่ากับ

$$\frac{7.5V * (C_1 + 30PF)}{1mA}$$

ค่า 30 PF ที่แสดงอยู่นั้นเป็นค่าคาปาซิแตนซ์ที่อยู่ในตัวไอซี และ 7.5 V คือแรงดันอ้างอิงภายในตัวไอซี ค่าตัวดีไซเคิล 25% หรือต่ำกว่านี้จะให้ค่าลิเนียร์ที่ดีที่สุด และจะตอบสนองได้ดีที่กระแสอินพุตสูงสุดค่า 0.25 mA

คาปาซิเตอร์ที่ต่ออยู่ทางภายนอกของวงจรโมโนสเตเบิลเป็นตัวกำหนดความกว้างของพัลส์ทางเอาต์พุต และยังขึ้นอยู่กับค่าความถี่สูงสุด f_{rs} ตามสมการต่อไปนี้

$$C_1(PF) = \frac{33 * 10^6}{f_{max} - 30}$$

สำหรับ C1 ใช้ในการทางจรรยาควรใช้เป็นแบบ NPO เซรามิค

ค่าของ C2 ไม่มีผลต่อความถี่แต่ควรเลือกค่าแรงดันให้เหมาะสมกับแรงดันที่ขา 13 โดยค่าคาปาซิแตนซ์ตามที่โรงงานกำหนดมา ถ้าความถี่ต่ำกว่า 100 KHz

$$C = \left(\frac{100}{f_{max}} \right) \mu F$$

หรือ

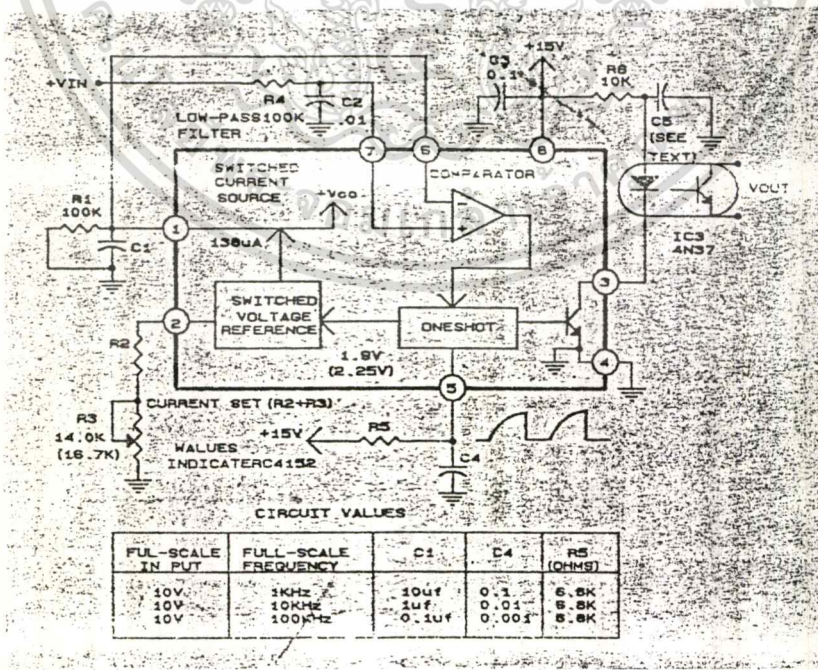
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซีจาก Burr-Brown เบอร์ VFC62 และ VFC320 VFC62 การใช้งานที่ขาคต่างๆเหมือนกับ VFC32 แต่มันจะเพิ่มทรานซิสเตอร์ Active-pullup ดังแสดงในรูปที่ 5.1 มันจะช่วยให้งจรทำงานความถี่สูงขึ้น 1 MHz และมีเสถียรภาพทางอุณหภูมิได้ดีกว่า และมีค่าลิเนียร์ที่ดีกว่าเล็กน้อยเมื่อใช้ Active-pullup, ที่ขา 6 จะต้องต่อแรงดัน +15 V เข้าไป ซึ่งในวงจร VFC32 (ขา 6 ไม่ใช้) จะมีความต้านทาน pullup R5 ซึ่งทำหน้าที่คล้ายกัน สำหรับเบอร์ MVFC 320 มีคุณสมบัติที่ปรับปรุงแก้ไขจากเบอร์ VFC62 แต่การวางขาและวงจรทางด้านเอาต์พุตเหมือนกับ VFC32

A Low-cost Optocoupled Output

จากที่ได้แนะนำให้รู้จักกับไอซีเปลี่ยนแรงดันเป็นความถี่แล้ว อีกเบอร์หนึ่งที่จะแนะนำให้รู้จักคือ RC 4151 ซึ่งพัฒนามาจากเบอร์ XR 4151 ของ National Semiconductor โดยขาของ RC 4151 จะเหมือนกับเบอร์ LM 131 ซึ่งไอซีเบอร์ LM 131 จะคล้ายกันกับเบอร์ VFC32 แต่มีข้อบกพร่องที่ออปแอมป์ทางอินพุต โดยจะต้องใช้ออปแอมป์จากภายนอกมาช่วยร่วมด้วยจึงจะทำงานได้เช่นเดียวกับ VFC32 ซึ่งในความเป็นจริงแล้วในการใช้งานระดับทั่วไปแล้วมันมีข้อได้เปรียบคือสามารถเลือกวงจรขยายจากภายนอกที่มีคุณภาพที่ดีเข้ามาใช้งานร่วมกันได้

ในรูปที่ 5.3 แสดงถึงการใช้งานแบบง่ายๆของไอซี RC4151 ค่าต่างๆในวงจรแสดงให้เห็นแล้วดังรูป แหล่งจ่ายกระแสจะถูกจ่ายออกโดยวงจรโมโนสเตเบิลสำหรับใช้ในงานประจวบ C1 ในระหว่างพัลส์ C1 คายประจุผ่าน R1 ในขณะที่แรงดันตกคร่อมที่ C1 มีค่าต่ำกว่า Vin วงจรโมโนสเตเบิลจะถูกทริกทำให้เกิดพัลส์ไปทำการประจุให้กับ C1 อีก ทำให้ทางเอาต์พุตได้พัลส์ที่เป็นสัดส่วนกับ Vin

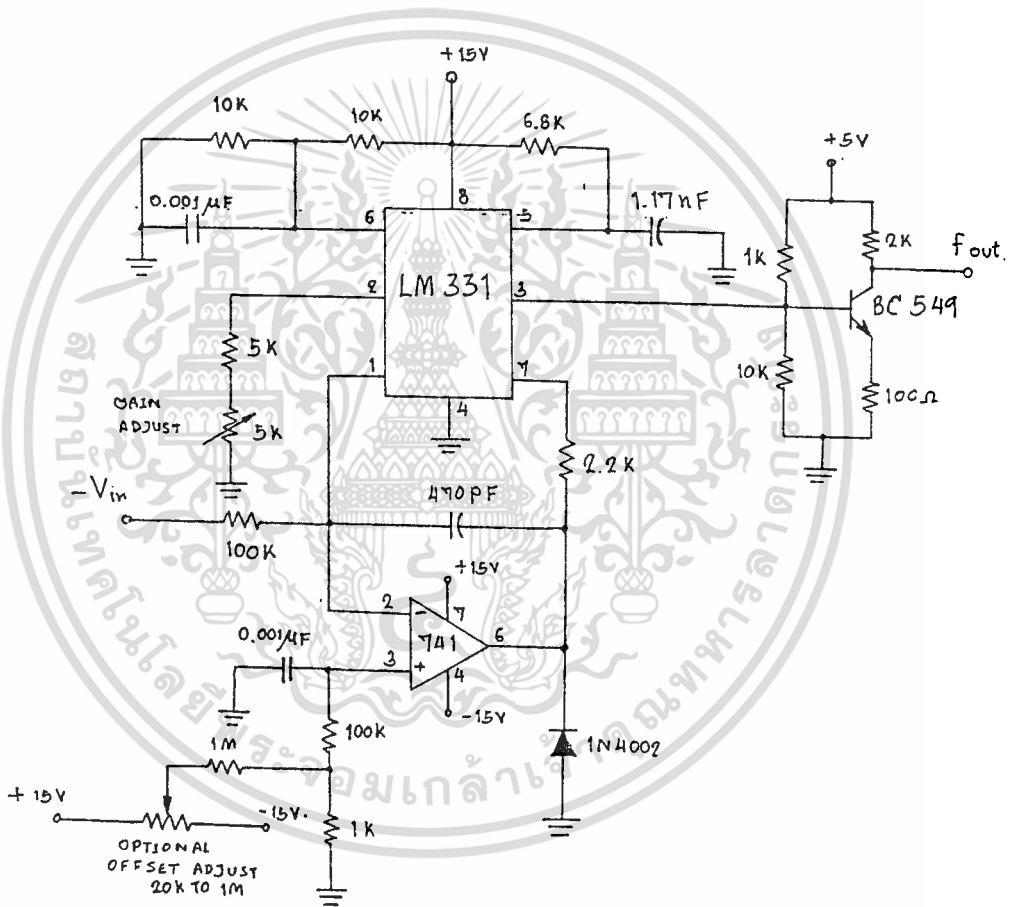


รูปที่ 5.3 V/F Converter กับวงจรเชื่อมโยงทางแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีนำไปใช้

ในการใช้งานแบบนี้เอาท์พุทจะถูกต่อกับอุปกรณ์เชื่อมต่อโยงทางแสงทำให้ทางด้านอินพุทและเอาท์พุทถูกแยกออกจากกันหรือจะใช้วงจรเดียวกันนี้ต่อเข้ากับ LED เป็นอินพุทให้กับสายไฟเบอร์ออปติก เมื่อวงจรมอนิเตอร์เบิ้ลทำงานขา 3 จะมีแรงดันต่ำลง คาปาซิเตอร์ C_5 ทำการประจุระหว่างพัลส์เพื่อป้องกันกระแสไหลผ่าน LED มากเกินไป

วงจรมีความแม่นยำเชิงเส้นน้อยกว่าวงจรถ่ายที่ใช้ออปแอมป์อินทิเกรเตอร์ และข้อกำหนดทางด้านอินพุทจะเป็นศูนย์ไม่ได้ ซึ่งจะอยู่ประมาณ 0.01 - 10 V และความถี่เอาท์พุทสูงสุดคือ 10 KHz ค่าลิเนียร์ดีอยู่ประมาณ 1 %



รูปที่ 5.4 วงจร V/F ที่ใช้งานจริง

บทที่ 6

โครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 แต่ละเบอร์จะมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นับได้ว่าเป็นเบอร์พื้นฐานของตระกูลนี้ได้แก่เบอร์ 8051, 8031, 8751 โดยที่เบอร์ 8051 จัดเป็นสมาชิกตัวแรกในตระกูล ซึ่งมีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปเป็น ROM ขนาด 4 Kbytes และหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปภายใน MCS-51 (RAM) เองจำนวน 128 ไบต์ มีพอร์ตขนาด 8 บิต 4 พอร์ต มีรีจิสเตอร์สำหรับใช้เป็นไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตรวม 2 ตัว รับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ภายนอกได้ 2 ชนิด สามารถรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมผ่านทางพอร์ตสื่อสารแบบอนุกรม มีวงจรรอฮิลลิตเตอร์เพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาเพื่อควบคุมการทำงานในตัวเอง ส่วนเบอร์ 8751 จะมีคุณสมบัติเหมือนเบอร์ 8051 ทุกอย่างต่างกันเพียงชนิดของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปของเบอร์ 8751 จะเป็น EPROM แทนที่จะเป็น ROM ส่วนเบอร์ 8031 จะเหมือนกับเบอร์ 8051 ต่างกันเพียงเบอร์ 8031 ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปเท่านั้น

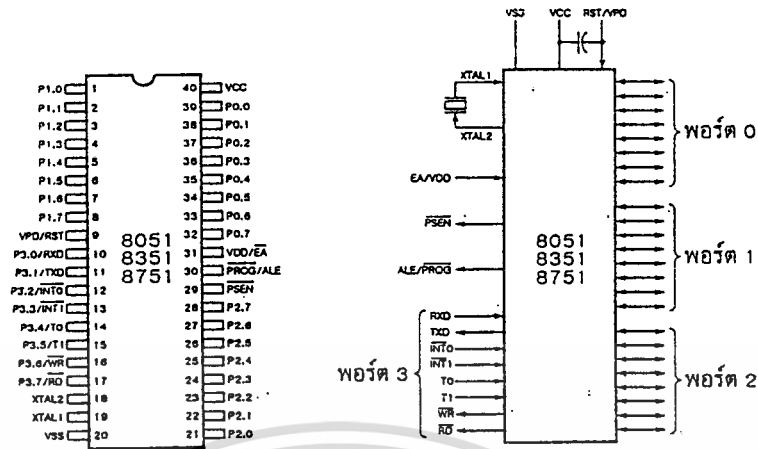
ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์ใช้แรงดันไฟเพียง 5 โวลต์ในการทำงาน ส่วนกระแสไฟฟ้าจะแตกต่างกันตามเทคโนโลยีที่ใช้ผลิต เช่น ถ้ามีอักษร C อยู่ตรงกลางเช่น 80C51 จะเป็นชิปที่ผลิตโดยอาศัยเทคโนโลยี CHMOS ซึ่งใช้พลังงานน้อยกว่าและสามารถควบคุมการใช้พลังงานของตัวชิปได้จากโปรแกรมเพื่อการประหยัดพลังงานในระบบ

ตำแหน่งขาของ MCS-51

แต่ละขามีหน้าที่การใช้งานดังนี้

- ขา Vss (ขา 20) สำหรับต่อลงกราวด์
- ขา Vcc (ขา 40) สำหรับต่อแหล่งจ่ายแรงดันกระแสตรงขนาด 5 โวลต์
- ขาพอร์ท 0 (ขา 32-39) มี 8 ขา เป็นขาพอร์ทที่มีขนาด 8 บิต (P0.0 - P0.7) แบบ Open Drain Bidirectional พอร์ทนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุท/เอาต์พุทพอร์ททั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุทพอร์ทต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ทนี้เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในลักษณะปล่อยลอย พอร์ท 0 ยังใช้ในการติดต่อหน่วยความจำ สำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลภายนอกชิป โดยส่งค่าแอดเดรสไปต่อดำ (A0 - A7) และมัลติเพล็กซ์กับการรับส่งข้อมูล (D0 - D7) จาก หน่วยความจำภายนอกในระหว่างการเขียนหรืออ่านข้อมูลโดยมีวงจรถูกอัดภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.1 แสดงตำแหน่งขาของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

- ขาพอร์ต 1 (ขา 1 - 8) เป็นขาสำหรับพอร์ต 1 (P1.0 - P1.7) พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุท/เอาต์พุทพอร์ตทั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุทพอร์ตต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในลักษณะ High Impedance โดยมีวงจรพูลอัพภายใน

- ขาพอร์ต 2 (ขา 21-28) เป็นขาสำหรับพอร์ต 2 (P2.0 - P2.7) ขนาด 8 บิต แบบ Open Drain Bidirectional พอร์ตนี้สามารถใช้งานเป็นอินพุท/เอาต์พุทพอร์ตทั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุทพอร์ตต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในลักษณะ High Impedance พอร์ต 2 ยังใช้ในการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บ โปรแกรมและข้อมูลภายนอกด้วย โดยส่งค่าแอดเดรสไบต์สูง (A8 - A15) และมีวงจรพูลอัพในตัว

- ขาพอร์ต 3 (ขา 10-17) เป็นขาสำหรับพอร์ต 3 (P3.0 - 3.7) ขนาด 8 บิต สามารถใช้งานเป็นอินพุท/เอาต์พุทพอร์ตทั่วไปได้ โดยหากใช้งานเป็นอินพุทพอร์ตต้องโหลดค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตนี้เพื่อบังคับให้ขาอยู่ในลักษณะ High Impedance โดยมีวงจรพูลอัพภายใน นอกจากนี้ยังใช้งานในหน้าที่พิเศษต่าง ๆ อีกหลายอย่างดังนี้

- ขา P3.0 ใช้รับข้อมูลจากภายนอกแบบอนุกรม
- ขา P3.1 ใช้ส่งข้อมูลออกไปภายนอกแบบอนุกรม
- ขา P3.2 ใช้เป็นอินพุทเพื่อรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ชนิดที่ 0
- ขา P3.3 ใช้เป็นอินพุทเพื่อรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ชนิดที่ 1
- ขา P3.4 สัญญาณอินพุทให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 0
- ขา P3.5 สัญญาณอินพุทให้เคาน์เตอร์ของไทม์เมอร์ 1
- ขา P3.6 ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขท P3.7 ใช้เป็นสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับเก็บ
ข้อมูลภายนอกชิป

การใช้งานพอร์ท 3 ในหน้าที่พิเศษดังกล่าวนี้จะต้องโหลดค่า 1 ไปยังบิตที่ต้องการใช้ก่อน
ทุกครั้ง

- ขท RST (ขท 9) ใช้รีเซ็ตวงจรทุกอย่างภายในชิป เมื่อต้องการรีเซ็ตชิป ชิปนี้จะต้องมี
สถานะเป็น 1 เป็นเวลาอย่างน้อย 2 แมกซ์ไซเคิลระหว่างที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่

- ขท ALE/PROG (ขท 30) เป็นขาสำหรับใช้ส่งสัญญาณออกไปยังภายนอก เพื่อควบคุม
การแลตซ์ค่าแอดเดรสไบต์ต่ำ จากพอร์ท 0 ในระหว่างการติดต่อหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมหรือข้อมูล
ภายนอก ปกติเมื่อไม่มีการติดต่อกับ หน่วยความจำชิปนี้จะส่งสัญญาณพัลส์ออกมาด้วยความถี่ 1/8 ของ
ความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ ตลอดเวลาดังนั้นเรา สามารถใช้ความถี่ที่ได้จากชิปไปใช้งานอย่างอื่นได้ แต่
ความถี่ที่ชิปจะลดลงครึ่งหนึ่งในระหว่างติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอก นอกจากนี้ขา
ALE ยังใช้สำหรับควบคุมการเขียนโปรแกรมลงไปใน EPROM สำหรับ MCS-51 เบอร์ที่มีหน่วยความจำ
สำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิปเป็น EPROM

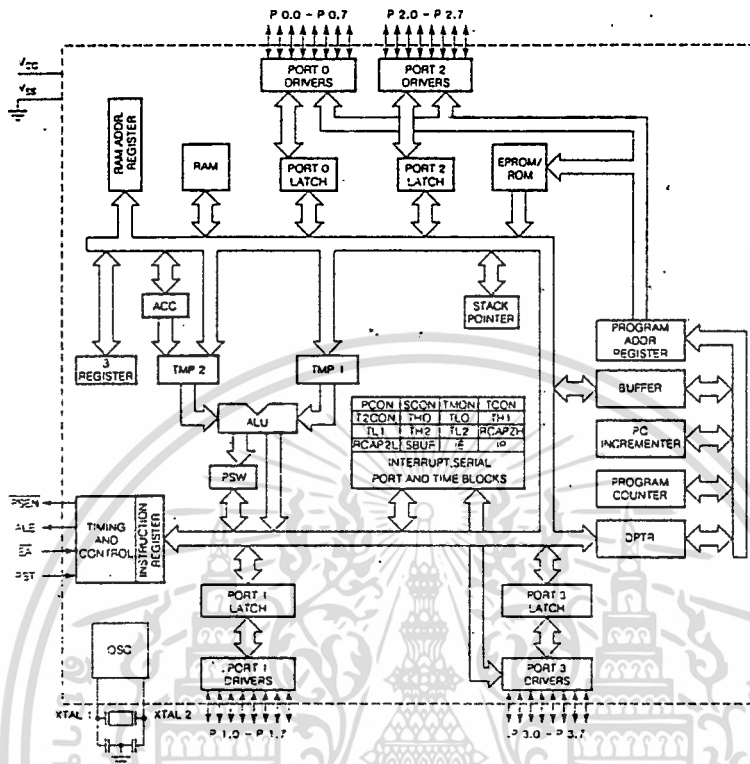
- ขท PSEN (ขท 29) โดยใช้ส่งสัญญาณสโตรบเพื่ออ่านคำสั่งจากโปรแกรมที่เก็บในหน่วย
ความจำภายนอกชิป (Program Strobe Enable) เมื่อชิปทำงานด้วยโปรแกรมจากภายนอกชิปนี้จะส่งสัญญาณ
สโตรบสองครั้งในแต่ละแมกซ์ไซเคิล

- ขท EA/Vpp (ขท 31) เป็นขาสำหรับเลือกให้ MCS-51 ทำงานจากโปรแกรมที่อยู่ภายใน
และภายนอกชิป โดยหากขานี้เป็น 0 หมายถึง ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมภายนอก
หากขานี้เป็น 1 หมายถึง บังคับให้ MCS-51 ใช้โปรแกรมจากหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป
ส่วนใน MCS-51 ที่ไม่มีหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมภายในชิป ให้ต่อขานี้ลงกราวด์เสมอ

- ขท XTAL1 (ขท 19) ใช้คริสตัลภายนอก โดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์

- ขท XTAL2 (ขท 18) ใช้คริสตัลภายนอก โดยเป็นเอาต์พุตออกจากวงจรออสซิลเลเตอร์

โครงสร้างภายในของ MCS-51



รูปที่ 6.2 แสดงโครงสร้างภายในของชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

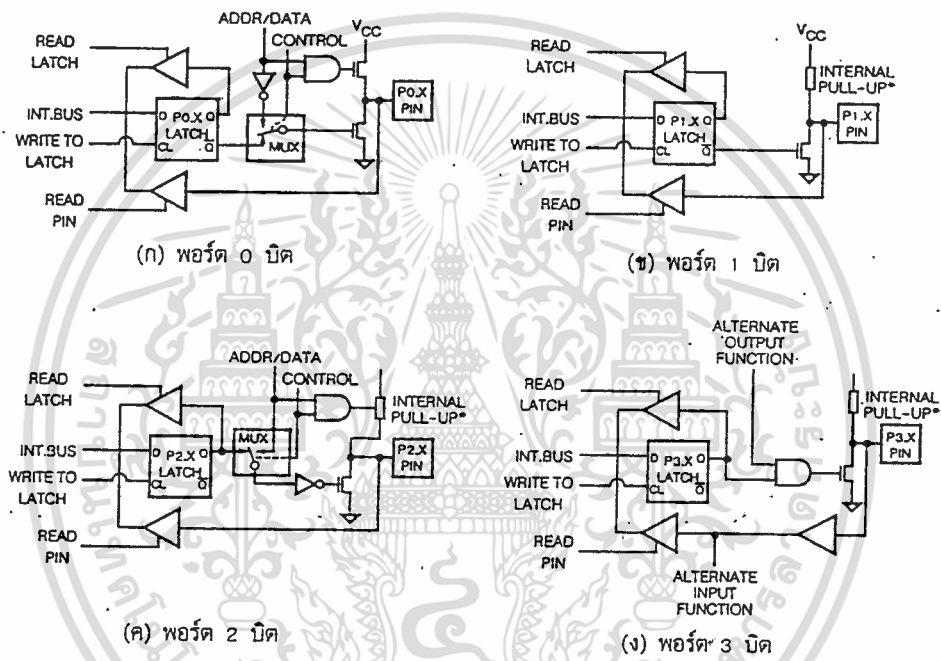
โครงสร้างพอร์ท

MCS-51 ทุกตัวจะมีพอร์ทจำนวน 4 พอร์ทขนาด 8 บิต (P0,P1,P2,P3) โดยสามารถกำหนดให้ทำงานแบบพอร์ทขนานขนาด 8 บิต 4 พอร์ท หรือจะใช้เป็นพอร์ทขนาด 1 บิตได้ถึง 32 พอร์ท หรือเข้าที่พอร์ทอย่างใดอย่างหนึ่งได้อย่างอิสระ

ในกรณีที่ผู้ออกแบบต้องการใช้หน่วยความจำภายนอก ไม่ว่าจะเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลหรือสำหรับโปรแกรม พอร์ท 0 จะถูกกำหนดการใช้งานเป็นดาต้าบัส และแอดเดรสไบต์ต่ำ ส่วนพอร์ท 2 จะถูกกำหนดการใช้งานเป็นตัวส่งค่าแอดเดรสไบต์สูง และบางส่วนของพอร์ท 3 จะถูกใช้ส่งสัญญาณควบคุมหรือคอนโทรลส์ แต่หากหน่วยความจำที่ใช้ภายนอกต้องการไม่ถึง 64 กิโลไบต์ พอร์ท 2 ที่ใช้เป็นแอดเดรสไบต์สูงจะไม่ถูกนำมาใช้ทั้งหมดแต่พอร์ท 0 จะถูกใช้ทั้ง 8 เส้น เพราะต้องเป็นดาต้าบัส ส่วนพอร์ท 3 จะนำมาใช้ติดต่อกับหน่วยความจำ หรือไม้นั้นก็ขึ้นอยู่กับหน่วยความจำที่ใช้ภายนอกว่ามีหน่วยความจำส่วนใดที่เก็บข้อมูลด้วยหรือไม่ (ต้องการสัญญาณควบคุมการอ่านเขียนข้อมูลหรือไม่นั่นเอง) ดังนั้นในการออกแบบระบบ หากต้องการใช้หน่วยความจำภายนอกมากขึ้นเพียงใด ก็ยิ่งทำให้เหลือจำนวนพอร์ทที่นำมาใช้งานลดลง ในการออกแบบจึงต้องพยายามลดขนาดหน่วยความจำภายนอกให้เหลือเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า น้อยที่สุด
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ต 3 นอกจากจะใช้ส่งสัญญาณสำหรับการอ่านหรือเขียนข้อมูลในการติดต่อกับหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลภายนอกชิปแล้ว ยังถูกใช้เป็นตัวรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ (INT0, INT1) สัญญาณอินพุตที่ต้องการนับสำหรับเคาน์เตอร์ (T0, T1) รวมทั้งใช้ในการติดต่อสื่อสารแบบอนุกรมกับอุปกรณ์ภายนอก (รับและส่งข้อมูลผ่านทาง RXD, TXD) อีกด้วย

