

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การให้ไมโครคอมพิวเตอร์วิเคราะห์และควบคุมความชื้น การให้
ปริมาณน้ำและปุ๋ยแก่พืชประเภทไม้ดอก



รฟ.
รฟ.ร
2535

นางสาว ชติมา เจริญศิลป์ชัย
นาค ชานนท์ ศรีสุกข์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....
วันเดือนปี.....

๖12554546

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต
ภาควิชา ฝึกหัดประยุกต์
คณะ วิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**HUMIDITY, WATER AND FERTILIZER ANALYSIS AND
CONTROL SYSTEM FOR FLORICULTURE BY MICROCOMPUTER**



**A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE
DEPARTMENT OF APPLIED PHYSICS
FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title **Humidity, Water and Fertilizer
Analysis and Control System For
Floriculture by Microcomputer**

Name **Miss. Chutima Charoensilpchai
Mr. Chanont Sresuth**

Special Project Advisor **Mr. Jiti Nukaew
Dr. Sanay Akavipat**

Department **Applied Physics**

Academic Year **1992**

abstract

Humidity, temperature, light, water and fertilizer analysis and control system for floriculture by micro-computer is a new technology that was brought to use for help and develop the planting system.

The system was divided to two parts

1. Analysis part : Humidity was sensed by capacity humidity sensor. LM 335 was used to sensor temperature and light was sensed by phototransistor 1N 3443 .

2. Control part : All of external equipments were controlled by signal that was send by analysis part.

Working of two parts was controled by software that write in turbo pascal version 5.5 .

กิติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สามารถเสร็จสมบูรณ์ได้ด้วยดี ทั้งนี้เนื่องด้วยความช่วยเหลือและความอนุเคราะห์จากบุคคลต่าง ๆ

ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ซึ่งคอยห่วงใยและให้กำลังใจตลอดเวลา รวมทั้งให้ความอุปการะให้ได้รับการศึกษาจนถึงทุกวันนี้

อาจารย์ จิตี หนูแก้ว ซึ่งคอยให้คำปรึกษาในรายละเอียดต่าง ๆ ของการทำโครงการวิจัย และเป็นแบบอย่างที่ดีในการทำงาน

ดร. เสน่ห์ เอกะวิภาค ซึ่งคอยให้คำแนะนำในการทำงานและอำนวยความสะดวกในการจัดหาอุปกรณ์

อาจารย์ อนุชิต จารุวนารัตน์ ให้คำแนะนำในการออกแบบวงจร

อาจารย์ วิชาญ กกกนทา และ อาจารย์ อนุพงษ์ สรวงประภา ที่ให้ความช่วยเหลือทางด้านข้อมูลต่าง ๆ

คุณสาธิต ทองจีน ที่ให้คำปรึกษาและให้ความรู้ด้าน Soft ware

คุณชมพร ชัยจรุญพร คุณสมภพ ภูริวิกรัยพงศ์ คุณไพบูรณ์ ศิริพัฒน์ และ คุณณรงค์ แสงแก้ว ที่ให้คำปรึกษาและให้ความรู้ด้าน Hard ware

คุณศรีโสภา นิมวิจิตร ช่วยเหลือในการถ่ายภาพ

สภาวิจัยแห่งชาติ ที่ได้อนุมัติงบประมาณในการทำโครงการวิจัยและภาคีวิจัยที่ให้ความสะดวกในการติดต่อประสานงาน

คณะกรรมการทุกท่าน ที่ช่วยตรวจทานและแก้ไขรายงานที่เป็นฉบับสมบูรณ์

และท้ายสุด พี่ ๆ เพื่อน ๆ ทุกคน ที่คอยให้กำลังใจเพื่อให้มีมานะในการทำงานจนสำเร็จลุล่วง

ชุตินา เจริญศิลป์ชัย

ชานนท์ ศรีสุทธี

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าและความถี่ของการส่องสว่าง ของหลอดไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์	18
ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติของโพลีเอสเตอร์เลขที่ 3 แบบ	47
ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างการทดลองและแบบของสัญญาณทางไฟฟ้า	56
ตารางที่ 3.3 การจัดสรรแอดเดรสที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก บน IBM PC	62
ตารางที่ 3.4 การเปลี่ยนค่าดิจิทัล (D) เป็นค่าแรงดันอินพุท (V)	72
กราฟที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณดิจิทัลกับระยะทางต่าง ๆ	38
กราฟที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับสัญญาณดิจิทัลและ ค่าที่อ่านได้จาก Lux Meter	39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 2.1	ความจุใจน้ำ ณ จุดความชื้นสัมพัทธ์ต่าง ๆ	3
รูปที่ 2.2	ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์	5
รูปที่ 2.3	การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศที่ไม่มีเสถียรภาพ	6
รูปที่ 2.4	การลดอุณหภูมิตามระดับความสูงและมีเสถียรภาพของอากาศ	6
รูปที่ 2.5	เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งและกระเปาะเปียก	9
รูปที่ 2.6	สเปคตรัมของรังสีจากดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลก และที่ระดับพื้นดินเทียบกับสเปคตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	16
รูปที่ 2.7	แสงอาทิตย์ส่องผ่านเข้ามาถึงบรรยากาศ	17
รูปที่ 2.8	แสดงการส่องสว่างบนพื้นที่ผิวใด ๆ	19
รูปที่ 3.1(ก)	หวัตรวจวัดความชื้นของ Ecowell รุ่น ENHS-28	23
รูปที่ 3.1(ข)	block diagram ของวงจรภายในหวัตรวจวัดความชื้น	23
รูปที่ 3.2(ก)	วงจร R-C Oscillator	24
รูปที่ 3.2(ข)	การต่อวงจรภายนอกเพื่อให้หวัตรวจวัดสามารถทำงานได้	24
รูปที่ 3.3	ลักษณะการต่อวงจรภายนอกให้กับ IC7107 เพื่อนำไปใช้งาน ในวงจรนี้ค่าสูงสุดในการแสดงผลเท่ากับ 2.000 โวลต์	25
รูปที่ 3.4	รายละเอียดการต่อวงจรในรูปที่ 3.3 เข้ากับ IC 8255 และวงจร Decoder เพื่อเชื่อมต่อเข้ากับ Computer	26
รูปที่ 3.5	กราฟแสดงความสัมพันธ์การให้ค่าเอาต์พุตของหวัตรวจวัด อุณหภูมิแบบรอกต่อสารกึ่งตัวนำที่อุณหภูมิต่าง ๆ	27
รูปที่ 3.6	ลักษณะรูปร่างและการต่อขาของ LM335	28
รูปที่ 3.7	วงจรพื้นฐานในการใช้งานของ LM335	29
รูปที่ 3.8	การปรับแต่งความถูกต้องอย่างง่าย ๆ โดยใช้ตัวต้านทาน แบบปรับค่าได้เพียงตัวเดียว	31
รูปที่ 3.9	เวลาในการตอบสนองของ LM335 ต่อการเปลี่ยนแปลงของ อุณหภูมิในอากาศ	32
รูปที่ 3.10	วงจรที่สามารถทำงานกับแหล่งจ่ายไฟได้ในย่านกว้าง	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
รูปที่ 3.11 วงจรบันทึกอุณหภูมิต่ำสุดระหว่างไอที 3 ตัว	33
รูปที่ 3.12 วงจรให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของไอทีทั้ง 3 ตัว	34
รูปที่ 3.13 วงจรแสดงการลดทอนสัญญาณจาก LM335 ก่อนเข้า ADC0809	35
รูปที่ 3.14 รายละเอียดการต่อวงจรในรูปที่ 3.13 เข้ากับ IC 8255 และวงจร Decoder เพื่อเชื่อมต่อเข้ากับ Computer	36
รูปที่ 3.15 Phototransistor เบอร์ 1N 3443	37
รูปที่ 3.16 การต่อวงจรของ Phototransistor เบอร์ 1N 3443	40
รูปที่ 3.17 หลักการทำงานของโซลิตสเตตริเลย์และรีเลย์ไฟฟ้ากล	42
รูปที่ 3.18 รูปแบบตัวถังบางแบบของโซลิตสเตตริเลย์	43
รูปที่ 3.19 ทรานซิสเตอร์ชนิด NPN ที่ใช้เป็นสวิตช์ในโซลิตสเตตริเลย์ เอาต์พุทไฟฟ้ากระแสตรง	44
รูปที่ 3.20 เอสซีอาร์และไตรแอกที่ใช้เป็นสวิตช์ในโซลิตสเตตริเลย์ เอาต์พุทไฟฟ้ากระแสสลับ	44
รูปที่ 3.21 การสวิตช์ของโซลิตสเตตริเลย์แบบตัดข้ามศูนย์	45
รูปที่ 3.22 การใช้สายเคเบิลเชื่อมต่อเครื่องมือภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์	50
รูปที่ 3.23 การนำข้อมูลเข้าและส่งข้อมูลออก	51
รูปที่ 3.24 การนำข้อมูลในการเปิดประตูหรือหน้าต่างเข้าสู่คอมพิวเตอร์	51
รูปที่ 3.25 การส่งเสียงเตือนแก่ลำโพงจากคอมพิวเตอร์	52
รูปที่ 3.26 การใช้ตัวแปลงสัญญาณเปลี่ยนโมเมนต์การเปิดประตูเป็นสัญญาณ ทางไฟฟ้าเข้าสู่คอมพิวเตอร์	53
รูปที่ 3.27 สายข้อมูล 8 บิตของ IBM PC	54
รูปที่ 3.28 ระบบเลขฐานสองที่ใช้สื่อสารใน IBM PC	54
รูปที่ 3.29 แผนผังการเชื่อมต่อปริมาณทางฟิสิกส์เข้ากับ ระบบคอมพิวเตอร์	56
รูปที่ 3.30 อินพุท/เอาต์พุทพอร์ต (PIO8255) ของ APPLE-2	57
รูปที่ 3.31 (ก) วงจรดีโค๊ดแคตเดรส O2B0H02B7H ของ ไอบีเอ็ม PC-XT	57
รูปที่ 3.31 (ข) วงจรรับข้อมูลและส่งข้อมูลขนาน 8 บิตของ ไอบีเอ็ม PC-XT	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
รูปที่ 3.32 วงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลขนาน 8 บิต	59
รูปที่ 3.33 ระบบ I/O slot บน IBM PC	60
รูปที่ 3.34 ขาสัญญาณต่าง ๆ ใน I/O slot บน IBM PC	61
รูปที่ 3.35 การ์ดที่ใส่เสียบใน I/O slot (PC-card)	62
รูปที่ 3.36 รายละเอียดวงจรคานาบัล	64
รูปที่ 3.37 รายละเอียดวงจรเอาก์พดแลตซ์	64
รูปที่ 3.38 รายละเอียดการต่อวงจรเอาก์พดแลตซ์กับ LED 8 ดวง	65
รูปที่ 3.39 รายละเอียดวงจรอินพุตบัฟเฟอร์	65
รูปที่ 3.40 รายละเอียดการต่อตีปสวิทช์ 8 ทางกับวงจรอินพุตบัฟเฟอร์	66
รูปที่ 3.41 เทอร์โมมิเตอร์มีสเกลค่าอุณหภูมิแบบอนาลอก	68
รูปที่ 3.42 เทอร์โมมิเตอร์มีสเกลค่าอุณหภูมิแบบดิจิตอล	69
รูปที่ 3.43 เหตุการณ์อนาลอกที่เป็นความร้อนไม่สามารถเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์โดยตรงได้	69
รูปที่ 3.44 การใช้ตัวแปลงสัญญาณเปลี่ยนค่าความร้อนเป็นสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์ก่อนนำเข้าสู่คอมพิวเตอร์	70
รูปที่ 3.45 ไดอะแกรม ADC หรือ A/D	71
รูปที่ 3.46 รายละเอียดของวงจร ADC เชื่อมต่อกับ I/O slot บน IBM PC โดยใช้ IC AD570	75
รูปที่ 3.47 รายละเอียดวงจรดีคัตแอดเดรสพอร์ตหมายเลข 2BOH-2B7H	76
รูปที่ 4.1 แผนภาพแสดงการทำงานภาคการวิเคราะห์	78
รูปที่ 4.2 แผนภาพแสดงการทำงานภาคการควบคุม	79
รูปที่ 4.3 เครื่องมือวิเคราะห์และควบคุมความชื้น การให้ปริมาณน้ำและปุ๋ย ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์	79
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าความชื้นในอากาศ	85
รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิในอากาศ	86
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าปริมาณความเข้มแสง	86
รูปที่ 4.7 แสดงถึงการทำงานของระบบชนิดผลย	87

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อโครงการพิเศษภาษาไทย	ก
บทคัดย่อโครงการพิเศษภาษาอังกฤษ	ข
กิจกรรมประกาศ	ค
สารบัญตาราง	ง
สารบัญรูป	จ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีของพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์	2
2.1 ทฤษฎีความชื้นในบรรยากาศ	2
2.1.1 อากาศอึดตัว	2
2.1.2 อากาศมีเสถียรภาพและอากาศไม่มีเสถียรภาพ	4
2.1.3 การวัดความชื้นในบรรยากาศ	5
2.1.4 เครื่องมือวัดความชื้นในอากาศ	8
2.2 อุณหภูมิ	11
2.2.1 ความร้อน	11
2.2.2 หน่วยวัดความร้อน	11
2.2.3 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ	12
2.3 ความเข้มของแสง	14
2.3.1 รังสีจากดวงอาทิตย์	14
2.3.2 ค่าคงที่ของแสงแดดที่โลกได้รับ	15
บทที่ 3 การทำงานของระบบในส่วนต่าง ๆ	22
3.1 ภาคการวิเคราะห์	22
3.1.1 หัวตรวจวัดความชื้นในอากาศ	22
3.1.2 หัวตรวจวัดอุณหภูมิ	27
3.1.3 หัวตรวจวัดความเข้มของแสง	37
3.2 ภาคการควบคุม	41
3.3 ภาคการเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
3.3.1 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์เบื้องต้น	50
3.3.2 การเชื่อมต่องานทดลองทางฟิสิกส์เข้ากับคอมพิวเตอร์	55
3.3.3 ฮาร์ดแวร์ลินุกซ์/เอาก์พุก สำหรับ IBM PC	60
3.3.4 ความสัมพันธ์ของสัญญาณอะนาลอก ดิจิตอล และตัวแปลงสัญญาณ	67
3.3.5 การแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลสำหรับ IBM PC	71
3.3.6 การตัดไม้ตัดเมตรส	77
บทที่ 4 การทดสอบและการใช้งาน	78
4.1 หลักการใช้งานและการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก	78
4.2 การทดสอบการใช้งาน	85
4.2.1 ผลการทดสอบภาคการวิเคราะห์	85
4.2.2 ผลการทดสอบภาคการควบคุม	87
บทที่ 5 บทสรุป	88
5.1 บทสรุป	88
5.2 ประสิทธิภาพในการทำงาน	88
5.3 การปรับปรุงและการพัฒนา	89
ภาคผนวก ก. โปรแกรมควบคุมการทำงาน	
ภาคผนวก ข. ภาพประกอบของส่วนต่าง ๆ ในงานวิจัย	
ภาคผนวก ค. Data Sheet	
เอกสารอ้างอิง	
ประวัติผู้เขียน	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ไม้ดอกเป็นพืชที่มีบทบาทสำคัญในประเทศหลายประเทศ เช่น ประเทศสหรัฐอเมริกา : การปลูกไม้ดอกเป็นธุรกิจที่สามารถทำรายได้ให้แก่ผู้ปลูกได้อย่างงดงาม กิจกรรมได้ขยายตัวอย่างรวดเร็วในระยะเวลาไม่นานส่วนทางด้านภาคพื้นยุโรป : การปลูกเลี้ยงไม้ดอกได้รับการเอาใจใส่เป็นอย่างดีซึ่งการปลูกเลี้ยงได้กระทำในเรือนกระจกเพื่อช่วยให้ความอบอุ่นที่เพียงพอ ต้นทุนการผลิตอาจสูงแต่ผลการผลิตก็เพิ่มสูงตามด้วย ธุรกิจประเภทนี้เจริญและขยายตัวไปอย่างรวดเร็ว ทำรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ลงทุนเป็นอย่างดี

หากจะพิจารณาเรื่องปัจจัยต่าง ๆ ที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของไม้ดอกภายในประเทศไทย เช่น น้ำ แสงสว่าง อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น พบว่ามีความเหมาะสมพอสมควร แต่อย่างไรก็ตามการนำเทคโนโลยีใหม่ ๆ เข้ามาใช้กำลังมีบทบาทเป็นอย่างมากในทุกวงการ ส่วนในด้านการเกษตรยังมีการนำมาใช้น้อยอยู่ โดยเฉพาะงานวิเคราะห์และควบคุมโดยใช้คอมพิวเตอร์ ซึ่งมีการทำงานอย่างอัตโนมัติ จะทำให้ลดแรงงานคนและเพิ่มผลผลิตได้มาก

การใช้คอมพิวเตอร์ ควบคุม ปัจจัยที่สำคัญที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืชประเภทไม้ดอก อันได้แก่ ความชื้น การให้ปริมาณน้ำและปุ๋ย เป็นเทคโนโลยีใหม่ เพื่อลดแรงงานคนที่ใช้งานรักษาดูแลการให้น้ำและปุ๋ย อีกทั้งสามารถโปรแกรมการให้ปริมาณน้ำ และแร่ธาตุที่จำเป็นแก่พืชประเภทไม้ดอกในปริมาณที่เหมาะสมสำหรับช่วงอายุ และชนิดของไม้ดอกนั้นได้ นอกจากนี้การควบคุมปริมาณความชื้นที่เหมาะสมโดยไม่จำเป็นต้องพึ่งดินฟ้าอากาศ แต่ละฤดูนั้นจะเป็นการเพิ่มผลผลิตที่มากขึ้นกว่าการปลูกไม้ดอกแบบดั้งเดิม ซึ่งต้องพึ่งดินฟ้าอากาศในแต่ละฤดูกาล การใช้คอมพิวเตอร์ ควบคุมปัจจัยสำคัญดังกล่าว จำเป็นต่อการพัฒนาเทคโนโลยีทางการเกษตรเป็นอันมาก เพราะไทยเรากำลังก้าวไปสู่ความเป็นนิคม ที่ต้องนำเทคโนโลยีใหม่ เข้ามาใช้ โดยยืนอยู่บนพื้นฐานการใช้วัสดุเท่าที่มีอยู่ในประเทศ เพื่อพัฒนาเทคโนโลยีแบบพึ่งตนเอง ไม่มีการนำเข้าจากต่างประเทศ งานวิจัยนี้จึงมีผลต่อการพัฒนาเกษตรกรรมแผนใหม่ ที่ไม่พึ่งดินฟ้าอากาศแต่ละฤดูกาล ซึ่งผันผวนทุกปี ยังความเสียหายแก่เกษตรกรไทยโดยทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีของพารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

พารามิเตอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์เพื่อควบคุมแปลงดอกไม้มีดังนี้

2.1 ความชื้นในบรรยากาศ

2.2 อุณหภูมิ

2.3 ความเข้มแสง

2.1 ทฤษฎีความชื้นในบรรยากาศ

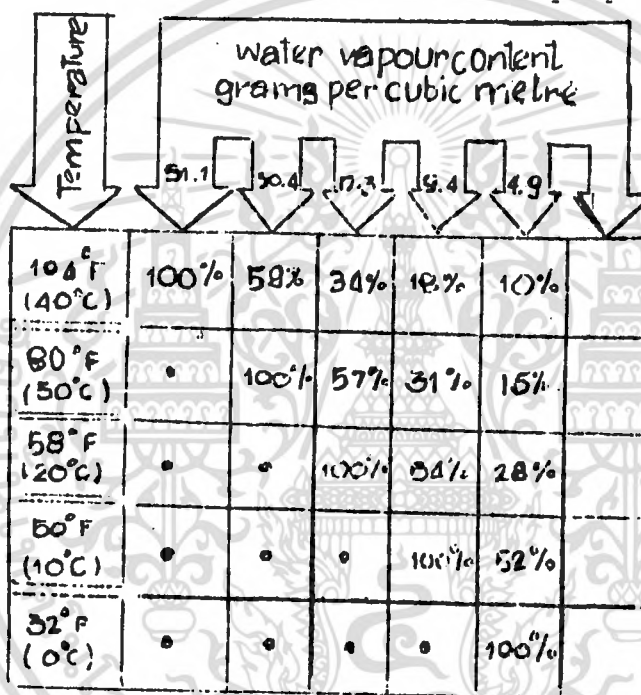
ความชื้นในบรรยากาศคือไอน้ำที่แทรกตัวอยู่ในช่องว่างของอากาศ ไอน้ำนี้มาจากแหล่งน้ำต่าง ๆ บนผิวโลกระเหยกลายเป็นไอเมื่อได้รับความร้อน โดยความร้อนที่ทำให้น้ำเปลี่ยนสถานะเรียกว่า ความร้อนแฝง น้ำ 1 กรัมเมื่อระเหยกลายเป็นไอต้องใช้ความร้อนแฝง 540 แคลอรี ส่วนน้ำแข็ง 1 กรัมเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำต้องใช้ความร้อนแฝง 80 แคลอรี ความร้อนแฝงนี้จะไม่ทำให้อุณหภูมิเพิ่ม แต่เมื่อไอน้ำกลั่นตัวกลายเป็นน้ำหรือน้ำเปลี่ยนสถานะเป็นน้ำแข็ง ความร้อนแฝงนี้จะถูกปล่อยออกมา

เมื่ออากาศเย็นลง ไอน้ำในอากาศจะกลั่นตัวทำให้เกิดปรากฏการณ์ธรรมชาติต่าง ๆ เช่น เมฆ หมอก น้ำค้าง ฝน และพายุ ซึ่งมีผลกระทบต่อความเป็นอยู่ของมนุษย์มาก ดังนั้นการเข้าใจเรื่องความชื้นในบรรยากาศจึงเป็นเรื่องสำคัญในการศึกษาลักษณะอากาศ

2.1.1 อากาศอิ่มตัว (saturated)

ไอน้ำในอากาศมีจำนวนไม่แน่นอนผันแปรไปตามเวลาและสถานที่ ในเขตนานวณทั่วโลกรวมจะมีปริมาณไอน้ำน้อยกว่าเขตร้อนเขตร้อน เพราะน้ำระเหยได้น้อยกว่าปริมาณไอน้ำเป็นน้ำหนักต่อปริมาตรของอากาศคือ กรัม/ลูกบาศก์เมตร อากาศอนุภาคหนึ่ง ๆ สามารถรับไอน้ำได้จำกัดเมื่ออากาศรับไอน้ำไว้เต็มที่แล้วเรียกว่าอากาศอิ่มตัว (saturated) ถ้ามีไอน้ำเพิ่มขึ้นอีกหรืออากาศเย็นตัวลงไอน้ำจะกลั่นตัว อากาศที่ร้อนสามารถรับไอน้ำได้มากกว่าอากาศเย็น ดังนั้นอากาศที่ร้อนขึ้นทุก ๆ องศาเซลเซียสหมายถึงอากาศนั้นสามารถรับไอน้ำได้มากขึ้นนั่นเอง

ตามปกติอากาศจะไม่อึมตัว แต่ถ้าอุณหภูมิเปลี่ยนไปกล่าวคือ ถ้าอากาศอุ่นภาคนั้นเห็นตัวลงจนใกล้อึมตัว ไอน้ำจะกลั่นตัวเป็นละอองน้ำ ตัวอย่างที่เห็นได้ชัดเจนคือ การหายใจรดกระจกหรือลมหายใจในฤดูหนาวเป็นควัน ที่เป็นเช่นนี้เพราะ อากาศที่กระจกหรืออากาศภายนอกที่ว่างภายในฤดูหนาวเย็นกว่าอุณหภูมิภายในร่างกาย ไอน้ำที่ออกมาที่ลมหายใจจึงกลั่นตัวเป็นละอองน้ำขนาดเล็กปรากฏเป็นฝ้าบนกระจกหรือควันออกจากปาก



รูปที่ 2.1 ความจุไอน้ำ ณ จุดความชื้นสัมพัทธ์ต่าง ๆ

ในทางตรงกันข้าม ถ้าอากาศอึมตัวอุณหภูมิหนึ่งได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นซึ่งทำให้ความอึมตัวหมดไป กลายเป็นอากาศไม่อึมตัวและสามารถรับไอน้ำเพิ่มได้อีก จากเหตุผลนี้ทำให้เราสามารถอธิบายได้ถึงสาเหตุที่ทำให้เขตอับลมเป็นเขตเงาฝน เพราะเมื่อมวลอากาศขึ้นยกตัวสูงขึ้น และอุณหภูมิลดลงทำให้อากาศอึมตัว ไอน้ำในอากาศจึงกลั่นตัวเป็นฝนบริเวณด้านรับลม ด้านอับลม

อากาศจะไหลลงที่ถมกันจนแน่นและความร้อนจะเพิ่มขึ้น การกลั่นตัวของไอน้ำ จะไม่มี เขตนี้จึงเป็นเขตแห้งแล้ง

โดยปกติอุณหภูมิของอากาศลดลงตามระดับความสูง ในอัตรา 3.2 องศาฟาเรนไฮต์ต่อความสูง 1000 ฟุต ในเขตบรรยากาศชั้นโทรโพสเฟียร์ซึ่งเรียก อัตราการลดอุณหภูมินี้ว่า LAPSE RATE แต่ถ้ามวลอากาศที่ไม่อึดตัวอนุภาคหนึ่ง ยกตัวสูงขึ้นหรือต่ำลง อัตราการลดอุณหภูมิจะมีค่า 5.5 องศาฟาเรนไฮต์ต่อความสูง 1000 ฟุต (1 c/100 เมตร) ค่านี้เรียกว่า DRY ADIABATIC LAPSE RATE ค่านี้จะมีผลต่อความแปรปรวนของอากาศ ซึ่งหมายถึงอากาศมี เสถียรภาพหรือไม่มีเสถียรภาพด้วย

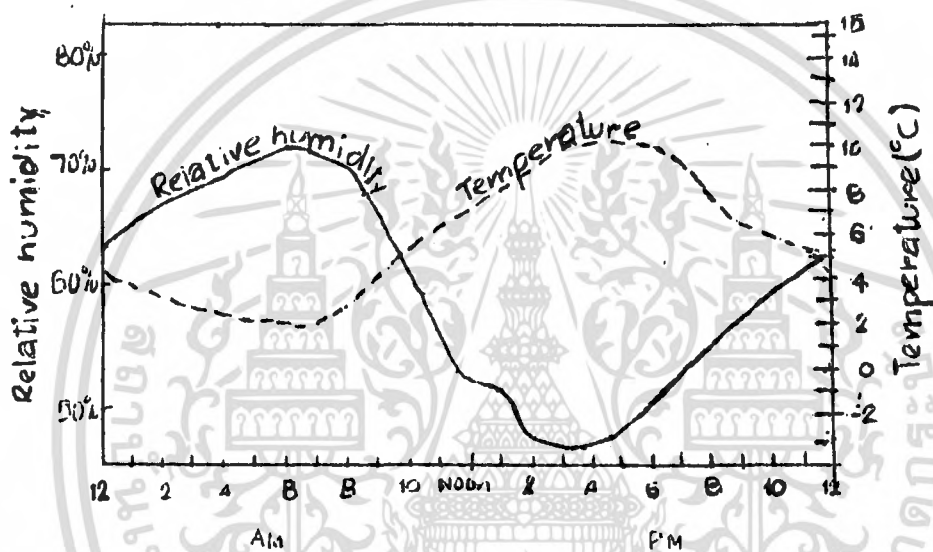
2.1.2 อากาศมีเสถียรภาพและอากาศไม่มีเสถียรภาพ (stability air and instability air)

เมื่อมวลอากาศที่ผิวโลกได้รับความร้อน อากาศส่วนนั้นจะลอยตัวขึ้น เพราะอากาศขยายตัวมีน้ำหนักเบาว่าอากาศโดยรอบ การลอยตัวของมวลอากาศจะเป็นไปได้สูงเพียงใดขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของอากาศโดยรอบ ตัวอย่างเช่น สมมติอากาศก้อนหนึ่งอยู่ที่ผิวพื้นโลกอุณหภูมิ 50 องศาฟาเรนไฮต์ ที่ระดับความสูง 1000 ฟุต ถ้ามวลอากาศนี้ได้รับความร้อนเพิ่มขึ้นเป็น 51 องศาฟาเรนไฮต์ จะทำให้เริ่มลอยขึ้น อุณหภูมิของอากาศนั้นจะลดลง 5.5 องศาฟาเรนไฮต์ ต่อความสูง 1000 ฟุต ดังนั้นเมื่อลอยมาที่ระดับสูง 1000 ฟุต อุณหภูมิจะเหลือ $51 - 5.5 = 45.5$ องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งร้อนกว่าอากาศโดยรอบในระดับเดียวกับ 1.5 องศาฟาเรนไฮต์ อากาศนั้นจะลอยตัวขึ้นไปอีก ลักษณะบรรยากาศเช่นนี้เราเรียกว่า ไม่มีเสถียรภาพ แต่ถ้าอุณหภูมิในบรรยากาศลดน้อยกว่าคือ สมมติว่าที่ระดับความสูง 1000 ฟุตนั้น มีอุณหภูมิ 47 องศาฟาเรนไฮต์ แต่อุณหภูมิของมวลอากาศเป็นเพียง 45.5 องศาฟาเรนไฮต์ ซึ่งเย็นกว่าและหนักกว่า อากาศอนุภาคนั้นจะตกลงมาที่เดิม ในสภาพเช่นนี้เราเรียกว่า บรรยากาศมีเสถียรภาพ

เสถียรภาพของมวลอากาศจึงขึ้นอยู่กับอัตราการลดอุณหภูมิตามระดับความสูงของอากาศ (lapse rate) ถ้าอัตรานี้น้อยกว่าอัตราการลดอุณหภูมิของมวลอากาศเมื่อลอยขึ้น มวลอากาศจะมีเสถียรภาพ แต่ถ้าอัตราการลดอุณหภูมิตามระดับความสูงมีมากกว่ามวลอากาศจะไม่มีเสถียรภาพ เช่น มวลอากาศในเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา⁴ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณความกดอากาศต่ำหรือพายุไซโคลน

อากาศที่ไม่อิ่มตัวคืออากาศแห้ง เมื่อยกตัวขึ้นในบางระดับจะเป็นลงจนถึงจุดน้ำค้างกลายเป็นอากาศอิ่มตัว ใอน้ำจะกลั่นตัวเป็นละอองไอน้ำ (เมฆ) การยกตัวของมวลอากาศในระยะนี้ มีอัตราการลดอุณหภูมิของศafa เวนไฮท์/ 1000 ฟุต เราเรียกว่า SATURATED ADIABATIC RATE หรือ WET ADIABATIC RATE



รูปที่ 2.2 ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความชื้นสัมพันธ์

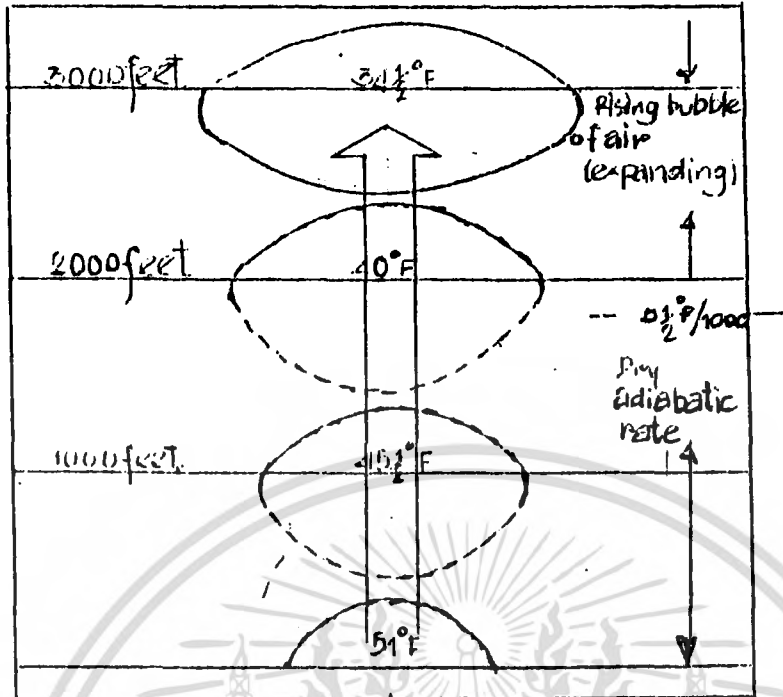
2.1.3 การวัดค่าความชื้นในบรรยากาศ

การวัดปริมาณไอน้ำในอากาศเพื่อทราบว่า อากาศมีความชื้นมากน้อยเพียงใดกำหนดได้หลายวิธี ดังนี้

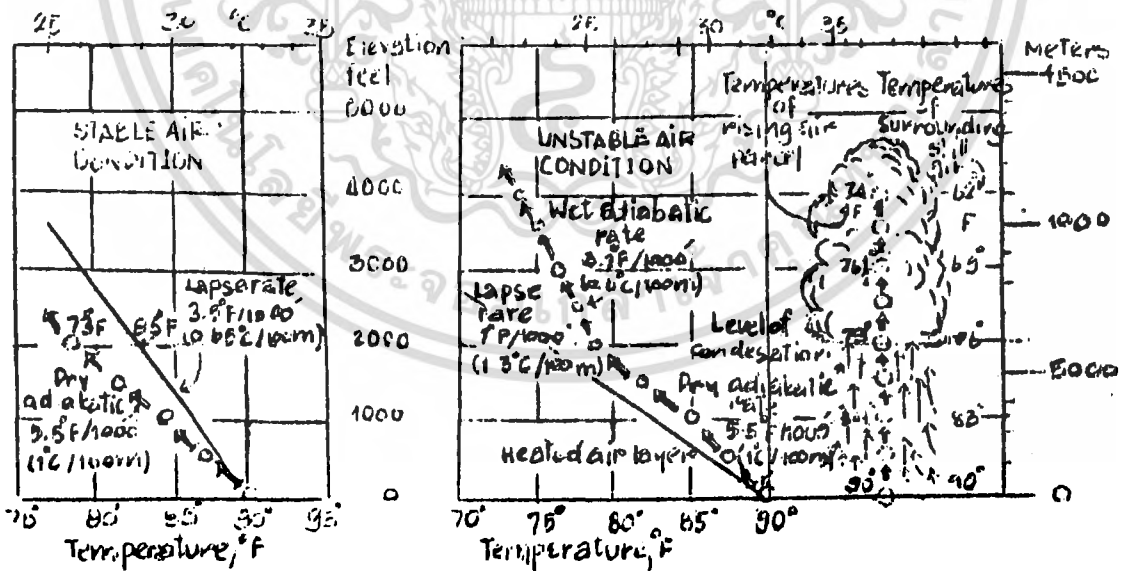
- ความชื้นแท้ (absolute humidity)
- ความชื้นสัมพันธ์ (relative humidity)
- ความชื้นจำเพาะ (specific humidity)
- จุดน้ำค้าง (dew point)
- เรายผสมส่วน (mixing ratio)

2.1.3.1 ความชื้นแท้เป็นน้ำหนักของไอน้ำที่มีอยู่ในอากาศขณะใดขณะหนึ่งคิดเป็นกรัม/ลูกบาศก์เมตร เช่น 9.3 กรัม/ลูกบาศก์เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 การเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของอากาศที่ไม่มีเสถียรภาพ



รูปที่ 2.4 การลดอุณหภูมิตามระดับความสูงและมีเสถียรภาพของอากาศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา⁶ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความชื้นแท้เป็นปัจจัยแรกในการพิจารณา ลักษณะภูมิอากาศของโลกตั้งแต่
ทั่วโลกถึงเขตศูนย์สูตรว่าโลกจะได้รับปริมาณน้ำฟ้าเท่าใด

2.1.3.2 ความชื้นสัมพัทธ์ เป็นอัตราส่วนของความชื้นแท้ที่มีอยู่ในอากาศ
ขณะหนึ่งกับปริมาณไอน้ำที่มากที่สุดที่อากาศนั้นจะรับไว้ได้ ในอุณหภูมิเดียวกันคิด
เป็นส่วนร้อย

$$\text{ความชื้นสัมพัทธ์} = \frac{\text{ความชื้นแท้}}{\text{ความชื้นมากที่สุดที่อากาศจะรับได้ในอุณหภูมิเดียวกัน}} \times 100$$

อากาศที่มีค่าความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ เรียกว่าอากาศแห้ง ในวันที่อากาศแห้ง
เราจะรู้สึกสบาย กระฉับกระเฉงรำเริง เพราะไอน้ำระเหยได้ง่าย เช่นใน
ฤดูหนาวของไทย แต่ถ้าอากาศร้อนชื้นเราจะรู้สึกอับอ้าว อึดอัด อากาศเช่นนี้
ทำให้คนเกียจคร้าน การปรับอากาศจึงเป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่พยายามปรับ
อุณหภูมิและความชื้นของอากาศ ให้เหมาะกับความต้องการของร่างกาย ค่าความ
ชื้นสัมพัทธ์มีผลต่อการเกิดปรากฏการณ์ของลมฟ้าอากาศมาก การกลั่นตัวของ
ไอน้ำในรูปของเมฆ หมอก ฝน มีความสัมพันธ์กับความชื้นสัมพัทธ์ ถ้าค่านี้
สูงการกลั่นตัวจะเกิดได้ง่าย นอกจากนี้ค่าความชื้นสัมพัทธ์ยังมีอิทธิพลต่อการ
เจริญเติบโตของเชื้อโรค เชื้อราและแมลงต่าง ๆ โดยเฉพาะเชื้อราเติบโต
ได้เร็วมากเมื่ออากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูงประมาณ 80-90 %

2.1.3.3 ความชื้นจำเพาะ เป็นอัตราส่วนของน้ำหนักไอน้ำในอากาศใน
ขณะนั้นเป็นกรัมต่อน้ำหนักอากาศ 1 กิโลกรัม (รวมน้ำหนักไอน้ำด้วย)

$$\text{ความชื้นจำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนักไอน้ำในอากาศขณะนั้นเป็นกรัม}}{\text{น้ำหนักของอากาศ (รวมไอน้ำ) 1 กิโลกรัม}}$$

ค่าความชื้นจำเพาะของอากาศคงที่เสมอ แม้อุณหภูมิหรือปริมาตรของ
อากาศจะเปลี่ยนไปจึงมีประโยชน์ ในการที่อธิบายลักษณะความชื้นของมวลอากาศ
บนพื้นโลก เช่น อากาศแถบขั้วโลกในฤดูหนาวมีค่าความชื้นจำเพาะ 0.2 กรัม
ต่ออากาศ 1 กิโลกรัม

2.1.3.4 จุดน้ำค้างเป็นอุณหภูมิที่อากาศก้อนหนึ่งอึมตัวด้วยไอน้ำเมื่อเย็น

ตัวลงโดยที่ความกดอากาศไม่เปลี่ยนแปลง เช่น อากาศในขณะนั้นมีอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ปรากฏว่ามีไอน้ำเพียง 17.5 กรัม/ลูกบาศก์เมตร ซึ่งเป็นปริมาณไอน้ำที่อากาศอุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสจะรับไว้ได้มากที่สุด ฉะนั้น อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส จึงเป็นจุดน้ำค้างนั่นคือ เมื่ออากาศเย็นลงจนถึง อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียสจะอิ่มตัว และถ้าเย็นลงต่อไปอีกไอน้ำจะกลั่นตัว เป็นหมอกหรือน้ำค้างได้

จุดน้ำค้างจึงแสดงถึงความชื้นหรือความแห้งของอากาศในขณะหนึ่ง โดยการเปรียบเทียบอุณหภูมิจุดน้ำค้างกับอุณหภูมิอากาศในขณะนั้น ถ้าค่าที่ได้ ต่างกันมาก เช่น อุณหภูมิอากาศ 35 องศาเซลเซียส อุณหภูมิจุดน้ำค้าง 15 องศาเซลเซียส จะเห็นว่าต่างกันถึง 20 องศาเซลเซียส แสดงว่าอากาศ แห้งมาก มีไอน้ำเท่ากับปริมาณไอน้ำที่อากาศอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส รับได้มากที่สุดเท่านั้น แต่ถ้าจุดน้ำค้างเป็น 33 องศาเซลเซียสแสดงว่าอากาศ ในขณะนั้นใกล้อิ่มตัว การกลั่นตัวเป็นเมฆ หมอก เกิดขึ้นได้ง่าย

2.1.3.5 เรวโซผสมส่วนคืออัตราส่วนน้ำหนักของไอน้ำต่อน้ำหนักอากาศแห้ง 1 กิโลกรัม

$$\text{เรวโซผสมส่วน} = \frac{\text{น้ำหนักไอน้ำในอากาศ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักของอากาศแห้ง (1 กิโลกรัม)}}$$

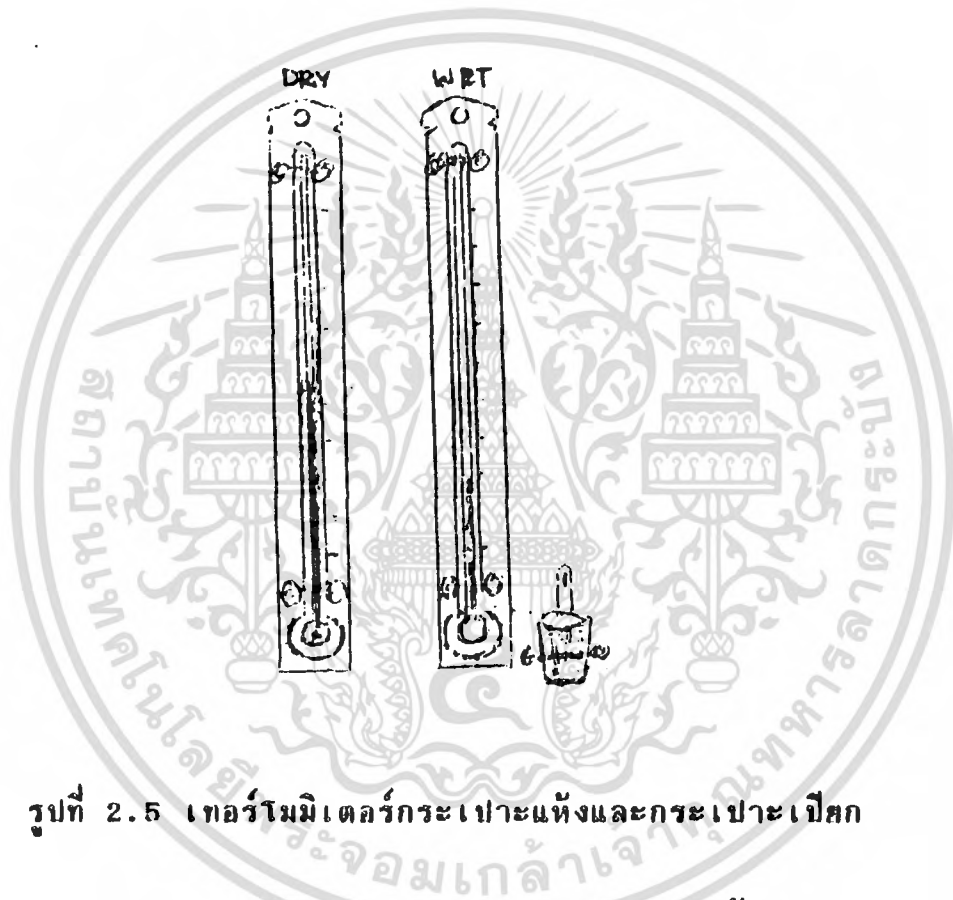
2.1.4 เครื่องมือวัดความชื้นของอากาศ

การวัดความชื้นในอากาศจะใช้เครื่องมือที่เรียกว่า ไฮโกรมิเตอร์ (hygrometer) ซึ่งมีอยู่หลายแบบ ดังนี้

1. เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้ง และเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียก เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้กันทั่วไปเพราะสะดวก เทอร์โมมิเตอร์กระเปาะแห้งคือ เทอร์โมมิเตอร์ธรรมดาที่ติดตั้งในเรือนเทอร์โมมิเตอร์ ส่วนเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกนั้นที่กระเปาะปรอทมีถุงผ้ามีสลินหุ้มรัดคดด้วยด้ายดิบ ปลายทางหนึ่ง จุ่มลงในถ้วยใส่น้ำ น้ำจะซึมผ่านด้ายดิบมาหุ้มถุงผ้าทำให้ผ้าเปียกเสมอ

หลักของเทอร์โมมิเตอร์กระเปาะเปียกคือ น้ำที่ชุ่มกับผ้ามีสลินจะระเหย ตลอดเวลา ถ้าอากาศแห้งมากการระเหยก็จะมากกระเปาะปรอทจะเย็นลงมาก เช่นเดี๋ยวกันอุณหภูมิจะต่ำ ถ้าความชื้นมากอากาศจะรับไอน้ำได้น้อยการระเหย

จะมีน้อยทำให้กระดาษปรอทเห็นเพียงเล็กน้อย อุณหภูมิไม่ต่ำมากเมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิกะเปาะแห้งและกระดาษเปียกแล้ว จากค่าความแตกต่างของอุณหภูมินี้ เราใช้ตารางบอกค่าความชื้นเพื่อแปลเป็นค่าความชื้นสัมพัทธ์ความจุไอน้ำหรือจุดน้ำค้างได้



รูปที่ 2.5 เทอร์โมมิเตอร์กระดาษแห้งและกระดาษเปียก

เทอร์โมมิเตอร์ชนิดกระดาษแห้งและกระดาษเปียกนี้ ถ้านำมาติดบนแผงเป็นคู่แผงนี้กว้างได้รอบ เพื่อให้อากาศผ่านได้ทำให้การระเหยถูกต้องยิ่งขึ้น ในการตรวจจะต้องแกว่งเครื่องนี้ให้หมุนรอบ ๆ ตามความเร็วและจำนวนรอบที่กำหนดจึงอ่านอุณหภูมิของเทอร์โมมิเตอร์ทั้งสองได้ เครื่องชนิดนี้เรียกว่า **ไซโครมิเตอร์ (psychrometer)**

2. **ไซโครมิเตอร์เส้นผม (hair hygrometer)** เครื่องมือชนิดนี้จะใช้เส้นผมคนเป็นหลัก เพราะปรากฏว่าเส้นผมคนเมื่อฟอกน้ำมันออกจนหมดจะยึดหดสัมพันธ์กับความชื้นในอากาศ อากาศที่ชื้นมากเส้นผมจะยึดมาก อากาศเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่น้อยหรือแห้งเส้นผมจะหด จึงใช้เป็นเครื่องวัดความชื้นในอากาศได้ดี ถ้าเป็นชนิดที่บันทึกผลการตรวจวัดความชื้นลงบนกระดาษกราฟติดต่อกันตลอดเวลา 24 ชั่วโมง เรียกว่า ไฮโกรกราฟ (hygrograph)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **10** และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 อุณหภูมิ

2.2.1 ความร้อน

ความร้อนเป็นพลังงาน ซึ่งแสดงให้เห็นในลักษณะการเคลื่อนไหวของโมเลกุลของสาร (หรืออะตอมของธาตุ) โมเลกุลที่เคลื่อนไหวเร็วจะมีความร้อนมากกว่าโมเลกุลที่เคลื่อนไหวช้า การเคลื่อนไหวของโมเลกุลอาจเพิ่มมากขึ้นเนื่องจากการเสียดสี หรือได้รับความร้อนจากดวงอาทิตย์ ดังนั้นพลังงานกล (ที่ใช้การเสียดสีหรือขัดถู) หรือการแผ่รังสีพลังงาน (จากดวงอาทิตย์) อาจเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนได้

2.2.2 หน่วยวัดความร้อน

สิ่งที่เราต้องการวัดพลังงานความร้อนมี 2 ประการ คือ

1. เราต้องการทราบระดับของความร้อนว่ามีระดับสูงต่ำเพียงใด เรานิยมเรียก "ระดับความร้อน" ว่าอุณหภูมิ (temperature) ฉะนั้น สิ่งที่เราต้องการวัดในที่นี้คือ อุณหภูมิ

2. เราต้องการทราบถึง ปริมาณของความร้อน ว่าความร้อนมีปริมาณมากน้อยเพียงใด หน่วยวัดความร้อนจึงแยกได้ 2 ประเภท ดังจะกล่าวถึงรายละเอียดต่อไป

2.2.3 หน่วยวัดอุณหภูมิ

หน่วยวัดอุณหภูมิที่ใช้อุณหภูมิของน้ำแข็งและน้ำเดือดเป็นมาตรฐาน นิยมใช้กัน 2 หน่วย คือ หน่วยเซลเซียส (Celsius) หรือ $^{\circ}\text{C}$ หน่วยนี้นิยมใช้กันในวงการวิทยาศาสตร์ทั่วโลก กำหนดให้น้ำแข็งที่ 0°C และน้ำเดือดที่ 100°C อีกหน่วยหนึ่ง คือ ฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit) หรือ $^{\circ}\text{F}$ หน่วยนี้นิยมใช้กันในวงการต่าง ๆ นอกเหนือจากทางวิทยาศาสตร์ กำหนดให้น้ำแข็งตัวที่ 32°F และน้ำเดือดที่ 212°F เนื่องจากหน่วยทั้ง 2 นี้ มีความสัมพันธ์กัน ดังนั้นเราจึงสามารถเปลี่ยนค่าจากหน่วยหนึ่งไปยังอีกหน่วยหนึ่งได้ เช่น เราสามารถเปลี่ยนค่าอุณหภูมิ 27°C ให้เป็น $^{\circ}\text{F}$ ได้ คือ ได้ 80.6°F ในทำนองเดียวกันเราก็สามารถเปลี่ยนค่า -25°F ให้เป็น $^{\circ}\text{C}$ ได้เท่ากับ -31.7°C

อีกหน่วยหนึ่งที่นิยมใช้กันมากในวงการวิทยาศาสตร์ คือ หน่วยเคลวิน

(Kelvin) หรือ $^{\circ}\text{K}$ หน่วยนี้ใช้อุณหภูมิของแก๊สเป็นมาตรฐานในการวัด ถือว่าเป็นอุณหภูมิสัมบูรณ์ (absolute temperature scale) หน่วยเคลวินมีความสัมพันธ์กับหน่วยเซลเซียสมาก กล่าวคือ ที่ 0°C จะเท่ากับ 273°K ฉะนั้นถ้าเราทราบค่า $^{\circ}\text{C}$ แล้ว เราก็สามารถหาค่าเป็น $^{\circ}\text{K}$ ได้ โดยนำ 273 มาบวกเข้า เช่น 25°C จะเท่ากับ 298°K

2.2.3 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ

วิธีการวัดอุณหภูมิ ที่นิยมใช้กันมากได้แก่ การวัดการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ (physical properties) ของสสารซึ่งเป็นผลมาจากความร้อน ผลของความร้อนต่อสสารในกรณีนี้ คือ สสารเมื่อได้รับความร้อนจะขยายตัว หรือหดตัวเมื่อได้รับความร้อนมีสารหลายชนิดที่ขยายตัว (และหดตัว) อย่างมีความสัมพันธ์ที่แน่นอนกับขนาดอุณหภูมิ และมีการเปลี่ยนแปลงที่เห็นได้ชัดเจน เช่นปรอท แอลกอฮอล์ สสารพวกนี้จึงนำมาใช้เป็นเครื่องวัดอุณหภูมิโดยสร้างเป็นเครื่องมือขึ้น เรียกว่า เทอร์โมมิเตอร์ (thermometer) เทอร์โมมิเตอร์ปรอท (หรือแอลกอฮอล์) สร้างจากหลอดแก้วรูปเล็ก ส่วนล่างทำเป็นกะเปาะบรรจุปรอท เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงปรอทจะขยายตัวหรือหดตัว ทำให้ระดับความสูงของปรอทในหลอดแก้วแตกต่างกัน การสร้างสเกลบนเทอร์โมมิเตอร์ทำได้ โดยการหาจุดมาตรฐานก่อนสองจุด คือ จุดน้ำแข็งและจุดน้ำเดือด ต่อจากนั้นจึงแบ่งสเกลตาม $^{\circ}\text{C}$ หรือ $^{\circ}\text{F}$ กล่าวคือถ้าเป็น $^{\circ}\text{C}$ ก็กำหนดให้จุดน้ำแข็งเป็น 0°C จุดน้ำเดือดเป็น 100°C ระหว่าง $0-100$ แบ่งเป็น 100 ส่วนเท่า ๆ กัน ส่วนละ 1°C การแบ่งเป็น $^{\circ}\text{F}$ ก็เหมือนกัน คือกำหนดให้จุดน้ำแข็งเป็น 32°F จุดน้ำเดือดเป็น 212°F จาก $32-212$ แบ่งเป็น 180 ส่วนเท่า ๆ กัน แต่ละส่วนคือ 1°F

เทอร์โมมิเตอร์นอกจากจะทำจากของเหลวแล้ว ยังใช้ของแข็งและแก๊ส ทำเทอร์โมมิเตอร์ได้ด้วยเทอร์โมมิเตอร์ ที่ใช้มากรองจากเทอร์โมมิเตอร์ปรอทคือ เทอร์โมมิเตอร์ที่ทำจากโลหะ

ส่วนประกอบสำคัญของเทอร์โมมิเตอร์แบบนี้ คือ โลหะ 2 ชนิดนำมาประกบกัน เช่น ทองแดงกับเหล็ก (เรียกโลหะประกบกันนี้ว่า ไบเมทัล- bimetal) ไบเมทัลมีคุณสมบัติไวต่ออุณหภูมิ คือ ถ้าอุณหภูมิสูงขึ้นโลหะคู่นี้จะงอไปทางเหล็กและถ้าอุณหภูมิต่ำลง โลหะจะงอมาทางทองแดง เพราะทองแดง

จะมีการขยายตัว (และหดตัว) มากกว่าเหล็ก เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปเมทอลจึงงอไปในทิศทางดังกล่าวแล้ว จากนั้นเราก็นำเทอร์โมมิเตอร์นี้มาหาจุดมาตรฐานแล้วแบ่งสเกลเป็น °C หรือ °F ตามวิธีดังกล่าวมาแล้วตอนต้น เทอร์โมมิเตอร์โลหะใช้มากในเตาอบ ในเครื่องปรับอากาศ ส่วนเทอร์โมมิเตอร์แก๊สมีใช้ในการทดลองทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น

เทอร์โมมิเตอร์ที่ใช้กันทั่ว ๆ ไปเป็นเทอร์โมมิเตอร์ปรอทซึ่งมีปรอทบรรจุอยู่ในหลอดแก้ว ปรอทจะขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน และอาศัยค่าปรอทในหลอดแก้วเป็นเครื่องชี้บ่งอุณหภูมิตามที่กำหนดสเกลไว้ แบบที่ใช้กันในปัจจุบันเรียกว่า "สเกลอุณหภูมิเซลเซียส" ซึ่งกำหนดจุดคงที่ไว้ที่ 100 °C เป็นอุณหภูมิของน้ำเดือดและ 0 °C เป็นอุณหภูมิตั้งตัวของน้ำ แล้วแบ่งสเกลออกเป็น 100 ช่อง แต่ละช่องเท่ากับ 1 °C (อ่านว่าหนึ่งองศาเซลเซียส)

สำหรับประเทศที่หนาวมาก ๆ เช่น แถบขั้วโลก นิยมใช้แอลกอฮอล์แทนปรอทเพราะมีจุดเยือกแข็งต่ำกว่า แอลกอฮอล์มีจุดเยือกแข็งที่ -80 °C ส่วนปรอทมีจุดเยือกแข็งที่ -39 °C ณ ความดันบรรยากาศ

เมื่อวัตถุมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้เกิดการขยายตัวและความต้านทานไฟฟ้าเปลี่ยนแปลง สำหรับก๊าซนั้นความดันเปลี่ยนไปตามปริมาตรอีกด้วย การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้สามารถนำมาทำเทอร์โมมิเตอร์ได้ ซึ่งจะทำให้วัดอุณหภูมิในพิสัยที่กว้างยิ่งขึ้น ต่อมาได้มีการพัฒนาสเกลอุณหภูมิขึ้นใหม่โดยไม่ขึ้นกับสารที่ใช้เรียกว่า สเกลเคลวิน ตามชื่อของนักฟิสิกส์ชาวอังกฤษ คือ ลอร์ดเคลวิน และอาจเรียกอุณหภูมิตามสเกลนี้ว่า "อุณหภูมิสัมบูรณ์" หรือ "อุณหภูมิเคลวิน" อุณหภูมิเซลเซียสและอุณหภูมิเคลวินมีความสัมพันธ์กันตามสมการ

$$\theta = T - 273.15$$

เมื่อ θ คือ อุณหภูมิเป็นองศาเซลเซียส (°C) และ T คือ อุณหภูมิเป็นเคลวิน (°K) ในทางปฏิบัติอนุโลมว่าสเกลแต่ละช่องเท่ากัน แต่ 0 °C = 273.15 °K อุณหภูมิศูนย์เคลวิน (0 °K) เรียกว่า "ศูนย์สัมบูรณ์"

อุณหภูมิจริงอาจวัดเป็นองศาเซลเซียสหรือเป็นเคลวินก็ได้ แต่ผลต่างของอุณหภูมิให้ใช้เป็นเคลวินเสมอ เช่น อุณหภูมิเพิ่มขึ้นจาก 20 °C เป็น 30 °C จะได้ผลต่างอุณหภูมิ = (30-20) °C = (303.15-293.15) °K = 10 °K เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่โรงเรียนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
13

