สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องติดตามตำแหน่งผู้บุกรุกโดยการตรวจจับอินฟราเรดแบบพาสซีฟ

POSITION TRACKER BY PASSIVE INFRARED DETECTION

โดย

นาย สง่าพงษ์ พรชัยพิมลพันธ์

T 0 8 6 7 3 4

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....86734
วัน,เดือน,ปี.....14...ส.ค...2552

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

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

สาขาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	**เครื่องติดตามตำแหน่งผู้บุกรุกโดยการตรวจจับอินฟราเรดแบบพาสซีฟ**
	POSITION TRACKER BY PASSIVE INFRARED DETECTION
ชื่อนักศึกษา	**นาย สง่าพงษ์ พรชัยพิมลพันธ์**
อาจารย์ที่ปรึกษา	**อ.จารย์ อุทัย ศรีธีระวิโรจน์**
ภาควิชา	**เทคนิคอุตสาหกรรม**
ปีการศึกษา	2539

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตร์บัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

---------- ประธานกรรมการ
( )

---------- กรรมการ
( )

---------- กรรมการ
( )

---------- กรรมการ
( )

---------- กรรมการ
( )

---------- กรรมการ
( )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องติดตามตำแหน่งผู้บุกรุกโดยการตรวจจับอินฟราเรดแบบพาสซีฟ

โดย	นาย สง่าพงษ์ พรชัยพิมลพันธ์ รหัส 37013360
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ อุทัย ศรีธีระวิโรจน์
ปีการศึกษา	2539

บทคัดย่อ

โครงงานเครื่องติดตามตำแหน่งผู้บุกรุกโดยการตรวจจับรังสีอินฟราเรดแบบพาสซีฟ เป็นการควบคุมตำแหน่งของกล้อง ให้สามารถติดตามตำแหน่งของสิ่งมีชีวิตที่เคลื่อนไหวโดยใช้วิธีติดตามในแนวแกนเดียว คือ ติดตามในแนวระนาบรอบจุดศูนย์กลาง

วัตถุประสงค์ของโครงการนี้ เพื่อสาธิตการตรวจจับรังสีความร้อน โดยใช้อุปกรณ์ไพโรอิเล็กทริกเซ็นเซอร์ แบบ ดูออลอิลิเมนต์ (Dual element) และการประยุกต์การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้มีการทำงานตามเป้าหมายของโครงงาน

การทำงานของระบบนี้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนค้นหาตำแหน่งของรังสีความร้อน และส่วนควบคุมกล้องบันทึกภาพให้หันไปตามทิศทางของรังสีความร้อนที่ได้รับ

ผู้จัดทำหวังว่าโครงงานนี้จะเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้งานตัวตรวจจับรังสีความร้อนโดยใช้หลักการพาสซีฟ อินฟราเรด (Passive infrared) และไมโครคอนโทรลเลอร์สำหรับงานระบบรักษาความปลอดภัยทางอิเล็กทรอนิกส์ และเป็นความรู้แก่บุคคลทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

POSITION TRACKER BY PASSIVE INFRARED DETECTION

BY MR. SA-NGAPONG PORNCHAIPIMONPHAN

ADVISOR MR. UTHAI SRITIRAVIROD

ACADEMIC YEAR 1996

ABSTRACT

The position tracker by passive infrared detection in this project is the system for controlling position of camera in order to tracking the position of intruders which moving by used the method of one-axis tracking is in around the center point.

The objective of this project is to show the method of detection infrared ray which radiate from human body ,while movement by pyroelectric sensor and application microcontroller .

There are two parts in operating of this system . The first part is detection the infrared ray in four direction around the center point , and the second part is the controller the stepping motor for moving the camera follow the direction of infrared ray.

It's believe that this project will help in improving the use of microcontroller for electronic security system and will provide knowledge to other people .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

การทำปริญญานิพนธ์เรื่อง เครื่องติดตามตำแหน่งผู้บุกรุก ได้รับความร่วมมือและความช่วยเหลือจากบุคคลต่อไปนี้

อาจารย์ อุทัย ศรีธีระวิโรจน์ (อาจารย์ที่ปรึกษา)

อาจารย์ในภาคทุกๆท่านที่ให้คำปรึกษา และความรู้

ฝ่ายช่างเครื่องมือแพทย์ โรงพยาบาลบำรุงราษฎร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้สถานที่และเครื่องมือในการทดสอบคุณสมบัติของตัวตรวจจับรังสีความร้อน

เพื่อน ๆ ทุกคนที่คอยให้ความช่วยเหลือในทางโอกาส

ผู้จัดทำต้องของขอบคุณบุคคลต่างๆ ที่กล่าวมาและที่ยังไม่ได้กล่าวถึง โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือ บิดามารดาและบรรดาพี่น้องทุกคนที่คอยเป็นกำลังใจ และคอยอำนวยความสะดวกในเรื่องต่างๆ เป็นอย่างดี

สง่าพงษ์ พรชัยพิมลพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	
กิตติกรรมประกาศ	
สารบัญเรื่อง	
สารบัญรูปภาพ	
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎี	3
2.1 การแผ่พลังงานและรังสีอินฟราเรด	4
2.2 ไพโรอิเล็กทริกเซ็นเซอร์	9
2.3 ออปติคอลฟิลเตอร์	15
2.4 การออกแบบวงจรขยายสัญญาณ	16
2.5 สเต็ปมอเตอร์	19
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์	26
บทที่ 3 การออกแบบ	48
บทที่ 4 การทดลอง	53
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง , ปัญหาและแนวทางแก้ไข	56
บรรณานุกรม	57
ภาคผนวก	58
ภาคผนวก A รายละเอียดวงจร	
ภาคผนวก B โปรแกรมควบคุมระบบ	
ภาคผนวก C DATA SHEET	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
2.1.1	แสดงสเปคตรัมของรังสีที่แผ่ออกมาจากวัตถุดำ	4
2.1.2	แสดงรายละเอียดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่และความยาวคลื่นต่างกัน	6
2.1.3	แสดงการแบ่งช่วงของความยาวคลื่นของแสง	6
2.1.4	แสดงวัฏจักรความร้อนของร่างกายมนุษย์	7
2.2.1	แสดงลักษณะของไพโรอิเล็กทริกแบบซิงเกิลอิลิเมนต์	9
2.2.2	แสดงลักษณะของไพโรอิเล็กทริกแบบดูออลอิลิเมนต์	10
2.2.3	แสดงสัญลักษณ์และส่วนประกอบภายในของไพโรอิเล็กทริก	11
2.2.4	แสดงโครงสร้างของผลึกที่ไม่เรียงตัว	12
2.2.5	แสดงโครงสร้างของผลึกที่เรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ	12
2.2.6	แสดงการรวมตัวและแยกตัวของประจุ	12
2.2.7	แสดงการเปลี่ยนแปลงของโพราไรซ์กับอุณหภูมิ	13
2.3.1	แสดงพื้นที่ๆถูกตรวจจับถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ ตามจำนวนเลนซ์	15
2.3.2	แสดงช่วงความยาวคลื่นและการตอบสนองต่อการกรองของออปติคอลฟิลเตอร์	15
2.4.1	แสดงวงจรขยายสัญญาณความถี่ต่ำที่มีอัตราการขยายสัญญาณเป็น 1	16
2.4.2	แสดงวงจรขยายสัญญาณความถี่ต่ำซึ่งมีสัญญาณรบกวนน้อย	17
2.4.3	แสดงวงจรไฟสลับ	17
2.4.4	แสดงวงจรชดเชยความถี่	18
2.5.1	แสดงโครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์ แบบ Solenoid ratchetel	19
2.5.2	แสดงรูปสเต็ปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร	20
2.5.3	แสดงลักษณะของโรเตอร์ที่เป็นแม่เหล็กถาวรของโรเตอร์	20
2.5.4	ภาพตัดขวางของสเต็ปมอเตอร์ที่มีโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร 2 ชุด	20
2.5.5	โครงสร้างของสเต็ปมอเตอร์ที่มีโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร	21
2.5.6	แสดงภาพตัดขวางของสเต็ปมอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร ที่มีโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวรและมีสเตเตอร์อยู่รอบ	22
2.5.7	แสดงการกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ป	23
2.5.8	คุณลักษณะของสเต็ปมอเตอร์ ของแรงบิดกับอัตราพัลซ์	24
2.5.9	แสดงวงจรไดโอดซัพเพรสเซอร์	24
2.5.10	แสดงวงจรไดโอดซีเนอร์ซัพเพรสเซอร์	25
2.5.11	แสดงวงจรซีเนอร์ไดโอดซัพเพรสเซอร์	25
2.5.12	แสดงวงจรคอมพาเรเตอร์ซัพเพรสเซอร์	25
2.6.1	แสดงการนำเสนอของ 8051	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2	สัญญาณของ 8051 ที่ใช้ระหว่างการติดต่อเพื่ออ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก	28
2.6.3	ภาพสัญญาณเวลาแสดงการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก	29
2.6.4	การเชื่อมต่อเพื่อขยายหน่วยความจำโปรแกรม	30
2.6.5.	โครงสร้างของแต่ละบิตภายใน8051	34
2.6.6	แสดงลอจิกควบคุมของไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์	38
2.6.7	แสดงการทำงานในโหมดไทม์เมอร์ 0 และ 1	39
2.6.8	แสดงเวลาของการส่งข้อมูลในรีจิสเตอร์เลื่อนข้อมูลโหมด 0	42
2.6.9	แสดงรูปแบบ word ข้อมูล UART มาตรฐาน	42
2.6.10	แสดงรูปแบบ word ข้อมูลในโหมดมัลติโพรเซสเซอร์	43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทนำ

ความเป็นมา

ในปัจจุบันการใช้กล้อง เพื่อบันทึกเหตุการณ์ต่างๆ เป็นที่นิยม เนื่องจากปัจจุบันราคาของกล้องและเครื่องเล่นถูกลงมามาก จึงได้มีการนำมาประยุกต์ใช้กับงานอื่นๆ อีกเช่นบันทึกภาพสิ่งมีชีวิตต่างๆ เพื่อศึกษาพฤติกรรมของสิ่งมีชีวิตเหล่านั้น บางครั้งก็ใช้ในงานรักษาความปลอดภัย แต่งานประเภทนี้จำเป็นต้องมีผู้ควบคุมอยู่ตลอดเวลาเนื่องจากจะต้องคอยควบคุมให้กล้องเคลื่อนที่เพื่อจับภาพเป้าหมายตลอดเวลา ดังนั้นจึงทำการประยุกต์เอาไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อเข้ามาควบคุมการแพน (Pan) หาตำแหน่งจับภาพของกล้อง

โครงงานนี้ทำการศึกษาและ สร้างระบบการติดตามการเคลื่อนไหว โดยควบคุมการเคลื่อนที่ของกล้องให้สัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของวัตถุที่กำลังเคลื่อนไหว โดยอาศัยอุปกรณ์รับรังสีความร้อนและไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นหัวใจหลักในการทำงาน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติและการใช้งานของไพโรอิเล็กทริกเซ็นเซอร์(pyroelectric sensor) แบบดูออลอิลิเมนต์ (dual element) เพื่อให้สามารถตรวจจับรังสีความร้อนโดยสัมพันธ์กับทิศทางของแหล่งกำเนิดรังสีความร้อน
2. เพื่อศึกษาวิธีการควบคุมสเต็ปมอเตอร์ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม
3. สร้างเครื่องติดตามผู้บุกรุกโดยการตรวจจับรังสีอินฟราเรด

ขอบเขตของโครงงาน

โครงงานนี้มีจุดมุ่งหมายในการสร้างระบบควบคุมการติดตามตำแหน่งผู้บุกรุกเพื่อใช้ในการควบคุมทิศทางการแพน (Pan) ของกล้อง เพื่อให้อยู่ในตำแหน่งที่ สามารถบันทึกภาพสิ่งมีชีวิตได้ตลอด

โครงสร้างของระบบการติดตามตำแหน่งผู้บุกรุกคือตัวรับรังสีความร้อนจะถูกติดตั้งไว้รอบๆ จุดศูนย์กลางเพื่อหาตำแหน่งที่สามารถรับรังสีความร้อนจากสิ่งมีชีวิต จากนั้นทำการเคลื่อนที่กล้องไปยังตำแหน่งที่สามารถรับรังสีความร้อนจากสิ่งมีชีวิตได้ โดยใช้สเต็ปมอเตอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม

ลำดับขั้นการทำงาน

1. กำหนดขอบเขตของงาน
2. พิจารณาปัญหา และศึกษาความเป็นไปได้
3. ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
4. กำหนดหลักการ
5. ออกแบบ และสร้าง
6. ทดสอบเก็บข้อมูล
7. วิเคราะห์ และประเมินผล
8. สรุป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำความรู้ที่เรียนมา มาประยุกต์ใช้ในการพัฒนางานขึ้นมา
2. สร้างระบบติดตามการเคลื่อนไหว ซึ่งสามารถนำไปใช้งานในงานรักษาความปลอดภัยทางอิเล็กทรอนิกส์

หลักการ

ระบบการติดตามผู้บุกรุก ต้องอาศัยการรับรังสีความร้อน(รังสีอินฟราเรด ; INFRARED) ที่ส่งมาจากสิ่งมีชีวิต โดยตัวไพโรอิเล็กทริกเซ็นเซอร์ จะเป็นตัวเปลี่ยนรังสีความร้อนที่ได้ให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า จากนั้นจึงนำสัญญาณที่ได้ไปผ่านกระบวนการประมวลผลเพื่อควบคุมให้กล้องบันทึกภาพสามารถแพนตามแหล่งกำเนิดรังสีความร้อน หลักการทำงานของระบบติดตามผู้บุกรุก สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. ส่วนค้นหาตำแหน่งที่ทำให้ ตัวไพโรอิเล็กทริก สามารถรับรังสีความร้อนได้
2. ส่วนควบคุมตำแหน่งของสเต็ปมอเตอร์ที่ทำให้กล้องเคลื่อนไหว