ภายในแต่ละพอร์ตที่ใช้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุต ผู้ใช้สามารถกำหนดให้ทำงานเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตพอร์ตได้อย่างอิสระ โดยอาศัยการควบคุมจากโปรแกรม ซึ่งสามารถควบคุมให้แต่ละพอร์ตถูกใช้งานเป็นอินพุตในช่วงเวลาหนึ่ง และเป็นเอาต์พุตในอีกช่วงเวลาหนึ่งได้



รูปที่ 6.3 ภาพแสดงโครงสร้างของแต่ละบิตของพอร์ตใน MCS-51

ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์

MCS-51 มีรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะที่สามารถนับจำนวนสัญญาณนาฬิกาหรือแมกซ์ซินไซเคิลของวงจรรอสซิลเลเตอร์ภายใน (ทำงานเป็นไทม์เมอร์) หรือนับจำนวนครั้งของการเปลี่ยนสถานะของสัญญาณภายนอก (นับจำนวนพัลส์ภายนอก) ที่ขา T0, T1 ของพอร์ต 3 (ทำงานเป็นเคาน์เตอร์) รีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์หรือเคาน์เตอร์มีขนาด 16 บิตจำนวน 2 ตัว คือรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 0 และรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 1 ตามลำดับ (ในเบอร์ 8052 มีรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 2 เพิ่มให้อีก 1 ตัว) เมื่อต้องการใช้ไทม์เมอร์ 0 หรือไทม์เมอร์ 1 จะต้องโหลดค่าที่ต้องการนับไว้ในรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 0 หรือรีจิสเตอร์ไทม์เมอร์ 1 และเมื่อนับได้ครบจำนวนที่ตั้งไว้จะมีสัญญาณอินเทอร์รัปต์เพื่อบอกให้ซีพียูทราบ

การควบคุมการทำงานของไทม์เมอร์เคาน์เตอร์ สามารถควบคุมได้จากวงจรรภายนอก (ควบคุมด้วยสัญญาณที่ขา INT0, INT1) หรือควบคุมจากคำสั่งในโปรแกรม ดังนั้นรีจิสเตอร์ที่ใช้เป็นไทม์เมอร์ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

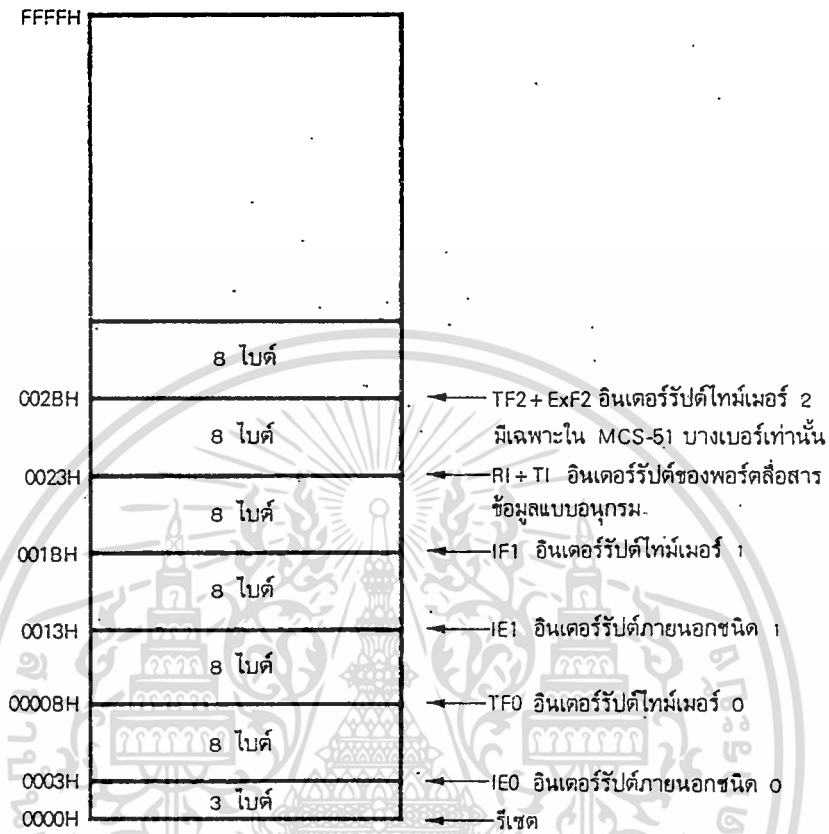
ใน MCS-51 จะสามารถวัดช่วงห่างของเวลา วัดความกว้างของพัลส์ หรือนับจำนวนครั้งของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายนอกที่เปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าแล้ว รวมทั้งใช้กำหนดสัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่มีคาบเวลาแน่นอนได้

พอร์ตสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

MCS-51 สามารถรับ และส่งข้อมูลแบบอนุกรมได้โดยไม่ต้องพึ่งอุปกรณ์ภายนอกอื่น ๆ แต่อย่างใด ในด้านอัตราเร็วของการรับส่งข้อมูลก็สามารถกำหนดค่าได้ตามความต้องการของผู้ใช้โดยสามารถเลือกอัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (Baud Rate) มาตรฐานได้ตั้งแต่ 110, 1.2K, 2.4K, 4.8K, 9.6K, 375K ตามมาตรฐานของ UART นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดการทำงานที่แตกต่างกันได้ถึง 4 รูปแบบ ตามความเหมาะสมในแต่ละงาน

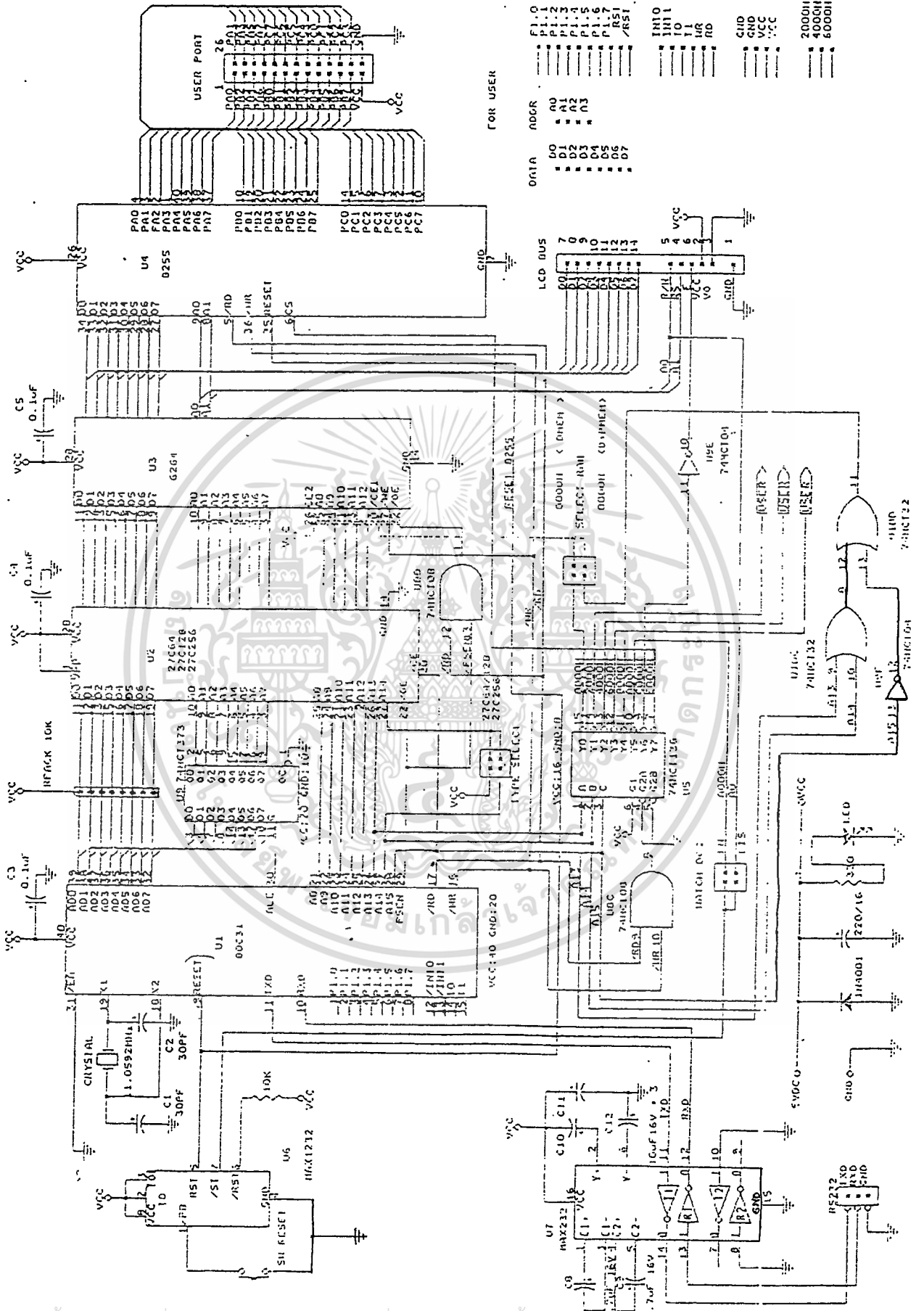
โครงสร้างการอินเทอร์รัปต์

MCS-51 สามารถรับสัญญาณอินเทอร์รัปต์ได้ถึง 5 ชนิด โดยจะเป็นสัญญาณอินเทอร์รัปต์ที่เกิดจากภายนอก 2 ชนิดและที่เกิดขึ้นภายในชิปอีก 3 ชนิด เมื่อมีสัญญาณอินเทอร์รัปต์เกิดขึ้น MCS-51 จะละการทำงานโปรแกรมที่กำลังทำงานอยู่และข้ามไปทำโปรแกรมบริการอินเทอร์รัปต์ (Interrupt Service Routine) ที่อยู่ในหน่วยความจำตำแหน่งต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของสัญญาณอินเทอร์รัปต์



รูปที่ 6.4 แสดงตำแหน่งหน่วยความจำของโปรแกรมบริการอินเตอร์รัปต์แต่ละชนิดใน MCS-51

เราสามารถเลือกให้ CPU ใน MCS-51 ถูกอินเตอร์รัปต์โดยสัญญาณอินเตอร์รัปต์ที่เกิดขึ้นได้โดยการกำหนดค่าในรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IE นอกจากนี้ยังสามารถควบคุมลำดับความสำคัญในการตอบสนองต่อสัญญาณอินเตอร์รัปต์ ของ MCS-51 ได้ด้วยรีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะ IP



FOR USER

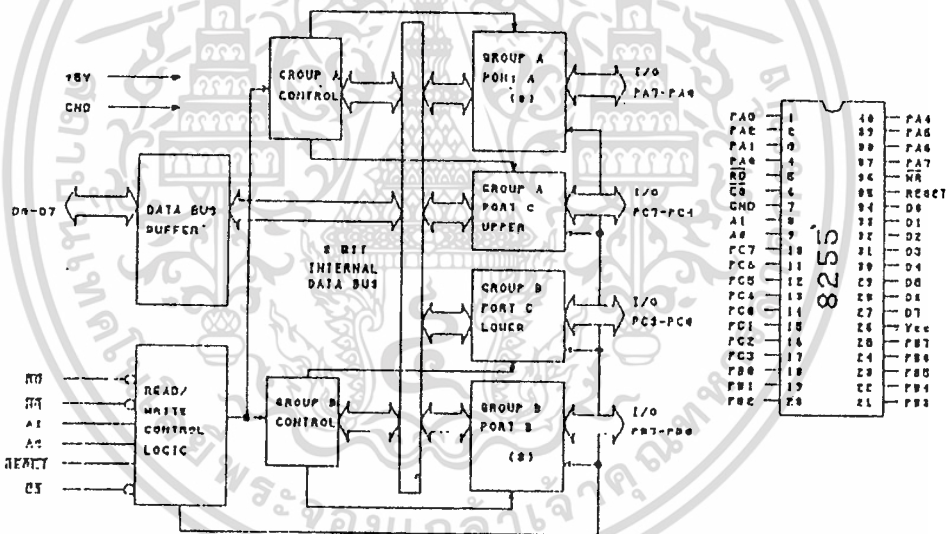
DATA	D0	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
ADDR	A0	A1	A2	A3				
	F1.0	P1.2	P1.3	P1.4	P1.5	P1.6	P1.7	/RST
	INT0	INT1	IO	Y1	UR	RD		
	GND	GND	VCC	VCC	VCC			
	2000H	4000H	6000H					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7

8255 Programmable Peripheral Interface

8255 เป็นอุปกรณ์ LSI (Large Scale Intergrated Circuit) ที่ผลิตโดยบริษัท Intel Cooperation ซึ่งมีการนำ 8255 ไปใช้งานร่วมกับไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์อื่น ๆ อย่างกว้างขวาง



รูปที่ 7.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมและการวางตำแหน่งขาของ 8255

บล็อกไดอะแกรมชุดแรก คือ บล็อกจำนวน 4 บล็อก ที่อยู่ทางด้านขวาซึ่งจะเป็นส่วนที่ต่อเชื่อมกับอุปกรณ์ภายนอกอื่น ๆ โดยมีสาย PA0 - PA7, PB0 - PB7 และ PC0 - PC7 เป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ภายนอกกับ 8255 สายสัญญาณเหล่านี้จะถูกแบ่งออกเป็น 3 I/O พอร์ต ได้แก่พอร์ท A (PA), พอร์ท B (PB), และพอร์ท C (PC) แต่ละพอร์ทสามารถเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต และแต่ละบล็อกจะมีสายสัญญาณเชื่อมเข้ากับบัสข้อมูลภายในของ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บล็อกไดอะแกรมชุดถัดไปได้แก่ Group A Control และ Group B Control ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดลักษณะการทำงานของทั้ง 3 I/O พอร์ต

บล็อกไดอะแกรมชุดสุดท้ายได้แก่ Data Bus Buffer และ Read/Write Control Logic ซึ่งบล็อกเหล่านี้จะเป็นส่วนที่ติดต่อกับ CPU, Data Bus Buffer นี้จะเป็นบัฟเฟอร์ให้กับบัสข้อมูลของ CPU ส่วน Read/Write Control Logic จะเป็นส่วนที่ควบคุมให้ข้อมูลเข้าหรือออกจากรีจิสเตอร์ภายในตัวที่ถูกต้อง และในเวลาที่เหมาะสม

รายละเอียดการจัดเรียงขาของ 8255

ขาของ 8255 ที่แสดงดังรูปที่ 7.1 จะมีรายละเอียดของแต่ละขาดังนี้

D0 - D7 เป็นสายข้อมูลอินพุท/เอาต์พุทแบบสองทิศทาง (Bi-Direction Bus) จะเป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างพอร์ตต่าง ๆ ของ 8255 กับบัสข้อมูลของ CPU เบอร์อื่น ๆ

CS (Chip Select Input) เมื่อขานี้มีสถานะลอจิกเป็น "0" CPU จะสามารถที่จะอ่านหรือเขียนข้อมูลกับ 8255 ได้

RD (Read Input) เมื่อขานี้มีสถานะลอจิกเป็น "0" และสัญญาณ CS มีลอจิกเป็น "0" ข้อมูลจาก 8255 จะปรากฏสู่ระบบบัสข้อมูล CPU ก็จะสามารถอ่านข้อมูลออกไปได้

WR (Write Input) เมื่อขานี้มีสถานะลอจิกเป็น "0" และสัญญาณ CS มีลอจิกเป็น "0" ข้อมูลจากระบบ Data Bus จะถูกเขียนเข้าไปยัง 8255 ได้

A0 - A1 (Address Input) จะเป็นตัวกำหนดการเลือกใช้รีจิสเตอร์ภายในของ 8255

Reset เมื่อขานี้มีสถานะเป็น "1" 8255 จะอยู่ในสภาวะรีเซ็ตทุก ๆ พอร์ตของ 8255 จะถูกเซตให้อยู่ในโหมดอินพุท

PA0 - PA7, PB0 - PB7 ขาสัญญาณเหล่านี้จะถูกใช้เพื่อเป็นพอร์ต I/O ขนาด 8 บิต ใช้ต่อเข้ากับอุปกรณ์ภายนอกอื่น ๆ

PC0 - PC7 ขาสัญญาณเหล่านี้จะถูกใช้เพื่อเป็นพอร์ต I/O ขนาด 8 บิต กลุ่มของขาสัญญาณสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มมีขนาด 4 บิต กลุ่มแรกจะใช้ควบคุม PB0 - PB7 และกลุ่มที่ 2 ใช้ควบคุม PA0 - PA7

บทที่ 8

การเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอก

สัญญาณในระบบไฟฟ้ามีสัญญาณพื้นฐาน 2 แบบ คือ สัญญาณดิจิทัล และสัญญาณอนาลอก สัญญาณอนาลอก หมายถึง สัญญาณที่มีค่าการเปลี่ยนแปลงต่อเนื่อง แต่สัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณที่มีระดับการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ 2 ระดับเท่านั้นซึ่งสัญญาณสองระดับนี้เรากำหนดให้เป็น 0 และ 1 ในลักษณะของสัญญาณไบนารีซึ่งมีการใช้งานในระบบของไมโครโปรเซสเซอร์ ดังนั้นหากเราต้องการนำไมโครโปรเซสเซอร์ไปต่อกับ อุปกรณ์ที่ใช้สัญญาณอนาลอกเราจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนสัญญาณจากดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอก (Digital to Analog Conversion DAC) และเปลี่ยนสัญญาณจากอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล (Analog to Digital Conversion ADC) เพื่อให้ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถต่อกับ อุปกรณ์ที่รับและส่งข้อมูลแบบอนาลอกได้

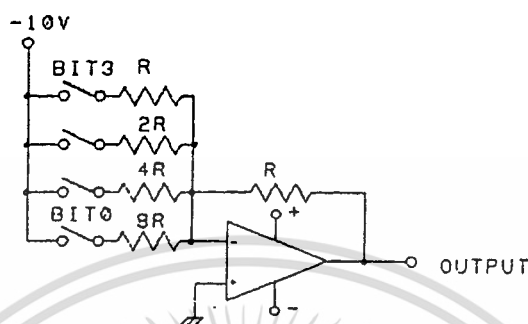
การส่งข้อมูลของสัญญาณดิจิทัลจากไมโครโปรเซสเซอร์ ไปให้กับอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลนั้น เราใช้การส่งข้อมูลออกไปที่พอร์ทเอาต์พุทแบบขนานดังแสดงดังรูปที่ 8.1



รูปที่ 8.1 ไคอะแกรมของการต่อซีพียูกับ DAC

หลักการเบื้องต้นของการเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอกนั้น เราอาศัยหลักการง่ายๆ คือ ระดับของแรงดันอนาลอกที่เกิดขึ้น จะต้องมามีค่าเท่ากับตำแหน่งของเลขฐานสองที่คิดตามความสำคัญของบิต เช่นบิต 0 จะมีค่าของแรงดันเท่ากับ $2^0 = 1 \cdot v$ บิตที่ 1 จะมีค่าระดับแรงดันเท่ากับ $2^1 = 2 \cdot v$ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต 2 มีค่าระดับแรงดันเท่ากับ $2^2 = 4 \cdot v$ และบิตที่ n จะมีระดับแรงดันเท่ากับ $2^n \cdot v$ โวลต์ ตัวอย่างของวงจร DAC แบบง่ายจะเป็นดังรูปที่ 8.2



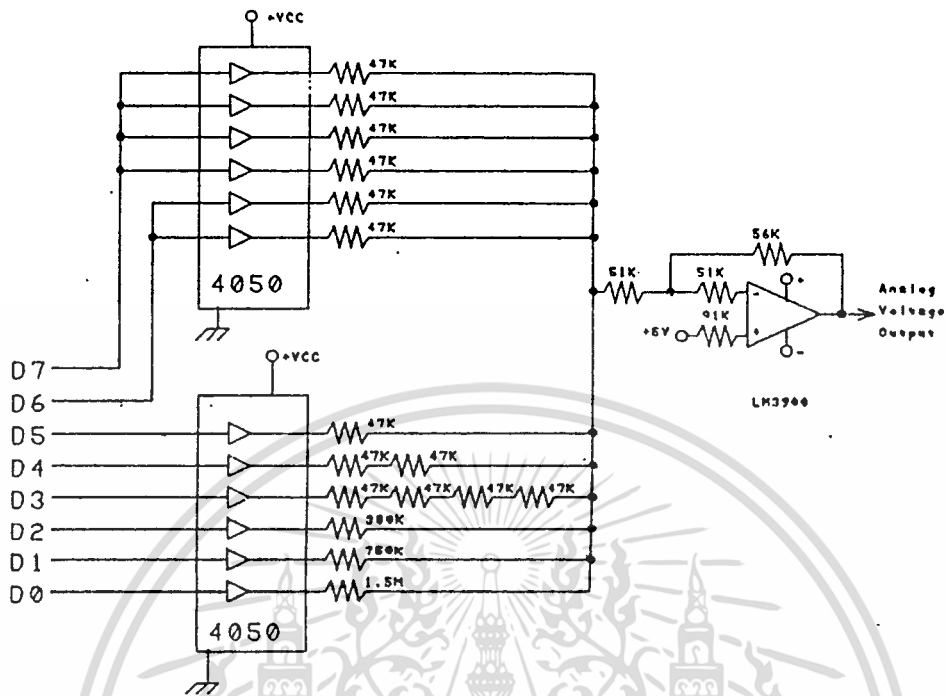
รูปที่ 8.2 แสดงวงจร DAC เบื้องต้น

จากรูป 8.2 วงจรประกอบด้วย สวิตช์ 4 ตัว และความต้านทาน 4 ตัว ต่อเป็นอินพุตของวงจรรวมสัญญาณโดยมีความต้านทาน 1 ตัวต่อเป็นวงจรป้อนกลับ ค่าของความต้านทานที่ต่ออยู่กับตำแหน่งของบิตต่างๆ จะมีค่าเป็น 1, 2, 4, 8 ตามลำดับซึ่งจะทำให้เกณฑ์การขยายมีค่าเป็น $-1/8, -1/4, -1/2$ และ -1 ตามลำดับ เราสามารถทดสอบการทำงานของวงจรได้โดยการทำให้สวิตช์ทุกตัวเปิดหมด จะได้เอาต์พุตออกมา มีค่าเท่ากับ 0 โวลต์ หากเราเปิดสวิตช์ 0 ก็จะได้แรงดันเอาต์พุตออกมาเท่ากับ 1.25 โวลต์ เมื่อเราปิดสวิตช์ 1 ก็จะทำให้แรงดันออกมาเท่ากับ 2.5 โวลต์ หากเราเปิดสวิตช์ 1 และ 0 พร้อมกันก็จะทำให้ได้แรงดันออกมาเท่ากับ $1.25 + 2.5 = 3.75$ โวลต์

สำหรับวงจรการใช้งานสำหรับการเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลขนาด 8 บิตเป็นสัญญาณอนาลอกแสดงได้ดังรูปที่ 8.3 โดยมีความต้านทานค่าต่าง ๆ ต่อกับพอร์ตเอาต์พุตผ่านบัฟเฟอร์โดยค่าความต้านทานที่บิต 7 มีค่าเท่ากับ 11.75 กิโลโอห์ม ซึ่งได้จากการต่อค่าความต้านทาน 47 กิโลโอห์มขนานกัน 4 ตัว ที่บิต 6 มีความต้านทาน 47 กิโลโอห์มขนานกัน 2 ตัว ซึ่งจะเป็นความแตกต่างของแต่ละบิต จากวงจรจะได้แรงดันเอาต์พุตมีค่าดังนี้

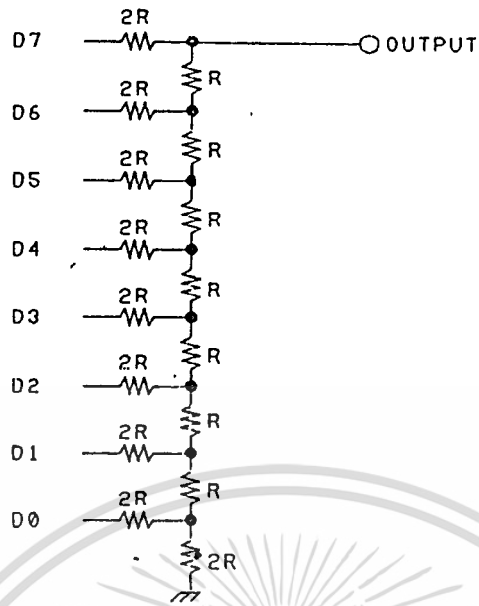
$$V_{out} = 5(n/255) \text{ โวลต์}$$

n เป็นค่าของเลขฐานสิบ ที่ได้จากเลขฐานสอง 8 บิต มีค่าตั้งแต่ 0 - 255 ดังนั้นค่าของข้อมูล 10001011 (139 ฐานสิบ) เมื่อส่งไปที่วงจร DAC จะทำให้ได้เอาต์พุตเท่ากับ 2.7 โวลต์ ในลักษณะนี้แรงดันเอาต์พุตจะถูกแบ่งออกเป็น 255 แรงดัน