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ความเข้มแสง

เป็นที่ทราบกันดีว่าแสงเป็นพลังงานและทำให้เกิดความสว่าง แหล่งกำเนิดแสงที่สำคัญที่สุดคือดวงอาทิตย์ นอกจากนี้คือหลอดไฟชนิดต่าง ๆ กองไฟและเทียนไข เป็นต้น เนื่องจากแสงเป็นพลังงาน การที่เรามองเห็นความสว่างของแหล่งกำเนิดแสงต่าง ๆ เป็นเพราะว่ามีพลังงานของแสงจากแหล่งกำเนิดมาสู่ตาเรา

2.3.1 รังสีจากดวงอาทิตย์

ดวงอาทิตย์ เป็นดาวฤกษ์ขนาดใหญ่อยู่ใกล้โลกมากที่สุดในบรรดาดาวฤกษ์ทั้งหมดที่มองเห็นอยู่ด้วยกล้องโทรทรรศน์ ซึ่งก๊าซที่เป็นองค์ประกอบมากที่สุดคือไฮโดรเจน (H_2) ก๊าซไฮโดรเจนนั่นเองที่เป็นสาเหตุแห่งความร้อนมากมายมหาศาล อันหมายถึงเป็นแหล่งพลังงานของระบบสุริยะ ก๊าซไฮโดรเจนจะเกิดปฏิกิริยาทางนิวเคลียร์ โดยเกิดปฏิกิริยารวมตัวได้นิวเคลียสของธาตุฮีเลียม เรียกว่า ปฏิกิริยาฟิวชัน (fusion reaction) เมื่อเกิดปฏิกิริยานี้แล้วจะมีพลังงานเกิดขึ้นอย่างมากมาย เพราะมวลสารบางส่วนเปลี่ยนไปเป็นพลังงาน ตามทฤษฎีของ ไอน์สไตน์ (Einstein) คือ $E = mc^2$ พลังงานดังกล่าวเกิดขึ้นวันแล้ววันเล่า เชื่อว่าเกิดมานานกว่า 4.5 ล้านปีและยังคงอยู่ต่อไปนานเท่าอนันต์ พลังงานที่ดวงอาทิตย์ปล่อยออกมาจะอยู่ในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic radiation) ซึ่งเรียกกันว่า รังสีจากดวงอาทิตย์ (solar radiation) เมื่อศึกษาการกระจายของสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ปล่อยออกมานี้จะได้ดังรูป 2.6

จากรูป 2.6 จะเห็นว่าพลังงานของรังสีจากดวงอาทิตย์อยู่ในช่วงแสงที่ตามองเห็น (visible light) ร้อยละ 47.33 และอยู่ในช่วงรังสีอินฟราเรด (infrared) ร้อยละ 44.85 ที่เหลืออีกร้อยละ 7.82 จะอยู่ในช่วงรังสีเหนือม่วง (ultraviolet) ซึ่งถ้าเราดูจากเส้นสเปกตรัมก็อาจกล่าวได้ว่า รังสีจากดวงอาทิตย์มีความยาวคลื่นอยู่ในระหว่าง 250 - 2500 นาโนเมตร (10^9 นาโนเมตร = 1 เมตร)

ดวงอาทิตย์จะมีการแผ่รังสีกระจายออกไปในทุกทิศทุกทาง แต่โลกของเรามีลักษณะเป็นทรงกลม จึงเป็นผลทำให้โลกได้รับรังสีจากดวงอาทิตย์เพียงบางส่วน ทำให้ค่าเฉลี่ยความเข้มของรังสีจากดวงอาทิตย์ที่มาถึงโลกมีค่าคงที่ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ซึ่งเราเรียกว่า ค่าคงที่แสงอาทิตย์ (solar constant) ซึ่งวัดค่าที่ 1.5 AU 53
วัดต่อตารางเมตร

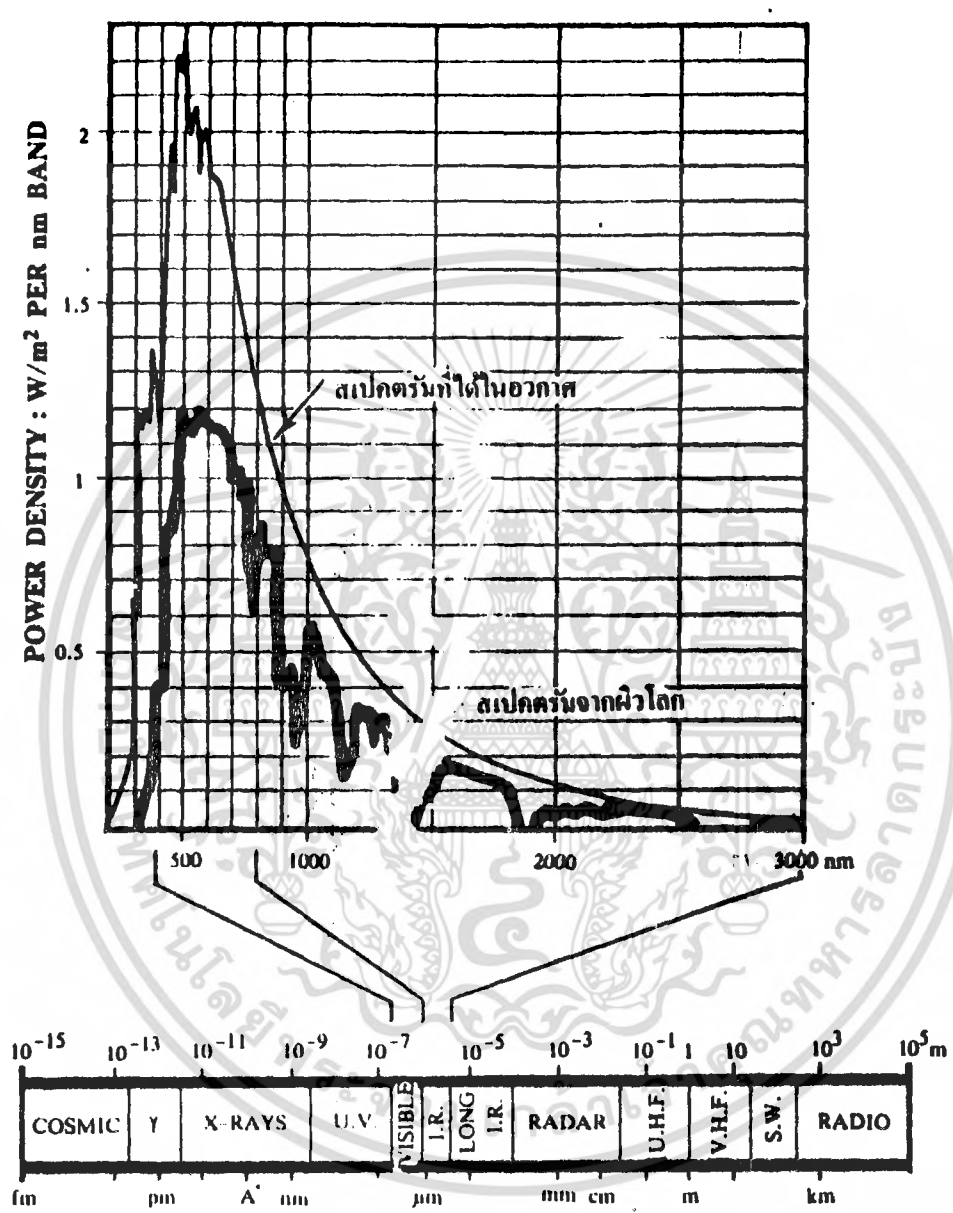
จากรูป 2.7 เมื่อรังสีส่องผ่านชั้นของบรรยากาศในวันที่ท้องฟ้าแจ่มใส
รังสีจะเกิดการสะท้อนโดยฝุ่นละอองและโมเลกุลอากาศแห้ง ประมาณร้อยละ
1.1 - 11 และจะถูกดูดกลืนไว้โดยโมเลกุลของอากาศแห้งประมาณร้อยละ 8
โดยฝุ่นละอองร้อยละ 1 - 5 และโดยไอน้ำร้อยละ 2 - 10 และยังมีรังสี
บางส่วนถูกกระจายโดยโมเลกุลของอากาศแห้งอีกประมาณร้อยละ 5 โดยมีฝุ่น-
ละอองอีกร้อยละ 0.1-10 จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้นจะเห็นได้ว่า มีความเข้ม
ของรังสีจากดวงอาทิตย์ประมาณร้อยละ 71-81 ซึ่งคิดเป็นค่าคงที่แสงอาทิตย์ได้
เท่ากับ 961-1191 วัตต์ต่อตารางเมตรเท่านี้ที่ตกลงมาถึงผิวโลก

ถ้าเราคิดว่า ในหนึ่งปีโลกได้รับแสงประมาณ 4383 ชั่วโมง ซึ่งนับว่า
เป็นค่าการรับแสงมากที่สุด เราสามารถคิดเป็นพลังงานที่ตกลงมาบนผิวโลกได้
ประมาณ 4212-5220 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อตารางเมตรต่อปี แต่โดยความ
เป็นจริงแล้ว โลกของเราจะได้รับแสงไม่ถึง 4383 ชั่วโมงต่อปี เนื่องจาก
บริเวณหลายบริเวณถูกปิดบัง หรือรังสีถูกดูดกลืนหรือกระจายไป จึงทำให้
ค่าพลังงานที่ตกลงบนผิวโลกมีค่าน้อยกว่า 4212-5220 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อ
ตารางเมตรต่อปี ดังนั้นค่าที่ใช้กันมีค่ามากที่สุดคือ 2000-2500 kWh/m²yr
2.000-2.550 kWh/km²yr

2.3.2 ค่าคงที่ของแสงแดดที่โลกได้รับ

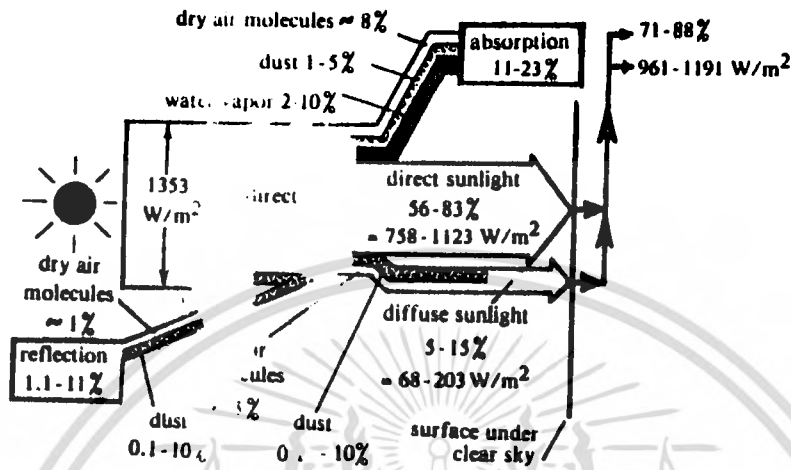
เหตุที่เราต้องกล่าวถึงค่าคงที่ของพลังงานแสงอาทิตย์ ก็เนื่องมาจาก
เคยมีข้อสงสัยกันว่า ความเปลี่ยนแปลงของภูมิอากาศบนพื้นโลกจะเกี่ยวเนื่องกับ
การเปลี่ยนแปลงค่าคงที่หรือไม่ เพราะได้มีการคำนวณว่าถ้าหากค่าคงที่ของ
แสงแดดเปลี่ยนแปลงไปแม้เพียงไม่กี่เปอร์เซ็นต์ ก็ยังมีผลทำให้สภาพภูมิอากาศของโลก
เปลี่ยนแปลงไปได้อย่างใหญ่หลวง ซึ่งความเป็นจริงก็มีหลายทฤษฎีที่เชื่อว่า
วิวัฒนาการของภูมิอากาศของโลกในอดีต มีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลง
ค่าคงที่นี้ด้วย

อย่างไรก็ตามในปัจจุบันนี้กล่าวได้ว่าโลกได้รับพลังงานจากดวงอาทิตย์ใน
อัตราคงที่แม้จะมีปรากฏการณ์ที่เกี่ยวกับการลุกจ้าและการเกิดจุดดับในดวงอาทิตย์
แต่ก็ไม่ถือว่ามีผลใด ๆ ต่อค่าคงที่นี้



รูปที่ 2.6 สเปกตรัมของรังสีจากดวงอาทิตย์นอกบรรยากาศโลกและที่ระดับพื้นดินเทียบกับสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 16
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 แสงอาทิตย์ส่องผ่านเข้ามาถึงบรรยากาศ (ท้องฟ้าแจ่มใส)

ในแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่าง ๆ นั้น พลังงานของแสงที่ได้มีการเปลี่ยนรูปมาจากพลังงานต่างชนิดกัน เช่น จากพลังงานนิวเคลียร์ พลังงานเคมี พลังงานไฟฟ้า เป็นต้น อย่างไรก็ตาม พลังงานที่แผ่ออกมาจากแหล่งกำเนิดนั้นจะมีเพียงบางส่วนที่อยู่ในรูปของแสง พลังงานที่เหลืออาจอยู่ในรูปของพลังงานความร้อน เช่น ความร้อนจากดวงอาทิตย์ ความร้อนจากเปลวเทียนไข และความร้อนจากหลอดไฟ เป็นต้น สำหรับในหลอดไฟนั้น พลังงานที่ให้กับหลอดจะเปลี่ยนไปเป็นพลังงานของแสงประมาณ 30 % เท่านั้น

พลังงานไฟฟ้าของหลอดไฟชนิดต่าง ๆ แปรผันตรงกับกำลังไฟฟ้าที่ให้กับหลอด ถ้าช่วงเวลาที่ใช้หลอดเท่ากัน เมื่อพลังงานไฟฟ้าเปลี่ยนไปเป็นพลังงานของแสง และทำให้หลอดสว่างขึ้นนั้นพบว่า หลอดไฟไม่ได้สว่างเป็นสัดส่วนกับกำลังไฟฟ้าของหลอดนั้น ๆ เช่น หลอดไฟ 100 วัตต์ สว่างกว่าหลอดไฟ 10 วัตต์ แต่ไม่ได้สว่างกว่าเป็น 10 เท่า ดังนั้นเราจึงไม่สามารถใช้ค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดไฟในการเปรียบเทียบว่าหลอดสว่างแตกต่างกันเท่าใดได้

ปริมาณที่ใช้ในการบอกว่าหลอดไฟสว่างมากหรือน้อยเรียกว่า ความเข้มของการส่องสว่าง มีหน่วยเป็น แคนเดลา ซึ่งมีการกำหนดไว้เป็นมาตรฐานสากลว่า สำหรับแหล่งกำเนิดแสงซึ่งมีสมบัติในการแผ่พลังงานทั้งหมดที่มีอยู่ออกมา เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมีอุณหภูมิ 2,046 เคลวิน ความเข้มของการส่องสว่างที่ออกมาจากพื้นที่ 1 ตารางเมตรของแหล่งกำเนิดแสงนี้กำหนดให้มีค่าเป็น 6×10^5 แคนเดลา

ค่าความเข้มของการส่องสว่างของแหล่งกำเนิดแสงชนิดอื่นหาได้โดยการเปรียบเทียบกับความเข้มของการส่องสว่างมาตรฐานนี้ ในหลอดไฟฟ้าที่ใช้กันอยู่ทั่วไปนั้นจะพบว่า ค่าของกำลังไฟฟ้ากับค่าของความเข้มของการส่องสว่างเป็นดังตารางที่ 2.1

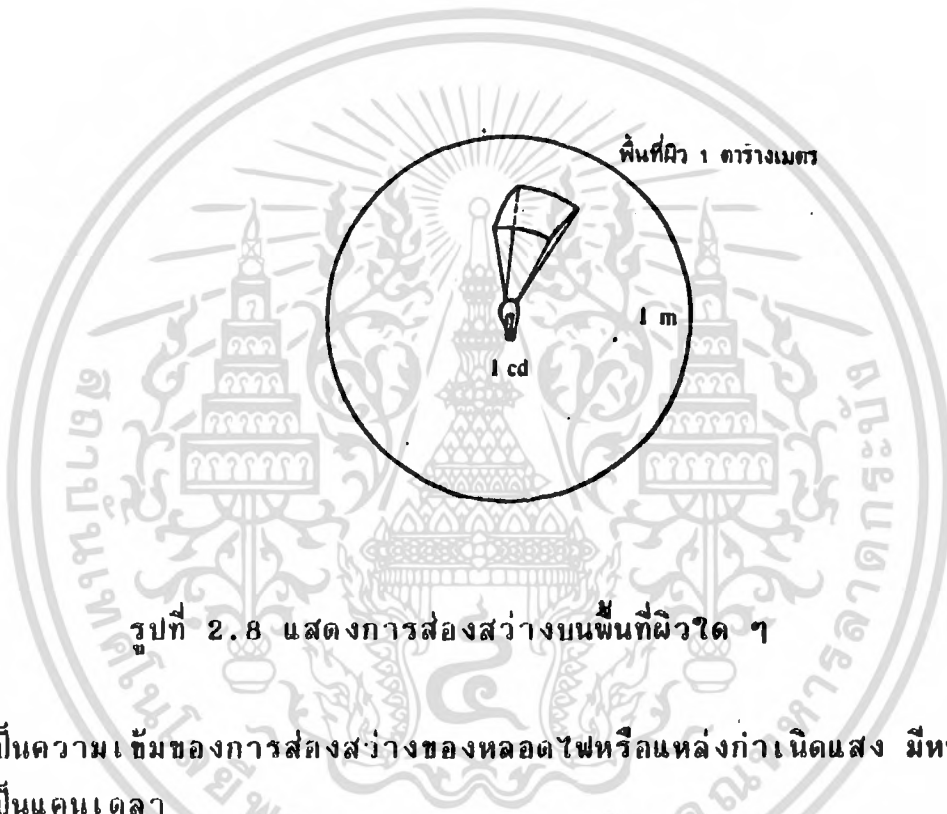
กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	ความเข้มของการส่องสว่าง (แคนเดลา)
10	6
15	10
20	14
25	18
40	29
60	53
75	71
100	104

ตารางที่ 2.1 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าและความเข้มของการส่องสว่างของหลอดไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์

เมื่อมีแสงจากแหล่งกำเนิดตกกระทบบนผิววัตถุต่าง ๆ ทำให้มีความสว่างเกิดขึ้นบนผิววัตถุเหล่านั้น ปริมาณความสว่างบนผิววัตถุมีการกำหนดไว้เป็นมาตรฐานสากลว่า ถ้าวางแหล่งกำเนิดแสงที่มีขนาดเล็กมาก ๆ ซึ่งมีความเข้มของการส่องสว่างเท่ากับ 1 แคนเดลา ความสว่างที่เกิดขึ้นบนพื้นที่ผิว 1 ตารางเมตร ของวัตถุที่อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเป็นระยะ 1 เมตร ดังรูปที่ 2.8 จะมีค่า 1 Lux

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในทางปฏิบัติการหาความสว่าง ณ บริเวณใดทำได้ โดยใช้เครื่องวัดความสว่าง ตัวอย่างของเครื่องวัดประเภทนี้ได้แก่ เครื่องวัดแสงในการถ่ายรูป ถ้าวางแหล่งกำเนิดแสงให้ห่างจากผิววัตถุมากขึ้น จะพบว่าความสว่างบนผิววัตถุน้อยลงและถ้าวางหลอดไฟให้ห่างผิววัตถุคงตัว แต่เปลี่ยนหลอดไฟที่มีความเข้มของการส่องสว่างน้อยลง จะพบว่าความสว่างบนผิววัตถุก็จะลดลงด้วย ซึ่งความสัมพันธ์ของปริมาณเหล่านี้จะเป็นดังนี้



รูปที่ 2.8 แสดงการส่องสว่างบนพื้นที่ผิวใด ๆ

- ถ้า I เป็นความเข้มของการส่องสว่างของหลอดไฟหรือแหล่งกำเนิดแสง มีหน่วยเป็นแคนเดลา
- E เป็นความสว่างบนผิววัตถุ มีหน่วยเป็น Lux
- R เป็นระยะทางระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับวัตถุผิวนั้น มีหน่วยเป็นเมตร

จะได้ว่า
$$E = I/R^2 \quad \dots\dots (2.1)$$

จากสมการ (2.1) เราสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายประการเช่น ถ้าใช้หลอดไฟหลอดหนึ่งวางไว้เหนือพื้นห้อง เมื่อยกหลอดไฟให้สูงขึ้นจากเดิมเป็น 2 เท่าของความสูงเดิม จะทำให้ทราบว่าความสว่างบนพื้นห้อง ณ ตำแหน่งที่ตรงกับหลอดลดลงไป 4 เท่า และถ้ายกหลอดไฟให้สูงขึ้นเป็น 3 เท่า จะได้ว่าความ

สว่าง ณ ตำแหน่งเดิมลดลงไป 9 เท่า อีกประการหนึ่ง สมการ (2.1) นี้ยังทำให้สามารถเปรียบเทียบความเข้มของการส่องสว่างของหลอดไฟต่าง ๆ ได้ โดยนำหลอดไฟสองหลอดซึ่งมีความเข้มของการส่องสว่างเป็น I_1 และ I_2 ส่องไปยังฉากเดียวกันแล้วปรับระยะห่างของหลอดไฟกับฉาก ถ้าระยะที่ฉากห่างจากหลอดทั้งสองเป็นระยะ R_1 และ R_2 ตามลำดับ ได้ความสว่างจากหลอดทั้งสองบนฉากเท่ากัน นั่นคือ

$$E_1 = E_2$$

หรือ

$$I_1 / R_1^2 = I_2 / R_2^2$$

จะได้

$$I_1 / I_2 = R_1^2 / R_2^2 \dots \dots \dots (2.2)$$

ดังนั้นเมื่อทราบ R_1, R_2 ก็จะสามารถเปรียบเทียบ I_1, I_2 ได้ นอกจากสมการ (2.2) จะช่วยในการวัดค่าความเข้มของการส่องสว่างของหลอดไฟต่าง ๆ ได้ ถ้ามีแหล่งกำเนิดแสงมาตรฐานหรือหลอดไฟฟ้าที่ทราบค่าของความเข้มของการส่องสว่างแน่นอน

ประโยชน์ที่ได้จากความรู้เรื่องการส่องสว่างนี้ จะช่วยในการจัดไฟตามอาคารบ้านเรือนและห้องทำงานต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม คือให้มีความสว่างพอเหมาะกับการใช้งาน

โดยปกติแล้วความสว่างในสถานที่ต่าง ๆ นั้นมาจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ เช่น หลอดไฟ การสะท้อนที่ผนัง ดวงอาทิตย์ หรือแสงจากท้องฟ้าเฉียง เป็นต้น การคำนวณหาค่าความสว่างโดยตรงจึงมักยุ่งยากมาก ในทางปฏิบัติการหาความสว่างทำได้โดยใช้เครื่องมือที่ให้ค่าออกมาเป็นลักซ์โดยตรง

การจัดไฟในสถานที่ต่าง ๆ นั้น นอกจากจะจัดความสว่างให้เหมาะสมกับการใช้งานแล้ว ทั้งต้องคำนึงถึงความประหยัดพลังงานอีกด้วย โดยการเลือกใช้หลอดไฟที่มีการสูญเสียพลังงานน้อยที่สุด หรือเลือกใช้หลอดที่ให้พลังงานแสงสูงที่สุด เช่น ถ้าเปรียบเทียบหลอดฟลูออเรสเซนต์กับหลอดไฟฟ้าจะพบว่า ถ้าค่ากำลังไฟฟ้าของหลอดไฟทั้งสองเท่ากัน หลอดฟลูออเรสเซนต์จะให้ความสว่าง

มากกว่า ทั้งนี้เพราะมีการสูญเสียพลังงานไปเป็นพลังงานความร้อนน้อยกว่า นอกจากนั้นความสว่างที่เหมาะสมยังมีความจำเป็นต่อสายตาอีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับผู้ทำงานที่ต้องใช้สายตาเป็นอย่างมาก เช่น ช่างนาฬิกา ศัลยแพทย์ เป็นต้น



บทที่ 3

การทำงานของระบบในส่วนต่าง ๆ

การสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในโครงงานวิจัยนี้ เริ่มจากการเลือกใช้ หัวตรวจวัดที่เหมาะสมกับลักษณะงาน จากนั้นทำการออกแบบวงจรเพื่อนำสัญญาณ จากหัวตรวจวัดที่ได้มาประมวลผลในคอมพิวเตอร์ ดังนั้นการทำงานทั้งหมดสามารถ แบ่งออกได้เป็นภาคใหญ่ ๆ 3 ภาค คือ

- ภาคการวิเคราะห์
- ภาคการควบคุม
- ภาคการเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์

3.1 ภาคการวิเคราะห์

ภาคการวิเคราะห์ประกอบด้วยอุปกรณ์หลัก ๆ คือ

- 3.1.1 หัวตรวจวัดความชื้นในอากาศ
- 3.1.2 หัวตรวจวัดอุณหภูมิ
- 3.1.3 หัวตรวจวัดความเข้มแสง

3.1.1 หัวตรวจวัดความชื้นในอากาศ

ในโครงงานวิจัยนี้ ใช้หัวตรวจวัดความชื้นของบริษัท ECOWELL รุ่น ENHS-28 ดังแสดงในรูปที่ 3.1(ก) ซึ่งเป็นหัววัดความชื้นแบบ capacity โดยมีหลักการว่า เมื่อความชื้นเปลี่ยนไป ค่า capacity ของหัววัดก็เปลี่ยนไปด้วย ซึ่งในหัววัดนี้ได้ต่อเป็นวงจร R-C Oscillator ดังรูปที่ 3.2(ก) เมื่อป้อนแรงดันคงที่แก่วงจร มันจะให้ความถี่ค่าหนึ่งออกมา และเมื่อค่า capacity เปลี่ยนไปเนื่องจากความชื้น ค่าความถี่ก็จะเปลี่ยนไปด้วย

เมื่อนำเอาความถี่นี้เข้าวงจร Frequency to Current จะทำให้ได้ค่าเอาต์พุตออกมาเป็นกระแสที่ขึ้นกับความถี่ ซึ่งหัววัดนี้จะประกอบไปด้วย วงจรทั้งหมดที่กล่าว ดังที่แสดงไว้ใน block diagram รูปที่ 3.1(ข)

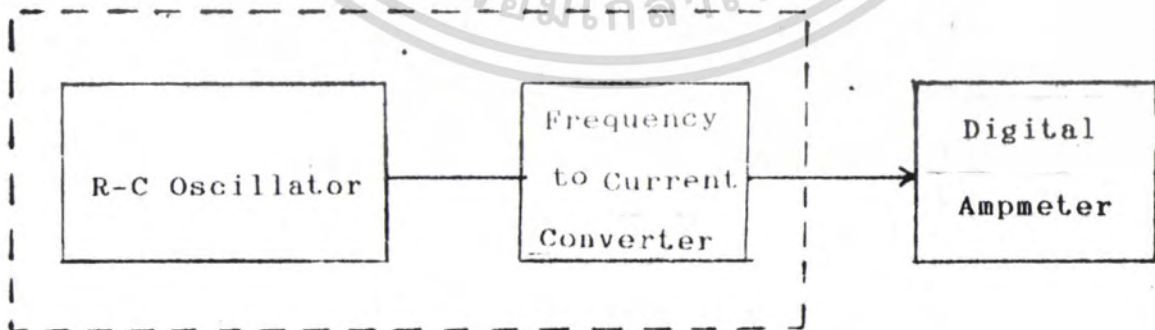
ในการใช้งานของหัววัดนี้ จะใช้ไฟเลี้ยง 12-18 V โดยมีค่า sensitivity เท่ากับ 1 mA ต่อความชื้น 5 % ทำให้สามารถวัดค่าได้แม่นยำในช่วงความชื้น 20-90 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ในที่นี้เราต้องการให้สัญญาณเอาท์พุทที่ออกมาเป็นโวลต์เตจ ดังนั้น จึงต้องมี R มาต่อที่สายสัญญาณสีน้ำตาล เพื่อแปลงสัญญาณกระแสให้เป็นสัญญาณ โวลต์เตจ เพื่อที่จะได้นำค่าโวลต์ ซึ่งเป็นสัญญาณทางอนาลอกนี้ไปป้อนให้กับ IC ประเภท A/D เพื่อเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณทางดิจิตอล

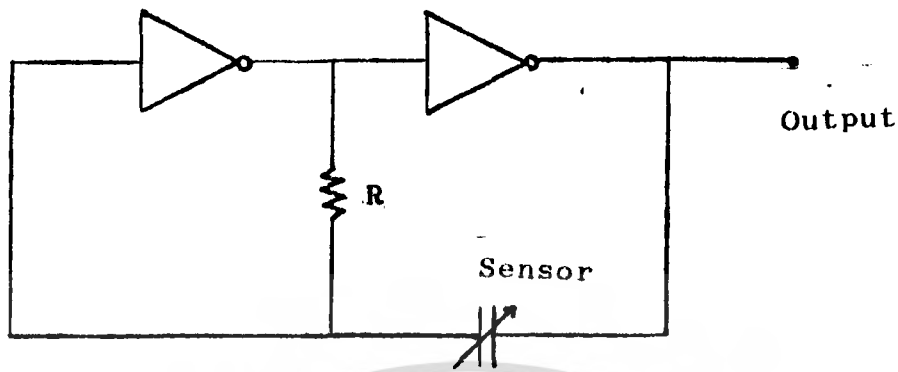


รูปที่ 3.1 (ก) หัวตรวจวัดความถี่ของ Ecowell รุ่น ENHS-28

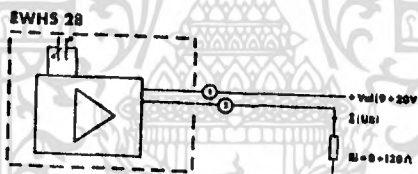


หัววัดความถี่

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินของสำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ นครเชียงใหม่ ซึ่งดำเนินการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.2(ก) วงจร R-C Oscillator



รูปที่ 3.2(ข) การต่อวงจรภายนอกเพื่อให้ตัวตรวจวัดสามารถทำงานได้
(1) สายสีน้ำเงิน (2) สายสีน้ำตาล

การทำงานของ IC เบอร์ 7107

IC เบอร์ 7107 เป็น IC ประเภท A/D Converters ของบริษัท INTELSIL ที่มีความหลากหลายในการใช้งานสูง กินไฟต่ำ การแสดงผลเอาท์พุทผ่าน LED ได้ละเอียดถึง 3 หลักครึ่ง นอกจากนี้ในตัวมันเองยังได้บรรจุอุปกรณ์ประเภท Active ไว้ด้วยรวมถึง ตัวถอดรหัส 7-Segment , Drivers , Clock โดยที่การใช้งานส่วนใหญ่มักใช้ในงาน ที่ไม่ต้องการความเที่ยงตรงสูงมากนัก นอกจากนี้ราคาก็ไม่สูงจนเกินไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา 24 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IC 7107 สามารถปรับค่าในการแสดงผลเต็มสเกลของ Voltage Input ได้ 2 ค่าคือ 20 มิลลิโวลต์ และ 2 โวลต์ โดยทำการเปรียบเทียบกับค่า Internal Reference IC 7107 จะทำการแปลงค่า Voltage Input ให้เป็นค่า Binary Code ก่อนจะแสดงผลทาง LED

ในการทำงานครั้งนี้เราไม่ต้องการแสดงผลผ่าน LED แต่ต้องการแสดงผลผ่านทางจอ Computer จึงต้องมีการนำค่า Binary Code จากเอาต์พุตของ IC 7107 ส่งผ่าน IC เบอร์ 8255 ซึ่งเป็น IC ประเภท Input/Output Port ซึ่งมี Port ในการรับส่งอยู่ 3 Port โดยการส่งค่าจะทำการส่งค่าของหลักหน่วยให้กับ Port A ค่าของหลักสิบให้กับ Port B ค่าของหลักร้อยให้กับ Port C และอีกครึ่งหลักที่เหลือจะทำการส่งให้กับ IC 8255 อีกตัวหนึ่ง หลังจากนั้น IC 8255 จะทำการส่งข้อมูลให้กับ Computer โดยผ่านวงจร Decoder ซึ่งจะกล่าวถึงในส่วนของการเชื่อมต่อกับ Computer ต่อไป

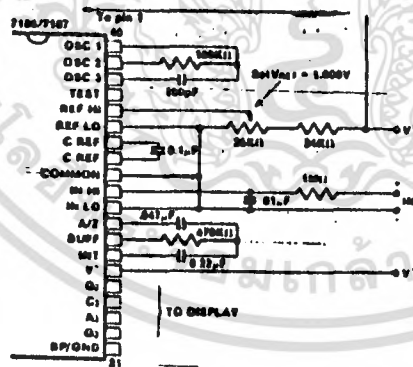
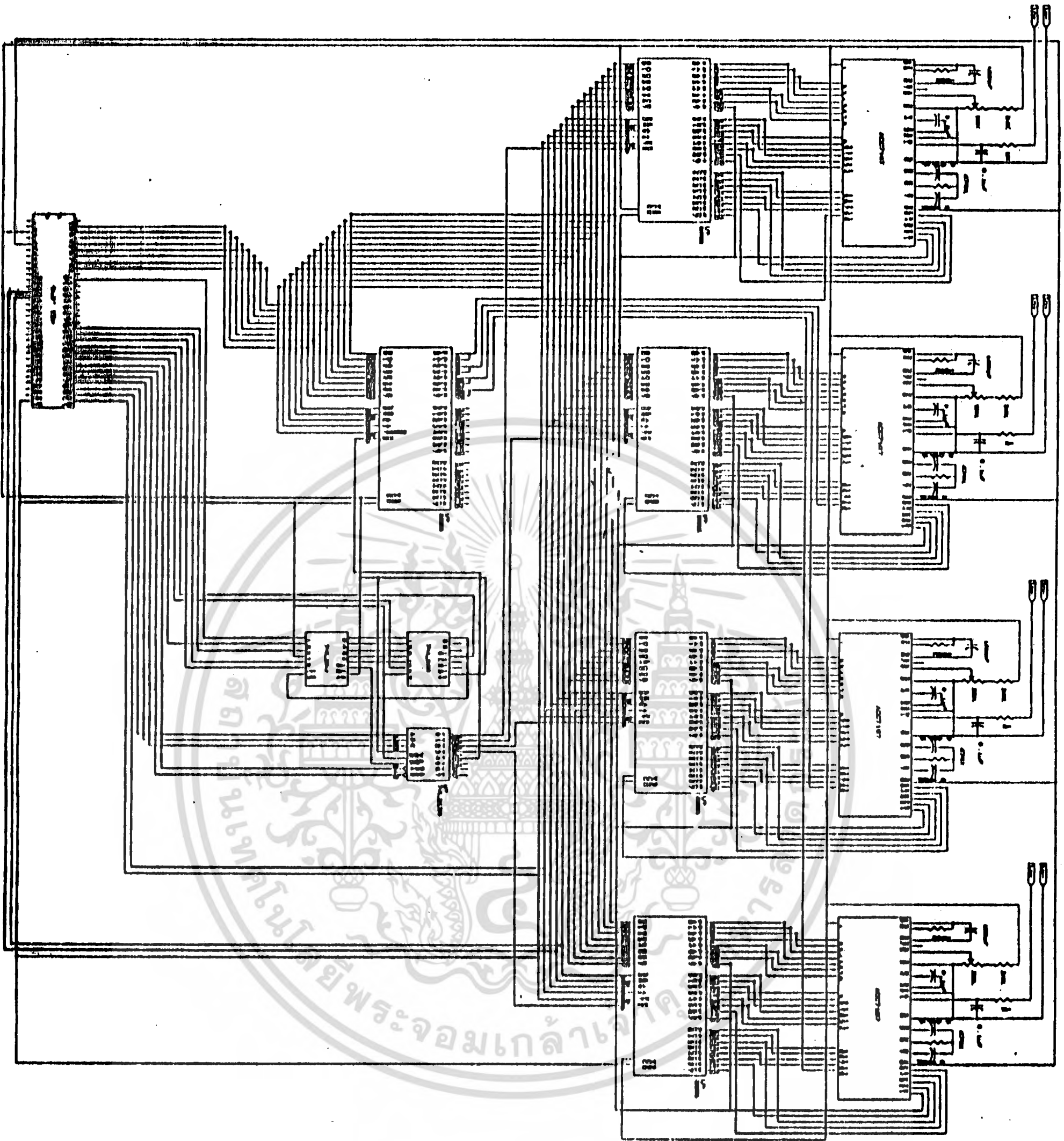


Figure 16: 7106/7107: Recommended component values for 2.000V full scale.

รูปที่ 3.3 ลักษณะการต่อวงจรภายนอกให้กับ IC 7107 เพื่อนำไปใช้งาน ในวงจรนี้ค่าสูงสุดในการแสดงผลเท่ากับ 2.000 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่ 25 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 รายละเอียดการต่อวงจรในรูปที่ 3.3 เข้ากับ IC 8255
และวงจร Decoder เพื่อเชื่อมต่อเข้ากับ Computer

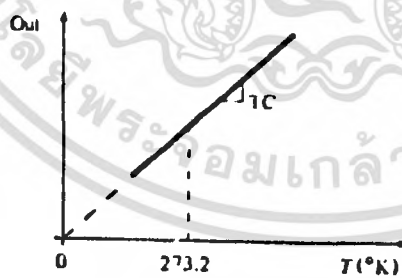
3.1.2 หัวตรวจวัดอุณหภูมิ

หัวตรวจวัดอุณหภูมิแบบรอกต่อสารกึ่งตัวนำ ใช้หลักการเทียบกับค่าที่เป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ (Proportional To Absolute Temperature : PTAT)

ถ้าสัญญาณที่ตรวจวัดได้ เป็นสัญญาณแรงดันไฟฟ้าจะเรียก VPTAT

ถ้าสัญญาณที่ตรวจวัดได้ เป็นสัญญาณกระแสไฟฟ้าจะเรียก IPTAT

หัวตรวจวัดทั้งสองแบบนี้ จะให้ค่าสัญญาณเอาต์พุตที่เป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ เช่น VPTAT มีค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ 10 mV/ K และให้ค่าเอาต์พุตเป็นสัญญาณทางแรงดันไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ T เคลวิน จะมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ 10 mV/ K คูณกับค่าอุณหภูมิ T เคลวิน และในกรณี IPTAT มีค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ 1 A/ K และให้ค่าเอาต์พุตเป็นค่าสัญญาณทางกระแสไฟฟ้า ที่อุณหภูมิ T เคลวินจะมีค่าเท่ากับค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ 1 A/ K คูณกับค่าอุณหภูมิ T เคลวิน ที่แสดงตามรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5

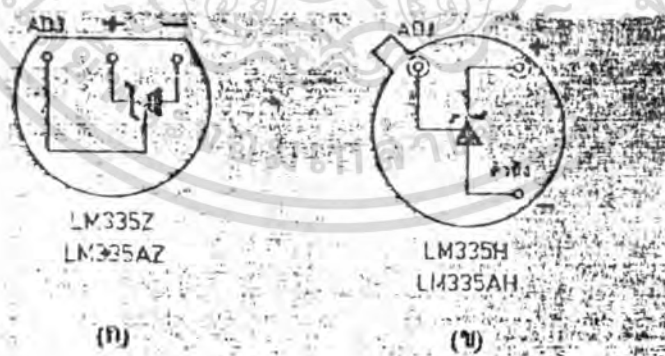
ตัวอย่างของหัวตรวจวัดแบบ VPTAT ที่นิยมใช้กันมากคือ LM 335

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

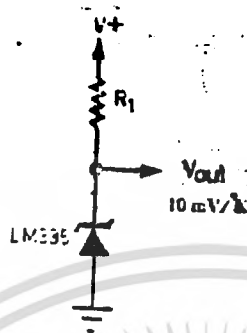
(National Semiconductor) หัวตรวจวัดนี้จะกระทำตัวเป็นตัวไดโอดอ้างอิง มีค่า leakage เป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ ด้วยค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ 10 mV/ K ตัวอุปกรณ์จะมีขาสามขา โดยจะมีขาหนึ่งใช้ในการปรับแต่งค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิ

LM 335A มีค่าความถูกต้องสูง โดยที่อุณหภูมิห้องมีค่าผิดพลาด +1 °C และเมื่อมีการเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานแล้วที่ 25 °C จะได้ค่าความถูกต้องสูงมากโดยที่ค่าผิดพลาด +0.5 °C ในช่วงอุณหภูมิ -400 °C ถึง 100 °C และค่าตัวต้านทาน R_i จะเป็นตัวกำหนดกระแสทำงานของไอซีซึ่งมีค่า 400 ถึง 500 ไมโครแอมป์ ค่าความต้านทานไดนามิกมีค่าน้อยกว่า 1 โอห์ม

ตัวอย่างของหัวตรวจวัดแบบ IPTAT ที่นิยมกันมาก AD590 , AD592 (Analog Deviecs) เป็นไอซีสามขาที่สามารถปรับค่ากระแสได้ หัวตรวจวัดแบบ IPTAT นิยมใช้ในการตรวจวัดสัญญาณที่ระยะไกล ๆ เพราะคุณสมบัติทางด้านความไว จะไปมีผลต่อสัญญาณแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมระหว่างทางเดินของสัญญาณในแต่ละที่งาน และค่าความต้านทานสวิทช์ของตัวมัลติเพล็กซ์จะไม่มีผลต่อความถูกต้องของหัวตรวจวัดแบบ IPTAT



รูปที่ 3.6 (ก) ลักษณะรูปร่างและการต่อขาของ LM 335 ในตัวถังพลาสติกแบบ TO-92 และในรูป (ข) เป็น LM 335H ในตัวถังโลหะแบบ TO-46 เมื่อดูจากด้านล่าง



รูปที่ 3.7 วงจรพื้นฐานในการใช้งานของ LM 335

การทำงานของ LM 335

LM 335 เป็นวงจรมิติเกรทเซอร์คิตซึ่งเราใช้ทำเป็นหัวตรวจวัดอุณหภูมิ สำหรับใช้ในย่านอุณหภูมิตั้งแต่ 0°C จนถึง $+100^{\circ}\text{C}$ โดยได้ผลผลิตออกมาอยู่ใน ตัวถังพลาสติกสีดำ ซึ่งมีลักษณะการต่อขาดังรูปที่ 3.6 (ก) และในตัวถังโลหะ แบบ TO-46 ซึ่งมีลักษณะการต่อขาดังรูป 3.6 (ข)

LM 335 เป็นอุปกรณ์ที่มีราคาถูกเช่นเดียวกับ LM 235 ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ ออกแบบมาใช้งานอย่างเดียวกันในย่านอุณหภูมิตั้งแต่ -25°C จนถึง $+100^{\circ}\text{C}$ สำหรับเบอร์ LM 135 ออกแบบมาสำหรับใช้ในการทหาร โดยใช้งานได้ในช่วง อุณหภูมิตั้งแต่ -53°C จนถึง $+150^{\circ}\text{C}$ โดยที่ไอซีสองเบอร์นี้มีค่าความคลาด- เคลื่อนจากรายละเอียดทางเทคนิคน้อยกว่าเบอร์ LM 335 แต่ LM 335 มีค่า ความคลาดเคลื่อนจากรายละเอียดทางเทคนิคน้อยกว่าเบอร์ LM 335A

โดยพื้นฐานแล้ว LM 335 ทำงานเช่นเดียวกับซีเนอร์ไดโอด ดังแสดง ในรูปที่ 3.7 แรงดันพังทลายหมายถึงแรงดันเอาต์พุตในวงจรซึ่งแปรโดยตรง กับอุณหภูมิสัมบูรณ์ โดยที่ค่าเท่ากับ 10 มิลลิโวลต์ต่ออุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น 1 องศา เคลวิน (10mV/K) ในย่านอุณหภูมิที่ออกแบบเพื่อใช้งาน

ค่าของตัวต้านทาน R_1 ในรูปที่ 3.7 จะเป็นตัวกำหนดค่าของกระแสที่ ไหลผ่านอุปกรณ์ตัวนี้ แต่เนื่องจากค่าไดนามิคอิมพีแดนซ์ที่กระแส 1 มิลลิแอมป์ จะมีค่าโดยปกติ 0.6 โอห์ม อุปกรณ์ตัวนี้จึงสามารถทำงานได้ในย่านกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตั้งแต่ 400 ไมโครแอมป์ จนถึง 5 ไมโครแอมป์ โดยเสมือนว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของตัวมันเลย ข้อที่น่าสังเกตก็คือค่ากระแสฟอร์เวิร์ดหรือกระแสรีเวอร์สสูงสุดซึ่งไหลผ่านอุปกรณ์ตัวนี้อย่างปลอดภัย (แม้ว่าจะเป็นชั่วคราว) ควรจะเป็น 10 มิลลิแอมป์ ถ้ากระแสสูงกว่านี้จะทำให้เกิดความเสียหายต่อไอซีตัวนี้ได้

ที่อุณหภูมิ 25 °C และที่กระแสรีเวอร์ส 1 mA แรงดันเอาต์พุตจากวงจรในรูปที่ 3.7 จะมีค่าตามที่ออกแบบไว้เท่ากับ 2.98 โวลต์ (จาก $(273 + 25) \times 10 \times 10^{-3}$) โดยมีข้อจำกัดทางด้านแรงดันต่ำสุดและสูงสุดเท่ากับ 2.92 โวลต์และ 3.04 โวลต์ตามลำดับ ค่าของ R_1 ที่ใช้สามารถคำนวณได้จากกระแสที่ไหลผ่าน LM 335 เท่ากับ 1 มิลลิแอมป์ โดยสมการ

$$R_1 = \frac{V - V_{out}}{0.001}$$

โดยที่ V คือ แรงดันไฟเลี้ยงวงจร และ V_{out} คือแรงดันเอาต์พุตของ LM 335 ซึ่งค่า R_1 จะมีค่าประมาณกิโลโอห์ม

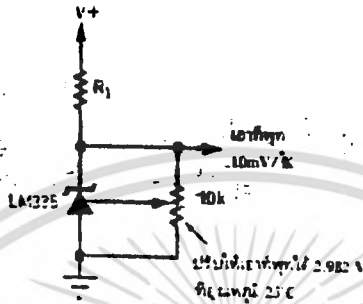
ประโยชน์ที่สำคัญของ LM 335 คือให้เอาต์พุตที่เป็นเชิงเส้นกับอุณหภูมิ ซึ่งไม่เหมือนกับเอาต์พุตที่ได้จากหัวตรวจวัดอุณหภูมิส่วนใหญ่ ซึ่งที่จริงแล้วถ้าเรานำค่าแรงดันเอาต์พุตมาเขียนเป็นกราฟระหว่าง ค่าแรงดัน กับ อุณหภูมิตลอดช่วงการทำงานของ LM 335 เมื่อลากเส้นกราฟไปตัดแกนอุณหภูมิที่ศูนย์องศาสัมบูรณ์ ค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากกราฟจะเป็นศูนย์องศาพอดี

แม้ว่าเอาต์พุตของ LM 335 จากวงจรในรูป 3.7 จะอยู่ภายในข้อจำกัดที่กำหนดมา เราก็ควรมีการต่อขาสำหรับปรับแต่งความถูกต้องซึ่งมีอยู่ด้วย โดยต่อตัวต้านทานปรับค่าได้คร่อม LM 335 ดังแสดงในรูปที่ 3.8 ในการใช้งานให้ปรับ VR_1 ให้เอาต์พุตเท่ากับ 2.982 โวลต์ เมื่ออยู่ที่อุณหภูมิ 25 °C เพื่อให้เกิดความเที่ยงตรงเพิ่มขึ้นตลอดช่วงอุณหภูมิที่ใช้งาน

การปรับความถูกต้องของอุณหภูมิเพียงครั้งเดียว จะให้ความถูกต้องตลอดช่วงอุณหภูมิที่ใช้งานนั้น เนื่องจากเอาต์พุตแปรผันโดยตรงอย่างเที่ยงตรงกับอุณหภูมิสัมบูรณ์ โดยเอาต์พุตจะลดลงเป็นศูนย์โวลต์ที่อุณหภูมิศูนย์องศาสัมบูรณ์ ดังนั้นการปรับค่าความลาดชันที่อุณหภูมิค่าหนึ่งให้ถูกต้อง จะทำให้เกิดความถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตลอดย่านอุณหภูมิ ซึ่งค่าความถูกต้องจะทำได้ง่ายกว่าอุปกรณ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้น
 ดังเช่น เทอร์โมคัปเปิ้ล เป็นต้น



รูปที่ 3.8 การปรับแต่งความถูกต้องอย่างง่าย ๆ โดยใช้ตัวต้านทานแบบปรับค่าได้เพียงตัวเดียว

ความร้อนที่เกิดขึ้นในตัว

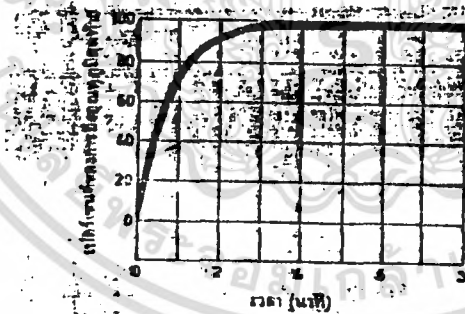
เช่นเดียวกับระบบตรวจจับอุณหภูมิใด ๆ ก็ตามความร้อนใด ๆ ที่เกิดขึ้นจากกระแสที่ไหลผ่านอุปกรณ์ที่ตรวจจับจะมีผลต่อค่าอุณหภูมิของตัวมัน ตลอดจนค่าแรงดันเอาต์พุตที่เกิดขึ้น สำหรับ LM 335 นั้นควรจะให้ทำงานที่กระแสต่ำสุดเพียงพอที่จะขับให้วงจรภายในไอซีทำงานได้ เมื่อคำนวณค่าของ R_1 จะยอมให้กระแสไหลผ่านตัวต้านทานปรับค่าได้ที่ต่อขนานกับไอซี สำหรับที่กระแสเอาต์พุตใด ๆ โดยกระแสประมาณ 400 ไมโครแอมป์ จะเป็นกระแสต่ำสุดที่ LM 335 จะทำงานได้เป็นปกติ

ถ้าหัวตรวจวัดถูกใช้ในที่ซึ่ง ค่าความต้านทานทางอุณหภูมิต่อสิ่งแวดล้อมนั้นมีค่าคงที่ ค่าความผิดพลาดจากความร้อนที่เกิดขึ้นในตัวเองสามารถที่จะปรับให้ถูกต้องได้ ซึ่งจะช่วยให้อุปกรณ์นั้นทำงานด้วยกระแสคงที่ โดยไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิความร้อนเกิดขึ้นกับอุปกรณ์ จะแปรผันโดยตรงกับแรงดันซีเนอร์และอุณหภูมิสัมบูรณ์ ดังนั้นค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากความร้อนในตัวเอง จะแปรผันโดยตรงกับค่าอุณหภูมิสัมบูรณ์ และความเป็นเชิงเส้นของสเกลอุณหภูมิที่รักษาไว้

คุณสมบัติเฉพาะตัว

ในวงจรทั่ว ๆ ไปของ LM 335 ซึ่งไม่ได้ปรับค่าความถูกต้องไว้ให้ทำงานที่กระแส 1 มิลลิแอมป์ ค่าความผิดพลาดเนื่องจากอุณหภูมิจะเท่ากับ 2°C (สูงสุด 6°C) ที่อุณหภูมิ 25°C หรือ 4°C (สูงสุด 9°C) ตลอดย่านการทำงาน เมื่อได้มีการปรับค่าความถูกต้องไว้ค่าความผิดพลาดที่อุณหภูมิจำกัดไว้เป็น 2°C ความไม่เป็นเชิงเส้นที่ค่ากระแส 1 มิลลิแอมป์จะเท่ากับ 0.3°C ตลอดย่าน

ในอากาศ LM 335 ต้องใช้เวลาประมาณ 3 นาที ที่จะมีค่าอุณหภูมิถึงอุณหภูมิสุดท้ายหลังจากที่อุณหภูมิได้เปลี่ยนไป (ในรูปที่ 3.9) ค่าคงที่ของเวลาจะมีค่าตามที่ออกแบบไว้เท่ากับ 80 วินาที ในน้ำมันที่กวนให้เคลื่อนที่ ค่าอุณหภูมิสุดท้ายจะถึงภายในเวลาประมาณ 3 วินาที (ค่าคงที่ของเวลาเท่ากับ 1 วินาทีตามที่ออกแบบไว้) อุปกรณ์จะคงที่อยู่ภายในช่วง 0.2°C (ตามที่ออกแบบ) ตลอด 1,000 ชั่วโมง ถึงแม้ที่อุณหภูมิ 125°C

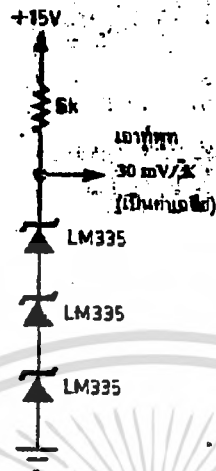


รูปที่ 3.9 เวลาในการตอบสนองของ LM 335 ต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในอากาศ

ค่าไดนามิคอิมพีแดนซ์จะน้อยกว่า 1 โอห์ม ที่ความถี่สูงกว่า 1 กิโลเฮิรตซ์ (ตามที่ออกแบบไว้) แต่จะมีค่าเพิ่มขึ้นเป็น 20 ถึง 30 โอห์ม ที่ความถี่ 100 กิโลเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
32

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

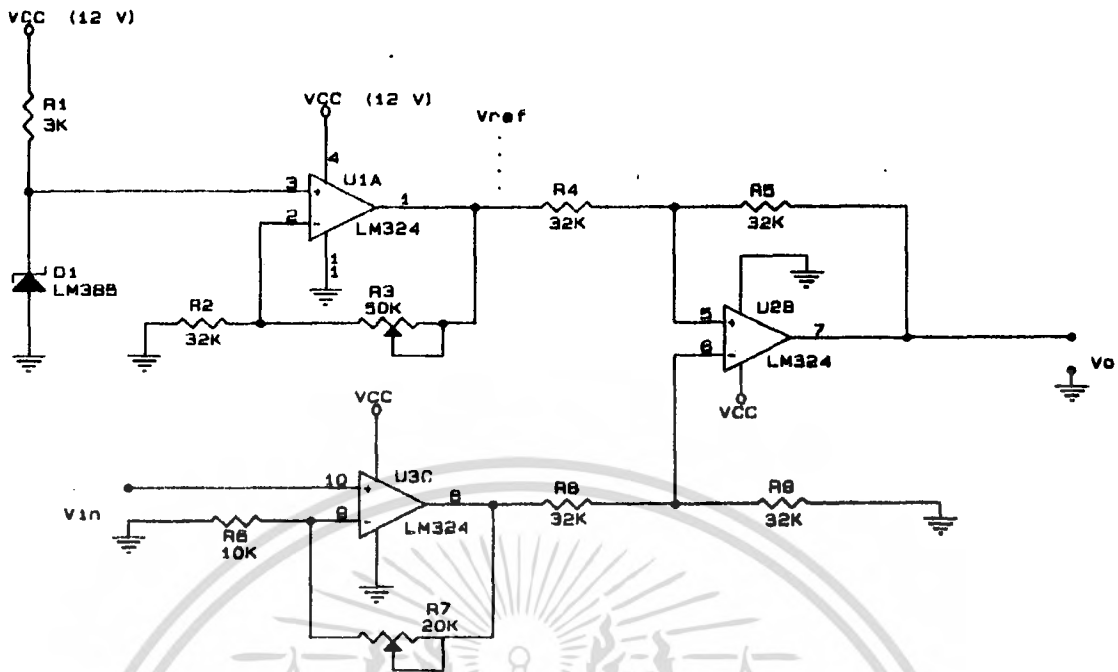


รูปที่ 3.12 วงจรให้ค่าอุณหภูมิเฉลี่ยของไอซีทั้ง 3 ตัว

วงจรที่ใช้ในโครงการวิจัย

จากการที่กล่าวมาข้างต้นแล้วว่า LM 335 จะให้สัญญาณเอาต์พุตออกมาที่ขาบวกเมื่อเทียบกับกราวด์ 10 มิลลิโวลต์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 1 K ซึ่งเป็นสัญญาณอนาล็อก เราต้องทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณนี้ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล โดยการผ่าน IC ประเภท A/D Converters ซึ่งในโครงการวิจัยนี้เลือกใช้ IC เบอร์ 0809 คุณสมบัติที่สำคัญของ IC ตัวนี้คือการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณดิจิทัลทางเอาต์พุต 1 Step จะต้องมียุสัญญาณอินพุตเข้ามา 20 มิลลิโวลต์

ดังนั้นเราจึงนำสัญญาณเอาต์พุตที่ออกจาก LM 335 มาเข้าวงจรขยายสัญญาณซึ่งมีอัตราการขยาย 2 เท่า ซึ่งจะเห็นว่าสัญญาณเอาต์พุตที่ได้ตอนนี้จะเป็น 20 มิลลิโวลต์ต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ 1 K จากนั้นจะนำสัญญาณนี้มาเข้ายังวงจร Comparator เพื่อเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิงขนาด 4 โวลต์ (การที่เราใช้ขนาดสัญญาณเท่านี้ ก็เพื่อที่จะทำให้สามารถใช้งาน LM 335 ได้ในช่วงกว้างถึง 600 °c) จากนั้นนำสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากวงจร Comparater นี้ไปป้อนให้กับ IC 0809 เพื่อทำการเปลี่ยนรูปแบบสัญญาณให้เป็นสัญญาณดิจิทัล รายละเอียดของวงจรแสดงดังรูปที่ 3.13 จากนั้นทำการส่งสัญญาณดิจิทัลนี้ให้กับ IC 8255 เพื่อส่งข้อมูลเข้าไปทำการประมวลผลและทำการแสดงผลผ่านทาง Computer