การทำงานของส่วนค้นหาตำแหน่ง ที่ทำให้ตัวไพโรอิเล็กทริก สามารถรับรังสีความร้อนได้นั้นจะใช้การติดตั้งตัวเซ็นเซอร์อินฟราเรด เป็น 4 จุดโดยที่แต่ละจุดจะอยู่ห่างกันเป็นมุม 90 องศา ค่าแรงดันที่ได้จากตัวไพโรอิเล็กทริกจะถูกขยายขึ้นและถูกส่งผ่านไปยังวงจรโมโนสเตเบิล เมื่อได้เอาท์พุทที่มีค่าเวลาที่แน่นอนแล้วจะนำเอาท์พุทที่ได้ไปควบคุมสวิทช์ทรานซิสเตอร์เพื่อใช้ในการสแกนต่อไป โดยจะส่งแรงดันไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยผ่านทางอินพุท พอร์ท (INPUT PORT) จากนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำการสแกนเพื่อหาตำแหน่งของเซ็นเซอร์ที่รับอินฟราเรดได้ เมื่อประมวลผลหาทิศทางได้แล้วจะทำการขับเคลื่อนสเต็ปมอเตอร์สำหรับหมุนกล้องต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎี

บทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่ใช้เป็นแนวคิดพื้นฐานในการออกแบบ โครงงานนี้ ซึ่ง ประกอบด้วยหัวข้อสำคัญดังต่อไปนี้

2.1 การแผ่พลังงานและรังสีอินฟราเรด (Propergation of energy and infrared ray)

2.2 ไพโรอิเล็กทริก เซ็นเซอร์ (Pyroelectric sensor)

2.3 ออปติคอล ฟิลเตอร์ (Optical filter)

2.4 การออกแบบวงจรขยายสัญญาณ (Signal amplifier circuit design)

2.5 สเต็ปมอเตอร์ (Step motor)

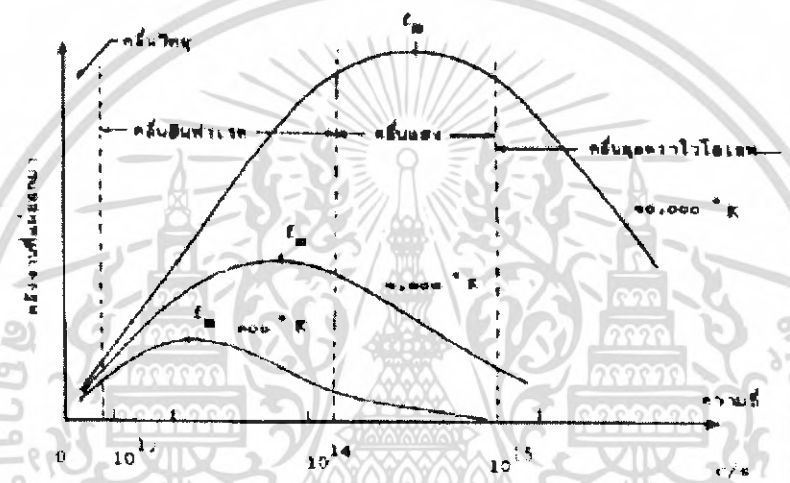
2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51 Microcontroller)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 การแผ่พลังงานจากวัตถุดำ

(THE RADIATE PROPERGATION FROM BLACK BODY)

จากการทดลองในสมัยต้นศตวรรษที่ 19 คือประมาณปี ค.ศ. 1900ได้มีการทดลองเกี่ยวกับเรื่องการแผ่พลังงานออกมาจากวัตถุดำ โดยสามารถสรุปผลจากการทดลองออกมาได้คือ เมื่อวัตถุทุกชนิดได้รับความร้อนที่มีอุณหภูมิสูงกว่าศูนย์องศาสัมบูรณ์ (Kelvin temperature) วัตถุนั้นจะมีการแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกมา โดยที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าดังกล่าวจะมีการแผ่พลังงานออกมาทุกๆความถี่ ซึ่งความถี่ที่ออกมาจะมีค่าตั้งแต่ต่ำสุดไปจนถึงค่าอนันต์ กล่าวคือจากย่านความถี่ต่ำแล้วค่อยๆ สูงขึ้นเป็นคลื่นวิทยุ,รังสีอินฟราเรด , คลื่นแสง , คลื่นอุลตร้าไวโอเลต ดังแสดงตามรูปที่ 2.1.1



รูปที่ 2.1.1 แสดงสเปคตรัมของรังสีที่แผ่ออกมาจากวัตถุดำ

จากทฤษฎีของวีน (WIEN ' S LAW) แสดงความสัมพันธ์ของความถี่ที่มีพลังงานสูงสุด (F_m) ที่อุณหภูมิหนึ่งจากสมการ

$$F_m = 5.9 * 10^{10} T \qquad 2.1.1$$

โดยที่ Fm คือความถี่ที่มีพลังงานสูงสุดซึ่งวัตถุดำปล่อยออกมาที่อุณหภูมิหนึ่ง

T คืออุณหภูมิองศาสัมบูรณ์ของวัตถุดำ

ผลของการทดลองในเรื่องการแผ่รังสีนี้ปรากฏว่า ความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่แผ่ออกมาจะมีค่าตั้งแต่ความถี่ต่ำสุดไปจนถึงความถี่ค่าอนันต์ และสำหรับอุณหภูมิหนึ่ง ๆ แล้ว พลังงานที่แผ่ออกมาจะมีค่าสูงสุดที่ความถี่หนึ่งๆ (F_m) พลังงานส่วนใหญ่ที่แผ่ออกมาที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า F_m และความถี่ใกล้เคียงจะมีค่ามากกว่าพลังงานที่ความถี่อื่นๆมาก พลังงานทั้งหมดที่วัตถุดำแผ่ออกมาที่อุณหภูมิใดๆจะเป็นสัดส่วนโดยตรง กับรังสีของอุณหภูมิองศาสัมบูรณ์ของวัตถุนั้น ซึ่งเราจะเรียกความสัมพันธ์นี้ว่า กฎสเตฟาน- โบลท์แมน (Stafan - Boltzmann) กล่าวคือ

$$E = KT^4 \qquad 2.1.2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ E คือ พลังงานที่แผ่ออกมาจากวัตถุดำที่มีพื้นที่ 1 ตารางเมตรในเวลา 1 วินาที

T คือ อุณหภูมิของวัตถุดำ หน่วยเป็นองศาเคลวิน

K คือ ค่าคงที่ สเตฟาน - โบสท์แมน (Stafan - Boltzmann constant)

$= 5.67*10^{-8}$ watt/ตร.ม. - $^{\circ}K^{4}$

นอกจากนี้แล้วในเวลาต่อมาจะพบว่าพลังงานที่แผ่ออกมาจากวัตถุดำยังขึ้นอยู่กับพื้นผิวของวัตถุดำและเวลาที่ใช้ในการแผ่รังสีอีกด้วยคือ

$$E = KAtT^4 \qquad 2.1.3$$

โดยที่ A คือ พื้นที่ผิวทั้งหมด

t คือ เวลาที่ปล่อยให้เกิดการแผ่รังสี

2.1.1 กายภาพของการแผ่พลังงานรังสี (PHYSICAL OF ENERGY RADIATION)

การแผ่รังสีสามารถกระทำได้โดยผ่านสูญญากาศ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถผ่านสูญญากาศโดยไม่เปลี่ยนแปลง แต่ถ้าผ่านสสารพลังงานจะกลายเป็นรังสีความร้อน

พลังงานรังสีถูกส่งออกมาโดยการสั่นในลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในหลอดแก้วสูญญากาศ คลื่นทั้งหมดจะเคลื่อนที่ด้วยความเร็วเดียวกับแสงแต่ในตัวกลางอื่นๆ ความเร็วของแสงจะลดลงและผกผันกับดัชนีหักเหของตัวกลางนั้น เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าวิ่งผ่านตัวกลางใดความยาวของคลื่นจะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามดัชนีหักเหของตัวกลางนั้น แต่ความถี่จะไม่เปลี่ยนแปลง

ความเร็วของแสงในสูญญากาศสามารถแสดงเป็นสูตรได้ดังนี้

$$V = \lambda f \qquad 2.1.4$$

โดยที่ V = ความเร็วของแสง (ซม. / วินาที) ในสูญญากาศ

λ = ความยาวคลื่น (ซม.)

f = ความถี่ (รอบ / วินาที)

ถ้าวัดความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในอากาศ ค่าความเร็วของแสงในอากาศคือ

$2.997 * 10^{10}$ ซม. / วินาที

2.1.2 ทฤษฎีควอนตัม (Quantum theory)

ทฤษฎีนี้กล่าวไว้ว่าคลื่นมีลักษณะเป็นอณู (Corpuscular) มากกว่าเป็นเพียงการเคลื่อนไหวของคลื่น ปรากฏการณ์ทางเคมีที่เกี่ยวข้องกับแสง (Photo Chemistry) สารเรืองแสง (Fluorescence) และไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับแสง (Photo electricity) สามารถอธิบายได้โดยพลังงานของอณูที่เรียกว่าโฟตอน (Photon) มากกว่าที่เป็นการเคลื่อนไหวของคลื่น ปริมาณพลังงานของแสงหรือควอนตัม (Quantum) ของโฟตอนไม่คงที่ แต่จะแปรเปลี่ยนกับความถี่ตามสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E = hf \qquad 2.1.5$$

เมื่อ E = พลังงานของแสง (จูล)

h = ค่าคงที่ของแพลงค์ มีค่าเท่ากับ $6.626 * 10^{-34}$ จูล-วินาที

f = ความถี่ (รอบต่อวินาที)

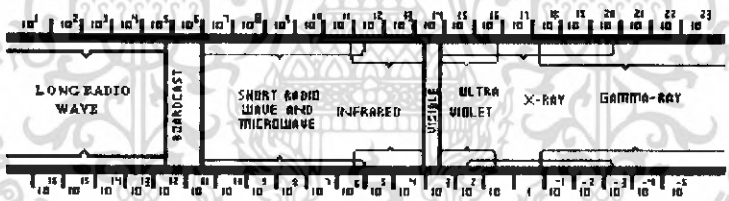
จากสูตร 1 และ 2 จะได้

$$E = hf/\lambda \qquad 2.1.6$$

ข้อคิดของทฤษฎีควอนตัมคือ เมื่ออะตอมหรือโมเลกุลดูดซึมโฟตอนเข้าไป ระดับพลังงานจะสูงขึ้น จากระดับปกติถ้าพลังงานควอนตัมมากพอที่อิเล็กตรอนจะหลุดจากที่เดิมเกิดปฏิกริยาทางเคมีขึ้นถ้าพลังงานน้อยกว่าพลังงานจลน์ของอะตอมหรือโมเลกุลจะทำให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้น

2.1.3 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ELECTROMAGNATICS)

จากการที่ได้ศึกษามาแล้วว่าวัตถุใดก็ตามที่มีอุณหภูมิสูงกว่า ศูนย์องศาสัมบูรณ์ (0 องศาเคลวิน) จะมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแผ่ออกมาโดยที่คลื่นเหล่านี้จะมีความถี่ตั้งแต่ 0 เฮิรตซ์ จนถึงค่าความถี่เป็นอนันต์ โดยเราจะแบ่งย่านความถี่ต่างๆ ออกเป็นดังรูปที่ 2.1.2



รูปที่ 2.1.2 แสดงรายละเอียดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ความถี่และความยาวคลื่นต่างกัน

ขนาดของความถี่จะมีความสัมพันธ์กับความยาวคลื่นเมื่อความยาวคลื่นมีขนาดยาวมากความถี่ก็จะต่ำมาก และเมื่อความยาวคลื่นสั้นมากความถี่ก็จะสูงมาก สำหรับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงมากโดยมีความยาวคลื่นตั้งแต่ 1 ไมโครเมตรลงมา จะเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่อยู่ในรูปของแสง โดยที่จะแบ่งย่านของแสงออกเป็นดังรูปที่ 2.1.3

รังสีแกมม่า	รังสี X	รังสีอุลตร้าไวโอเล็ต	Visible light	รังสีอินฟราเรด	คลื่นไมโครเวฟ
10^{-5}	0.2	0.4	0.75	1000	ความยาวคลื่น

รูปที่ 2.1.3 แสดงการแบ่งย่านของความยาวคลื่นของแสงและสเปคตรัมของรังสีอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหลักการคงอยู่ของพลังงาน พลังงานทั้งหมดจะไม่สามารถสลายไปได้แต่จะเปลี่ยนรูปแบบได้ ในจำนวนนั้นมีพลังงานบางส่วนที่เปลี่ยนรูปเป็นความร้อน เพื่อรักษาความสมดุลย์จึงมีความจะเป็นต้องคลายความร้อนออกไป และหนึ่งในวิธีการกระจายความร้อนออกไปคือวิธีการแผ่รังสี และในขั้นตอนการแผ่รังสีจะมีความร้อนบางส่วนก่อตัวเป็นรังสีอินฟราเรดขึ้นมา

โดยทั่วไปแหล่งพลังงานความร้อนสามารถนำเอาความร้อนในตัวมันเองแผ่กระจายไปยังวัตถุอื่นๆได้ 3 วิธีด้วยกันคือ