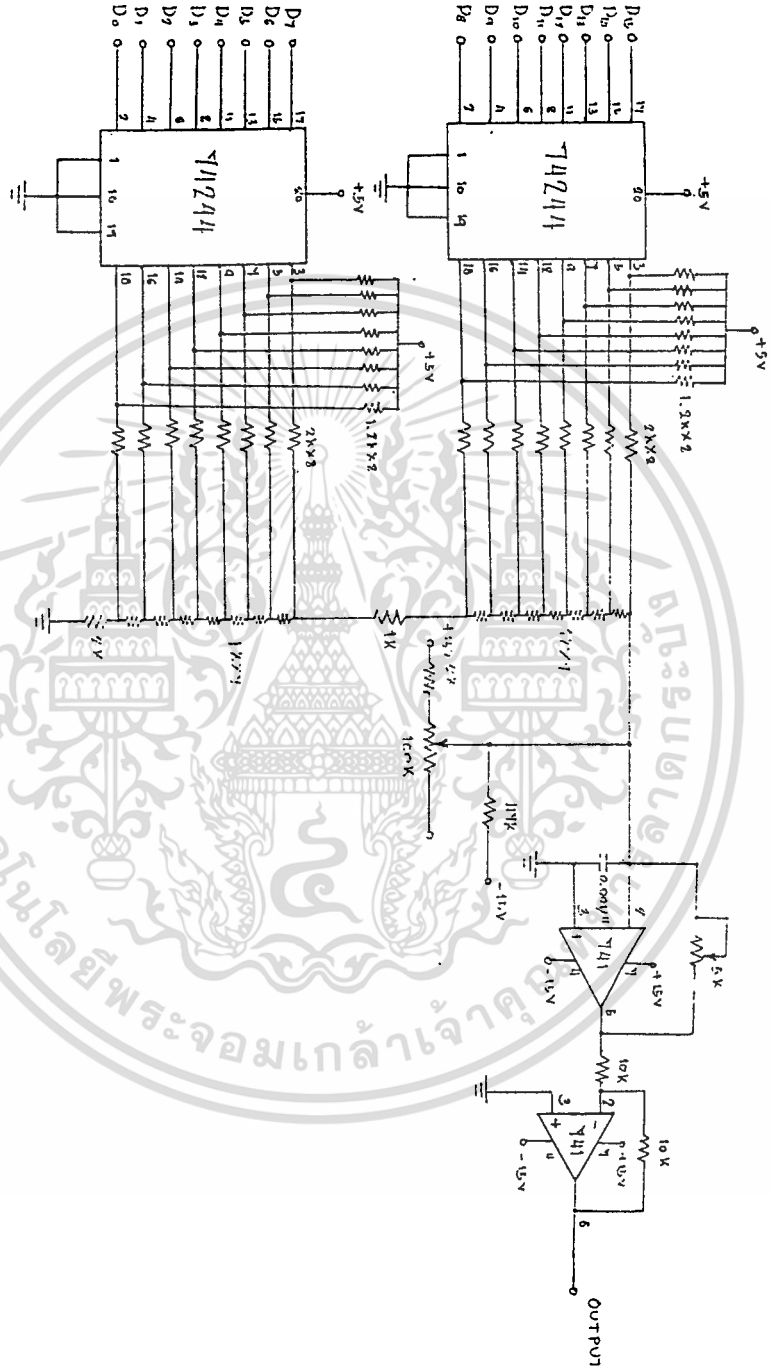
รูปที่ 8.3 แสดงวงจรสำหรับเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอก

วงจรสำหรับเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาลอกอีกแบบหนึ่งคือใช้วงจร Ladder ซึ่งใช้ค่าความต้านทานเพียง 2 ค่า โดยค่าความต้านทานสองค่านี้จะมีค่าแตกต่างกันเท่าตัว การนำมาต่อกันจะต่อในลักษณะของ R-2R Ladder ดังรูปที่ 8.4 ซึ่งในการไหลของกระแสจากข้อมูลที่บิตต่าง ๆ มากี่ เอาต์พุท จะมีค่าตามความสำคัญของบิต



รูปที่ 8.4 วงจร DAC แบบ R-2R Ladder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8.5 วงจรที่ใช้งานจริง

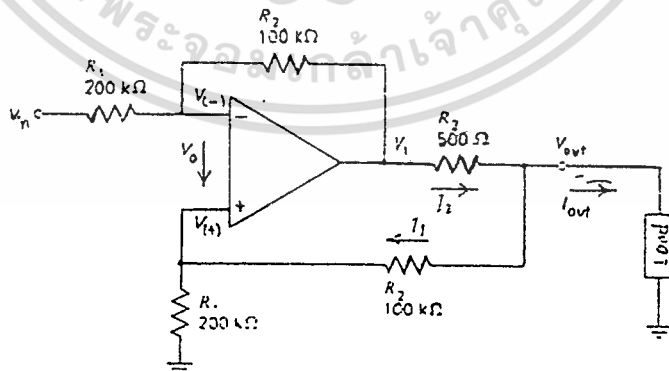
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9

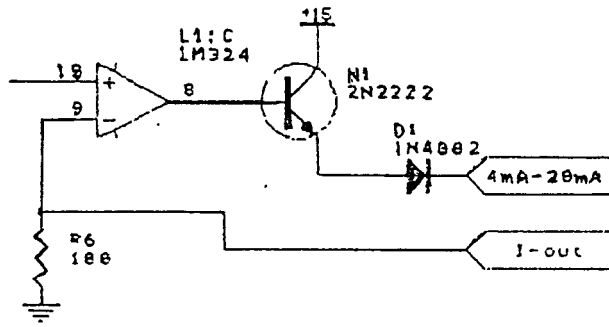
V to I Converter Circuit

เนื่องจากการส่งสัญญาณเป็นแรงดันมีปัญหาเกิดขึ้นมากมาย ซึ่งทำให้เกิด % Error ขึ้นได้ กระแสนั้นมีบทบาทสำคัญมากในการส่งสัญญาณเป็นแบบ Loop การเปลี่ยนสัญญาณเป็นกระแสและการส่งสัญญาณไปยังโหนดนั้น จะไม่มีการสูญเสียของสัญญาณ เนื่องจากค่าความต้านทานของสายไฟ หรือจุดต่อที่ไม่ดีในการส่งสัญญาณให้กับกระบวนการมาตรฐานที่ใช้ในการส่งสัญญาณคือถ้าเป็นความดัน จะมีค่า 3 - 15 PSI, แรงดันไฟฟ้าใช้ 1 - 5 Volt และถ้าเป็นกระแส จะใช้ 4 - 20 mA ในการส่งสัญญาณ 0 - 100 % สาเหตุที่ 0 % สัญญาณที่ส่งมีค่าไม่เท่ากับ 0 นั้นเพราะว่าจะได้ทำให้ทราบว่าสัญญาณควบคุมอยู่หรือไม่โดยแสดงค่า 3 PSI, 1 Volt และ 4 mA ให้เราทราบ การเลือกวงจร V to I จะขึ้นอยู่กับค่าความต้านทานของโหนด และการต่อกราวด์ของโหนด ซึ่งจะช่วยลดสัญญาณรบกวนและอีกแบบหนึ่งคือ Ground Load ซึ่งก็เหมาะกับการใช้ในการขับสัญญาณเพราะ ส่วนแสดงผลและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้ในการควบคุมส่วนใหญ่จะออกแบบมาในลักษณะเดียวกับแบบ Ground Load

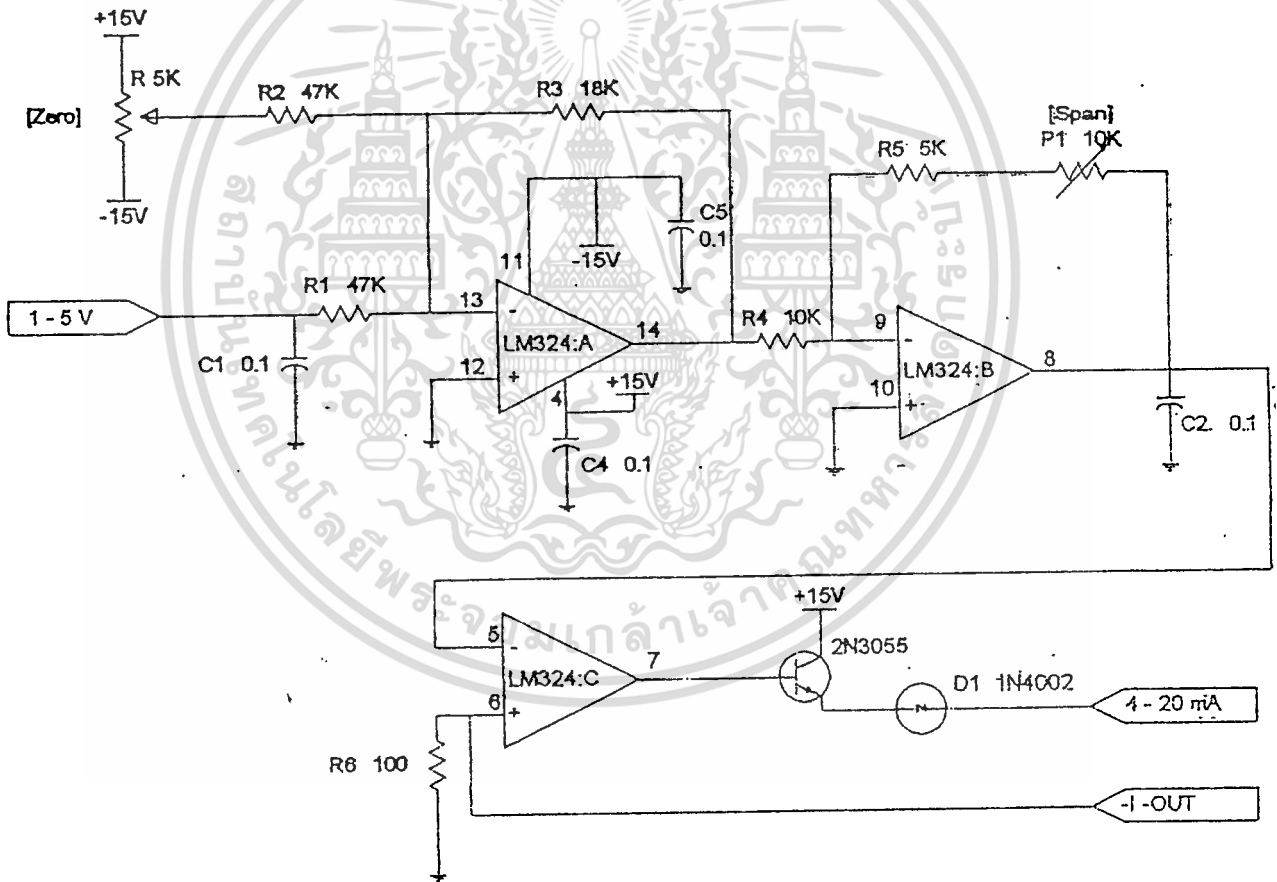
วงจรอย่างง่ายสำหรับ V to I ดังแสดงในรูปที่ 9.1 ซึ่งเป็น Non Inverting Amplifier Circuit การส่งสัญญาณและการควบคุม Load นี้ได้จากสัญญาณที่ขับจากส่วนป้อนกลับแบบลบซึ่งเราสามารถวิเคราะห์ห้วงจรง่ายๆ คือ Op-Amp เป็นตัวทำหน้าที่ต่อครบ Loop และแรงดันที่ขา Non Inverting จะปรากฏที่ขา Non Inverting ด้วย แต่แรงดันนี้จะตกคร่อมความต้านทานอยู่ ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่าน R คือ I



รูปที่ 9.1 วงจรการเปลี่ยนแรงดันเป็นกระแสแบบง่าย



รูปที่ 9.2 วงจร V to I แบบมีตัวต้านกระแส



รูปที่ 9.3 วงจรที่ใช้งานจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 10

การทำงาน ผลการทดลอง และ อุปสรรคในการทำงาน

การทำงานของเครื่องในส่วนต่าง ๆ

Instrument Amplifier

RTD ที่ใช้เป็นชนิด PT100 เครื่องจะใช้วัดอุณหภูมิในช่วง $0 - 650\text{ }^{\circ}\text{C}$ โดย RTD จะเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานตั้งแต่ค่าระหว่าง $100 - 330\ \Omega$ RTD จะต่ออยู่ในวงจรบริดจ์ แรงดันเอาต์พุตที่ได้จะส่งเข้าวงจร Instrument Amplifier ขยายแรงดันเพื่อให้ได้แรงดันเอาต์พุตเปลี่ยนแปลง $0 - 5\text{ V}$

Voltage to Frequency

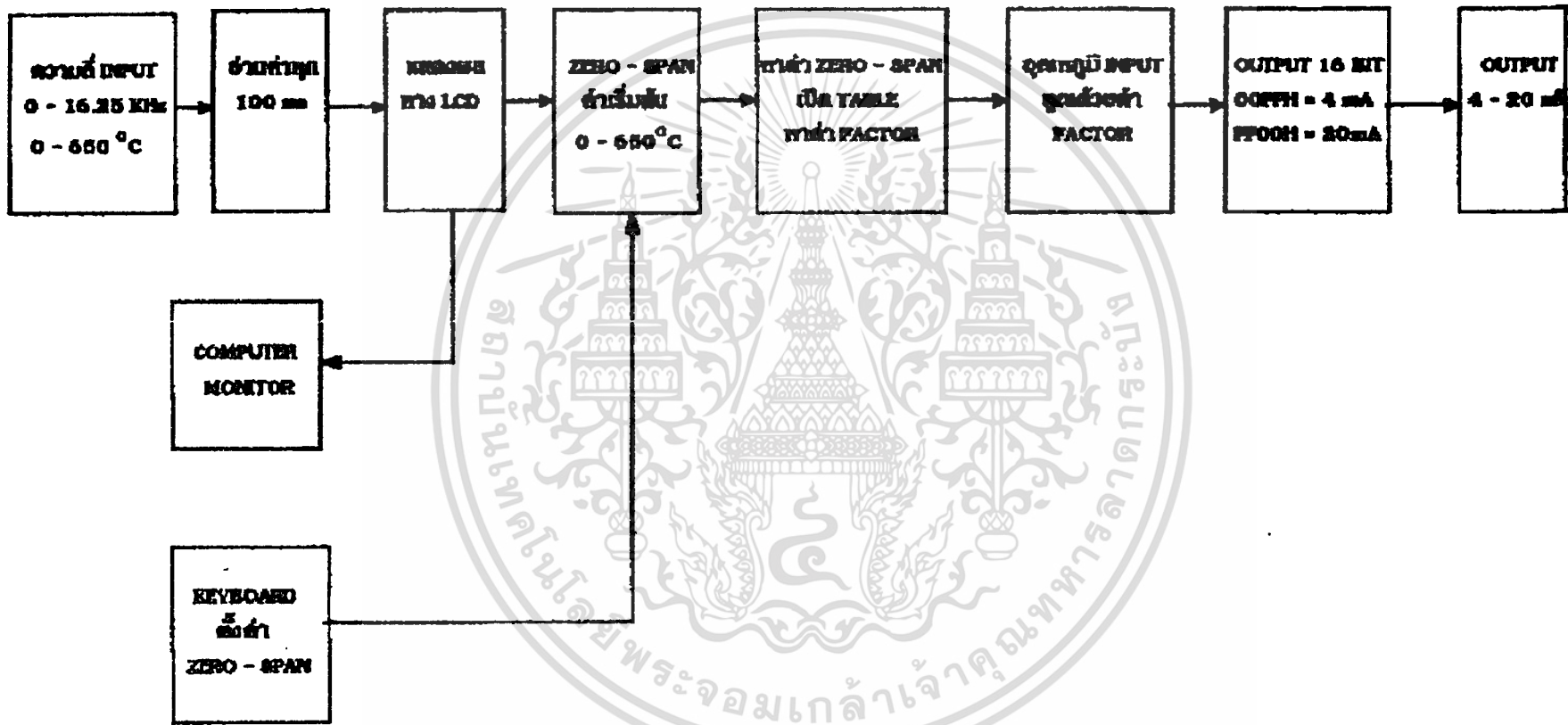
จะทำการรับแรงดันอินพุต $0 - 5\text{ V}$ จากภาค Instrument Amplifier แล้วเปลี่ยนเป็นความถี่ $0 - 16.25\text{ KHz}$ หรือการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ $0 - 650\text{ }^{\circ}\text{C}$ เป็นความถี่ $0 - 16.25\text{ KHz}$ โดยเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความถี่ 1 Hz จะเท่ากับมีการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ $0.04\text{ }^{\circ}\text{C}$ ความถี่ที่ได้นี้ส่งเข้าไปประมวลผลโดย Microcontroller

Microcontroller

Microcontroller จะอ่านค่าความถี่โดยใช้ Counter ภายในเป็นตัวนับสัญญาณความถี่ โดยใช้ช่วงเวลาในการอ่าน 100 ms เพราะฉะนั้นค่าที่ Counter อ่านได้ 1 พัลส์ หรือ 1 หน่วย จะเท่ากับ 10 Hz หรือเท่ากับ $0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ Microcontroller จะนำค่าที่อ่านได้คูณด้วยค่าแฟคเตอร์ 0.4 แล้วแสดงผลที่หน้าจอ LCD เป็นองศาเซลเซียส ในส่วนการแสดงผลเป็นองศาฟาเรนไฮท์จะนำค่าที่อ่านได้จาก Counter คูณด้วยแฟคเตอร์ 0.72 ($32 - 1202\text{ }^{\circ}\text{F}$ มีการเปลี่ยนแปลงความถี่ $0 - 16.25\text{ KHz}$)

การตั้งค่า ZERO - SPAN ค่า ZERO เริ่มต้นจะตั้งไว้ที่ $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ และค่า SPAN เริ่มต้นจะตั้งไว้ที่ $650\text{ }^{\circ}\text{C}$ หลักการคำนวณโดยการกำหนดให้เอาต์พุตที่ออกจาก Microcontroller เป็นข้อมูลดิจิทัล 16 บิต โดยที่เอาต์พุตมีการเปลี่ยนแปลง 0000H - FFFFH โดยกำหนดให้ข้อมูลเอาต์พุต 00 FFH เท่ากับ 4 mA และข้อมูล FF00H เท่ากับ 20 mA

การคำนวณค่า ZERO - SPAN ที่ตั้งไว้หรือป้อนเข้าทางแป้นคีย์ โดยนำค่า SPAN คูณด้วยค่า ZERO นำค่าที่ได้ซึ่งก็คือช่วงกว้างของ ZERO - SPAN ไปเปิดตารางเพื่อหาค่าแฟคเตอร์ด้านการคำนวณ ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Block แสดงการทำงานของ MCS-51

ตารางแสดงค่าแฟคเตอร์

Hex	Dec		Hex	Dec		Hex	Dec	
6	6	FE01 32CD.00	E1	225	FE01 0120.00	1BD	445	FE01 0092.10
A	10	FE01 1966.80	E6	230	FE01 011A.B0	1C2	450	FE01 0090.80
F	15	FE01 10EF.00	EB	235	FE01 0114.B0	1C7	455	FE01 008E.E0
14	20	FE01 0CB3.40	F0	240	FE01 010E.F0	1CC	460	FE01 008D.50
19	25	FE01 0A29.00	F5	245	FE01 0109.60	1D1	465	FE01 008B.D0
1E	30	FE01 0877.80	FA	250	FE01 0104.10	1D6	470	FE01 008A.50
23	35	FE01 0741.D0	FF	255	FE01 00FF.00	1DB	475	FE01 0088.E0
28	40	FE01 0659.A0	104	260	FE01 00FA.10	1E0	480	FE01 0087.70
2D	45	FE01 05A5.00	109	265	FE01 00F5.60	1E5	485	FE01 0086.10
32	50	FE01 0514.80	10E	270	FE01 00F0.D0	1EA	490	FE01 0084.B0
37	55	FE01 049E.40	113	275	FE01 00EC.70	1EF	495	FE01 0083.50
3C	60	FE01 043B.C0	118	280	FE01 00E3.30	1F4	500	FE01 0082.0C
41	65	FE01 03E8.60	11D	285	FE01 00E4.20	1F9	505	FE01 0080.C0
46	70	FE01 03A0.E0	122	290	FE01 00E0.30	1FE	510	FE01 007F.80
4B	75	FE01 0365.00	127	295	FE01 00DC.60	203	515	FE01 007E.40
50	80	FE01 032C.D0	12C	300	FE01 00D3.C0	208	520	FE01 007D.0C
55	85	FE01 02FD.00	131	305	FE01 00D5.30	20D	525	FE01 007B.D0
5A	90	FE01 02D2.80	136	310	FE01 00D1.C0	212	530	FE01 007A.B0
5F	95	FE01 02AC.70	13B	315	FE01 00CE.60	217	535	FE01 0079.80
64	100	FE01 028A.40	140	320	FE01 00CB.30	21C	540	FE01 0078.60
69	105	FE01 026B.40	145	325	FE01 00C3.10	221	545	FE01 0077.40
6E	110	FE01 024F.20	14A	330	FE01 00C5.0B	226	550	FE01 0076.30
73	115	FE01 0235.60	14F	335	FE01 00C2.10	22B	555	FE01 0075.20
78	120	FE01 021D.E0	154	340	FE01 00BF.40	230	560	FE01 0074.10
7D	125	FE01 0208.30	159	345	FE01 00BC.70	235	565	FE01 0073.10
82	130	FE01 01F4.30	15E	350	FE01 00B9.C0	23A	570	FE01 0072.10
87	135	FE01 01E1.A0	163	355	FE01 00B7.20	23F	575	FE01 0071.10
8C	140	FE01 01D0.70	168	360	FE01 00B4.A0	244	580	FE01 0070.10
91	145	FE01 01C0.70	16D	365	FE01 00B2.20	249	585	FE01 006F.20
96	150	FE01 01B1.80	172	370	FE01 00AF.B0	24E	590	FE01 006E.30
9B	155	FE01 01A3.80	177	375	FE01 00AD.60	253	595	FE01 006D.40
A0	160	FE01 0196.60	17C	380	FE01 00AB.10	258	600	FE01 006C.60
A5	165	FE01 018A.10	181	385	FE01 00A8.E0	25D	605	FE01 006B.70
AA	170	FE01 017E.80	186	390	FE01 00A6.B0	262	610	FE01 006A.90
AF	175	FE01 0173.90	18B	395	FE01 00A4.90	267	615	FE01 0069.B0
B4	180	FE01 0169.40	190	400	FE01 00A2.90	26C	620	FE01 0068.E0
B9	185	FE01 015F.70	195	405	FE01 00A0.80	271	625	FE01 0068.0A
BE	190	FE01 0156.30	19A	410	FE01 009E.90	276	630	FE01 0067.30
C3	195	FE01 014D.70	19F	415	FE01 009C.A0	27B	635	FE01 0066.60
C8	200	FE01 0145.20	1A4	420	FE01 009A.D0	280	640	FE01 0065.90
CD	205	FE01 013D.30	1A9	425	FE01 0099.00	285	645	FE01 0064.D0
D2	210	FE01 0135.A0	1AE	430	FE01 0097.30	28A	650	FE01 0064.09
D7	215	FE01 012E.70	1B3	435	FE01 0095.70			
DC	220	FE01 0127.90	1B8	440	FE01 0093.C0			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าแฟลคเตอร์ในตารางคำนวณมาจากช่วงกว้างการเปลี่ยนแปลงของเอาต์พุตที่ต้องการคือ FF00H - 00FFH = FE01H นำมาหารด้วยช่วงกว้างของ ZERO - SPAN โดยค่าในตารางแฟลคเตอร์จะใช้ค่าช่วงกว้างของ ZERO - SPAN โดยเริ่มต้นที่ 5 °C และเพิ่มค่าทีละ 5 °C คือ 5,10,15,20,...,650 °C เมื่อได้ค่าแฟลคเตอร์แล้วนำแฟลคเตอร์ที่ได้คูณกับค่าอุณหภูมิที่วัดได้ผลลัพธ์ที่ได้จะบวกด้วยค่า 00FFH ก่อนส่งค่าออกพอร์ตเอาต์พุต ก่อนที่จะนำค่าแฟลคเตอร์คูณกับค่าอุณหภูมิที่วัดได้จะมีการตรวจเช็คก่อนว่าค่าอุณหภูมิที่วัดได้ต่ำกว่าหรือสูงเกินค่า ZERO - SPAN ที่ตั้งไว้หรือไม่ ในกรณีที่ค่าอุณหภูมิที่วัดได้ต่ำกว่าค่า ZERO จะสั่งให้เอาต์พุตส่งค่า 0000H ออกทางพอร์ต และถ้าค่าอุณหภูมิสูงเกินค่า SPAN จะสั่งให้เอาต์พุตส่งค่า FFFFH ออกทางพอร์ตโดยค่าที่ส่งออกไปนี้จะเป็นการแสดงว่าค่าเหล่านี้มีได้อยู่ภายใต้การควบคุมของ ZERO - SPAN ที่ตั้งไว้

Digital to Analog

วงจรภาคนี้รับค่าข้อมูลดิจิทัล 16 บิต จาก Microcontroller มาแปลงเป็นสัญญาณอนาลอก 1 - 5 V โดยที่ค่า 00FFH จะให้สัญญาณอนาลอก 1 V และที่ FF00H จะให้สัญญาณอนาลอก 5 V ค่าที่ได้นี้ส่งเข้าภาค Voltage to Current

Voltage to Current

วงจรภาคนี้จะรับค่าสัญญาณอนาลอก 1 - 5 V เพื่อให้ได้เอาต์พุตเป็นค่ากระแส 4 - 20 mA เพื่อส่งเข้า Controller เพื่อใช้ในการควบคุมต่อไป