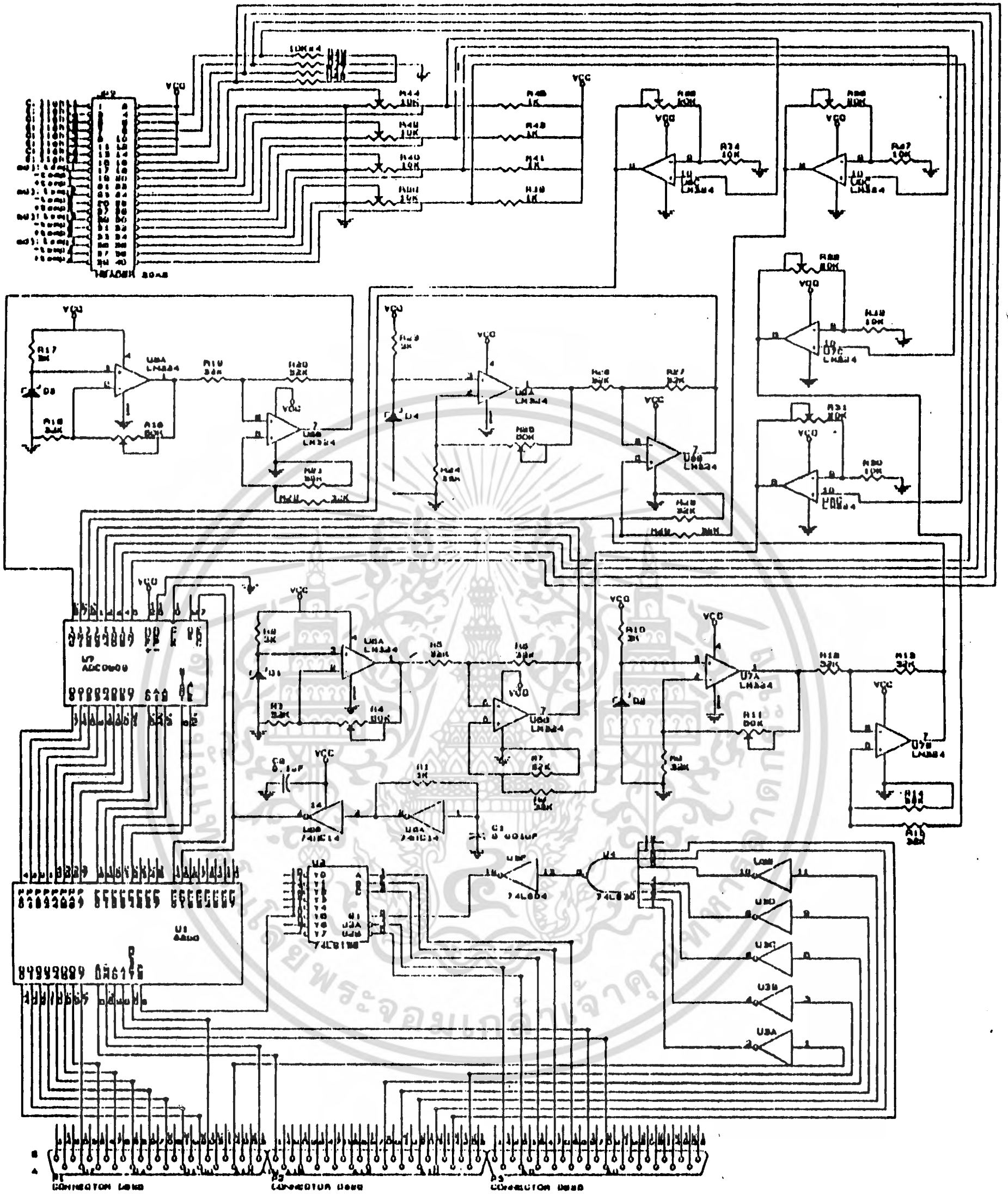
รูปที่ 3.13 วงจรแสดงการลดทอนสัญญาณจาก LM335 ก่อนเข้า ADC 0809

การทำงานของ IC เบอร์ 0809

IC เบอร์ 0809 เป็น IC ประเภท A/D Converters ของบริษัท National Semiconductor Corporation เป็น A/D ที่สามารถนำไปใช้ในงานเชื่อมต่อกับ Microprocessors ได้ง่ายและสะดวก สามารถรับช่องสัญญาณอินพุตได้ถึง 8 ช่องสัญญาณ มี Resolution ขนาด 8 Bit ช่วงในการรับสัญญาณอินพุตตั้งแต่ 0-5 โวลต์ ดังนั้นค่าสัญญาณอินพุตที่จะทำให้มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณเอาต์พุต 1 Step ก็จะมีค่าประมาณ 20 มิลลิโวลต์ ซึ่งต้องเป็นการใช้งานที่ไม่ต้องการความเที่ยงตรงสูงนัก

ในการติดต่อกับ Computer นั้นทำการส่งสัญญาณผ่าน IC เบอร์ 8255 โดย Port A จะเป็น Port ที่มีการส่งสัญญาณผ่านไปให้ IC 0809 ทำงานหรือหยุดทำงาน ส่วน Port B จะเป็น Port ที่เป็นการเลือกรับช่องสัญญาณอินพุต และ Port C จะเป็น Port ที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลระหว่างวงจรภายนอกกับ Computer

ช่องรับสัญญาณอินพุตที่มีทั้งหมด 8 ช่องใน IC 0809 นั้น ในโครงงานวิจัยนี้เราแบ่งใช้ในการตรวจวัดอุณหภูมิ 4 ช่อง และถูกแบ่งใช้ในการตรวจวัดความเข้มแสงอีก 4 ช่อง

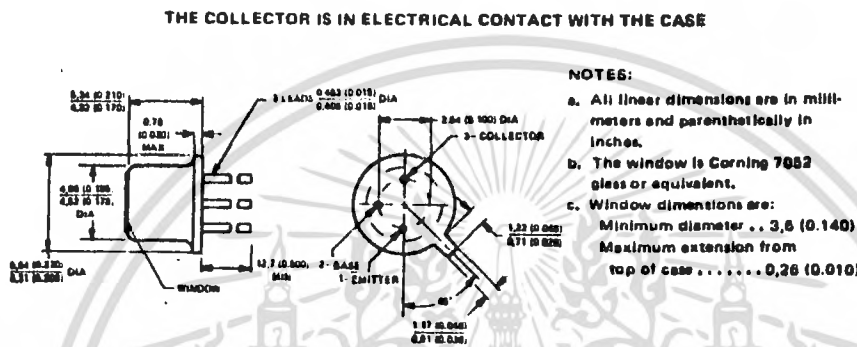


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.14 รายละเอียดการต่อวงจรในรูปที่ 3.13 เข้ากับ IC 8255
และวงจร Decoder เพื่อเชื่อมต่อกับ Computer

3.1.3 หัวตรวจวัดความเข้มแสง

การตรวจวัดความเข้มแสง ในโครงการวิจัยนี้ใช้ Phototransistor เบอร์ 3443 ซึ่งเป็น Phototransistor แบบ n-p-n planar silicon เป็นหัวตรวจวัด ขนาดและรูปร่างแสดงดังรูปที่ 3.15



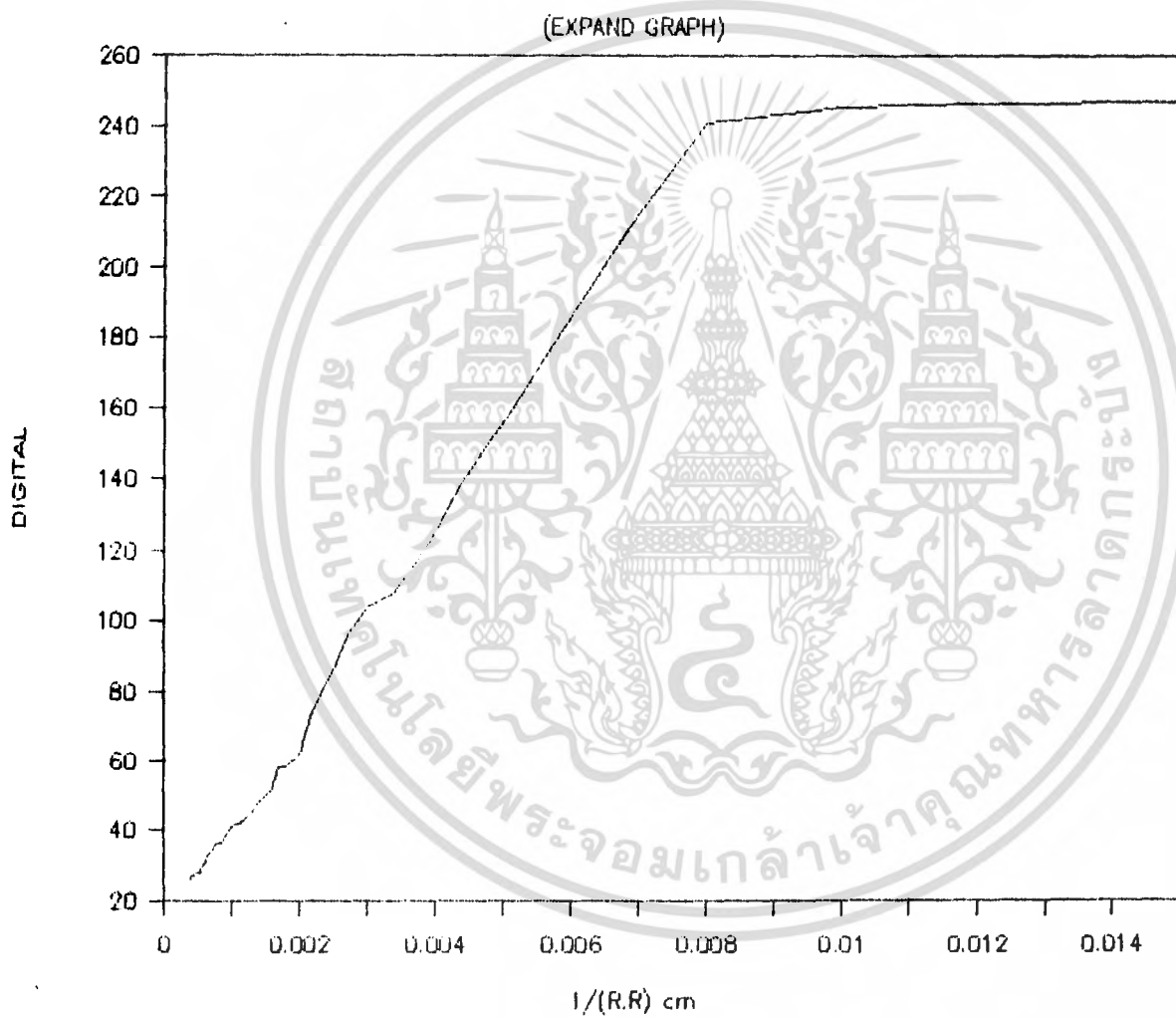
รูปที่ 3.15 Phototransistor เบอร์ 1N 3443

การทำงานของ Phototransistor เบอร์ 1N 3443

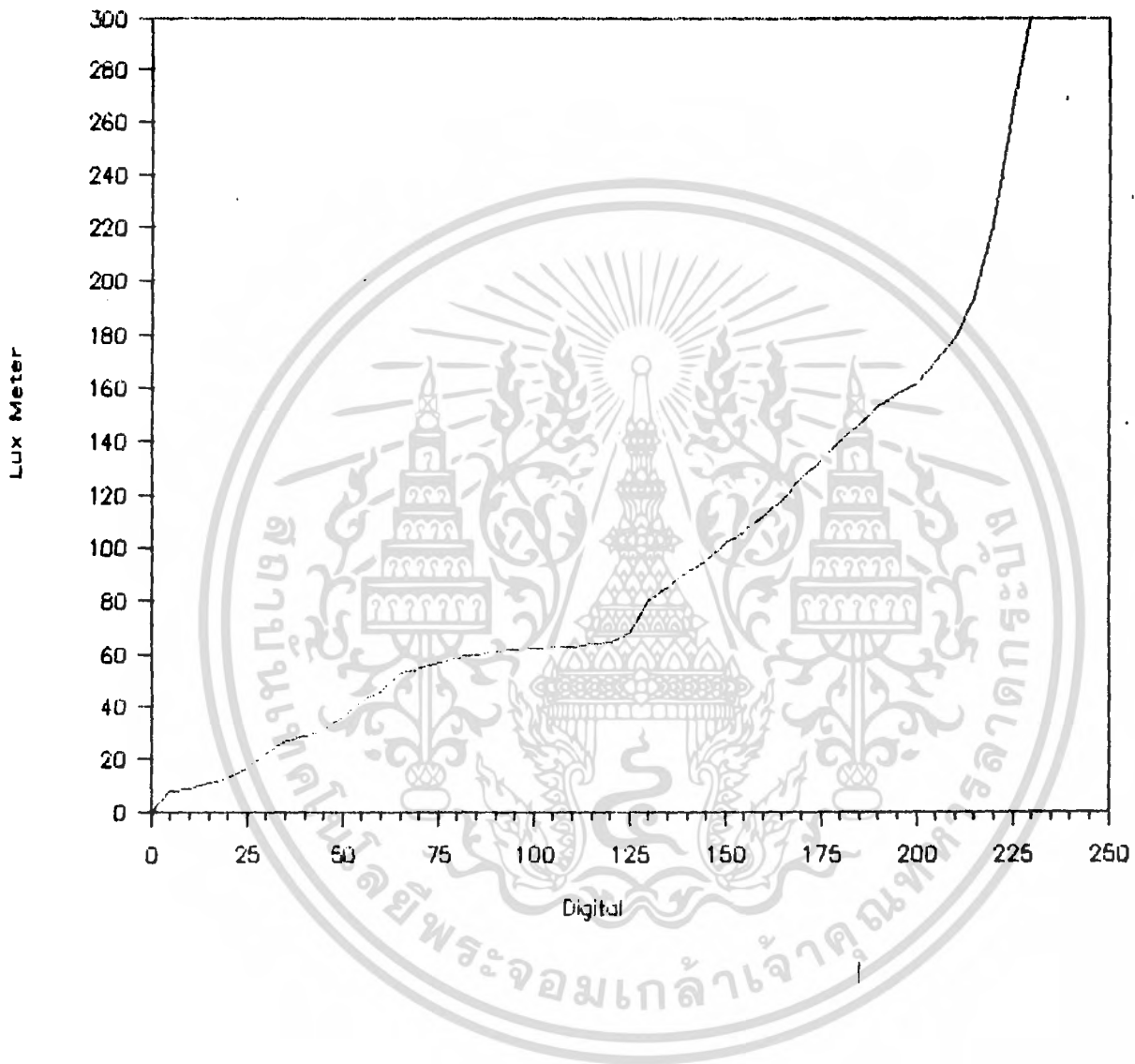
ในการที่จะให้ Phototransistor ตัวนี้ทำงานเราจะต้องทำการไบอัสโวลต์เตจให้แก่ตัวมันที่ขา Collector หลังจากนั้นเมื่อมีแสงมากระทบที่หน้าสัมผัสจะมีสัญญาณเอาต์พุตออกมาที่ขา Emitter นำเอาสัญญาณเอาต์พุตโวลต์เตจที่ออกมาไปป้อนให้กับ A/D เบอร์ 0809 เพื่อทำการแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล เพื่อนำเอาระดับสัญญาณดิจิทัลนี้ไปประมวลผลและแสดงผลผ่านทางจอ Computer ลักษณะการต่อวงจรแสดงดังรูปที่ 3.16

ในการประมวลผลระดับสัญญาณดิจิทัลใน Computer ให้เป็นหน่วยวัดทางแสงนั้น เพื่อที่จะมีการแสดงผลอย่างถูกต้องเราจะต้องทำการ Calibrate ระดับสัญญาณดิจิทัลเทียบกับเครื่องมือวัดทางแสงในระยะทางต่าง ๆ ในที่นี้เราใช้ Lux Meter เป็นเครื่องมือวัดในเปรียบเทียบ หลังจากนั้นนำผลที่ได้คือระดับสัญญาณดิจิทัล ค่าที่อ่านได้จาก Lux Meter และระยะทางต่าง ๆ มาเขียนกราฟโดยกราฟที่ 3.1 จะเป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับสัญญาณดิจิทัลและระยะทางต่าง ๆ เพื่อที่จะหาฟังก์ชันความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว

เป็นเชิงเส้นและจากการที่เรารู้ช่วงความสัมพันธ์ที่เป็นเชิงเส้น เราก็นำค่าของระดับของสัญญาณดิจิทัลและค่าที่อ่านได้จาก Lux Meter ในช่วงดังกล่าวนี้มาเขียนกราฟหาความสัมพันธ์ และนำค่าความสัมพันธ์ที่ได้นี้ไปเขียนไว้ในโปรแกรมการทำงานเพื่อที่ Computer จะได้ทำการแสดงค่าอย่างถูกต้อง

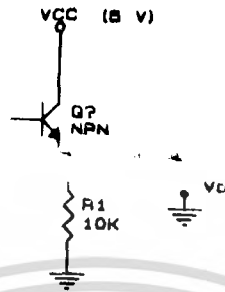


กราฟที่ 3.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณดิจิทัล กับ ระยะทางต่าง ๆ



**กราฟที่ 3.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระดับสีญาณดิจิทัล
และค่าที่อ่านได้จาก Lux Meter**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ ³⁹การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 การต่อวงจรของ Phototransistor เบอร์ 1N 3443

การทำงานของ IC เบอร์ 0809

รายละเอียดการทำงานของ IC เบอร์ 0809 ได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ การตรวจวัดอุณหภูมิ จึงขอละไว้ในที่นี้

รูปรายละเอียดของวงจรการตรวจวัดความเข้มแสง ถูกรวมเอาไว้ในรูปที่ 3.14 ในหัวข้อการตรวจวัดอุณหภูมิ

3.2 ภาคการควบคุม

ในภาคควบคุมนี้จะประกอบไปด้วยโซลิตสเตตรีเลย์เพียงอย่างเดียว ซึ่งมีหน้าที่ในการควบคุมการปิดเปิดระบบต่าง ๆ ที่ใช้ควบคุมแปลงดอกไม้ เช่น ระบบป้อนระบบฉีดผสม ดวงไฟ พัดลม เป็นต้น

โซลิตสเตตรีเลย์

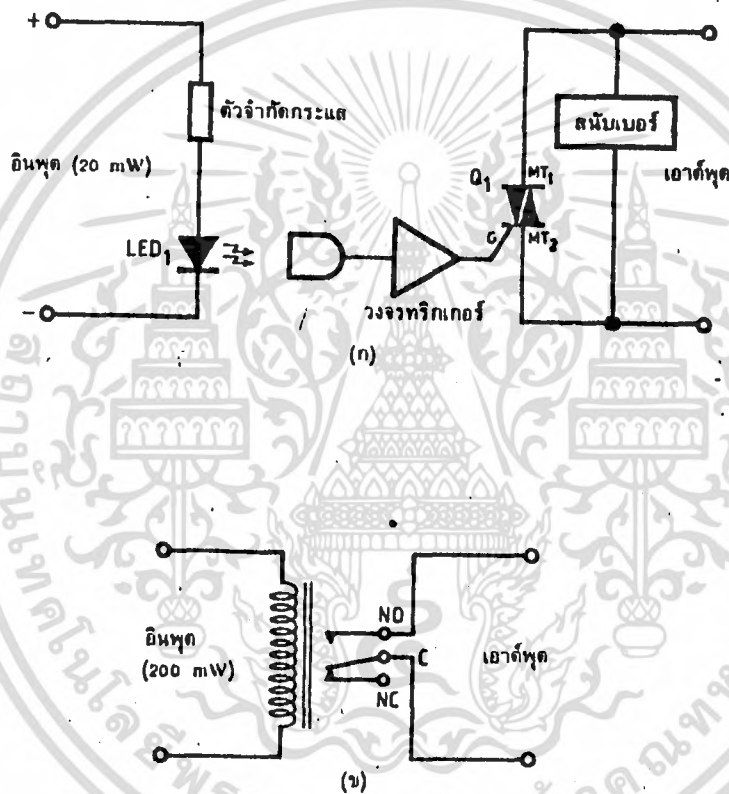
โซลิตสเตตรีเลย์ (Solid-state Relay : SSR) คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อย่างหนึ่ง ที่ทำหน้าที่เหมือนกับรีเลย์ไฟฟ้ากล โดยปราศจากชิ้นส่วนเชิงกลที่เคลื่อนไหว โดยพื้นฐานแล้วโซลิตสเตตรีเลย์จะมีขั้วอินพุตและเอาต์พุตอย่างละสองขั้ว ขั้วอินพุตเป็นขั้วสำหรับป้อนสัญญาณควบคุมหรือสัญญาณกระตุ้นเพื่อบังคับให้สวิตช์ทางด้านขั้วเอาต์พุตปิดหรือเปิด ทั้งนี้โดยจะมีการแยกทางไฟฟ้าระหว่างขั้วอินพุตกับขั้วเอาต์พุตมักจะใช้การเชื่อมโยงด้วยแสง (optocoupling) ซึ่งต่างจากในรีเลย์ไฟฟ้ากลที่ใช้การเชื่อมโยงแบบ "แม่เหล็กไฟฟ้า" (electromagnetic coupling) รูปที่ 3.17 เป็นแผนภาพแสดงหลักการทำงานพื้นฐานของโซลิตสเตตรีเลย์เปรียบเทียบกับรีเลย์ไฟฟ้ากล

วงจรทั้งหมดของโซลิตสเตตรีเลย์จะถูกบรรจุไว้ในตัวถังเดียวกัน แม้ว่าในขณะนี้จะยังมิได้มีการตกลง กำหนดรูปแบบของตัวถังที่เป็นมาตรฐานไว้อย่างแน่นอนแต่ก็พอจะกล่าวได้ว่ารูปแบบตัวถังแบบ (ก) ในรูปที่ 3.18 ซึ่งได้รับการยอมรับจากผู้ผลิตจำนวนมาก ได้กลายเป็นรูปแบบตัวถังมาตรฐานของอุตสาหกรรมการผลิตโซลิตสเตตรีเลย์ไปแล้ว (สำหรับรีเลย์ที่มีขนาดตั้งแต่ 2 ถึง 90 แอมป์) ส่วนรูปแบบตัวถังแบบ (ข) และ (ค) ในรูปที่ 3.18 ก็จัดว่าเป็นรูปแบบที่แพร่หลายเช่นกัน

ส่วนประกอบและการทำงาน

โซลิตสเตตรีเลย์ที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน ส่วนใหญ่จะเป็นชนิดที่สวิตช์ทางด้านเอาต์พุตเป็นแบบขั้วเดียวทางเดียว ปกติเปิด (SPST; NO) ทั้งนี้สาเหตุสำคัญเนื่องมาจากจำนวน และราคาต่อหน้าสัมผัสหนึ่งชุดของโซลิตสเตตรีเลย์ยังคงสูงกว่าของรีเลย์ไฟฟ้ากลมาก ในบทความโครงการวิจัยนี้ตั้งแต่บัดนี้ไป เมื่อพูดถึงภาชนะนำกระแสและภาชนะไม่นำกระแสของโซลิตสเตตรีเลย์เราจะหมายถึง ภาชนะ

ที่ด้านอินพุตถูกกระตุ้น (energized) และไม่ถูกกระตุ้น (deenergized) ตามลำดับนั้นคือ เมื่อเรากล่าวถึงภาวะนำกระแส และไม่นำกระแสของรีเลย์ เราจะอ้างอิงถึงแต่รีเลย์แบบปกติเปิดเท่านั้น ในรีเลย์แบบปกติปิด (NC) ความหมายจะกลับกัน



รูปที่ 3.17 หลักการทำงานของรีเลย์และรีเลย์ไฟฟ้ากล

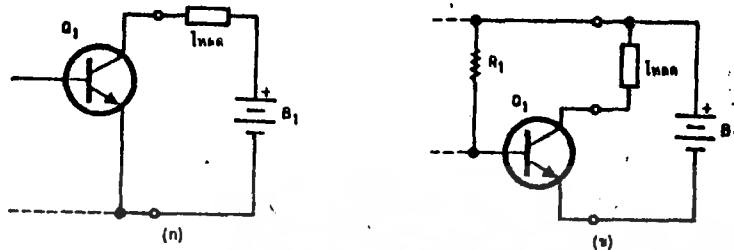
รีเลย์ที่มีจำหน่ายโดยทั่วไปส่วนใหญ่ มักจะต้องการอินพุตที่เป็นไฟฟ้ากระแสตรง ในแบบที่ต้องใช้ลีนพุทเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ผู้ผลิตจะเพิ่มวงจรเรียงกระแสเต็มคลื่น และกระแสกรองเข้าไปทางด้านอินพุท เพื่อแปลงสัญญาณไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงเสียก่อน ถ้าเราต้องการเปลี่ยน

จากอินพุทไฟฟ้ากระแสตรงให้เป็นชนิดอินพุทไฟฟ้ากระแสสลับ โดยการเพิ่มวงจรเรียงกระแสและวงจรกรองทางด้านอินพุท จะต้องระวังให้สัญญาณไฟฟ้ากระแสตรงจากวงจรเรียงกระแสเข้ากับพอลสมควรว โดยแรงดันที่ขณะใดขณะหนึ่งจะต้องไม่ต่ำกว่าค่าแรงดันสูงสุดที่นำกระแส (maximum turn-on voltage) ของโซลิตสเตตรีเลย์ ซึ่งโดยทั่ว ๆ ไปแล้วค่านี้จะมีค่าเท่ากับ 3 โวลต์ เพื่อกระตุ้นให้มันทำงาน และชนิดอินพุทไฟฟ้ากระแสสลับจะต้องการแรงดันระหว่าง 90 ถึง 280 โวลต์อาร์เอ็มเอส

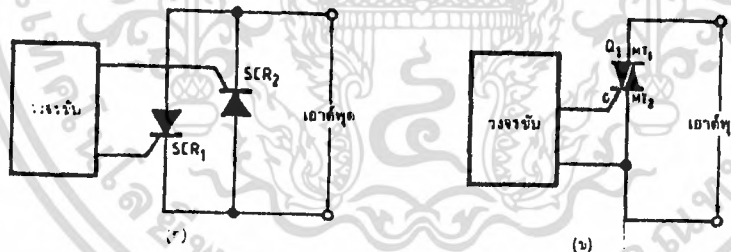


รูปที่ 3.18 รูปแบบตัวถังบางแบบของโซลิตสเตตรีเลย์
 (ก) แบบเพาเวอร์ (ข) แบบไอโอโมดูล (ค) แบบไอซีดีพ (IC-DIP)

โซลิตสเตตรีเลย์ชนิดเอาต์พุทไฟฟ้ากระแสตรง มักใช้สวิตซ์ทางด้านเอาต์พุทเป็นทวานชีสเตอร์ชนิดไบโพลาร์หรือมอสเฟต ส่วนในชนิดเอาต์พุทไฟฟ้ากระแสสลับ สวิตซ์ทางด้านเอาต์พุทมักจะเป็นเอสทีอาร์ ซึ่งต่อแบบขนานกลับหัวหรือเป็นไดรเวอร์ ดังแสดงในรูป 3.19 และรูปที่ 3.20 ตามลำดับ



รูปที่ 3.19 ทราานซิสเตอร์ชนิด NPN ที่ใช้เป็นสวิตช์ในโซลิตสเตตรีเลย์เอากัพุดไฟฟ้ากระแสตรง (ก) แบบสองทิวสาย (ข) แบบสามทิวสาย



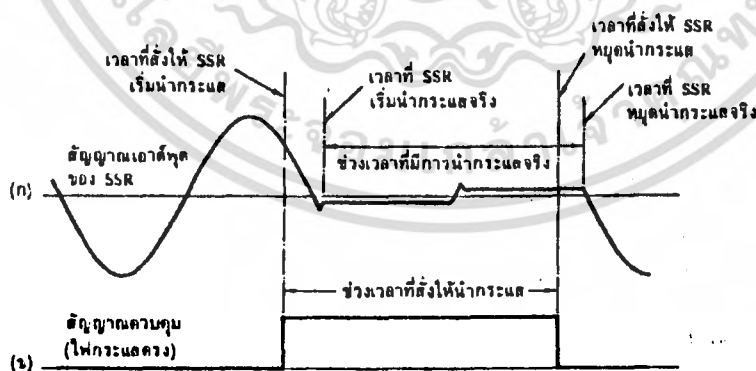
รูปที่ 3.20 เอสซีอาร์และไตรแอกที่ใช้เป็นสวิตช์ในโซลิตสเตตรีเลย์เอากัพุดไฟฟ้ากระแสสลับ (ก) เอสซีอาร์ (ข) ไตรแอก

ในโซลิตสเตตรีเลย์เอากัพุดไฟฟ้ากระแสสลับบางชนิด จะมีวงจบบังคับการสวิตช์เข้าสู่ภาวะนำกระแสของรีเลย์ให้เกิดขึ้นที่จุดที่ซึ่งแรงดันกระแสสลับมีค่าใกล้ศูนย์ การทำงานของวงจรมีลักษณะนี้เรียกว่า การสวิตช์แบบตัดห้ามศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
44
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(zero voltage switching หรือ zero crossing) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.21 โซลิดสเตตรีเลย์ชนิดนี้ เมื่อทำการสวิตช์แรงดันกระแสสลับจะสวิตช์ที่จุดซึ่งแรงดันมีค่าไม่เกิน +15 โวลต์จากยอด เมื่อให้มีการทำงานแบบตัดข้ามศูนย์ข้อดีของการทำงานแบบนี้ก็คือ ทำให้กำลังไฟฟ้าที่โหลดได้รับไม่เพิ่มขึ้นมากอย่างทันทีทันใด ซึ่งทำให้เกิดคลื่นรบกวนแม่เหล็กไฟฟ้า (EMI) น้อยลงมาก นอกจากนี้ยังช่วยลดขนาดของกระแสพุ่งเข้า (inrush current) ซึ่งมักจะมีค่าสูงในโหลดชนิดหลอดไฟแบบไส้ (incandescent lamp)

การสวิตช์เข้าสู่ภาวะไม่นำกระแสของโซลิดสเตตรีเลย์ชนิดเกาท์พุทไฟฟ้ากระแสสลับจะเป็นไปที่จุดที่กระแสไหลเป็นศูนย์เสมอ เนื่องจากคุณสมบัติของเอสซีอาร์ (หรือไตรแอก) ที่จะหยุดนำกระแสเองเมื่อกระแสที่ไหลผ่านตัว-เองมีค่าต่ำกว่ากระแสยึด (holding current) ของตัวมัน การทำงานในลักษณะนี้จะช่วยกำจัดแรงดันเหนี่ยวนำกลับ (inductive voltage kickback) ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อตัวรีเลย์หรืออุปกรณ์อื่นในวงจร ข้อนี้นับเป็นจุดเด่นในโซลิดสเตตรีเลย์เมื่อเปรียบเทียบกับรีเลย์ไฟฟ้าเชิงกล ซึ่งไม่อาจหลีกเลี่ยงผลอันเลวร้ายจากการอาร์กที่หน้าสัมผัสอัน เนื่องจากแรงดันเหนี่ยวนำกลับนี้ได้ในกรณีที่โหลดเป็นชนิดอินдукติฟ ในกรณีที่โหลดเป็นชนิดความต้านทาน จุดที่หยุดนำกระแสจะเป็นจุดเดียวกับจุดที่แรงดันเป็นศูนย์เสมอ ดังแสดงในรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 การสวิตช์ของโซลิดสเตตรีเลย์แบบตัดข้ามศูนย์
 (ก) สัญญาณที่เกาท์พุท (ข) สัญญาณควบคุม

ขณะที่โซลิตเตตตรีเล็ยกำลังอยู่ในภาวณำกระแส จะมีแรงดันตกคร่อมที่สวิชต์ทางด้านเอาท์พุตประมาณ 0.8-1.6 โวลต์ ทำให้เกิดการสูญเสียในรูปของความร้อนที่ตัวรีเลย์สูงพอสมควร การใช้งานโดยทั่วไปจึงต้องติดตั้งบนแผ่นระบายความร้อนเพื่อไม่ให้เกิดความเสียหาย การเลือกแผ่นระบายความร้อนที่เหมาะสมก็ทำได้เช่นเดียวกับในงานอิเล็กทรอนิกส์กำลังอื่น ๆ

คุณสมบัติทางด้านเอาท์พุต

กระแสไหลสูงสุด (maximum load current) กระแสสูงสุดที่โซลิตเตตตรีเล็ยสามารถทนได้ ขึ้นอยู่กับความสามารถในการระบายความร้อนด้วยนั่นคือ กระแสที่ทนได้อาจต่ำกว่าค่าที่ระบุไว้ (ตารางที่ 3.1) ขึ้นอยู่กับแผ่นระบายความร้อนที่เลือกใช้ด้วย

กระแสไหลต่ำสุด (minimum load current) กระแสไหลจะต้องมีค่าไม่ต่ำกว่าค่าที่กำหนดไว้ โซลิตเตตตรีเล็ยจึงจะทำงานได้ ค่านี้ขึ้นอยู่กับค่ากระแสขิตของเอสซีอาร์หรือไดรแอกทางด้านเอาท์พุต

แรงดันทรานเซียนต์เกิน (transient overvoltage) หมายถึงแรงดันกระชากชั่วครู่ที่โซลิตเตตตรีเล็ยสามารถทนได้ ในขณะที่มันอยู่ในสภาวะไม่นำกระแส โดยไม่ทำให้เกิดความเสียหายหรือทำงานผิดพลาด แรงดันสูงกว่าค่านี้อาจทำให้วงจรสวิชต์จากสภาวะไม่นำกระแส ไปสู่ภาวณำกระแสเองได้ ระยะเวลาที่วครู่ที่สามารถทนต่อแรงดันนี้ได้โดยมากจะมีค่าประมาณ 2-3 วินาที

กระแสกระชากสูงสุด (ไม่ต่อเนื่อง) (maximum surge current) เป็นกระแสกระชากชั่วครู่สูงสุดที่โซลิตเตตตรีเล็ยสามารถทนได้ โดยไม่เกิดความเสียหายภายในระยะเวลาที่กำหนด (มักจะเป็น 1 คาบของไฟฟ้ากระแสสลับ) ค่าที่ระบุมักจะเป็นค่ายอด (peak) ไม่ใช่เป็นค่าอาร์เอ็มเอส ขณะที่ถูกรบกวนด้วยกระแสกระชากไม่เกินค่านี้ โซลิตเตตตรีเล็ยอาจทำงานผิดพลาดได้แม้ว่าจะไม่เกิดความเสียหาย

กระแสเกินสูงสุด (ไม่ต่อเนื่อง) (maximum overcurrent) มีความหมายคล้าย ๆ กับค่ากระแสกระชากสูงสุด (ไม่ต่อเนื่อง) แต่กำหนดเป็นค่าอาร์เอ็มเอสใน 1 วินาที

กระแสสูงสุด I^2t เพื่อใช้เลือกฟิวส์ (maximum I^2t for fusing) เป็นค่า I^2t ที่แสดงถึงพลังงานที่วครู่สูงสุด (peak letthru energy)

คุณสมบัติด้านต่างๆ ของโซลิตสเตตรีโวลต์	แบบของตัวถัง			หน่วย
	เพาเวอร์	ไอโอโมดูล	ไอซีคิป	
คุณสมบัติทางด้านเอาต์พุต				
ช่วงแรงดันทำงานที่ 47-63 Hz	80-480	20-240	20-240	V_{RMS}
กระแสโหลดสูงสุด	40	8	2	A_{RMS}
กระแสโหลดต่ำสุด	50	20	5	mA_{RMS}
แรงดันทรานเซียนต์เกิน	800	500	500	V_{peak}
กระแสกระชากสูงสุด (ไม่ต่อเนื่อง) 16.6 ms	400	120	55	A_{peak}
กระแสเกินสูงสุด (ไม่ต่อเนื่อง) 1 วินาที	164	30	10	A_{RMS}
แรงดันตกพร้อมสูงสุดที่กระแสเต็มพิกัด	2.1	1.6	1.2	V_{peak}
กระแส I^2t สูงสุดเพื่อใช้เลือกฟิวส์ (8.3 ms)	660	60	12.5	A^2s
ความต้านทานความร้อน, ที่รอยต่อกับตัวถัง R_{ojc} (T_j สูงสุด = 115°C (ก), 100°C (ข))	0.63	3.5	—	°C/W
กำลังงานสูญเสียสูงสุดที่กระแสสูงสุด	60	10	2	W
แรงดันสูงสุดที่จุดศูนย์ที่ทำให้น้ำกระแส	75	30	30	V_{peak}
แรงดันสูงสุดแบบต่อเนื่องที่ทำให้น้ำกระแส	35	15	15	V_{peak}
กระแสรั่วไหลสูงสุดที่แรงดันเต็มพิกัด	10	4	1	mA_{RMS}
คุณสมบัติทางด้านอินพุต				
ช่วงแรงดันควบคุม	3-32	3.5-8	3.5-8	V_{DC}
แรงดันย้อนกลับสูงสุด	-32	-8	-8	V_{DC}
แรงดันสูงสุดที่เริ่มนำกระแส ($-30^\circ C \leq TA \leq 80^\circ C$)	3.0	3.5	3.5	V_{DC}
แรงดันต่ำสุดที่เริ่มไม่นำกระแส ($-30^\circ C \leq TA \leq 80^\circ C$)	1.0	1.0	1.0	V_{DC}
อิมพีแดนซ์พินแดนซ์สูงสุด	1500	225	225	Ohms
กระแสอินพุตสูงสุด 5 V_{DC}	4	—	—	mA_{DC}
28 V_{DC}	20	—	—	mA_{DC}
3.5 V_{DC}	—	12	12	mA_{DC}
8 V_{DC}	—	35	35	mA_{DC}
เวลาสูงสุดที่ใช้ในการนำกระแส (ที่ 60 Hz)	8.3	8.3	8.3	ms
เวลาสูงสุดที่ใช้ในการไม่นำกระแส (ที่ 60 Hz)	8.3	8.3	8.3	ms
คุณสมบัติทั่วไป				
ความแข็งแรงของฉนวน 50/60 Hz	2500	1500	1500	V_{RMS}
ความต้านทานฉนวนที่ 500 V_{DC}	10^{10}	10^{10}	10^{10}	Ohms
ความจุสูงสุดที่อินพุต/เอาต์พุต	8	8	8	pF
ช่วงอุณหภูมิใช้งาน	-30 ถึง +80			°C
เก็บรักษา	-40 ถึง +100			°C

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติของโซลิตสเตตรีโวลต์ทั้ง 3 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
47

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ยอมให้ผ่านตัวรีเลย์ได้ สำหรับกระแสที่เป็นพัลส์ที่มีความกว้างตามที่ระบุ
ค่านี้ใช้สำหรับในการเลือกฟิวส์ที่ใช้ป้องกัน โดยจะต้องเลือกฟิวส์มีค่า I^2t
น้อยกว่าค่านี้

แรงดันสูงสุดที่จุดศูนย์ที่ทำให้นำกระแส (maximum zero-voltage
turn on) หมายถึงค่าแรงดันสูงสุด (ค่า peak) ที่ด้านเอาต์พุตขณะที่ทรานซิสเตอร์
ยังอยู่ในภาวะไม่นำกระแส ก่อนการสวิตช์เข้าสู่ภาวะนำกระแสครั้งแรก
ภายหลังจากที่เริ่มได้รับสัญญาณกระตุ้นซึ่งให้นำกระแส ค่านี้เป็นตัวบอกว่าการ
การสวิตช์ครั้งแรกของตัวรีเลย์จะเป็นเชิงเบนไปจากจุดตัดข้ามศูนย์มากน้อยเพียงใด

แรงดันสูงสุดแบบต่อเนื่องที่ทำให้นำกระแส (maximum peak
repetitive ture-on voltage) เหมือนกับแรงดันสูงสุดที่จุดศูนย์ที่ทำให้นำ
กระแส แต่เป็นค่าชั่วขณะก่อนการสวิตช์ที่เข้าสู่ภาวะนำกระแสครั้งต่อ ๆ ไป
ในแต่ละครั้งคาบต่อมา ในขณะที่ทรานซิสเตอร์ยังคงได้รับสัญญาณกระตุ้นอยู่
ค่านี้เป็นค่าที่ผู้ผลิตกำหนดมาให้ และมีความหมายตามที่กล่าวมาข้างต้น ไม่ว่า
ตัวรีเลย์จะมีการทำงานแบบตัดข้ามศูนย์หรือไม่ก็ตาม

อัตราการเปลี่ยนแรงดันต่อเวลาต่ำสุดที่ยังไม่นำกระแส (คงที่)
(minimum off-state dv/dt) เป็นค่าอัตราการเพิ่มแรงดันที่ด้านเอาต์พุต
ของทรานซิสเตอร์เอาต์พุตไฟฟ้ากระแสสลับ โดยไม่ทำให้ตัวรีเลย์สวิตช์ที่
สู่ภาวะนำกระแสเองทั้ง ๆ ที่ยังไม่ได้รับสัญญาณกระตุ้น ค่านี้จะถูกจำกัดโดย
คอมมิวเตตติ้ง (commutating) dv/dt ของไดรแอกที่ด้านเอาต์พุต

คุณสมบัติทางด้านอินพุต

ช่วงแรงดันควบคุม (control voltage range) คือพิสัยแรงดัน
ด้านอินพุตที่สามารถรักษาทรานซิสเตอร์ให้อยู่ในภาวะนำกระแส ผู้ผลิตจะ
ระบุไว้ด้วยเสมอว่าเป็นค่าไฟฟ้ากระแสตรงหรือไฟฟ้ากระแสสลับ

แรงดันย้อนกลับสูงสุด (maximum reverse voltage) เป็นค่า
แรงดันกลับขั้วสูงสุดทางด้านอินพุตที่ทรานซิสเตอร์สามารถทนได้ ค่านี้และ
ค่าสูงสุดของช่วงแรงดันควบคุมจะเป็นตัวกำหนดที่ดจำกัดล่างและบน ตามลำดับ
ของแรงดันอินพุตที่ตัวรีเลย์ยอมรับได้โดยไม่เสียหาย

แรงดันต่ำสุดที่ยังไม่นำกระแส (minimum turn-off voltage)
ค่านี้บางทีก็เรียกว่าแรงดันตกคร่อม (dropout voltage) ตามอย่างที่เรียก

ในรีเลย์ไฟฟ้ากล เป็นค่าที่ผู้ผลิตรับรองว่าถ้าไปอนแรงดันอินพุทเท่ากับหรือน้อยกว่าค่านี้แล้ว รีเลย์จะตัดรีเลย์ต้องสวิตช์เข้าสู่ภาวะไม่นำกระแส อาจถือได้ว่าเป็นค่าสูงสุดของสัญญาณรบกวนทางด้านอินพุทที่ยอมให้เกิดขึ้นได้ โดยที่รีเลย์ไม่ทำงานผิดพลาด (noise immunity level)

เวลาสูงสุดที่ใช้ในภาวะนำกระแสหรือไม่นำกระแส (maximum turn-on (turn-off) time) หมายถึงค่าหน่วงเวลา (time delay) สูงสุดที่เกิดขึ้นก่อนที่รีเลย์จะเข้าสู่ภาวะนำกระแส (หรือไม่นำกระแส) เต็มที่ นับแต่เวลาที่มันได้รับสัญญาณกระตุ้น



3.3 ภาคการเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์

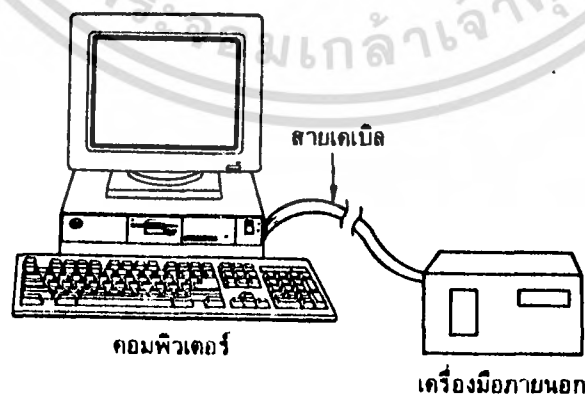
ภาคการเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์สามารถอธิบายได้เป็นหัวข้อดังนี้

- การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์เบื้องต้น
- การเชื่อมต่องานทดลองทางฟิสิกส์เข้ากับคอมพิวเตอร์
- ฮาร์ดแวร์อินพุท/เอาท์พุท สำหรับ IBM PC
- ความสัมพันธ์ของสัญญาณอะนาลอก ดิจิตอล และตัวแปลงสัญญาณ
- การแปลงสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลสำหรับ IBM PC
- การตีโต้ดแอตเตรส

3.3.1 การเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์เบื้องต้น

ไมโครคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล IBM PC มีใช้กันโดยทั่วไปในปัจจุบัน ไม่ว่าจะในสำนักงานหรือที่บ้าน นอกจากใช้งานในด้านซอฟต์แวร์แล้ว ยังสามารถใช้งานในการเชื่อมต่อเข้ากับเครื่องมือภายนอก (external instrument) ต่าง ๆ เพื่อทำการวัดปริมาณทางกายภาพ และส่งผลกลับในการควบคุมปริมาณทางกายภาพที่แวดล้อมตัวเรา อาจจะเป็นภายในบ้าน ที่ทำงาน หรือ ห้องทดลองก็ได้ ปริมาณทางกายภาพเหล่านี้ ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้น ความเข้มแสง โมเมนต์การเปิด-ปิดประตู เป็นต้น

ในการเชื่อมต่อเครื่องมือภายนอกเข้ากับไมโครคอมพิวเตอร์ ได้ใช้สายเคเบิลในการสื่อสารดังรูปที่ 3.22

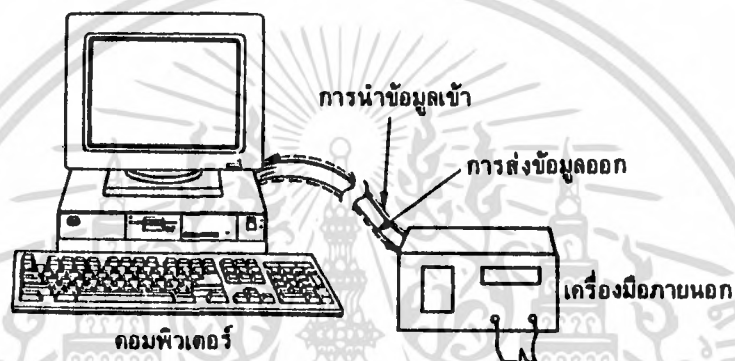


รูปที่ 3.22 การใช้สายเคเบิลเชื่อมต่อเครื่องมือภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์

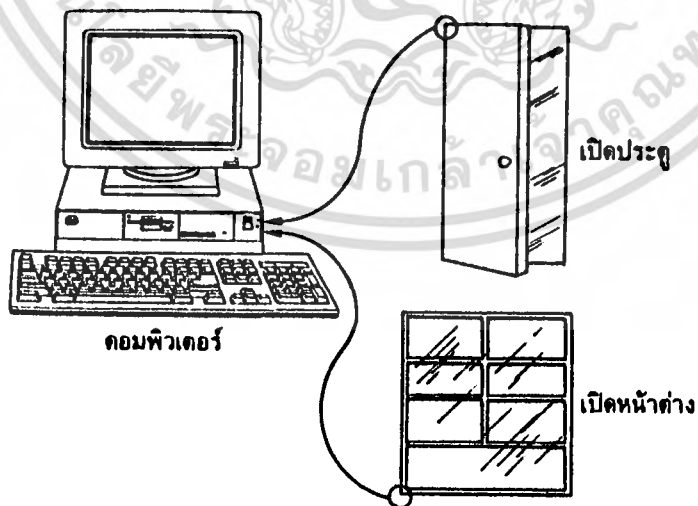
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน 50 การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอมพิวเตอร์มีเส้นทางที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับเครื่องมือภายนอก โดยมี
 การเรียกข้อมูลเข้ามา และเมื่อต้องการควบคุมก็ทำการส่งข้อมูลออกไป
 หลักการในการทำงานเชื่อมต่อ สามารถทำได้ดังนี้คือ

- การเรียกข้อมูลเข้ามา (input data) และ
- การส่งข้อมูลออกไป (output data) แสดงดังรูปที่ 3.23

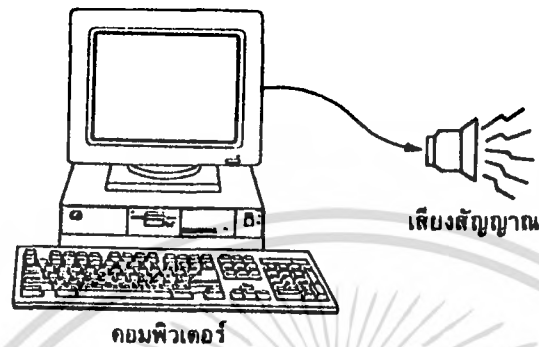


รูปที่ 3.23 การนำข้อมูลเข้าและส่งข้อมูลออก



รูปที่ 3.24 การนำข้อมูลในการเปิดประตูหรือหน้าต่างเข้าสู่คอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 51 ศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

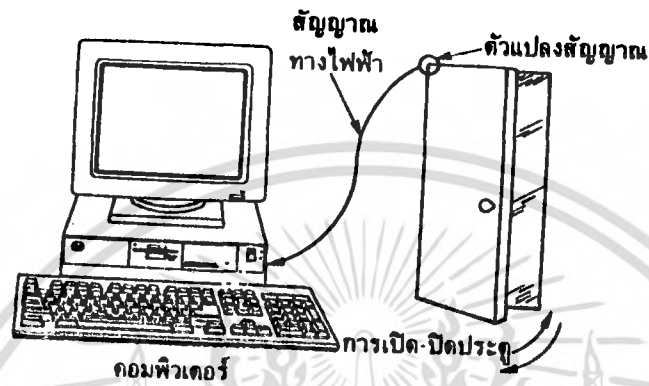


รูปที่ 3.25 การส่งเสียงเตือนแก่ลำโพงจากคอมพิวเตอร์

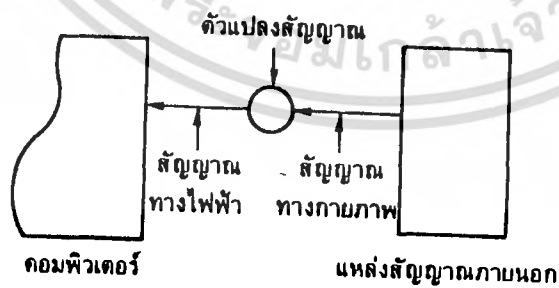
สำหรับการเชื่อมต่องานควบคุมภายในบ้าน ยกตัวอย่างง่าย ๆ เช่น เมื่อมีการเปิดประตูหรือหน้าต่าง จะทำให้คอมพิวเตอร์ส่งเสียงเตือนดังขึ้นที่ลำโพง โดยใช้หลักการเชื่อมต่อดังกล่าว เริ่มจากการเรียกข้อมูลการเปิดประตูหรือหน้าต่างเข้าสู่คอมพิวเตอร์ เมื่อไม่มีการเปิดประตูก็ไม่มีการส่งข้อมูลไปที่ลำโพง แต่เมื่อไรที่มีการเปิดประตูคอมพิวเตอร์ทำการส่งข้อมูลเสียงเตือนไปที่ลำโพงทันที แสดงดังรูปที่ 3.24 และ รูปที่ 3.25 ตามลำดับ

หากพิจารณาต่อไปก็มีคำถามอีกว่า คอมพิวเตอร์รู้ได้อย่างไร? ว่ามีการเปิดประตูหรือหน้าต่าง ซึ่งแน่นอน คอมพิวเตอร์ไม่สามารถไปตรวจสอบการเปิดประตูหรือหน้าต่างได้โดยตรง จำเป็นต้องใช้ตัวแปลงสัญญาณ (transducer) ซึ่งมีการเปลี่ยนโมเมนต์ (moment) การเปิดประตูหรือหน้าต่างเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเข้าสู่คอมพิวเตอร์ แสดงดังรูปที่ 3.26 ในการส่งข้อมูลออกไปที่ลำโพงก็ต้องส่งไปในรูปของสัญญาณไฟฟ้าเช่นกัน

การส่งและรับข้อมูลมีสายในการเชื่อมต่อ 8 สาย (D0-D7) แต่ละสายเรียกว่า 1 บิต การสื่อสารกันจะใช้ระบบเลขฐานสอง (binary system) คือเป็น 1 และ 0 ซึ่ง 1 ในที่นี้คือแรงดัน +5 โวลต์ ส่วน 0 คือแรงดัน 0 โวลต์ แสดงดังรูปที่ 3.27 และรูปที่ 3.28 ตามลำดับ

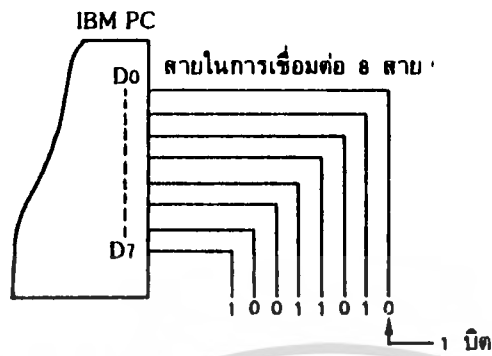


รูปที่ 3.26 การใช้ตัวแปลงสัญญาณเปลี่ยนโมเมนต์การเปิดประตูเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเข้าสู่คอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.26 (ต่อ) การใช้ตัวแปลงสัญญาณเปลี่ยนโมเมนต์การเปิดประตูเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าเข้าสู่คอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.27 สายข้อมูล 8 บิตของ IBM PC



รูปที่ 3.28 ระบบเลขฐานสองที่ใช้สื่อสารใน IBM PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 54 ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.2 การเชื่อมต่องานทดลองทางฟิสิกส์เข้ากับคอมพิวเตอร์

ปัจจุบันการใช้คอมพิวเตอร์ในงานทดลองและในงานวิจัยในห้องปฏิบัติการ (laboratory) เป็นไปอย่างกว้างขวาง เพราะสามารถวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำ แต่มีน้อยคนที่จะเข้าใจถึงการเชื่อมต่อการทดลองต่าง ๆ เข้ากับคอมพิวเตอร์

หลักการเชื่อมต่องานทดลองทางฟิสิกส์เข้ากับคอมพิวเตอร์ เริ่มจากตัวตรวจจับสัญญาณ (sensor) ที่ใช้ในงานทดลองต่าง ๆ (ที่มีผู้ทำการทดลองมาแล้ว) , แบบของสัญญาณในการวัด , การนำสัญญาณเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์และตัวอย่างการเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ตามลำดับ

ตัวตรวจจับสัญญาณในงานทดลอง

งานทดลองทางฟิสิกส์ เช่น การวัดการกระแทกของอากาศทางไดนามิก, การวัดอุณหภูมิ, การวัดทางแสง, การวัดความถี่ เป็นต้น งานเหล่านี้จำเป็นต้องมีตัวตรวจจับ เพื่อเปลี่ยนปริมาณทางฟิสิกส์ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งแบบของสัญญาณทางไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิด คือ

1. แรงดันไฟฟ้า (voltage)
2. เวลา (timing) หรือคาบ (period)
3. ความถี่ (frequency)

ตัวอย่างตัวตรวจจับ และแบบของสัญญาณทางไฟฟ้า ที่ใช้ในงานทดลองแต่ละการทดลอง แสดงดังตารางที่ 3.2

การนำสัญญาณเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์

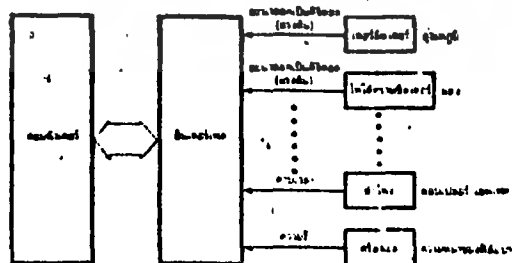
คอมพิวเตอร์ไม่สามารถใช้วัดสิ่งหนึ่งสิ่งใดได้เองโดยตรง จำเป็นต้องมีตัวตรวจจับเพื่อเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ เหล่านั้นให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้าจึงสามารถนำเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ได้ (ซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดต่อไป) แสดงดังรูปที่ 3.29

การเชื่อมต่อจำเป็นต้องมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อการนำข้อมูลเข้าสู่คอมพิวเตอร์ วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ควรรู้จักอันดับแรก คือ อินพุต/เอาต์พุตพอร์ต ทั้งแบบอนุกรมและแบบขนาน ในกรณีที่ไม่ต้องการสร้างกันเองก็สามารถใช้พอร์ต