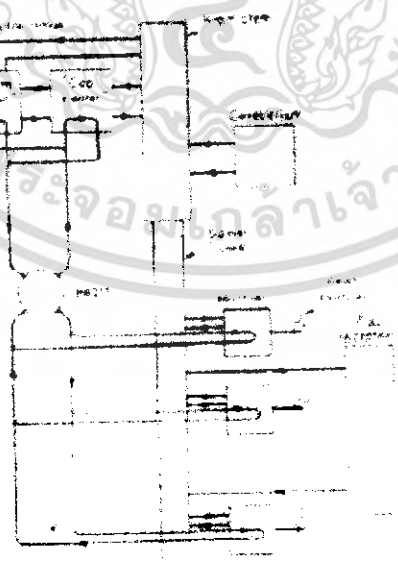
1. การนำความร้อน (Conduction)
2. การพาความร้อน (Convection)
3. การแผ่รังสี (Radiation)

การนำความร้อนนั้นเป็นวิธีที่ ความร้อนผ่านเข้าสู่ภายในวัตถุ จากอุณหภูมิสูงเคลื่อนสู่อุณหภูมิต่ำ การพาความร้อนเป็นวิธีที่ความร้อนถูกลำเลียง ส่งโดยผ่านของเหลวหรือก๊าซ ในส่วนของการแผ่รังสีความร้อนนั้นเป็นวิธีการที่แหล่งความร้อนได้แผ่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไปยังวัตถุโดยตรง ฉะนั้นในส่วนของการแผ่รังสีความร้อน จะแตกต่างกับวิธีของการนำและการพาความร้อน ซึ่งต้องให้ความร้อนกับตัวกลางเสียก่อน ดังนั้นการถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสีนั้นเป็นการกระทำโดยตรง และโดยฉับพลัน

แสงอินฟราเรดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งดังนั้นวิธีการถ่ายเทความร้อนจึงเป็นแบบของการแผ่รังสี การแผ่รังสีของรังสีอินฟราเรดมีความไวเท่ากับความเร็วแสงและมีลักษณะพุ่งเป็นเส้นตรง อีกทั้งยังคงคุณสมบัติของแสงเช่นการหักเห การสะท้อนเช่นเดียวกับแสงโดยทั่วไป

2.1.4 การแผ่รังสีออกจากร่างกายมนุษย์ (The radiation infrared ray from the body of human)

จากคุณลักษณะทางกายภาพร่างการของมนุษย์จะเป็นแหล่งกำเนิดความร้อนชนิดหนึ่ง โดยวัฏจักรความร้อนในร่างกายมนุษย์จะเป็นไปตามที่แสดงในรูปที่ 2.1.4



รูปที่ 2.1.4 วัฏจักรความร้อนของร่างกายมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวโมเลกุลของกล้ามเนื้อเมื่อเกิดปฏิกริยาผลกระทบทางไฟฟ้าที่เกิดจากความร้อน (Pyroelectric effect) จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนรูปแบบพลังงานเป็นการแผ่รังสีความร้อนออกมา โดยที่สสารใดก็ตามที่อยู่ในสภาวะอุณหภูมิศูนย์องศาสัมบูรณ์ เมื่อได้รับพลังงานความร้อนเพิ่มจนอุณหภูมิสูงขึ้นก็จะทำให้เกิดการแผ่รังสีอินฟราเรดออกมา จากรูปที่ 2.1.4 กล้ามเนื้อจะมีพลังงานความร้อนค่าหนึ่งส่งออกมา เพื่อให้ร่างกายมีอุณหภูมิที่คงที่จำเป็นจะต้องมีการถ่ายเทความร้อนออกมาความร้อนที่ถายเทออกมานั้นโดยส่วนใหญ่ก็จะเป็นการแผ่รังสีอินฟราเรดออกมา

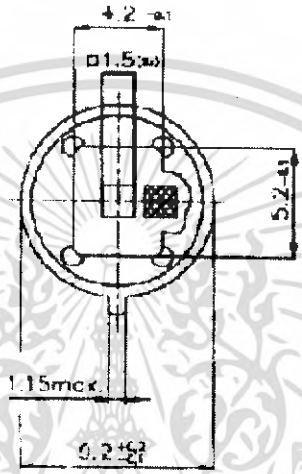
ผลจากการทดลองแสดงให้เห็นว่ารังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากผิวหนังมนุษย์ นั้นจะมีความยาวคลื่นอยู่ในช่วงประมาณ 3 - 50 ไมโครเมตร ในจำนวนนั้นคลื่นที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 8 - 14 ไมโครเมตรจะเป็นช่วงความยาวคลื่นที่มีพลังงานมากที่สุด โดยพลังงานในช่วงนี้คิดเป็นร้อยละ 46 ของรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกมาจากร่างกายมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ไพโรอิเล็กทริกเซ็นเซอร์ (pyro electric sensor)

ไพโรอิเล็กทริก เซ็นเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เปลี่ยนพลังงานจากรังสีความร้อนที่ส่งออกมาจากวัตถุให้เป็นพลังงานไฟฟ้าโดยทั่วไปจะแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

1. ไพโรอิเล็กทริกแบบซิงเกิลอิลิเมนต์ ลักษณะของไพโรอิเล็กทริกแบบซิงเกลอิลิเมนต์ จะมีตัวรับรังสีอินฟราเรดที่ทำมาจากแผ่นเซรามิกที่มีชื่อว่า ลีดไซโคเนต ไตตาเนต (lead zicronate titanate) อยู่ 1 แผ่น โดยจะตั้งอยู่บริเวณกึ่งกลางของตัวรับสัญญาณอินฟราเรดดังรูปที่ 2.2.1

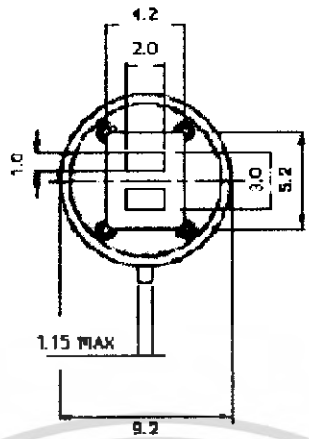


รูปที่ 2.2.1 แสดงลักษณะของไพโรอิเล็คทริกแบบซิงเกิลอิลิเมนต์

ลักษณะการตอบสนองต่อรังสีอินฟราเรดของไพโรอิเล็กทริกชนิดนี้จะให้การตอบสนองเป็นแบบพัลซ์โดยขนาดของพัลซ์จะขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มของรังสีความร้อนที่ได้รับ และยังขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอย่างอื่นอีกเช่นความยาวคลื่นของรังสี , ระยะทางจากแหล่งกำเนิดรังสีเป็นต้น ตัวอย่างการนำไพโรอิเล็กทริกแบบนี้ไปใช้งานคือการนำไปทำเป็นไพโรมิเตอร์ ลักษณะของไพโรมิเตอร์ จะเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดอุณหภูมิโดยไม่ต้องสัมผัสกับวัตถุ โดยใช้หลักการวัดรังสีอินฟราเรดที่แผ่กระจายออกมาจากวัตถุ โดยที่ลักษณะแรงดันเอาท์พุทของไพโรอิเล็กทริกแบบนี้จะแปรผันกับปริมาณความเข้มของรังสีอินฟราเรดที่ได้รับ

2. ไพโรอิเล็กทริกแบบอิลิเมนต์คู่ (dual element) ลักษณะของไพโรอิเล็กทริกแบบอิลิเมนต์คู่ จะคล้ายกับไพโรอิเล็กทริกแบบซิงเกิลอิลิเมนต์ จะแตกต่างกันตรงที่จำนวนของอิลิเมนต์ ที่เป็นตัวตรวจจับรังสีอินฟราเรด ในแบบอิลิเมนต์คู่จะมีอิลิเมนต์อยู่ 2 แผ่นดังรูปที่ 2.2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2.2 แสดงลักษณะของไพโรอิเล็กทริกแบบอิลิเมนต์คู่

สำหรับการตอบสนองต่อรังสีอินฟราเรดของไพโรอิเล็กทริกชนิดนี้ จะให้เอาท์พุทออกมาเป็นพัลซ์ โดยที่เอาท์พุทจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่ออิลิเมนต์ทั้ง 2 ของตัวไพโรอิเล็กทริกได้รับรังสีในเวลาที่แตกต่างกัน (หากอิลิเมนต์ทั้ง 2 ได้รับรังสีในเวลาที่เท่ากันก็จะไม่เกิดเอาท์พุท และถ้าหากอิลิเมนต์ทั้ง 2 ไม่ได้รับรังสีอินฟราเรดก็จะไม่เกิดเอาท์พุทเช่นกัน) โดยที่เอาท์พุทของไพโรอิเล็กทริกแบบนี้จะเป็นพัลซ์ที่มีช่วงความกว้างของพัลซ์ (pulse width)ที่ค่อนข้างกว้าง(ประมาณ 0.1-3 รอบ/วินาที) ตัวอย่างการนำไพโรชนิดนี้ไปใช้งานได้แก่การใช้งานเป็นการตรวจจับความเคลื่อนไหว (motion detector) ด้วยหลักพาสซีฟ อินฟราเรด (passive infrared)

2.2.1 ลักษณะของตัวไพโรอิเล็กทริก

ตัวไพโรอิเล็กทริกส่วนมากจะบรรจุอยู่ในตัวถังแบบ TO-5 (SOT-49/P) ซึ่งมีช่องให้แสงผ่านได้ดังแสดงในรูปที่ 2.2.1 ช่องให้แสงผ่านได้นี้มีอยู่ 2 ชนิดคือ

- แบบซิลิกอน (silicon) ที่ยอมให้แสงผ่านได้ที่ความยาวคลื่น 1 ถึง 15 ไมโครเมตร

- แบบเดย์ไลท์ฟิลเตอร์ (daylight filter) ตอบสนองต่อแสงที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 6.5 ถึงมากกว่า 14 ไมโครเมตร (เพื่อไม่ให้อุปกรณ์มีผลต่อแสงจากดวงอาทิตย์) จุดที่น่าสนใจในทางปฏิบัติคือเนื่องจากอุปกรณ์ที่เป็นช่องให้แสงผ่านนี้ มีค่าสัมประสิทธิ์การหักเหสูง ดังนั้นตำแหน่งของตัวไวแสง (sensitive element) ควรมีระยะห่างจากแผ่นช่องให้แสงเข้า 0.7 มิลลิเมตร (mm.)

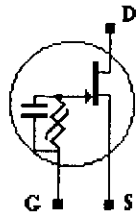
ในทางไฟฟ้าตัวตรวจจับจะประกอบไปด้วย

- ตัวเก็บประจุ (ตัวไวแสง)

- เอ็นแชลแนลเฟต (N-chanal FET)

- วงจรนอน ลิเนียร์ (Non-linear)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2.3 แสดงสัญลักษณ์และส่วนประกอบภายในของไพโรอิเล็กทริก

โดยจะแสดงดังรูปที่ 2.2.3 วงจรนอนลิเนียร์มีประโยชน์อย่างมากในตัวตรวจจับ คือมันใช้ป้องกันเกตของเฟ็ต (FET) ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของวงจรแมตชิ่งอิมพิแดนซ์ (Matching impedance) ที่อาจเสียหายได้เนื่องจากแรงดันไฟลบที่เกินมาก ๆ และยังทำหน้าที่จำกัดแรงดันของตัวไพโรอิเล็กทริก จากการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิรอบๆ ตัวมัน ซึ่งจะทำให้เกิดการ โอเวอร์โหลดของปรีแอมป์

2.2.2 เซรามิก สารที่ทำมาใช้เป็นตัวไวแสง

ไพโรอิเล็กทริกแบบที่ประกอบด้วยแผ่นเซรามิกมีชื่อเรียกว่า ลีดไซโครเนต ไตตาเนต ถูกผ่านกรรมวิธีโดป (Dope) ในขนาดเพียงพอจนทำให้มีคุณสมบัติในการเป็นตัวตรวจจับสัญญาณอินฟราเรดซึ่งตัวตรวจจับนี้จะไม่มีความไวต่อแสงหรือรังสีอื่นๆ ดังนั้นมันจึงสามารถจับต้องได้เหมือนกับพวกเซมิคอนดักเตอร์ที่ใช้ในโรงงานทั่วๆ ไป วัตถุชนิดนี้มีอุณหภูมิคูรี่ (Cury temperature) ที่สูงมากๆ และสามารถใช้งานกับอุณหภูมิสูงถึง 100 องศาเซลเซียส ยิ่งไปกว่าว่านั้นมันยังมีผลตอบสนองได้ดีต่อการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อย

อุณหภูมิคูรี่ คืออุณหภูมิคุณสมบัติการเป็นแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงจากเฟอร์โรแมกเนติก (Ferromagnetic) ไปเป็นพาราแมกเนติก (Paramagnetic) ปกติต่ำกว่าจุดหลอดละลายของสารนั้นๆ

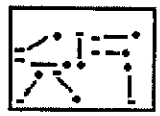
สารเฟอร์โรแมกเนติกเป็นสารที่โมเลกุลมีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กอยู่แล้ว เมื่อมีสนามแม่เหล็กภายนอกมากระทำ สนามแม่เหล็กเนื่องจากไดโพลแม่เหล็กภายในเนื้อสารจะเสริมกับภายนอกทำให้สนามผลรวมภายในมีขนาดความเข้มสูงกว่าภายนอกหลายเท่า และเมื่อสนามแม่เหล็กภายนอกถูกแยกออกไปแล้ว สนามภายในก็จะยังมีความเข้มเหลือค้างอยู่บ้าง

สารพาราแมกเนติก สารชนิดนี้จะมีคุณสมบัติของแม่เหล็กถาวรอย่างอ่อนแต่จะไม่แสดงตัวเป็นแม่เหล็กถ้าไม่มีสนามแม่เหล็กจากภายนอกมากระทำ ไดโพลแม่เหล็กบนเนื้อสารนี้จะให้สนามเสริมกับสนามภายนอกเล็กน้อย ทำให้ขนาดความเข้มผลรวมของสนามแม่เหล็กภายในเนื้อสารสูงกว่าภายนอกไม่มากนัก