ผลการทดลอง

ในการทดลอง การทำงานของโครงการนี้ เราได้ทำการกำหนดย่าน หรือ ค่า Zero และ ค่า Span ค่าต่าง ๆ แล้วทำการวัดค่าเอาต์พุตที่ได้ ซึ่งได้ค่าเอาต์พุตต่าง ๆ ดังตารางข้างล่างนี้

ผลการทดลองที่ Range 0 - 10 ° C

อุณหภูมิ (° C)	Current Output (mA)
0	3.94
1	5.15
2	7.61
3	8.17
4	10.69
5	12.60
6	12.72
7	15.14
8	15.75
9	18.24
10	20.09
15	20.30
20	20.30
25	20.30
30	20.30
35	20.30
40	20.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ Range 0 - 100 ° C

อุณหภูมิ (° C)	Current Output (mA)
0	4
5	4.30
10	5.40
15	6.10
20	7.30
25	7.80
30	8.20
35	9.10
40	10.40
45	11.80
50	12.60
55	11.90
60	12.70
65	14.09
70	15.14
75	15.40
80	15.72
85	17.30
90	18.30
95	19.30
100	20.07
110	20.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ Range 0 - 650 ° C

อุณหภูมิ (° C)	Current Output (mA)
0	3.95
32	4.31
65	5.15
97	6.54
130	7.61
162	7.78
195	8.17
227	9.06
260	10.70
292	11.85
325	12.60
357	11.82
390	12.71
422	14.09
455	15.14
487	15.70
520	15.74
552	16.64
585	18.25
617	19.40
650	19.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ Range 50 - 500 ° C

อุณหภูมิ (° C)	Current Output (mA)
10	3.85
25	3.85
50	3.85
72	4.29
95	5.10
117	6.65
140	7.62
163	7.89
185	8.19
208	9.20
230	10.75
253	11.97
275	11.69
297	11.92
320	12.80
342	13.70
365	15.27
387	15.46
410	15.8
433	17.07
455	18.40
478	19.77
500	20.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองที่ Range 100 - 600 ° C

อุณหภูมิ (° C)	Current Output (mA)
25	3.88
50	3.88
100	3.88
125	4.34
150	5.18
175	6.60
200	7.59
225	7.84
250	8.27
275	9.14
300	10.02
325	11.96
350	11.58
375	12.01
400	12.72
425	14.11
450	14.93
475	15.43
500	15.78
525	16.78
550	18.32
575	19.64
600	20.03

สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้ข้างต้นนั้น จะเห็นได้ว่า ค่าเอาต์พุตที่ได้นั้นมีค่าเป็นไปตามคุณลักษณะของ Temperature Transmitter คือ จะมีเอาต์พุตเปลี่ยนแปลงอยู่ระหว่างค่า 4 ถึง 20 mA. และค่าจะเปลี่ยนไปตามย่านของอุณหภูมิ หรือ ค่า Zero และ ค่า Span ที่เราได้กำหนดค่าไว้ ซึ่งจากตารางนั้นจะมีบางค่าที่ผิดพลาดไปบ้างแต่ก็น้อยมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปสรรคและปัญหาในการทำงาน

1. ในการทดลองวงจรต่าง ๆ จะหาค่าของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีค่าตามต้องการนั้นยากมาก จึงต้องหาอุปกรณ์ที่มีค่าใกล้เคียงกันมาแทน ซึ่งจะพบความผิดพลาดเกิดขึ้น
2. ในวงจร D/A 16 Bit เราไม่ได้ใช้ IC D/A 16 Bit เพราะหาซื้อไม่ได้ จึงใช้หลักการของ Voltage Divider แทน ซึ่งทำให้มีค่าผิดพลาดเกิดขึ้น
3. ในการทดลองการทำงานของเครื่องนั้น มีความถี่เข้ามารบกวน ซึ่งอาจจะเกิดจาก Computer สายส่งสัญญาณระหว่างตัวเครื่องกับ Computer และ ที่ตัวของ EPROM EMULATOR จึงทำให้อุณหภูมิที่ทำการวัดมีการเปลี่ยนแปลงทำให้ได้ค่าที่ผิดพลาดและไม่ตรงกับความเป็นจริงเล็กน้อย
4. เนื่องจากทางกลุ่มยังขาดประสบการณ์ในการเขียนโปรแกรมทั้ง MCS-51 และ ภาษา C จึงทำให้เขียนโปรแกรมได้ไม่ดีเท่าที่ควร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CPU '8051.TBL'

HOF 'INT8'

***** MCS-51 INTERNAL REGISTERS *****

B: EQU 0F0H ; B REGISTER
ACC: EQU 0E0H ; ACCUMULATOR
PSW: EQU 0D0H ; PROGRAM STATUS WORD
IPC: EQU 0B8H ; INTERRUPT PRIORITY
P3: EQU 0B0H ; PORT3
IEC: EQU 0A8H ; INTERRUPT ENABLE

P2: EQU 0A0H ; PORT2
SBUF: EQU 099H ; SEND BUFFER
SCON: EQU 098H ; SERIAL CONTROL

P10: EQU 090H ; PORT10
P11: EQU 091H ; PORT11
P12: EQU 092H ; PORT12
P13: EQU 093H ; PORT13
P14: EQU 094H ; PORT14
P15: EQU 095H ; PORT15
P16: EQU 096H ; PORT16
P17: EQU 097H ; PORT17

TH1: EQU 08DH ; TIMER 1 HIGH
TH0: EQU 08CH ; TIMER 0 HIGH
TL1: EQU 08BH ; TIMER 1 LOW
TL0: EQU 08AH ; TIMER 0 LOW
TMOD: EQU 089H ; TIMER MODE
TCON: EQU 088H ; TIMER CONTROL
PCON: EQU 087H ; POWER CONTROL REGISTER
DPH: EQU 083H ; DATA POINTER HIGH
DPL: EQU 082H ; DATA POINTER LOW
SP: EQU 081H ; STACK POINTER
P0: EQU 080H ; PORT0

; ***** MCS-51 INTERNAL BIT ADDRESSES *****

```

CY:    EQU    0D7H    ;CARRY FLAG
AC:    EQU    0D6H    ;AUXILIARY-CARRY FLAG
F0:    EQU    0D5H    ;USER FLAG 0
RS1:   EQU    0D4H    ;REGISTER SELECT MSB
RS0:   EQU    0D3H    ;REGISTER SELECT LSB
OV:    EQU    0D2H    ;OVERFLOW FLAG
P:     EQU    0D0H    ;PARITY FLAG
PS:    EQU    0BCH    ;PRIORITY SERIAL PORT
PT1:   EQU    0BBH    ;PRIORITY TIMER 1
PX1:   EQU    0BAH    ;PRIORITY EXTERNAL 1
PT0:   EQU    0B9H    ;PRIORITY TIMER 0
PX0:   EQU    0B8H    ;PRIORITY EXTERNAL 0
EA:    EQU    0AFH    ;ENABLE ALL INTERRUPT
ES:    EQU    0ACH    ;ENABLE SERIAL INTERRUPT
ET1:   EQU    0ABH    ;ENABLE TIMER 1 INTERRUPT
EX1:   EQU    0AAH    ;ENABLE EXTERNAL 1 INTERR
ET0:   EQU    0A9H    ;ENABLE TIMER 0 INTERRUPT
EX0:   EQU    0A8H    ;ENABLE EXTERNAL 0 INTERR
SM0:   EQU    09FH    ;SERIAL MODE 0
SM1:   EQU    09EH    ;SERIAL MODE 1
SM2:   EQU    09DH    ;SERIAL MODE 2
REN:   EQU    09CH    ;SERIAL RECEPTION ENABLE
TB8:   EQU    09BH    ;TRANSMIT BIT 8
RB8:   EQU    09AH    ;RECEIVE BIT 8
TI:    EQU    099H    ;TRANSMIT INTERRUPT FLAG
RI:    EQU    098H    ;RECEIVE INTERRUPT FLAG
TF1:   EQU    08FH    ;TIMER 1 OVERFLOW FLAG
TR1:   EQU    08EH    ;TIMER 1 RUN CONTROL BIT
TF0:   EQU    08DH    ;TIMER 0 OVERFLOW FLAG
TR0:   EQU    08CH    ;TIMER 0 RUN CONTROL BIT
IE1:   EQU    08BH    ;EXT INTERR. 1 EDGE FLAG
IT1:   EQU    08AH    ;EXT INTERR. 1 TYPE FLAG
IE0:   EQU    089H    ;EXT INTERR. 0 EDGE FLAG
IT0:   EQU    088H    ;EXT INTERR. 0 TYPE FLAG
ACC0:  EQU    0E0H    ;ACCUMULATOR BIT 0
ACC1:  EQU    0E1H    ;ACCUMULATOR BIT 1
ACC2:  EQU    0E2H    ;ACCUMULATOR BIT 2
ACC3:  EQU    0E3H    ;ACCUMULATOR BIT 3
ACC4:  EQU    0E4H    ;ACCUMULATOR BIT 4
ACC5:  EQU    0E5H    ;ACCUMULATOR BIT 5

```

```
ACC6: EQU 0E6H ;ACCUMULATOR BIT 6
ACC7: EQU 0E7H ;ACCUMULATOR BIT 7
```

```
; ***** 8255A CONTROL ADDRESS *****
```

```
;
;PORT LCD AND KEYBOARD
```

```
PORTP: EQU 06003H ; CONTROL PORT 8255 1
```

```
PORTA: EQU 06000H ; PORTA 1
```

```
PORTB: EQU 06001H ; PORTB 1
```

```
PORTC: EQU 06002H ; PORTC 1
```

```
;PORT DATA 16 BIT D/A
```

```
PORTP1: EQU 0E003H ; CONTROL PORT 8255 2
```

```
PORTA1: EQU 0E000H ; PORTA 2
```

```
PORTB1: EQU 0E001H ; PORTB 2
```

```
PORTC1: EQU 0E002H ; PORTC 2
```

```
;
WDOG: EQU 0A000H ; WATCH DOG ADDRESS ANJ31-PJ BOARD
```

```
; ***** EXTERNAL RAM 6264 ADDRESS *****
```

```
;
RAM: EQU 08000H ; START ADDRESS AT 8000H
```

```
; *****BIT ADDRESSIBLE REGISTER *****
```

```
PROCESS: EQU 020H ;ALL PROCESS CONTROL PROCESS
```

```
;
B_SCAN: EQU 000H ;PROCESS SCANKEY
```

```
B_TABLE: EQU 001H ;PROCESS KEY
```

```
B_LCD: EQU 002H ;PROCESS LCD
```

```
B_ZERO: EQU 003H ;PROCESS READ USER RAM ON RTC
```

```
B_SPAN: EQU 004H ;PROCESS WRITE USER RAM ON RTC
```

```
B_DATAERROR: EQU 005H ;PROCESS COUNTER
```

```
B_DOWN: EQU 006H ;TIME COLON
```

```
B_ENTER: EQU 007H ;
```

```
FLAG1: EQU 021H ;STATUS FLAG
```

```
;
B_KEYPROCESS: EQU 008H ;KEY PRESS
```

```
B_ACTIVE: EQU 009H ;KEY ACTIVE
```

```
B_RELKEY: EQU 00AH ;KEY RELEASE
```

```

B_SAK:      EQU    00BH    ;KEY SPECIAL ACTIVE
B_TABST:    EQU    00CH    ;TAB STATUS
D_100MS:    EQU    00DH    ;
B_JAM:      EQU    00EH    ;
B_KEYWORD:  EQU    00FH    ;
FLAG2:      EQU    022H    ;STATUS FLAG2
;
B_FIRST:    EQU    010H    ;DISPLAY START
B_ZERO1:    EQU    011H    ;DISPLAY END
B_SPAN1:    EQU    012H    ;CHECK SET TIME
B_SELECT:   EQU    013H    ;CHECK EVERY TIME TO SYSTEM
B_100MS:    EQU    014H    ;CLR ADDRESS 8000H
B_UP:       EQU    015H    ;LOOP CHIP RAM

```

```

; **** BYTE ADDRESSIBLE REGISTERS ****
;

```

```

XKEYNUM:    EQU    046H
XTABLE:     EQU    032H
XMODE:      EQU    033H
XCTOTAB:    EQU    034H
XCTABLE:    EQU    035H
XCKEY:      EQU    036H
DISPNO:     EQU    037H
DISBUF1:    EQU    038H
DISBUF2:    EQU    039H
DISBUF3:    EQU    03AH
DISBUF4:    EQU    03BH
XDDRAME:    EQU    03CH
BCF1:       EQU    03DH
BCF2:       EQU    03EH
BCF3:       EQU    03FH

```

```

BCDF1:      EQU    023H
BCDF2:      EQU    024H
BCDF3:      EQU    025H
BCDF4:      EQU    026H
ZERO1:      EQU    027H
ZERO2:      EQU    028H
SPAN1:      EQU    029H

```

```

SPAN2:      EQU    02AH
CONT1:      EQU    02BH

```

CONT2:	EQU	02CH
ASS1:	EQU	02DH
ASS2:	EQU	02EH
ASS3:	EQU	02FH
ASS4:	EQU	030H
ASS5:	EQU	031H

; ***** RECIEVER FREQUENCY *****

C_100MS:	EQU	040H
DELAY1:	EQU	041H
DELAY2:	EQU	042H
DELAY3:	EQU	043H
HEX1:	EQU	044H
HEX2:	EQU	045H
HEX3:	EQU	046H
BCD1:	EQU	047H
BCD2:	EQU	048H
BCD3:	EQU	049H
CONT:	EQU	04AH
IN1:	EQU	045H
IN2:	EQU	046H
OUT1:	EQU	047H
OUT2:	EQU	048H
OUT3:	EQU	049H
CONT3:	EQU	04AH
CONT4:	EQU	04BH
ABB1:	EQU	04CH
ABB2:	EQU	04DH
ABB3:	EQU	04EH
ABB4:	EQU	04FH
CONT5:	EQU	050H
CONT6:	EQU	051H
CONT7:	EQU	052H
CONT8:	EQU	053H
CONT9:	EQU	054H
CONT10:	EQU	055H
CONT11:	EQU	056H
CONT12:	EQU	057H
CONT13:	EQU	058H
CONT14:	EQU	059H
CONT15:	EQU	05AH

ASCII1:	EQU	05BH
ASCII2:	EQU	05CH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ASC13:      EQU    05DH
ASC14:      EQU    05EH
ASC15:      EQU    05FH
; ***** START MAIN PROGRAM *****

```

```

ORG    0000      ;RESET
SJMP   INITIAL

```

```

ORG    0013H      ;INT1 TIMER 10MS
LCALL  P10MS
RETI

```

```

ORG    0023H
JB     RI, SER
RETI
SER:   LCALL  SERIAL
RETI

INITIAL: MOV    SP, #060H
        LCALL  SETSFR
        LCALL  SETINIT
        LCALL  CLR8255
        LCALL  SETLCD      ; SET LCD INIT.

        MOV    DPTR, #TITLE1
        LCALL  LCDLD
        LCALL  DELAY
        MOV    DPTR, #TITLE2
        LCALL  LCDLD
        LCALL  DELAY
        MOV    DPTR, #TITLE3
        LCALL  LCDLD
        LCALL  DELAY
        MOV    DPTR, #TITLE4
        LCALL  LCDLD
        LCALL  DELAY
        MOV    DPTR, #TITLE1
        LCALL  LCDLD
        LCALL  DELAY

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับนักเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SETB EA
SETB TR1
LCALL STARTC
LOOP: SJMP LOOP

```

```

; ***** CONTROL OUTPUT 16 BIT *****
;

```

```

CONTROL:

```

```

MOV CONT14,ABB1 ;ZERO1
MOV CONT15,ABB2 ;ZERO2
LCALL DTOH
MOV ZERO1,CONT1
MOV ZERO2,CONT2

```

```

MOV CONT14,ABB3 ;SPAN1
MOV CONT15,ABB4 ;SPAN2
LCALL DTOH
MOV SPAN1,CONT1
MOV SPAN2,CONT2
RET

```

```

SCONTROL: LCALL ZS
LCALL TEMP
LCALL COUTPUT
; LCALL OUTPUT
RET

```

```

; ***** DATA OUTPUT 16 BIT *****
;

```

```

OUTPUT: PUSH ACC
PUSH DPH
PUSH DPL
MOV DPTR,#PORTA1
MOV A,CONT11
; MOV A,#0FFH
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,CONT12
; MOV A,#0FFH
MOVX @DPTR,A
POP DPL
POP DPH
POP ACC

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RET

; ***** SUB DELAYTIME *****

```
DELAY:  MOV    DELAY3,#00&H
DEL1:   MOV    DELAY1,#00H
DEL2:   MOV    DELAY2,#00H
        DJNZ   DELAY2,$
        DJNZ   DELAY1,DEL2
        DJNZ   DELAY3,DEL1
RET
```

```
SUBDELAY:  MOV    DELAY3,#04H
SDEL2:     MOV    DELAY1,#0D0H
SDEL1:     MOV    DELAY2,#00H
           DJNZ   DELAY2,$
           DJNZ   DELAY1,SDEL1
           DJNZ   DELAY3,SDEL2
RET
```

; ***** SUBROUTINE SFR *****

```
SETSFR:   MOV    IEC,#00011110B    ; SET ENABLE TIMER0
           MOV    IPC,#00010100B    ; SET INT HIGHER PRIORITY
           MOV    TCON,#00000000B    ; SET INT1 FALLING EDGE
           MOV    TMOD,#00100101B    ; SET SOFTWARE CONTROL
           ; TIMER0 MODE 1 COUNTER 16 BIT
           ; SET TIMER1 MODE 2 8 BIT
           MOV    SCON,#01010000B
           MOV    TH1,#0FDH
           MOV    P3,#0FFH
RET
```

; ***** SUBROUTINE SETINITIAL *****

```
;
SETINIT:  CLR    A
           MOV    FLAG1,A
           MOV    XKEYNUM,A
           MOV    XTABLE,A
           MOV    DISPNO,A
           MOV    XMODE,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV    DISBUF3,A
MOV    DISBUF4,A
MOV    OUT1,A
MOV    OUT2,A
MOV    C_100MS,#00
MOV    TH0,A
MOV    TL0,A
SETB   B_JAM
SETB   D_100MS
CLR    B_ZERO
CLR    B_SPAN
CLR    B_ZERO1
CLR    B_SPAN1
CLR    B_DOWN
CLR    B_DATAERROR
MOV    ABB2,#00H
MOV    ABB1,#00H
MOV    ABB3,#050H
MOV    ABB4,#006H
RET

:***** SERIAL PORT *****
SERIAL: CLR    ES
        LCALL  SETLCD
        MOV    R1,#031H
        MOV    R2,#06H

LOP:    MOV    A,@R1
        DJNZ  R2,GO
        SETB  ES
        CLR   RI
        RET

GO:     ACALL  TRANS
        DEC   R1
        SJMP  LOP

TRANS:  CLR    TI
        MOV   SBUF,A
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        NOP

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NOP
NOP
NOP
NOP
JNB    TI,$
RET

TAB:   DFB    '12345','67890',OFFH

```

```

; ***** WATCH DOG ADDRESS *****
;

```

```

TRIGDOG:  PUSH    DPH
          PUSH    DPL
          MOV     DPTR,#WDOG
          MOVX   @DPTR,A
          POP     DPL
          POP     DPH
          RET

```

```

; ***** SUBROUTINE START TIMER *****
;

```

```

;STARTT:  MOV     TH0,#0DBH      ; SET BYTE TO 10MS
          MOV     TLO,#0FEH     ; SET LOW BYTE
          SETB   TR0            ; START TIMER 0
          SETB   EA
          RET

```

```

; ***** START COUNTRER1 *****
;

```

```

STARTC:   SETB   TR0
          RET

```

```

; ***** SUBROUTINE CLEAR 8255 *****
;

```

```

CLR8255:  MOV     DPTR,#PORTP    ; SET PORT8255 ADDRESS #0E003
          MOV     A,#088H       ; PA,PB,= OUT,
          MOVX   @DPTR,A       ; PC0 - PC3 = OUT COLUMN SCAN
          ; PC4 - PC7 = IN, ROW
          CLR    A              ; CLEAR PORT

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV DPTR,#PORTA
MOVX @DPTR,A
INC DPL
MOVX @DPTR,A
INC DPL
MOVX @DPTR,A

MOV DPTR,#PORTP1 ; SET PORT8255 ADDRESS #0FC03H
MOV A,#80H ; PA,PB,PC=OUT
MOVX @DPTR,A
CLR A ; CLEAR PORT
MOV DPTR,#PORTA1
MOVX @DPTR,A
INC DPL
MOVX @DPTR,A
INC DPL
MOVX @DPTR,A
RET

*****SUBROUTINE PROCESS 10MS *****
P10MS: PUSH ACC
PUSH PSW
PUSH DPL
PUSH DPH
SETB RS0 ;SET REGISTER BANK 1
CLR RS1
LCALL TRIGDOG
INC C_100MS
MOV A,C_100MS
CJNE A,#039,PQ
JNB B_JAM,PQ
LCALL FREQ
PQ: LCALL SCANKEY ;SCAN KEY PROCESS
P10A: JNB B_TABLE,P10OUT
LCALL TABLE ;KEY WORD PROCESS
P10OUT: POP DPH
POP DPL
POP PSW
POP ACC
RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

;***** MULTIPLY DATA FERQUENCY TO CELCIUS *****

;

```
MULT:  PUSH  ACC
        PUSH  PSW
        PUSH  B           ; MUL VALUE OF CONSTANT TO MUL
        MOV   CONT,#00H
        MOV   IN1,TL0
        MOV   IN2,TH0
        CLR   OV
        MOV   A,IN1
        MOV   B,#008H
        MUL  AB
        MOV   OUT1,A
        JNB   OV,PP1
        MOV   CONT,B
PP1:    MOV   A,IN2
        MOV   B,#008H
        MUL  AB
        CLR   CY
        ADD  A,CONT
        MOV   OUT2,A
        JNB   CY,PP2
        INC  B
PP2:    MOV   OUT3,B
        POP  B
        POP  PSW
        POP  ACC
        RET
```

;***** CELCIUS TO FARENT *****

;

```
MUL:   PUSH  ACC
        PUSH  PSW
        PUSH  B           ; MUL VALUE OF CONSTANT TO MUL
        MOV   CONT,#00H
        MOV   IN1,TL0
        MOV   IN2,TH0
        MOV   BCF1,#00H
        MOV   BCF2,#00H
        MOV   BCF3,#00H
        CLR   OV
        CLR   CY
        MOV   A,IN1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้รับกรณีทำงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV B,#0145
MUL AB
MOV BCF1,A
JNB OV,MM1
MOV CONT,B
MM1: MOV A,IN2
MOV B,#0145
MUL AB
CLR CY
ADD A,CONT
MOV BCF2,A
JNB CY,MM2
INC B
MM2: MOV BCF3,B

```

```

POP B
POP PSW
POP ACC
RET

```

```

;***** DIVIDE DATA 0FFFFH BY (SPAN-ZERO) *****
;
DIV: MOV A,#0F0H ; DIVIDE CONT4,CONT3 BY 03H
ANL A,CONT3 ; RESULT KEEP IN CONT4
ADD A,CONT4 ; POINT RESULT KEEP IN CONT3
SWAP A
MOV B,#003
DIV AB
SWAP A
MOV CONT4,A
MOV A,#00FH
ANL A,CONT3
SWAP A
ADD A,B
SWAP A
MOV B,#003
DIV AB
ADD A,CONT4
MOV CONT4,A
MOV A,B
SWAP A
MOV B,#003
DIV AB

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SWAP  A
MOV   CONT3,A
MOV   A,B
SWAP  A
MOV   B,#003
DIV   AB
ADD   A,CONT3
MOV   CONT3,A
RET

```

```

; ***** INPUT OF FREQUENCY *****
;

```

```

FREQ: CLR   TR0
      CLR   EX1
      PUSH  ACC
      PUSH  PSW
      LCALL MULT
      MOV   HEX1,OUT1
      MOV   HEX2,OUT2
      LCALL HTOD
      LCALL SETLCD
      MOV   DPTR,#TITLE5
      LCALL LCDLD
      MOV   A,#086H
      LCALL LCDWI
      MOV   A,BCD3
      SWAP  A
      LCALL HTOA
      LCALL LCDWD
      MOV   A,BCD3
      LCALL HTOA
      MOV   ASCI5,A
      LCALL LCDWD
      MOV   A,BCD2
      SWAP  A
      LCALL HTOA
      MOV   ASCI4,A
      LCALL LCDWD
      MOV   A,BCD2
      LCALL HTOA
      MOV   ASCI3,A
      LCALL LCDWD
      MOV   A,#'.'