ที่มีอยู่แล้วของเครื่องคอมพิวเตอร์มาใช้งานได้ เช่น เครื่องแอปเปลทูสามารถ
ใช้ I/O Game เป็นทางเข้าของข้อมูลหรือเครื่องไอบีเอ็ม PC-XT สามารถใช้
พอร์ตสื่อสาร RS-232 แบบอนุกรม และพอร์ตเครื่องพิมพ์แบบขนานเป็นทางเข้า
ของข้อมูลแต่ในกรณีที่ต้องการสร้างพอร์ตขึ้นใช้งานเองก็สามารถทำงานได้

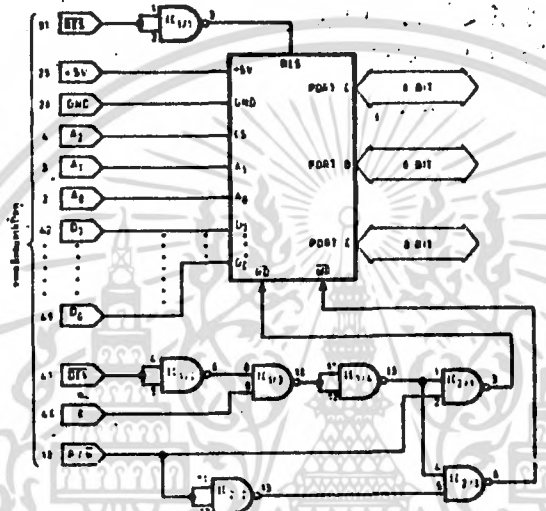
การทดลองวัดทางฟิสิกส์	ตัวตรวจจับ	แบบของสัญญาณ	เทกกรอ้างอิง
การกระแทกของอากาศทางไดนามิก	โฟโตทรานซิสเตอร์	เวลา (timing)	หมายเลข 1
	LED ซี.ที.ที.เตอร์	ADC (voltage)	หมายเลข 2
การหมุนทางไดนามิก	โฟโตทรานซิสเตอร์	เวลา (timing)	หมายเลข 3
	ทรานส์ริวเซอร์	เวลา (timing)	หมายเลข 4
การแกว่งของลูกตุ้มนาฬิกา	โพเทนซีโอมิเตอร์	ADC (voltage)	หมายเลข 5
	โฟโตทรานซิสเตอร์	เวลา (timing)	หมายเลข 6
อุณหภูมิ	เทอร์มิสเตอร์	ADC (voltage)	หมายเลข 7
	LM 335 ซี.ที.ที.เตอร์	ADC (voltage)	หมายเลข 8
สภาพนำความร้อน	เทอร์มิสเตอร์	ADC (voltage)	หมายเลข 9
	เทอร์โมคัปเปิล	ADC (voltage)	หมายเลข 10
ความเร็วเสียงในเหล็ก	ลำโพง/ไมโครโฟน	เวลา (timing)	หมายเลข 11
ความเข้มแสง	โฟโตทรานซิสเตอร์	ADC (voltage)	หมายเลข 12
ช่วงเวลาครึ่งชีวิตสารกัมมันตรังสี	ไกเกอร์เคาน์เตอร์	ความถี่ (frequency)	หมายเลข 13
ค่าคงที่ของแพลงก์	โฟโตไดโอด	ADC (voltage)	หมายเลข 14
ความหนาของฟิล์มบาง	คริสตัล	ความถี่ (frequency)	หมายเลข 15

ตารางที่ 3.2 ตัวอย่างการทดลองและแบบของสัญญาณทางไฟฟ้า

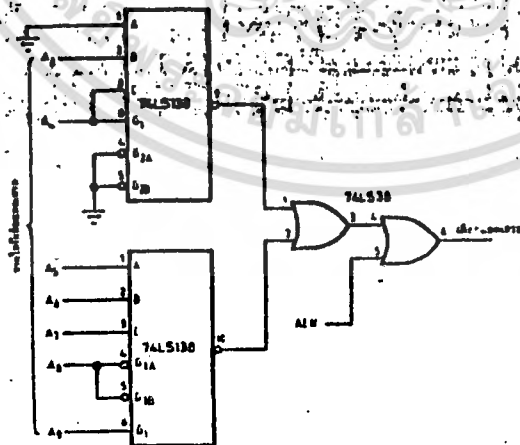


รูปที่ 3.29 แผนผังการเชื่อมต่อปริมาณทางฟิสิกส์เข้ากับระบบคอมพิวเตอร์

สำหรับเครื่องแอปเปิลทู รายละเอียดของวงจรแสดงดังรูปที่ 3.30 โดยใช้ไอซี I/O พอร์ต เบอร์ 8255A ซึ่งมี 3 พอร์ต (PA, PB, PC) สามารถโปรแกรม อินพุต/เอาต์พุต พอร์ตทั้งสามได้ว่าจะ เป็นพอร์ตใด เป็นอินพุตและพอร์ตใดเป็น เอาต์พุต

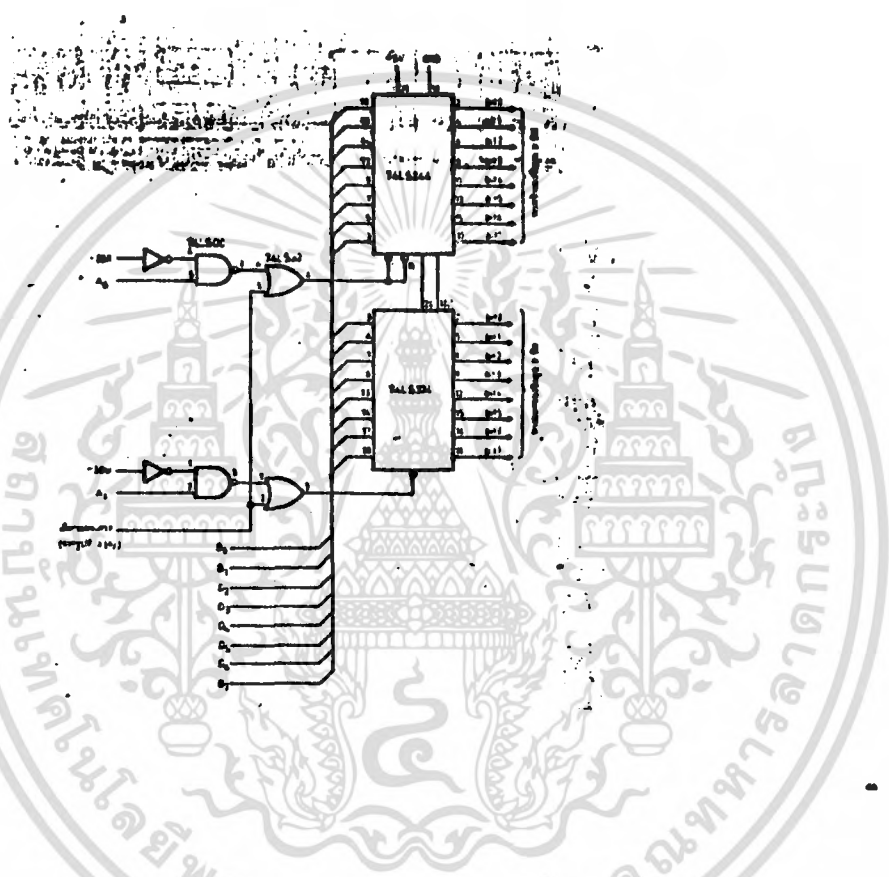


รูปที่ 3.30 อินพุต/เอาต์พุตพอร์ต (PIO8255) ของแอปเปิลทู



รูปที่ 3.31 (ก) วงจรดีโค้ดแอดเดรส 02B0H02B7H ของไอบีเอ็ม PC-XT

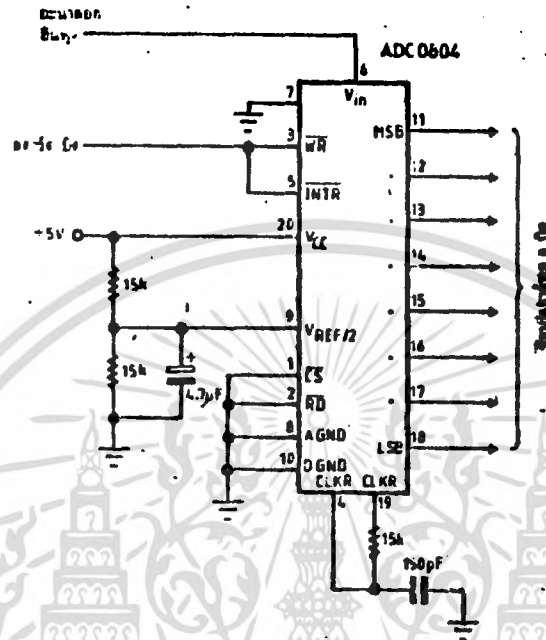
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.31 (ข) วงจรรับข้อมูลและส่งข้อมูลขนาน 8 บิตของไอบีเอ็ม PC-XT

กรณีเครื่องไอบีเอ็ม PC-XT รายละเอียดของวงจรแสดงดังรูปที่ 3.27 อินพุตพอร์ตใช้ไอซีเบอร์ 74LS374 ซึ่งสามารถแลตซ์เอาต์พุตได้ และมีการถอดรหัสแอดเดรสที่ใช้งาน ณ ตำแหน่ง 02B1H

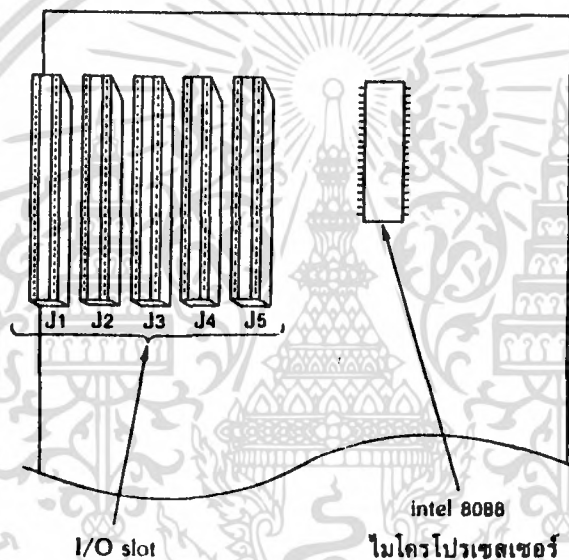
สัญญาณไฟฟ้าที่มีอยู่ในรูปของแรงดันซึ่งเป็นสัญญาณอนาลอก ต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิทัลก่อนจึงนำเข้าสู่อินพุตพอร์ตแบบขนานได้ วงจรเปลี่ยนสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Converter : ADC) แสดงดังรูปที่ 3.32



รูปที่ 3.32 วงจรเปลี่ยนสัญญาณแอนาลอกเป็นดิจิทัล 8 บิต

3.3.3 ฮาร์ดแวร์อินพุต/เอาต์พุต สำหรับ IBM PC

ในการส่งข้อมูลออก (output data) และการนำข้อมูลเข้า (input-data) สำหรับ IBM PC ที่เราได้กล่าวถึงมาแล้วเบื้องต้นนั้น จำเป็นต้องมีวงจรอิเล็กทรอนิกส์เชื่อมต่อเข้ากับ IBM PC ดังนั้นก่อนอื่นจึงต้องมารู้จักกับ slot บน IBM PC ซึ่งมีระบบ I/O slot แสดงรายละเอียดดังรูปที่ 3.33 และรูปที่ 3.34 ตามลำดับ



รูปที่ 3.33 ระบบ I/O slot บน IBM PC

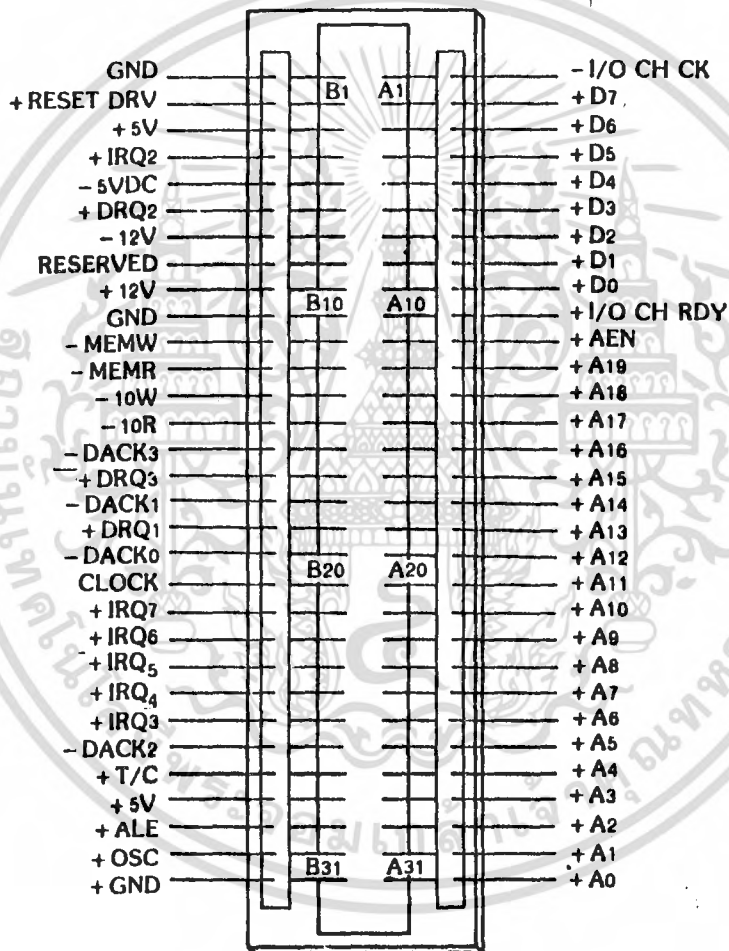
การส่งข้อมูลออกและนำข้อมูลเข้าจำเป็นต้องมีเส้นทาง ในที่นี้เราจะเรียกว่า พอร์ต (port) ซึ่งมีการจัดสรรที่ไม่ซ้ำซ้อนกันมีแอดเดรส (address) ที่แน่นอน ตัวอย่างการจัดสรรแอดเดรสที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกบน IBM PC แสดงดังตารางที่ 3.3 และการสร้างการ์ด (card) เพื่อใช้เชื่อมต่อกับ I/O slot แสดงดังรูปที่ 3.35 ตามลำดับ

ฮาร์ดแวร์ในการอินพุต/เอาต์พุตข้อมูลมีรายละเอียดของวงจรการเชื่อมต่อ ดังนี้

1. วงจรอิน่าเบิล (enable circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรเอาต์พุตแลตช์ (output latches circuit)
3. วงจรอินพุตบัฟเฟอร์ (input buffer circuit)

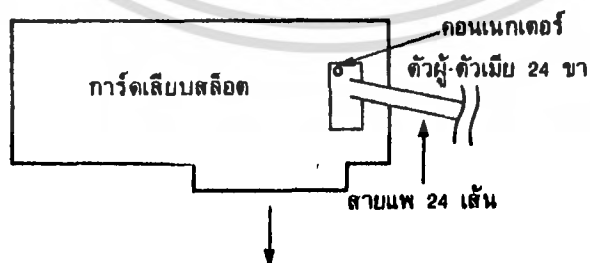


รูปที่ 3.34 ขาสัญญาณต่าง ๆ ใน I/O slot บน IBM PC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่แอดเดรสของอุปกรณ์ I/O											
เลขฐานสิบหก	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	อุปกรณ์ I/O
00-0F	0	0	0	0	0	2	A3	A2	A1	A0	DMA CHIP B237-2
20-21	0	0	0	0	1	2	Z	Z	Z	A0	INTERRUPT 8259A
40-43	0	0	0	1	0	2	Z	Z	A1	A0	TIMER 8253-5
60-63	0	0	0	1	1	2	Z	Z	A1	A0	PPI 8255A-5
80-83	0	0	1	0	0	2	Z	Z	A1	A0	DMA PAGE REGS
AX	0	0	1	0	1						NMI MASK REG
CX	0	0	1	1	0						RESERVED
EX	0	0	1	1	1						RESERVED
3F8-3FF	1	1	1	1	1	1	1	A2	A1	A0	TP RS-232-C CD
3F0-3F7	1	1	1	1	1	1	0	A2	A1	A0	5¼" DRV ADAPTOR
2F8-2FF	1	0	1	1	1	1	1	Z	A1	A0	RESERVED
378-37F	1	1	0	1	1	1	1	Z	A1	A0	PARALLEL PRTR PRT
3D0-3DF	1	1	1	1	0	1	A3	A2	A1	A0	COLOR/GRAPHICS ADAPTER
278-27F	1	0	0	1	1	1	1	Z	A1	A0	RESERVED
200-20F	1	0	0	0	0	0	A3	A2	A1	A0	GAME I/O ADAPTER
3B0-3BF	1	1	1	0	1	1	A3	A2	A1	A0	IBM MONOCHROME DISPLAY PARALLEL PRINTER ADAPTER

ตารางที่ 3.3 การจัดสรรแอดเดรสที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกบน IBM PC



รูปที่ 3.35 การ์ดที่ใช้เสียบใน I/O slot (PC-card)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรอินาเบิล

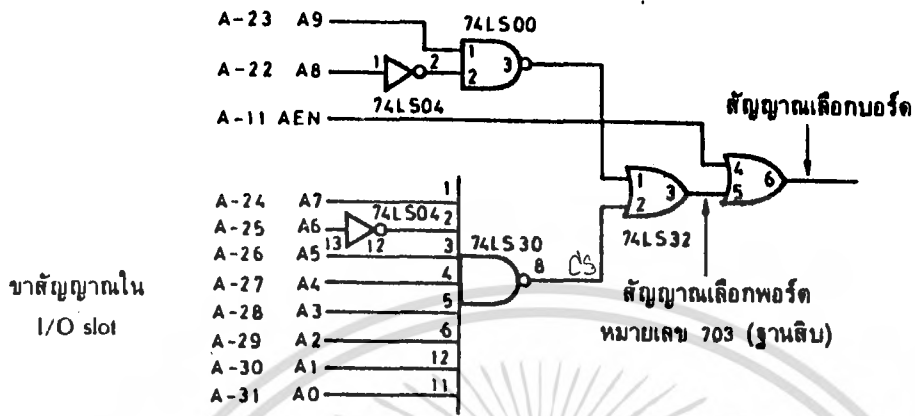
การสื่อสารในคอมพิวเตอร์มีสายข้อมูล (data bus) เพื่อส่งและรับข้อมูลถึงกัน การส่งและรับข้อมูล ถ้าไม่มีตำแหน่งในการส่งและรับก็ไม่ว่าส่งไปที่ไหนและให้ที่ใดรับ จึงจำเป็นต้องมีสายแอดเดรส (address bus) ในการกำหนดตำแหน่งภายในคอมพิวเตอร์ เช่นเดียวกับเลขที่ห้องเพื่อจะได้รับการรับรู้กันภายในคอมพิวเตอร์ว่า ต้องส่งข้อมูลดังกล่าวจากเลขที่ห้องไหนไปสู่ห้องไหน

ในกรณีที่มีการสื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอก ก็ต้องมีการถอดรหัสแอดเดรสให้หมายเลขแก่อุปกรณ์ภายนอกนั้น การถอดรหัสแอดเดรสต้องไม่มีการซ้ำซ้อนกับแอดเดรสที่ใช้สื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกตัวอื่น แอดเดรสที่ใช้สื่อสารกับอุปกรณ์ภายนอกสำหรับ IBM PC ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.3 ซึ่งพบว่าแอดเดรสในช่วง 2B0-2BF (เลขฐานสิบหก) ไม่มีการใช้ เราจึงสามารถถอดรหัสแอดเดรสใช้งานการเชื่อมต่อในช่วงดังกล่าว เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลออกและนำข้อมูลเข้าได้

การถอดรหัสแอดเดรสเพื่อการเลือกพอร์ต (port select) ได้ใช้สายแอดเดรส A0-A9 มีค่าเท่ากับ 1010111111 (หมายเลข 703 เมื่อเป็นเลขฐานสิบ) จึงทำให้สัญญาณการเลือกพอร์ตมีลอจิก 0 แต่การที่จะส่งหรือรับข้อมูลจากสายข้อมูลได้ ต้องมีการต่อกับสาย AEN (address enable) ของ IBM PC ด้วย เพราะไม่เช่นนั้น การส่งหรือรับข้อมูลจากสายข้อมูลจะเกิดการผิดพลาดได้ สัญญาณที่ได้จากการเลือกพอร์ตนำมาลอร์ (or) กับ AEN จะใช้ในการอินาเบิล วงจรส่งหรือรับข้อมูลจึงทำให้มีการส่งข้อมูลหรือรับข้อมูลเกิดขึ้น รายละเอียดของวงจรแสดงดังรูปที่ 3.36

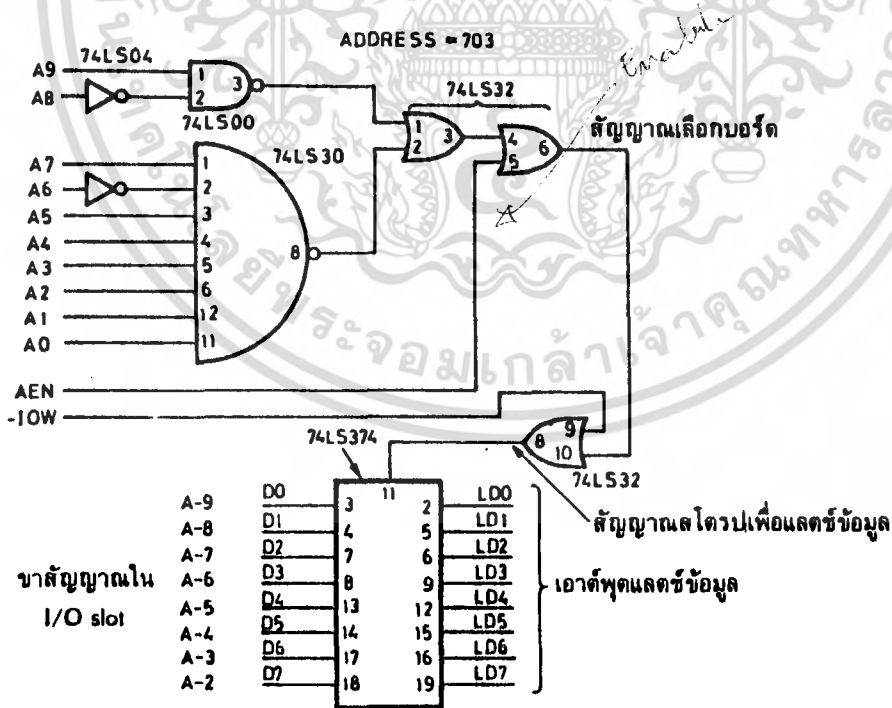
วงจรเอาต์พุตแลตซ์

การส่งข้อมูลออกใช้ IC เบอร์ 74LS374 เป็นตัวแลตซ์ข้อมูล การส่งข้อมูลออกต้องผ่านทางสายข้อมูล D0-D7 และต้องทำการอินาเบิลเพื่อแลตซ์ข้อมูล ซึ่งยังไม่เพียงพอที่วงจรจะทำงานได้ ต้องมีสายสัญญาณอีกสายหนึ่งเข้ามาเกี่ยวข้องคือ -IOW (input/output write) สายสัญญาณนี้มีลอจิก 0 เมื่อมีการใช้คำสั่ง OUT address, data ในภาษาเบสิกเพื่อทำการส่งข้อมูลออก ฉะนั้นจำเป็นต้องเชื่อมต่อสายสัญญาณดังกล่าว เข้าในวงจรอินาเบิล เพื่อการแลตซ์ข้อมูลในวงจรส่งข้อมูลออก รายละเอียดของวงจรแสดงดังรูปที่ 3.37



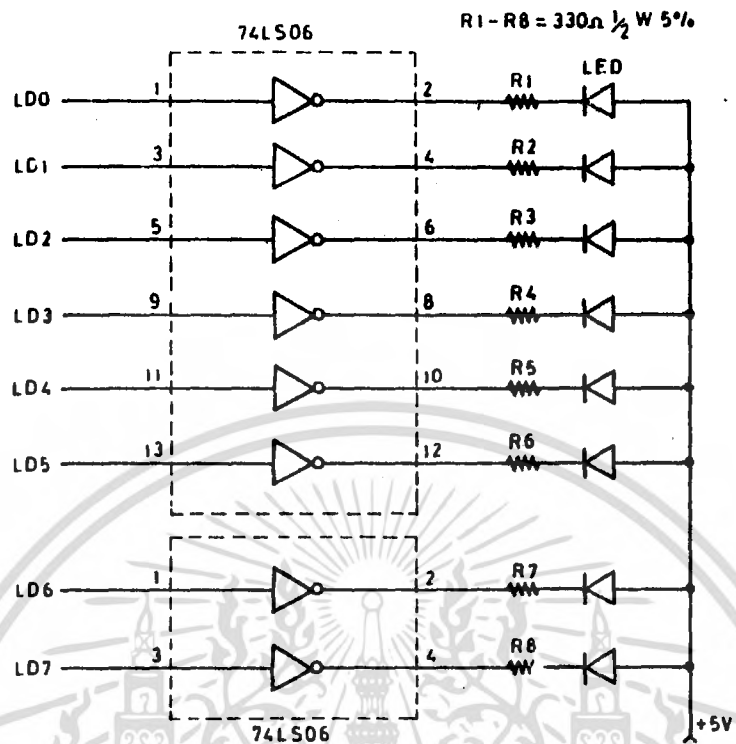
รูปที่ 3.36 รายละเอียดวงจรจรรีนาเบิ้ล

การแสดงผลส่งข้อมูลออกสามารถใช้ LED 8 ดวง เป็นตัวแสดงผลของข้อมูล 8 บิต แสดงการต่อดังรูปที่ 3.37

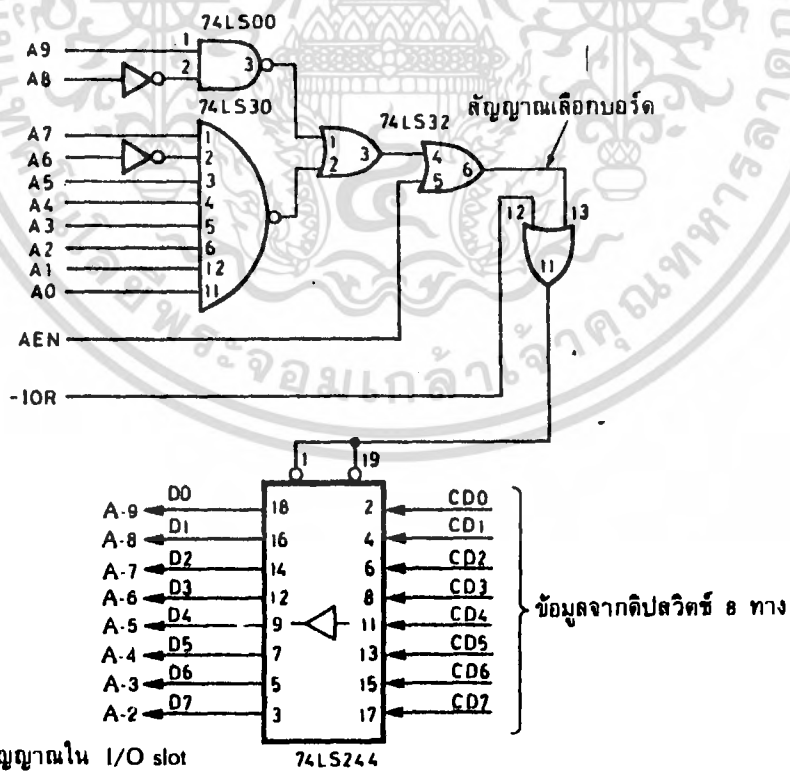


รูปที่ 3.37 รายละเอียดวงจรจรรีนาเบิ้ลที่พุดแลตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.38 รายละเอียดการต่อวงจรเอาต์พุตแลตซ์กับ LED 8 ดวง



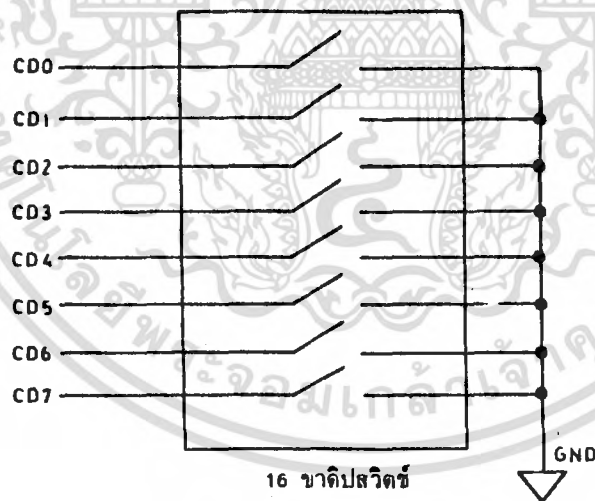
รูปที่ 3.39 รายละเอียดวงจรอินพุตบัฟเฟอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรอินพุตบัพเฟอร์

การนำข้อมูลเข้าใช้ IC เบอร์ 74LS244 เป็นบัพเฟอร์ของข้อมูล การนำข้อมูลเข้าต้องมีการอินาเบิล เพื่อนำข้อมูลเข้าทางสายข้อมูลเช่นกัน อย่างไรก็ตาม ต้องมีสายสัญญาณอีกสายหนึ่งเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย สายดังกล่าวคือ -IOR (input/output read) สายสัญญาณนี้มีลอจิกเป็น 0 เมื่อมีการใช้คำสั่ง A-INP(address) ในภาษาแอสเอ็ม และนั่นจึงจำเป็นต้องเชื่อมต่อสายสัญญาณนี้เข้ากับวงจรอินาเบิล รายละเอียดของวงจรแสดงดังรูปที่ 3.39

นำรูปที่ 3.39 ที่ตำแหน่ง CDO-CD7 ทำการเชื่อมต่อกับดิปสวิทช์ 8 ทาง (16 ขา) เพื่อทำการสับสวิทช์ ON-OFF เป็นข้อมูลเข้าของแต่ละบิต (D0-D7) แสดงการต่อดังรูปที่ 3.40 คือเมื่อสวิทช์เปิด (ON) ข้อมูลที่เข้าสู่ IC 74LS244 มีลอจิกเป็น 1 (เพราะเป็น IC TTL : Transistor transistor logic) แต่เมื่อสวิทช์ปิด (OFF) ข้อมูลที่เข้าจะเป็นลอจิก 0 ตามลำดับ



รูปที่ 3.40 รายละเอียดการต่อดิปสวิทช์ 8 ทางกับวงจรอินพุตบัพเฟอร์

3.3.4 ความสัมพันธ์ของสัญญาณอะนาลอก ดิจิตอล และตัวแปลงสัญญาณ

ในหัวข้อนี้เรามาดูความแตกต่างของ 2 สัญญาณคือ สัญญาณอะนาลอก (analog) และสัญญาณดิจิตอล (digital) จากนั้นดูต่อไปอีกว่า ทั้ง 2 สัญญาณดังกล่าวเกี่ยวข้องกับตัวแปลงสัญญาณ (transducer) อย่างไร? ซึ่งสุดท้ายจะเป็นการสรุปความสัมพันธ์ของทั้งสาม

เหตุการณ์อะนาลอกและเหตุการณ์ดิจิตอล

เหตุการณ์ที่ระบุได้ว่าเป็นแบบอะนาลอก ให้เรามาพิจารณาดูตัวอย่างการจำลองแบบต่อไปนี้ ในกรณีที่เราใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิแสดงดังรูปที่ 3.41 พบว่า สามารถอ่านค่าอุณหภูมิจากสเกลได้ละเอียด เช่น 98.6°F , 98.4°F , 97.1°F ฯลฯ เทอร์โมมิเตอร์ลักษณะนี้ จึงเป็นสิ่งประดิษฐ์แบบอะนาลอก เพราะการอ่านค่าอุณหภูมิมีค่าต่อเนื่อง

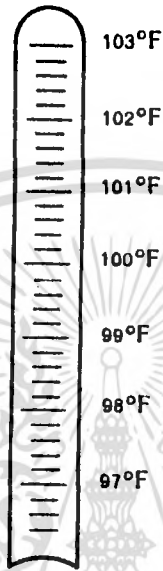
แต่ในกรณีเทอร์โมมิเตอร์ประดิษฐ์จากวงจรรอิเล็คทรอนิกส์เป็นแบบตัวเลข พบว่าการอ่านค่าอุณหภูมิจะเป็นแบบไม่ต่อเนื่อง เพราะจะต้องมีการสุ่มค่าที่วัดได้ในช่วงใด ๆ มาแสดงผลเป็นตัวเลข ดังรูปที่ 3.42 การอ่านอุณหภูมิมีค่าเป็น 70°F หรือ 80°F จำเป็นต้องมีการสุ่มเลือกค่าระหว่างช่วงดังกล่าวออกมา อุณหภูมิขณะนั้นอาจจะมีค่าเป็น 70.7°F แต่การแสดงผลเมื่อมีการสุ่มค่าแล้ว แสดงเป็น 80°F เราเรียกเทอร์โมมิเตอร์ในกรณีดังกล่าวว่าเป็นสิ่งประดิษฐ์แบบดิจิตอล

สัญญาณอะนาลอกและดิจิตอลทางอิเล็คทรอนิกส์

ในหัวข้อที่แล้ว เราได้เห็นความแตกต่างของเหตุการณ์ทั้งสองจากตัวอย่างของเทอร์โมมิเตอร์ ในหัวข้อนี้เป็นการประยุกต์เหตุการณ์ทั้งสองมาใช้ทางด้านอิเล็คทรอนิกส์ ยกตัวอย่าง แบตเตอรี่ของรถยนต์ที่ให้แรงดันไฟฟ้าเอาต์พุตออกมามีค่า 12 โวลต์ แต่เมื่อมีการต่อเข้ากับความต้านทานแรงดันเอาต์พุตที่ได้อาจจะลดลงเป็น 11.9 หรือ 10.98 โวลต์ เราจะเรียกสัญญาณแรงดันไฟฟ้านี้ว่า สัญญาณอะนาลอก (analog voltage) และเรียกแบตเตอรี่ว่าเป็นสิ่งประดิษฐ์แบบอะนาลอก (analog device)

ในกรณีของเครื่องคอมพิวเตอร์ มีการสื่อสารที่มีระดับแรงดันที่แน่นอน เมื่อเทียบแล้วคือ "1" และ "0" การสื่อสารที่สัญญาณเป็นตัวเลข 1 และ 0

นั้นเรียกว่าสัญญาณดิจิทัล (digital) ดังนั้นคอมพิวเตอร์จึงเป็นสิ่งประดิษฐ์แบบดิจิทัล (digital device)



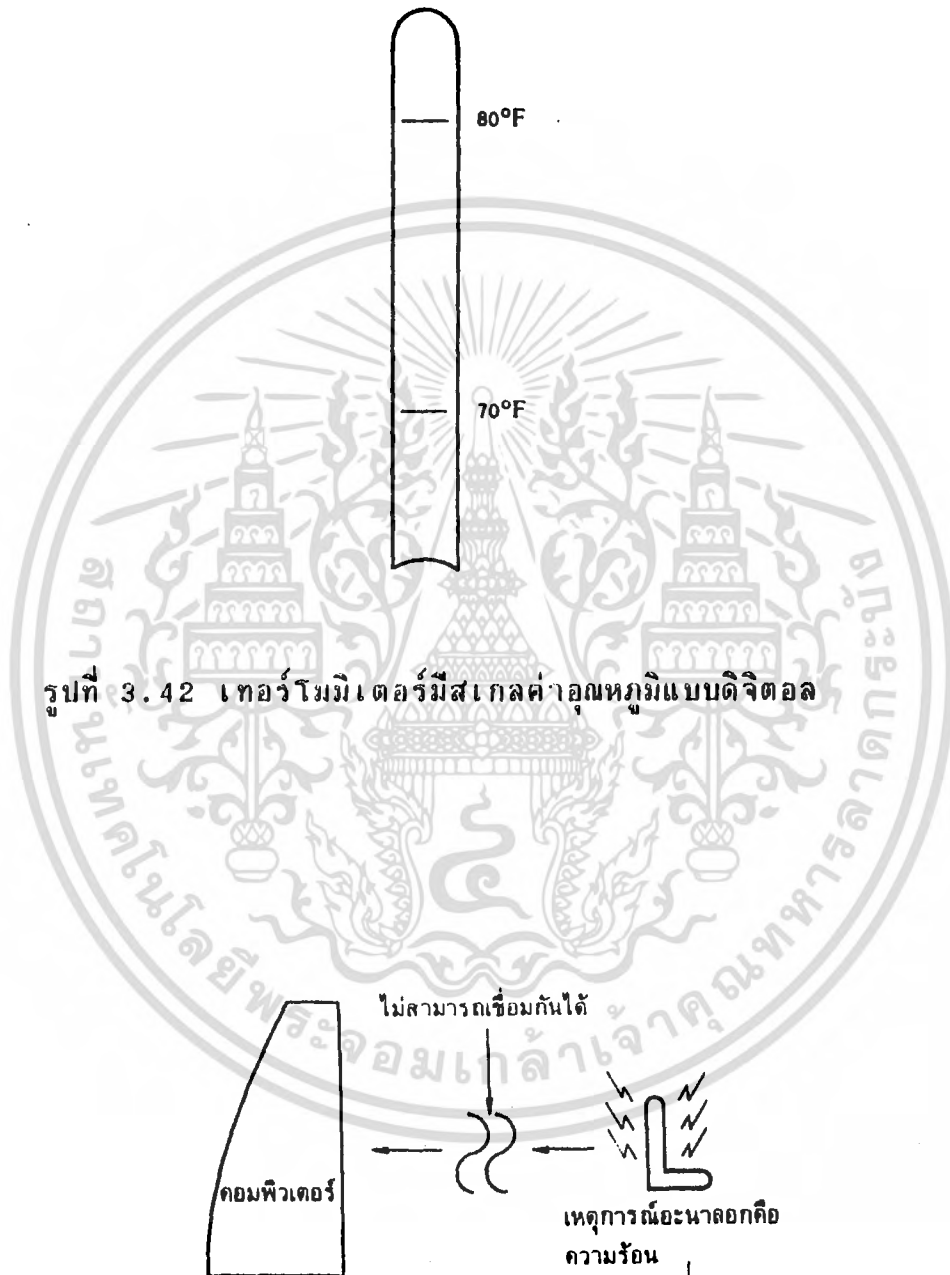
รูปที่ 3.41 เทอร์โมมิเตอร์มีสเกลค่าอุณหภูมิแบบอะนาลอก

เมื่อมาถึงตรงนี้พบว่า สิ่งแวดล้อมที่อยู่รอบตัวเรา เป็นเหตุการณ์แบบอะนาลอกเสียส่วนใหญ่ ทำอย่างไร? จึงเชื่อมต่อเหตุการณ์เหล่านั้นเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ ซึ่งเราจะกล่าวถึงต่อไป

ตัวแปลงสัญญาณ

การเชื่อมต่อเหตุการณ์แบบอะนาลอกที่อยู่แวดล้อมตัวเรา เข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ จำเป็นต้องมีตัวกลางในการเปลี่ยนแปลงเหตุการณ์อนาลอกนั้นให้เป็นสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์ ตัวแปลงเปลี่ยนสัญญาณดังกล่าว เรียกว่า ทรานส์-ดิวเซอร์ (transducer)

การที่จะทำให้คอมพิวเตอร์เชื่อมต่อเข้ากับเหตุการณ์อะนาลอกโดยตรงนั้นไม่ได้ ตัวอย่างเช่น เหตุการณ์อะนาลอกอย่างหนึ่งคือ มีความร้อนเกิดขึ้น แสดงดังรูปที่ 3.43

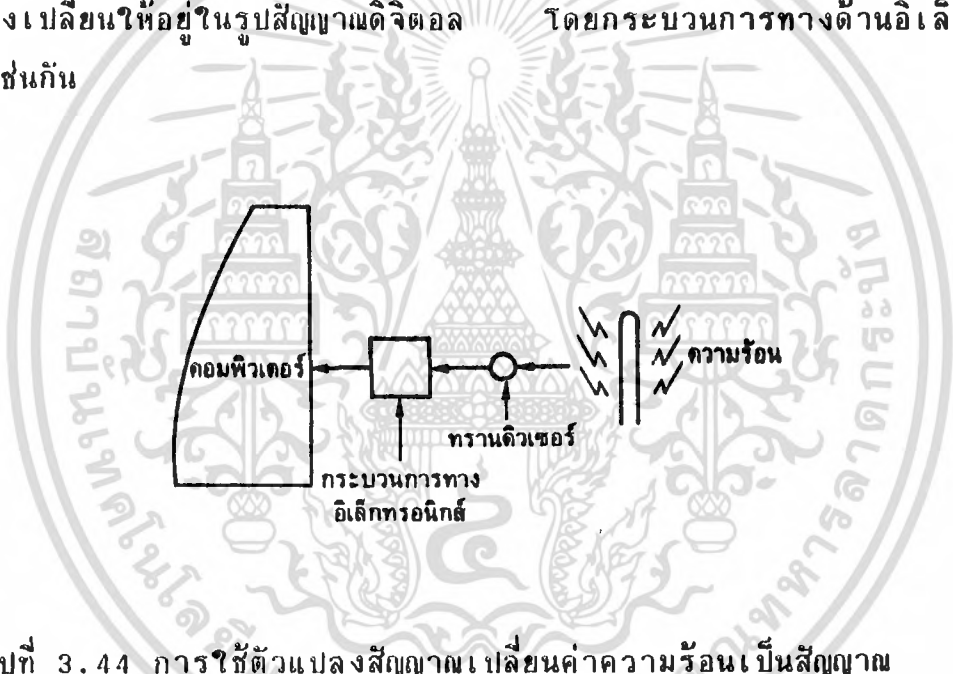


รูปที่ 3.43 เหตุการณั่ฉะนาลอกที่เป็นความร้อนไม่สามารถเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอรืโดยตรงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 69
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.43 พบว่าไม่สามารถเชื่อมต่อค่าความร้อนดังกล่าวเข้าคอมพิวเตอร์ได้ จึงจำเป็นต้องใช้ตัวแปลงสัญญาณค่าความร้อนนั้นเป็นสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์ อาจได้เป็นสัญญาณอะนาลอกที่มีค่าความสัมพันธ์กับค่าความร้อนนั้น และทำการเปลี่ยนสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอลอีกครั้ง โดยขบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ จึงสามารถนำค่าความร้อนดังกล่าวเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ได้ แสดงดังรูปที่ 3.44

ในหัวข้อนี้ จึงพอสรุปได้ว่า เหตุการณ์ที่เป็นอะนาลอกจำเป็นต้องมีตัวแปลงสัญญาณ เพื่อเปลี่ยนเหตุการณ์นั้นให้อยู่ในรูปของสัญญาณอะนาลอกโดยกระบวนการทางอิเล็กทรอนิกส์ สัญญาณอะนาลอกจะเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ได้ จำเป็นต้องเปลี่ยนให้อยู่ในรูปสัญญาณดิจิตอล โดยกระบวนการทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ เช่นกัน



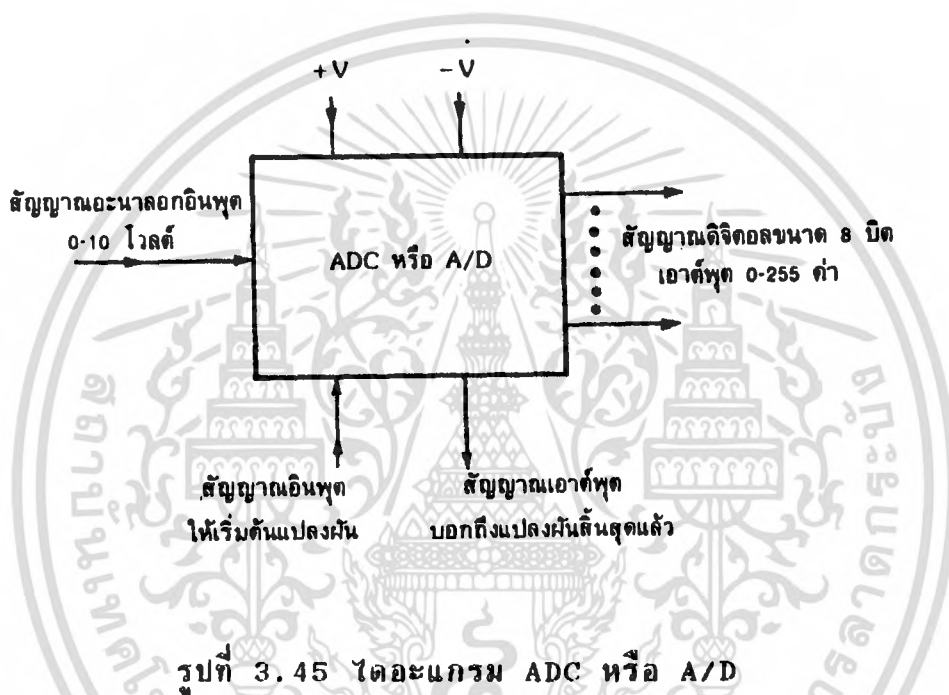
รูปที่ 3.44 การใช้ตัวแปลงสัญญาณเปลี่ยนค่าความร้อนเป็นสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์ก่อนนำเข้าสู่คอมพิวเตอร์

สัญญาณอะนาลอกที่เปลี่ยนอยู่ในรูปของสัญญาณดิจิตอลนั้น สามารถกระทำได้โดยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่เรียกว่า การแปลงผันสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล (analog-to-digital coverter: ADC หรือ A/D) และในทำนองกลับกันสามารถเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลให้อยู่ในรูปของสัญญาณอะนาลอกได้ โดยวงจรที่เรียกว่า การแปลงผันสัญญาณดิจิตอลให้อยู่ในรูปของสัญญาณอะนาลอกได้ โดยวงจรที่เรียกว่า การแปลงผันสัญญาณดิจิตอลเป็นอะนาลอก (Digital-to-analog coverter : DAC หรือ D/A) ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอลสำหรับ IBM PC

การแปลงสัญญาณอะนาล็อกเป็นดิจิตอลที่เรียกว่า ADC หรือ A/D เป็นการแปลงสัญญาณแรงดันในช่วงใด ๆ เป็นสัญญาณดิจิตอล เพื่อที่จะนำเข้าสู่ IBM PC ถ้าช่วงแรงดันนั้นสมมติว่ามีค่าจาก 0 ถึง 10 โวลต์เปลี่ยนเป็นดิจิตอลขนาด 8 บิต ค่าจาก 0 ถึง 255 แสดงไดอะแกรมดังรูปที่ 3.45



จากรูปที่ 3.45 แสดงว่า ถ้าแรงดันอินพุตมีค่าต่ำสุดเป็น 0 โวลต์ ค่าดิจิตอล 8 บิตจะเท่ากับ 0 แต่ถ้าแรงดันอินพุตมีค่ามากที่สุดคือ 10 โวลต์ ค่าของดิจิตอลสูงสุดจะเท่ากับ 255 ตามลำดับ ฉะนั้นการคิดแรงดันอินพุตช่วงใด ๆ ที่ทำให้ค่าดิจิตอลเปลี่ยนค่าไป 1 ค่า สามารถหาได้จาก

$$\begin{aligned} \text{แรงดันเอาต์พุตมากที่สุด/ค่าดิจิตอลมากที่สุด} &= 10/255 \\ &= 0.039215 \quad \text{โวลต์} \\ &= 0.04 \quad \text{โวลต์} \end{aligned}$$

นั่นคือ ค่าแรงดันอินพุต 0.04 โวลต์ จะทำให้ค่าตัวเลขดิจิตอลเปลี่ยน

ไปเป็น 1 แสดงตารางการเปลี่ยนค่าดีจิตอลกับแรงดันอินพุตได้ ดังตารางที่ 3.4

การเปลี่ยนค่าดีจิตอลกับแรงดันอินพุต									
D	V	D	V	D	V	D	V	D	V
0	0.00	1	0.04	2	0.08	3	0.12	4	0.16
5	0.20	6	0.24	7	0.27	8	0.31	9	0.35
10	0.39	11	0.43	12	0.47	13	0.51	14	0.55
15	0.59	16	0.63	17	0.67	18	0.71	19	0.75
20	0.78	21	0.82	22	0.85	23	0.90	24	0.94
25	0.98	25	1.02	27	1.06	28	1.10	29	1.14
30	1.18	31	1.22	32	1.25	33	1.29	34	1.33
35	1.37	36	1.41	37	1.45	38	1.49	39	1.63
40	1.57	41	1.61	42	1.65	43	1.69	44	1.73
45	1.76	46	1.80	47	1.84	48	1.88	49	1.92
50	1.96	51	2.00	52	2.04	53	2.06	54	2.12
55	2.16	56	2.20	57	2.24	58	2.27	59	2.31
60	2.35	61	2.39	62	2.43	63	2.47	64	2.51
65	2.55	66	2.59	67	2.63	68	2.67	69	2.71
70	2.75	71	2.78	72	2.82	73	2.86	74	2.90
75	2.94	76	2.98	77	3.02	78	3.06	79	3.10
80	3.14	81	3.18	82	3.22	83	3.25	84	3.29
85	3.33	86	3.37	87	3.41	88	3.45	89	3.49
90	3.53	91	3.57	92	3.61	93	3.65	94	3.69
95	3.73	96	3.76	97	3.80	98	3.84	99	3.88
100	3.91	101	3.96	102	4.00	103	4.04	104	4.08
105	4.12	106	4.16	107	4.20	108	4.24	109	4.27
110	4.31	111	4.35	112	4.39	113	4.43	114	4.47
115	4.51	116	4.55	117	4.59	118	4.63	119	4.67
120	4.71	121	4.75	122	4.78	123	4.82	124	4.86
125	4.90	126	4.94	127	4.98	128	5.02	129	5.06

ตารางที่ 3.4 การเปลี่ยนค่าดีจิตอล (D) เป็นค่าแรงดันอินพุต (V)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนค่าดิจิทัลกับแรงดันอินพุต									
D	V	D	V	D	V	D	V	D	V
130	5.10	131	5.14	132	5.18	133	5.22	134	5.25
135	5.29	136	5.33	137	5.37	138	5.41	139	5.45
140	5.49	141	5.53	142	5.57	143	5.61	144	5.65
145	5.69	146	5.73	147	5.76	148	5.80	149	5.84
150	5.88	151	5.92	152	5.96	153	6.00	154	6.04
155	6.08	156	6.12	157	6.16	158	6.20	159	6.24
160	6.27	161	6.31	162	6.35	163	6.39	164	6.43
165	6.47	166	6.51	167	6.55	168	6.59	169	6.63
170	6.67	171	6.71	172	6.75	173	6.78	174	6.82
175	6.86	176	6.90	177	6.94	178	6.98	179	7.02
180	7.06	181	7.10	182	7.14	183	7.18	184	7.22
185	7.25	186	7.29	187	7.33	188	7.37	189	7.41
190	7.45	191	7.49	192	7.53	193	7.57	194	7.61
195	7.65	196	7.69	197	7.73	198	7.76	199	7.80
200	7.84	201	7.88	202	7.92	203	7.96	204	8.00
205	8.04	206	8.08	207	8.12	208	8.16	209	8.20
210	8.24	211	8.27	212	8.31	213	8.35	214	8.39
215	8.43	216	8.47	217	8.51	218	8.55	219	8.59
220	8.63	221	8.67	222	8.71	223	8.75	224	8.78
225	8.82	226	8.86	227	8.90	228	8.94	229	8.98
230	9.02	231	9.06	232	9.10	233	9.14	234	9.18
235	9.22	236	9.25	237	9.29	238	9.33	239	9.37
240	9.41	241	9.45	242	9.49	243	9.53	244	9.57
245	9.61	246	9.65	247	9.69	248	9.73	249	9.76
250	9.80	251	9.84	252	9.88	253	9.92	254	9.96
255	10.00								

D-ค่าดิจิทัล V-แรงดันอินพุต

ตารางที่ 3.4 (ต่อ) การเปลี่ยนค่าดิจิทัล (D) เป็นค่าแรงดันอินพุต (V)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปลี่ยนค่าดิจิตอลที่อ่านได้โดย IBM PC เป็นค่าแรงดันอินพุตสามารถกระทำได้ โดยการแทนค่าในสมการต่อไปนี้เป็นคือ

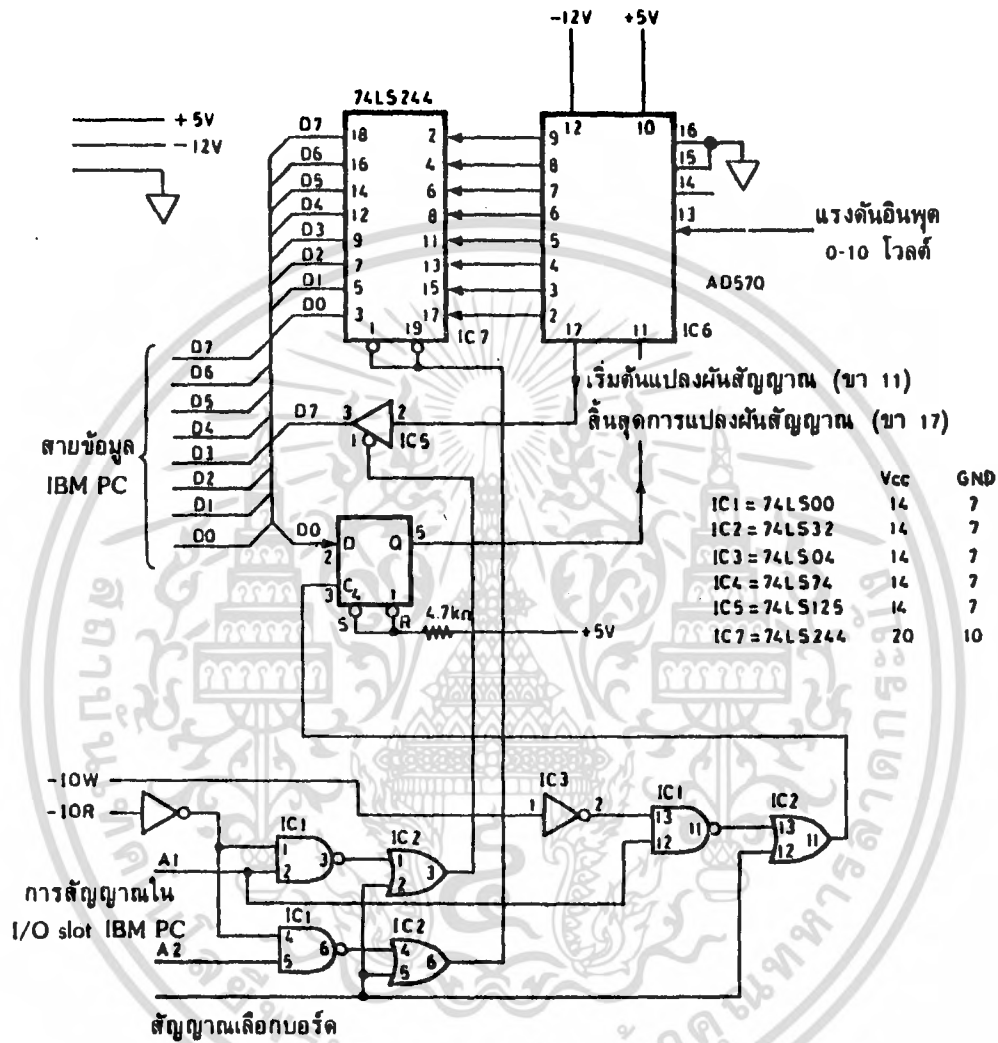
แรงดันอินพุตเท่ากับตัวเลขดิจิตอลที่อ่านได้ $\times (10/255)$

ตัวอย่าง ถ้าตัวเลขดิจิตอลที่อ่านได้เท่ากับ 206 เมื่อแทนค่าลงในสมการจะได้ $206 \times (10/255) = 8.08$ โวลต์ ซึ่งเมื่อลองเปรียบเทียบกับค่าในตารางที่ 3.4 พบว่าเท่ากัน

การเชื่อมต่อ ADC เข้ากับ IBM PC ได้ใช้ IC เบอร์ AD570 แสดงรายละเอียดของวงจรการเชื่อมต่อดังรูปที่ 3.46 ซึ่ง IC AD570 ใช้ไฟเลี้ยง +5 โวลต์, -12 โวลต์ สามารถใช้ร่วมกับไฟเลี้ยง IBM PC ได้ สัญญาณอะนาลอกที่เข้าสู่ IC6 (AD570) ระหว่าง 0 ถึง 10 โวลต์ จะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 บิต ค่าระหว่าง 0 ถึง 255 ผ่านทางบัพเฟอร์ IC 74LS24 เข้า D0 ถึง D7 ของ IBM PC