2.2.3 ทฤษฎีเบื้องต้นของไพโรอิเล็กทริก

ไพโรอิเล็กทริก เซรามิกประกอบด้วยมวลของผลึกเล็กๆ มากมายแต่ละผลึกจะมีลักษณะเป็นขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วคือ ขั้วบวกและขั้วลบ ลักษณะนี้เราเรียกว่าไดโพลโมเมนต์ (Dipole moment) และที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิคูรี่ (ขึ้นอยู่กับชนิดของสาร) ผลึกจะไม่มีสถานะไดโพลโมเมนต์ดังกล่าว แต่ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิคูรี่ ขั้วไฟฟ้าของแต่ละผลึกจะมีทิศทางต่างๆกันอย่างไม่เป็นระเบียบดังแสดงในรูป 2.2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



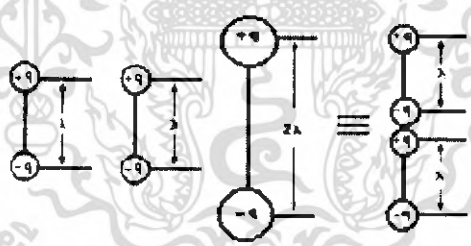
รูปที่ 2.2.4 โครงสร้างของผลึกที่ไม่เรียงตัว

ดังนั้นถ้าเราให้ความร้อนที่ต่ำกว่าอุณหภูมิคูรี่ และให้สนามไฟฟ้าแก่มันแต่ละไดโพลโมเมนต์จะเกิดการเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบตามสนามไฟฟ้าที่ป้อนให้ดังรูป 2.2.5

รูปที่ 2.2.5 โครงสร้างของผลึกที่เรียงตัวกันอย่างเป็นระเบียบ

หลังจากที่มันเย็นตัวลง และเอาสนามไฟฟ้าออกสถานะดังกล่าวก็ยังคงอยู่ทำให้เซรามิกมีลักษณะเป็นขั้วเกิดขึ้น จากนั้นเราก็เอาแผ่นอิเล็กโทรดวางลงบนผิวทั้ง 2 ด้านของเซรามิกอีกที

ขนาดของประจุที่ปรากฏบนผิวหน้าของอิเล็กโทรดสัมพันธ์กับประจุภายในคือไดโพลโมเมนต์นั่นเอง ซึ่งการรวมตัวและการแยกของประจุแสดงดังรูปที่ 2.2.6



รูปที่ 2.2.6 แสดงการรวมตัวและการแยกตัวของประจุ

จำนวนไดโพลโมเมนต์ทั้งหมดในเนื้อสารเซรามิกหาได้จาก

$$M = PAd \qquad 2.2.1$$

เมื่อ

M จำนวนไดโพลโมเมนต์ทั้งหมดในเนื้อสารเซรามิก

P ไดโพลโมเมนต์ต่อหนึ่งหน่วยปริมาตร

A พื้นที่ของอิเล็กโทรด

d ระยะห่างของแผ่นอิเล็กโทรดทั้ง 2

สำหรับประจุบนผิวหน้าอิเล็กโทรดหาได้จาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Q_s = PA \qquad 2.2.2$$

โดยปกติไพโรอิเล็กทริกจะมีการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าอันเนื่องมาจากอุณหภูมิโดยไดโพลแต่ละอันจะสั้นขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มหรือผลรวมของไดโพลโมเมนต์จะลดลง เมื่อไดโพลเกิดการเคลื่อนตัวอย่างไม่เป็นระเบียบเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงไปโดยรวดเร็ว ดังนั้นเมื่ออุณหภูมิของวัสดุเพิ่มขึ้นประจุที่อยู่ผิวหน้าของเซรามิกจะลดลง ผลอันนี้ทำให้เหนี่ยวนำประจุบนอิเล็กโทรดทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าตกคร่อมที่อุปกรณ์ตามสมการ

$$Q = CV \qquad 2.2.3$$

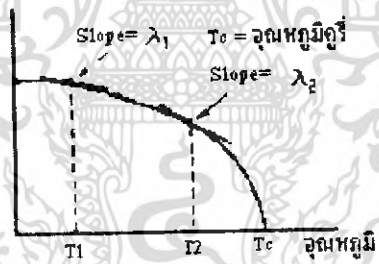
เมื่อ

Q คือ ประจุ

C คือ ค่าความจุ

V คือ แรงดันไฟฟ้า

ประจุที่เกินนี้จะไหลสู่วงจรซึ่งตัวไพโรอิเล็กทริกต่ออยู่ ขนาดของประจุที่เกินมานี้มีความสัมพันธ์กับสัมประสิทธิ์ของตัวไพโรอิเล็กทริก (λ) ซึ่งเป็นอัตราส่วนการเปลี่ยนของโพราไรเซชั่น (Polarization) กับอุณหภูมิดังรูปที่ 2.2.7



รูปที่ 2.2.7 แสดงการเปลี่ยนแปลงของโพลาไรซ์กับอุณหภูมิ

สำหรับการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยของอุณหภูมิ (δT) ประจุที่เกิน (δQ) หาได้จาก

$$\delta Q = \lambda A \delta T \qquad 2.24$$

ประจุที่เพิ่มขึ้นทำให้แรงดันไฟฟ้าเปลี่ยนแปลงหาได้จาก

$$\delta V = \delta Q/C_E = \lambda A \delta T/C_E \qquad 2.2.5$$

C_E คือ ค่าความจุทางไฟฟ้า (Electrical Capacitance) ระหว่างผิวหน้าของแผ่นอิเล็กโทรดทั้ง 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อที่จะให้ได้ผลดีที่สุดในการใช้ไพโรอิเล็กทริกเป็นตัวตรวจจับสัญญาณอินฟราเรด เซรามิกที่นำมาใช้เป็นตัวไวแสง (Sensitive element) จะต้องมีขนาดบางมากๆ

เมื่อพิจารณาความเข้มของสัญญาณอินฟราเรดเป็นกำลังวัตต์ RMS ต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ซึ่งแอมปลิจูดเปลี่ยนแปลงในลักษณะคลื่นรูปไซน์ ที่ให้ค่าความเร็วเชิงมุมต่างๆ (ω)ถ้าให้ Cth (JK) แทนค่าความจุความร้อน (Thermal Capacitance) ของตัวความไว ดั้งนั้น δT หาได้จาก

$$\delta T = WA/j\omega Cth \qquad 2.2.6$$

ค่าของ $\omega = 1/Cth\ Rth$ มีค่ามากกว่า 1 , ซึ่ง Rth คือค่าความต้านทานทางอุณหภูมิ (Thermal resistance)

ค่าของ $\omega = 1/Cth\ Rth$ เมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นจะทำให้สัญญาณไฟฟ้าเพิ่มขึ้นดังนี้

$$\delta V = \lambda A \delta T/Ce \qquad 2.2.7$$

$$= \lambda A^2 W/ J\omega Cth\ Ce \qquad 2.7.8$$

จากสมการข้างบนจะได้ว่าเมื่อค่าของความถี่มากขึ้นจะทำให้แรงดันไฟฟ้าที่เกิดขึ้นลดลง และแรงดันนี้จะล้าหลังสัญญาณจากการแผ่รังสีความร้อนอยู่ 90 องศา และกระแสหาได้จาก

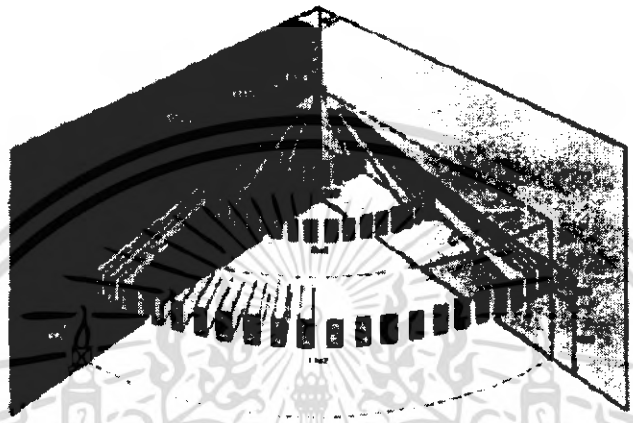
$$I = \delta V J\omega Ce \qquad 2.2.9$$

$$= \lambda WA^2/Cth \qquad 2.2.10$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

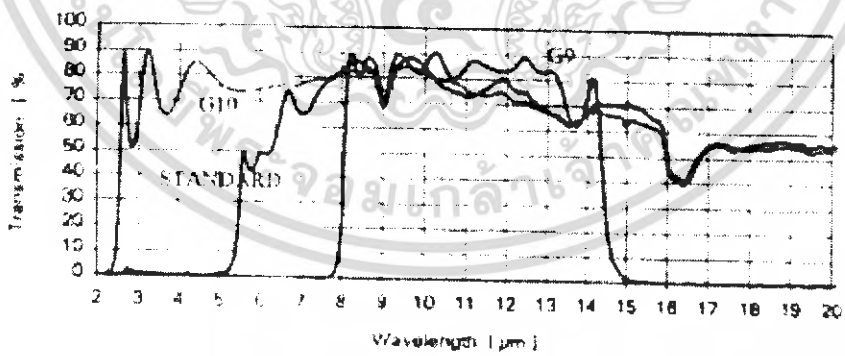
2.3 ออปติคอล ฟิลเตอร์ (OPTICAL FILTER) หรือเฟรชั่นนอล เลนซ์

ออปติคอล ฟิลเตอร์เป็นอุปกรณ์ที่ต้องใช้ร่วมกับตัวไพโรอิเล็กทริก ใช้สำหรับเป็นเลนซ์ทำหน้าที่รวมพลังงานความร้อนที่แผ่ออกมาไปยังจุดโฟกัส ออปติคอล ฟิลเตอร์ประกอบไปด้วยเลนซ์ขนาดเล็กๆ หลายหลายชุดวางเรียงกันไป ซึ่งจะให้ความยาวโฟกัสที่สั้นมาก ในการใช้งาน พื้นที่ที่ถูกตรวจจับจะถูกแบ่งออกเป็นส่วนๆ ตามจำนวนเลนซ์ที่ประกอบเข้าด้วยกันเมื่อจำนวนเลนซ์มากขึ้นก็สามารถตรวจจับได้ครอบคลุมพื้นที่ได้มากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.3.1



รูปที่ 2.3.1 แสดงพื้นที่ๆ ถูกตรวจจับ แบ่งออกเป็นส่วนๆตามจำนวนของเลนซ์

เมื่อมีคนหรือสัตว์เคลื่อนที่ผ่านจากพื้นที่ส่วนหนึ่งไปยังอีกส่วนหนึ่ง ซึ่งอยู่ในรัศมีของออปติคอล ฟิลเตอร์ จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางอุณหภูมิโดยมีตัว ออปติคอล ฟิลเตอร์เป็นตัวกรองเอาเฉพาะแสงที่มีความยาวคลื่นที่ต้องการให้สามารถผ่านไปได้และทำ หน้าที่รวมพลังงานเหล่านั้นให้ไปตกที่ตัวไพโรอิเล็กทริกทั้งหมด



รูปที่ 2.3.2 แสดงช่วงความยาวคลื่นและการตอบสนองต่อการกรองของออปติคอล ฟิลเตอร์

สำหรับตัวเซ็นเซอร์บางชนิดจะใช้การเคลือบสารบางอย่างลงไปที่หน้าต่างแทนการใช้เลนซ์ซึ่งจะให้คุณลักษณะที่คล้ายกับการใช้เลนซ์ในการกรองรังสีอิฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

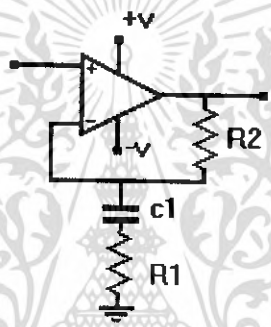
2.4 การออกแบบวงจรขยายสัญญาณ (Signal amplifier)

เนื่องจากสัญญาณเอาท์พุทของตัวเซ็นเซอร์เป็นสัญญาณพัลซ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงช้ามากและสัญญาณที่เกิดขึ้นจะเกิดบนไฟตรงุ ดังนั้นวงจรขยายสัญญาณที่ใช้จึงต้องเป็นวงจรขยายสัญญาณเฉพาะไฟสลับ

ในการออกแบบวงจรขยายสัญญาณที่ใช้สำหรับงานค่าความถี่ต่ำๆ ค่าเวลาในการหน่วง (time constant) ของวงจรควรมีค่ามาก และค่ากระแสรั่วไหลของตัวเก็บประจุจะต้องน้อยด้วย (ควรใช้ตัวเก็บประจุประเภทแทนทาลัม) การที่ใช้ค่าเวลาในการหน่วงมากๆ ก็เพื่อป้องกันการทำงานที่ผิดพลาดจากการเปลี่ยนแปลงระดับโดยเร็วของแรงดันไฟตรง (DC drift)

ส่วนองค์ประกอบอื่นๆ ที่ต้องนำมาใช้ในการพิจารณาเช่นค่าไบอัสอินพุทของออปแอมป์, ค่าสัญญาณรบกวน เป็นต้น

2.4.1 วงจรขยายสัญญาณความถี่ต่ำ



รูป 2.4.1 วงจรขยายสัญญาณความถี่ต่ำที่มีอัตราการขยายไฟตรงเป็น 1

วงจรดังรูปที่ 2.4.1 เป็นวงจรที่ให้อัตราขยายทางด้านไฟตรงเป็น 1 และต้องการแหล่งจ่ายเดียว ค่าตัวเก็บประจุ จะต้องมีกระแสรั่วไหลน้อยสมการในการออกแบบมีดังนี้

ค่าความถี่คัทออฟ (cutoff frequency) = $1 / 2\pi R_1 C_1$

อัตราขยายที่เหนือความถี่คัทออฟคือ $G = (R_1 + R_2) / R_1$

อัตราขยายออฟเซต $Vio = I_1 (R_2 + R_1)$ ซึ่ง I_1 เป็นกระแสรั่วไหลผ่าน C_1

สำหรับอัตราขยายที่มีค่าต่ำกว่า 30% ที่ความถี่ต่ำกว่า 0.3 Hz ค่าต่างๆ ควรเป็นดังนี้