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LCALL LCDWD
MOV A,BCD1
SWAP A
LCALL HTOA
MOV ASCII2,A
LCALL LCDWD
MOV A,BCD1
LCALL HTOA
MOV ASCII1,A
LCALL LCDWD
MOV A,#0DFH
LCALL LCDWD
MOV A,#00001100B
LCALL LCDWI
```

```
LCALL MUL
LCALL HTD
MOV A,#0C6H
LCALL LCDWI
MOV A,BCDF4
LCALL HTOA
LCALL LCDWD
MOV A,BCDF3
SWAP A
LCALL HTOA
LCALL LCDWD
MOV A,BCDF3
LCALL HTOA
LCALL LCDWD
MOV A,BCDF2
SWAP A
LCALL HTOA
LCALL LCDWD
MOV A,#.'
LCALL LCDWD
MOV A,BCDF2
LCALL HTOA
LCALL LCDWD
MOV A,BCDF1
SWAP A
LCALL HTOA
LCALL LCDWD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV    A,#0DFH
LCALL  LCDWD
MOV    A,#0001100B
LCALL  LCDWI
```

```
LCALL  CONTROL
LCALL  ZS
LCALL  TEMP
LCALL  MULT
MOV    HEX1,OUT1
MOV    HEX2,OUT2
LCALL  HTOD
LCALL  COUTPUT
LCALL  OUTPUT
```

```
CLR    D_100MS
MOV    C_100MS,#00H
MOV    TH0,#00H
MOV    TL0,#00H
SETB  EX1
SETB  TR0
LCALL SUBDELAY
POP    PSW
POP    ACC
MOV    ASS1,ASCI1
MOV    ASS2,ASCI2
MOV    ASS3,ASCI3
MOV    ASS4,ASCI4
MOV    ASS5,ASCI5
RET
```

```
MOV    A,#0C0H
LCALL  LCDWI
MOV    A,CONT13
MOV    A,ZERO2
SWAP  A
LCALL  HTOA
LCALL  LCDWD
MOV    A,CONT13
```

```
MOV    A,ZERO2
LCALL  HTOA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับนักเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LCALL LCDWD
MOV A,CONT12
;
MOV A,ZERO1
SWAP A
LCALL HTOA
LCALL LCDWD
MOV A,CONT12
;
MOV A,ZERO1
LCALL HTOA
LCALL LCDWD
MOV A,CONT11
SWAP A
LCALL HTOA
LCALL LCDWD
MOV A,CONT11
LCALL HTOA
LCALL LCDWD
MOV A,CONT7
MOV A,OUT2
SWAP A
LCALL HTOA
LCALL LCDWD
MOV A,CONT7
;
MOV A,OUT2
LCALL HTOA
LCALL LCDWD
MOV A,CONT6
;
MOV A,OUT1
SWAP A
LCALL HTOA
LCALL LCDWD
MOV A,CONT6
;
MOV A,OUT1
LCALL HTOA
LCALL LCDWD
MOV A,CONT5
SWAP A
LCALL HTOA
LCALL LCDWD
MOV A,CONT5

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแหล่งอื่น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
LCALL DELAY
RET
```

```
;***** CONVERT XEX TO BCD *****
```

```
;
HTOD:  PUSH  ACC
        PUSH  10H
        PUSH  14H
        PUSH  15H
        PUSH  PSW
        SETB  RS0          ;SET REGISTER BANK 1
        CLR   RS1
        CLR   A
        CLR   CY
        MOV   OUT1,HEX1
        MOV   OUT2,HEX2
        MOV   BCD1,A
        MOV   BCD2,A
        MOV   BCD3,A
        MOV   R4,#016
HTOD1:  MOV   A,HEX1
        RLC   A
        MOV   HEX1,A
        MOV   A,HEX2
        RLC   A
        MOV   HEX2,A
        MOV   R5,#03
        MOV   R0,#BCD1
HTOD2:  MOV   A,@R0
        ADDC  A,ACC
        DA   A
        MOV   @R0,A
        INC  R0
        DJNZ R5,HTOD2
        DJNZ R4,HTOD1
        POP  PSW
        POP  15H
        POP  14H
        POP  10H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
POP ACC
RET
```

```
*****
HTD:  PUSH ACC
      PUSH 10H
      PUSH 14H
      PUSH 15H
      PUSH PSW
      SETB RS0          ;SET REGISTER BANK 1
      CLR  RS1
      CLR  A
      MOV  BCD1,A
      MOV  BCD2,A
      MOV  BCD3,A
      MOV  BCD4,A
      CLR  CY
      MOV  BCD1,A
      MOV  BCD2,A
      MOV  BCD3,A
      MOV  R4,#024
HTD1:  MOV  A,BCF1
      RLC  A
      MOV  BCF1,A
      MOV  A,BCF2
      RLC  A
      MOV  BCF2,A
      MOV  A,BCF3
      RLC  A
      MOV  BCF3,A
      MOV  R5,#04
      MOV  R0,#BCDF1
HTD2:  MOV  A,@R0
      ADDC A,ACC
      DA   A
      MOV  @R0,A
      INC  R0
      DJNZ R5,HTD2
      DJNZ R4,HTD1
      CLR  CY
      MOV  A,BCDF2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV    BCD2,A
JC     AB
INC    BCD3
AB:    MOV    A,BCDF3
ADD    A,#02H
DA     A
MOV    BCD3,A
POP    PSW
POP    15H
POP    14H
POP    10H
POP    ACC
RET

```

```

: ***** CONVERT BCD TO HEX *****
:

```

```

D2OH:  PUSH   ACC
        PUSH   10H
        PUSH   14H
        PUSH   15H
        PUSH   PSW
        SETB   RS0
        CLR    RS1
        MOV    CONT1,#00H
        MOV    CONT2,#00H
        MOV    R4,#016
D2OH1:  MOV    R5,#002
        MOV    R0,#CONT15
        CLR    CY
D2OH2:  MOV    A,@R0
        RRC   A
        PUSH   PSW
        JNB   ACC7,D2OH3
        CLR    CY
        SUBB  A,#030H
D2OH3:  JNB   ACC3,D2OH4
        CLR    C
        SUBB  A,#003H
D2OH4:  MOV    @R0,A
        DEC   R0
        POP   PSW

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีสืบเนื่องจากการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

RRC    A
MOV    CONT2,A
MOV    A,CONT1
RRC    A
MOV    CONT1,A
DJNZ   R4,DTOH1
POP    PSW
POP    15H
POP    14H
POP    10H
POP    ACC
RET

```

```

*****SET LCD MODULE*****
;
;
SETLCD: MOV    A,#00111000B    ;FUNCTION SET
        LCALL  LCDWI
        MOV    A,#086H
        LCALL  LCDWI
        MOV    A,#00001101B    ;DISPLAY ON/OFF
        LCALL  LCDWI    ;FLASH CURSOR
        MOV    A,#01H    ;CLEAR DISPLAY
        LCALL  LCDWI
        RET

```

```

*****LCDDIS*****
;
;LOAD DATA TO LCD-MODULE
;
;

```

```

LCDLD: MOV    A,#80H    ;SET ADDRESS LINE 1
        LCALL  LCDLDS
        MOV    A,#0C0H    ;SET ADDRESS LINE 2
        LCALL  LCDLDS
        RET
LCDLDS: PUSH   DPH    ;LOAD SUB
        PUSH   DPL
        LCALL  LCDWI
        POP    DPL

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        POP     DPH
        MOV     R2,#16           ;16 CHAR
LCDLDS1: CLR     A
        MOV     A,@A+DPTR       ;MOVC FOR CODE/MOVX DATA
        PUSH   DPH
        PUSH   DPL
        LCALL  LCDWD
        POP    DPL
        POP    DPH
        INC    DPTR
        DJNZ   R2,LCDLDS1
        RET

```

```

;*****LCDWI*****
;LCD WRITE INSTRUCTION
;
LCDWI:  MOV     DPTR,#PORTA      ;DATA TO PORT A
        MOVX   @DPTR,A
        MOV     DPTR,#PORTB     ;PORTB READ MODIFY WRITE
        MOVX   A,@DPTR
        CLR     ACC0             ;RS=0
        CLR     ACC1             ;R/W=0
        CLR     ACC2             ;ENABLE=0
        MOVX   @DPTR,A
        SETB   ACC2
        MOVX   @DPTR,A
        CLR     ACC2
        MOVX   @DPTR,A
        MOV     A,#0
LCDWI1: DEC     A
        JNZ    LCDWI1
        RET

```

```

;*****LCDWD*****
;LCD WRITE DATA (RS=1)
;
;
LCDWD:  MOV     DPTR,#PORTA      ;DATA TO PORTA
        MOVX   @DPTR,A
        MOV     DPTR,#PORTB
        MOVX   A,@DPTR
        SETB   ACC0
        CLR     ACC1
        CLR     ACC2
        MOVX   @DPTR,A

```

```

SETB   ACC2
MOVX   @DPTR,A
CLR    ACC2
MOVX   @DPTR,A
MOV    A,#0
LCDWD1: DEC   A
        JNZ   LCDWD1
        RET

```

```

;*****ALL DISPLAY FORMAT*****
;
;

```

```

NORMAL:   DFB   'BUN'
          DFB   ' '
TITLE1:   DFB   ' TEMPERATURE '
          DFB   ' TRANSMITTER '
TITLE2:   DFB   ' PRODUCT BY '
          DFB   ' CHUMPOL SILAKUL '
TITLE3:   DFB   ' AEKAPON TARAVADE '
          DFB   ' PANIDA MALAI '
TITLE4:   DFB   ' ADVISOR BY '
          DFB   ' VIRIYA KHONGRAT '
TITLE5:   DFB   ' TEMP      C '
          DFB   '          F '
TITLE6:   DFB   ' DATA ERROR '
          DFB   ' RANGE 000-650 '
TITLE7:   DFB   ' DATA ERROR '
          DFB   ' ZERO > SPAN '
TITLE8:   DFB   ' ZERO :   C '
          DFB   ' SPAN  :   C '
SETZERO:  DFB   ' ZERO :   C '
          DFB   ' RANGE 000-650 C '
SETSPAN:  DFB   ' SPAN :   C '
          DFB   ' RANGE 000-650 C '

```

```

;*****SUBROUTINE SCANKEY PROCESS*****
;
;

```

```

SCANKEY:  MOV   DPTR,#PORTC
          MOV   A,#0F0H      ;UPPER C=INPUT
          MOVX  @DPTR,A
          MOVX  A,@DPTR      ;READ PORT
          ORL  A,#00FH

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CPL      A
JZ       SCAN02      ;NO KEY PRESS
MOV      DPTR,#PORTC
MOV      A,#0FFH
MOVX     @DPTR,A
MOV      R6,#1111110B ;SET FRIST SCAN COLUMN
MOV      R5,#000H    ;KEY CODE
MOV      R4,#03H    ;LOOP
SCAN01:  MOV      A,R6
MOVX     @DPTR,A    ;OUT SCAN COLUMN
MOVX     A,@DPTR    ;READ ROW
ORL      A,#00FH
SWAP     A
SCAN01A: RRC      A
JNC      CHECK2     ;KEY PRESS
INC      R5
DJNZ     R4,SCAN01A ;RRC 4 BIT CHECK
MOV      R4,#03H    ;SET NEW LOOP
MOV      A,R6
RL       A
MOV      R6,A
CJNE     A,#11101111B,SCAN01 ;ALL SCAN PRESS
SCAN02:  MOV      XKEYNUM,#0FFH ;NO KEY PRESS
MOV      XCKEY,#000H
SJMP     SCANOUT
CHECK2:  MOV      A,R5 ;KEY CODE
CJNE     A,XKEYNUM,SCAN03
INC      XCKEY
MOV      A,XCKEY
CLR      C
SUBB     A,#04H      ;< =30ms
JC       SCANOUT
SETB     B_ACTIVE
MOV      XCKEY,#000H
MOV      XTABLE,XKEYNUM
SJMP     SCANOUT
SCAN03:  MOV      XKEYNUM,R5
MOV      XCKEY,#000H
SETB     B_TABLE
CLR      B_ACTIVE
SCANOUT: MOV      DPTR,#PORTC
MOV      A,#0FFH

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณี่ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOVX  @DPTR,A
RET

:*****SUBROUTINE TABLE (PROCESS IN 10 ms)*****
:
: INPUT  XTABLE (EX), B_TABLE (EX), B_ACTIVE (EX)
:        XCTOYAB (IN),XCTABLE (IN), B_TABST (IN)
:
TABLE:  ;      CLR      ES
          INC      XCTOTAB
          MOV      A,XCTOTAB
          CLR      C                ;CHECK COUNTER TIME OUT
          SUBB    A,#031D          ;COUNTER TIME OUT OFF CONTROL 300MS
          JC      TAB1            ;XCTOTAB < 300MS
          SETB    B_RELKEY        ;TELL STATUS RELEASE KEY TIME OUT
:        JBC     B_SAK,TAB0       ;CHECK BIT SPECIAL ALL KEY & CLEAR
          LCALL   TABLEC         ;TIME OUT
TAB0:    CLR      B_TABLE         ;OFF TABLE PROCESS
          CLR      B_TABST        ;SET STATE 1
          SJMP   TAB3
TAB1:    JNB     B_ACTIVE,TAB0    ;CHECK BIT ACTIVE
:        JB      B_SAK,TAB1A      ;CHECK SPECIAL ALL KEY
          JB      B_TABST,TAB2    ;CHECK STATE
          CLR     B_RELKEY        ;KEY PRESS FRIST IN KEY
          LCALL  TABLEA         ;STATE 1
          SETB   B_TABST         ;STATE 2
          SJMP  TAB3
TAB1A:   SJMP   TAB4
TAB2:    INC     XCTABLE         ;STATE 2
          CLR     C
          MOV     A,XCTABLE
          SUBB   A,#10D          ;CHECK >=500MS (1 COUNT= 50MS)
          JC     TAB4            ;< 500MS
          LCALL  TABLEB
          CLR     C                ;CHECK PROGRESS WANT HIGH SPEED CHANGE
          MOV     A,XCTABLE
          SUBB   A,#09D
          JC     TAB4
TAB3:    MOV     XCTABLE,#00H
TAB4:    MOV     XCTOTAB,#00H
          CLR     B_ACTIVE

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABOUT: RET

;*****SUBROUTINE MAP REAL REMOTE ASYNC KEY NUMBER TO TABLE KEYNUMBER**

;

TABASY: ANL A,#00001111B
INC A
MOVC A,@A+PC
RET
DFB 00D
DFB 01D
DFB 02D
DFB 03D
DFB 04D
DFB 05D
DFB 06D
DFB 07D
DFB 08D
DFB 09D
DFB 10D
DFB 11D

*****MAP REAL KEY SUBROUTINE*****

TBA: LJMP K12
LJMP K11
LJMP K10
LJMP K9
LJMP K8
LJMP K7
LJMP K6
LJMP K5
LJMP K4
LJMP K3
LJMP K2
LJMP K1

TABLEA: MOV DPTR,#TBA
MOV A,XTABLE
ANL A,#00001111B
MOV B,#03H ;MULTIPLY BY 3
MUL AB
JMP @A+DPTR ;JUMP TO TABLE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


```

CLR    B_JAM
CJNE  A,#003H,K1A
LCALL SETLCD
MOV   A,#084H
LCALL LCDWI
SETB  B_JAM
MOV   XMODE,#000H    ; CLEAR TO NORMAL MODE
SJMP  IO

```

```

K1A:  CJNE  A,#000H,FUNC1    ; NORMAL DISPLAY
CLR   B_JAM
LJMP  P10OUT
RET

```

```

FUNC1: CJNE  A,#001H,FUNC2    ; SET CLOCK DISPLAY
      SETB  B_ZERO
      LCALL SETLCD
      MOV   DPTR,#SETZERO
      LCALL LCDLD
      MOV   A,#0CEH
      LCALL LCDWI
      MOV   A,#0DFH
      LCALL LCDWD
      MOV   A,#00001100B
      LCALL LCDWI
      MOV   DISPNO,#004H
      SETB  B_KEYWORD
      SJMP  FUNCOUT

```

```

FUNC2: CJNE  A,#002H,FUNCOUT  ; SET CLOCK DISPLAY
      SETB  B_SPAN
      LCALL SETLCD
      MOV   DPTR,#SETSPAN
      LCALL LCDLD
      MOV   A,#0CEH
      LCALL LCDWI
      MOV   A,#0DFH
      LCALL LCDWD
      MOV   A,#00001100B
      LCALL LCDWI
      MOV   DISPNO,#004H
      SETB  B_SELECT
      SJMP  FUNCOUT

```

```

FUNCOUT:      MOV    XDDRAM,#089H    ; BIT 7 = SET DDRAM ADDRESS
              MOV    A,XDDRAM
              LCALL  LCDWI          ; WRITE INSTRUCTION ADDRESS
IO:           MOV    A,#00001101B
              LCALL  LCDWI
              RET

```

```

;***** KEY NUMERIC 4*****
K4:          JNB    B_KEYWORD,K4OUT
              MOV    A,#'4'
              MOV    R7,#004H
              LCALL  NO_OUT

```

```
K4OUT:      RET
```

```

;***** KEY NUMERIC 5 *****
;
K5:          JNB    B_KEYWORD,K5OUT
              MOV    A,#'5'
              MOV    R7,#005H
              LCALL  NO_OUT

```

```
K5OUT:      RET
```

```

;***** KEY NUMERIC 6 *****
;
K6:          JNB    B_KEYWORD,K6OUT
              MOV    A,#'6'
              MOV    R7,#006H
              LCALL  NO_OUT

```

```
K6OUT:      RET
```

```

;*****KEY NUMERIC 7 *****
;
K7:          JNB    B_KEYWORD,K7OUT
              MOV    A,#'7'
              MOV    R7,#007H
              LCALL  NO_OUT

```

```
K7OUT:      RET
```

***** KEY NUMERIC 8*****

```
K8:          JNB     B_KEYWORD,K8OUT
             MOV     A,#'8'
             MOV     R7,#008H
             LCALL  NO_OUT
```

```
K8OUT:      RET
```

***** KEY NUMERIC 9*****

```
K9:          JNB     B_KEYWORD,K9OUT
             MOV     A,#'9'
             MOV     R7,#009H
             LCALL  NO_OUT
```

```
K9OUT:      RET
```

***** KEY NUMERIC 1 *****

```
K1:          JNB     B_KEYWORD,K10OUT
             MOV     A,#'1'
             MOV     R7,#001H
             LCALL  NO_OUT
```

```
K10OUT:     RET
```

***** KEY NUMERIC 0 *****

```
K11:         JNB     B_KEYWORD,K11OUT
             MOV     A,#'0'
             MOV     R7,#000H
             LCALL  NO_OUT
```

```
K11OUT:     RET
```

***** KEY NUMERIC # *****

```
K12:         JNB     B_KEYWORD,K12OUT
             MOV     A,DISBUF4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CJNE  A,#00H,ERROR
MOV   A,DISBUF2
SWAP  A
ADD   A,DISBUF3

JNB   B_ZERO1,K12O    ;KEEP ZERO
;
;
MOV   ZERO1,A
MOV   ZERO2,DISBUF1
MOV   ABB1,A
MOV   ABB2,DISBUF1
CLR   B_ZERO1

K12O:  JNB   B_SPAN1,K12OUT ;KEEP SPAN
;
;
MOV   SPAN1,A
MOV   SPAN2,DISBUF1
MOV   ABB3,A
MOV   ABB4,DISBUF1
CLR   B_SPAN1
K12OUT: CLR  B_ZERO
        CLR  B_SPAN
        LCALL K122
        RET

ERROR:  MOV   DISBUF4,#00H
        LCALL SETLCD
        MOV   DPTR,#TITLE6
        LCALL LCDLD
        RET

```

```

K122:
        LCALL SETLCD
        MOV   DPTR,#TITLE8
        LCALL LCDLD
        MOV   A,#87H
        LCALL LCDWI
        MOV   A,ABB2
        LCALL HTOA
        LCALL LCDWD
        MOV   A,ABB1
        SWAP  A
        LCALL HTOA
        LCALL LCDWD

```

```

MOV    A,ABB1
LCALL  HTOA
LCALL  LCDWD
MOV    A,#08DH
LCALL  LCDWI
MOV    A,#0DFH
LCALL  LCDWD

```

```

MOV    A,#0C7H
LCALL  LCDWI
MOV    A,ABB4
LCALL  HTOA
LCALL  LCDWD
MOV    A,ABB3
SWAP   A
LCALL  HTOA
LCALL  LCDWD
MOV    A,ABB3
LCALL  HTOA
LCALL  LCDWD
MOV    A,#0CDH
LCALL  LCDWI
MOV    A,#0DFH
LCALL  LCDWD
MOV    A,#0001100B
LCALL  LCDWI

```

```

LCALL  CONTROL
LCALL  ZS

```

```

RET
RET

```

```

; ***** KEY NUMERIC ALL *****
;

```

```

NO_OUT:    PUSH    DPH          ; LOAD SUB.
            PUSH    DPL
            JNB     B_ZERO,NO1
            SETB    B_ZERO1
NO1:       JNB     B_SPAN,NO2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NO2:      SETB   B_SPAN1
          CLR    B_ZERO
          CLR    B_SPAN
          LCALL  LCDWD      ; WRITE DATA
          MOV    A,DISPNO   ; SAVE NUMBER TO BUFFER
          CJNE   A,#004,FILL0 ; MSB
          MOV    DISBUF1,R7
          SJMP   FILLOUT

```

```

FILL0:    CJNE   A,#003,FILL1
          MOV    DISBUF2,R7
          SJMP   FILLOUT

```

```

FILL1:    CJNE   A,#002,FILL2
          MOV    DISBUF3,R7
          SJMP   FILLOUT

```

```

FILL2:    CJNE   A,#001H,FILLOUT
          MOV    DISBUF4,R7
          SJMP   FILLOUT

```

```

FILLOUT:  DEC    DISPNO
          POP    DPL
          POP    DPH
          RET

```

```

; ***** CALCULATOR ZERO-SPAN *****
;

```

```

ZS:       CLR    CY
          MOV    A,SPAN1
          SUBB   A,ZERO1
          JNC   ZS1
          DEC   SPAN2
ZS1:      MOV    CONT3,A
          MOV    A,SPAN2
          CLR   CY
          SUBB   A,ZERO2
          MOV    CONT4,A
          JNC   ZS2
          LCALL  ERROR1

```

```

ZS2:      RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ERROR1:      LCALL  SETLCD
              MOV    DPTR,#TITLE7
              LCALL  LCDLD
              LCALL  DELAY
              RET

```

```

; ***** HEX TO ASCII *****
;

```

```

HTOA:  ANL    A,#00FH
        INC    A
        MOVC  A,@A+PC

        RET

```

```

DFB    '0'
DFB    '1'
DFB    '2'
DFB    '3'
DFB    '4'
DFB    '5'
DFB    '6'
DFB    '7'
DFB    '8'
DFB    '9'
DFB    'A'
DFB    'B'
DFB    'C'
DFB    'D'
DFB    'E'
DFB    'F'

```

```

; ***** CALCULATOR DATA 16 BIT OUTPUT *****
;

```

```

COUTPUT:

```

```

PUSH  ACC
PUSH  10H
PUSH  14H
PUSH  15H
PUSH  PSW
SETB  RS0

```

```

CLR   RS1
MOV   CONT8,#00H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV     CONT9,#00H
MOV     R4,#016
DT1:    MOV     R5,#002
        MOV     R0,#BCD3
        CLR     CY
DT2:    MOV     A,@R0
        RRC     A
        PUSH    PSW
        JNB     ACC7,DT3
        CLR     CY
        SUBB    A,#030H
DT3:    JNB     ACC3,DT4
        CLR     C
        SUBB    A,#003H
DT4:    MOV     @R0,A
        DEC     R0
        POP     PSW
        DJNZ   R5,DT2
        MOV     A,CONT9
        RRC     A
        MOV     CONT9,A
        MOV     A,CONT8
        RRC     A
        MOV     CONT8,A
        DJNZ   R4,DT1
        POP     PSW
        POP     15H
        POP     14H
        POP     10H
        POP     ACC

```

```

PUSH    CONT8
PUSH    CONT9
CLR     CY
CLR     B_DOWN
CLR     B_UP
MOV     A,CONT8
SUBB    A,ZERO1
JNC     CO2
DEC     CONT9
CLR     CY

```

```

CO2:    MOV     ZERO1,A
        MOV     A,CONT9

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SUBB  A,ZERO2
MOV   ZERO2,A
POP   CONT9
POP   CONT8
CJNE  A,#0FFH,CO3
SETB  B_DOWN
CO3:  JB   B_DOWN,CO7

```

```

;     CLR   CY
;     MOV   A,SPAN1
;     SUBB  A,CONT8
;     JNC   CO13
;     DEC   SPAN2
;CO13: CLR   CY
;     MOV   A,SPAN2
;     SUBB  A,CONT9
;     JNC   CO14
;     SETB  B_UP
;     LJMP  CO12
CO14: MOV   CONT13,#00H
      MOV   CONT12,#00H
      MOV   CONT11,#00H
      MOV   A,ZERO1
      MOV   B,CONT6
      MUL   AB
      MOV   CONT11,A
      MOV   CONT14,B
      MOV   A,ZERO2
      MOV   B,CONT6
      MUL   AB
      CLR   CY
      ADD   A,CONT14
      MOV   CONT12,A
      JNC   CO4
;     SETB  B_UP
;     INC   B
CO4:  MOV   CONT13,B
      MOV   A,ZERO1
      MOV   B,CONT7
      MUL   AB

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ADD    A,CONT12
MOV    CONT12,A
JNC    C05
;     SETB  B_UP
INC    CONT13
C05:  MOV    A,B
ADD    A,CONT13
MOV    CONT13,A
MOV    A,ZERO2
MOV    B,CONT7
MUL    AB
ADD    A,CONT13
MOV    CONT13,A
MOV    A,CONT13
CJNE  A,#00H,C012
JB     B_UP,C012
MOV    A,CONT11
CLR    CY
ADD    A,#0FFH
MOV    CONT11,A
JNC    C06
INC    CONT12
C06:  RET
C07:  CLR    A
CLR    B_DOWN
MOV    CONT11,A
MOV    CONT12,A
RET
C012: CLR    B_UP
MOV    CONT11,#0FFH
MOV    CONT12,#0FFH
RET

```

```

; ***** TEMP TABLE FACTOR *****
;