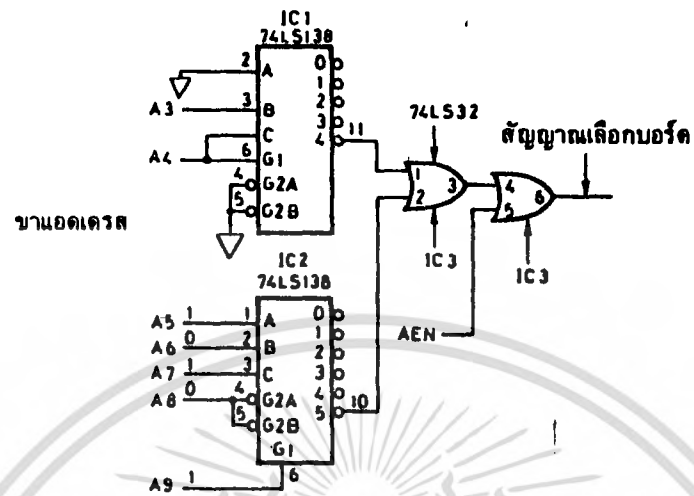
การทำงานเริ่มโดยการส่งสัญญาณ low เพื่อทำการเริ่มต้นแปลงผันสัญญาณเข้าทางขา 11 ของ IC6 เมื่อทำการแปลงผันสัญญาณเป็นดิจิตอลเสร็จสิ้น IC6 ก็จะส่งสัญญาณบ่งบอกการสิ้นสุดการแปลงผันแก่ IBM PC ทางขา 17 เพื่อให้ IBM PC ทำการอ่านข้อมูลดิจิตอลเข้าผ่านบัพเฟอร์ IC7 ได้

การดีโค้ดแอดเดรสพอร์ตบน IBM PC ได้ใช้หมายเลข 2B0H-2B7H ดังแสดงรายละเอียดดังรูปที่ 3.47 การให้ IC6 เริ่มทำงานสามารถกระทำได้โดยการส่งสัญญาณ high ออกทางขา D0 ที่แอดเดรสพอร์ตหมายเลข 2B2H และสามารถตรวจสอบเสร็จเช็คสัญญาณสิ้นสุดการแปลงผันจาก IC6 ได้ ผ่านทางขา D7 ของ IBM PC ที่แอดเดรสพอร์ตหมายเลข 2B2H เช่นกัน จากนั้นจึงทำการอ่านข้อมูลจากบัพเฟอร์ IC7 เข้าสู่ IBM PC ได้ทางแอดเดรสพอร์ตหมายเลข 2B4H ตามลำดับ



รูปที่ 3.46 รายละเอียดของวงจร ADC เชื่อมต่อกับ I/O slot บน IBM PC โดยใช้ IC AD570

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.47 รายละเอียดวงจรตัวโค้ดแอสแตโรสเฟอร์หมายเลข 2BQH-2B7H

3.3.6 การตีโค้ดแอดเดรส

การตีโค้ดแอดเดรสสำหรับ I/O ที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้จะใช้ในช่อง Prototype card คือ 300-31F และใช้ IC 74LS138 ดังนั้นในการออกแบบแอดเดรส $A_0 - A_{10}$ สามารถใช้เพียง $A_0 - A_{10}$ ก็เพียงพอที่จะตีโค้ดได้ ซึ่งจะตีโค้ดตั้งแต่ 300-31C

A_{13}	A_{12}	A_{11}	A_{10}	A_9	A_8	A_7	A_6	A_5	A_4	A_3	A_2	A_1	A_0
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0
0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0

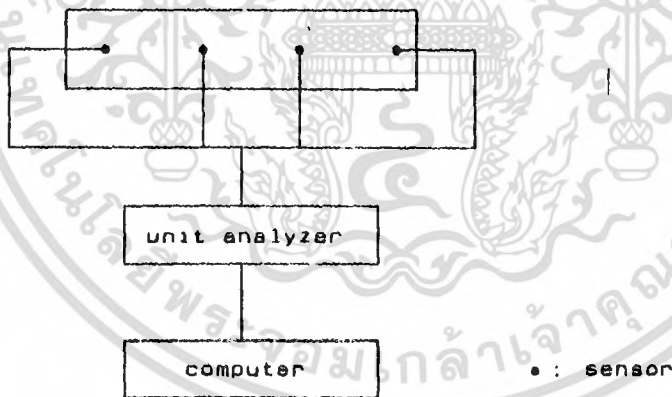
จากการตีโค้ดข้างบนจะได้ $A_5, A_6, A_7, A_{10}, A_{11}, A_{12}$ เป็น 0 ตลอดนั้นคือต่อ low เข้ากับ I/O slot บน IBM PC และ A_8, A_9 เป็น 1 ตลอดนั้นคือต่อ high เข้ากับ I/O slot บน IBM PC ดังนั้นเราออกแบบวงจรในการตีโค้ดได้ดังนี้ จากรูป $y_0 - y_7$ จะต่อเข้ากับขา select ของ IC 8255 แต่ละตัว โดยมี A_0 และ A_1 ใน I/O slot ต่อเข้ากับ A_0 และ A_1 ใน IC 8255 ซึ่งค่า y_0 ของ IC 74LS138 นี้จะเป็นแอดเดรสของ port A ใน IC 8255 ตัวที่มาต่อเข้าตัวท เช่น y_0 เท่ากับ 300H ดังนั้น IC 8255 ที่ต่อเข้ากับ y_0 มีค่าแอดเดรส port A = 300H , port B = 301H , port C = 302H และ control port = 303H เป็นต้น

บทที่ 4

การทดสอบการใช้งาน

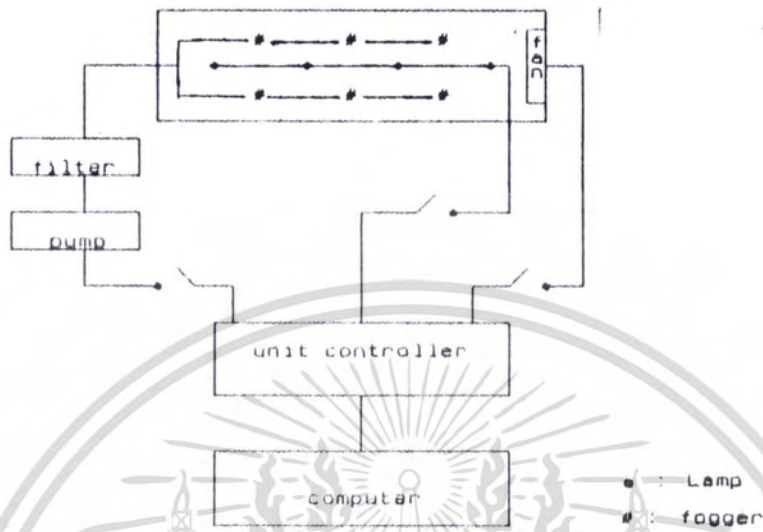
4.1 หลักการใช้งานและการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

ในการใช้คอมพิวเตอร์เพื่อวิเคราะห์และควบคุมความชื้น , การให้ปริมาณน้ำและปุ๋ยแก่พืชประเภทไม้ดอกในโครงการวิจัยนี้ มีหัวตรวจวัด 3 ประเภทคือ ความชื้น อุณหภูมิ แสง และมีการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ภายนอก 4 ชุดคือ ระบบฉีดฝอยในการเพิ่มค่าความชื้น พัฒลมในการควบคุมอุณหภูมิ หลอดไฟในการควบคุมปริมาณแสง และปั้มน้ำในการให้ปริมาณน้ำและปุ๋ย แผนภาพการทำงานภาคการวิเคราะห์แสดงดังรูปที่ 4.1 และแผนภาพการทำงานภาคการควบคุมแสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.1 แผนภาพแสดงการทำงานภาคการวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แผนภาพการทำงานภาคการควบคุม



รูปที่ 4.3 เครื่องวิเคราะห์และควบคุมความชื้น การให้ปริมาณน้ำและปุ๋ย ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

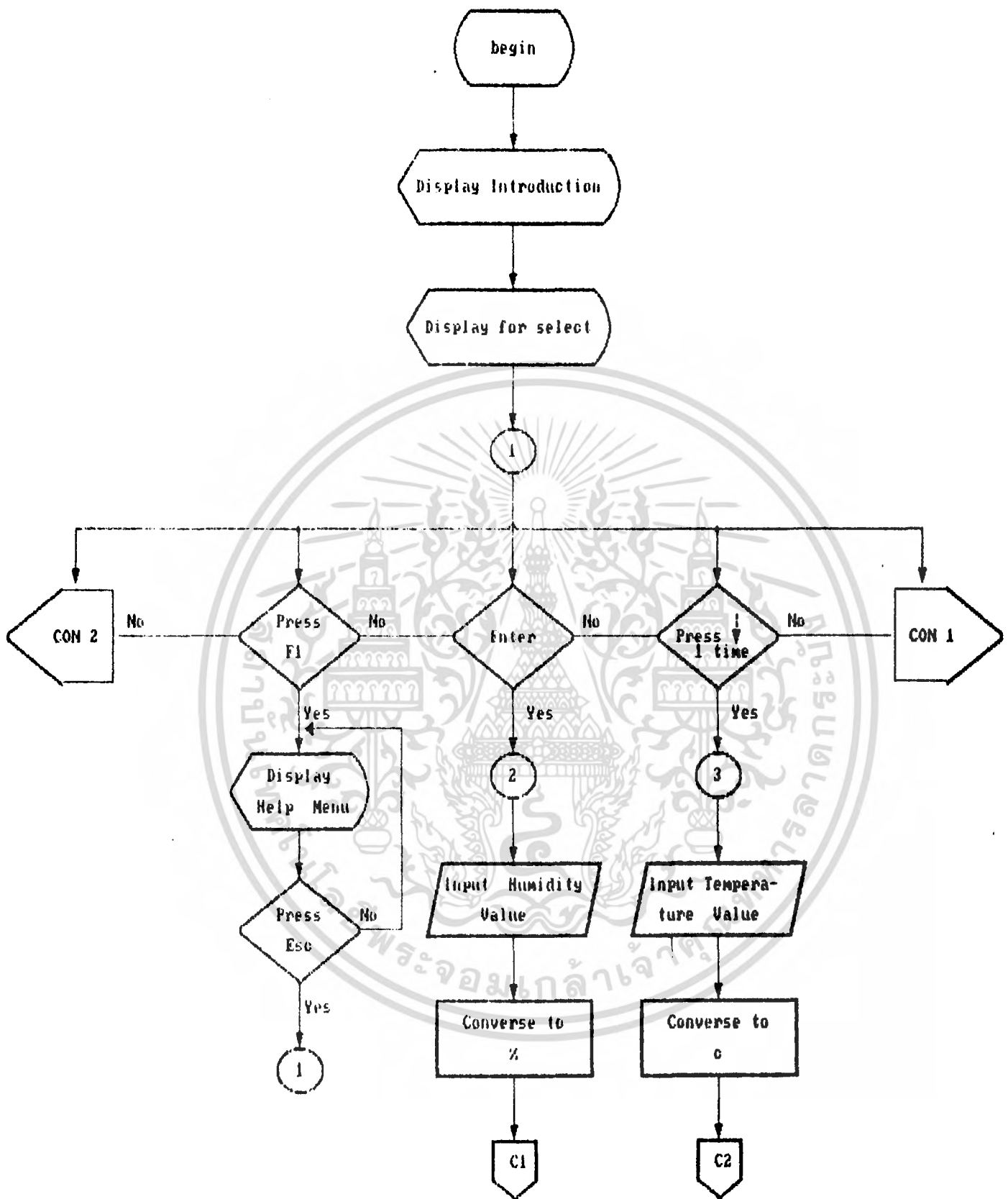
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ในภาวะที่เครื่องจะสามารถทำงานได้ทัน ทั้งภาคการวิเคราะห์และภาคการควบคุมจะถูกกำหนดและสั่งงานจากส่วนโปรแกรม ในที่นี้เขียนส่วนของโปรแกรมด้วยภาษาไพสคาล โปรแกรมที่เขียนขึ้นมาสามารถแสดงค่าความถี่ ลูเมนภูมิ และแสง อย่างใดอย่างหนึ่งหรือแสดงพร้อมกันในเวลาเดียวกันได้ ขึ้นกับความต้องการของผู้ใช้ นอกจากนี้ยังสามารถพล็อตกราฟและเก็บข้อมูลได้ ส่วนรายละเอียดการใช้งาน function key ต่าง ๆ มีดังนี้

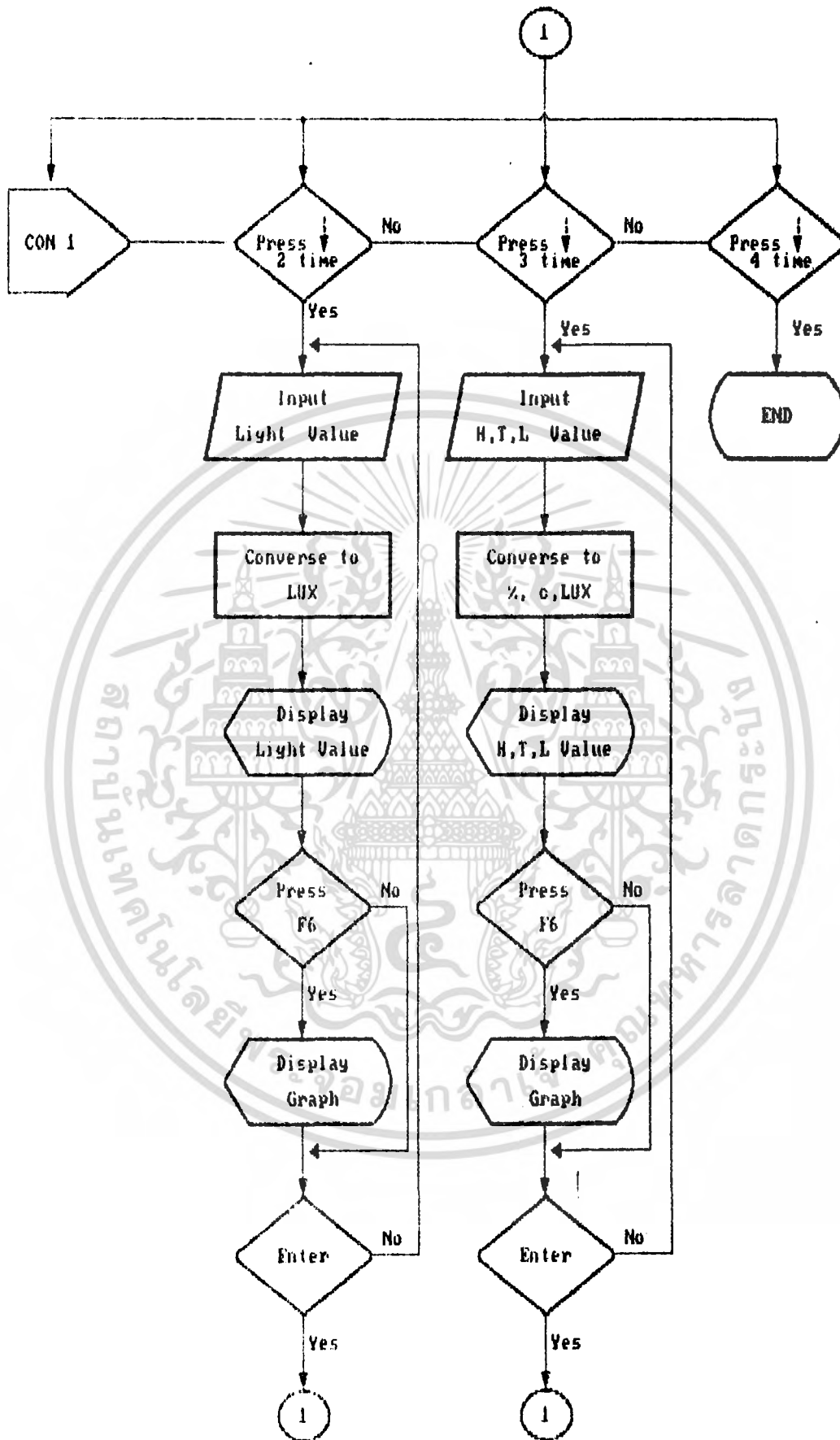
- F1 แสดงเมนูหลักการใช้งาน function key ตัวอื่น ๆ
- F2 เป็น function ที่ผู้ใช้ต้องการให้คอมพิวเตอร์ทำการควบคุมค่าความถี่ ลูเมนภูมิ ปริมาณแสง ในแปงดอกรไม้ให้เป็นไปตามค่าอ้างอิงที่ตั้งไว้
- F3 เป็น function ที่ผู้ใช้ต้องการควบคุม ค่าความถี่ ลูเมนภูมิ และปริมาณความเข้มแสงด้วยตนเอง (เป็น function ที่ให้ผู้ใช้ตั้งเวลาในการเปิดและปิดอุปกรณ์ที่ทำการควบคุมความถี่ ลูเมนภูมิ และปริมาณความเข้มแสงตามต้องการ)
- F4 เป็น function ที่ผู้ใช้ต้องการจะเปลี่ยนค่าอ้างอิงต่าง ๆ ของความถี่ ลูเมนภูมิ ปริมาณความเข้มแสงจากค่าเดิมที่ตั้งไว้
- F5 เป็น function ที่ผู้ใช้ต้องการดูข้อมูลที่เก็บไว้
- F6 เป็น function ที่ผู้ใช้ต้องการที่จะดูผลแบบกราฟ โดยจะมีกราฟแสดงผล 3 แบบคือ กราฟแสดงค่าความถี่ กราฟแสดงค่าลูเมนภูมิ กราฟแสดงค่าปริมาณความเข้มแสง ขึ้นอยู่กับการเลือก sub function key ของผู้ใช้ว่าจะดูกราฟอะไร
- F7 เป็น sub function ที่ใช้แสดงกราฟของค่าความถี่
- F8 เป็น sub function ที่ใช้แสดงกราฟของค่าลูเมนภูมิ
- F9 เป็น sub function ที่ใช้แสดงกราฟของค่าปริมาณความเข้มแสง รายละเอียดของโปรแกรมทั้งหมดแสดงไว้ในภาคผนวก ก.

การแสดงผลผ่านทางหน้าจอคอมพิวเตอร์ของภาคการวิเคราะห์ และภาคการควบคุม รวมทั้งหน้าจอของ function key ต่าง ๆ ที่กล่าวมาทั้งหมดแสดงไว้ในภาคผนวก ข.

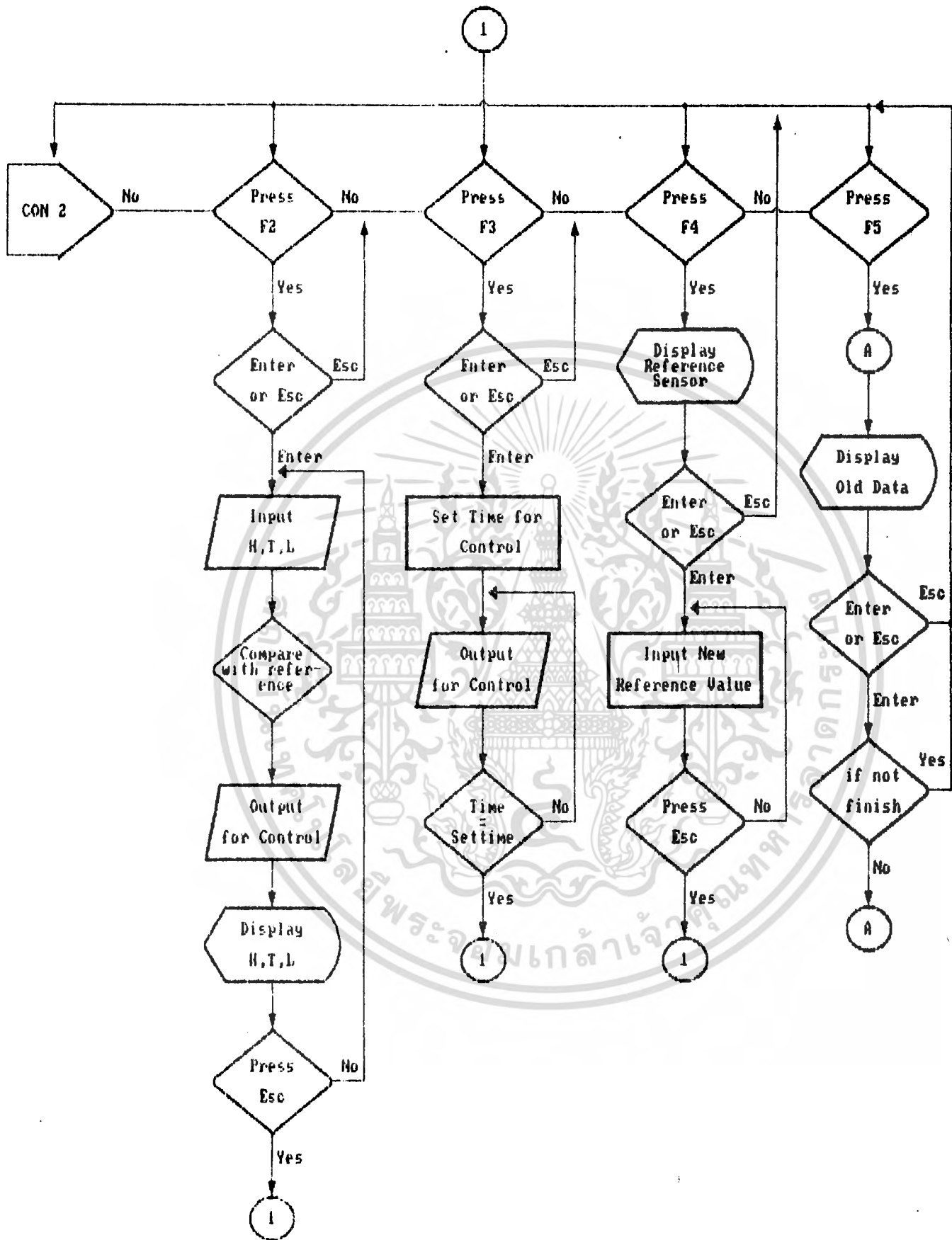
Flowchat ของโปรแกรมการดำเนินการแสดงไว้ในหน้าถัดไป



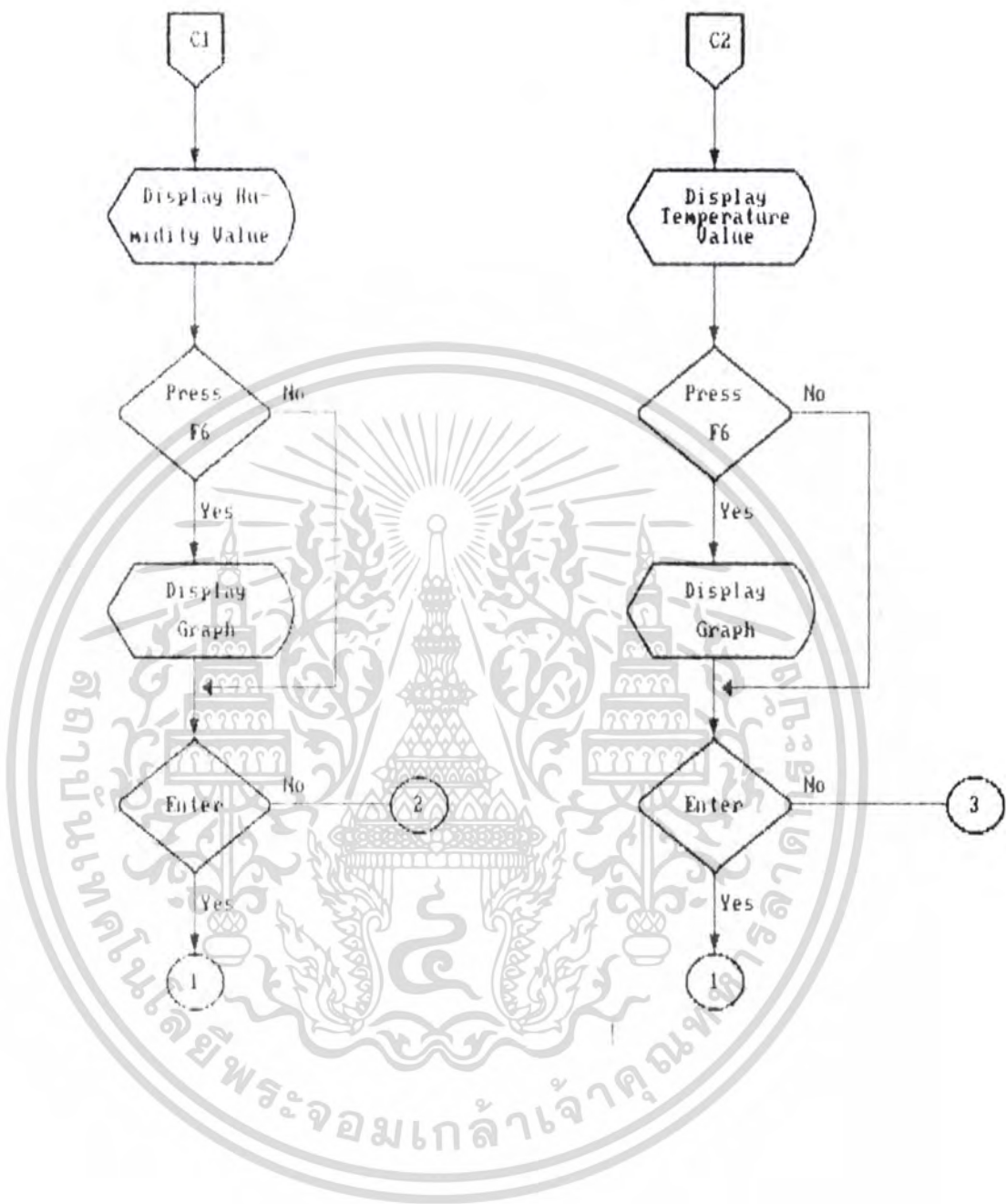
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 81
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 82
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 83
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

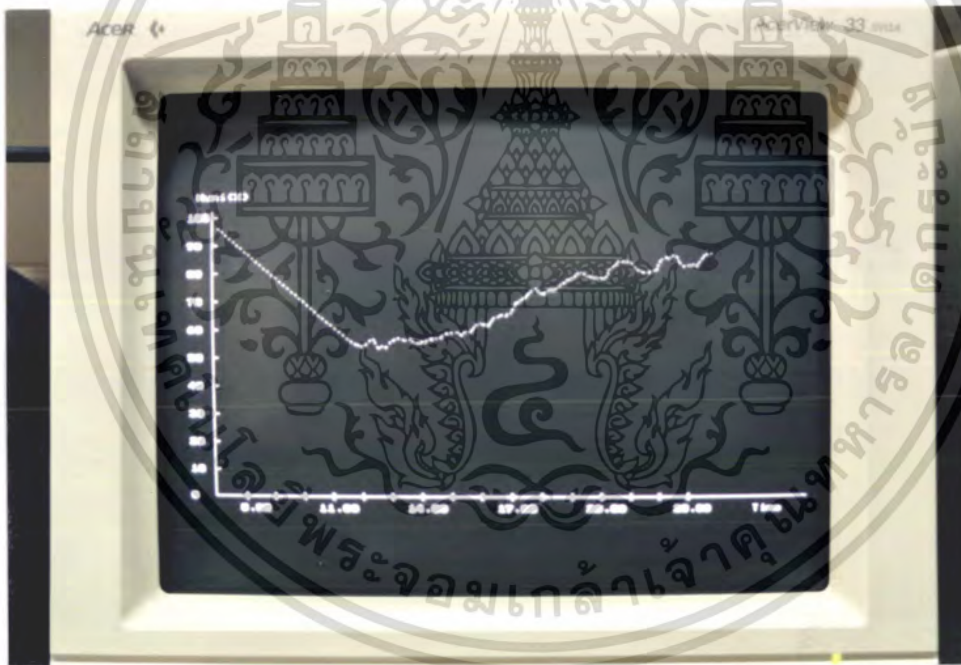
4.2 การทดสอบการใช้งาน

การทดสอบการทำงานของเครื่องได้ทำขึ้นที่ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง และได้มีการติดตั้งเพื่อปฏิบัติงานจริงที่ อ่างเก็บน้ำสาธา จังหวัดนครศรีธรรมราช ผลการทดสอบการใช้งานจริงของเครื่องปรากฏว่าสามารถทำงานใช้งานได้ดีและมีประสิทธิภาพเป็นไปตามจุดมุ่งหมายของโครงการทุกประการ เราสามารถแยกผลการทดสอบออกเป็น 2 ภาคได้ดังนี้

4.2.1 ผลการทดสอบภาคการวิเคราะห์

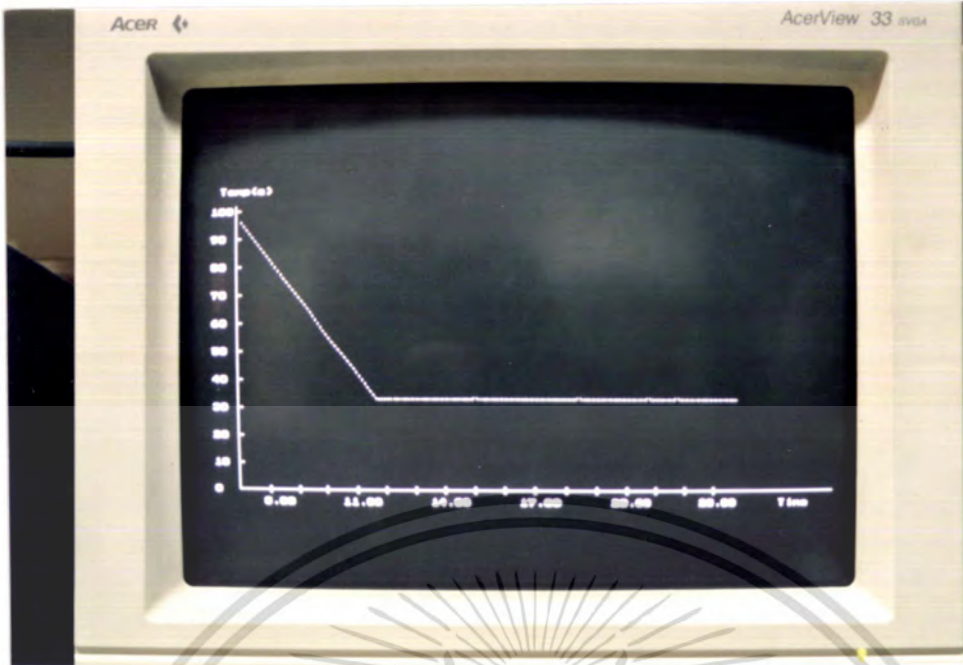
ผลการทดสอบสามารถแยกแยะแสดงได้ดังกราฟต่าง ๆ ดังนี้

1. การอ่านค่าความชื้น



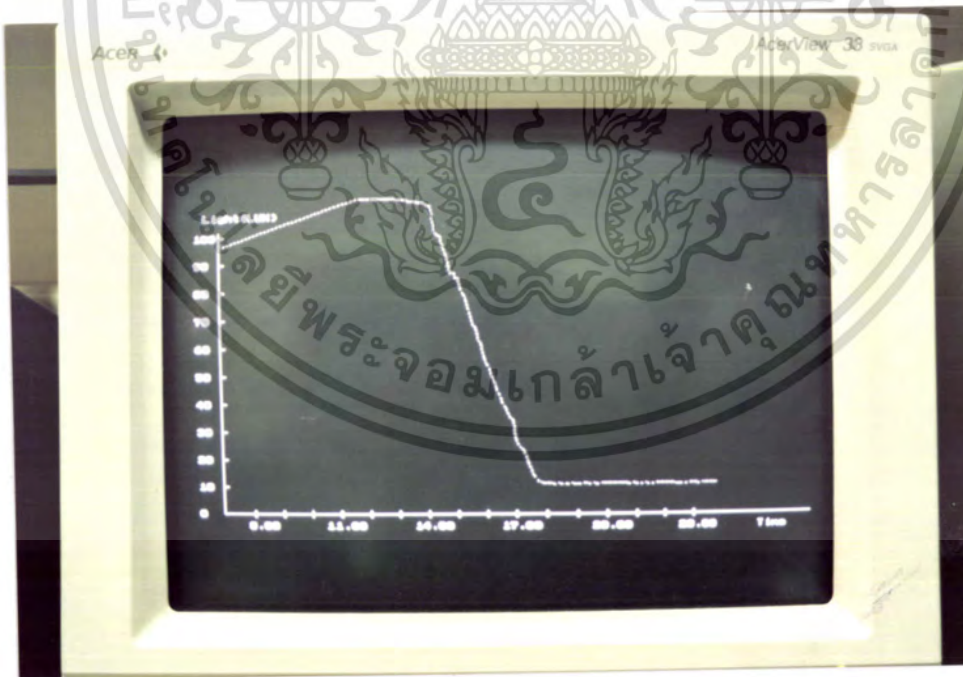
รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าความชื้นในอากาศ

2. การอ่านค่าอุณหภูมิ



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงค่าอุณหภูมิในอากาศ

3. การอ่านค่าปริมาณความเข้มแสง



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงค่าปริมาณความเข้มแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 ผลการทดสอบภาคการควบคุม

ผลทดสอบการควบคุมสามารถแยกแยะแสดงได้ดังนี้

1. การควบคุมค่าความชื้น

ในกรณีที่ค่าความชื้นในอากาศขณะนั้นมีค่าน้อยกว่าค่าอ้างอิงที่เซตเอาไว้ เราสามารถเพิ่มค่าความชื้นขึ้นไปจนถึงระดับที่ต้องการได้โดยการที่ภาคการควบคุมทำการส่งสัญญาณไปเปิดระบบฉีดฝอยให้ทำงาน การทำงานของระบบฉีดฝอยแสดงดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงถึงการทำงานของระบบฉีดฝอย

2. การควบคุมอุณหภูมิและปริมาณความชื้นแสง

ในโครงการวิจัยนี้ การใช้งานทางด้านการควบคุมอุณหภูมิและปริมาณความชื้นแสงยังไม่สามารถที่จะทดสอบการปฏิบัติงานได้ เนื่องจากอุปกรณ์ภายนอกและระบบวงจรเรือนที่สร้างขึ้นมา ยังไม่มีความพร้อมที่จะทำงาน

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 บทสรุป

การใช้คอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์และควบคุมความชื้น การให้ปริมาณน้ำและปุ๋ยในโครงการวิจัยนี้ แบ่งระบบการทำงานออกเป็น 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. ภาคการวิเคราะห์ สามารถทำการวิเคราะห์ค่าความชื้นในอากาศ อุณหภูมิ ปริมาณความเข้มแสง
2. ภาคการเชื่อมต่อ สามารถเชื่อมต่อระบบภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์ ได้โดยอาศัยวงจร Decoder
3. ภาคการควบคุม ทำการควบคุมอุปกรณ์ภายนอกทั้งหมดผ่านโซลิตอสเตท รีเลย์ โดยอุปกรณ์ภายนอกเหล่านั้นมี ระบบฉีดฝอย พัดลม หลอดไฟ และปั้มน้ำ

การทำงานของส่วนต่าง ๆ ทั้งหมดผ่านการสั่งงานโดยส่วนของโปรแกรม ซึ่งเขียนด้วยภาษาปาสคาล

5.2 ประสิทธิภาพในการทำงาน

การใช้คอมพิวเตอร์ในการวิเคราะห์และควบคุมสำหรับโครงการวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์และควบคุมทั้งหมด 3 ปริมาณคือ ปริมาณความชื้นในอากาศ อุณหภูมิ และความเข้มแสง โดยที่สามารถอ่านค่าปริมาณทั้ง 3 ได้ตลอดเวลา

ประสิทธิภาพของการวัดค่าความชื้น หัวตรวจวัดที่ใช้ในโครงการนี้จะให้ความแม่นยำในการวัดมากที่สุดในช่วง 20 - 90 % ดังนั้นความแม่นยำของค่าความชื้นที่วัดได้จะขึ้นอยู่กับหัวตรวจวัดความชื้นนี้ แต่สำหรับประสิทธิภาพของการควบคุมความชื้นภายในระบบนั้นขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ภายนอกเป็นสำคัญ

ประสิทธิภาพของการวัดอุณหภูมิ จากการที่ได้ใช้หัวตรวจวัดอุณหภูมิแบบ IC เบอร์ LM 335 ซึ่งสามารถตรวจจับได้ดีในช่วง 0 - 100 องศาเซลเซียส และมีค่าความคลาดเคลื่อน 2 % ตลอดช่วง ดังนั้นจึงเป็นหัวตรวจวัดที่เหมาะสมสำหรับการวัดอุณหภูมิในอากาศ ที่ไม่ต้องการความละเอียดมากนัก และนอกจากนี้ยังมีการใช้งานที่ง่ายและสะดวกต่อการติดตั้ง

ประสิทธิภาพของการวัดปริมาณความเข้มแสง ในโครงการวิจัยนี้ได้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ 88 รัชศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Phototransistor เบอร์ 1N 3443 ในการตรวจวัด ซึ่งสามารถใช้ได้ดีในการตรวจจับปริมาณแสงอาทิตย์ที่ส่องมายังโลก (0-150 LUX)

5.3 การปรับปรุงและการพัฒนา

การปรับปรุงและการพัฒนาเป็นส่วนสำคัญของการพัฒนาเทคโนโลยี ดังนั้นจึงเห็นได้ว่า การใช้คอมพิวเตอร์ในการควบคุมปริมาณน้ำและปุ๋ยแก่พืชประเภทไม้ดอกในโครงการนี้ยังมีความสมบูรณ์ไม่เพียงพอที่จะใช้งานได้กว้างขวางสำหรับงานทั่ว ๆ ไป จึงขอเสนอแนะการปรับปรุง พัฒนาและแก้ไขไว้ ณ ที่นี้

1. ในโครงการวิจัยนี้ เป็นการตรวจวัดค่าความชื้นในแปลงดอกไม้จากจุดต่าง ๆ 4 จุด ซึ่งสัญญาณที่ได้จากการวัดทั้ง 4 จุดจะนำมาแสดงผลพร้อมกัน ดังนั้นในโครงการวิจัยนี้จึงได้ใช้ IC 7107 (แบบไม่มีลติเพลกซ์) 4 ตัว ในการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล แต่ในความเป็นจริงแล้วการตรวจวัดความชื้นในแปลงดอกไม้ นั้นไม่จำเป็นต้องให้ความเร็วในการแสดงผลมากนัก ดังนั้นเราจึงควรที่จะใช้ IC ชนิดที่มีลติเพลกซ์ได้ ซึ่งจะทำได้ใช้ IC น้อยลงนั้นคือเราสามารถที่จะลดต้นทุนได้อีกพอสมควร (แนะนำ IC เบอร์ MC 14433)

2. ตัวต้านทานที่ใช้ในโครงการวิจัยนี้ ได้ใช้ตัวต้านทานชนิดค่าความผิดพลาด 5 % ซึ่งทำให้มีปัญหาในเรื่อง Temperature Differencial คือเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปมากขึ้นจะทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนมีค่ามากขึ้น จึงขอเสนอแนะให้ใช้ตัวต้านทานชนิดค่าความผิดพลาด 1 %

3. โปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อใช้งานในโครงการวิจัยนี้ ยังไม่สมบูรณ์เพียงพอที่จะใช้งานได้กว้างขวางนัก ขอเสนอให้มีการเขียนโปรแกรมตั้งเวลา (Timer) เพิ่มเพื่อใช้ในการรดน้ำ เช่น อาจเขียนตั้งเวลารดน้ำทุกวันในเวลา 17.00 น. ส่วนการเขียนโปรแกรมในส่วนอื่น ๆ เพิ่มเติมขึ้นขึ้นกับการประยุกต์ใช้ของผู้ใช้ว่าต้องการส่วนใดเป็นพิเศษ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมในการควบคุม

UNIT AllTime;

INTERFACE

uses crt,dos,graph,box_sen,drow_ground;

function WorToStr(w : Word):string;

function realtostr(s :real) : string;

procedure c_date(var d : word; var cd : string);

procedure date_time(l : integer);

Procedure Opengraph;

procedure p_wr_gra(s : integer);

procedure head_s (co1,co2,co3,co4 : integer);

IMPLEMENTATION

function WorToStr(w : Word):string;

var st : string[11];

begin

str(w,st);

WorToStr := st;

end;

function realtostr(s :real) : string;

var ss : string;

begin

str(s:5:2,ss);

realtostr := ss;

end;

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

procedure c_date(var d : word;
var cd : string);
begin
    case d of
        0 : cd := 'Sunday';
        1 : cd := 'Monday';
        2 : cd := 'Tuesday';
        3 : cd := 'Wednesday';
        4 : cd := 'Thuesday';
        5 : cd := 'Friday';
        6 : cd := 'Saturday';
    end;
end;

```

```

procedure date_time(l : integer);
var h,m,s,fr,m1,ss,y,mo,dt,d : word;
    cd : string;
begin
    textcolor(1); textbackground(11);
    getdate(y,mo,dt,d); c_date(d,cd);
    gotoxy(14,l); write(' '); write(cd); write(':');
    write(dt); write(':'); write(mo); write(':');
    write(y); write(' ');
    gettime(h,m,s,fr); gotoxy(33,l); write(' ');
    write('Start Time'); write(' ');
    write(h); write(':'); write(m); write(' ');
    gettime(h,m,s,fr); gotoxy(51,l); write(' ');
    write('Time'); write(' '); write(h); write(':');
    write(m); write(' ');
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Procedure Opengraph;
Var Gd,Gm,Maxx,Maxy : Integer;
begin
    Gd := Detect;
    Initgraph(Gd,Gm,'b:');
    Maxx := Getmaxx;
    Maxy := Getmaxy;
end;

procedure p_wr_gra(s : integer);
var ws : string;
begin
    boxsen;
    case s of
        1 : ws := ' Humidity Sensor ';
        2 : ws := ' Temperature Sensor ';
        3 : ws := ' Light Sensor ';
    end;
    textcolor(4); textbackground(11);
    gotoxy(19,10); write(' This is graph of four');
    write(ws); gotoxy(16,12);
    write('Please put date that you want to show graph');
    gotoxy(23,14); write(' Example Monday:10:4:1992 ');
    gotoxy(26,16); write(' ');
    gotoxy(16,19);
    write(' please Esc when you want exit from graph ');
    textcolor(15); textbackground(0);
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure heads (co1,co2,co3,co4 :integer);
begin
    gotoxy(1,1); textcolor(co1);
    groundpln(#178); textcolor(co2);
    gotoxy(1,1); clrscr; gotoxy(14,1);
    writeln('HUMIDITY , TEMPERATURE , LIGHT ANALYSIS
            AND CONTROLLER');
    textcolor(co3); textbackground(co4);
    gotoxy(10,24); writeln('F1-Menu');
    gotoxy(22,24); writeln('F2-Control');
    gotoxy(37,24); writeln('F3-Timer');
    gotoxy(49,24); writeln('F4-Reference');
    gotoxy(66,24); writeln('Esc-Esc');
end;
end.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
UNIT S_Cur_Beep;
```

```
INTERFACE
```

```
uses crt,dos;
```

```
Procedure CursorOn;
```

```
Procedure CursorOff;
```

```
procedure beep;
```

```
IMPLEMENTATION
```

```
Var Regs :Registers;
```

```
Procedure CursorOff;
```

```
Begin
```

```
  Regs.AH := 2;
```

```
  Regs.DH := 50;
```

```
  Regs.DL := 1;
```

```
  Regs.BH := 0;
```

```
  Intr($10,Regs);
```

```
End;
```

```
Procedure CursorOn;
```

```
Begin
```

```
  Regs.AH := 2;
```

```
  Regs.DH := 0;
```

```
  Regs.DL := 0;
```

```
  Regs.BH := 0;
```

```
  Intr($10,Regs);
```

```
End;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
procedure beep;  
begin  
    write(#7#7);  
end;  
end.
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

UNIT Boxer;

INTERFACE

uses crt,dos;

procedure box (x1,y1,x2,y2 : integer; cl : char);

procedure box1 (x1,y1,x2,y2 : integer; cl : char);

IMPLEMENTATION

procedure box (x1,y1,x2,y2 : integer; cl : char);

var i : integer;

begin

gotoxy(x1,y1); writeln(#201);

gotoxy(x2,y1); writeln(#187);

gotoxy(x1,y2); writeln(#200);

gotoxy(x2,y2); writeln(#188);

for i := y1+1 to y2-1 do

begin

gotoxy(x1,i); writeln(#186);

gotoxy(x2,i); writeln(#186);

end;

for i := x1+1 to x2-1 do

begin

gotoxy(i,y1); writeln(#205);

gotoxy(i,y2); writeln(#205);

end;

for i := x1+1 to x2+1 do

begin

gotoxy(i,y2+1); writeln(cl);

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

end;
for i := y1+1 to y2+1 do
begin
    gotoxy(x2+1,i); writeln(cl);
    gotoxy(x2+2,i); writeln(cl);
end;
end;

procedure box1 (x1,y1,x2,y2 : integer; cl : char);
var i : integer;
begin
    gotoxy(x1,y1); writeln(#218);
    gotoxy(x2,y1); writeln(#191);
    gotoxy(x1,y2); writeln(#192);
    gotoxy(x2,y2); writeln(#217);
    for i := y1+1 to y2-1 do
    begin
        gotoxy(x1,i); writeln(#179);
        gotoxy(x2,i); writeln(#179);
    end;
    for i := x1+1 to x2-1 do
    begin
        gotoxy(i,y1); writeln(#196);
        gotoxy(i,y2); writeln(#196);
    end;
    for i := x1+1 to x2+1 do
    begin
        gotoxy(i,y2+1); writeln(cl);
    end;
    for i := y1+1 to y2+1 do

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
begin
    gotoxy(x2+1,i); writeln(cl);
    gotoxy(x2+2,i); writeln(cl);
end;
end;
end.
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
UNIT Box_Sen;
```

```
INTERFACE
```

```
uses crt,dos,boxer;
```

```
procedure boxsen;
```

```
procedure boxsen1;
```

```
IMPLEMENTATION
```

```
procedure boxsen;
```

```
var i,j : integer;
```

```
begin
```

```
    textcolor(2); window(64,8,78,18); clrscr;
```

```
    for i := 64 to 78 do
```

```
    begin
```

```
        for j := 8 to 21 do
```

```
        begin
```

```
            gotoxy(i,j); write(#178);
```

```
        end;
```

```
    end;
```

```
    window(1,1,80,25);
```

```
    for i := 63 to 78 do
```

```
    begin
```

```
        gotoxy(i,18); write(#178);
```

```
    end;
```

```
    textcolor(6); box1(10,7,65,21,#177);
```

```
    textcolor(15);
```

```
    for i := 11 to 64 do
```

```
    begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        for j := 8 to 20 do
        begin
            gotoxy(i,j); write(#176);
        end;
    end;
    textcolor(15);
end;

```

```

procedure boxsen1;
var i,j : integer;
begin
    textcolor(2); window(64,8,78,18); clrscr;
    for i := 64 to 78 do
    begin
        for j := 8 to 21 do
        begin
            gotoxy(i,j); write(#178);
        end;
    end;
    window(1,1,80,25);
    for i := 63 to 78 do
    begin
        gotoxy(i,18); write(#178);
    end;
    textcolor(6); box1(10,4,65,21,#177);
    textcolor(15);
    for i := 11 to 64 do
    begin
        for j := 5 to 20 do
        begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
gotoxy(i,j); write(#176);  
end;  
end;  
textcolor(15);  
end;  
end.
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
UNIT Drow_Ground;
```

```
INTERFACE
```

```
uses crt,dos;
```

```
procedure groundpln (c : char);
```

```
procedure ground (x1,y1,x2,y2 : integer);
```

```
IMPLEMENTATION
```

```
procedure groundpln (c : char);
```

```
var i : integer;
```

```
begin
```

```
  for i := 1 to 2000 do write (c);
```

```
  for i := 1 to 25 do
```

```
  begin
```

```
    gotoxy(1,i); write (' ');
```

```
    gotoxy(80,i); write (' ');
```

```
  end;
```

```
end;
```

```
procedure ground (x1,y1,x2,y2 : integer);
```

```
var i,j : integer;
```

```
begin
```

```
  for i := x1+1 to x2-1 do
```

```
  begin
```

```
    for j := y1+1 to y2-1 do
```

```
    begin
```

```
      gotoxy(i,j); writeln(#176);
```

```
    end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

end;

end;

end.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
UNIT Humidity;
```

```
INTERFACE
```

```
uses crt,dos;
```

```
function IntToStr(int : Longint):string;
```

```
function strtoreal(n : string) : real;
```

```
procedure check (var s : integer);
```

```
procedure humer1(w,l,v : integer; var f : real);
```

```
procedure humer2(w,l,v : integer; var f : real);
```

```
procedure humer3(w,l,v : integer; var f : real);
```

```
procedure humer4(w,l,v : integer; var f : real);
```

```
IMPLEMENTATION
```

```
function IntToStr(int : Longint):string;
```

```
var st : string[11];
```

```
begin
```

```
    str(int,st); IntToStr := st;
```

```
end;
```

```
function strtoreal(n : string) : real;
```

```
var nn2 : integer;
```

```
    nn1 : real;
```

```
begin
```

```
    val(n,nn1,nn2); strtoreal := nn1;
```

```
end;
```

```
procedure check (var s : integer);
```

```
begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

case s of
    00 : s := 8;
    121 : s := 1;
    02 : s := 6;
    36 : s := 2;
    25 : s := 4;
    18 : s := 5;
    48 : s := 3;
    120 : s := 7;
    64 : s := 0;
    16 : s := 9;
end;
end;

procedure humer1(w,l,v : integer; var f : real);
var d,t : byte; a ,b,c : integer;
    tt,a1,b1,c1,f1 : string;
begin
    port[$303] := $9B;
    d := port[$310]; t := d and $08;
    case t of
        $00 : tt := '1.';
        $08 : tt := '0.';
    end;
    a := port[$302];
    a := a and $7F; check (a);
    b := port[$301];
    b := b and $7F; check (b);
    c := port[$300];
    c := c and $7F; check (c);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

delay(200); a1 := inttostr(a);
b1 := inttostr(b); c1 := inttostr(c);
f1 := tt+a1+b1+c1; f := strtoreal(f1);
f := f*106.38;
if v = 1 then
begin
    gotoxy(w,l); write(f:5:2);
end;
end;

```

```

procedure humer2(w,l,v : integer; var f : real);
var d,t : byte; a,b,c : integer;
    tt,a1,b1,c1,f1 : string;
begin
    port[$307] := $9B;
    d := port[$310]; t := d and $04;
    case t of
        $00 : tt := '1.';
        $04 : tt := '0.';
    end;
    a := port[$306];
    a := a and $7F; check (a);
    b := port[$305];
    b := b and $7F; check (b);
    c := port[$304];
    c := c and $7F; check (c);
    delay(200); a1 := inttostr(a);
    b1 := inttostr(b); c1 := inttostr(c);
    f1 := tt+a1+b1+c1; f := strtoreal(f1);
    f := f*106.38;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    if v = 1 then
    begin
        gotoxy(w,l); write(f:5:2);
    end;
end;

procedure humer3(w,l,v : integer; var f : real);
var d,t : byte; ff : real;
    a ,b,c : integer;
    tt,a1,b1,c1,f1 : string;
begin
    portl[$30B] := $9B;
    d := portl[$310]; t := d and $02;
    case t of
        $00 : tt := '1.';
        $02 : tt := '0.';
    end;
    a := portl[$30A];
    a := a and $7F; check (a);
    b := portl[$309];
    b := b and $7F; check (b);
    c := portl[$308];
    c := c and $7F; check (c);
    delay(200); ff := f;
    a1 := inttostr(a); b1 := inttostr(b);
    c1 := inttostr(c);
    f1 := tt+a1+b1+c1; f := strtoreal(f1);
    f := f*106.38;
    if v = 1 then
    begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        gotoxy(w,l); write(f:5:2);
    end;
end;

procedure humer4(w,l,v : integer; var f : real);
var d,t : byte; a,b,c : integer;
    tt,a1,b1,c1,f1 : string;
begin
    port[$30F] := $9B;
    d := port[$310]; t := d and $01;
    case t of
        $00 : tt := '1.';
        $01 : tt := '0.';
    end;
    a := port[$30E];
    a := a and $7F; check (a);
    b := port[$30D];
    b := b and $7F; check (b);
    c := port[$30C];
    c := c and $7F; check (c);
    delay(200); a1 := inttostr(a);
    b1 := inttostr(b); c1 := inttostr(c);
    f1 := tt+a1+b1+c1; f := strtoreal(f1);
    f := f*106.38;
    if v = 1 then
        begin
            gotoxy(w,l); write(f:5:2);
        end;
    end;
end.

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
UNIT Temperature;
```

```
INTERFACE
```

```
uses crt,dos;
```

```
procedure stemp(p1,p2,p3,p4,p5 : integer; var a : real);
```

```
procedure temp1(d,l,c : integer;var y1 : real);
```

```
procedure temp2(d,l,c : integer;var y2 : real);
```

```
procedure temp3(d,l,c : integer;var y3 : real);
```

```
procedure temp4(d,l,c : integer;var y4 : real);
```

```
IMPLEMENTATION
```

```
procedure stemp(p1,p2,p3,p4,p5 : integer; var a : real);
```

```
var i,j :byte;
```

```
begin
```

```
port[$317]:=99; port[$315]:=p1;
```

```
port[$315]:=p2; port[$315]:=p3;
```

```
port[$315]:=p4; port[$315]:=p5;
```

```
repeat
```

```
    i:=port[$316];
```

```
    j:=i and $01 ;
```

```
until j<>0;
```

```
a:=port[$314]; delay(300);
```

```
a := 0.02 * a; a := (((a+4)/2)*100)-273;
```

```
end;
```

```
procedure temp1(d,l,c : integer;var y1 : real);
```

```
var tem1 : real;
```

```
begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

tem1 := 0; stemp($00,$08,$18,$10,$00,tem1);
if c = 1 then
begin
    gotoxy(d,l); writeln(tem1:5:2);
end;
y1 := tem1;
end;

```

```

procedure temp2(d,l,c : integer;var y2 : real);
var tem2 : real;
begin
    tem2 := 0; stemp($01,$09,$19,$11,$01,tem2);
    if c = 1 then
    begin
        gotoxy(d,l); writeln(tem2:5:2);
    end;
    y2 := tem2;
end;

```

```

procedure temp3(d,l,c : integer;var y3 : real);
var tem3 : real;
begin
    tem3 := 0;
    stemp($02,$0A,$1A,$12,$02,tem3);
    if c = 1 then
    begin
        gotoxy(d,l); writeln(tem3:5:2);
    end;
    y3 := tem3;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

procedure temp4(d,l,c : integer;var y4 : real);
var tem4 : real;
begin
    tem4 := 0;
    stemp(%03,%0B,%1B,%13,%03,tem4);
    if c = 1 then
    begin
        gotoxy(d,l); writeln(tem4:5:2);
    end;
    y4 := tem4;
end;
end.

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
UNIT LightSen;
```

```
INTERFACE
```

```
uses crt,dos;
```

```
procedure slight(p1,p2,p3,p4,p5 : byte;var a : real);
```

```
procedure light1(d,l,c : integer;var y1 : real);
```

```
procedure light2(d,l,c : integer; var y2 : real);
```

```
procedure light3(d,l,c : integer; var y3 : real);
```

```
procedure light4(d,l,c : integer; var y4 : real);
```

```
IMPLEMENTATION
```

```
procedure slight(p1,p2,p3,p4,p5 : byte;var a : real);
```

```
var i,j : byte;
```

```
begin
```

```
    port[$317]:= $99; port[$315]:= p1;
```

```
    port[$315]:= p2; port[$315]:= p3;
```

```
    port[$315]:= p4; port[$315]:= p5;
```

```
    repeat
```

```
        i:=port[$316];
```

```
        j:=i and $01 ;
```

```
    until j<>0;
```

```
    a:=port[$314]; delay(300);
```

```
    a := (0.42*a)+10;
```

```
end;
```

```
procedure light1(d,l,c : integer;var y1 : real);
```

```
var    li1 : real;
```

```
begin
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
li1 := 0; slight($04,$0C,$1C,$14,$04,li1);
```

```
if c = 1 then
```

```
begin
```

```
    gotoxy(d,l); writeln(li1:5:2 );
```

```
end;
```

```
y1 := li1;
```

```
end;
```

```
procedure light2(d,l,c : integer; var y2 : real);
```

```
var li2 : real;
```

```
begin
```

```
    li2 := 0; slight($05,$0D,$1D,$15,$05,li2);
```

```
    if c = 1 then
```

```
    begin
```

```
        gotoxy(d,l); writeln(li2:5:2);
```

```
    end;
```

```
    y2 := li2;
```

```
end;
```

```
procedure light3(d,l,c : integer; var y3 : real);
```

```
var li3 : real;
```

```
begin
```

```
    li3 := 0;
```

```
    slight($06,$0E,$1E,$16,$06,li3);
```

```
    if c = 1 then
```

```
    begin
```

```
        gotoxy(d,l); writeln(li3:5:2);
```

```
    end;
```

```
    y3 := li3;
```

```
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

procedure light4(d,l,c : integer; var y4 : real);
var li4 : real;
begin
    li4 := 0; slight($07,$0F,$1F,$17,$07,li4);
    if c = 1 then
    begin
        gotoxy(d,l); writeln(li4:5:2);
    end;
    y4 := li4;
end;
end.