$R_1 = 100K$

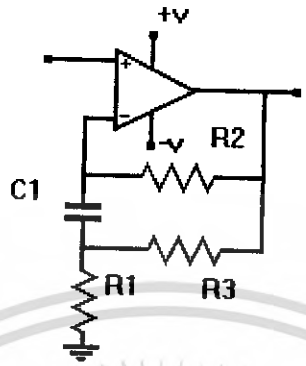
$R_2 = 5.6M$

$C_1 = 4.7uF$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.4.2 วงจรขยายความถี่ต่ำซึ่งมีสัญญาณรบกวนต่ำ



รูปที่ 2.4.2 วงจรขยายสัญญาณรบกวนความถี่ต่ำที่สัญญาณรบกวนน้อย

จากรูปที่ 2.4.2 เป็นวงจรขยายที่มีค่าตอบสนองทางความถี่คล้ายๆ กับวงจรในรูปที่ 2.4.1 แต่จะให้ระดับของสัญญาณรบกวนมีค่าต่ำกว่าสำหรับค่าอุปกรณ์ต่างๆ มีดังนี้

R_1 = 10K

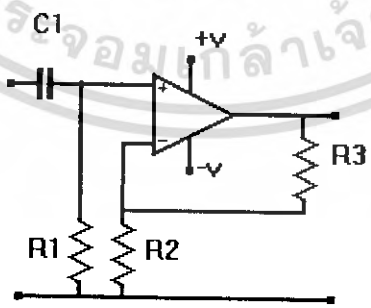
R_2 = 5.6K

R_3 = 560K

C_1 = 4.7uF

ในการที่เราลดค่า R_1 ลงไป 10 เท่านั้น จะทำให้ค่าของสัญญาณรบกวนลดลงซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 40 $nVHz^{-1/2}$ ถึง 13 $nVHz^{-1/2}$ ผลของการทำงานต่างๆ สามารถทำให้เหมือนกับวงจรในรูปที่ 2.4.1 แต่ค่าของตัวเก็บประจุต้องมีค่า 47uF ที่มีค่ากระแสรั่วไหลต่ำ

2.4.3 วงจรขยายสัญญาณไฟสลับ



รูปที่ 2.4.3 วงจรขยายไฟสลับ

วงจรขยายสัญญาณแบบนี้แสดงในรูปที่ 2.4.3 ซึ่งมีผลตอบสนองเฉพาะสัญญาณที่เป็นสัญญาณไฟสลับเท่านั้นเอาท์พุทที่ได้จะเป็นเฉพาะค่าที่เปลี่ยนแปลงเมื่อเทียบกับกราวด์สมการที่ใช้ในการคำนวนมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
86734

$$\omega_L = 1/C_1R_1$$

$$G = ((R_3 + R_2)/R_2)$$

$$Vio = I_L R_1[(R_3 + R_2)/R_2]$$

อุปกรณ์ต่างๆมีค่าดังนี้

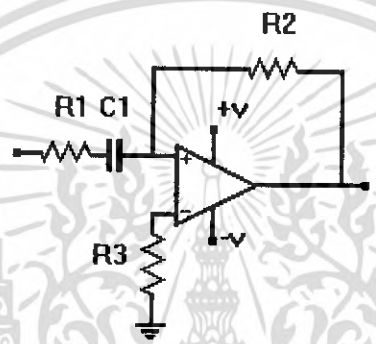
$$R_1 = 200K$$

$$R_2 = 100K$$

$$R_3 = 5.6M$$

$$C_1 = 4.7uF$$

2.4.4 การชดเชยความถี่ของวงจรขยาย



รูปที่ 2.4.4 วงจรขยายชดเชยความถี่

วงจรในรูปที่ 2.4.4 มีผลตอบสนองเฉพาะสัญญาณไฟสลับเท่านั้นและยังสามารถใช้สำหรับชดเชยความถี่ได้อีกด้วย แรงดันจากตัวไพโรอิเล็กทริกมีค่าลดลง เมื่อความถี่ของสัญญาณเพิ่มขึ้น ซึ่งอัตราขยายของวงจรมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น (เพื่อชดเชยกัน) การออกแบบทำได้ดังนี้

$$\omega_L = 1/R_1C_{11}$$

$$G = -R_2/R_1$$

$$Vio = -I_L R_2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 สเต็ป มอเตอร์ (Step motor)

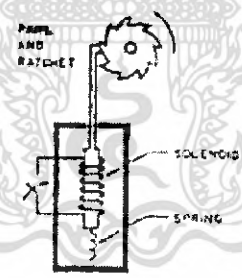
สเต็ป มอเตอร์เป็นรูปแบบหนึ่งของซิงโครนัส มอเตอร์ (Synchronous motor) ซึ่งออกแบบให้หมุนไปเป็นขั้นๆ หรือเป็นองศาตามต้องการ โดยการป้อนสัญญาณพัลซ์ไปที่ขดลวดที่อยู่กับที่ ในลักษณะที่เป็นเลขไบนารี่ (Binary) จะเกิดแรงที่โรเตอร์ (Rotor) ทำให้โรเตอร์สามารถหมุนได้

2.5.1 ชนิดของสเต็ป มอเตอร์

เมื่อแบ่งชนิดของสเต็ป มอเตอร์ตามโครงสร้างจะแบ่งได้เป็น 6 แบบ คือ

1. แบบโซลินอยด์ (Solenoid ratchetet)
2. แบบวาริเอเบิล รีลักแตนซ์ (Variable reluctance ; VR)
3. แบบแม่เหล็กถาวร (Permanent magnet ; PM)
4. แบบไฮบริดซ์ (Hybrid synchronous inductor)
5. แบบอิเล็คโตรแมคคานิกส์ (Electromechanical)
6. แบบอิเล็คโตรไฮโดรลิกส์ (Electro hydraulic)

1. Solenoid ratchetet step motor ประกอบด้วยสปริงดึงกลับโซลินอยด์ ที่แกนกับลิ้นสปริงจะเป็นตัวบังคับให้เฟืองหมุนตามทุกครั้งที่โซลินอยด์ถูกกระตุ้น โดยที่มันจะดึงลิ้นสปริงลงไปทำให้เฟืองหมุนไป 1 ขั้น และเมื่อหยุดการกระตุ้น ขดลวดสปริงจะดันแกนกลับ ดังรูป ซึ่งจะเห็นได้ว่ามอเตอร์สามารถหมุนได้ทางเดียวแต่ถ้ามีลิ้นสปริง 2 ชุดก็จะสามารถทำให้มอเตอร์สามารถหมุนได้ 2 ทิศทาง



รูปที่ 2.5.1 โครงสร้างของสเต็ป มอเตอร์แบบ Solenoid ratchetet

2. Variable reluctance step motor เป็นที่นิยมใช้กันมากสามารถแบ่งได้เป็น 2 ชนิดดังนี้

- แบบ multiple stator stack ประกอบด้วยโรเตอร์ที่ทำจากเหล็กอ่อน (Softiron)และมีหลายขั้ว และ stator ที่เป็นแผ่นลามิเนต (laminate) ซึ่งพันด้วยขดลวด จำนวนขั้วของโรเตอร์และ Stator จะเท่ากับจำนวนเฟสของ Stator โดยมากจะมีโครงสร้างเป็นแบบ 3 เฟส หรือ 4 เฟส

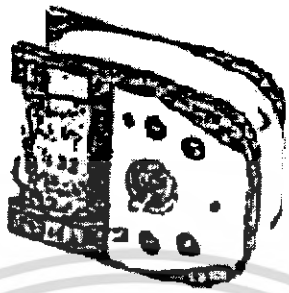
- แบบ Single stator stack จะมีขนาดเล็กและโครงสร้างที่ง่ายกว่าแบบแรก โดยจะประกอบด้วย Stator ที่มี aligned-teeth

ข้อแตกต่างระหว่างสเต็ป มอเตอร์แบบ 3 เฟส และ 4 เฟส คือ 3 เฟสจะมีจำนวน stator น้อยกว่า 4 เฟส จึงมีช่องว่างของขดลวดมากกว่าทำให้ได้แรงบิดสูงกว่าเมื่อมอเตอร์มีขนาดเท่ากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

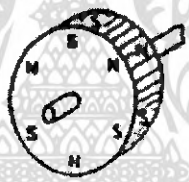
3. Permanent magnet step motor สามารถแบ่งได้ออกเป็น 2 แบบ คือ

- แบบ Stator เป็นแม่เหล็กถาวร ฟลักซ์แม่เหล็กจากแม่เหล็กถาวร จะผ่าน Soft iron tooth pole picces ซึ่งจะทำให้เกิดปฏิกริยากับ Soft iron rotor tooth การกระตุ้นจะมีลักษณะเป็นอันดับ +V , 0 , -V , 0 , ดังรูป

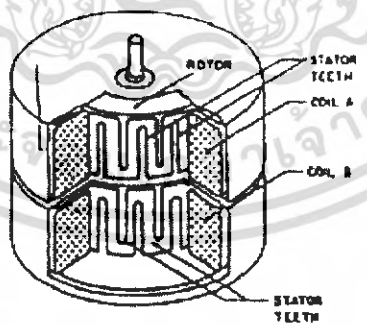


รูปที่ 2.5.2 สเต็ป มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร

- แบบโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร มอเตอร์แบบนี้จะมีโครงสร้างง่ายๆ ราคาไม่แพงดังรูปที่ 2.5.3 โดยที่ ตัวโรเตอร์จะมีสนามแม่เหล็ก 6 ขั้ว ส่วนของ stator จะมีทั้งแบบ 2 ส่วน และ 4 ส่วน โดยแต่ละส่วนจะประกอบไปด้วยขดไบโพลาร์ (bipolar)



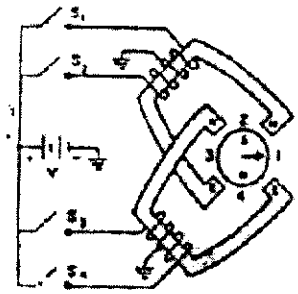
รูปที่ 2.5.3 ลักษณะโรเตอร์ที่เป็นแม่เหล็กถาวรของมอเตอร์



รูปที่ 2.5.4 ภาพตัดขวางของสเต็ป มอเตอร์แบบโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร 2 ชุด

รูปที่ 2.5.4 เป็นสเต็ป มอเตอร์แบบมีโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวรและมี Stator 2 ชุด โดยแต่ละชุดจะมีขดไบโพลาร์ ในท้องตลาดส่วนใหญ่จะมี Stator 2 ชุด ซึ่งเป็นแบบ 4 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



SWITCHES CLOSED	STEP POSITION
S_1 , S_2	1
S_2 , S_3	2
S_3 , S_4	3
S_4 , S_1	4

รูปที่ 2.5.5 โครงสร้างของสเต็ป มอเตอร์ที่มีโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร

รูป 2.5.5 แสดงถึงโครงสร้างง่ายๆ ของมอเตอร์ที่มีโรเตอร์ 2 ขั้ว เป็นแม่เหล็กถาวร และมี Stator 2 ชุด เมื่อโรเตอร์ถูกทำให้นำกระแสตามลำดับดังรูป จะพบว่าโรเตอร์จะหมุนตามหรือทวนเข็มนาฬิกาด้วยมุม สเต็ป 90 องศา เรียกการขับแบบนี้ว่าการขับแบบ ยูนิโพลาร์ (Unipolar) ซึ่งจะใช้แหล่งจ่ายที่มีไฟบวกเท่านั้น ในกรณีที่ต้องการให้มอเตอร์หมุนกลับและหมุนตาม เรานิยมใช้การขับแบบไบโพลาร์โดยที่แหล่งจ่ายไฟที่ใช้จะต้องใช้ทั้งไฟบวกและไฟลบ Stator ในแต่ละเฟสจะเป็นแบบขดเดี่ยว เพื่อใช้สำหรับขับแบบไบโพลาร์

มุมแต่ละขั้นของโรเตอร์และแม่เหล็กถาวร จะสามารถคำนวณหาได้จาก

$$R = 360 / N \qquad 2.5.1$$

เมื่อ N = จำนวน ขี่ทั้งหมดของ Stator

หรือ

$$R = 360 / 2PQ \qquad 2.5.2$$

เมื่อ P = จำนวน คู่ขั้วบนโรเตอร์

Q = จำนวนชุดของ Stator

ข้อดี ของสเต็ป มอเตอร์ชนิดนี้

1. มีแรงบิดยึดแม้จะถูกหยุดกระตุ้นแล้ว
2. มีแรงบิดยึดสูงเมื่อเทียบกับขนาดของมัน
3. ใช้กำลังไม่มากในการขับ
4. คุณสมบัติในการแดมป์ที่ดี เนื่องจากโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร
5. สามารถควบคุมได้ทั้ง 2 ทิศทางทั้งตามเข็มและทวนเข็มนาฬิกา
6. ราคาไม่แพง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อเสีย ของมอเตอร์แบบนี้คือ

1. ความเข้มสนามแม่เหล็กไม่คงที่
2. กระแสย้อนกลับไม่คงที่
3. อัตราส่วนระหว่างแรงบิดกับแรงเฉื่อยที่โรเตอร์ต่ำ
4. ไม่เหมาะกับสเต็ปน้อยๆ

4. Hybrid step motor (synchronous inductor) เป็นสเต็ป มอเตอร์ที่มีโรเตอร์เป็นแม่เหล็กถาวร แต่จะใช้หลักการทำงานผสมกันระหว่าง มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรกับมอเตอร์แบบ Variable reluctance มอเตอร์นี้ถูกออกแบบให้ AC Synchronous motor 2 เฟสซึ่งนิยมนำไปใช้ในงานที่ไม่ต้องการความเร็วมากนัก