```

```

TEMP:  PUSH  DPH
        PUSH  DPL
        PUSH  10H
        MOV   CONT5,#00H
        MOV   CONT6,#00H
        MOV   CONT7,#00H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SETB  RS0
CLR    RS1
MOV    A,CONT4
CJNE  A,#00H,TT1
MOV    DPTR,#TTABLE0
TT1:  CJNE  A,#001H,TT2
      MOV    DPTR,#TTABLE1
TT2:  CJNE  A,#002H,TT3
      MOV    DPTR,#TTABLE2
TT3:  MOV    A,CONT3
      MOV    B,#05H
      DIV   AB
      MOV    B,#003H
      MUL   AB
      MOV    R0,A
      MOVC  A,@A+DPTR
      MOV    CONT7,A
      INC   R0
      MOV    A,R0
      MOVC  A,@A+DPTR
      MOV    CONT6,A
      INC   R0
      MOV    A,R0
      MOVC  A,@A+DPTR
      MOV    CONT5,A
TTOUT: POP  10H
      POP  DPL
      POP  DPH
      RET

```

***** TTABLE *****

```

TTABLE0:  DFB  00H,00H,00H
          DFB  32H,0CDH,00H,19H,66H,80H,10H,0EFH,00H,0CH,0B3H,40H,0AH,29H,00H
          DFB  08H,77H,80H,07H,41H,0D0H,06H,59H,0A0H,05H,0A5H,00H,05H,14H,80H
          DFB  04H,9EH,40H,04H,3BH,0C0H,03H,0E8H,60H,03H,0A0H,0E0H,03H,65H,00H
          DFB  03H,2CH,0D0H,02H,0FDH,00H,02H,0D2H,80H,02H,0ACH,70H,02H,8AH,40H
          DFB  02H,6BH,40H,02H,4FH,20H,02H,35H,60H,02H,1DH,0E0H,02H,08H,30H
          DFB  01H,0F4H,30H,01H,0E1H,0A0H,01H,0D0H,70H,01H,0C0H,70H,01H,0B1H,80H
          DFB  01H,0A3H,80H,01H,96H,60H,01H,8AH,10H,01H,7EH,80H,01H,73H,90H
          DFB  01H,69H,40H,01H,5FH,70H,01H,56H,30H,01H,4DH,70H,01H,45H,20H
          DFB  01H,3DH,30H,01H,35H,0A0H,01H,2EH,70H,01H,27H,90H,01H,21H,00H
          DFB  01H,1AH,0B0H,01H,14H,0B0H,01H,0EH,0F0H,01H,09H,60H,01H,04H,10H

```

DFB 00H,0FFH,00H

TTABLE1: DFB 00H,0FFH,00H

DFB 00H,0FAH,10H,00H,0F5H,60H,00H,0F0H,0D0H,00H,0ECH,70H,00H,0E8H,30H
DFB 00H,0E4H,20H,00H,0E0H,30H,00H,0DCH,60H,00H,0D8H,0C0H,00H,0D6H,30H
DFB 00H,0D1H,0C0H,00H,0CEH,60H,00H,0CBH,30H,00H,0C8H,10H,00H,0C5H,0BH
DFB 00H,0C2H,10H,00H,0BFH,40H,00H,0BCH,70H,00H,0B9H,0C0H,00H,0B7H,20H
DFB 00H,0B4H,0A0H,00H,0B2H,20H,00H,0AFH,0B0H,00H,0ADH,60H,00H,0ABH,10H
DFB 00H,0A8H,0E0H,00H,0A6H,0B0H,00H,0A4H,90H,00H,0A2H,90H,00H,0A0H,80H
DFB 00H,9EH,90H,00H,9CH,0A0H,00H,9AH,0D0H,00H,99H,00H,00H,97H,30H
DFB 00H,95H,70H,00H,93H,0C0H,00H,92H,10H,00H,90H,80H,00H,8EH,0E0H
DFB 00H,8DH,50H,00H,8BH,0D0H,00H,8AH,50H,00H,88H,0E0H,00H,87H,70H
DFB 00H,86H,10H,00H,84H,0B0H,00H,83H,50H,00H,82H,0CH,00H,80H,0C0H
DFB 00H,7FH,80H

TTABLE2: DFB 00H,7EH,80H,00H,7EH,40H

DFB 00H,7DH,0CH,00H,7BH,0D0H,00H,7AH,0B0H,00H,79H,80H,00H,78H,60H
DFB 00H,77H,40H,00H,76H,30H,00H,75H,20H,00H,74H,10H,00H,73H,10H
DFB 00H,72H,10H,00H,71H,10H,00H,70H,10H,00H,6FH,20H,00H,6EH,30H
DFB 00H,6DH,40H,00H,6CH,60H,00H,6BH,70H,00H,6AH,90H,00H,69H,0B0H
DFB 00H,68H,0E0H,00H,68H,0AH,00H,67H,30H,00H,66H,60H,00H,65H,90H
DFB 00H,64H,0D0H,00H,64H,09H

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROGRAM C

TEMPERATURE TRANSMITTER

PRESENT BY

1. CHUMPOL SLAKUL
2. AEKAPON TRANRAWADEE
3. PANIDA MALAI

INSTRUMENT ENGINEER

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <conio.h>
#include <math.h>
#include <graphics.h>
#include <dos.h>
#include <alloc.h>
#include <bits.h>

#define PORT 0
#define UPKEY 0x4200
#define DOWNKEY 0x5000
#define ENTER 0x1c0d
```

```
void Initial_graph(void);
void Dia_Block(int,int,int,int,int,int,int,char);
void setfont(void);
void logo(void);
void error_besp(void);
void menu(void);
void push(int,int,int,int);
void message2(char *m);
void message1(char *n);
void ex_1(void);
void menu_1(void);
void menu_2(void);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

void run(void);
void port_init();
void sport();
char rport();
int check_stat(int);
void Change_Degree();
void Show_Display(unsigned long);

int x = 0;
char c_1 = 7;
char *Data[7];
unsigned long Toltemp = 0;
void far *bitimage;
char key_count = 1,oldkey[10],display = 0;
char *mess0[] = {"CHANGE TEMPERATURE DEGREE TO FARENGHIGE",
                "CHANGE TEMPERATURE DEGREE TO CELCIOUS",
                "NO CONNECT WITH TEMPERATURE TRANSMITTER",
                "RUN PROGRAM","EXIT PROGRAM"};
char *mess1[] = {"PRESS 'ENTER' : FOR CHANGE TEMPERATURE DEGREE TO FARENGHIGE",
                "PRESS 'ENTER' : FOR CHANGE TEMPERATURE DEGREE TO CELCIOUS",
                "PRESS 'ENTER' : FOR NO CONNECT WITH TEMPERATURE TRANSMITTER",
                "PRESS 'ENTER' : FOR RUN PROGRAM",
                "PRESS 'ENTER' : FOR EXIT PROGRAM"};
char *mess2[] = {"PRESS 'Y' : EXIT PROGRAM , PRESS 'N' : CANCEL"};
char *menu0[] = {"C","F","BREAK","RUN","EXIT"};

void main(void)
{
    clrscr();
    Initial_graph();
    logo();
    error_beep();
    getch();
    delay(1000);
    cleardevice();
    menu();
    closegraph();
}

void Initial_graph(void)
{
    int graphdriver = DETECT,graphmode,errorcode;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

initgraph(&graphdriver,&graphmode,"");
errorcode = graphresult();
if(errorcode != grOk)
{
    printf("Graphics error : %s\n",grapherrormsg(errorcode));
    printf("Press any key to halt : ");
    getch();
    exit(1);
}
}

```

```

void Dia_Block(x1,y1,x2,y2,for_c,blk_c,sha_d,width_1)

```

```

int x1,y1,x2,y2;

```

```

int for_c,blk_c,sha_d;

```

```

char width_1;

```

```

{

```

```

    int a;

```

```

    setfillstyle(SOLID_FILL,for_c);

```

```

    bar(x1,y1,x2,y2);

```

```

    setcolor(blk_c);

```

```

    for(a=0;a<=width_1;a++)

```

```

    {

```

```

        line(x1+a,y1+a,x2-a,y1+a);

```

```

        line(x1+a,y1+a,x1+a,y2-a);

```

```

    }

```

```

    setcolor(sha_d);

```

```

    for(a=0;a<=width_1;a++)

```

```

    {

```

```

        line(x2-a,y1+a,x2-a,y2-a);

```

```

        line(x1+a,y2-a,x2-a,y2-a);

```

```

    }

```

```

}

```

```

void setfont(void)

```

```

{

```

```

    settxtstyle(1,0,4);

```

```

    setusercharsize(2,4,2,4);

```

```

}

```

```

void logo(void)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น หากมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

bar(10,5,630,475);
Dia_Block(10,5,630,475,89,63,56,3);
Dia_Block(120,50,520,150,60,56,63,2);
settextstyle(2,0,8);
setcolor(1);
outtextxy(242,55,"TEMPERATURE");
outtextxy(241,56,"TEMPERATURE");
outtextxy(240,57,"TEMPERATURE");
outtextxy(242,85,"TRANSMITTER");
outtextxy(241,86,"TRANSMITTER");
outtextxy(240,87,"TRANSMITTER");
outtextxy(272,115,"CONTROL");
outtextxy(271,116,"CONTROL");
outtextxy(270,117,"CONTROL");
setcolor(14);
outtextxy(239,58,"TEMPERATURE");
outtextxy(239,88,"TRANSMITTER");
outtextxy(269,118,"CONTROL");
settextstyle(4,0,2);
setcolor(WHITE);
outtextxy(60,200,"Present By...");
outtextxy(60,320,"Advisor...");
outtextxy(60,390,"Faculty Of Engineer");
outtextxy(60,420,"King Mongkut's Institute Of Technology Ladkrabang");
settextstyle(3,0,2);
outtextxy(205,230,"1. Mr. Chumpol Silakul");
outtextxy(200,260,"2. Mr. Eakapon Tiantawadee");
outtextxy(200,290,"3. Ms. Panida Malai");
outtextxy(200,350,"Mr. Viriya Kongratana");
}

void error_bEEP()
{
    sound(100);delay(100);nosound();
}

void menu()
{
    char msg[] = {"TEMPERATURE DISPLAY"};

    Dia_Block(10,5,630,50,LIGHTGRAY,WHITE,DARKGRAY,4);
    Dia_Block(20,12,620,42,YELLOW,56,63,2);
    setfillstyle(SOLID_FILL,LIGHTCYAN);

```

```

bar(10,51,520,475);
setcolor(LIGHTBLUE);
rectangle(15,55,515,415);
setcolor(DARKGRAY);
rectangle(14,55,514,415);
Dia_Block(10,420,630,475,LIGHTGRAY,WHITE,DARKGRAY,2);
settextstyle(3,0,1);
setcolor(5);
settextjustify(1,1);
outtextxy(325,25,msg);
settextjustify(0,2);
menu_10;
}

void message2(char *m)
{
setfillstyle(SOLID_FILL,c_1);
bar(15,450,625,465);
settextstyle(0,0,1);
setcolor(BLUE);
outtextxy(20,455,m);
}

void message1(char *n)
{
setfillstyle(SOLID_FILL,c_1);
bar(15,430,625,445);
settextstyle(0,0,1);
setcolor(BLACK);
outtextxy(20,435,n);
}

void menu_10
{
int key;

setfillstyle(SOLID_FILL,LIGHTCYAN);
bar(20,61,510,410);
Dia_Block(520,51,630,419,LIGHTBLUE,DARKGRAY,WHITE,2);
settextstyle(2,0,8);
setcolor(1);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

outtextxy(182,178,"TEMPERATURE");
outtextxy(180,210,"TRANSMITTER");
outtextxy(181,209,"TRANSMITTER");
outtextxy(182,208,"TRANSMITTER");
outtextxy(210,240,"CONTROL.");
outtextxy(211,239,"CONTROL.");
outtextxy(212,238,"CONTROL.");
setcolor(14);
outtextxy(179,177,"TEMPERATURE");
outtextxy(179,207,"TRANSMITTER");
outtextxy(209,237,"CONTROL.");

```

```

Dia_Block(530,90,620,125,LIGHTGRAY,WHITE,DARKGRAY,2);
Dia_Block(535,95,575,120,LIGHTGRAY,DARKGRAY,WHITE,2);
Dia_Block(577,95,615,120,LIGHTGRAY,WHITE,DARKGRAY,2);
Dia_Block(530,150,620,185,LIGHTGRAY,WHITE,DARKGRAY,2);
Dia_Block(530,210,620,245,LIGHTGRAY,WHITE,DARKGRAY,2);
Dia_Block(530,275,620,310,LIGHTGRAY,WHITE,DARKGRAY,2);
setfont();
setcolor(LIGHTRED);
outtextxy(558,219,menu0[3]);
setcolor(BLACK);
outtextxy(558,294,menu0[4]);
setcolor(WHITE);
outtextxy(552,99,menu0[0]);
outtextxy(592,99,menu0[1]);
circle(546,102,2);
circle(586,102,2);
outtextxy(552,159,menu0[2]);
message1(mess0[3]);
message2(mess1[3]);
key_count = 1;
for(;;)

```

```

{
    key = bioskey(0);
    switch(key)
    {
        case UPKEY : oldkey[0] = key_count;
                    key_count--;
                    if(display == 1 && key_count > 1)
                        key_count = 1;
                    else if(display == 0 && key_count < 1)
                        key_count = 2;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if(key_count == 1)
{
    setfont();
    setcolor(LIGHTRED);
    outtextxy(558,219,menu0[3]);
    message1(mess0[3]);
    message2(mess1[3]);
    Dia_Block(530,275,620,310,LIGHTGRAY,WHITE,DARKGRAY,2);
    setfont();
    setcolor(BLACK);
    outtextxy(558,284,menu0[4]);
}
else if(key_count == 2)
{
    setfont();
    setcolor(LIGHTRED);
    outtextxy(558,284,menu0[4]);
    message1(mess0[4]);
    message2(mess1[4]);
    setfont();
    setcolor(BLACK);
    outtextxy(558,219,menu0[3]);
} break;
case DOWNKEY : oldkey[0] = key_count;
key_count++;
if(display == 0 && key_count > 2)
    key_count = 1;
else if(display == 1 && key_count > 2)
    key_count = 2;
if(key_count == 1)
{
    setfont();
    setcolor(LIGHTRED);
    outtextxy(558,219,menu0[3]);
    message1(mess0[3]);
    message2(mess1[3]);
    Dia_Block(530,275,620,310,LIGHTGRAY,WHITE,DARKGRAY,2);
    setfont();
    setcolor(BLACK);
    outtextxy(558,284,menu0[4]);
}
else if(key_count == 2)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        setfont();
        setcolor(LIGHTRED);
        outtextxy(553,284,menu0[4]);
        message1(mess0[4]);
        message2(mess1[4]);
        setfont();
        setcolor(BLACK);
        outtextxy(558,219,menu0[3]);
    }
    break;
case ENTER : if(key_count == 1)
    {
        push(530,210,620,245);
        setfont();
        setcolor(LIGHTRED);
        outtextxy(559,220,menu0[3]);
        menu_20;
    }
    else if(key_count == 2)
    {
        push(530,275,620,310);
        setfont();
        setcolor(LIGHTRED);
        outtextxy(559,285,menu0[4]);
        message2(mess2[0]);
        ex_10;
    }
    break;
default    error_beep0;
           break;
}
}
}

void push(int a1,int a2,int a3,int a4)
{
    Dia_Block(a1,a2,a3,a4,7,8,15,2);
}

void ex_1(void)
{
    unsigned size8;
    char ex;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

size8 = imagesize(150,180,365,260);
bitimage = famalloc(size8);
getimage(150,180,365,260,bitimage);
Dia_Block(150,180,365,260,7,15,8,2);
Dia_Block(156,186,359,254,57,8,15,2);
setcolor(62);
rectangle(162,192,353,248);
rectangle(164,194,351,246);
settextstyle(0,0,1);
settextjustify(1,1);
setcolor(56);
outtextxy(256,221,"Exit program (Y/N) : ");
outtextxy(255,222,"Exit program (Y/N) : ");
setcolor(62);
outtextxy(257,220,"Exit program (Y/N) : ");
ex = toupper(getch());
if(ex == 'Y')
{
    putimage(150,180,bitimage,COPY_PUT);
    free(bitimage);
    error_beeper();
    closegraph();
    exit(0);
}
else
{
    putimage(150,180,bitimage,COPY_PUT);
    free(bitimage);
    settextjustify(0,2);
    Dia_Block(530,275,620,310,LIGHTGRAY,WHITE,DARKGRAY,2);
    setfont();
    setcolor(LIGHTRED);
    outtextxy(558,294,menu0[4]);
    message2(mess1[4]);
}
settextjustify(0,2);
}

void port_init()
{
    union REGS r;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

r.x.dx = PORT;
r.h.ah = 0;
r.h.al = 0xe3;
int86(0x14,&r,&t);
}

```

```

void sport()

```

```

{
char c = '.';
union REGS r;

r.x.dx = PORT;
r.h.al = c;
r.h.ah = 1;
int86(0x14,&r,&t);
if(r.h.ah & 128)
{
settextstyle(1,0,2);
setcolor(BLACK);
outtextxy(135,200,"Send error in serial port");
delay(5000);
closegraph();
exit(1);
}
}

```

```

char rport()

```

```

{
union REGS r;

r.x.dx = PORT;
r.h.ah = 2;
int86(0x14,&r,&t);
return(r.h.al);
}

```

```

int check_stat()

```

```

{
union REGS r;

r.x.dx = PORT;
r.h.ah = 3;
int86(0x14,&r,&t);

```

```

return r.x.ax;
}

void run()
{
    int r;
    unsigned long temp1,temp2,temp3,temp4,temp5;
    unsigned long temp1_1,temp2_2,temp3_3,temp4_4,temp5_5;

    port_init();
    sport();
    for(r=1;r<7;r++)
    {
        Data[r] = rport();
    }

    Toltemp = 0;
    temp1 = atoi(&Data[1]);
    temp1_1 = temp1 * 10000;
    temp2 = atoi(&Data[2]);
    temp2_2 = temp2 * 1000;
    temp3 = atoi(&Data[3]);
    temp3_3 = temp3 * 100;
    temp4 = atoi(&Data[4]);
    temp4_4 = temp4 * 10;
    temp5 = atoi(&Data[5]);
    Toltemp = temp1_1 + temp2_2 + temp3_3 + temp4_4 + temp5;
    Change_Degree();
}

void Change_Degree()
{
    unsigned long CToltemp,FToltemp;

    CToltemp = Toltemp;
    if(x == 0)
    {
        Show_Display(CToltemp);
    }
    else if(x == 1)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 $FToltemp = 3200 + (1.8 * CToltemp);$
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    Show_Display(FToItemp);
}
}

void Show_Display(unsigned long Show_temp)
{
    unsigned long z,a,b,c,d,e;
    unsigned long value,value_z,value_a,value_b,value_c,value_d;
    char str_z[1],str_a[1],str_b[1],str_c[1],str_d[1],str_e[1];
    char *Cdegree = "C";
    char *Fdegree = "F";
    char *dot = ".";

    value = Show_temp;

    setfillstyle(SOLID_FILL,LIGHTMAGENTA);
    bar(130,180,390,245);
    settextstyle(1,0,4);
    setcolor(BLACK);
    outtextxy(250,200,dot);

    if(x == 0)
    {
        a = value / 10000;
        value_a = value - (a*10000);
        b = value_a / 1000;
        value_b = value_a - (b*1000);
        c = value_b / 100;
        value_c = value_b - (c*100);
        d = value_c / 10;
        value_d = value_c - (d*10);
        e = value_d;

        itoa(a,str_a,10);
        itoa(b,str_b,10);
        itoa(c,str_c,10);
        itoa(d,str_d,10);
        itoa(e,str_e,10);

        settextstyle(1,0,4);
        setcolor(BLACK);
        outtextxy(310,200,Cdegree);
        circle(300,203,2);

```

```

if(a > 0)
{
    outtextxy(190,200,str_a);
    outtextxy(210,200,str_b);
    outtextxy(230,200,str_c);
    outtextxy(260,200,str_d);
    outtextxy(280,200,str_e);
}

if(a == 0)
{
    if(b > 0)
    {
        outtextxy(210,200,str_b);
        outtextxy(230,200,str_c);
        outtextxy(260,200,str_d);
        outtextxy(280,200,str_e);
    }
    else if(b == 0)
    {
        outtextxy(230,200,str_c);
        outtextxy(260,200,str_d);
        outtextxy(280,200,str_e);
    }
}
}

else if(x == 1)
{
    z = value / 100000;
    value_z = value - (z*100000);
    a = value_z / 10000;
    value_a = value_z - (a*10000);
    b = value_a / 1000;
    value_b = value_a - (b*1000);
    c = value_b / 100;
    value_c = value_b - (c*100);
    d = value_c / 10;
    value_d = value_c - (d*10);
    e = value_d;
    itoa(z,str_z,10);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

itoa(a,str_a,10);
itoa(b,str_b,10);
itoa(c,str_c,10);
itoa(d,str_d,10);
itoa(e,str_e,10);

settextstyle(1,0,4);
setcolor(BLACK);
outtextxy(310,200,Fdegree);
circle(300,203,2);

```

```

if(z > 0)
{
    outtextxy(170,200,str_z);
    outtextxy(190,200,str_a);
    outtextxy(210,200,str_b);
    outtextxy(230,200,str_c);
    outtextxy(260,200,str_d);
    outtextxy(280,200,str_e);
}
if(z == 0)
{
    if(a > 0)
    {
        outtextxy(190,200,str_a);
        outtextxy(210,200,str_b);
        outtextxy(230,200,str_c);
        outtextxy(260,200,str_d);
        outtextxy(280,200,str_e);
    }
    else if(a == 0)
    {
        if(b > 0)
        {
            outtextxy(210,200,str_b);
            outtextxy(230,200,str_c);
            outtextxy(260,200,str_d);
            outtextxy(280,200,str_e);
        }
        else if(b == 0)
        {

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        outtextxy(260,200,str_d);
        outtextxy(280,200,str_e);
    }
}
}
}

void menu_20
{
    int key2;
    int e;
    long time1;

    setfillstyle(SOLID_FILL,LIGHTCYAN);
    bar(16,56,512,214);
    Dia_Block(120,170,400,265,LIGHTGRAY,WHITE,DARKGRAY,4);
    Dia_Block(125,175,395,260,LIGHTMAGENTA,DARKGRAY,WHITE,2);
    if(x == 0)
    {
        setfont(0);
        setcolor(LIGHTRED);
        outtextxy(592,99,menu0[1]);
        circle(586,102,2);
    }
    else if(x == 1)
    {
        setfont(0);
        setcolor(LIGHTRED);
        outtextxy(552,99,menu0[0]);
        circle(546,102,2);
    }
    setfont(0);
    setcolor(BLACK);
    outtextxy(552,159,menu0[2]);
    outtextxy(558,284,menu0[4]);
    message1(mess0[0]);
    message2(mess1[0]);
    setfont(0);
    setcolor(WHITE);
    outtextxy(559,220,menu0[3]);
    e=0;
    do

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

{
run();
if(kbhit())
{
key2 = bioskey(0);
switch(key2)
{
case UPKEY : oldkey[1] = key_count;
key_count--;
if(display == 1 && key_count > 1)
key_count = 1;
if(display == 0 && key_count < 1)
key_count = 3;
if(key_count == 1)
{
if(x == 0)
{
setfont();
setcolor(LIGHTRED);
outtextxy(592,99,menu0[1]);
circle(586,102,2);
message1(mess0[0]);
message2(mess1[0]);
}
else if(x == 1)
{
setfont();
setcolor(LIGHTRED);
outtextxy(552,99,menu0[0]);
circle(546,102,2);
message1(mess0[1]);
message2(mess1[1]);
}

setfont();
setcolor(BLACK);
outtextxy(552,159,menu0[2]);
}
else if(key_count == 2)
{
setfont();
setcolor(LIGHTRED);
outtextxy(552,159,menu0[2]);
}
}
}
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

message1(mess0[2]);
message2(mess1[2]);
setfont();
setcolor(BLACK);
outtextxy(558,284,menu0[4]);
}
else if(key_count == 3)
{
setfont();
setcolor(LIGHTRED);
outtextxy(558,284,menu0[4]);
message1(mess0[4]);
message2(mess1[4]);

if(x == 0)
{
setfont();
setcolor(BLACK);
outtextxy(592,99,menu0[1]);
circle(586,102,2);
}
else if(x == 1)
{
setfont();
setcolor(BLACK);
outtextxy(552,99,menu0[0]);
circle(546,102,2);
}
}
break;

case DOWNKEY . oldkey[1] = key_count;
key_count++;
if(display == 0 && key_count > 3)
key_count = 1;
if(display == 1 && key_count > 3)
key_count = 3;
if(key_count == 1)
{
if(x == 0)
{
setfont();
setcolor(LIGHTRED);
outtextxy(592,99,menu0[1]);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        circle(586,102,2);
        message1(mess0[0]);
        message2(mess1[0]);
    }
    else if(x == 1)
    {
        setfont();
        setcolor(LIGHTRED);
        outtextxy(552,99,menu0[0]);
        circle(546,102,2);
        message1(mess0[1]);
        message2(mess1[1]);
    }
    setfont();
    setcolor(BLACK);
    outtextxy(558,284,menu0[4]);
}
else if(key_count == 2)
{
    setfont();
    setcolor(LIGHTRED);
    outtextxy(552,159,menu0[2]);
    if(x == 0)
    {
        setcolor(BLACK);
        outtextxy(592,99,menu0[1]);
        circle(586,102,2);
    }
    else if(x == 1)
    {
        setcolor(BLACK);
        outtextxy(552,99,menu0[0]);
        circle(546,102,2);
    }
    message1(mess0[2]);
    message2(mess1[2]);
}
else if(key_count == 3)
{
    setfont();
    setcolor(LIGHTRED);
    outtextxy(558,284,menu0[4]);
    message1(mess0[4]);
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        message2(mess1[4]);
        setfont();
        setcolor(BLACK);
        outtextxy(552,159,menu0[2]);
    }
    break;
case ENTER : if(key_count == 1)
    {
        if(x == 0)
        {
            push(577,95,615,120);
            setfont();
            setcolor(WHITE);
            outtextxy(593,100,menu0[1]);
            circle(587,103,2);
            Dia_Block(535,95,575,120,LIGHTGRAY,WHITE,DARKGRAY,2);
            setcolor(LIGHTRED);
            outtextxy(552,99,menu0[0]);
            circle(546,102,2);
            message1(mess0[1]);
            message2(mess1[1]);
            x = 1;
            Change_Degree();
        }
        else if(x == 1)
        {
            push(535,95,575,120);
            setfont();
            setcolor(WHITE);
            outtextxy(553,100,menu0[0]);
            circle(547,103,2);
            Dia_Block(577,95,615,120,LIGHTGRAY,WHITE,DARKGRAY,2);
            setcolor(LIGHTRED);
            outtextxy(592,99,menu0[1]);
            circle(586,102,2);
            message1(mess0[0]);
            message2(mess1[0]);
            x = 0;
            Change_Degree();
        }
    }
}