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

program show;
uses crt,dos,graph,boxer,drow_ground,box_sen,
    s_cur_bEEP,humidity,temperature,lightsen,alltime;
var j,f,g,zz,ih,it,il : integer;
    next,nest : boolean;
    ch,kch,quit : char;
    sen,com,gra : array[1..5] of string;
    fi : text;

procedure checkdisk;
var IO : byte; i : integer;
begin
    assign(fi,'b:data.txt');
    repeat
        ($I-) reset(fi);($I+)
        IO := IOResult;
        if IO <> 0 then
            begin
                writeln; gotoxy(21,2);
                write(#7#7+'Check your disk and');
                gotoxy(21,3);
                write('Press Enter to Continue...!');
                Readln;
            end;
    until IO = 0;
    close(fi); textcolor(2);
    for i := 2 to 65 do
        begin
            gotoxy(i,2);write(#178);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        gotoxy(i,3);write(#178);
    end;
    writeln;
end;

procedure checkkbd;
begin
    ch := readkey;
    if ch = #0 then kch := readkey;
end;

procedure sensor;
begin
    sen[1] := ' HUMIDITY ';
    sen[2] := ' TEMPERATURE';
    sen[3] := ' LIGHT   ';
    sen[4] := ' TOTAL   ';
    sen[5] := ' QUIT   ';
    com[1] := ' Humi Value ';
    com[2] := ' Temp Value ';
    com[3] := ' Light Value ';
    com[4] := ' Total Value ';
    com[5] := ' Quit Sensor ';
end;

procedure writesen (i : integer);
begin
    gotoxy(65,11+i); textcolor(8);
    write(sen[i]);   textcolor(15);
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

procedure writecom (i :integer);
begin
    gotoxy(67,22); textcolor(9);
    write(com[i]); textcolor(15);
end;

procedure page1;
var i,j : integer;
begin
    textcolor(4);
    for i := 1 to 2000 do write(#178);
    textcolor(15);
    for i := 10 to 68 do
    begin
        for j := 3 to 20 do
        begin
            gotoxy(i,j); write (#176);
        end;
    end;
    textcolor(1); box(9,2,69,21,#210);
    textcolor(6); gotoxy(13,4);
    writeln(' HUMIDITY,TEMPERATURE,LIGHT ANALYZER
            AND CONTROLLER ');
    gotoxy(34,5); writeln(' BY IBM/PC ');
    gotoxy(29,8); writeln(' MR. CHANONT SRESUTH ');
    gotoxy(24,9);
    writeln(' MISS CHUTIMA CHAROENSILPCHAI ');
    gotoxy(27,13); writeln(' SPACIAL PROJECT ADVISOR ');
    gotoxy(31,14); writeln(' MR. JITI NUKAEW ');
    gotoxy(25,17);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

writeln(' DEPARTMENT OF APPLIED PHYSICS ');
gotoxy(30,18); writeln(' FACUTY OF SCIENCE ');
gotoxy(15,19);
writeln(' KING MONGKUT INSTITUTE OF TECHNOLOGY
          LADKRABANG ');
textcolor(15); textbackground(0);
repeat
    checkkbd;
until ch = #13;
end;

procedure page2;
var i,j :integer; ch1 : char;
begin
    head_s(2,5,6,0); textcolor(5);
    box1 (4,4,60,20,#177); textcolor(7);
    i := 8;
    while i < 59 do
    begin
        j := 7;
        while j<18 do
        begin
            gotoxy(i,j); writeln(#5);
            j := j+2;
        end;
        i := i+4;
    end;
    gotoxy(10,8); writeln(#2);
    gotoxy(10,16); writeln(#2);
    gotoxy(54,8); writeln(#2);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gotoxy(54,16); writeln(#2);
textcolor(12); box(64,8,76,10,#177);
textcolor(10);
gotoxy(65,9); write('  SENSOR  ');
sensor; textcolor(14);
box1(64,11,76,17,#177);
textcolor(15); next := false;
for f := 1 to 5 do writesen(f);
f := 1; textcolor(0);
textbackground(15);
writesen(f); textcolor(15);
textbackground(0); writecom(f);
end;

procedure menu;
begin
next := true; head_s(6,10,10,0);
textcolor(13);
gotoxy(36,3);write(' Menu ');
textcolor(9); box1 (10,5,65,20,#177);
textcolor(3); textbackground(5);
gotoxy(18,9);
write(' F2  : To control pump , Lamp and ');
gotoxy(18,10);
write('      fogger system ');
gotoxy(18,11);
write(' F3  : Set time for control pump , Lamp ');
gotoxy(18,12);
write('      and fogger system ');
gotoxy(18,13);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

write(' F4 : Set reference value of sensor ');
gotoxy(18,14);
write(' F5 : Read Old Data ');
gotoxy(18,15);
write(' F6 : Graph Display ');
gotoxy(18,16);
write(' Esc : Escape from window ');
textcolor(15);textbackground(0);
repeat
    checkkbd;
until ch = #27;
page2;
end;

procedure yesno;
begin
    gra[1] := ' yes ';
    gra[2] := ' no ';
end;

procedure writeyn (i,j,k : integer);
begin
    textcolor(11); gotoxy(25+j,k);
    write(gra[i]); textcolor(15);
end;

procedure s_time_r; (Timer)
var t1,t2,t3,t4,ti,tj : string;
    h,m,s,fr,m1 : word; p1,p2 : byte;
    ct1,ct2,ct3,ct4 : boolean;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
    next := true; ct1 := false; ct2 := false;
    ct3 := false; ct4 := false; head_s(5,14,14,0);
    textcolor(1); textbackground(7);
    gotoxy(22,5);
    write(' What time are you want to close Pump ? ');
    gotoxy(31,7); write(' ');
    gotoxy(40,7); readln(t1);
    gotoxy(18,9); write(' What time are you want to close
        Fogger system ? ');
    gotoxy(31,11); write(' ');
    gotoxy(40,11); readln(t2);
    gotoxy(22,13);
    write(' What time are you want to close Lamp ? ');
    gotoxy(31,15); write(' ');
    gotoxy(40,15); readln(t3);
    gotoxy(22,17);
    write(' What time are you want to close Fan ? ');
    gotoxy(31,19); write(' ');
    gotoxy(40,19); readln(t4);
    if (t1 = '') and (t2 = '') and (t3 = '') and
        (t4 = '') then page2
    else
    begin
        gettime(h,m,s,fr); gotoxy(18,21);
        write(' Start Time ');
        write(h);write(':'); write(m);write(' ');
        port[$313] := $99;
        if (t1 <> '') and (t2 <> '') and (t3 <> '') and
            (t4 <> '') then port[$311] := $78;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

if (t1 <> '') and (t2 <> '') and (t3 <> '') and
    (t4 = '') then portf[$311] := $70;
if (t1 <> '') and (t2 <> '') and (t3 = '') and
    (t4 = '') then portf[$311] := $60;
if (t1 <> '') and (t2 = '') and (t3 <> '') and
    (t4 = '') then portf[$311] := $50;
if (t1 <> '') and (t2 = '') and (t3 = '') and
    (t4 <> '') then portf[$311] := $48;
if (t1 = '') and (t2 <> '') and (t3 <> '') and
    (t4 = '') then portf[$311] := $30;
if (t1 = '') and (t2 <> '') and (t3 = '') and
    (t4 <> '') then portf[$311] := $28;
if (t1 = '') and (t2 = '') and (t3 <> '') and
    (t4 <> '') then portf[$311] := $18;
if (t1 <> '') and (t2 = '') and (t3 = '') and
    (t4 = '') then portf[$311] := $40;
if (t1 = '') and (t2 <> '') and (t3 = '') and
    (t4 = '') then portf[$311] := $20;
if (t1 = '') and (t2 = '') and (t3 <> '') and
    (t4 = '') then portf[$311] := $10;
if (t1 = '') and (t2 = '') and (t3 = '') and
    (t4 <> '') then portf[$311] := $08;
textcolor(1); textbackground(7);
repeat
    gettime(h,m,s,fr); gotoxy(50,21);
    write(' Time '); write(h);
    write(':'); write(m); write(' ');
    ti := WorToStr(h); tj := WorToStr(m);
    ti := ti + ':' + tj;
    if t1 <> '' then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
    if t1 = ti then
        begin
            p1 := port[#312];
            p1 := p1 and $BF;
            port[#311] := p1; ct1 := true;
        end;
    end
    else ct1 := true;
    if t2 <> '' then
        begin
            if t2 = ti then
                begin
                    p1 := port[#312];
                    p1 := p1 and $DF;
                    port[#311] := p1; ct2 := true;
                end;
            end
            else ct2 := true;
            if t3 <> '' then
                begin
                    if t3 = ti then
                        begin
                            p1 := port[#312];
                            p1 := p1 and $EF;
                            port[#311] := p1; ct3 := true;
                        end;
                    end
                end
            else ct3 := true;
            if t4 <> '' then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
    if t4 = ti then
        begin
            p1 := port1$3121;
            p1 := p1 and $F7;
            port1$3111 := p1; ct4 := true;
        end;
    end
    else ct4 := true;
until ct1 and ct2 and ct3 and ct4;
textcolor(15); textbackground(0);
page2;
end;
end;

function StrToInt(s : string) : integer;
var i,res : integer;
begin
    val(s,i,res); StrToInt := i;
end;

procedure ref ;
var h,t,l : integer;
begin
    next := true; head_s(9,5,5,0);
    textcolor(10); textbackground(4);
    gotoxy(22,6);
    write(' Now reference of Humidity Sensor is 80 %');
    gotoxy(22,8);
    write('Now reference of Temperature Sensor is 23 c');

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gotoxy(22,10);
write(' Now reference of Light Sensor is 70 Lux');
gotoxy(22,14);
write(' Do you want to change reference sensor?');
gotoxy(22,16);
write(' if you want : please press Enter ');
gotoxy(22,18);
write(' but if you want Exit : please press Esc');
textcolor(15); textbackground(0);
checkkbd;
if ch = #27 then
begin
    ih := 80; it := 23; il := 70;
    page2;
end;
if ch = #13 then
begin
    textcolor(10); textbackground(4);
    gotoxy(22,6);
    write('Now reference of Humidity Sensor is %');
    gotoxy(22,8);
    write(' Now reference of Temperature Sensor
        is c ');
    gotoxy(22,10);
    write('Now reference of Light Sensor is Lux');
    cursoron; gotoxy(60,6); readln(h);
    gotoxy(62,8); readln(t);
    gotoxy(58,10); readln(l); cursoroff;
    textcolor(15); textbackground(0);
    ih := h; it := t; il := l;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        page2;
    end;
end;

procedure reddata;
var fi : text; i : byte;
    data : string; redd : boolean;
    y : integer;
begin
    clrscr; redd := false;
    assign(fi,'b:data.txt');
    repeat
        {$I-} reset(fi); {$I+}
        i := iorresult;
        if I <> 0 then
            begin
                writeln('no disk ');
            end;
    until I = 0;
    close(fi);
    writeln('Disk OK !!!');
    reset(fi);
    repeat
        y :=1; clrscr;
        repeat
            gotoxy(10,y);
            readln(fi,data);
            writeln(data); y := y+1;
        until y = 24;
        checkkbd;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        case ch of
            #27 : begin
                redd := true;
                close(fi); page2;
            end;
        end;
    until redd or (seekeof(fi));
    if redd = false then
    begin
        close(fi); page2;
    end;
end;

procedure reda; (read old data)
var j,k,h : integer;
    nest1 : boolean;
begin
    next := true; nest1 := false;
    gotoxy(1,1); textcolor(1);
    groundpln(#178); textcolor(10);
    gotoxy(1,1); clreol;
    gotoxy(14,1);
    writeln('HUMIDITY , TEMPERATURE , LIGHT ANALYSIS
            AND CONTROLLER');
    textcolor(13);
    gotoxy(30,3);write(' Read Old Data ');
    textcolor(9); box1 (10,5,65,20,#177);
    gotoxy(1,24); clreol;
    textcolor(3); textbackground(5);
    gotoxy(23,8);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

write(' DO YOU WANT TO SEE OLD DATA ? ');
yesno;
h := 1; j := 1; k := 12;
writeyn(h,j,k); h := 2; j := 15;
writeyn(h,j,k); h := 1; j := 1;
textcolor(10); textbackground(0);
gotoxy(10,24); writeln('F1-Menu');
gotoxy(22,24); writeln('F2-Control');
gotoxy(37,24); writeln('F3-Time');
gotoxy(49,24); writeln('F4-Reference');
gotoxy(66,24); writeln('Esc-Esc');
textcolor(15);
repeat
  textcolor(0); textbackground(4);
  writeyn(h,j,k);
  textcolor(4); textbackground(11);
  checkkbd; writeyn(h,j,k);
  textcolor(15); textbackground(0);
  case ch of
    #27 : begin
      page2;
      nest1 := true;
    end;
    #0 : case kch of
      #72 : beep;
      #80 : beep;
      #75 : begin
        h := h-1;
        j := 1;
      end;
  end;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#77 : begin
        h := h+1;
        j := 15;
    end;
end;
#13 : begin
    nest1 := true;
    textcolor(0); textbackground(4);
    writeyn (h,j,k);
    textcolor(15); textbackground(0);
    case h of
        1 : redata;
        2 : page2;
    end;
end;
if h > 2 then h := 2;
if h < 1 then h := 1;
until nest1 ;
end;

procedure rehum(var f1,f2,f3,f4 : real);
(record humidity)
var m1,h1,s1,fr1,h,m,s,fr,y,mo,dt,d : word;
    cd : string;
begin
    checkdisk; append(fi);
    writeln(fi,'humi');
    getdate(y,mo,dt,d); c_date(d,cd);
    if IoResult <> 0 then CheckDisk;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

write(fi,cd); write(fi,':');
write(fi,dt); write(fi,':');
write(fi,mo); write(fi,':');
writeln(fi,y); gettime(h,m,s,fr);
write(fi,h); write(fi,':');
writeln(fi,m); writeln(fi,f1);
writeln(fi,f2); writeln(fi,f3);
writeln(fi,f4); close(fi);

```

end;

```

function conv(v : string) : integer;
var g,h,g1,l,c : integer;
    u : word; d_t : real;
begin
    u := pos(':',v); l := length(v); zz := 0;
    if l-u = 1 then insert('0',v,u+1);
    delete(v,u,1); insert('.',v,u);
    d_t := strtoreal(v);
    d_t := d_t - 7; conv := 10;
    if d_t < 1 then zz := 1;
    if zz = 0 then
begin
        g1 := trunc(d_t); g := (g1 * 30) + 27;
        d_t := d_t - g1; d_t := d_t*100/2;
        h := trunc(d_t); conv := g + h;
end;
end;

```

end;

procedure grahumi;

```
var f1,f2,f3,f4,g,d_t : real; exitt1 : boolean;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

b,i,j : integer; ch1,ch2 : char;
h,m,s,fr,m1,ss,y,mo,dt,d,u : word;
data,da,d1,d2,d3,d4,cd,d0 : string;
a,x0,x1,y01,y02,y03,y04,y1,y2,y3,y4: integer;
begin
  exitt1 := false; nest := true;
  p_wr_gra(1);
  textcolor(4); textbackground(11);
  gotoxy(30,16);readln(da);
  textcolor(15); textbackground(0);
  if da = '' then
  begin
    getdate(y,mo,dt,d); c_date(d,cd);
    d1 := WorToStr(dt); d2 := WorToStr(mo);
    d3 := WorToStr(y);
    da := cd + ':' + d1 + ':' + d2 + ':' + d3;
  end;
  a := 0; checkdisk;
  reset(fi); Opengraph; g := 8.0;
  line(26,115,26,420);
  line(26,420,650,420); b := 1;
  for i := 1 to 5 do
  begin
    outtextxy(b*30+27,417,'!');
    outtextxy(b*30+15,430,realtostr(g));
    for j := 1 to 3 do
    begin
      b := b+1;
      outtextxy(b*30+27,417,'!');
    end;
  end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    g := g+3;
    outtextxy(b*30+15,430,realtostr(g));
end;
for i := 0 to 10 do
begin
    outtextxy(25,417-i*30,'-');
    outtextxy(0,417-i*30,inttostr(i*10));
end;
outtextxy(580,430,'Time');
outtextxy(10,95,'Humi(%)');
X0 := 30; Y01 := 130; X1 := 30; y1 := 130; y2 := 130;
y02 := 130; y3 := 130; y03 := 130; y4 := 130;
y04 := 130; setlinestyle(1,1,1);
repeat
repeat
    gettime(h,m,s,fr); m1 := (h*60) + m;
    repeat
        readln(fi,data);
        if data = 'humi' then
            begin
                readln(fi,data);
                if data = da then
                    begin
                        readln(fi,d0);
                        readln(fi,d1);
                        f1 := strtoreal(d1);
                        readln(fi,d2);
                        f2 := strtoreal(d2);
                        readln(fi,d3);
                        f3 := strtoreal(d3);
                    end;
                end;
            end;
        end;
    end;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        readln(fi,d4);
        f4 := strtoreal(d4);
        a := 1;

    END;

end;

if (a = 0) and (seekeof(fi)) then
begin
    outtextxy(200,240,'No have data
                in this day');
    delay(1200); exitt1 := true;
    textcolor(15); textbackground(0);
    Closegraph; page2;
end;
if a = 1 then
begin
    j := 0;
    y01 := y1; y02 := y2;
    y03 := y3; y04 := y4;
    x0 := x1; x1 := conv(d0);
    if zz = 1 then
    begin
        outtextxy(200,240,'This data
                is early than 8.00 that Error');
        delay(1200); exitt1 := true;
        textcolor(15);
        textbackground(0);
        Closegraph; page2;
    end;
    if zz = 0 then
    begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Y1 := Round(420-(f1*3));
Y2 := Round(420-(f2*3));
Y3 := Round(420-(f3*3));
Y4 := Round(420-(f4*3));

line(X0,Y01,X1,Y1);
line(X0,Y02,X1,Y2);
line(X0,Y03,X1,Y3);
line(X0,Y04,X1,Y4);

setfillstyle(1,0);
if x0 > 640 then
begin
x0 := 30; x1 := 30;
Bar(30,17,640,410);
end;
Setcolor(15);
INC(I);
getttime(h,m,s,fr);
m := (h*60) + m;
if keypressed then
begin
ch1 := readkey;
case ch1 of
#27 : begin
exit1:=true;
Closegraph;
textcolor(15);
textbackground(0);
page2;
end;
end;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

end;
if exitt1 = false then
begin
  if g = 1 then
  begin
    if m = m1+5 then
    begin
      humer1(0,0,0,f1);
      humer2(0,0,0,f2);
      humer3(0,0,0,f3);
      humer4(0,0,0,f4);
      rehum(f1,f2,f3,f4);
    end;
  end;
end;
end;
until (m = m1+5) or exitt1 ;
until exitt1;
until seekeof(fi) or (zz = 1);
close(fi);
end;

```

```

procedure humi;
var i,j,l : integer;
    f1,f2,f3,f4 : real;
    x4,x8,x12,x16 : string;
    h,m,s,fr,m1,ss,y,mo,dt,d : word;
    cd : string; ch1,ch2 : char;
    nese3 : boolean;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
    nest := true; nese3 := false;
    cursoroff; boxsen; date_time(9);
    textcolor(4); textbackground(11);
    gotoxy(18,12);
    write(' HUMIDITY SENSOR-1 : VALUE IS           % ');
    gotoxy(18,13);
    write(' HUMIDITY SENSOR-2 : VALUE IS           % ');
    gotoxy(18,14);
    write(' HUMIDITY SENSOR-3 : VALUE IS           % ');
    gotoxy(18,15);
    write(' HUMIDITY SENSOR-4 : VALUE IS           % ');
    gotoxy(18,18);
    write(' Press F6 when you want to graph display ');
    gotoxy(18,19);
    write(' And Press Enter when you want to exit ');
    repeat
        gettime(h,m,s,fr); m1 := (h*60) + m;
        repeat
            textcolor(4); textbackground(11);
            humer1(50,12,1,f1); humer2(50,13,1,f2);
            humer3(50,14,1,f3); humer4(50,15,1,f4);
            textcolor(1); textbackground(11);
            gettime(h,m,s,fr);
            gotoxy(51,9); write(' Time           ');
            gotoxy(58,9); write(h); write(':');
            write(m); write(' ');
            m := (h*60) + m;
            textcolor(15); textbackground(0);
            if keypressed then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
  ch1 := readkey;
  case ch1 of
    #13 : begin
      nese3 := true;
      page2;
      end;
    #0  :begin
      ch2 := Readkey;
      case ch2 of
        #64 : begin
          nese3 := true;
          grahumi;
          cursoroff;
          humi;
          end;
        end;
      end;
    end;
  end;
  if nese3 = false then
  begin
    if g = 1 then
    begin
      if m = m1+5 then
      begin
        rehum(f1,f2,f3,f4);
      end;
    end;
  end;
end;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        until (m = m1+5) or nese3;
    until nese3;
    textcolor(15); textbackground(0);
end;

procedure rect_1(var z1,z2,z3,z4 : real; var c : integer);
var h,m,s,fr,h1,m1,s1,fr1,y,mo,dt,d : word;
    cd : string;
begin
    checkdisk; append(fi);
    if c = 1 then writeln(fi,'temp');
    if c = 2 then writeln(fi,'light');
    getdate(y,mo,dt,d); c_date(d,cd);
    if IoResult <> 0 then CheckDisk;
    write(fi,cd); write(fi,':');
    write(fi,dt); write(fi,':');
    write(fi,mo); write(fi,':');
    writeln(fi,y); gettime(h,m,s,fr);
    write(fi,h); write(fi,':');
    writeln(fi,m);
    writeln(fi,z1); writeln(fi,z2);
    writeln(fi,z3); writeln(fi,z4);
    close(fi);
end;

procedure gratemp;
var f1,f2,f3,f4,g,d_t : real;  exitt2 : boolean;
    b,c,i,j : integer; ch1,ch2 : char;
    h,m,s,fr,m1,ss,y,mo,dt,d,u : word;
    data,da,d1,d2,d3,d4,cd,d0 : string;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

a,x0,x1,y01,y02,y03,y04,y1,y2,y3,y4: integer;
begin
  exitt2 := false; nest := true;
  c := 1 ; p_wr_gra(2);
  textcolor(4); textbackground(11);
  gotoxy(30,16); readln(da);
  textcolor(15); textbackground(0);
  if da = '' then
  begin
    getdate(y,mo,dt,d); c_date(d,cd);
    d1 := WortToStr(dt); d2 := WortToStr(mo);
    d3 := WortToStr(y);
    da := cd + ':' + d1 + ':' + d2 + ':' + d3;
  end;
  a := 0; checkdisk;
  reset(fi); Opengraph;
  g := 8.0; b := 1;
  line(26,115,26,420);
  line(26,420,650,420);
  for i := 1 to 5 do
  begin
    outtextxy(b*30+27,417,'i');
    outtextxy(b*30+15,430,realtostr(g));
    for j := 1 to 3 do
    begin
      b := b+1;
      outtextxy(b*30+27,417,'i');
    end;
    g := g+3;
    outtextxy(b*30+15,430,realtostr(g));
  end;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

end;
for i := 0 to 10 do
begin
    outtextxy(25,417-i*30,'-');
    outtextxy(0,417-i*30,inttostr(i*10));
end;
outtextxy(580,430,'Time');
outtextxy(10,95,'Temp(c)');
X0 := 30; Y01 := 130; X1 := 30; y1 := 130; y2 := 130;
y02 := 130; y3 := 130; y03 := 130;
y4 := 130; y04 := 130;
setlinestyle(1,1,1);
repeat
    repeat
        gettime(h,m,s,fr); m1 := (h*60) + m;
        repeat
            readln(fi,data);
            if data = 'temp'then
            begin
                readln(fi,data);
                if data = da then
                begin
                    readln(fi,d0);
                    readln(fi,d1);
                    f1 := strtoreal(d1);
                    readln(fi,d2);
                    f2 := strtoreal(d2);
                    readln(fi,d3);
                    f3 := strtoreal(d3);
                    readln(fi,d4);
                end;
            end;
        end;
    end;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        f4 := strtoreal(d4);
        a := 1;
    end;
end;
if (a = 0) and (seekeof(fi)) then
begin
    outtextxy(200,240,'No have data in
                this day');
    delay(1200); exitt2 := true;
    Closegraph; page2;
end;
if a = 1 then
begin
    j := 0;
    y01 := y1; y02 := y2;
    y03 := y3; y04 := y4;
    X0 := X1; x1 := conv(d0);
    if zz = 1 then
    begin
        outtextxy(200,240,'This data
                    is early than 8.00 that Error');
        delay(1200); exitt2 := true;
        Closegraph; page2;
    end;
    if zz = 0 then
    begin
        Y1 := Round(420-(f1*3));
        Y2 := Round(420-(f2*3));
        Y3 := Round(420-(f3*3));
        Y4 := Round(420-(f4*3));
    end;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

line(X0,Y01,X1,Y1);
line(X0,Y02,X1,Y2);
line(X0,Y03,X1,Y3);
line(X0,Y04,X1,Y4);
setfillstyle(1,0);
if x0 > 640 then
begin
    x0 := 30; x1 := 30;
    Bar(30,17,640,410);
end;
Setcolor(15); INC(I);
gettime(h,m,s,fr);
m := (h*60) + m;
if keypressed then
begin
    ch1 := readkey;
    case ch1 of
        #27 : begin
            exitt2 := true;
            Closegraph;
            page2;
        end;
    end;
end;

if exitt2 = false then
begin
    if g = 1 then
    begin
        if m = m1+5 then
        begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

temp1(0,0,0,f1);
temp2(0,0,0,f2);
temp3(0,0,0,f3);
temp4(0,0,0,f4);
rect_1(f1,f2,f3,f4,c);
end;
end;
end;
end;
until (m = m1+5) or exitt2 ;
until exitt2;
until seekeof(fi) or (zz = 1);
close(fi);
end;

procedure temp;
var x1,x2,x3,x4 : real;
    c : integer; ch1,ch2 : char;
    h,m,s,fr,m1,ss,y,mo,dt,d : word;
    cd : string; nese2 : boolean;
begin
    cursoroff; nese2 := false; nest := true;
    boxsen; c := 1; date_time(9);
    textcolor(4); textbackground(11);
    gotoxy(16,12);
    write(' TEMPERATURE SENSOR-1 : VALUE IS      c ');
    gotoxy(16,13);
    write(' TEMPERATURE SENSOR-2 : VALUE IS      c ');
    gotoxy(16,14);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

write(' TEMPERATURE SENSOR-3 : VALUE IS      c ');
gotoxy(16,15);
write(' TEMPERATURE SENSOR-4 : VALUE IS      c ');
gotoxy(18,18);
write(' Press F6 when you want to graph display ');
gotoxy(18,19);
write(' And Press Enter when you want to exit ');
repeat
    gettime(h,m,s,fr);
    m1 := (h*60) + m;
    repeat
        textcolor(4); textbackground(11);
        temp1(50,12,1,x1); temp2(50,13,1,x2);
        temp3(50,14,1,x3); temp4(50,15,1,x4);
        textcolor(1); textbackground(11);
        gettime(h,m,s,fr);
        gotoxy(51,9); write(' Time ');
        gotoxy(58,9); write(h); write(':');
        write(m); write(' ');
        m := (h*60) + m;
        textcolor(15); textbackground(0);
        if keypressed then
            begin
                ch1 := readkey;
                case ch1 of
                    #13 : begin
                                nese2 := true;
                                page2;
                            end;
                    #0  :begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ch2 :- Readkey;
case ch2 of
    #64 : begin
        nese2 := true;
        gratemp;
        cursoroff;
        temp;
    end;
end;
end;
end;
if nese2 = false then
begin
    if g = 1 then
    begin
        if m = m1+5 then
        begin
            rect_1(x1,x2,x3,x4,c);
        end;
    end;
end;
until (m = m1+5) or nese2;
until nese2;
textcolor(15); textbackground(0);
end;

```

```

procedure gralit;
var f1,f2,f3,f4,g,d_t : real; exitl3 : boolean;
    b,c,i,j : integer; ch1,ch2 : char;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

h,m,s,fr,m1,ss,y,mo,dt,d,u : word;
data,da,d1,d2,d3,d4,cd,d0 : string;
a,x0,x1,y01,y02,y03,y04,y1,y2,y3,y4: integer;
begin
  cursoroff; exitt3 := false; nest := true;
  c := 2; p_wr_gra(3);
  textcolor(4); textbackground(11);
  gotoxy(30,16);readln(da);
  textcolor(15); textbackground(0);
  if da = '' then
  begin
    getdate(y,mo,dt,d); c_date(d,cd);
    d1 := WorToStr(dt); d2 := WorToStr(mo);
    d3 := WorToStr(y);
    da := cd + ':' + d1 + ':' + d2 + ':' + d3;
  end;
  a := 0; checkdisk;
  reset(fi);
  Opengraph; g := 8.0;
  line(26,115,26,420);
  line(26,420,650,420); b := 1;
  for i := 1 to 5 do
  begin
    outtextxy(b*30+27,417,'|');
    outtextxy(b*30+15,430,realtostr(g));
    for j := 1 to 3 do
    begin
      b := b+1;
      outtextxy(b*30+27,417,'|');
    end;
  end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

    g := g+3;
    outtextxy(b*30+15,430,realtostr(g));
end;
for i := 0 to 10 do
begin
    outtextxy(25,417-i*30,'-');
    outtextxy(0,417-i*30,inttostr(i*10));
end;
outtextxy(580,430,'Time');
outtextxy(10,95,'Light(LUX)');
X0 := 30; Y01 := 130; X1 := 30; y1 := 130; y2 := 130;
y02 := 130; y3 := 130; y03 := 130;
y4 := 130; y04 := 130;
setlinestyle(1,1,1);
repeat
repeat
    gettime(h,m,s,fr); m1 := (h*60) + m;
repeat
    readln(fi,data);
    if data = 'light' then
begin
        readln(fi,data);
        if data = da then
begin
            readln(fi,d0);
            readln(fi,d1);
            f1 := strtoreal(d1);
            readln(fi,d2);
            f2 := strtoreal(d2);
            readln(fi,d3);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        f3 := strtoreal(d3);
        readln(fi,d4);
        f4 := strtoreal(d4);
        a := 1;
    end;
end;
if (a = 0) and (seekof(fi)) then
begin
    outtextxy(200,240,'No have data
                in this day');
    delay(1200); exitt3 := true;
    Closegraph; page2;
end;
if a = 1 then
begin
    j := 0;
    y01 := y1; y02 := y2;
    y03 := y3; y04 := y4;
    X0 := X1; x1 := conv(d0);
    if zz = 1 then
    begin
        outtextxy(200,240,'This data
                is early than 8.00 that Error');
        delay(1200); exitt3 := true;
        Closegraph; page2;
    end;
    if zz = 0 then
    begin
        Y1 := Round(420-(f1*3));
        Y2 := Round(420-(f2*3));
    end;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Y3 := Round(420-(f3*3));
Y4 := Round(420-(f4*3));
line(X0,Y01,X1,Y1);
line(X0,Y02,X1,Y2);
line(X0,Y03,X1,Y3);
line(X0,Y04,X1,Y4);
setfillstyle(1,0);
if x0 > 640 then
begin
x0 := 30; x1 := 30;
Bar(30,17,640,410);
end;
Setcolor(15); INC(1);
gettime(h,m,s,fr);
m := (h*60) + m;
if keypressed then
begin
ch1 := readkey;
case ch1 of
#27 : begin
exitt3 := true;
Closegraph;
page2;
end;
end;
end;
if exitt3 = false then
begin
if g = 1 then
begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        if m = m1+5 then
        begin
            light1(0,0,0,f1);
            light2(0,0,0,f2);
            light3(0,0,0,f3);
            light4(0,0,0,f4);
            rect_1(f1,f2,f3,f4,c);
        end;
    end;
end;
end;
end;
until (m = m1+5) or exitt3 ;
until exitt3;
until seekeof(fi) or (zz = 1);
close(fi);
end;
procedure light;
var x1,x2,x3,x4 : real;
    h,m,s,fr,m1,ss,y,mo,dt,d : word;
    cd : string; nese1 : boolean;
    c : integer; ch1,ch2 : char;
begin
    cursoroff; boxsen; date_time(9); c := 2;
    nest := true; nese1 := false;
    textcolor(4); textbackground(11);
    gotoxy(18,12);
    write(' LIGHT SENSOR-1 : VALUE IS          LUX ');
    gotoxy(18,13);
    write(' LIGHT SENSOR-2 : VALUE IS          LUX ');

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gotoxy(18,14);
write(' LIGHT SENSOR-3 : VALUE IS          LUX ');
gotoxy(18,15);
write(' LIGHT SENSOR-4 : VALUE IS          LUX ');
gotoxy(18,18);
write(' Press F6 when you want to graph display ');
gotoxy(18,19);
write(' And Press Enter when you want to exit ');
repeat
    gettime(h,m,s,fr);
    m1 := (h*60) + m ;
    repeat
        textcolor(4); textbackground(11);
        light1(47,12,1,x1); light2(47,13,1,x2);
        light3(47,14,1,x3); light4(47,15,1,x4);
        textcolor(1); textbackground(11);
        gettime(h,m,s,fr);
        gotoxy(51,9); write(' Time ');
        gotoxy(58,9); write(h); write(':');
        write(m); write(' ');
        m := (h*60) + m;
        textcolor(15); textbackground(0);
        if keypressed then
            begin
                ch1 := readkey;
                case ch1 of
                    #13 : begin
                                nese1 := true;
                                page2;
                            end;
                end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#0 : begin
    ch2 := Readkey;
    case ch2 of
        #64 : begin
            nese1 := true;
            gralit;
            cursoroff;light;
        end;
    end;
end;
end;
end;
if nese1 = false then
begin
    if g = 1 then
    begin
        if m = m1+5 then
        begin
            rect_l(x1,x2,x3,x4,c);
        end;
    end;
end;
until (m = m1+5) or nese1;
until nese1;
textcolor(15); textbackground(0);
end;

procedure total;
var x1,x2,x3,x4,x5,x6,x7,x8,f1,f2,f3,f4 : real;
    fi : text; ch1,ch2 : char;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

h,m,s,fr,m1,ss,y,mo,dt,d : word;
cd : string;
c,l : integer; nese : boolean;
begin
    cursoroff; boxsen1;
    nest := true; nese := false;
    date_time(6);
    textcolor(4); textbackground(11);
    gotoxy(14,7);
    write(' LIGHT SENSOR-1 : VALUE IS LUX ');
    gotoxy(14,8);
    write(' LIGHT SENSOR-2 : VALUE IS LUX ');
    gotoxy(14,9);
    write(' LIGHT SENSOR-3 : VALUE IS LUX ');
    gotoxy(14,10);
    write(' LIGHT SENSOR-4 : VALUE IS LUX ');
    gotoxy(14,11);
    write(' HUMIDITY SENSOR-1 : VALUE IS % ');
    gotoxy(14,12);
    write(' HUMIDITY SENSOR-2 : VALUE IS % ');
    gotoxy(14,13);
    write(' HUMIDITY SENSOR-3 : VALUE IS % ');
    gotoxy(14,14);
    write(' HUMIDITY SENSOR-4 : VALUE IS % ');
    gotoxy(14,15);
    write(' TEMPERATURE SENSOR-1 : VALUE IS c ');
    gotoxy(14,16);
    write(' TEMPERATURE SENSOR-2 : VALUE IS c ');
    gotoxy(14,17);
    write(' TEMPERATURE SENSOR-3 : VALUE IS c ');

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gotoxy(14,18);
write(' TEMPERATURE SENSOR-4 : VALUE IS      c ');
textcolor(3); textbackground(11);
gotoxy(14,19);
write('Press F6 : Graph display And Enter : To exit');
repeat
    gettime(h,m,s,fr); m1 := (h*60)+ m ;
    repeat
        textcolor(4); textbackground(11);
        light1(50,7,1,x5); light2(50,8,1,x6);
        light3(50,9,1,x7); light4(50,10,1,x8);
        humer1(50,11,1,f1); humer2(50,12,1,f2);
        humer3(50,13,1,f3); humer4(50,14,1,f4);
        temp1(50,15,1,x1); temp2(50,16,1,x2);
        temp3(50,17,1,x3); temp4(50,18,1,x4);
        textcolor(1); textbackground(11);
        gettime(h,m,s,fr);
        gotoxy(51,6); write(' Time ');
        gotoxy(58,6); write(h); write(':');
        write(m); m := (h*60) + m;
        if keypressed then
            begin
                ch1 := readkey;
                case ch1 of
                    #13 : begin
                                nese := true;
                                textcolor(15);
                                textbackground(0);
                                page2;
                            end;
                end;
            end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#0 : begin
    ch2 := Readkey;
    case ch2 of
        #64 : begin
            textcolor(3);
            textbackground(11);
            gotoxy(14,19);
            write('F7 : Humidity,
                F8 : Temp,F9 : Ligh');
            checkkbd;
            case ch of
                #0 : case kch of
                    #65 : begin
                        nese:=true;
                        grahumi;
                        end;
                    #66 : begin
                        nese:=true;
                        gratemp;
                        end;
                    #67 : begin
                        nese:=true;
                        gralit;
                        end;
                end;
            end;
        end;
    end;
end;
cursoroff; lotal;
end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        end;
    end;
    if nese = false then
    begin
        if g = 1 then
        begin
            if m = m1+5 then
            begin
                c :=1; rect_l(x1,x2,x3,x4,c);
                c :=2; rect_l(x5,x6,x7,x8,c);
                rehum(f1,f2,f3,f4);
            end;
        end;
    end;
until (m = m1+5) or nese;
textcolor(15); textbackground(0);
until nese;
end;

procedure relay;
var f,x : integer; h,m,s,fr,m1,ss,y,mo,dt,d : word;
    ex_re : boolean; ch1 : char; p1,p2 : byte;
    x1,x2,x3,x4,x5,x6,x7,x8,f1,f2,f3,f4 : real;
begin
    next := true; ex_re := false;
    head_s(6,10,10,0);
    textcolor(11); textbackground(5);
    gotoxy(17,7);
    write(' This is function to control system - ');
    gotoxy(17,9);
    write(' for set surrounding to reference value. ');

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

gotoxy(17,11);
write(' If you want to set new reference value ');
gotoxy(17,13);
write(' please press Esc and press F4 following ');
gotoxy(17,15);
write(' If you want to use old reference value ');
gotoxy(17,17);
write(' please press Enter for control system. ');
textcolor(15); textbackground(0);
checkkbd;
if ch = #27 then page2;
if ch = #13 then
begin
  boxsen1; date_time(6);
  textcolor(4); textbackground(11);
  gotoxy(14,7); write(' LIGHT SENSOR-1
                        : VALUE IS          LUX ');
  gotoxy(14,8); write(' LIGHT SENSOR-2
                        : VALUE IS          LUX ');
  gotoxy(14,9); write(' LIGHT SENSOR-3
                        : VALUE IS          LUX ');
  gotoxy(14,10); write(' LIGHT SENSOR-4
                        : VALUE IS          LUX ');
  gotoxy(14,11); write(' HUMIDITY SENSOR-1
                        : VALUE IS          % ');
  gotoxy(14,12); write(' HUMIDITY SENSOR-2
                        : VALUE IS          % ');
  gotoxy(14,13); write(' HUMIDITY SENSOR-3
                        : VALUE IS          % ');
  gotoxy(14,14); write(' HUMIDITY SENSOR-4

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

: VALUE IS % ');
gotoxy(14,15); write(' TEMPERATURE SENSOR-1
: VALUE IS c ');
gotoxy(14,16); write(' TEMPERATURE SENSOR-2
: VALUE IS c ');
gotoxy(14,17); write(' TEMPERATURE SENSOR-3
: VALUE IS c ');
gotoxy(14,18); write(' TEMPERATURE SENSOR-4
: VALUE IS c ');

textcolor(3); textbackground(11);
gotoxy(14,19); write('press Esc for stop control
system ');
repeat
textcolor(4); textbackground(11);
light1(50,7,1,x5); light2(50,8,1,x6);
light3(50,9,1,x7); light4(50,10,1,x8);
humer1(50,11,1,f1); humer2(50,12,1,f2);
humer3(50,13,1,f3); humer4(50,14,1,f4);
temp1(50,15,1,x1); temp2(50,16,1,x2);
temp3(50,17,1,x3); temp4(50,18,1,x4);
textcolor(1); textbackground(11);
gettime(h,m,s,fr);
gotoxy(52,6); write('Time ');
write(h); write(':'); write(m);
humer2(0,0,0,f2); humer3(0,0,0,f3);
f1 := (f2+f3)/2; f := trunc(f1);
if f < ih then
begin
p1 := port[$312]; p2 := p1 and $20;
if p2 = $00 then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

: VALUE IS %- ');
gotoxy(14,15); write(' TEMPERATURE SENSOR-1
: VALUE IS c ');
gotoxy(14,16); write(' TEMPERATURE SENSOR-2
: VALUE IS c ');
gotoxy(14,17); write(' TEMPERATURE SENSOR-3
: VALUE IS c ');
gotoxy(14,18); write(' TEMPERATURE SENSOR-4
: VALUE IS c ');
textcolor(3); textbackground(11);
gotoxy(14,19); write('press Esc for stop control
system ');
repeat
textcolor(4); textbackground(11);
light1(50,7,1,x5); light2(50,8,1,x6);
light3(50,9,1,x7); light4(50,10,1,x8);
humer1(50,11,1,f1); humer2(50,12,1,f2);
humer3(50,13,1,f3); humer4(50,14,1,f4);
temp1(50,15,1,x1); temp2(50,16,1,x2);
temp3(50,17,1,x3); temp4(50,18,1,x4);
textcolor(1); textbackground(11);
gettime(h,m,s,fr);
gotoxy(52,6); write('Time ');
write(h); write(':'); write(m);
humer2(0,0,0,f2); humer3(0,0,0,f3);
f1 := (f2+f3)/2; f := trunc(f1);
if f < ih then
begin
p1 := portf$3121; p2 := p1 and $20;
if p2 = $00 then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
    p1 := p1 or $20;
    port[$311] := p1;
    p1 := port[$312];
end;
end;
if f > ih then
begin
    p1 := port[$312]; p2 := p1 and $20;
    if p2 = $20 then
begin
    p1 := p1 and $DF;
    port[$311] := p1;
end;
end;
light2(0,0,0,x6); light3(0,0,0,x7);
x5 := (x6+x7)/2; x := trunc(x5);
if x < il then
begin
    p1 := port[$312]; p2 := p1 and $10;
    if p2 = $00 then
begin
    p1 := p1 or $10;
    port[$311] := p1;
end;
end;
end;
if x > il then
begin
    p1 := port[$312]; p2 := p1 and $10;
    if p2 = $10 then

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

begin
    p1 := p1 and $EF;
    port[$311] := p1;
end;
end;
temp2(0,0,0,x2); temp3(0,0,0,x3);
x2 := (x2+x3)/2; x := trunc(x2);
if x > it then
begin
    p1 := port[$312]; p2 := p1 and $08;
    if p2 = $00 then
begin
    p1 := p1 or $08;
    port[$311] := p1;
end;
end;
if x < it then
begin
    p1 := port[$312]; p2 := p1 and $08;
    if p2 = $08 then
begin
    p1 := p1 and $F7;
    port[$311] := p1;
end;
end;
end;
if keypressed then
begin
    ch1 := readkey;
    case ch1 of
        #27 : begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

textcolor(15);
textbackground(0);
p1 := port[$312];
p2 := p1 and $87;
port[$311] := p2;
ex_re := true; page2;

end;
end;
end;
until ex_re;
end;
end;

procedure preshow; (to ask graph display)
var i,j,k : integer;
begin
  cursoroff; boxsen;
  next := true; nest := false;
  textcolor(4); textbackground(11);
  gotoxy(23,12);
  write(' DO YOU WANT TO RECORD ? ');
  yesno;
  g := 1; j := 1; k := 15;
  writeyn(g,j,k);
  g := 2; j := 15;
  writeyn(g,j,k);
  g := 1; j := 1;
  repeat
    textcolor(0); textbackground(4);
    writeyn(g,j,k);

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
textcolor(4); textbackground(11);
checkkbd; writeyn(g,j,k);
textcolor(15); textbackground(0);
case ch of
```

```
  #27 : begin
```

```
    nest := true;
```

```
    page2;
```

```
  end;
```

```
  #0 : case kch of
```

```
    #72 : beep;
```

```
    #80 : beep;
```

```
    #75 : begin
```

```
      g := g-1;
```

```
      j := 1;
```

```
    end;
```

```
    #77 : begin
```

```
      g := g+1;
```

```
      j := 15;
```

```
    end;
```

```
  end;
```

```
  #13 : case f of
```

```
    1 : humi;
```

```
    2 : temp;
```

```
    3 : light;
```

```
    4 : total;
```

```
  end;
```

```
end;
```

```
if g > 2 then g := 2; if g < 1 then g := 1;
```

```
until nest ;
```

```
end;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งาน; เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

procedure whsen;
begin
    f := 1; next := false;
    repeat
        textcolor(0); textbackground(15);
        writesen(f);
        textcolor(15); textbackground(0);
        writecom(f);
        checkkbd; writesen(f);
        case ch of
            #0 : case kch of
                #59 : menu;
                #60 : relay;
                #61 : s_time_r;
                #62 : ref;
                #63 : reda; (read old data)
                #72 : f := f-1;
                #80 : f := f+1;
                #75 : beep;
                #77 : beep;
            end;
            #13 : case f of
                1 : preshow; (to ask graph display)
                2 : preshow;
                3 : preshow;
                4 : preshow;
                5 : begin
                    clrscr;
                    halt;
                end;
        end;

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        end;
    end;
    if f > 5 then f := 5;
    if f < 1 then f := 1;
until next;
end;