5. Electromechanical step motor แบบนี้ใช้มากในระบบเกียร์ มีประสิทธิภาพสูง และมีระยะพิทช์ (Pitch) แตกต่างกัน การเคลื่อนที่จะใช้หลักการของสนามแม่เหล็ก หรือโซลินอยด์แบบง่ายๆ เพื่อให้แรงยึดสูง และมีมุมบิดน้อย ๆ สเต็ป มอเตอร์ชนิดนี้สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

- แบบ Response step motor
- แบบ Meshing of 2 gear ซึ่งจะมีจำนวนซี่ที่แตกต่างกัน

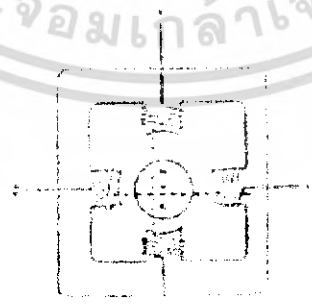
6. Electrohydraulic step motor เป็นสเต็ปมอเตอร์ที่ขยายกำลังให้สูงขึ้น โดยการใช้ motor hydraulic ซึ่งถ้าใช้สเต็ป มอเตอร์เพียงอย่างเดียวจะต้องใช้ขนาดใหญ่มากและจะกินกระแสสูงตามทำให้ควบคุมได้ยาก

2.5.2 วิธีการขับเคลื่อนสเต็ป มอเตอร์

โดยทั่วไปจะนิยมใช้สเต็ป มอเตอร์อยู่ 2 ชนิดเท่านั้นคือ Permanent magnet และ Variable reluctance

1. สเต็ป มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวร สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

- Bipolar permanent magnet motor ประกอบด้วย โรเตอร์ ที่เป็นแม่เหล็กถาวร และ Stator พันด้วยขดลวด ดังรูป



รูปที่ 2.5.6 ภาพตัดขวางของไบโพลาร์สเต็ป มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรซึ่งประกอบด้วย โรเตอร์ที่เป็นแม่เหล็กถาวร และมีขั้ว Stator อยู่รอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการขับมอเตอร์ชนิดมีการขับอยู่ 3 วิธี คือ

1. การกระตุ้นขดลวดตามลำดับ ซึ่งเรียกว่า ซิงเกิลเฟส (Single phase on full step)หรือแบบเวฟไดรฟ์ (wave drive mode) คือ จะมีเพียงเฟสเดียวเท่านั้นที่ถูกกระตุ้น

2. การกระตุ้นขดลวด 2 เฟส พร้อมกัน การกระตุ้นแบบนี้โรเตอร์จะวางตัวในแนวระหว่างขั้น เรียกว่า การกระตุ้นแบบทูเฟส (Two phase on full step mode) การทำงานในโหมดนี้ จะให้แรงบิดสูงสุด

3. การกระตุ้นแบบครึ่งเฟส เป็นการรวมเอากระกระตุ้นทั้ง 2 แบบ เข้าด้วยกัน การกระตุ้นแบบนี้ มอเตอร์จะหมุนทีละ ครึ่งสเต็ปเรียกว่า การกระตุ้นแบบฮาฟ สเต็ป (Half step excitation) แต่การกระตุ้นแบบนี้ จะได้แรงบิดน้อยที่สุด

รูปที่ 2.5.7 การกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ป

- Unipolar permanent magnet motor จะเหมือนกับแบบไบโพลาร์แต่จะมีขดลวด 2 ขด ต่อขั้ว แทนที่จะเป็น 1 ขด ต่อขั้ว

วิธีการขับมอเตอร์แบบนี้จะเหมือนกับวิธีขับมอเตอร์แบบไบโพลาร์ยกเว้น Bridge driver จะใช้ simple unipolar stage four darlington หรือ Quad darlington array unipolar motor จะมีราคาสูงกว่าแบบไบโพลาร์เนื่องจากใช้ขดลวดมากเป็น 2 เท่าแต่จะให้แรงบิดน้อยกว่าเพราะใช้ขนาดขดเล็กกว่า

มอเตอร์แบบแม่เหล็กถาวรมักจะได้รับความเสียหายเนื่องจากแรงดันย้อนกลับ (Back emf) ที่มาจากโรเตอร์ซึ่งทำให้ต้องจำกัดความเร็วดังนั้นเมื่อใช้ที่ความเร็วสูงมากจึงต้องใช้มอเตอร์แบบ Variable reluctacnce แทน

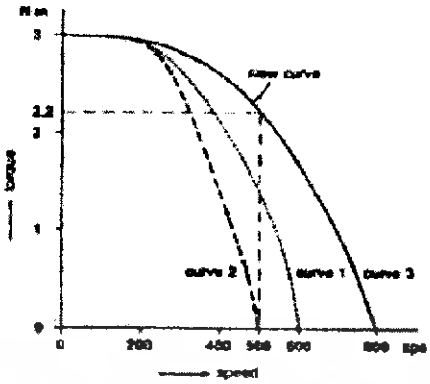
2. Variable reluctance motor มอเตอร์ชนิดนี้จะมีโรเตอร์ที่ทำมาจากเหล็กอ่อนซึ่งมีจำนวนขั้วที่น้อยกว่า Stator

วิธีที่จะขับมอเตอร์ทำได้ในลักษณะคล้ายกันคือ

- แบบ Single phase step
- แบบ Two phase step
- แบบ half step

คุณลักษณะของสเต็ป มอเตอร์มักแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับอัตราของพัลซ์ (steps per sec) ดังรูป ขณะที่อัตราของพัลซ์เพิ่มขึ้น แรงบิดจะลดลงทั้งนี้เพราะ เวลาที่โรเตอร์จะขับโหลดจากตำแหน่งหนึ่งไปอีกตำแหน่งหนึ่ง ในขณะที่กระแสที่ไหลในขดลวด Stator เปลี่ยนไปอยู่ขดลวดอื่น นั้น มีเวลาในการขับน้อยลงไป ช่วงการเริ่มขับของรูปนี้ โหลดจะวิ่งตามพัลซ์ต่าง ๆ โดยไม่มีการหลุดออกจากสเต็ปนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5.8 คุณลักษณะของสเต็ป มอเตอร์ของแรงบิดกับอัตราพัลซ์

ช่วงแกว่ง (Slew range) คือช่วงที่ความเร็วโหลดสามารถก้าวตามอัตราพัลซ์ โดยไม่มีการหลุดออกไปจากพัลซ์ต่างๆ ที่ได้รับ แต่ไม่สามารถที่จะหยุด เริ่มต้น หรือกลับคำสั่งที่ได้รับได้ จุดที่มีแรงบิดสูงสุดก็คือ จุดที่มีแรงยึดสูงสุดขณะที่มอเตอร์ได้รับการกระตุ้น เมื่อ มอเตอร์มีโหลดที่แน่นอน (Steady load) เมื่อมอเตอร์ได้รับโหลดน้อยๆ นั้น อัตราการแกว่งสูงสุดสามารถขึ้นได้สูงจนถึง 10 เท่าของ อัตราการตอบสนองต่อตำแหน่งการเคลื่อนที่นั้น

2.5.3 ซัพเพรสเซอร์

ในวงจรขับเคลื่อนสเต็บมอเตอร์ เมื่อทรานซิสเตอร์หยุดการนำกระแส จะทำให้เกิดแรงดันค่าสูงจำนวนหนึ่ง เนื่องจากผลของการเปลี่ยนแปลงของกระแสในอินดักแตนซ์ และแรงดันนี้จะเป็นอันตรายแก่ทรานซิสเตอร์ ซึ่งต้องทำซัพเพรสเซอร์เพื่อป้องกันการเสียหายของทรานซิสเตอร์เนื่องจากแรงดันดังกล่าว โดยที่ซัพเพรสเซอร์สามารถแบ่งได้เป็น

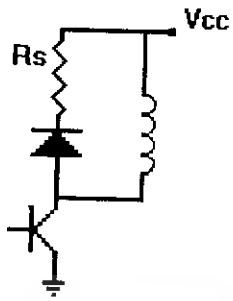
1. ไดโอดซัพเพรสเซอร์

รูปที่ 2.5.9 ไดโอดซัพเพรสเซอร์

กระแสหมุนเวียน จะเริ่มไหลหลังจากทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแสและแรงดันที่ คอลเลคเตอร์จะเท่ากับแรงดันที่แหล่งจ่าย ข้อเสียคือกระแสจะหมุนวนอยู่นานและจะทำให้เกิดแรงบิดห้ามขึ้น (Breaking Torqe) พลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสียในความต้านทานของขดลวด ทำให้มีปัญหาเรื่องการทำความเย็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

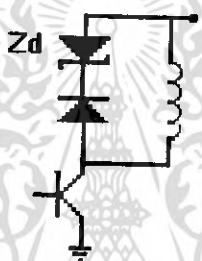
2. ไดโอดและรีซิสเตอร์ซัพเพรสเซอร์



รูปที่ 2.5.10 ไดโอดและรีซิสเตอร์ซัพเพรสเซอร์

ถ้าค่า Rs ยิ่งมากกระแสหมุนเวียนก็จะลดลงเร็ว แต่แรงดันของ คอลเลคเตอร์จะมีค่าสูงขึ้นและพลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสียที่ Rs

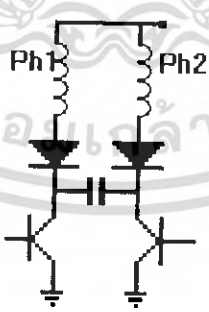
3. ซีเนอร์ไดโอดซัพเพรสเซอร์



รูปที่ 2.5.11 ซีเนอร์ไดโอดซัพเพรสเซอร์

เมื่อทรานซิสเตอร์ หยุดทำงาน กระแสจะลดลงได้เร็วกว่า 2 แบบแรก และแรงดันที่คอลเลคเตอร์จะเท่ากับแรงดันที่ ซีเนอร์บวกกับแรงดันของแหล่งจ่ายซึ่งเป็นอิสระต่อกระแส พลังงานส่วนใหญ่จะสูญเสียที่ซีเนอร์

4. คอนเดนเซอร์ซัพเพรสเซอร์



รูปที่ 2.5.12 คอนเดนเซอร์ซัพเพรสเซอร์

วิธีนี้จะใส่ คอนเดนเซอร์ให้กับ เฟส 1 กับ 3 และ เฟส 2 กับ 4 เมื่อทรานซิสเตอร์หยุดนำกระแส คอนเดนเซอร์จะต่ออยู่กับ ทรานซิสเตอร์โดยผ่านทาง ไดโอด และจะดูดกลืนกระแสที่ค่อยๆลดลงจากขดลวดของมอเตอร์ เพื่อป้องกันทรานซิสเตอร์เสีย และยังช่วยแดมปิ้ คือ ช่วยลดความร้อนที่เกิดขึ้นในขดลวด Stator เนื่องจากการออสซิลเลต (Oscillate) ของโรเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51 Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์เดิมมีแนวความคิดพื้นฐานมาจากไมโครโพรเซสเซอร์ เพียงแต่จะแตกต่างกันที่ว่าไมโครคอนโทรลเลอร์จะนำเอาอุปกรณ์ที่ทำให้ระบบสมบูรณ์เช่น หน่วยความจำ อินพุทและเอาท์พุทพอร์ท เข้าไปอยู่ในชิปตัวเดียวกัน

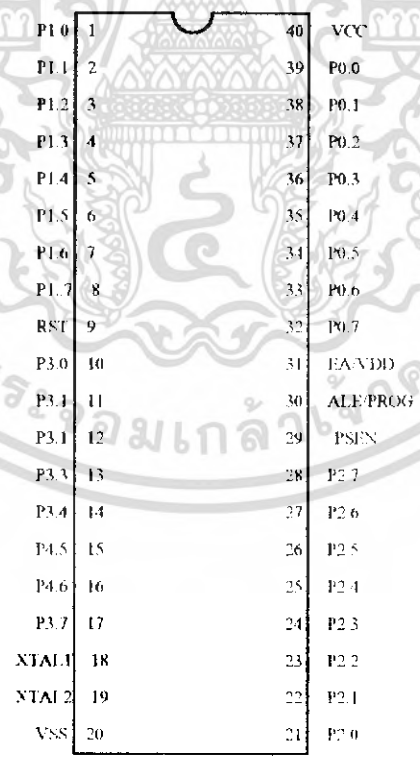
ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051

บรรดาไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการผลิตจากบริษัทต่างๆ จำนวนมากนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์ของบริษัทอินเทล ในตระกูล MCS-51 ได้มีการนำไปใช้กันแพร่หลายมาก ในระยะที่ผ่านมาได้มีหลายบริษัทได้รับลิขสิทธิ์ในการนำไปผลิตจำหน่ายและได้มีการเพิ่มประสิทธิภาพ และหน่วยทำงานต่างๆ ให้มากขึ้นไปอีก ทำให้ในปัจจุบันมีไมโครคอนโทลเลอร์จากบริษัทผู้ผลิตต่างๆ ที่มีพื้นฐานมาจาก MCS-51 ของบริษัทอินเทลเป็นจำนวนมาก

2.6.1 สถาปัตยกรรมของ 8051

8051 ไมโครคอนโทรลเลอร์จริงๆ แล้วจะรวมเอาตระกูล 8031 ถึง 8751 ทั้งหมด ซึ่งเป็นพวก NMOS และจะมีส่วนประกอบของ Cmos ใน Package หลายชนิด

รุ่นที่ปรับปรุงใหม่ 8052 ซึ่งตระกูลนี้มีหลายชนิด และมีชนิดหนึ่งที่สามารถโปรแกรมด้วยภาษาบสิก (Basic) รุ่นนี้เกิดจากความต้องการของบริษัทผู้ผลิต ที่ไม่ต้องการให้เกิดช่องว่างทางการตลาดจึงต้องมีหลายๆ แบบ โดยที่ในรุ่น 8051 จะมีขาอยู่ 40 ขา ดังรูป