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

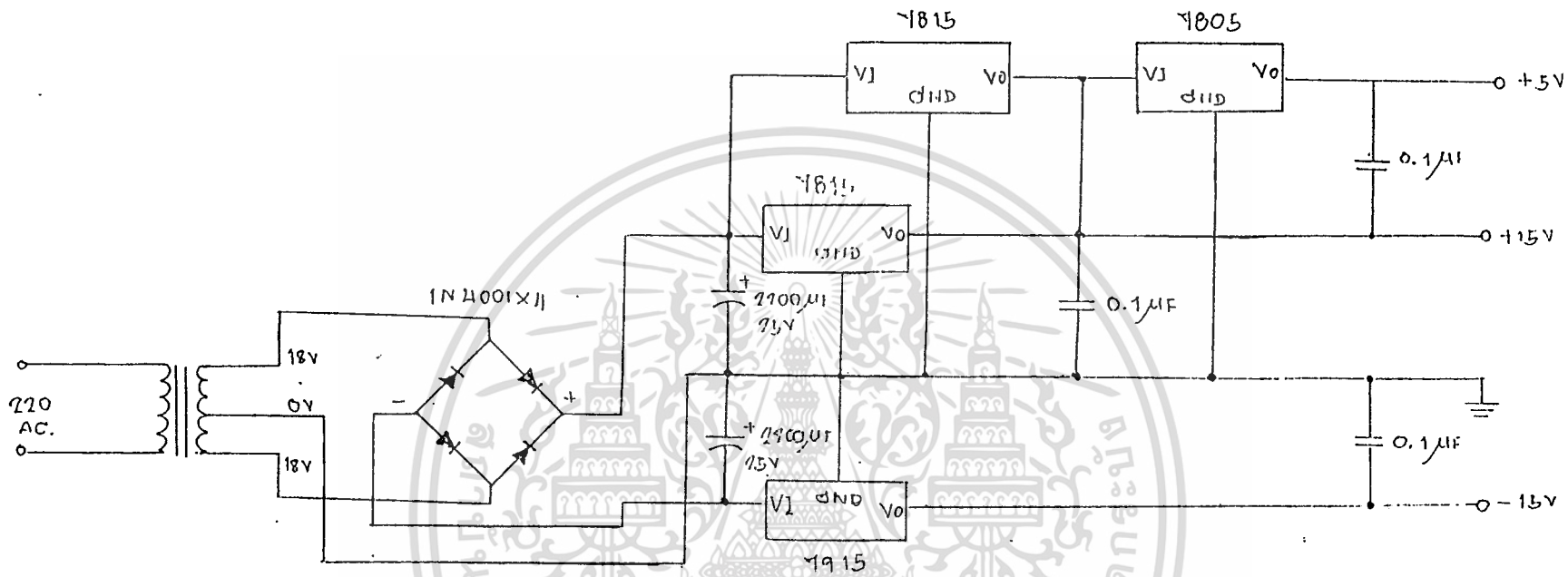
        push(530,150,620,185);
        setfont();
        setcolor(LIGHTRED);
        outtextxy(553,160,menu0[2]);
        menu_10;
    }
else if(key_count == 3)
{
    push(530,275,620,310);
    setfont();
    setcolor(LIGHTRED);
    outtextxy(559,285,menu0[4]);
    message2(mess2[0]);
    ex_10;
}
break;
default : error_bEEP0;
break;
}
}
if(e=1)
{
for(time1=0,time1<1000,time1++)
{
}
}
}while(e=1);
}

```

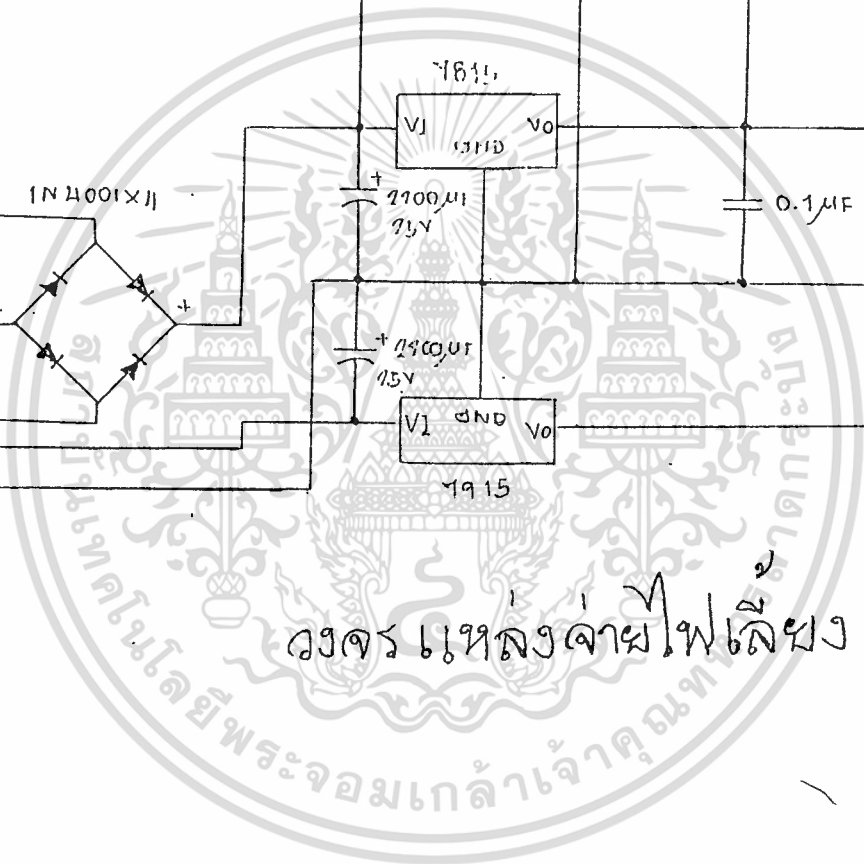
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง





LM131A/LM131, LM231A/LM231, LM331A/LM331 Precision Voltage-to-Frequency Converters

General Description

The LM131/LM231/LM331 family of voltage-to-frequency converters are ideally suited for use in simple low-cost circuits for analog-to-digital conversion, precision frequency-to-voltage conversion, long-term integration, linear frequency modulation or demodulation, and many other functions. The output when used as a voltage-to-frequency converter is a pulse train at a frequency precisely proportional to the applied input voltage. Thus, it provides all the inherent advantages of the voltage-to-frequency conversion techniques, and is easy to apply in all standard voltage-to-frequency converter applications. Further, the LM131A/LM231A/LM331A attains a new high level of accuracy versus temperature which could only be attained with expensive voltage-to-frequency modules. Additionally the LM131 is ideally suited for use in digital systems at low power supply voltages and can provide low-cost analog-to-digital conversion in microprocessor-controlled systems. And, the frequency from a battery powered voltage-to-frequency converter can be easily channeled through a simple photoisolator to provide isolation against high common mode levels.

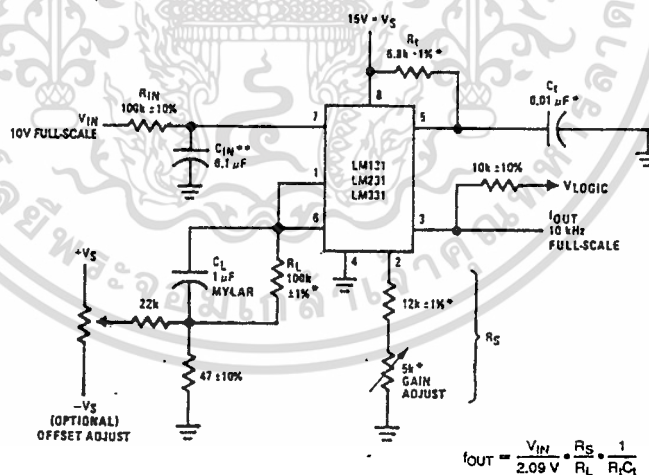
The LM131/LM231/LM331 utilizes a new temperature-compensated band-gap reference circuit, to provide excellent accuracy over the full operating temperature range, at power supplies as low as 4.0V. The precision timer circuit

has low bias currents without degrading the quick response necessary for 100 kHz voltage-to-frequency conversion. And the output is capable of driving 3 TTL loads, or a high voltage output up to 40V, yet is short-circuit-proof against V_{CC} .

Features

- Guaranteed linearity 0.01% max
- Improved performance in existing voltage-to-frequency conversion applications
- Split or single supply operation
- Operates on single-5V supply
- Pulse output compatible with all logic forms
- Excellent temperature stability, ± 50 ppm/ $^{\circ}\text{C}$ max
- Low power dissipation, 15 mW typical at 5V
- Wide dynamic range, 100 dB min at 10 kHz full scale frequency
- Wide range of full scale frequency, 1 Hz to 100 kHz
- Low cost

Typical Applications



*Use stable components with low temperature coefficients. See Typical Applications section.

**0.1 μF or 1 μF , See "Principles of Operation."

FIGURE 1. Simple Stand-Alone Voltage-to-Frequency Converter with $\pm 0.03\%$ Typical Linearity ($f = 10 \text{ Hz to } 11 \text{ kHz}$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings (Note 1)

If Military/Aerospace specified devices are required, contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

	LM131A/LM131	LM231A/LM231	LM331A/LM331
Supply Voltage	40V	40V	40V
Output Short Circuit to Ground	Continuous	Continuous	Continuous
Output Short Circuit to V_{CC}	Continuous	Continuous	Continuous
Input Voltage	-0.2V to $+V_S$	-0.2V to $+V_S$	-0.2V to $+V_S$
Operating Ambient Temperature Range	T_{MIN} T_{MAX} -55°C to +125°C	T_{MIN} T_{MAX} -25°C to +85°C	T_{MIN} T_{MAX} 0°C to +70°C
Power Dissipation (P_D at 25°C) and Thermal Resistance (θ_{JA})			
(H Package) P_D	670 mW	570 mW	570 mW
θ_{JA}	150°C/W	150°C/W	150°C/W
(N Package) P_D		500 mW	500 mW
θ_{JA}		155°C/W	155°C/W
Lead Temperature (Soldering, 10 sec.)			
Dual-In-Line Package (Plastic)	260°C	260°C	260°C
Metal Can Package (TO-5)	260°C	260°C	260°C
ESD Susceptibility (Note 4)	TBD V	TBD V	TBD V

Electrical Characteristics $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified (Note 2)

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
VFC Non-Linearity (Note 3)	$4.5V \leq V_S \leq 20V$		± 0.003	± 0.01	% Full Scale
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$		± 0.006	± 0.02	% Full Scale
VFC Non-Linearity In Circuit of Figure 1	$V_S = 15V, f = 10 \text{ Hz to } 11 \text{ kHz}$		± 0.024	± 0.14	% Full Scale
Conversion Accuracy Scale Factor (Gain)	$V_{IN} = -10V, R_S = 14 \text{ k}\Omega$				
		LM131, LM131A, LM231, LM231A LM331, LM331A	0.95 0.90	1.00 1.00	1.05 1.10
Temperature Stability of Gain LM131/LM231/LM331 LM131A/LM231A/LM331A	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}, 4.5V \leq V_S \leq 20V$		± 30 ± 20	± 150 ± 50	ppm/°C ppm/°C
		Change of Gain with V_S	$4.5V \leq V_S \leq 10V$ $10V \leq V_S \leq 40V$	0.01 0.006	0.1 0.06
Rated Full-Scale Frequency	$V_{IN} = -10V$	10.0			kHz
Gain Stability vs Time (1000 Hrs)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$		± 0.02		% Full Scale
Overrange (Beyond Full-Scale) Frequency	$V_{IN} = -11V$	10			kHz
INPUT COMPARATOR					
Offset Voltage LM131/LM231/LM331 LM131A/LM231A/LM331A	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$ $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$		± 3 ± 4 ± 3	± 10 ± 14 ± 10	mV mV mV
		Bias Current		-80	-300
Offset Current			± 8	± 100	nA
Common-Mode Range	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	-0.2		$V_{CC} - 2.0$	V
TIMER					
Timer Threshold Voltage, Pin 5		0.63	0.667	0.70	$\times V_S$
Input Bias Current, Pin 5 All Devices LM131/LM231/LM331 LM131A/LM231A/LM331A	$V_S = 15V$ $0V \leq V_{PIN5} \leq 9.9V$ $V_{PIN5} = 10V$ $V_{PIN5} = 10V$		± 10 200 200	± 100 1000 500	nA nA nA
		$V_{SAT \text{ PIN } 5}$ (Reset)	$I = 5 \text{ mA}$	0.22	0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise specified (Note 2) (Continued)

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
CURRENT SOURCE (Pin 1)					
Output Current LM131, LM131A, LM231, LM231A LM331, LM331A	$R_S = 14\text{ k}\Omega$, $V_{PIN\ 1} = 0$	126 116	135 136	144 156	μA μA
Change with Voltage	$0\text{V} \leq V_{PIN\ 1} \leq 10\text{V}$		0.2	1.0	μA
Current Source OFF Leakage LM131, LM131A LM231, LM231A, LM331, LM331A All Devices	$T_A = T_{MAX}$		0.01 0.02 2.0	1.0 10.0 50.0	nA nA nA
Operating Range of Current (Typical)			(10 to 500)		μA
REFERENCE VOLTAGE (Pin 2)					
LM131, LM131A, LM231, LM231A LM331, LM331A		1.76 1.70	1.89 1.89	2.02 2.08	V_{DC} V_{DC}
Stability vs Temperature			± 60		ppm/ $^\circ\text{C}$
Stability vs Time, 1000 Hours			± 0.1		%
LOGIC OUTPUT (Pin 3)					
V_{SAT}	$I = 5\text{ mA}$		0.15 0.10	0.50 0.40	V V
OFF Leakage	$I = 3.2\text{ mA}$ (2 TTL Loads), $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$		± 0.05	1.0	μA
SUPPLY CURRENT					
LM131, LM131A, LM231, LM231A	$V_S = 5\text{V}$ $V_S = 40\text{V}$	2.0 2.5	3.0 4.0	4.0 6.0	mA mA
LM331, LM331A	$V_S = 5\text{V}$ $V_S = 40\text{V}$	1.5 2.0	3.0 4.0	6.0 8.0	mA mA

Note 1: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its specified operating conditions.

Note 2: All specifications apply in the circuit of Figure 3, with $4.0\text{V} \leq V_S \leq 40\text{V}$, unless otherwise noted.

Note 3: Nonlinearity is defined as the deviation of I_{OUT} from $V_{IN} \times (10\text{ kHz} / -10\text{ V}_{DC})$ when the circuit has been trimmed for zero error at 10 Hz and at 10 kHz, over the frequency range 1 Hz to 11 kHz. For the timing capacitor, C_T , use NPO ceramic, Teflon[®], or polystyrene.

Note 4: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor.

Functional Block Diagram

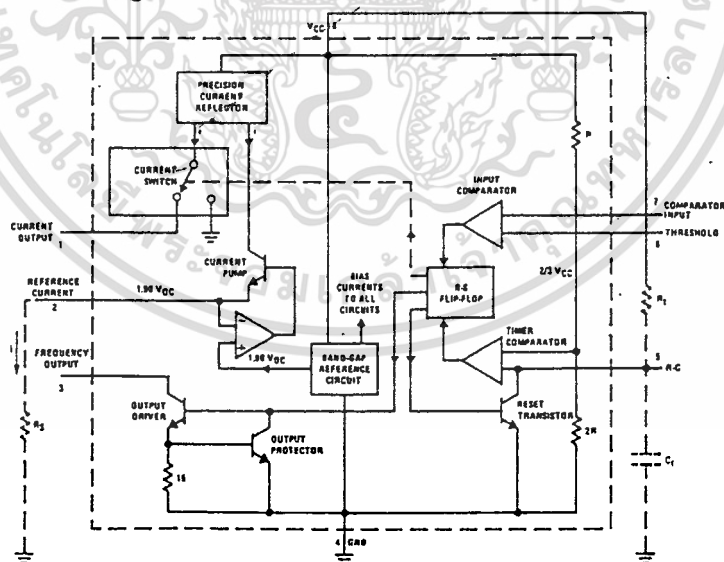


FIGURE 1a

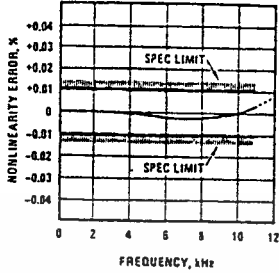
TL/H/5680-2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

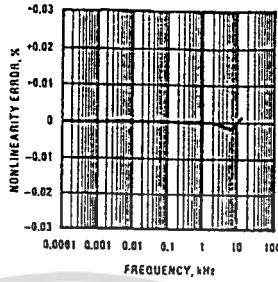
Typical Performance Characteristics

(All electrical characteristics apply for the circuit of Figure 3, unless otherwise noted.)

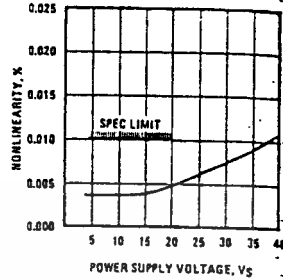
Nonlinearity Error, LM131 Family, as Precision V-to-F Converter (Figure 3)



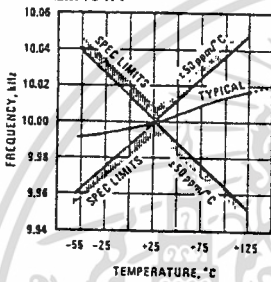
Nonlinearity Error, LM131 Family



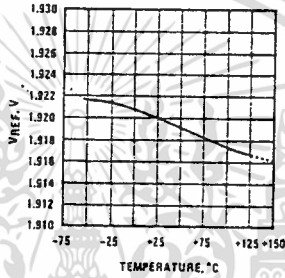
Nonlinearity vs Power Supply Voltage



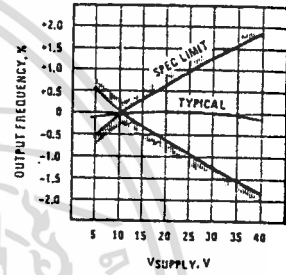
Frequency vs Temperature, LM131A



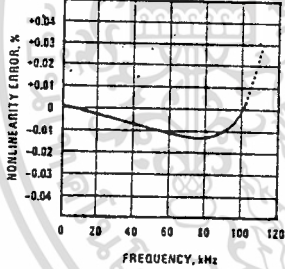
VREF vs Temperature, LM131A



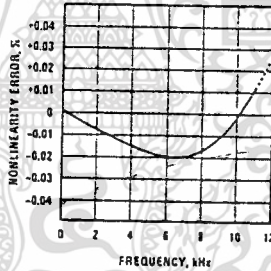
Output Frequency vs V_SUPPLY



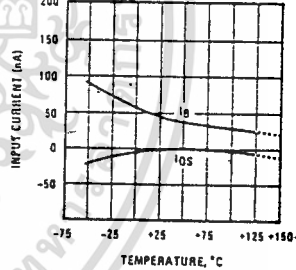
100 kHz Nonlinearity Error, LM131 Family (Figure 4)



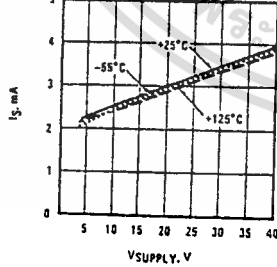
Nonlinearity Error, LM131 (Figure 1)



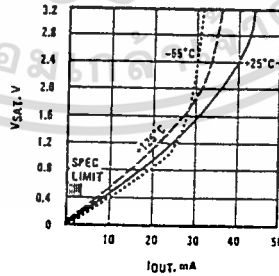
Input Current (Pins 6, 7) vs Temperature



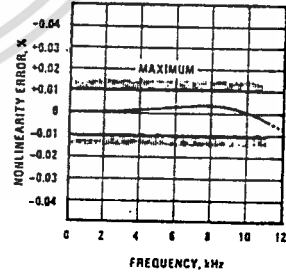
Power Drain vs V_SUPPLY



Output Saturation Voltage vs I_OUT (Pin 3)



Nonlinearity Error, Precision F-to-V Converter (Figure 6)



TL/H/5600

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

PRINCIPLES OF OPERATION OF A SIMPLIFIED VOLTAGE-TO-FREQUENCY CONVERTER

The LM131 is a monolithic circuit designed for accuracy and versatile operation when applied as a voltage-to-frequency (V-to-F) converter or as a frequency-to-voltage (F-to-V) converter. A simplified block diagram of the LM131 is shown in Figure 2 and consists of a switched current source, input comparator, and 1-shot timer.

The operation of these blocks is best understood by going through the operating cycle of the basic V-to-F converter, Figure 2, which consists of the simplified block diagram of the LM131 and the various resistors and capacitors connected to it.

The voltage comparator compares a positive input voltage, V_1 , at pin 7 to the voltage, V_x , at pin 6. If V_1 is greater, the comparator will trigger the 1-shot timer. The output of the timer will turn ON both the frequency output transistor and the switched current source for a period $t = 1.1 R_1 C_1$. During this period, the current i will flow out of the switched current source and provide a fixed amount of charge, $Q = i \times t$, into the capacitor, C_L . This will normally charge V_x up to a higher level than V_1 . At the end of the timing period, the current i will turn OFF, and the timer will reset itself.

Now there is no current flowing from pin 1, and the capacitor C_L will be gradually discharged by R_L until V_x falls to the level of V_1 . Then the comparator will trigger the timer and start another cycle.

The current flowing into C_L is exactly $I_{AVE} = i \times (1.1 \times R_1 C_1) < f$, and the current flowing out of C_L is exactly $V_x / R_L \approx V_{IN} / R_L$. If V_{IN} is doubled, the frequency will double to maintain this balance. Even a simple V-to-F converter can provide a frequency precisely proportional to its input voltage over a wide range of frequencies.

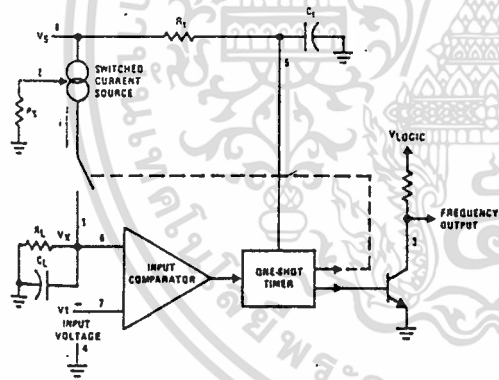


FIGURE 2. Simplified Block Diagram of Stand-Alone Voltage-to-Frequency Converter Showing LM131 and External Components

DETAIL OF OPERATION, FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM (FIGURE 1a)

The block diagram shows a band gap reference which provides a stable $1.9 V_{DC}$ output. This $1.9 V_{DC}$ is well regulated over a V_S range of 3.9V to 40V. It also has a flat, low temperature coefficient, and typically changes less than $1/2\%$ over a $100^\circ C$ temperature change.

The current pump circuit forces the voltage at pin 2 to be at 1.9V, and causes a current $i = 1.90V/R_S$ to flow. For $R_S = 14k$, $i = 135 \mu A$. The precision current reflector provides a current equal to i to the current switch. The current switch switches the current to pin 1 or to ground depending on the state of the R_S flip-flop.

The timing function consists of an R_S flip-flop, and a timer comparator connected to the external $R_1 C_1$ network. When the input comparator detects a voltage at pin 7 higher than pin 6, it sets the R_S flip-flop which turns ON the current switch and the output driver transistor. When the voltage at pin 5 rises to $2/3 V_{CC}$, the timer comparator causes the R_S flip-flop to reset. The reset transistor is then turned ON and the current switch is turned OFF.

However, if the input comparator still detects pin 7 higher than pin 6 when pin 5 crosses $2/3 V_{CC}$, the flip-flop will not be reset, and the current at pin 1 will continue to flow, in its attempt to make the voltage at pin 6 higher than pin 7. This condition will usually apply under start-up conditions or in the case of an overload voltage at signal input. It should be noted that during this sort of overload, the output frequency will be 0; as soon as the signal is restored to the working range, the output frequency will be resumed.

The output driver transistor acts to saturate pin 3 with an ON resistance of about 50Ω . In case of overvoltage, the output current is actively limited to less than 50 mA.

The voltage at pin 2 is regulated at $1.90 V_{DC}$ for all values of i between $10 \mu A$ to $500 \mu A$. It can be used as a voltage reference for other components, but care must be taken to ensure that current is not taken from it which could reduce the accuracy of the converter.

PRINCIPLES OF OPERATION OF BASIC VOLTAGE-TO-FREQUENCY CONVERTER (FIGURE 1)

The simple stand-alone V-to-F converter shown in Figure 1 includes all the basic circuitry of Figure 2 plus a few components for improved performance.

A resistor, $R_{IN} = 100 k\Omega \pm 10\%$, has been added in the path to pin 7, so that the bias current at pin 7 ($-80 nA$ typical) will cancel the effect of the bias current at pin 6 and help provide minimum frequency offset.

The resistance R_S at pin 2 is made up of a $12 k\Omega$ fixed resistor plus a $5 k\Omega$ (cermet, preferably) gain adjust rheostat. The function of this adjustment is to trim out the gain tolerance of the LM131, and the tolerance of R_1 , R_L and C_1 .

Typical Applications (Continued)

For best results, all the components should be stable low-temperature-coefficient components, such as metal-film resistors. The capacitor should have low dielectric absorption; depending on the temperature characteristics desired, NPO ceramic, polystyrene, Teflon or polypropylene are best suited.