begin
    assign(fi, 'b:data.txt'); (filename)
    cursoroff;
    clrscr;
    page1;
    cursoroff;
    clrscr;
    page2;
    cursoroff;
    port[313] := 99;
    whcsen;
    cursoron;
    clrscr;
end.

```

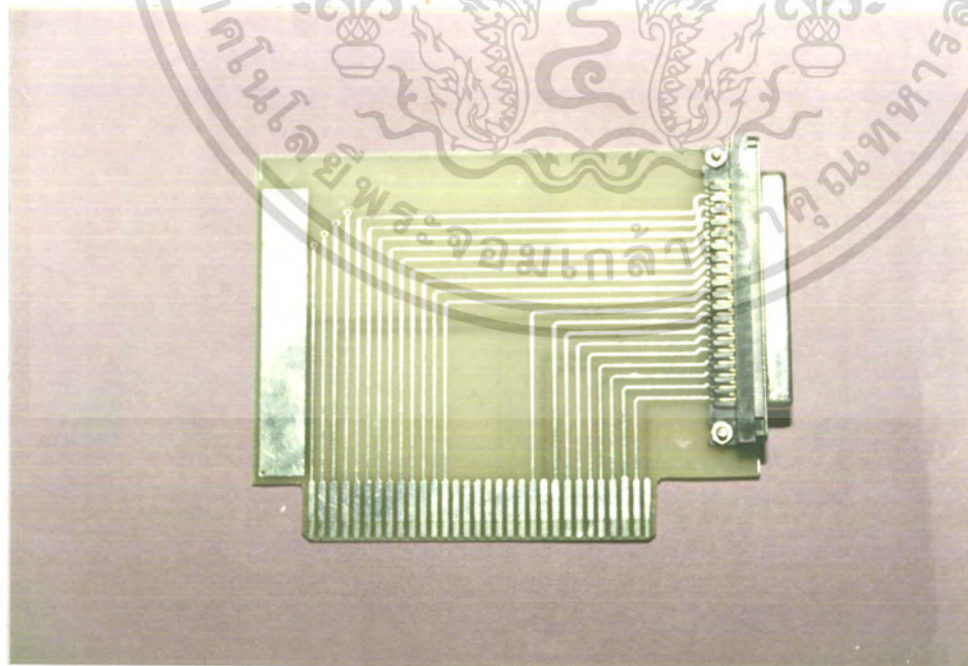
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



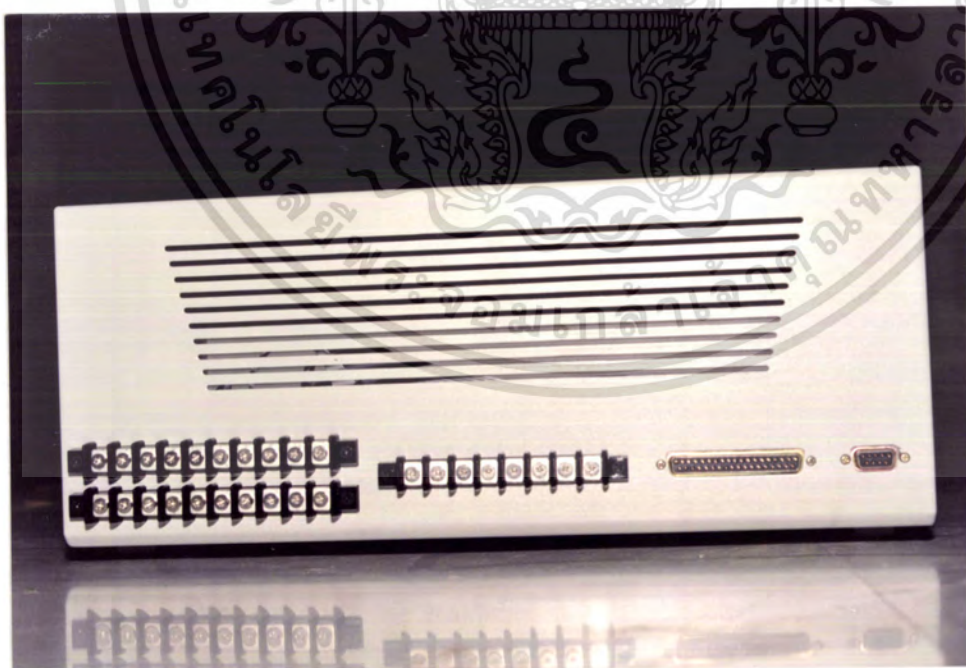
เครื่องวีเดราะะทัศน์และควบคุมความชื้น, อุณหภูมิและปริมาณแสง
การให้น้ำและปุ๋ยแก่พืชประเภทไม้ดอก ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์



เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสำนักงานการศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ที่สงขลาซึ่งไม่รับค่าลิขสิทธิ์ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

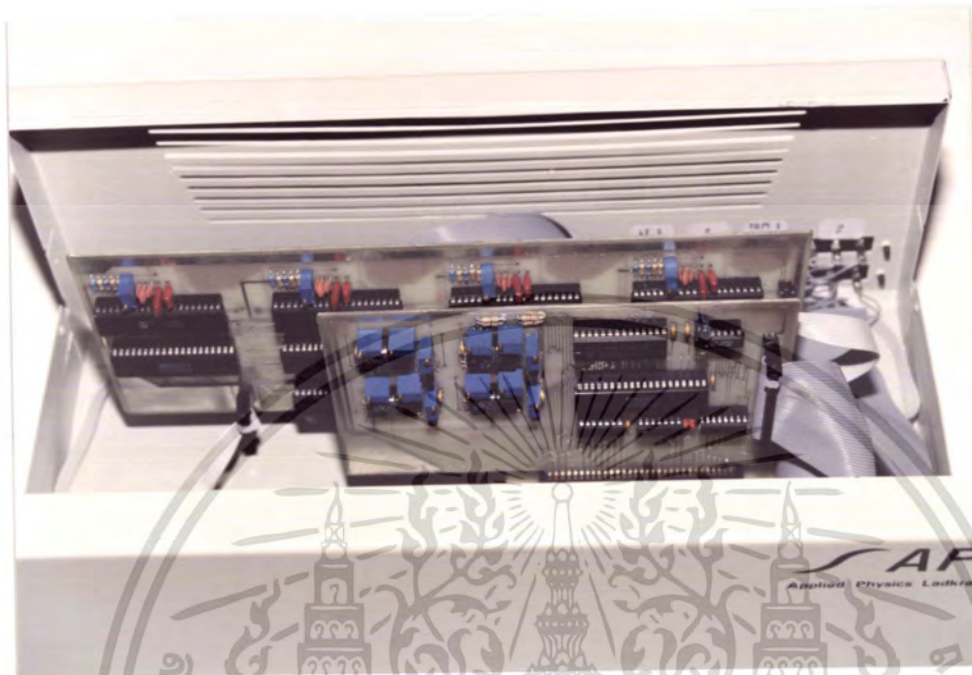


เครื่องวิเคราะห์ความถี่, อุณหภูมิ, ปริมาณแสง ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

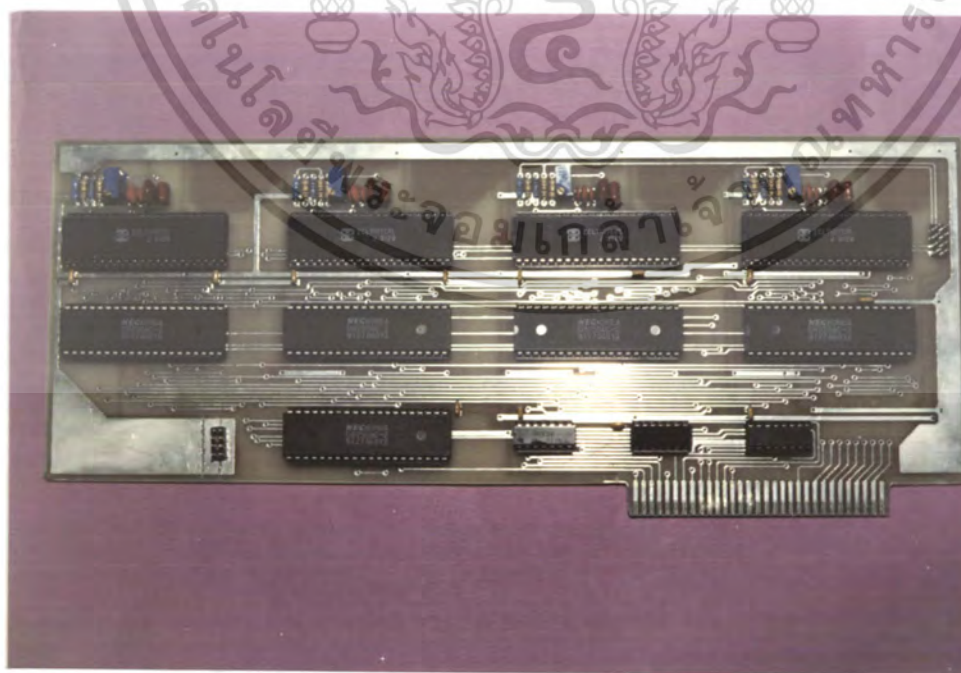


ด้านหลังของเครื่องวิเคราะห์ความถี่, อุณหภูมิ, ปริมาณแสง ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์

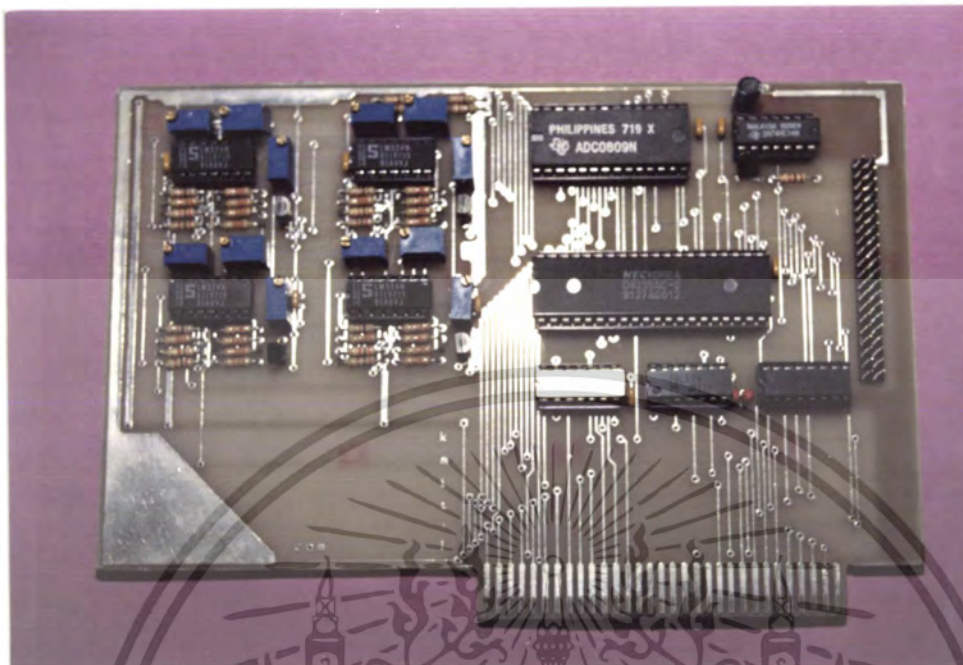
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



การอินทิเกรตเฟสตรง ๆ
 ในเครื่องวิเคราะห์ที่ควมถี่สูง, คุณทงมี, ปริมาณสูง ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนสิทธิ์ในวงจำกัดเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

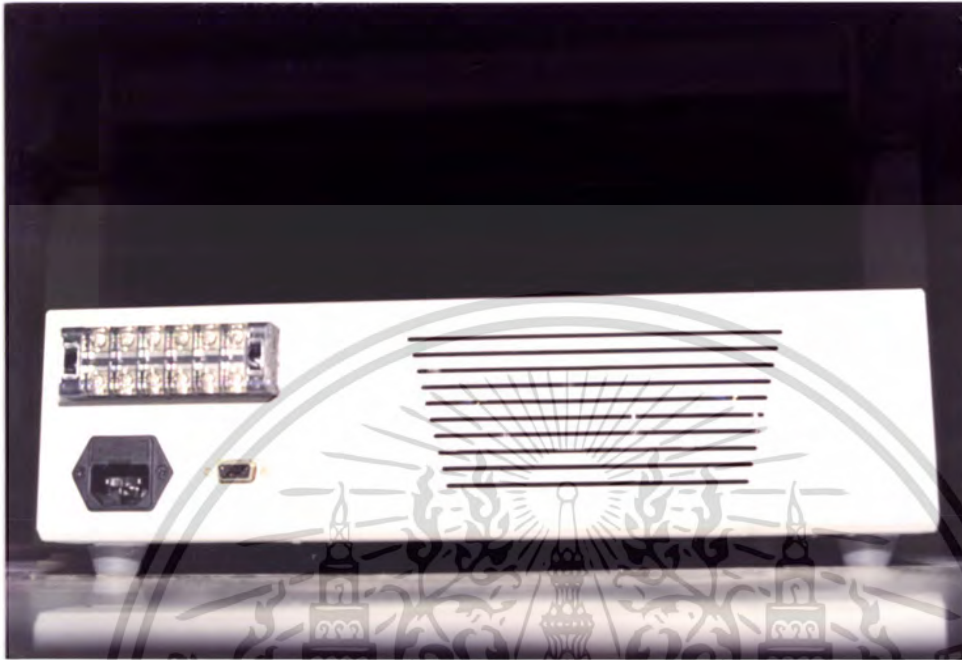


ภาาตัวนำ ตัวต่อไฟใน ส่วนนอกหมื่นและ ปริมาณแสง

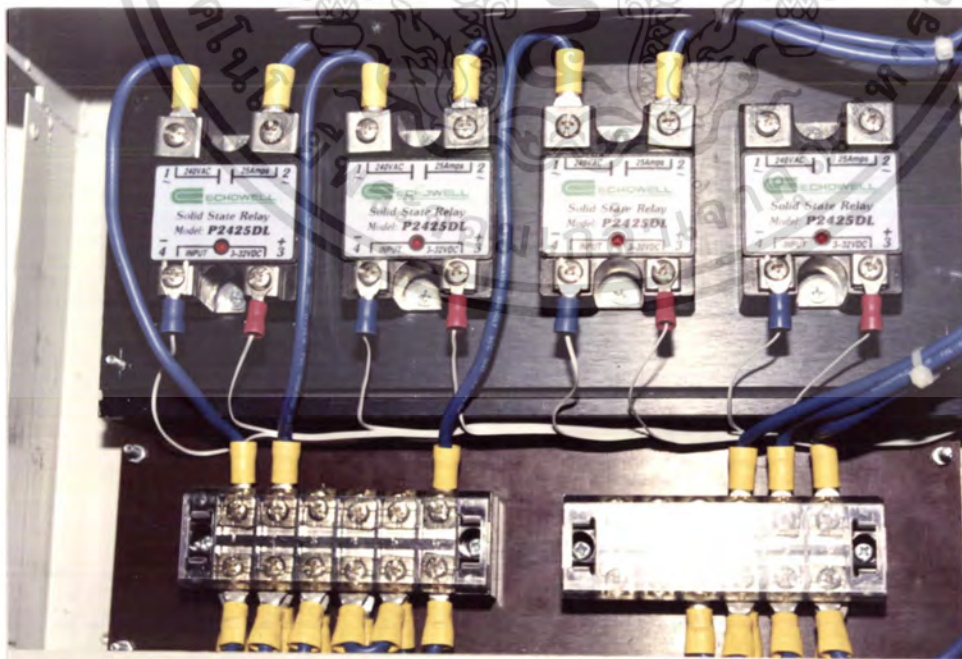


เครื่องควบคุมความชื้น , อุณหภูมิ , ปริมาณแสง

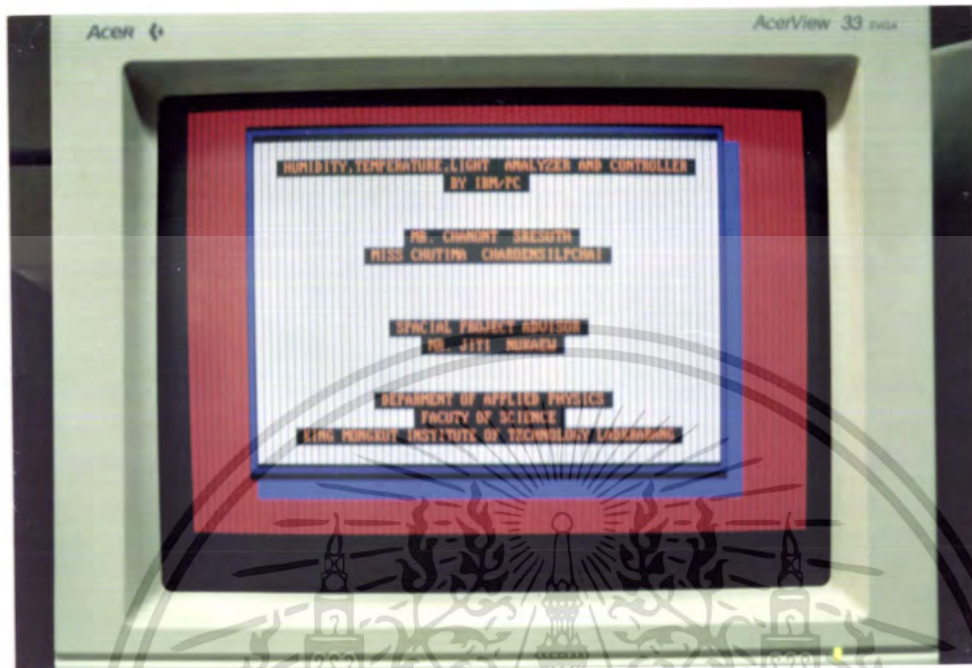
การใช้ปริมาณน้ำและปุ๋ยแก่พืชประเภทไม้ดอก ด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ด้านหลังของเครื่องควบคุมความถี่และปริมาณการให้ปริมาณน้ำและปุ๋ยแก่พืชประเภทไม้ดอก ตั้งขโมยมาตรงตามพิธีเตลย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่คุ้มครองสิทธิการเผยแพร่ข้อมูลและเนื้อหาซึ่งได้ส่งต่อผู้ที่เกี่ยวข้องไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



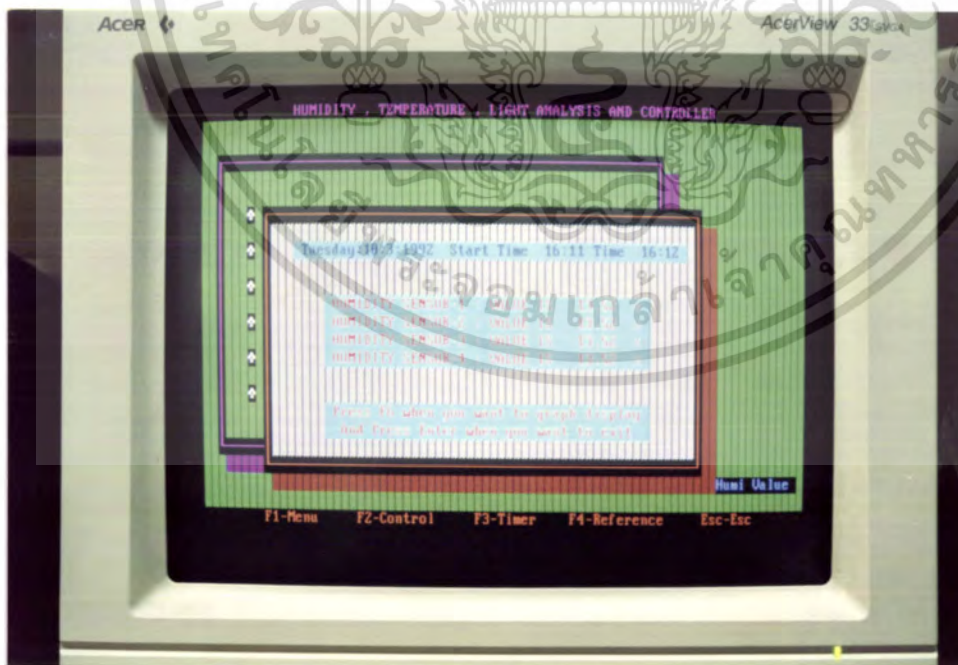
ภาพแสดงกรวยละเล็กละเอียดตรงงานวิจัยที่ทำที่ห้องคอมพิวเตอร์



เอกสารนี้เป็นของสงวนลิขสิทธิ์การอ้างถึงหรือการสืบหาสาระที่มุ่งฟังค์นั้นต่างใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

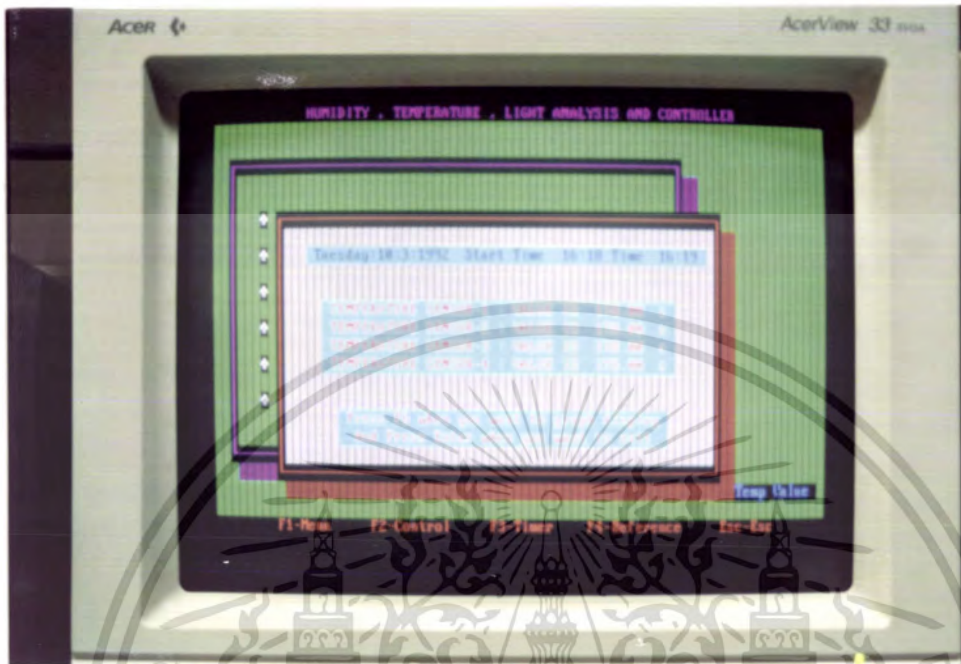


หน้าจอแสดงค่าเฉลี่ยผู้ใช้งานต้องการบันทึกค่าส่วนใดหรือไม่

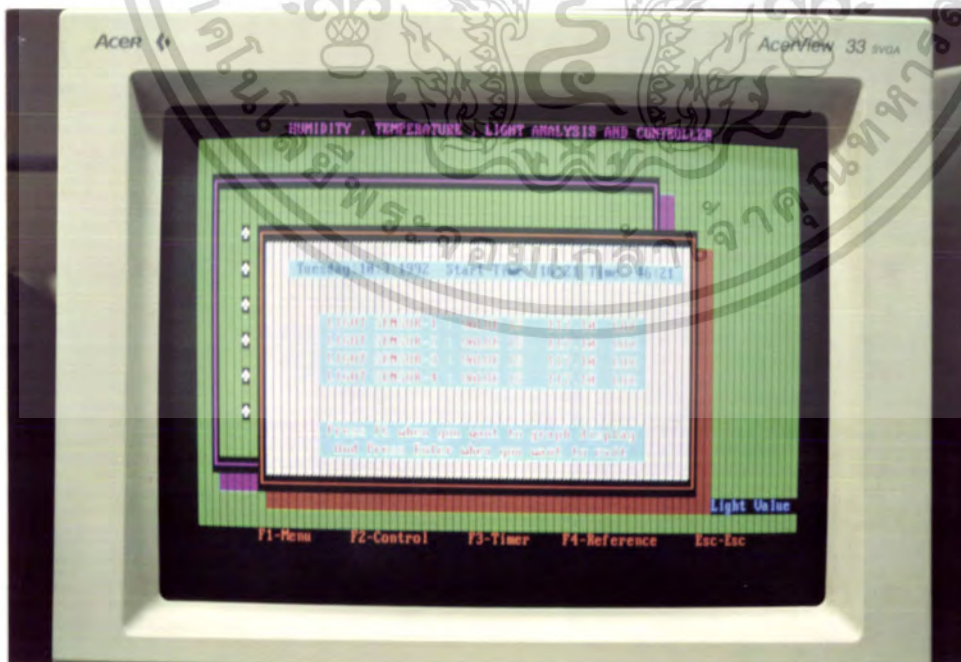


หน้าจอแสดงผลการอ่านค่าความชื้นจากจุดต่าง ๆ 4 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



หน้าจอแสดงผลการอ่านค่าอุณหภูมิจากจุดต่างๆ 4 จุด



เอกสารนี้เป็นเอกสารแสดงผลการอ่านค่าปริมาตรและสิ่งจากจุดต่างๆ 4 จุดที่ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



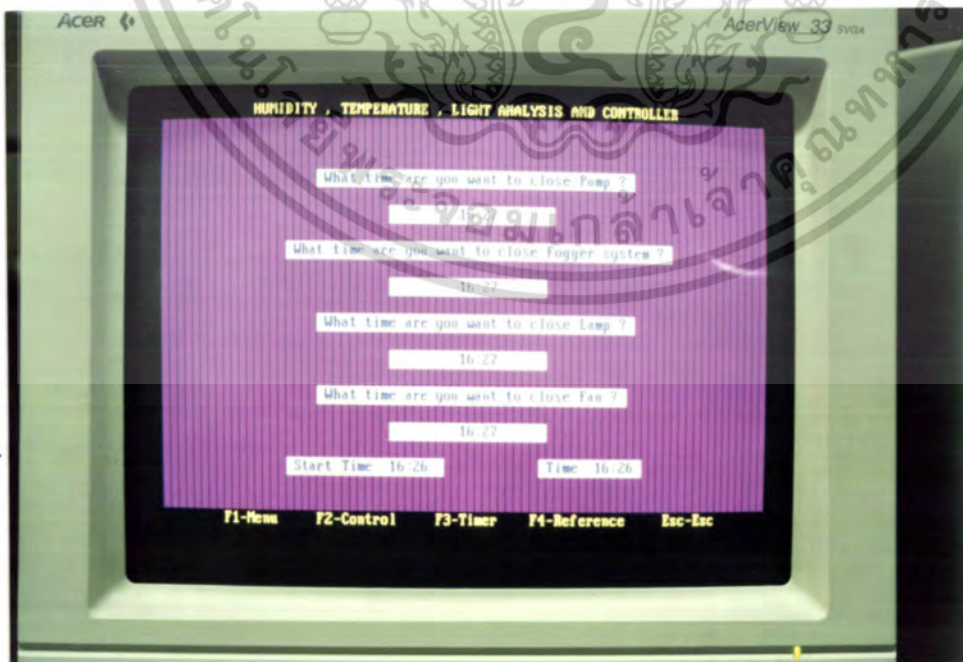
หน้าจอแสดงผลการอ่านค่าความชื้น, อุณหภูมิและปริมาณแสงจากจุดต่างๆ ๑.๔.๑๑



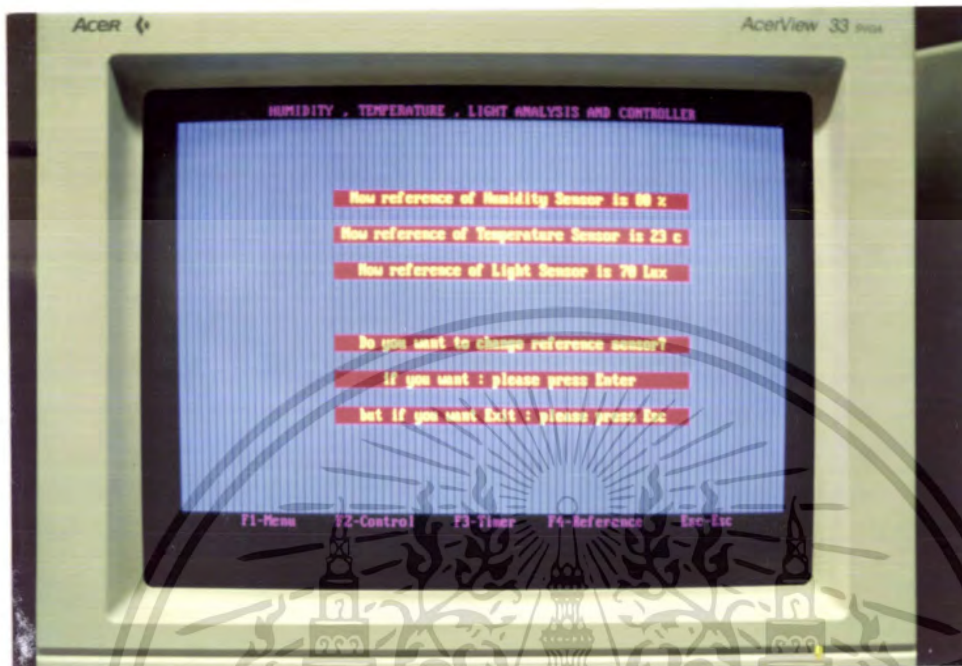
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ฟังค์ชันนำคีย์บนเครื่องก็จะมาเปลี่ยนฟังก์ชั่นด้วยยูทิลิตี้ให้เข้าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ฟังก์ชัน F2) เปลี่ยนค่าควบคุมระบบภายนอก



เอกสารนี้เป็นไฟล์ต้นฉบับที่ตรงไปตรงมาซึ่งการตั้งโปรแกรมที่ขอลงเรียนมาไม่ได้ไปแก้ไขอะไรในขั้นแรกใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ฟังก์ชัน F4 แสดงการตั้งค่าสามารถปรับค่าอ้างอิงถึงที่เหมาะสม



เอกสารนี้แจ้งเอกสารที่สมบูรณ์ว่าทำหรับครูใช้วงเพื่อการศึกษาเท่านั้น ข้อมูลอาจไม่ทันสมัยในประเด็นด้านการค้า
ฟังก์ชัน F5 แสดงค่าอ้างอิงที่ใช้ว่าต้องการเรียกดูค่าข้อมูลเก่าหรือไม่
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



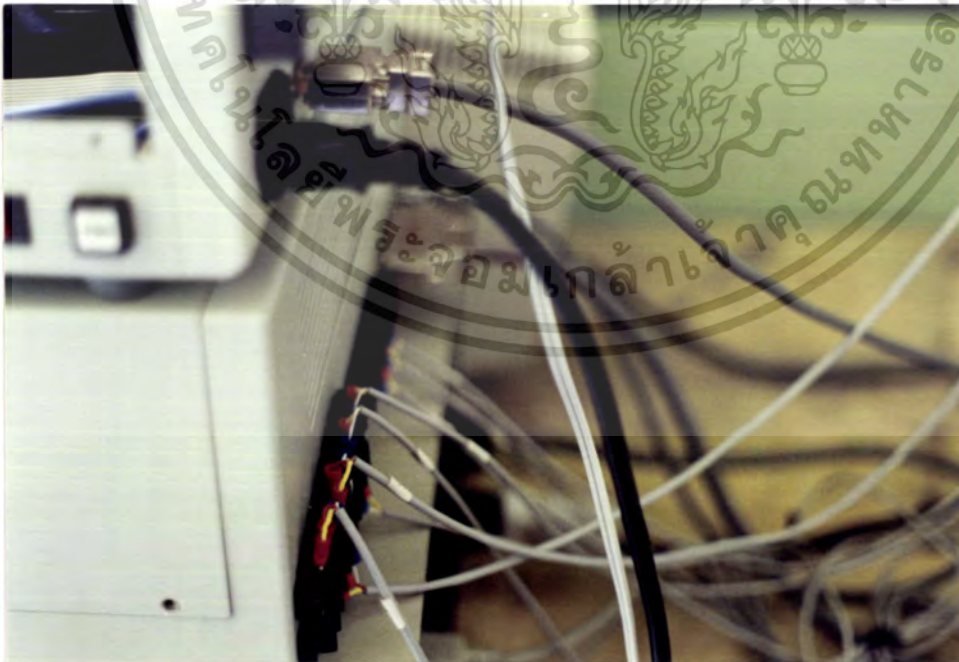
ฟังก์ชัน FG ที่เมื่อผู้ใช้ตั้งโปรแกรมแล้วสามารถแก้ไของค์การบันทึกค่าความชื้น



เอกสารที่นำเข้าสู่เครื่องมือไปทดสอบที่ศูนย์วิเคราะห์กลางซึ่งมีมาตรฐานที่รับรองในระดับสากล
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



มีการนำสัญญาณจากโรงเรือน ไม้ตกลูกที่ห้องควบคุม



การนำสัญญาณเข้าสู่เครื่องวิเคราะห์และควบคุมความชื้น, อุณหภูมิ และปริมาณแสง การให้น้ำและปุ๋ยก็พืชปุ๋ยจะเรียกไม้ตกลูก ได้ยังไม่มีใครคอมพิวเตอร์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ในภาพนี้มาจากบ้านที่เข้ามาสำรวจระบบส้วมฝัง เพื่อควบคุมกลิ่น
จำเป็นต้องยกเครื่องกรองน้ำ เพื่อป้องกันไม่ให้มีการอุดตันในหัวลงส้วม



เอกสารนี้เป็นเอกสารหนึ่งของวิศวกรรมศาสตราจารย์ ดร. วรวิทย์ วัฒนศิริกุล ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมเครื่องกล
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPE TIL99 N-P-N PLANAR SILICON PHOTOTRANSISTOR

BULLETIN NO. DL-5 12218, NOVEMBER 1974—REVISED MARCH 1976

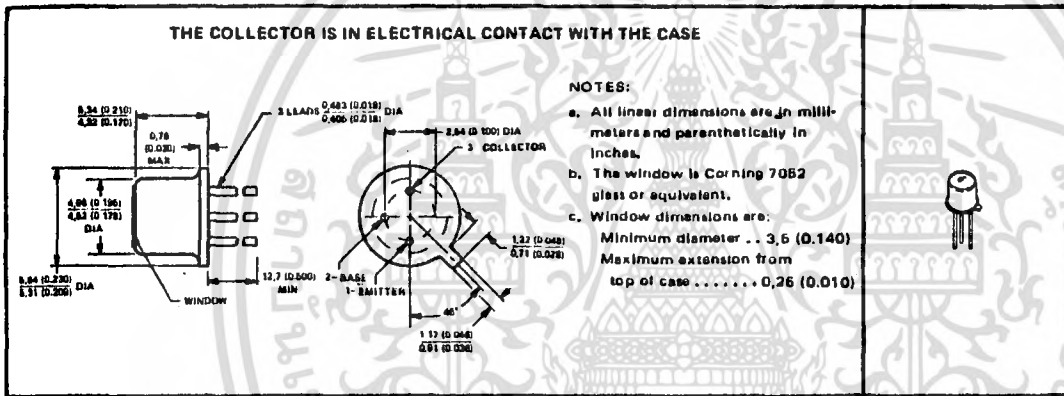
FOR WIDE-ANGLE VIEWING APPLICATIONS

- Recommended for Application in Character Recognition, Tape and Card Readers, Velocity Indicators, and Encoders
- Spectrally and Mechanically Matched with TIL31 IR Emitter
- Glass-to-Metal-Seal Header
- Base Connection Externally Available
- Saturation Level Directly Compatible with Most TTL/DTL

mechanical data

The device is in a hermetically sealed package with glass window. The outline of the TIL99 is similar to TO-18 except for the window. All TO-18 registration notes also apply to this outline.

4



absolute maximum ratings at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

Collector-Base Voltage	50 V
Collector-Emitter Voltage	30 V
Emitter-Base Voltage	7 V
Emitter-Collector Voltage	7 V
Continuous Collector Current	50 mA
Continuous Device Dissipation at (or below) 25°C Free-Air Temperature (See Note 1)	250 mW
Operating Free-Air Temperature Range	-65°C to 125°C
Storage Temperature Range	-65°C to 150°C
Lead Temperature 1,6 mm (1/16 Inch) from Case for 10 Seconds	240°C

NOTE 1: Derate linearly to 125°C free-air temperature at the rate of 2.5 mW/°C.

**TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED**

POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75265

67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPE TIL99

N-P-N PLANAR SILICON PHOTOTRANSISTOR

electrical characteristics at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

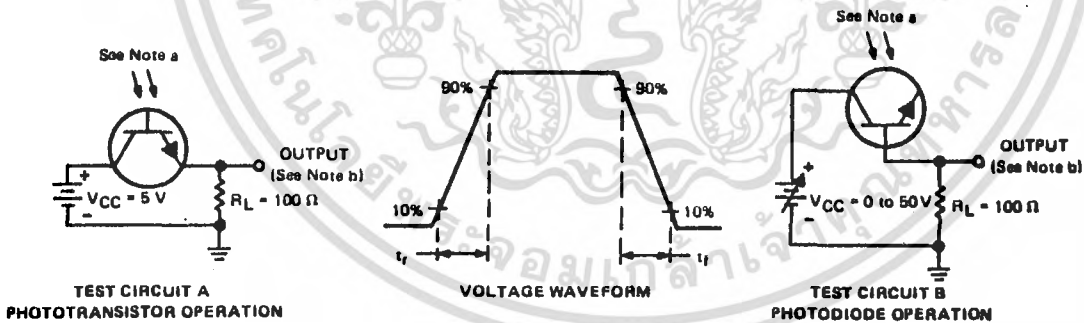
PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
$V_{(BR)CBO}$	Collector-Base Breakdown Voltage	$I_C = 100 \mu A, I_E = 0, E_B = 0$	50			V
$V_{(BR)CEO}$	Collector-Emitter Breakdown Voltage	$I_C = 100 \mu A, I_B = 0, E_B = 0$	30			V
$V_{(BR)EBO}$	Emitter-Base Breakdown Voltage	$I_E = 100 \mu A, I_C = 0, E_B = 0$	7			V
$V_{(BR)ECO}$	Emitter-Collector Breakdown Voltage	$I_E = 100 \mu A, I_B = 0, E_B = 0$	7			V
I_D	Dark Current	Phototransistor Operation	$V_{CE} = 10 V, I_B = 0, E_B = 0, T_A = 100^\circ C$	20	0.1	μA
		Photodiode Operation	$V_{CE} = 10 V, I_E = 0, E_B = 0$		0.01	μA
I_L	Light Current	Phototransistor Operation	$V_{CE} = 5 V, I_B = 0, E_B = 20 mW/cm^2$ See Note 2	1	5	mA
		Photodiode Operation	$V_{CB} = 0 \text{ to } 50 V, I_E = 0, E_B = 20 mW/cm^2$ See Note 2		40	μA
h_{FE}	Static Forward Current Transfer Ratio	$V_{CE} = 5 V, I_C = 1 mA, E_B = 0$		200		
$V_{CE(sat)}$	Collector-Emitter Saturation Voltage	$I_C = 0.4 mA, I_B = 0, E_B = 20 mW/cm^2$ See Note 2		0.2		V

NOTE 2: Irradiance (E_B) is the radiant power per unit area incident upon a surface. For these measurements the source is an unfiltered tungsten linear filament lamp operating at a color temperature of 2870 K.

switching characteristics at 25°C free-air temperature

PARAMETER		TEST CONDITIONS	TYPICAL	UNIT
t_r	Rise Time	$V_{CC} = 5 V, I_L = 800 \mu A, R_L = 100 \Omega$	8	μs
t_f	Fall Time	See Test Circuit A of Figure 1	8	
t_r	Rise Time	$V_{CC} = 0 \text{ to } 50 V, I_L = 60 \mu A, R_L = 100 \Omega$	350	ns
t_f	Fall Time	See Test Circuit B of Figure 1	500	

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



NOTES: a. Input irradiance is supplied by a pulsed gallium arsenide radiant-energy source with rise and fall times less than 50 ns. Incident irradiance is adjusted for specified I_L .
b. The output waveform is monitored on an oscilloscope with the following characteristics: $t_r < 25 \text{ ns}, R_{in} > 1 \text{ M}\Omega, C_{in} < 20 \text{ pF}$.

FIGURE 1

TEXAS INSTRUMENTS
INCORPORATED

POST OFFICE BOX 225012 • DALLAS, TEXAS 75285

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MOTOROLA

LM124, LM224, LM324, LM324A LM2902

Specifications and Applications Information

QUAD LOW POWER OPERATIONAL AMPLIFIERS

The LM124 Series are low-cost, quad operational amplifiers with true differential inputs. These have several distinct advantages over standard operational amplifier types in single supply applications. The quad amplifier can operate at supply voltages as low as 3.0 Volts or as high as 32 Volts with quiescent currents about one fifth of those associated with the MC1741 (on a per amplifier basis). The common mode input range includes the negative supply, thereby eliminating the necessity for external biasing components in many applications. The output voltage range also includes the negative power supply voltage.

- Short Circuited Protected Outputs
- True Differential Input Stage
- Single Supply Operation: 3.0 to 32 Volts
- Low Input Bias Currents: 100 nA Max (LM324A)
- Four Amplifiers Per Package
- Internally Compensated
- Common Mode Range Extends to Negative Supply
- Industry Standard Pinouts

MAXIMUM RATINGS (T_A = +25°C unless otherwise noted)

Rating	Symbol	LM124 LM224 LM324A	LM2902	Unit
Power Supply Voltages Single Supply Split Supplies	V _{CC} V _{CC} , V _{EE}	32 ± 16	26 ± 13	Vdc
Input Differential Voltage Range (1)	V _{IDR}	± 32	± 26	Vdc
Input Common Mode Voltage Range	V _{ICR}	-0.3 to 32	-0.3 to 26	Vdc
Input Forward Current (2) (V _I < -0.3 V)	I _{IF}	50	—	mA
Output Short Circuit Duration	t _S	Continuous		
Junction Temperature Ceramic Package Plastic Packages	T _J	175 150		°C
Storage Temperature Range Ceramic Package Plastic Packages	T _{stg}	-65 to +150 -55 to +125		°C
Operating Ambient Temperature Range LM124 LM224 LM324 LM324A LM2902	T _A	-55 to +125 -25 to +85 0 to +70 0 to +70 —	— — — — -40 to +85	°C

(1) Split Power Supplies.

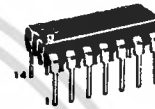
(2) This input current will only exist when the voltage is negative at any of the input leads. Normal output states will reestablish when the input voltage returns to a voltage greater than -0.3 V.

QUAD DIFFERENTIAL INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

SILICON MONOLITHIC
INTEGRATED CIRCUIT



J SUFFIX
CERAMIC PACKAGE
CASE 632-02
MO-001AA
(TO-116)

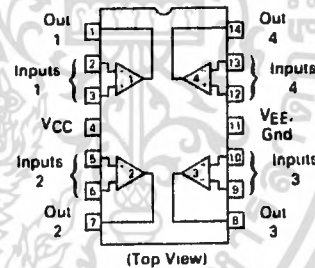


N SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 646-05
(LM224, LM324,
LM2902 only)



D SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 761A-01
(SO-14)

PIN CONNECTIONS



ORDERING INFORMATION

Device	Temperature Range	Package
LM124J	-55 to +125°C	Ceramic DIP
LM2902D		SO-14
LM2902J	-40 to +85°C	Ceramic DIP
LM2902N		Plastic DIP
LM224D		SO-14
LM224J	-25 to +85°C	Ceramic DIP
LM224N		Plastic DIP
LM324AD		SO-14
LM324AN		Plastic DIP
LM324D	0 to +70°C	SO-14
LM324J		Ceramic DIP
LM324N		Plastic DIP

MOTOROLA LINEAR/INTERFACE DEVICES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM124, LM224, LM324,A, LM2902

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (V_{CC} = 5.0 V, V_{EE} = Gnd, T_A = 25°C unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	LM124/LM224		LM324A		LM324		LM2902	
		Min	Typ	Min	Max	Min	Typ	Min	Max
Input Offset Voltage V _{CC} = 5.0 V to 30 V (28 V for LM2902), V _{CR} = 0 V to V _{CC} - 1.7 V, V _{IO} = 1.4 V, R _S = 0 Ω	V _{IO}	—	2.0	—	3.0	—	2.0	—	7.0
V _{CR} = 0 V to V _{CC} - 1.7 V, V _{IO} = 1.4 V, R _S = 0 Ω		—	7.0	—	5.0	—	9.0	—	10
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage T _A = T _{High} to T _{Low} (Note 1)	ΔV _{IO} /ΔT	—	7.0	—	30	—	7.0	—	—
T _A = T _{High} to T _{Low} (Note 1)		—	—	—	—	—	—	—	—
Input Offset Current T _A = T _{High} to T _{Low} (Note 1)	I _{IO}	—	3.0	—	30	—	5.0	—	50
T _A = T _{High} to T _{Low} (Note 1)		—	—	—	75	—	150	—	200
Average Temperature Coefficient of Input Offset Current T _A = T _{High} to T _{Low} (Note 1)	ΔI _{IO} /ΔT	—	10	—	10	—	10	—	10
T _A = T _{High} to T _{Low} (Note 1)		—	—	—	—	—	—	—	—
Input Bias Current T _A = T _{High} to T _{Low} (Note 1)	I _{IB}	—	-90	—	-150	—	-90	—	-250
T _A = T _{High} to T _{Low} (Note 1)		—	—	—	-300	—	-90	—	-500
Input Common-Mode Voltage Range (Note 2) V _{CC} = 30 V (28 V for LM2902)	V _{ICR}	0	—	28.3	0	—	28.3	0	—
V _{CC} = 30 V (28 V for LM2902), T _A = T _{High} to T _{Low}		0	—	28	0	—	28	0	—
Differential Input Voltage Range	V _{IDR}	—	—	V _{CC}	—	—	V _{CC}	—	V _{CC}
Large Signal Open-Loop Voltage Gain R _L = 2.0 kΩ, V _{CC} = 15 V, For Large V _O Swing T _A = T _{High} to T _{Low} (Note 1)	A _{VOL}	50	100	25	100	25	100	25	100
Channel Separation 1.0 kHz ≤ f ≤ 20 kHz, Input Referenced	—	—	-120	—	-120	—	-120	—	-120
Common-Mode Rejection Ratio R _S ≤ 10 kΩ	CMRR	70	85	65	70	65	70	65	70
Power Supply Rejection Ratio	PSRR	65	100	65	100	65	100	65	100
Output Voltage Range R _L = 2.0 kΩ (R _L ≥ 10 kΩ for LM2902)	V _{OR}	0	—	3.3	0	—	3.3	0	—
Output Voltage — High Limit (T _A = T _{High} to T _{Low}) (Note 1) V _{CC} = 30 V (28 V for LM2902), R _L = 2.0 kΩ	V _{OH}	26	—	26	—	26	—	22	—
V _{CC} = 30 V (28 V for LM2902), R _L = 10 kΩ		27	—	27	—	27	—	23	—
Output Voltage — Low Limit V _{CC} = 5.0 V, R _L = 10 kΩ, T _A = T _{High} to T _{Low} (Note 1)	V _{OL}	—	5.0	—	5.0	—	5.0	—	5.0
Output Source Current (V _{ID} = +1.0 V, V _{CC} = 15 V) T _A = 25°C	I _O	20	40	20	40	20	40	20	40
T _A = T _{High} to T _{Low} (Note 1)		10	20	10	20	10	20	10	20
Output Sink Current I _{VID} = -1.0 V, V _{CC} = 15 V T _A = 25°C	I _O	10	20	10	20	10	20	10	20
T _A = T _{High} to T _{Low} (Note 1)		5	8	5	8	5	8	5	8
V _{ID} = -1.0 V, V _O = 200 mV, T _A = 25°C		12	50	12	50	12	50	12	50
Output Short Circuit to Ground (Note 3)	I _{OS}	—	40	—	60	—	40	—	60
Power Supply Current (T _A = T _{High} to T _{Low}) (Note 1) V _{CC} = 30 V (28 V for LM2902), V _O = 0 V, R _L = ∞ V _{CC} = 5.0 V, V _O = 0 V, R _L = ∞	I _{CC}	—	3.0	—	1.4	—	3.0	—	3.0
		—	—	—	0.7	—	—	—	1.2

NOTES:

- (1) T_{Low} = -55°C for LM124
 = -40°C for LM2902
 = -26°C for LM224
 = 0°C for LM324A
 T_{High} = +125°C for LM124
 = +85°C for LM2902
 and LM224
 = +70°C for LM324A

(2) The input common-mode voltage or either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3 V. The upper

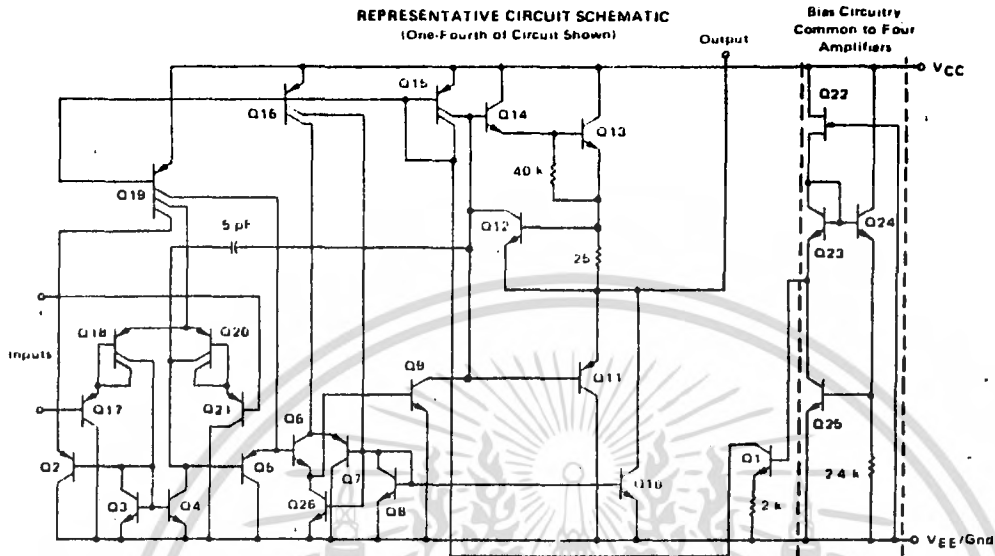
end of the common-mode voltage range is V_{CC} - 1.7 V, but either or both inputs can go to -32 V without damage (+26 V for LM2902).

(3) Short circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating and eventual destruction. Destructive dissipation can result from simultaneous shorts on all amplifiers.

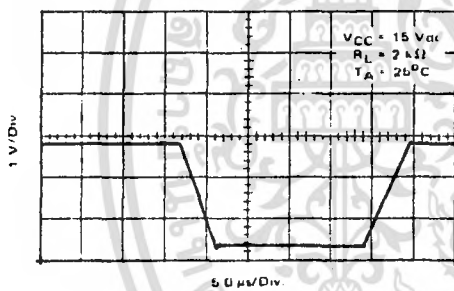
MOTOROLA LINEAR/INTERFACE DEVICES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM124, LM224, LM324,A, LM2902



LARGE SIGNAL VOLTAGE FOLLOWER RESPONSE

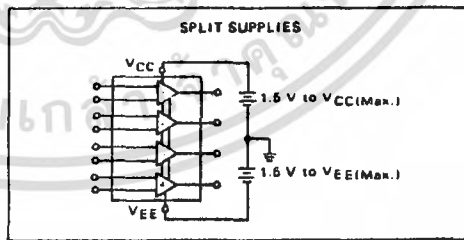
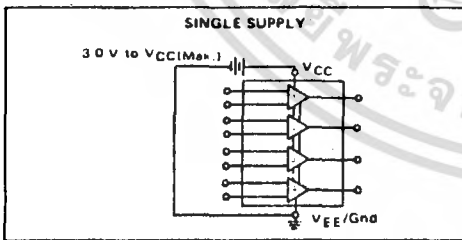


CIRCUIT DESCRIPTION

The LM124 Series is made using four internally compensated, two-stage operational amplifiers. The first stage

of each consists of differential input devices Q20 and Q18 with input buffer transistors Q21 and Q17 and the differential to single ended converter Q3 and Q4. The first stage performs not only the first stage gain function but also performs the level shifting and transconductance reduction functions. By reducing the transconductance a smaller compensation capacitor (only 5 pF) can be employed, thus saving chip area. The transconductance reduction is accomplished by splitting the collectors of Q20 and Q18. Another feature of this input stage is that the input common-mode range can include the negative supply or ground, in single supply operation, without saturating either the input devices or the differential to single-ended converter. The second stage consists of a standard current source load amplifier stage.

Each amplifier is biased from an internal voltage regulator which has a low temperature coefficient thus giving each amplifier good temperature characteristics as well as excellent power supply rejection.



MOTOROLA-LINEAR/INTERFACE DEVICES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM124, LM224, LM324,A, LM2902

TYPICAL PERFORMANCE CURVES

FIGURE 1 - INPUT VOLTAGE RANGE

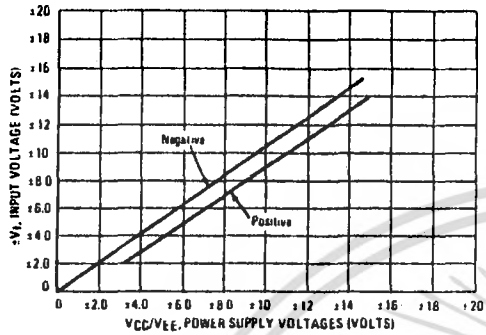


FIGURE 2 - OPEN LOOP FREQUENCY

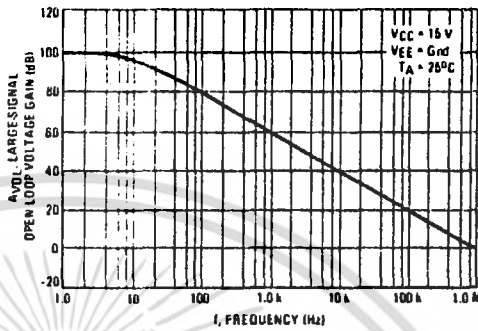


FIGURE 3 - LARGE-SIGNAL FREQUENCY RESPONSE

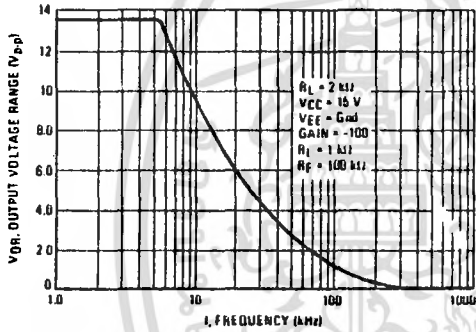


FIGURE 4 - SMALL-SIGNAL VOLTAGE FOLLOWER PULSE RESPONSE (Non-Inverting)

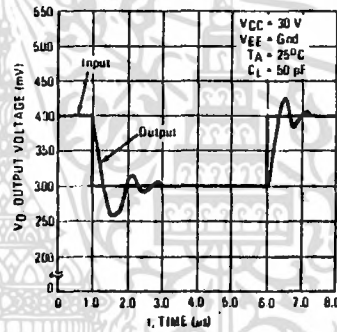


FIGURE 5 - POWER SUPPLY CURRENT versus POWER SUPPLY VOLTAGE

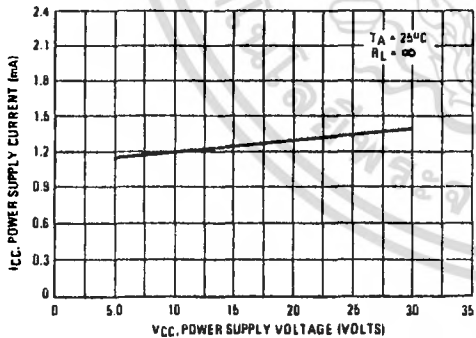
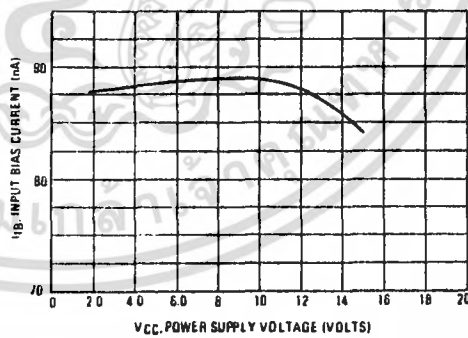


FIGURE 6 - INPUT BIAS CURRENT versus SUPPLY VOLTAGE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM124, LM224, LM324,A, LM2902

APPLICATIONS INFORMATION

FIGURE 7 - VOLTAGE REFERENCE

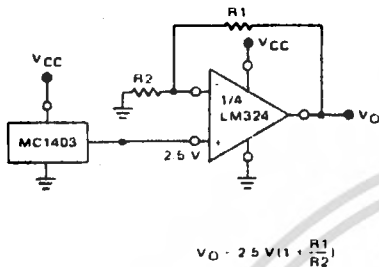


FIGURE 8 - WIEN BRIDGE OSCILLATOR

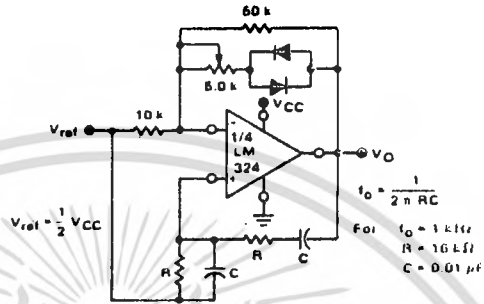


FIGURE 9 - HIGH IMPEDANCE DIFFERENTIAL AMPLIFIER

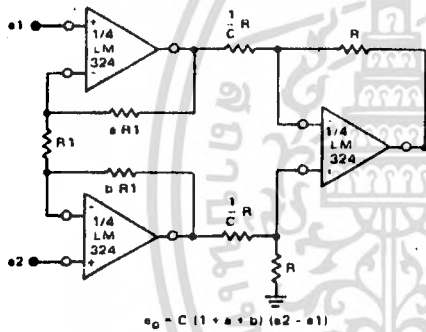


FIGURE 10 - COMPARATOR WITH HYSTERESIS

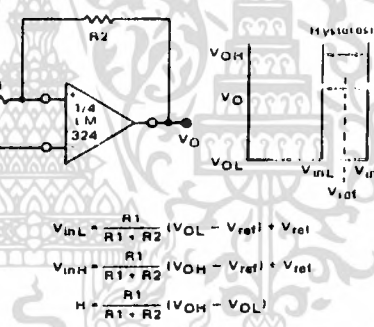
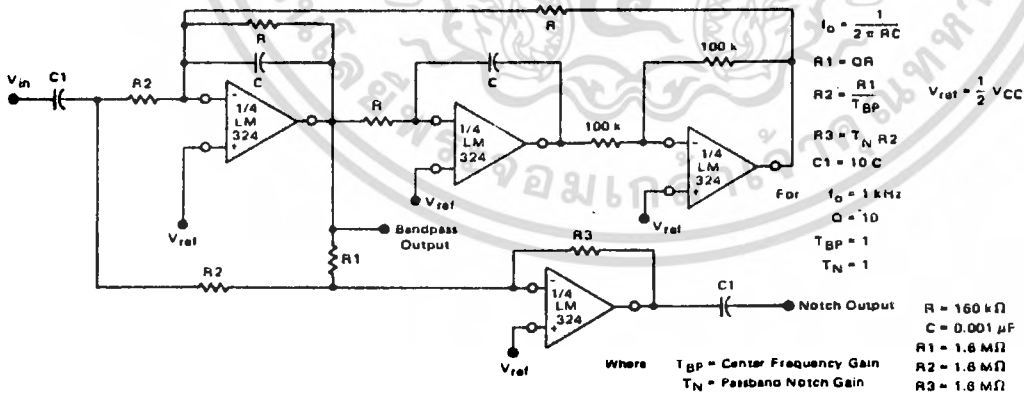


FIGURE 11 - BI-QUAD FILTER



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM124, LM224, LM324,A, LM2902

APPLICATIONS INFORMATION (continued)

FIGURE 12 - FUNCTION GENERATOR

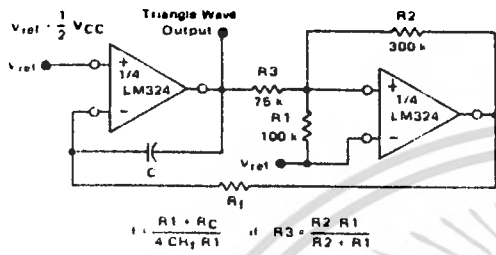
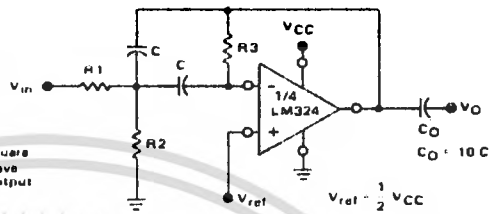


FIGURE 13 - MULTIPLE FEEDBACK BANDPASS FILTER



Given f_0 = Center Frequency
 $A(f_0)$ = Gain at Center Frequency

Choose Value f_0, C
 Then

$$R3 = \frac{Q}{\pi f_0 C}$$

$$R1 = \frac{R3}{2 A(f_0)}$$

$$R2 = \frac{R1 R3}{4Q^2 R1 - R3}$$

For less than 10% error from operational amplifier

$$\frac{Q_0 f_0}{BW} < 0.1 \quad \text{Where } f_0 \text{ and } BW \text{ are expressed in Hz}$$

If source impedance varies, filter may be preceded with voltage follower buffer to stabilize filter parameters

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ORDERING INFORMATION

Device	Temp Range	Reverse Breakdown Voltage	Tolerance
LM285Z-1.2	-40°C to +85°C	1.235 Volts	± 1.0%
LM285Z-2.5	-40°C to +85°C	2.500 Volts	± 1.5%
LM385Z-1.2	0°C to +70°C	1.235 Volts	± 1.0%
LM385Z-1.2	0°C to +70°C	1.235 Volts	± 2.0%
LM385Z-2.5	0°C to +70°C	2.500 Volts	± 1.5%
LM385Z-2.5	0°C to +70°C	2.500 Volts	± 3.0%

**LM285
LM385**

MICROPOWER VOLTAGE REFERENCE DIODES

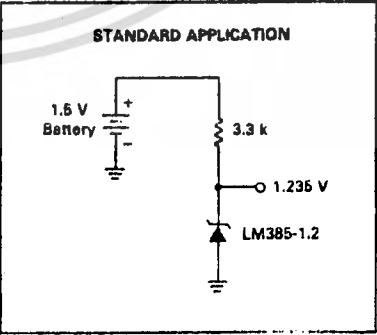
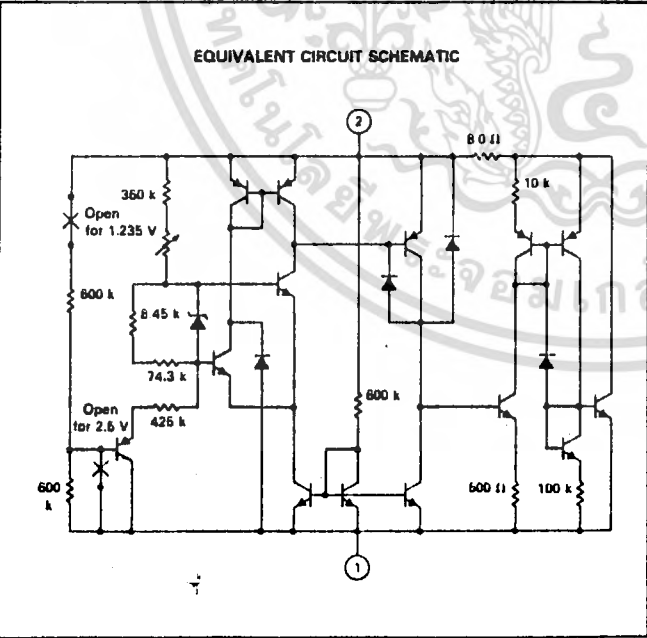
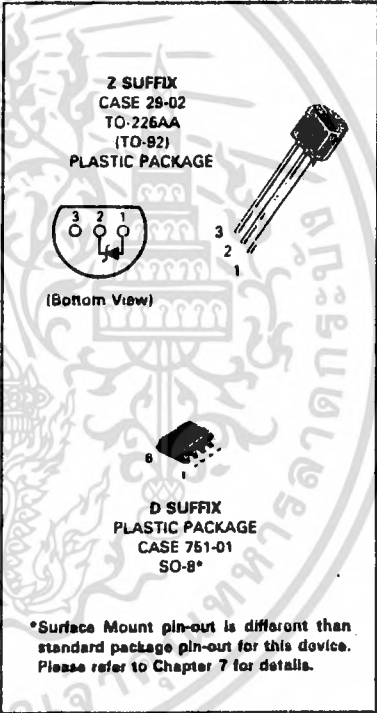
The LM285/LM385 series are micropower two-terminal band-gap voltage regulator diodes. Designed to operate over a wide current range of 10 μ A to 20 mA, these devices feature exceptionally low dynamic impedance, low noise and stable operation over time and temperature. Tight voltage tolerances are achieved by on-chip trimming. The large dynamic operating range enables these devices to be used in applications with widely varying supplies with excellent regulation. Extremely low operating current make these devices ideal for micropower circuitry like portable instrumentation, regulators and other analog circuitry where extended battery life is required.

The LM285/LM385 series are packaged in a low cost TO-226AA (TO-92) plastic case and are available in two voltage versions of 1.235 and 2.500 volts as denoted by the device suffix (see ordering information table). The LM285 is specified over a -40°C to +85°C temperature range while the LM385 is rated from 0°C to +70°C.

- Operating Current from 10 μ A to 20 mA
- 1.0%, 1.5%, 2.0% and 3.0% Initial Tolerance Grades
- Low Temperature Coefficient
- 1.0 Ω Dynamic Impedance
- Available in 1.235 and 2.500 Volt Versions

MICROPOWER VOLTAGE REFERENCE DIODES

SILICON MONOLITHIC INTEGRATED CIRCUIT



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM285, LM385

MAXIMUM RATINGS ($T_A = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
Reverse Current	I_R	30	mA
Forward Current	I_F	10	mA
Operating Ambient Temperature Range LM285 LM385	T_A	-40 to +85 0 to +70	$^\circ\text{C}$
Operating Junction Temperature	T_J	+150	$^\circ\text{C}$
Storage Temperature Range	T_{stg}	-65 to +150	$^\circ\text{C}$

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	LM285-1.2			LM385-1.2/LM385B-1.2			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Reverse Breakdown Voltage $I_{R\text{min}} \leq I_R \leq 20\text{ mA}$ LM285-1.2/LM385B-1.2 LM385-1.2	$V_{(BR)R}$	1.223	1.235	1.247	1.223	1.235	1.247	V
Minimum Operating Current ($T_A = T_{\text{low}}$ to T_{high} Note 1)	$I_{R\text{min}}$	—	2.5	10	—	2.5	15	μA
Reverse Breakdown Voltage Change with Current $I_{R\text{min}} \leq I_R \leq 1.0\text{ mA}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{low}}$ to T_{high} (Note 1) 1.0 mA $\leq I_R \leq 20\text{ mA}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{low}}$ to T_{high} (Note 1)	$\Delta V_{(BR)R} / \Delta I_R$	—	—	1.0	—	—	1.0	mV
Reverse Dynamic Impedance $I_R = 100\text{ }\mu\text{A}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{low}}$ to T_{high} (Note 1)	Z	—	0.2	0.6	—	0.4	1.0	Ω
Average Temperature Coefficient 10 $\mu\text{A} \leq I_R \leq 20\text{ mA}$, $T_A = T_{\text{low}}$ to T_{high} (Note 1)	$\Delta V_{(BR)R} / \Delta T$	—	20	—	—	10	—	ppm/ $^\circ\text{C}$
Wideband Noise (RMS) $I_R = 100\text{ }\mu\text{A}$, 10 Hz $\leq f \leq 10\text{ kHz}$	n	—	60	—	—	60	—	μV
Long Term Stability $I_R = 100\text{ }\mu\text{A}$, $T_A = +25^\circ\text{C} \pm 0.1^\circ\text{C}$	S	—	20	—	—	20	—	ppm/kHR

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	LM285-2.5			LM385-2.5/LM385B-2.5			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Reverse Breakdown Voltage 20 $\mu\text{A} \leq I_R \leq 20\text{ mA}$ LM285-2.5/LM385B-2.5 LM385-2.5	$V_{(BR)R}$	2.462	2.5	2.538	2.462	2.5	2.538	V
Minimum Operating Current $T_A = T_{\text{low}}$ to T_{high} (Note 1)	$I_{R\text{min}}$	—	5.0	20	—	5.0	20	μA
Reverse Breakdown Voltage Change with Current 20 $\mu\text{A} \leq I_R \leq 1.0\text{ mA}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{low}}$ to T_{high} (Note 1) 1.0 mA $\leq I_R \leq 20\text{ mA}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{low}}$ to T_{high} (Note 1)	$\Delta V_{(BR)R} / \Delta I_R$	—	—	1.0	—	—	2.0	mV
Reverse Dynamic Impedance $I_R = 100\text{ }\mu\text{A}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_A = T_{\text{low}}$ to T_{high} (Note 1)	Z	—	0.2	0.6	—	0.4	1.0	Ω
Average Temperature Coefficient 20 $\mu\text{A} \leq I_R \leq 20\text{ mA}$, $T_A = T_{\text{low}}$ to T_{high} (Note 1)	$\Delta V_{(BR)R} / \Delta T$	—	20	—	—	20	—	ppm/ $^\circ\text{C}$
Wideband Noise (RMS) $I_R = 100\text{ }\mu\text{A}$, 10 Hz $\leq f \leq 10\text{ kHz}$	n	—	120	—	—	120	—	μV
Long Term Stability $I_R = 100\text{ }\mu\text{A}$, $T_A = +25^\circ\text{C} \pm 0.1^\circ\text{C}$	S	—	20	—	—	20	—	ppm/kHR

NOTES: 1. $T_{\text{low}} = -40^\circ\text{C}$ for LM285-1.2, LM285-2.5
 $= 0^\circ\text{C}$ for LM385-1.2, LM385B-1.2, LM385-2.5, LM385B-2.5
 $T_{\text{high}} = +85^\circ\text{C}$ for LM285-1.2, LM285-2.5
 $= +70^\circ\text{C}$ for LM385-1.2, LM385B-1.2, LM385-2.5, LM385B-2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM285, LM385

TYPICAL PERFORMANCE CURVES FOR LM285-1.2/385-1.2/385B-1.2

FIGURE 1 — REVERSE CHARACTERISTICS

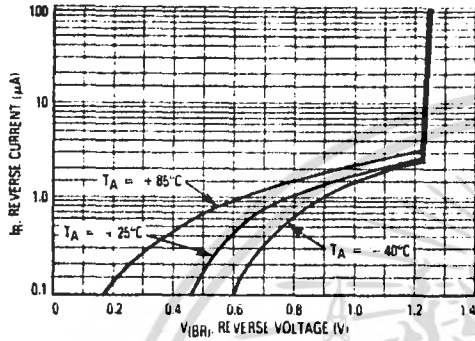


FIGURE 2 — REVERSE CHARACTERISTICS

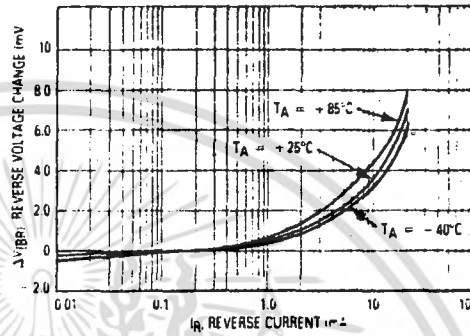


FIGURE 3 — FORWARD CHARACTERISTICS

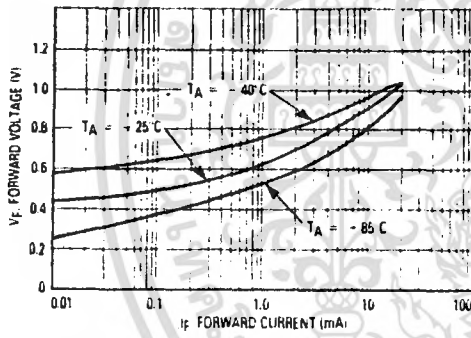


FIGURE 4 — TEMPERATURE DRIFT

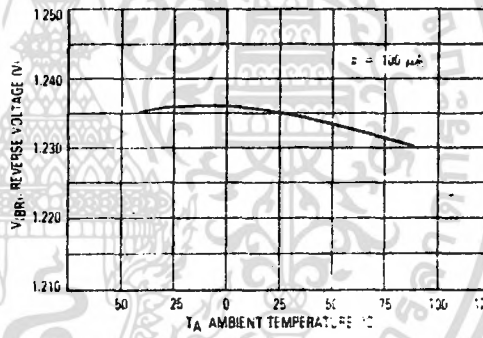


FIGURE 5 — NOISE VOLTAGE

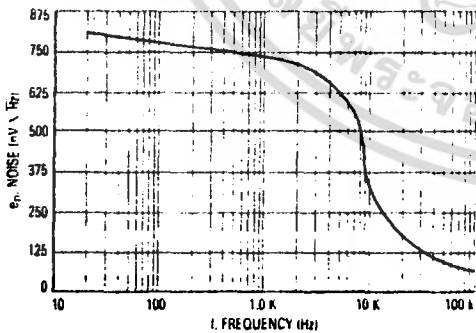
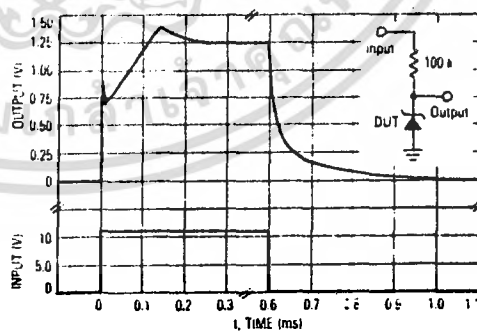


FIGURE 6 — RESPONSE TIME



MOTOROLA LINEAR/INTERFACE DEVICES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LM285, LM385

TYPICAL PERFORMANCE CURVES FOR LM285-2.5/385-2.5/385B-2.5

FIGURE 7 — REVERSE CHARACTERISTICS

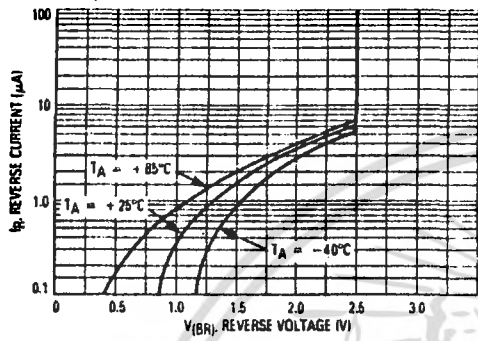


FIGURE 8 — REVERSE CHARACTERISTICS

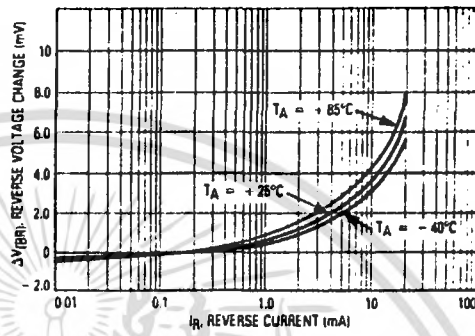


FIGURE 9 — FORWARD CHARACTERISTICS

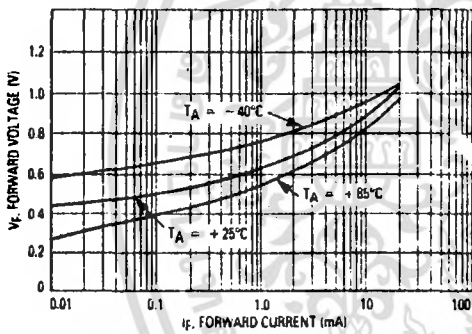


FIGURE 10 — TEMPERATURE DRIFT

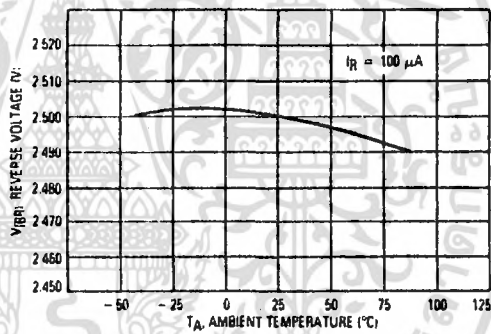


FIGURE 11 — NOISE VOLTAGE

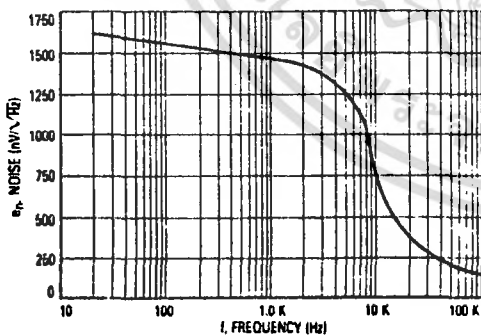
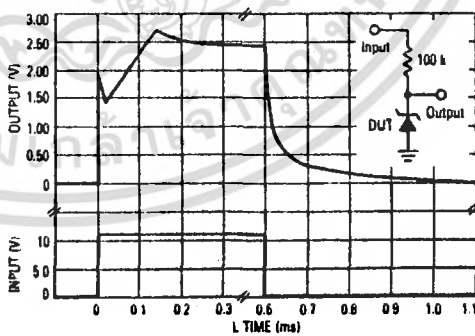


FIGURE 12 — RESPONSE TIME



MOTOROLA LINEAR/INTERFACE DEVICES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ICL7106/ICL7107

3 1/2-Digit LCD/LED Single-Chip A/D Converter



ICL7106/ICL7107

GENERAL DESCRIPTION

The Intersil ICL7106 and 7107 are high performance, low power 3 1/2-digit A/D converters containing all the necessary active devices on a single CMOS I.C. Included are seven-segment decoders, display drivers, a reference, and a clock. The 7106 is designed to interface with a liquid crystal display (LCD) and includes a backplane drive; the 7107 will directly drive an instrument-size light emitting diode (LED) display.

The 7106 and 7107 bring together an unprecedented combination of high accuracy, versatility, and true economy. It features auto-zero to less than 10µV, zero drift of less than 1µV/°C, input bias current of 10 pA max., and rollover error of less than one count. True differential inputs and reference are useful in all systems, but give the designer an uncommon advantage when measuring load cells, strain gauges and other bridge-type transducers. Finally, the true economy of single power supply operation (7106), enables a high performance panel meter to be built with the addition of only 10 passive components and a display.

FEATURES

- Guaranteed Zero Reading for 0 Volts Input on All Scales
- True Polarity at Zero for Precise Null Detection
- 1pA Typical Input Current
- True Differential Input and Reference
- Direct Display Drive — No External Components Required — LCD ICL7106 — LED ICL7107
- Low Noise—Less Than 15µV p-p
- On-Chip Clock and Reference
- Low Power Dissipation—Typically Less Than 10mW
- No Additional Active Circuits Required
- New Small Outline Surface Mount Package Available
- Evaluation Kit Available

ORDERING INFORMATION

PART NUMBER	TEMPERATURE RANGE	PACKAGE
ICL7106CDL	0°C to +70°C	40 pin ceramic DIP
ICL7106CPL	0°C to +70°C	40 pin plastic DIP
ICL7106CJL	0°C to +70°C	40 pin Cerdip
ICL7106CM44	0°C to +70°C	44 pin Surface Mount
ICL7107CJL	0°C to +70°C	40 pin Cerdip
ICL7107CDL	0°C to +70°C	40 pin ceramic DIP
ICL7107CPL	0°C to +70°C	40 pin plastic DIP
ICL7106EV/Kit		Evaluation kits contain IC, display, circuit board, passive components and hardware.
ICL7107EV/Kit		