A capacitor C_{IN} is added from pin 7 to ground to act as a filter for V_{IN} . A value of 0.01 μF to 0.1 μF will be adequate in most cases; however, in cases where better filtering is required, a 1 μF capacitor can be used. When the RC time constants are matched at pin 6 and pin 7, a voltage step at V_{IN} will cause a step change in f_{OUT} . If C_{IN} is much less than C_L , a step at V_{IN} may cause f_{OUT} to stop momentarily. A 47 Ω resistor, in series with the 1 μF C_L , is added to give hysteresis effect which helps the input comparator provide the excellent linearity (0.03% typical).

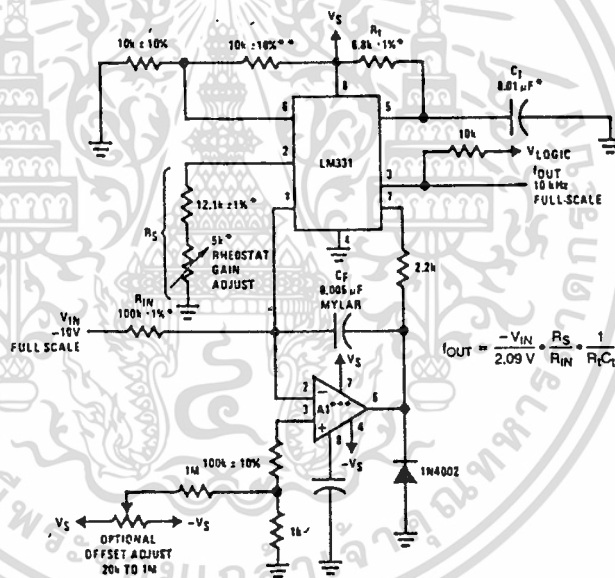
DETAIL OF OPERATION OF PRECISION V-TO-F CONVERTER (FIGURE 3)

In this circuit, integration is performed by using a conventional operational amplifier and feedback capacitor, C_F . When the integrator's output crosses the nominal threshold level at pin 6 of the LM131, the timing cycle is initiated.

The average current fed into the op amp's summing point (pin 2) is $i \times (1.1 R_1 C_1) \times f$ which is perfectly balanced with $-V_{IN}/R_{IN}$. In this circuit, the voltage offset of the LM131 input comparator does not affect the offset or accuracy of the V-to-F converter as it does in the stand-alone V-to-F converter; nor does the LM131 bias current or offset current. Instead, the offset voltage and offset current of the operational amplifier are the only limits on how small the signal can be accurately converted. Since op amps with voltage offset well below 1 mV and offset currents well below 2 nA are available at low cost, this circuit is recommended for best accuracy for small signals. This circuit also responds immediately to any change of input signal (which a stand-alone circuit does not) so that the output frequency will be an accurate representation of V_{IN} , as quickly as 2 output pulses' spacing can be measured.

In the precision mode, excellent linearity is obtained because the current source (pin 1) is always at ground potential and that voltage does not vary with V_{IN} or f_{OUT} . (In the stand-alone V-to-F converter, a major cause of non-linearity is the output impedance at pin 1 which causes i to change as a function of V_{IN}).

The circuit of Figure 4 operates in the same way as Figure 3, but with the necessary changes for high speed operation.



*Use stable components with low temperature coefficients. See Typical Applications section.

**This resistor can be 5 k Ω or 10 k Ω for $V_S = 8\text{V}$ to 22V, but must be 10 k Ω for $V_S = 4.5\text{V}$ to 8V;

***Use low offset voltage and low offset current op amps for A1; recommended types LM108, LM308A, LF411A

TL/H/5680-5

FIGURE 3. Standard Test Circuit and Applications Circuit, Precision Voltage-to-Frequency Converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications (Continued)

DETAILS OF OPERATION, FREQUENCY-TO-VOLTAGE CONVERTERS (FIGURES 5 AND 6)

In these applications, a pulse input at f_{IN} is differentiated by a C-R network and the negative-going edge at pin 6 causes the input comparator to trigger the timer circuit. Just as with a V-to-F converter, the average current flowing out of pin 1 is $I_{AVERAGE} = i \times (1.1 R_1 C_1) \times f$.

In the simple circuit of FIGURE 5, this current is filtered in the network $R_L = 100 \text{ k}\Omega$ and $1 \mu\text{F}$. The ripple will be less than 10 mV peak, but the response will be slow, with a

0.1 second time constant, and settling of 0.7 second to 0.1% accuracy.

In the precision circuit, an operational amplifier provides a buffered output and also acts as a 2-pole filter. The ripple will be less than 5 mV peak for all frequencies above 1 kHz, and the response time will be much quicker than in Figure 5. However, for input frequencies below 200 Hz, this circuit will have worse ripple than Figure 5. The engineering of the filter time-constants to get adequate response and small enough ripple simply requires a study of the compromises to be made. Inherently, V-to-F converter response can be fast, but F-to-V response can not.

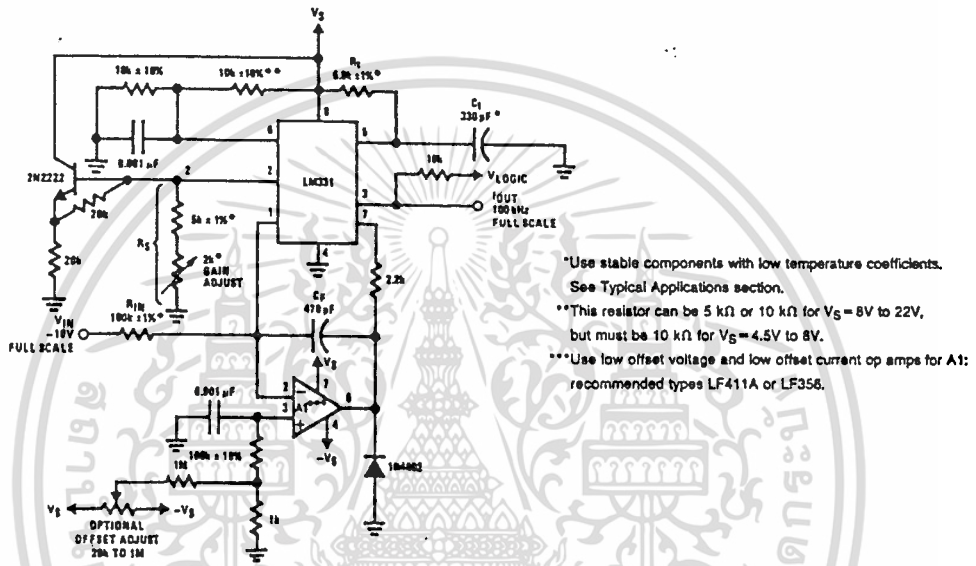
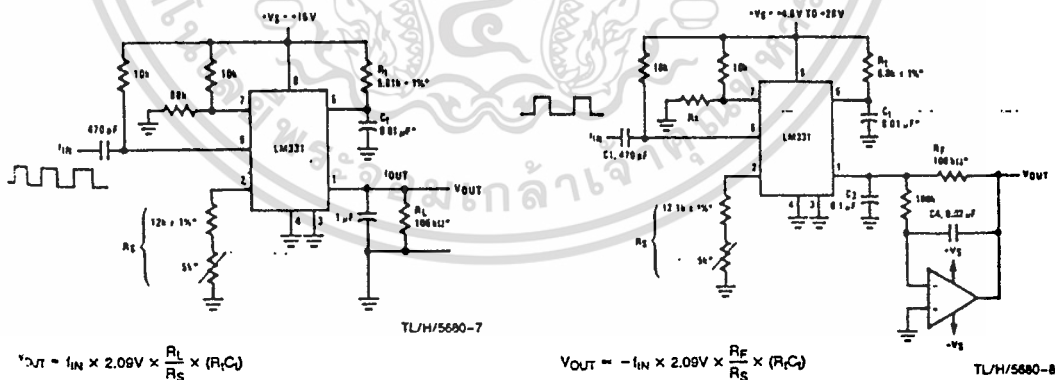


FIGURE 4. Precision Voltage-to-Frequency Converter, 100 kHz Full-Scale, $\pm 0.03\%$ Non-Linearity



$$V_{OUT} = f_{IN} \times 2.09V \times \frac{R_L}{R_S} \times (R_1 C_1)$$

*Use stable components with low temperature coefficients.

FIGURE 5. Simple Frequency-to-Voltage Converter, 10 kHz Full-Scale, $\pm 0.06\%$ Non-Linearity

$$V_{OUT} = -f_{IN} \times 2.09V \times \frac{R_F}{R_S} \times (R_1 C_1)$$

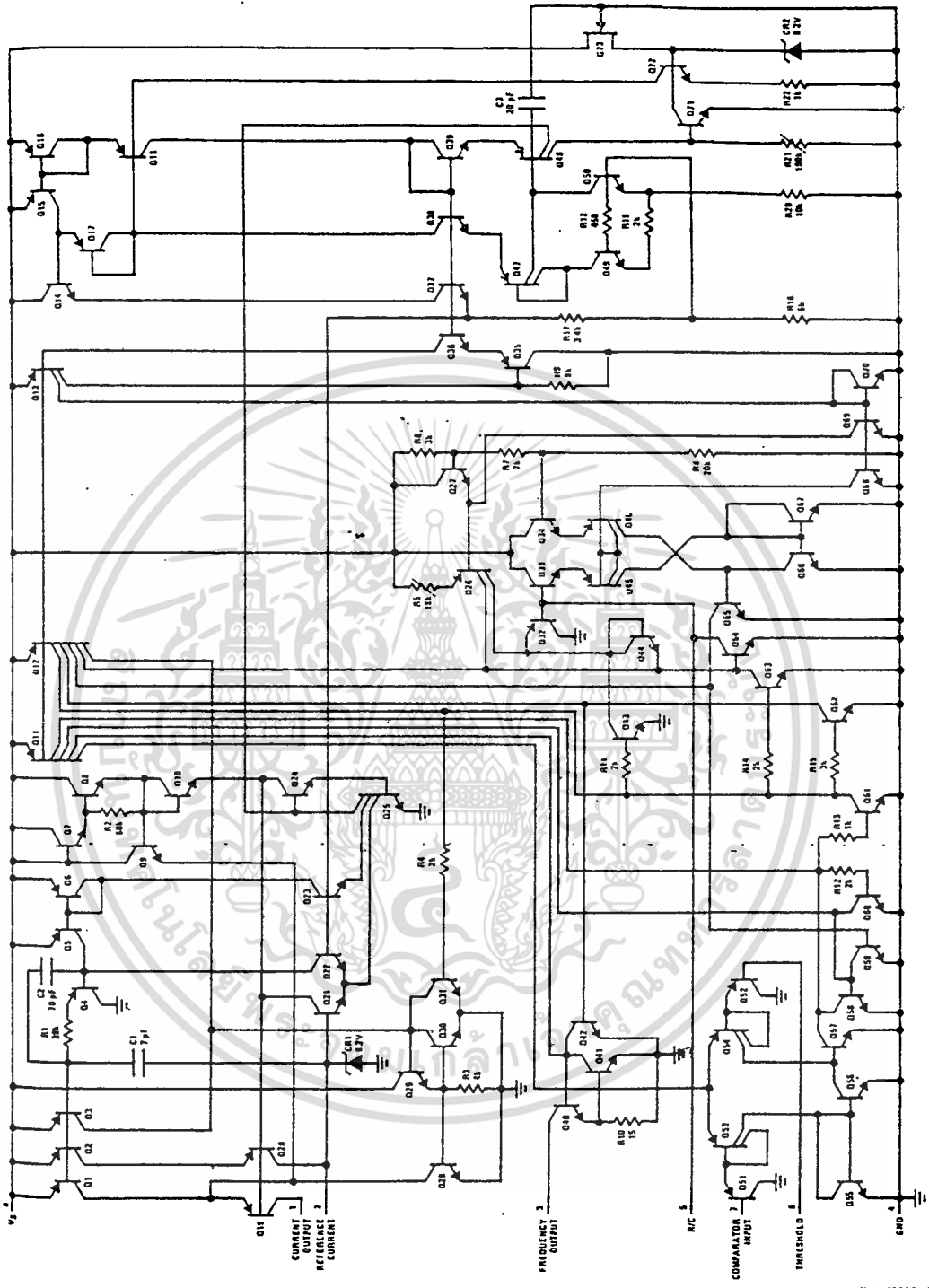
$$\text{SELECT } R_x = \frac{(V_S - 2V)}{0.2 \text{ mA}}$$

*Use stable components with low temperature coefficients.

FIGURE 6. Precision Frequency-to-Voltage Converter, 10 kHz Full-Scale with 2-Pole Filter, $\pm 0.01\%$ Non-Linearity Maximum

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Schematic Diagram



TL/H/5680-22

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

μA741

FREQUENCY-COMPENSATED OPERATIONAL AMPLIFIER

FAIRCHILD LINEAR INTEGRATED CIRCUIT

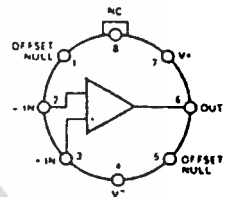
GENERAL DESCRIPTION — The μA741 is a high performance monolithic Operational Amplifier constructed using the Fairchild Planar* epitaxial process. It is intended for a wide range of analog applications. High common mode voltage range and absence of latch-up tendencies make the μA741 ideal for use as a voltage follower. The high gain and wide range of operating voltage provides superior performance in integrator, summing amplifier, and general feedback applications. Electrical characteristics of the μA741A and E are identical to MIL-M-38510/10101.

- NO FREQUENCY COMPENSATION REQUIRED
- SHORT CIRCUIT PROTECTION
- OFFSET VOLTAGE NULL CAPABILITY
- LARGE COMMON MODE AND DIFFERENTIAL VOLTAGE RANGES
- LOW POWER CONSUMPTION
- NO LATCH-UP

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage		
μA741A, μA741, μA741E		±22 V
μA741C		±18 V
Internal Power Dissipation (Note 1)		
Metal Can	500 mW	
Molded and Hermetic DIP	670 mW	
Mini DIP	310 mW	
Flatpak	570 mW	
Differential Input Voltage		±30 V
Input Voltage (Note 2)		±15 V
Storage Temperature Range		
Metal Can, Hermetic DIP, and Flatpak	-65°C to +150°C	
Mini DIP, Molded DIP	-55°C to +125°C	
Operating Temperature Range		
Military (μA741A, μA741)	-55°C to +125°C	
Commercial (μA741E, μA741C)	0°C to +70°C	
Lead Temperature (Soldering)		
Metal Can, Hermetic DIPs, and Flatpak (60 s)	300°C	
Molded DIPs (10 s)	260°C	
Output Short Circuit Duration (Note 3)		Indefinite

CONNECTION DIAGRAMS
8-LEAD METAL CAN
(TOP VIEW)
PACKAGE OUTLINE 5B

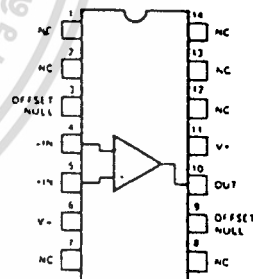


Note: Pin 4 connected to case

ORDER INFORMATION

TYPE	PART NO.
μA741A	μA741AHM
μA741	μA741HM
μA741E	μA741EHC
μA741C	μA741HC

14-LEAD DIP
(TOP VIEW)
PACKAGE OUTLINE 6A, 9A



ORDER INFORMATION

TYPE	PART NO.
μA741A	μA741ADM
μA741	μA741DM
μA741E	μA741EDC
μA741C	μA741DC
μA741C	μA741PC

8-LEAD MINIDIP
(TOP VIEW)
PACKAGE OUTLINES 6T 9T
PACKAGE CODES T R

ORDER INFORMATION	
TYPE	PART NO.
μA741C	μA741TC
μA741C	μA741RC

10-LEAD FLATPAK
(TOP VIEW)
PACKAGE OUTLINE 3F

ORDER INFORMATION	
TYPE	PART NO.
μA741A	μA741AFM
μA741	μA741FM

Notes on following pages.

*Planar is a patented Fairchild process.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FAIRCHILD LINEAR INTEGRATED CIRCUITS • $\mu A741$

$\mu A741A$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_S = \pm 15V$, $T_A = 25^\circ C$ unless otherwise specified)

PARAMETERS (see definitions)	CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
Input Offset Voltage	$R_S < 50\Omega$		0.8	3.0	mV
Average Input Offset Voltage Drift				15	$\mu V/^\circ C$
Input Offset Current			3.0	30	nA
Average Input Offset Current Drift				0.5	nA/°C
Input Bias Current			30	80	nA
Power Supply Rejection Ratio	$V_S = +10, -20; V_S = +20, -10V, R_S = 50\Omega$		15	50	$\mu V/V$
Output Short Circuit Current		10	25	35	mA
Power Dissipation	$V_S = \pm 20V$		80	150	mW
Input Impedance	$V_S = \pm 20V$	1.0	6.0		M Ω
Large Signal Voltage Gain	$V_S = \pm 20V, R_L = 2k\Omega, V_{OUT} = \pm 15V$	50			V/mV
Transient Response (Unity Gain)	Rise Time		0.25	0.8	μs
	Overshoot		6.0	20	%
Bandwidth (Note 4)		437	1.5		MHz
Slew Rate (Unity Gain)	$V_{IN} = \pm 10V$	0.3	0.7		V/ μs
The following specifications apply for $-55^\circ C < T_A < +125^\circ C$					
Input Offset Voltage				4.0	mV
Input Offset Current				70	nA
Input Bias Current				210	nA
Common Mode Rejection Ratio	$V_S = \pm 20V, V_{IN} = \pm 15V, R_S = 50\Omega$	80	95		dB
Adjustment For Input Offset Voltage	$V_S = \pm 20V$	10			mV
Output Short Circuit Current		10		40	mA
Power Dissipation	$V_S = \pm 20V$	$-55^\circ C$		165	mW
		$+125^\circ C$		135	mW
Input Impedance	$V_S = \pm 20V$	0.5			M Ω
Output Voltage Swing	$V_S = \pm 20V, R_L = 10k\Omega$		16		V
		$R_L = 2k\Omega$	15		V
Large Signal Voltage Gain	$V_S = \pm 20V, R_L = 2k\Omega, V_{OUT} = \pm 15V$	32			V/mV
	$V_S = \pm 5V, R_L = 2k\Omega, V_{OUT} = \pm 2V$	10			V/mV

NOTES

1. Rating applies to ambient temperatures up to $70^\circ C$. Above $70^\circ C$ ambient derate linearly at $6 \text{ mW}/^\circ C$ for the metal can, $8 \text{ mW}/^\circ C$ for the DIP and $7 \text{ mW}/^\circ C$ for the Flatpak.
2. For supply voltages less than $\pm 15V$ the absolute maximum input voltage is equal to the supply voltage.
3. Short circuit may be to ground or either supply. Rating applies to $+125^\circ C$ case temperature or $75^\circ C$ ambient temperature.
4. Calculated value from: $BW(MHz) = \frac{0.35}{\text{Rise Time}(\mu s)}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54244/74244 Octal Buffers/Line Drivers/Line Receivers

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL		
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package	
		C	P	MCF		C	P	MCF		C	P	MCF		C	P	MCF		C	P
T. I.									SN54LS244	J	D								
FAIRCHILD									SN74LS244	J	D	M	D						
MOTOROLA																			
N. S. C.																			
PHILIPS																			
SIGNETICS																			
SIEMENS																			
FUJITSU																			
HITACHI																			
mitsubishi																			
NEC																			
TOSHIBA																			

Electrical Characteristics SN54LS244/SN74LS244

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range			
Supply voltage, VCC	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS 55°C to 125°C
Input voltage	5.5V	temperature range	SN74LS 0°C to 70°C
Intermitter voltage	5.5V	Storage temperature range	45°C to 150°C

recommended operating conditions

	LS54LS244			SN74LS244			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, VCC	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, IOH			12			15	mA
Low-level output current, IOL			12			24	mA
Operating free-air temperature, TA	55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

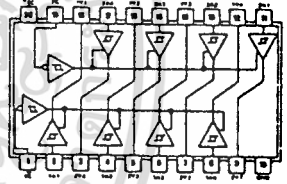
PARAMETER	TEST CONDITIONS †	SN74LS			UNIT	
		MIN	TYP ‡	MAX		
V _{IH} High-level input voltage		2			V	
V _{IL} Low-level input voltage			0.1		V	
V _{IK} Input clamp voltage	VCC = MIN, I _I = -18mA			-1.5	V	
	Hysteresis (V _I + -V _I -)		0.2	0.4	V	
V _{OH} High-level output voltage	VCC = MIN, V _{IH} = 2V, V _{IL} = V _{ILmax} , I _{OH} = -3mA	2.4	3.4		V	
	VCC = MIN, V _{IH} = 2V, V _{IL} = 0.5V, I _{OH} = MAX	2			V	
V _{OL} Low-level output voltage	VCC = MIN, I _{OL} = 12mA			0.4	V	
	V _{IH} = 2V, I _{OL} = 24mA			0.5	V	
I _{OZH} Off-state output current, high-level voltage applied	VCC = MAX, V _{IH} = 2V, V _O = 2.7V			20	µA	
I _{OZL} Off-state output current, low-level voltage applied	V _{IL} = V _{ILmax} , V _O = 0.4V			-20	µA	
I _I Input current at maximum input voltage	VCC = MAX, V _I = 7V			0.1	mA	
I _{IH} High-level input current, any input	VCC = MAX, V _I = 2.7V			20	µA	
I _{IL} Low-level input current	VCC = MAX, V _{IL} = 0.4V			-0.2	mA	
I _{OS} Short-circuit output current †	VCC = MAX			-40	-225	mA
I _{CC} Supply current	Outputs high	VCC = MAX	All	13	23	mA
	Outputs low		LS244	27	46	
	Outputs open		LS244	32	54	
	All outputs disabled					

switching characteristics, VCC 5V, TA 25°C

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t _{PLH} Propagation delay time, low-to-high-level output			9	14	ns
t _{PHL} Propagation delay time, high-to-low-level output	C _L = 450pF, R _L = 667Ω, See Note 2		12	18	ns
t _{PZL} Output enable time to low level			20	30	ns
t _{PZH} Output enable time to high level			15	23	ns
t _{PLZ} Output disable time from low level	C _L = 50pF, R _L = 667Ω, See Note 2		15	25	ns
t _{PHZ} Output disable time from high level			10	18	ns

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
 ‡ All typical values are at VCC 5V, TA 25°C.
 † Not more than one output should be serviced at a time, and duration of the short-circuit should not exceed one second.
 NOTE 2: Load circuit and voltage wave forms are shown on page 3-11.

Pin Assignment (Top View)



SN54LS244 (J) SN74LS244 (J, M)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้า และเพื่อนร่วมกลุ่มที่ทำโครงการนี้ขอขอบคุณ อาจารย์ วิริยะ กองรัตน์ ที่เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาโครงการนี้ ซึ่งคอยให้คำแนะนำ ชี้แนะ พร้อมกับให้ข้อมูลต่างๆ ซึ่งมีประโยชน์ในการทำโครงการนี้มาก และอาจารย์ท่านอื่นที่ให้ความกรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา รวมทั้ง รุ่นพี่และเพื่อน ๆ ทุกท่านสำหรับคำปรึกษา

ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าโครงการนี้ จะเป็นประโยชน์ต่อท่านผู้ศึกษาทางด้านนี้ ความดีที่ได้จากโครงการนี้ขอมอบให้ อาจารย์ วิริยะ กองรัตน์, อาจารย์ทุกท่าน รุ่นพี่และเพื่อน ๆ ทุกท่านที่ได้ให้คำชี้แนะ และคำปรึกษา



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



บรรณานุกรม

กลุ่ม CNS, ออปแอมป์ , ฟิสิกส์เซ็นเตอร์, พิมพ์ครั้งที่ 1.

ชันวา ศรีประโม่ง, การเขียนโปรแกรมภาษาซีสำหรับวิศวกรรม , มหาวิทยาลัยมหานคร, พิมพ์ครั้งที่ 2, 2537.

บุญเลิศ เอี่ยมทัศนาศนา, ยืน ภู่วรรณ, สมนึก ศิริโต, โปรแกรมคอมพิวเตอร์ภาษาซี , บริษัทซีแอดยูเคชั่น จำกัด, 2532.

เพรียวพันธ์ จิรสุตรสกุล, คอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ , เล่มที่ 135, ศูนย์การพิมพ์ดวงกมล.

ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์, คู่มือการใช้ไอซี 1 ในการออกแบบ-ทำงาน , มิตรสัมพันธ์, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2535.

สุเจต จันทรังษี, ไมโครคอนโทรลเลอร์ซีพเดียว 8051 , วิทยาลัยมหานคร, พิมพ์ครั้งที่ 1, 2535.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้