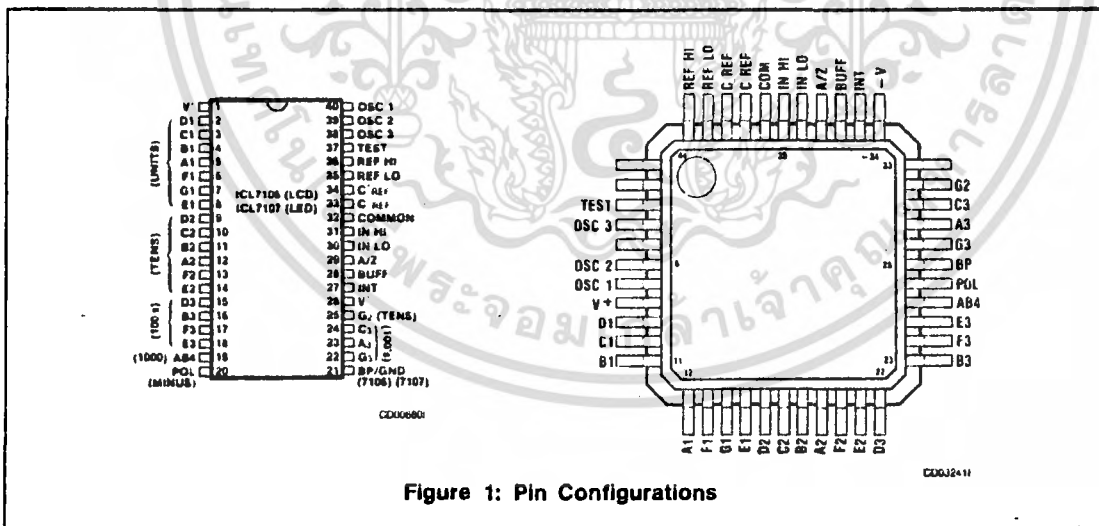


Figure 1: Pin Configurations

Note: All typical values have been guaranteed by characterization and are not tested.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ICL7106/ICL7107

ICL7106/ICL7107



ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage	
ICL7106, V ⁺ to V ⁻	15V
ICL7107, V ⁺ to GND	+6V
ICL7107, V ⁻ to GND	-9V
Analog Input Voltage (either input)(Note 1) ... V ⁺ to V ⁻	
Reference Input Voltage (either input)	V ⁺ to V ⁻
Clock Input	
ICL7106	TEST to V ⁺
ICL7107	GND to V ⁺

Power Dissipation (Note 2)	
Ceramic Package	1000mW
Plastic Package	800mW
Operating Temperature	0°C to +70°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10sec)	300°C

Stresses above those listed under Absolute Maximum Ratings may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Note 1: Input voltages may exceed the supply voltages provided the input current is limited to ±100µA.

Note 2: Dissipation rating assumes device is mounted with all leads soldered to printed circuit board.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Note 3)

CHARACTERISTICS	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
Zero Input Reading	V _{IN} = 0.0V Full Scale = 200.0mV	-000.0	±000.0	+000.0	Digital Reading
Resolution Reading	V _{IN} = V _{REF} V _{REF} = 100mV	999	999/1000	1000	Digital Reading
Rollover Error (Difference in reading for equal positive and negative inputs near Full Scale)	-V _{IN} = +V _{IN} ≈ 200.0mV	-1	±2	+1	Counts
Linearity (Max. deviation from best straight line fit)	Full scale = 200.0mV or full scale = 2.000V (Note 6)	-1	±2	+1	Counts
Common Mode Rejection Ratio (Note 4)	V _{CM} = ±1V, V _{IN} = 0V Full Scale = 200.0mV		50		µV/V
Noise (Pk-Pk value not exceeded 95% of time)	V _{IN} = 0V Full Scale = 200.0mV		15		µV
Leakage Current Input	V _{IN} = 0 (Note 6)		1	10	pA
Zero Reading Drift	V _{IN} = 0 0° < T _A < 70°C (Note 6)		0.2	1	µV/°C
Scale Factor Temperature Coefficient	V _{IN} = 199.0mV 0° < T _A < 70°C (Ext. Ref. Oppm/°C) (Note 6)		1	5	ppm/°C
V ⁺ Supply Current (Does not include LED current for 7107)	V _{IN} = 0		0.8	1.8	mA
V ⁻ Supply Current (7107 only)			0.6	1.8	mA
Analog Common Voltage (With respect to Pos. Supply)	25kΩ between Common & Pos. Supply	2.4	2.8	3.2	V
Temp. Coeff. of Analog Common (With respect to Pos. Supply)	25kΩ between Common & Pos. Supply		80		ppm/°C
7106 ONLY Pk-Pk Segment Drive Voltage Pk-Pk Backplane Drive Voltage (Note 5)	V ⁺ to V ⁻ = 9V	4	5	6	V
7107 ONLY Segment Sinking Current (Except Pin 19 & 20)	V ⁺ = 5.0V Segment voltage = 3V	5	8.0		mA
(Pin 19 only)		10	16		mA
(Pin 20 only)		4	7		mA

NOTES: 3. Unless otherwise noted, specifications apply to both the 7106 and 7107 at T_A = 25°C, f_{clock} = 48kHz. 7106 is tested in the circuit of Figure 4. 7107 is tested in the circuit of Figure 5.

4. Refer to "Differential Input" discussion.

5. Back plane drive is in phase with segment drive for 'off' segment, 180° out of phase for 'on' segment. Frequency is 20 times conversion rate. Average DC component is less than 50mV.

8. Not tested, guaranteed by design.

Note: All typical values have been guaranteed by characterization and are not tested.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ICL7106/ICL7107



ICL7106/ICL7107

TEST CIRCUITS

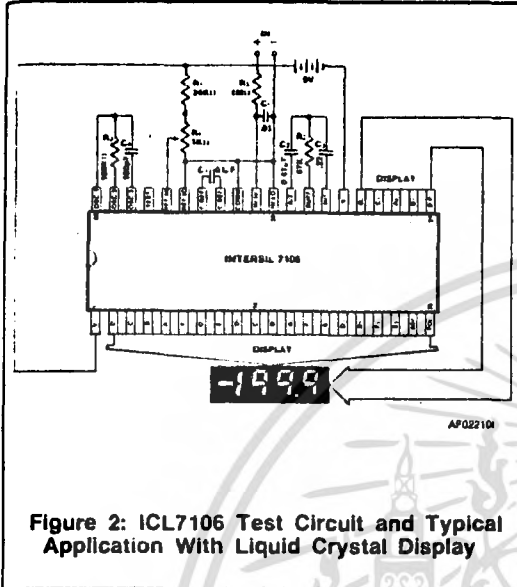


Figure 2: ICL7106 Test Circuit and Typical Application With Liquid Crystal Display

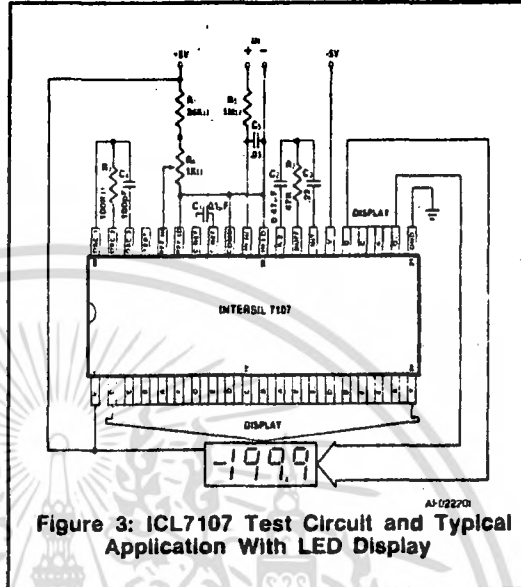


Figure 3: ICL7107 Test Circuit and Typical Application With LED Display

DETAILED DESCRIPTION

Analog Section

Figure 4 shows the Analog Section for the ICL7106 and 7107. Each measurement cycle is divided into three phases. They are (1) auto-zero (A/Z), (2) signal integrate (INT) and (3) de-integrate (DE).

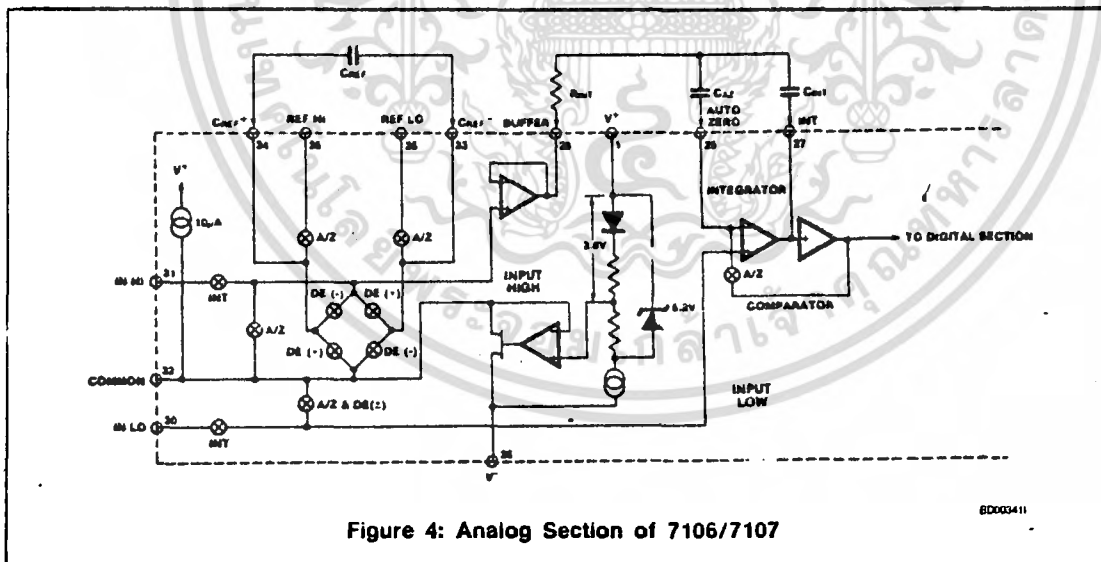


Figure 4: Analog Section of 7106/7107

Note: All typical values have been guaranteed by characterization and are not tested.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ICL7106/ICL7107



Auto-zero phase

During auto-zero three things happen. First, input high and low are disconnected from the pins and internally shorted to analog COMMON. Second, the reference capacitor is charged to the reference voltage. Third, a feedback loop is closed around the system to charge the auto-zero capacitor C_{AZ} to compensate for offset voltages in the buffer amplifier, integrator, and comparator. Since the comparator is included in the loop, the A/Z accuracy is limited only by the noise of the system. In any case, the offset referred to the input is less than $10\mu V$.

Signal integrate phase

During signal integrate, the auto-zero loop is opened, the internal short is removed, and the internal input high and low are connected to the external pins. The converter then integrates the differential voltage between IN HI and IN LO for a fixed time. This differential voltage can be within a wide common mode range: up to one volt from either supply. If, on the other hand, the input signal has no return with respect to the converter power supply, IN LO can be tied to analog COMMON to establish the correct common-mode voltage. At the end of this phase, the polarity of the integrated signal is determined.

De-integrate phase

The final phase is de-integrate, or reference integrate. Input low is internally connected to analog COMMON and input high is connected across the previously charged reference capacitor. Circuitry within the chip ensures that the capacitor will be connected with the correct polarity to cause the integrator output to return to zero. The time required for the output to return to zero is proportional to the input signal. Specifically the digital reading displayed is

$$1000 \left(\frac{V_{IN}}{V_{REF}} \right)$$

Differential Input

The input can accept differential voltages anywhere within the common mode range of the input amplifier, or specifically from 0.5 volts below the positive supply to 1.0 volt above the negative supply. In this range, the system has a CMRR of 86 dB typical. However, care must be exercised to assure the integrator output does not saturate. A worst case condition would be a large positive common-mode voltage with a near full-scale negative differential input voltage. The negative input signal drives the integrator positive when most of its swing has been used up by the positive common mode voltage. For these critical applications the integrator output swing can be reduced to less than the recommended 2V full scale swing with little loss of accuracy. The integrator output can swing to within 0.3 volts of either supply without loss of linearity. See A022 for a discussion of the effects of stray capacitance.

Differential Reference

The reference voltage can be generated anywhere within the power supply voltage of the converter. The main source of common mode error is a roll-over voltage caused by the reference capacitor losing or gaining charge to stray capacity on its nodes. If there is a large common mode voltage, the reference capacitor can gain charge (increase voltage) when called up to de-integrate a positive signal but lose charge (decrease voltage) when called up to de-integrate a negative input signal. This difference in reference for positive or negative input voltage will give a roll-over

error. However, by selecting the reference capacitor such that it is large enough in comparison to the stray capacitance, this error can be held to less than 0.5 count worst case. (See Component Value Selection.)

Analog COMMON

This pin is included primarily to set the common mode voltage for battery operation (7106) or for any system where the input signals are floating with respect to the power supply. The COMMON pin sets a voltage that is approximately 2.8 volts more negative than the positive supply. This is selected to give a minimum end-of-life battery voltage of about 6V. However, the analog COMMON has some of the attributes of a reference voltage. When the total supply voltage is large enough to cause the zener to regulate ($> 7V$), the COMMON voltage will have a low voltage coefficient (0.001%/V), low output impedance ($\approx 15\Omega$), and a temperature coefficient typically less than 80ppm/ $^{\circ}C$.

The limitations of the on-chip reference should also be recognized, however. With the 7107, the internal heating which results from the LED drivers can cause some degradation in performance. Due to their higher thermal resistance, plastic parts are poorer in this respect than ceramic. The combination of reference Temperature Coefficient (TC), internal chip dissipation, and package thermal resistance can increase noise near full scale from 25 μV to 80 μV p-p. Also the linearity in going from a high dissipation count such as 1000 (20 segments on) to a low dissipation count such as 1111 (8 segments on) can suffer by a count or more. Devices with a positive TC reference may require several counts to pull out of an overrange condition. This is because overrange is a low dissipation mode, with the three least significant digits blanked. Similarly, units with a negative TC may cycle between overrange and a nonoverrange count as the die alternately heats and cools. All these problems are of course eliminated if an external reference is used.

The 7106, with its negligible dissipation, suffers from none of these problems. In either case, an external reference can easily be added, as shown in Figure 5.

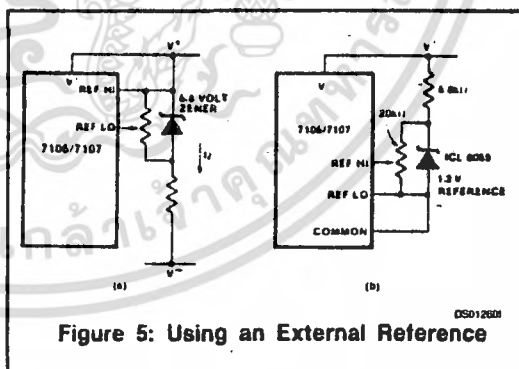


Figure 5: Using an External Reference

Analog COMMON is also used as the input low return during auto-zero and de-integrate. If IN LO is different from analog COMMON, a common mode voltage exists in the system and is taken care of by the excellent CMRR of the converter. However, in some applications IN LO will be set at a fixed known voltage (power supply common for

Note: All typical values have been guaranteed by characterization and are not tested.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ICL7106/ICL7107



ICL7106/ICL7107

(instance). In this application, analog COMMON should be tied to the same point, thus removing the common mode voltage from the converter. The same holds true for the reference voltage. If reference can be conveniently tied to analog COMMON, it should be since this removes the common mode voltage from the reference system.

Within the IC, analog COMMON is tied to an N channel FET that can sink approximately 30mA of current to hold the voltage 2.8 volts below the positive supply (when a load is trying to pull the common line positive). However, there is only 10µA of source current, so COMMON may easily be tied to a more negative voltage thus over-riding the internal reference.

TEST

The TEST pin serves two functions. On the 7106 it is coupled to the internally generated digital supply through a 500Ω resistor. Thus it can be used as the negative supply for externally generated segment drivers such as decimal points or any other presentation the user may want to include on the LCD display. Figures 8 and 9 show such an application. No more than a 1mA load should be applied.

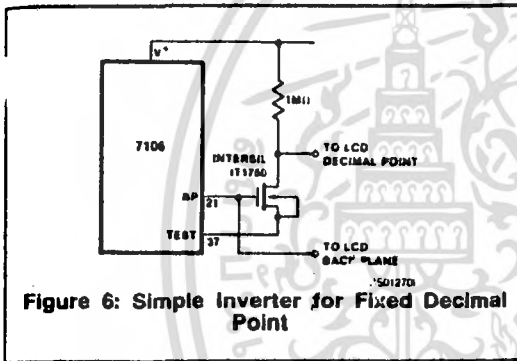


Figure 6: Simple Inverter for Fixed Decimal Point

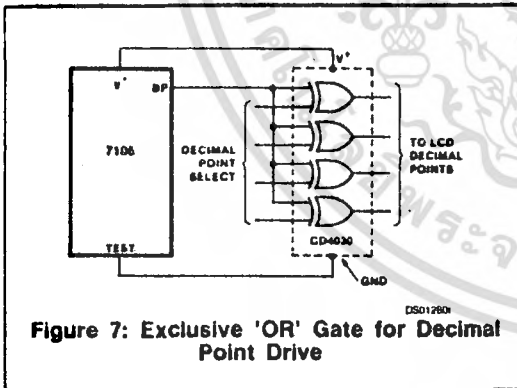


Figure 7: Exclusive 'OR' Gate for Decimal Point Drive

The second function is a "lamp test". When TEST is pulled high (to V+) all segments will be turned on and the display should read — 1888. The TEST pin will sink about 10mA under these conditions.

Caution: on the 7106, in the lamp test mode, the segments have a constant DC voltage (no square-wave) and may burn the LCD display if left in this mode for several minutes.

DIGITAL SECTION

Figures 8 and 9 show the digital section for the 7106 and 7107, respectively. In the 7106, an internal digital ground is generated from a 6 volt Zener diode and a large P channel source follower. This supply is made stiff to absorb the relative large capacitive currents when the back plane (BP) voltage is switched. The BP frequency is the clock frequency divided by 800. For three readings/second this is a 60MHz square wave with a nominal amplitude of 5 volts. The segments are driven at the same frequency and amplitude and are in phase with BP when OFF, but out of phase when ON. In all cases negligible DC voltage exists across the segments.

Figure 9 is the Digital Section of the 7107. It is identical to the 7106 except that the regulated supply and back plane drive have been eliminated and the segment drive has been increased from 2 to 8 mA, typical for instrument size common anode LED displays. Since the 1000 output (pin 19) must sink current from two LED segments, it has twice the drive capability or 16mA.

In both devices, the polarity indication is "on" for negative analog inputs. If IN LO and IN HI are reversed, this indication can be reversed also, if desired.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ICL7106/ICL7107

DISPLAY FONT

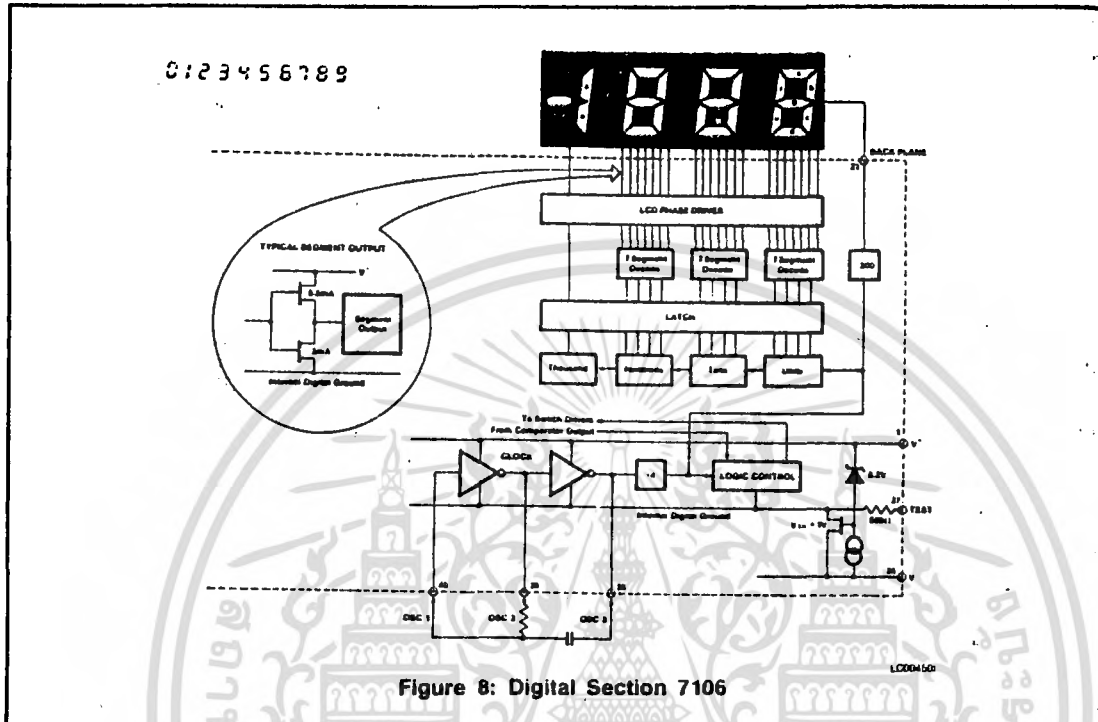


Figure 8: Digital Section 7106

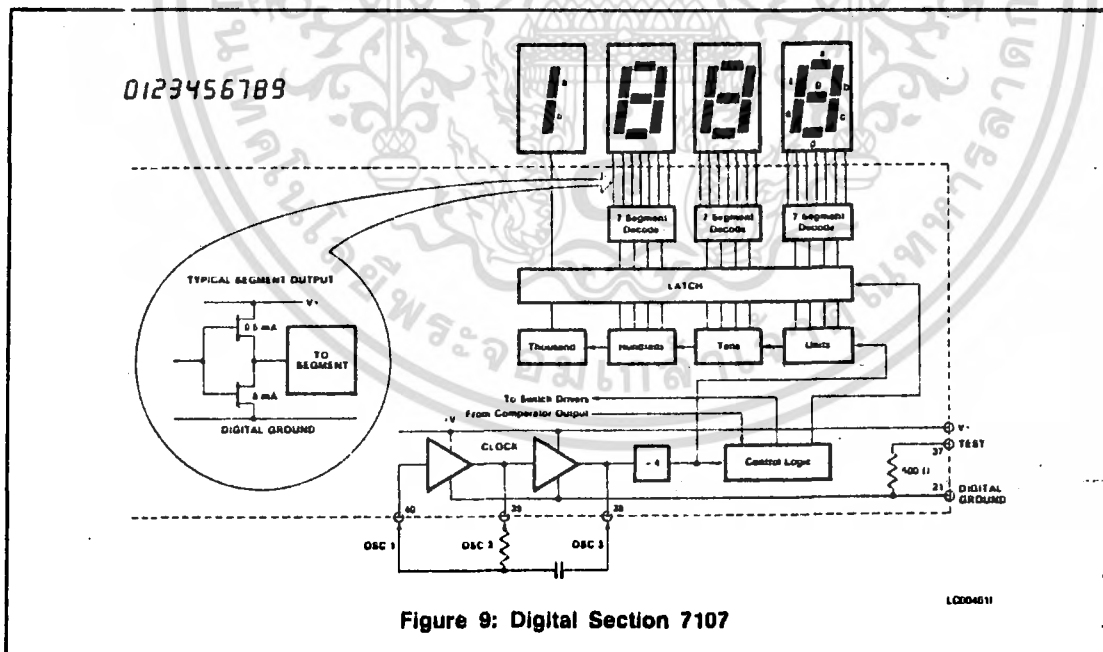


Figure 9: Digital Section 7107

Note: All typical values have been guaranteed by characterization and are not tested.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

System Timing

Figure 10 shows the clocking arrangement used in the 7106 and 7107. Three basic clocking arrangements can be used

1. An external oscillator connected to pin 40.
2. A crystal between pins 39 and 40.
3. An R-C oscillator using all three pins.

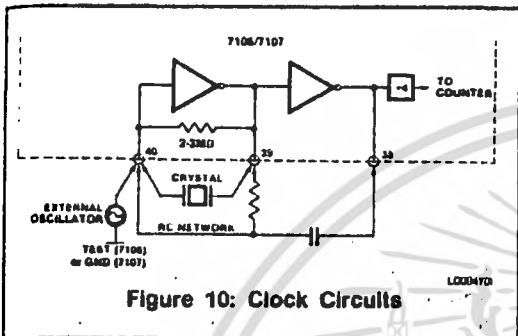


Figure 10: Clock Circuits

The oscillator frequency is divided by four before it clocks the decade counters. It is then further divided to form the three convert-cycle phases. These are signal integrate (1000 counts), reference de-integrate (0 to 2000 counts) and auto-zero (1000 to 3000 counts). For signals less than full scale, auto-zero gets the unused portion of reference de-integrate. This makes a complete measure cycle of 4,000 counts (16,000 clock pulses) independent of input voltage. For three readings/second, an oscillator frequency of 48kHz would be used.

To achieve maximum rejection of 60Hz pickup, the signal integrate cycle should be a multiple of 60Hz. Oscillator frequencies of 240kHz, 120kHz, 80kHz, 60kHz, 48kHz, 40kHz, 33 1/3kHz, etc. should be selected. For 50Hz rejection, Oscillator frequencies of 200kHz, 100kHz, 66 2/3 kHz, 50kHz, 40kHz, etc. would be suitable. Note that 40kHz (2.5 readings/second) will reject both 50 and 60Hz (also 400 and 440Hz).

COMPONENT VALUE SELECTION

Integrating Resistor

Both the buffer amplifier and the integrator have a class A output stage with 100µA of quiescent current. They can supply 20µA of drive current with negligible non-linearity. The integrating resistor should be large enough to remain in this very linear region over the input voltage range, but small enough that undue leakage requirements are not placed on the PC board. For 2 volt full scale, 470kΩ is near optimum and similarly a 47kΩ for a 200.0 mV scale.

Integrating Capacitor

The integrating capacitor should be selected to give the maximum voltage swing that ensures tolerance build-up will not saturate the integrator swing (approx. 0.3 volt from either supply). In the 7106 or the 7107, when the analog COMMON is used as a reference, a nominal ±2 volt full scale integrator swing is fine. For the 7107 with ±5 volt supplies and analog COMMON tied to supply ground, a ±3.5 to ±4 volt swing is nominal. For three readings/second (48kHz clock) nominal values for C_{INT} are 0.22µF and

0.10µF, respectively. Of course, if different oscillator frequencies are used, these values should be changed in inverse proportion to maintain the same output swing.

An additional requirement of the integrating capacitor is that it must have a low dielectric absorption to prevent roll-over errors. While other types of capacitors are adequate for this application, polypropylene capacitors give undetectable errors at reasonable cost.

Auto-Zero Capacitor

The size of the auto-zero capacitor has some influence on the noise of the system. For 200mV full scale where noise is very important, a 0.47µF capacitor is recommended. On the 2 volt scale, a 0.047µF capacitor increases the speed of recovery from overload and is adequate for noise on this scale.

Reference Capacitor

A 0.1µF capacitor gives good results in most applications. However, where a large common mode voltage exists (i.e. the REF LO pin is not at analog COMMON) and a 200mV scale is used, a larger value is required to prevent roll-over error. Generally 1.0µF will hold the roll-over error to 0.5 count in this instance.

Oscillator Components

For all ranges of frequency a 100kΩ resistor is recommended and the capacitor is selected from the equation $f = \frac{0.45}{RC}$. For 48kHz clock (3 readings/second), C = 100pF.

Reference Voltage

The analog input required to generate full-scale output (2000 counts) is: V_{IN} = 2V_{REF}. Thus, for the 200.0mV and 2.000 volt scale, V_{ref} should equal 100.0 mV and 1.000 volt, respectively. However, in many applications where the A/D is connected to a transducer, there will exist a scale factor other than unity between the input voltage and the digital reading. For instance, in a weighing system, the designer might like to have a full scale reading when the voltage from the transducer is 0.682V. Instead of dividing the input down to 200.0mV, the designer should use the input voltage directly and select V_{REF} = 0.341V. Suitable values for integrating resistor and capacitor would be 120kΩ and 0.22µF. This makes the system slightly quieter and also avoids a divider network on the input. The 7107 with ±5V supplies can accept input signals up to ±4V. Another advantage of this system occurs when a digital reading of zero is desired for V_{IN} ≠ 0. Temperature and weighing systems with a variable tare are examples. This offset reading can be conveniently generated by connecting the voltage transducer between IN HI and COMMON and the variable (or fixed) offset voltage between COMMON and IN LO.

7107 Power Supplies

The 7107 is designed to work from ±5V supplies. However, if a negative supply is not available, it can be generated from the clock output with 2 diodes, 2 capacitors, and an inexpensive I.C. Figure 11 shows this application. See ICL7660 data sheet for an alternative.

Note: All typical values have been guaranteed by characterization and are not tested.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ICL7106/ICL7107

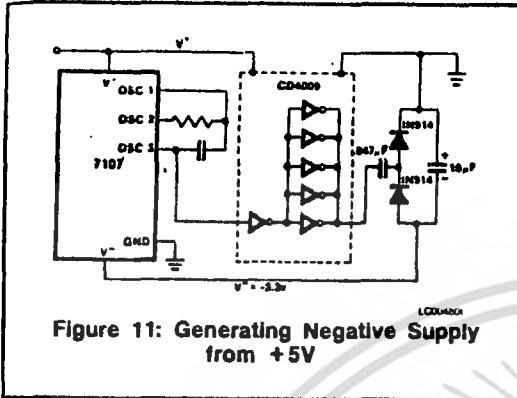


Figure 11: Generating Negative Supply from +5V

In fact, in selected applications no negative supply is required. The conditions to use a single +5V supply are:

1. The input signal can be referenced to the center of the common mode range of the converter.
2. The signal is less than ± 1.5 volts.
3. An external reference is used.

TYPICAL APPLICATIONS

The 7106 and 7107 may be used in a wide variety of configurations. The circuits which follow show some of the possibilities, and serve to illustrate the exceptional versatility of these A/D converters.

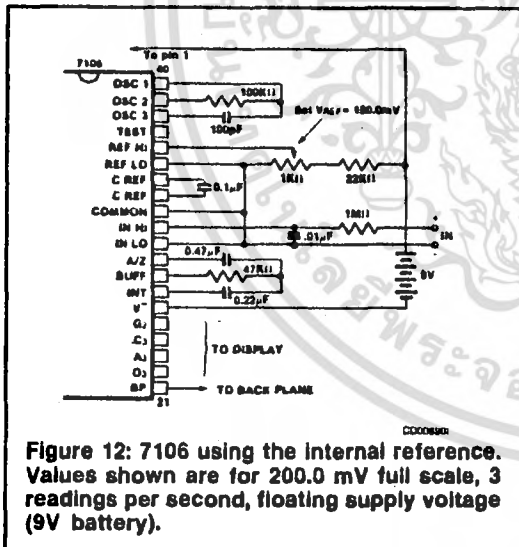


Figure 12: 7106 using the internal reference. Values shown are for 200.0 mV full scale, 3 readings per second, floating supply voltage (9V battery).

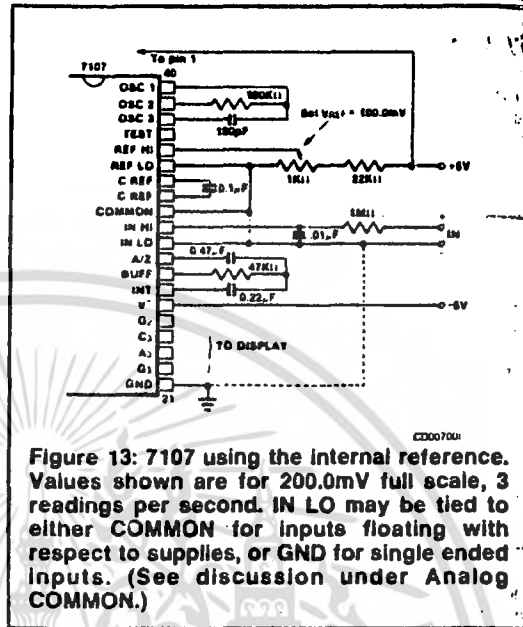


Figure 13: 7107 using the internal reference. Values shown are for 200.0mV full scale, 3 readings per second. IN LO may be tied to either COMMON for inputs floating with respect to supplies, or GND for single ended inputs. (See discussion under Analog COMMON.)

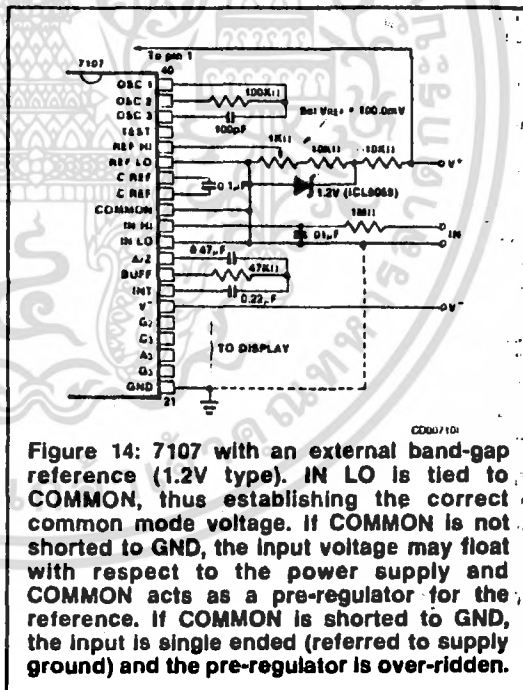


Figure 14: 7107 with an external band-gap reference (1.2V type). IN LO is tied to COMMON, thus establishing the correct common mode voltage. If COMMON is not shorted to GND, the input voltage may float with respect to the power supply and COMMON acts as a pre-regulator for the reference. If COMMON is shorted to GND, the input is single ended (referred to supply ground) and the pre-regulator is over-ridden.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ICL7106/ICL7107



ICL7106/ICL7107

TYPICAL APPLICATIONS (CONT.)

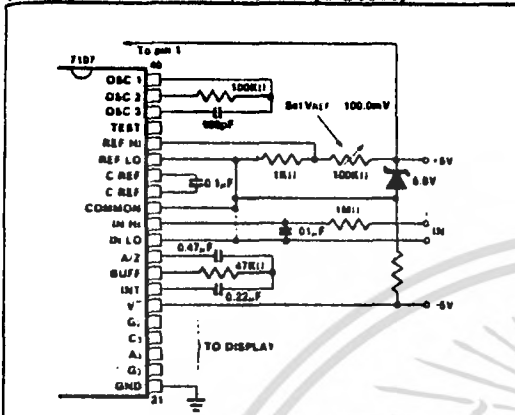


Figure 15: 7107 with Zener diode reference. Since low T.C. zeners have breakdown voltages ~ 6.8V, diode must be placed across the total supply (10V). As in the case of Figure 15, IN LO may be tied to either COMMON or GND.

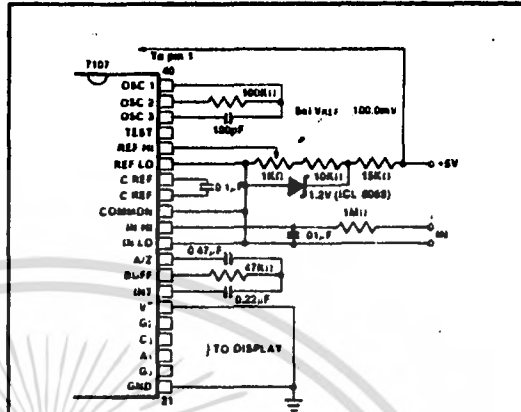


Figure 17: 7107 operated from single +5V supply. An external reference must be used in this application, since the voltage between V+ and V- is insufficient for correct operation of the internal reference.

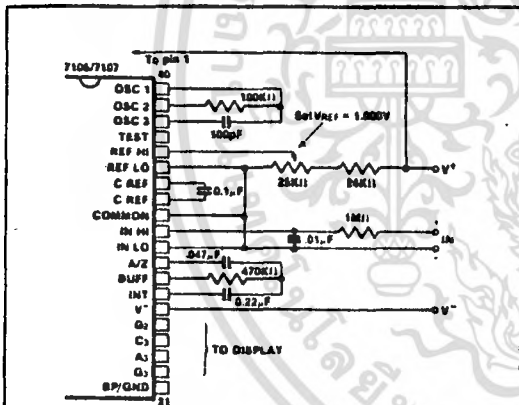


Figure 16: 7106/7107: Recommended component values for 2.000V full scale.

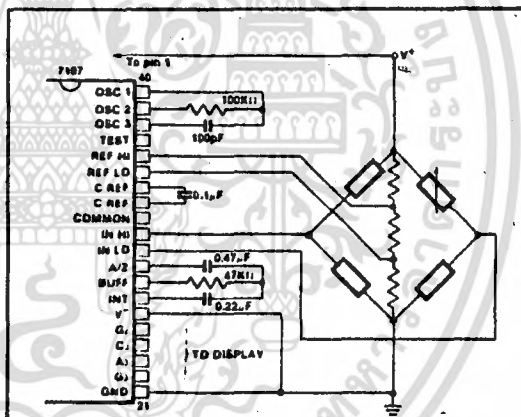


Figure 18: 7107 measuring ratiometric values of Quad Load Cell. The resistor values within the bridge are determined by the desired sensitivity.

6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ICL7106/ICL7107

TYPICAL APPLICATIONS (CONT.)

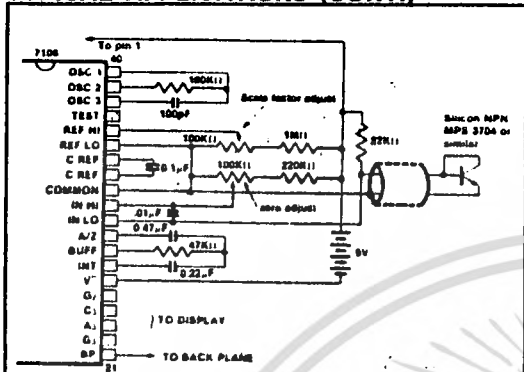


Figure 19: 7106 used as a digital centigrade thermometer. A silicon diode-connected transistor has a temperature coefficient of about $-2\text{mV}/^\circ\text{C}$. Calibration is achieved by placing the sensing transistor in ice water and adjusting the zeroing potentiometer for a 000.0 reading. The sensor should then be placed in boiling water and the scale-factor potentiometer adjusted for 100.0 reading.

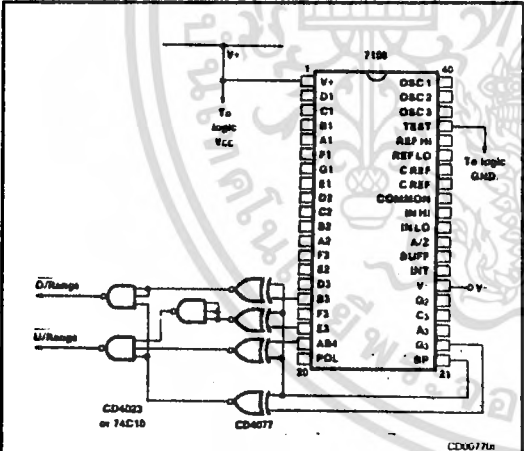


Figure 20: Circuit for developing Underrange and Overrange signals from 7106 outputs.

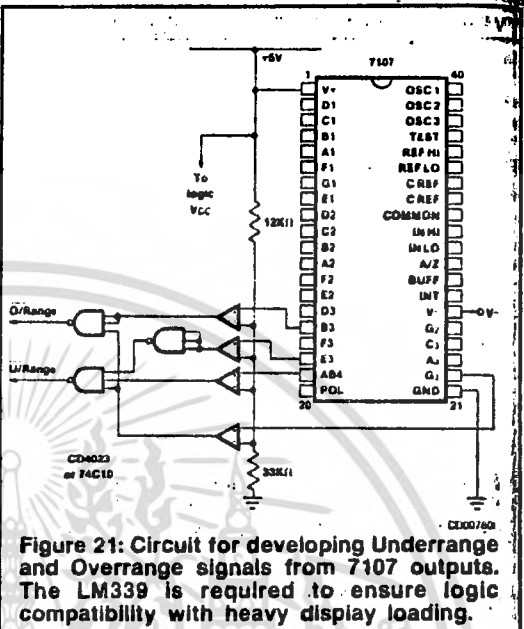


Figure 21: Circuit for developing Underrange and Overrange signals from 7107 outputs. The LM339 is required to ensure logic compatibility with heavy display loading.

7106/7107 EVALUATION KITS

After purchasing a sample of the 7106 or the 7107, the majority of users will want to build a simple voltmeter. The parts can then be evaluated against the data sheet specifications, and tried out in the intended application. However, locating and purchasing even the small number of additional components required, then wiring a breadboard, can often cause delays of days or sometimes weeks. To avoid this problem and facilitate evaluation of these unique circuits, Intersil is offering a kit which contains all the necessary components to build a 3 1/2-digit panel meter. With the help of this kit, an engineer or technician can have the system "up and running" in about half an hour.

Two kits are offered, the ICL7106EV/KIT and the ICL7107EV/KIT. Both contain the appropriate IC, a circuit board, a display (LCD for 7106EV/KIT, LEDs for 7107EV/KIT), passive components, and miscellaneous hardware.

APPLICATION NOTES

- A016 "Selecting A/D Converters", by David Fullagar.
- A017 "The Integrating A/D Converter", By Lee Evans.
- A018 "Do's and Don'ts of Applying A/D Converters", by Peter Bradshaw and Skip Osgood.
- A019 "4 1/2-Digit Panel Meter Demonstrator/Instrumentation Boards", by Michael Dufort.
- A023 "Low Cost Digital Panel Meter Designs", by David Fullagar and Michael Dufort.
- A032 "Understanding the Auto-Zero and Common Mode Performance of the ICL7106/7/9 Family", by Peter Bradshaw.
- A046 "Building a Battery-Operated Auto Ranging DVM with the ICL7106", by Larry Goff.
- A052 "Tips for Using Single-Chip 3 1/2-Digit A/D Converters", by Dan Watson.

Note: All typical values have been guaranteed by characterization and are not tested.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ICL7106/ICL7107

7106/ICL7107

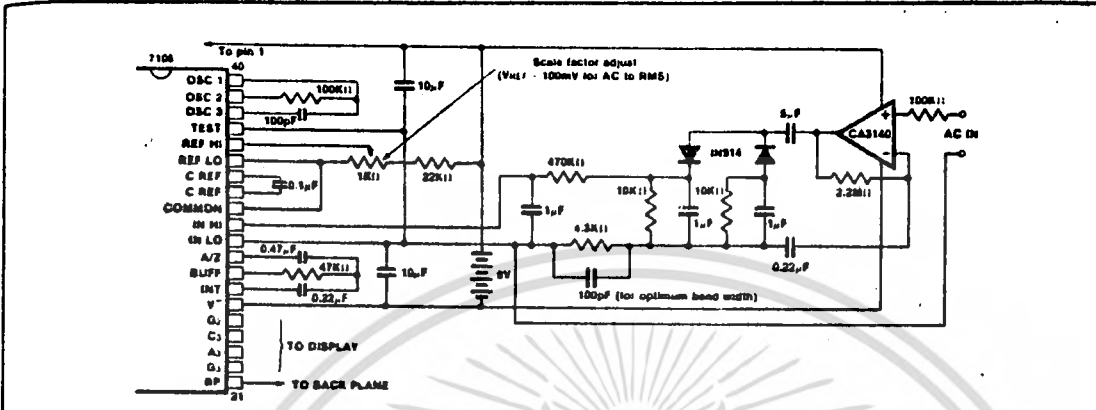


Figure 22: AC to DC Converter with 7106. TEST is used as a common mode reference level to ensure compatibility with most op-amps.

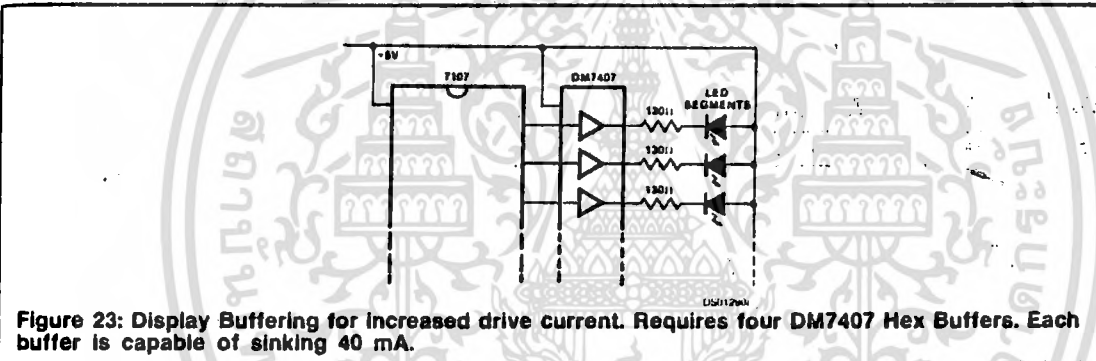


Figure 23: Display Buffering for increased drive current. Requires four DM7407 Hex Buffers. Each buffer is capable of sinking 40 mA.

Note: All typical values have been guaranteed by characterization and are not tested.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Willis J. Tompkins, John G. Webster, Interfacing Sensors To The IBM PC, pp. 59-105, Prentice-Hall International, Inc, 1988
2. จิติ หนูแก้ว, เทคนิคการเชื่อมต่อ IBM PC กับอุปกรณ์ภายนอกเพื่อประยุกต์ใช้งานต่าง ๆ, หน้า 9-77 , ซีเอ็ดยูเคชั่น , 2535
3. สมชัย ลัมเจริญ, สัมฤทธิ์ จักรเพ็ชรวารุณ, ระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นโดยไมโครโปรเซสเซอร์, วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, พ.ศ 2534
4. ชาวดิ พิชัยรัตน์, ศราวุธ วังบุญคง, สมภพ ภูริวิกรัยพงศ์, เครื่องควบคุมอุณหภูมิแบบโปรแกรมได้ , วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี , ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ , คณะวิทยาศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, พ.ศ 2532
5. จิติ หนูแก้ว , " การเชื่อมต่องานทดลองทางฟิสิกส์ เข้ากับคอมพิวเตอร์ ", เซมิคอนดักเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ , 100(2533):276-281
6. ชัชวาล โชติวารินทร์ , " LM 335 ตัวตรวจวัดอุณหภูมิ " , เซมิคอนดักเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ , 91(2532):159-165
7. ปราโมทย์ จูทาพร , " เข้าใจและใช้งานโซลิดสเตตรีเลย์ ตอนที่ 1 " , เซมิคอนดักเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ , 107(2534): 92-97
8. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, Energy , หน้า 54-58, อักษรเจริญทัศน์, 2531
9. วิจิตร คงพล, พลังงานกับชีวิต , หน้า 32-34 , โอเดียนสโตร์ , 2524
10. บุญเลิศ เอี่ยมทัศน, เรียนรู้ภาษาปาสคาลด้วยเทอร์โบปาสคาล 4.0-5.0, หน้า 235-256, 2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสุติมา เจริญศิลป์ชัย เกิดวันที่ 4 พฤษภาคม พ.ศ. 2514 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนสายปัญญา และได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรีสาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2534

นายชานนท์ ศรีสุทธิ เกิดวันที่ 10 พฤษภาคม พ.ศ. 2513 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้น และระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนีย์) และได้เข้าศึกษาต่อระดับปริญญาตรี สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง และสำเร็จการศึกษาในปีการศึกษา 2534

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้