รูปที่ 2.6.1 แสดงการกำหนดขาของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าที่การทำงานของแต่ละขามีดังนี้

- ขาที่ 1-8 ทำหน้าที่เป็นอินพุทเอาท์พุทของพอร์ท 1

- ขาที่ 9 ทำหน้าที่รับสัญญาณรีเซท (Reset) จากภายนอก เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เริ่มการทำงานใหม่ทั้งหมด

- ขาที่ 10 - 17 ทำหน้าที่เป็นอินพุทเอาท์พุทของพอร์ท 3 และนอกจากนี้แต่ละขายังสามารถทำหน้าที่อื่นๆ ได้ดังต่อไปนี้อีกคือ

- ขาที่ 10 ทำหน้าที่รับข้อมูลแบบอนุกรมจากอุปกรณ์ภายนอก

- ขาที่ 11 ทำหน้าที่ส่งข้อมูลแบบอนุกรมให้กับอุปกรณ์ภายนอก

- ขาที่ 12 ทำหน้าที่รับสัญญาณอินเทอรัพท์ 0 (Intrerupt 0) จากภายนอกโดยสัญญาณอินเทอรัพท์นี้จะทำงานเมื่อเป็นลอจิกต่ำ

- ขาที่ 13 ทำหน้าที่รับสัญญาณอินเทอรัพท์1 จากภายนอกโดยสัญญาณอินเทอรัพท์นี้จะทำงานเมื่อเป็นลอจิกต่ำเหมือนกับขาที่ 12

- ขาที่ 14 ทำหน้าที่รับสัญญาณจากภายนอกให้กับไทม์เมอร์ 0 (Timer 0)

- ขาที่ 15 ทำหน้าที่รับสัญญาณจากภายนอกให้กับ ไทม์เมอร์ 1

- ขาที่ 16 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ตัวอื่นๆ เมื่อต้องการเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์ตัวนั้น

- ขาที่ 17 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ตัวอื่นๆ เมื่อต้องการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ตัวนั้นๆ

- ขาที่ 18 - 19 เป็นขาสำหรับรับสัญญาณจากคริสทัล (Crystal) เพื่อกำเนิดสัญญาณนาฬิกาให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เองก็จะมีวงจรออสซิลเลเตอร์อยู่ในตัวเองอยู่แล้ว

- ขาที่ 20 ใช้ต่อกราวด์ของระบบ

- ขาที่ 21 - 28 ทำหน้าที่เป็นอินพุทเอาท์พุทของพอร์ท 2 หรือทำหน้าที่ส่งคำสั่งเป็น High byte address bus เพื่อต่อหน่วยความจำภายนอกสำหรับเก็บข้อมูล หรือเพื่อเก็บชุดคำสั่ง หรือต่อกับอุปกรณ์และไอซีอื่นๆ ภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์

- ขาที่ 29 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเพื่อสั่งให้หน่วยความจำภายนอกชิปซึ่งเก็บชุดคำสั่งไว้ทำงาน

- ขาที่ 30 ทำหน้าที่ส่งสัญญาณควบคุมการแลตช์ (Latch) ค่า Low byte address bus จากพอร์ท 0 ในการติดต่อกับส่วนที่ใช้ในการเก็บชุดคำสั่งภายนอก

- ขาที่ 31 เป็นขาที่ผู้ใช้สามารถเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์นี้ทำงานจากชุดคำสั่งภายในหรือทำงานจากชุดคำสั่งภายนอกไมโครคอนโทรลเลอร์ก็ได้ โดยเมื่อต่อขานี้เข้ากับ Logic High ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำงานจากโปรแกรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์เอง และเมื่อต่อเข้ากับ Logic Low ไมโครคอนโทรลเลอร์ก็จะทำงานจากโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์

- ขาที่ 32-39 ทำหน้าที่เป็นอินพุทเอาท์พุทของพอร์ท 0 หรือทำหน้าที่เป็น Low byte address bus สลับกับการเป็น Data bus

- ขาที่ 40 ต่อกับแหล่งจ่ายเพื่อจ่ายพลังงานให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6.2 หน่วยความจำของ 8051

การแบ่งหน่วยความจำของ 8051 จะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะคือ

1. หน่วยความจำโปรแกรม
2. หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำโปรแกรมเป็นหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บคำสั่งหรือโปรแกรมที่ผู้ใช้พัฒนาขึ้นมา โดยอาจประกอบอยู่ภายในตัวไอซีหรือเป็นไอซีหน่วยความจำประเภทอีพรอม ซึ่งในกรณีหลังนั้นจำเป็นจะต้องใช้พอร์ทอินพุท/เอาท์พุททำหน้าที่แอสเดรสบัสและด้าต้าบัส เพื่อให้สามารถต่อเข้ากับหน่วยความจำไอซีมาตรฐานได้

การเชื่อมต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเข้ากับ 8051

เนื่องจากระบบบัสแอสเดรสและบัสข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์8051 เป็นลักษณะการใช้มัลติเพล็กซ์จากพอร์ทเดียวกัน กล่าวคือ ในระยะเวลาเริ่มต้น เส้นสัญญาณเหล่านี้ของพอร์ทจะใช้ในการส่งค่าแอสเดรสของตำแหน่งที่ต้องการติดต่อด้วย ในช่วงเวลาต่อมาจึงจะเปลี่ยนไปเป็นสภาวะ High Impedance เพื่อใช้งานในสถานะของบัสข้อมูล แต่เนื่องจากว่าอีพรอม (EPROM)ที่ใช้กันโดยทั่วไปนั้นไม่ใช้การมัลติเพล็กซ์และมีขาสัญญาณบัสแอสเดรสและบัสข้อมูลแยกจากกันโดยชัดเจนดังนั้นการเชื่อมต่ออีพรอมเพื่อเป็นหน่วยความจำโปรแกรม จึงจำเป็นต้องมีวงจรประเภทแลตช์ประกอบขึ้นเพิ่มเติมเพื่อทำการค้างค่าของแอสเดรสที่ส่งออกมาจาก 8051 ในช่วงเวลาแรกให้กับขาสัญญาณแอสเดรสของอีพรอมต่อไป

จากตารางในรูปที่ 2.6.2 แสดงให้เห็นถึงสัญญาณต่างๆ ของ 8051 ซึ่งนำมาใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

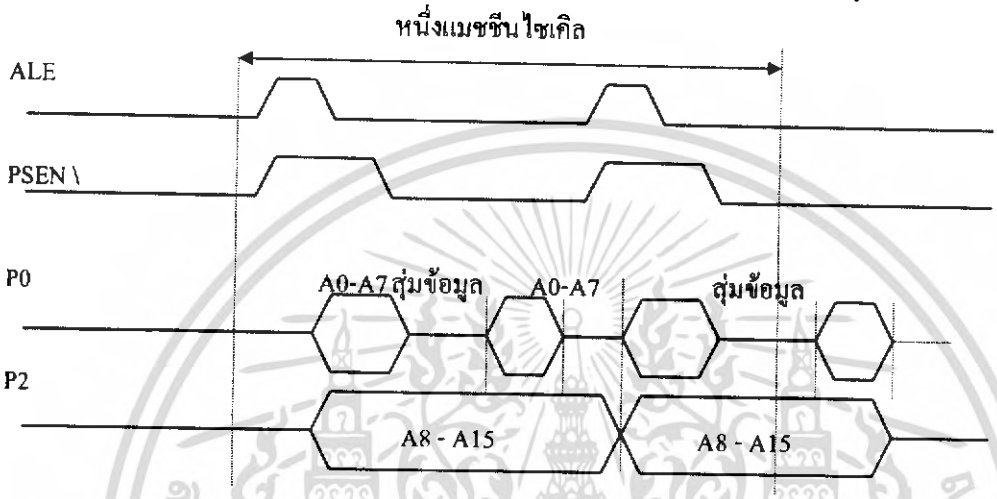
สัญญาณ	คำจำกัดความ	ขาสัญญาณ	หน้าที่
EA	External Access	31	เลือกประเภทหน่วยความจำภายในหรือนอก
ALE	Address Enable	30	สัญญาณเอาท์พุทสำหรับแลตช์ข้อมูล
P2.0-P2.3	Port2	21-28	เป็นข้อมูลแอสเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำ
P0.0-P0.7	Port0	39-32	มัลติเพล็กซ์สัญญาณบัสแอสเดรสและบัสข้อมูล
PSen	Program Store Enable	29	สัญญาณระบุการอ่านให้กับหน่วยความจำ

รูปที่ 2.6.2 สัญญาณของ 8051 ที่ใช้ระหว่างการติดต่อเพื่ออ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

สัญญาณ EA (External Access) ใช้ในการกำหนดเลือกว่า จะอ่านข้อมูลมาจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกหรือภายในตัวไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์เอง ซึ่งหากเป็นระดับลอจิกต่ำจะอ่านข้อมูลมาจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอก และกรณีตรงข้ามก็จะอ่านข้อมูลมาจากหน่วยความจำภายในตัวไอซีเอง สิ่งที่ควรสังเกตุ คือเมื่อมีการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายใน และมีการใช้งานแอสเดรสที่อยู่ในช่วงที่สูงกว่าค่าสูงสุดของหน่วยความจำข้อมูลภายในกรณีเช่นนี้ 8051 จะทำการอ่านค่าแอสเดรสที่สูงกว่ามาจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกโดยอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนภาพแสดงเวลาการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกจะเห็นว่าภายในช่วงเวลาของแมชชีนไซเคิลหนึ่ง 8051 จะมีการไปนำข้อมูลมา 2 ครั้ง ในช่วงเวลาเริ่มต้นของการติดต่อหน่วยความจำภายนอก P0 จะเป็นค่าของแอสเดรสไบต์ต่ำ และเวลาต่อมาจึงเป็นบัสข้อมูล การส่งค่าแอสเดรสไบต์ต่ำนี้จะอยู่ในราวช่วงเวลาขอบขาลงของสัญญาณ ALE และจะยังคงอยู่จนเมื่อสัญญาณ PSEN เปลี่ยนเป็นสัญญาณระดับลอจิกต่ำ ดังนั้นการออกแบบจึงมักใช้สัญญาณ ALE นี้ทำการให้ไอซีแลตช์ภายนอกค้างระดับสัญญาณแอสเดรสเหล่านี้ไว้ ส่วนสัญญาณ PSEN จะใช้ในการเลือกไอซีอีพรอมให้ทำงานและอ่านค่าข้อมูลกลับมา



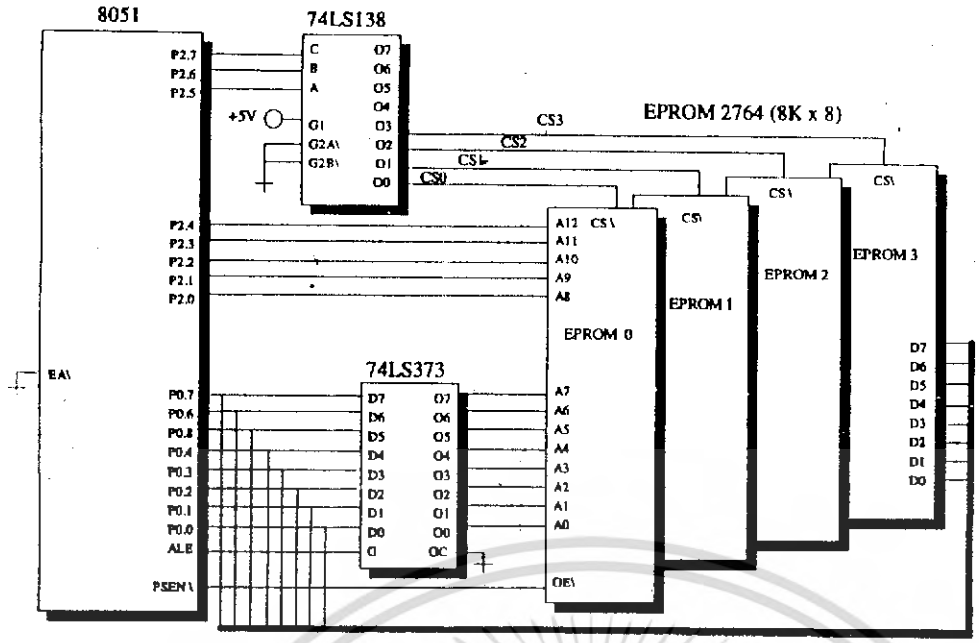
รูปที่ 2.6.3 แสดงภาพสัญญาณเวลาแสดงการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ขณะเมื่อสัญญาณ PSEN เป็นระดับลอจิกต่ำอีพรอมก็จะทำการถอดรหัสค่าแอสเดรส และส่งข้อมูลที่อยู่ในตำแหน่งนี้ออกมา โดยสัญญาณ PSEN นี้จะค้างสภาวะการเป็นลอจิกต่ำไว้ช่วงเวลาหนึ่งเพื่อให้ข้อมูลถูกส่งออกมาจากอีพรอมเรียบร้อยแล้วจึงค่อยกลับไปเป็นระดับลอจิกสูงเช่นเดิม และในช่วงจังหวะขาขึ้นของสัญญาณ PSEN 8051 ทำการสุ่มอ่านข้อมูลเข้ามา สำหรับข้อมูลทางพอร์ท 2 ซึ่งเป็นค่าแอสเดรสไบต์สูง จะถูกส่งออกมาในราวช่วงกึ่งกลางระหว่างที่สัญญาณ ALE เป็นลอจิกสูง ซึ่งก็เป็นเวลาใกล้เคียงกับการส่งแอสเดรสไบต์ต่ำออกมาทางพอร์ท 0 สำหรับค่าแอสเดรสพอร์ท 2 นั้น จะค้างอยู่ตลอดช่วงรอบเวลาของการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม

การใช้งาน 8051 แบบไม่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในนั้น จำเป็นจะต้องเชื่อมต่อเข้ากับหน่วยความจำโปรแกรมซึ่งเป็นไอซีอีพรอมและจะต้องกำหนดให้เริ่มต้นที่แอสเดรส 0000Hเสมอ ทั้งนี้เพราะเมื่อมีการรีเซ็ทหรือเริ่มต้นการจ่ายไฟให้กับระบบ 8051 จะได้เริ่มต้นการทำงานตามคำสั่งนี้ทันที

โดยปกติแล้ว 8051 สามารถต่อหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ ดังนั้นในกรณีที่ใช้ไอซีอีพรอมที่มีหน่วยความจำไม่ถึง 64 กิโลไบต์ก็สามารถนำมาต่อกันให้เพิ่มจนถึง 64 กิโลไบต์ได้โดยการต่อสัญญาณเพื่อเลือกตัวไอซี การเลือกตัวไอซีสามารถทำได้โดยการใช้วงจรถอดรหัสแอสเดรสเพื่อกำหนดพื้นที่หน่วยความจำแต่ละตัวดังรูปที่ 2.6.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6.4 การเชื่อมต่อเพื่อขยายหน่วยความจำโปรแกรมด้วยไอซีอีพรอมหลายตัว

หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูลของ 8051 มีไว้ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือตัวแปรที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้เป็นการชั่วคราว โดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำแบบสแตติก ดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่เก็บไว้ภายในสูญหาย สำหรับพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในของ 8051 สามารถมีได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทออกเป็น 2 ลักษณะตามตำแหน่งที่ตั้งของหน่วยความจำนั้น คือหน่วยความจำภายใน ซึ่งเป็นแรมที่อยู่ภายในตัวไอซีเอง และหน่วยความจำข้อมูลภายนอกซึ่งเป็นการใช้ไอซี หน่วยความจำมาเพิ่มเติมเข้าไปในวงจร ลักษณะเดียวกับการนำเอาไอซีอีพรอมมาต่อเป็นหน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำข้อมูลภายใน

8051 มีจำนวนทั้งหมด 256 ไบต์ โดยสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ พื้นที่เฉพาะสำหรับตัวประมวลผลกลาง ซึ่งจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ และพื้นที่ใช้งานทั่วไปสำหรับโปรแกรมที่ผู้ใช้สร้างขึ้นมาหน่วยความจำขนาด 128 ไบต์แรก บริเวณนี้จะมีตำแหน่งแอดเดรสอยู่ในช่วง 00H - 7FH ซึ่งมีการจำแนกออกเป็น3 ส่วน ตามการใช้งานคือ

บริเวณแอดเดรส 00H - 1FH แบ่งออกเป็นกลุ่มข้อมูลจำนวน 8 ไบต์ รวมทั้งหมด 4 กลุ่ม โดยที่พื้นที่ในแต่ละกลุ่มจะถูกใช้งานในฐานะของรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป ซึ่งมีชื่อเรียกว่า รีจิสเตอร์ R0 - R7

บริเวณแอดเดรส 20H - 2FH จำนวน 16 ไบต์ พื้นที่บริเวณนี้เป็นพื้นที่ส่วนสำหรับผู้ใช้ซึ่งจะมีความพิเศษแตกต่างไปจากหน่วยความจำส่วนอื่นๆ เนื่องจากผู้ใช้สามารถอ้างถึงหน่วยความจำในบริเวณนี้ได้ในลักษณะไบต์ข้อมูลหรือในลักษณะบิตข้อมูลได้โดยตรง ดังนั้นภายในลักษณะบิตข้อมูลนี้จะมีพื้นที่สำหรับตัวแปรบิตให้ใช้ได้มากถึง 128 บิต

บริเวณแอดเดรส 30H - 7FH เป็นบริเวณที่ผู้ใช้สามารถนำไปใช้งานได้อย่างอิสระ โดยสามารถอ้างถึงได้ในลักษณะของไบต์ข้อมูลเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำขนาด 128 ไบต์ถัดไป เป็นพื้นที่ตั้งแต่บริเวณแอสเดรส 80H - FFH เป็นบริเวณของหน่วยความจำที่มีการใช้งานเฉพาะจาก 8051 เท่านั้น โดยจะนำมาใช้เป็นตำแหน่งของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ จำนวน 20 ตำแหน่ง

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ เป็นรีจิสเตอร์สำหรับการควบคุมหน้าที่และการทำงานของพอร์ททั้งหมด โดยมีตำแหน่งอยู่ในบริเวณแอสเดรส 80H - FFH การใช้งานรีจิสเตอร์พิเศษสามารถระบุชื่อหรืออ้างถึงตำแหน่งของรีจิสเตอร์เหล่านั้นก็ได้

แอกคิวมูเลเตอร์ รีจิสเตอร์ (Accumulator) หรือ ACC

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลที่จะส่งให้กับหน่วยทำงานภายในซีพียู และเก็บผลลัพท์ที่ได้จากการทำงานนั้นการทำงานของ รีจิสเตอร์แอคคิวมูเลเตอร์นี้มีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับแอคคิวมูเลเตอร์ทั่วๆ ไป

รีจิสเตอร์ B (Registor B)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับการทำคำสั่งคูณและหารตัวเลข ในกรณีที่ไม่ใช้ในการคำนวณทางด้านคณิตศาสตร์ ก็สามารถนำไปใช้งานเช่นเดียวกับรีจิสเตอร์ทั่วๆไปได้

โปรแกรมเคาน์เตอร์ (Program counter)

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ชี้ตำแหน่งแอสเดรสของหน่วยความจำโปรแกรม ซึ่งจะต้องไปทำงานในลำดับถัดไป การใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ PC

สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack pointer)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่เก็บตำแหน่งของตัวชี้หรือพอยน์เตอร์ของบริเวณสแต็ก สำหรับเก็บข้อมูลของแอคคิวมูเลเตอร์ รีจิสเตอร์ต่างๆ รวมทั้งข้อมูลจากโปรแกรมโดยปกติแล้วเมื่อทำการเริ่มต้นระบบใหม่ภายหลังจากการจ่ายไฟฟ้า หรือมีการรีเซ็ทเกิดขึ้น ค่าภายในสแต็กพอยน์เตอร์จะมีค่า 07H ซึ่งเป็นตำแหน่งแอสเดรสรหัสภายในเนื้อที่บริเวณ 128 ไบต์แรกของหน่วยความจำข้อมูลภายใน การใช้งานภายในจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ SP

ตัวชี้ข้อมูลหรือดาต้าพอยน์เตอร์ (Data pointer)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิตซึ่งเรียกว่ารีจิสเตอร์ DPTR และสามารถใช้งานแยกเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต 2 ตัวคือ รีจิสเตอร์ DPH และรีจิสเตอร์ DPL เพื่อเก็บค่าของแอสเดรสของหน่วยความจำที่ต้องใช้ภายในโปรแกรมหรืออาจจะเป็นแอสเดรสของอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งกำหนดให้ติดต่อกันโดยใช้ตำแหน่งของหน่วยความจำนั้นภายในโปรแกรม

โปรแกรมสเตตัสเวิร์ด (PSW)

รีจิสเตอร์นี้ทำหน้าที่บอกถึงแฟล็กสภาวะการทำงานต่างๆ รวมทั้งบิตสำหรับการกำหนดเลือกแบงค์ของรีจิสเตอร์ที่ใช้งานด้วย

รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับพอร์ต (Port register)

รีจิสเตอร์เหล่านี้จะมีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ทอินพุท/เอาท์พุทโดยตรง ซึ่งแต่ละตัวจะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต สามารถใช้งานได้ในลักษณะของการอินพุท หรือการเอาท์พุทข้อมูลได้ การดำเนินการใดๆที่เกี่ยวกับพอร์ททั้ง 4 นี้ข้อมูลที่ตำแหน่งของพอร์ทเหล่านี้ไปเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน เมื่อเขียนข้อมูลไปที่ พอร์ท P0 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ท P2 ยังสามารถที่จะใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมหรือหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ โดยพอร์ท P2 จะเป็นค่าแอสเดรสของ 8 บิตบนของหน่วยความจำ ส่วนพอร์ท P0 นั้นในช่วงเริ่มแรกจะเป็นค่าของแอสเดรสในช่วง 8 บิตล่างของหน่วยความจำ ช่วงเวลาต่อมาจึงนำพอร์ท P0 ไปใช้เป็นบัสในการรับหรือส่งข้อมูลกับหน่วยอุปกรณ์ภายนอก สำหรับพอร์ท P3 นอกเหนือจะนำไปใช้เป็นพอร์ทอินพุทเอาท์พุตตามปกติแล้ว ยังนำไปใช้ในฐานะบัสควบคุมเกี่ยวกับการอินเตอร์รัพท์ได้อีกด้วย

รีจิสเตอร์ SBUF

เป็นบัฟเฟอร์ขนาด 8 บิต สำหรับการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมทั้งการรับและการส่งข้อมูล ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วบัฟเฟอร์นี้มีอยู่ด้วยกัน 2 ชุด และแยกจากกันอย่างชัดเจน สำหรับการส่งและการรับ โดยซีพียูจะทำการเลือกบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมให้โดยอัตโนมัติ

รีจิสเตอร์ PCON

เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการทำหน้าที่การทำงานในสามลักษณะ ซึ่งได้แก่ การควบคุมการทำงานของโพรเซสเซอร์ (บิต IDL และ PD) การกำหนดอัตราการทวีคูณของอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลอนุกรม (บิต SMOD) และแฟล็กสภาวะสำหรับการใช้งานทั่วไป (บิต GR0 และบิต GR1)

บิต PD (Power down)

เป็นการกำหนดให้ลดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับส่วนของโพรเซสเซอร์ภายในลง โดยยังคงมีกำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายในผ่านทางขาสัญญาณ RST วิธีการนี้มักนำมาใช้ในกรณีที่มีการตรวจสอบการไม่มีกำลังไฟฟ้า (Power failure) โดยวงจรตรวจสอบภายนอกจะต้องมีการอินเตอร์รัพท์เข้ามาเพื่อทำการเก็บข้อมูลที่กำลังประมวลผลอยู่ก่อนและเมื่อมีกระแสไฟฟ้าจ่ายให้เป็นปกติจึงค่อยนำข้อมูลนั้นมาประมวลผลต่อไป

บิต IDL (Idle mode)

เป็นการกำหนดโพรเซสเซอร์หยุดทำงานชั่วขณะ (Sleep) และจะกลับมาอยู่ในสภาพปกติอีกครั้งเมื่อทำการรีเซ็ททางฮาร์ดแวร์ หรือมีการอินเตอร์รัพท์อย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้น การทำงานในลักษณะนี้สามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจากว่าสภาวะการหยุดทำงานชั่วขณะนั้น เป็นเพียงเพื่อห้ามไม่ให้มีสัญญาณนาฬิกาจ่ายให้ส่วนของโพรเซสเซอร์เท่านั้น ส่วนของวงจรการอินเตอร์รัพท์พอร์ทอนุกรมและวงจรจับเวลา ยังคงมีสัญญาณนาฬิกาอยู่เป็นปกติ

รีจิสเตอร์ IP,IE,TMOD,SCON

เป็นกลุ่มของรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่กำหนดการควบคุม และการทำงานของการอินเตอร์รัพท์ต่างๆ ของ 8051

หน่วยความจำข้อมูลภายนอก

การใช้หน่วยความจำข้อมูลภายนอกเป็นวิธีการแก้ปัญหาอย่างหนึ่ง ในกรณีที่ความต้องการหน่วยความจำสำหรับการเก็บข้อมูลชั่วคราว หรือตัวแปรของโปรแกรมมากเกินกว่าขนาดของหน่วยความจำข้อมูลภายในซึ่งมีขนาดเพียง 128 หรือ 256 ไบต์ เท่านั้น บางครั้งการใช้หน่วยความจำข้อมูลภายนอกยังเหมาะกับงานประยุกต์บางอย่างที่จำเป็น ต้องมีการเก็บสำรองข้อมูลบางอย่างไว้ไม่ให้สูญหายแม้ว่าจะไม่มีการจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบก็

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถทำได้โดยการใช้ไอซีหน่วยความจำแรม พร้อมแบตเตอรี่สำรองประเภทลิเที่ยมหรือนิเกิล-แคดเมี่ยม เป็นตัวเก็บข้อมูลเหล่านี้ไว้แทน อย่างไรก็ตามไม่ว่าสาเหตุของการนำไอซีหน่วยความจำภายนอกมาใช้งานจะเป็นอย่างไร จะมีผลทำให้พอร์ทอินพุท/เอาท์พุทของ 8051 ถูกนำไปใช้เพื่อติดต่อกับหน่วยความจำเหล่านี้แทน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการใช้วงจรประกอบอื่นๆ เพื่อชดเชยความสามารถเหล่านั้นของ 8051 แทน

การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก

การเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกเข้ากับระบบของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 จะมีวิธีการเหมือนกับการเชื่อมต่อหน่วยความจำ EPROM โดยมีหลักการทำงานตามที่กล่าวมาคือ จะมีไอซีแลตช์ทำหน้าที่ค้างค่าแอสเดรส ให้กับอินพุทของหน่วยความจำแรมส่วนขา RD ,WR ก็จะทำการต่อโดยตรงกับ 8051 และถ้าต้องการต่อแรมหลายๆ ตัวก็ใช้การถอดรหัสแอสเดรสแบบเดียวกับการต่ออีพรอม

พอร์ทอินพุท / เอาท์พุทของ 8051

พอร์ทของ 8051 จะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ พอร์ทแบบขนานและพอร์ทแบบอนุกรม

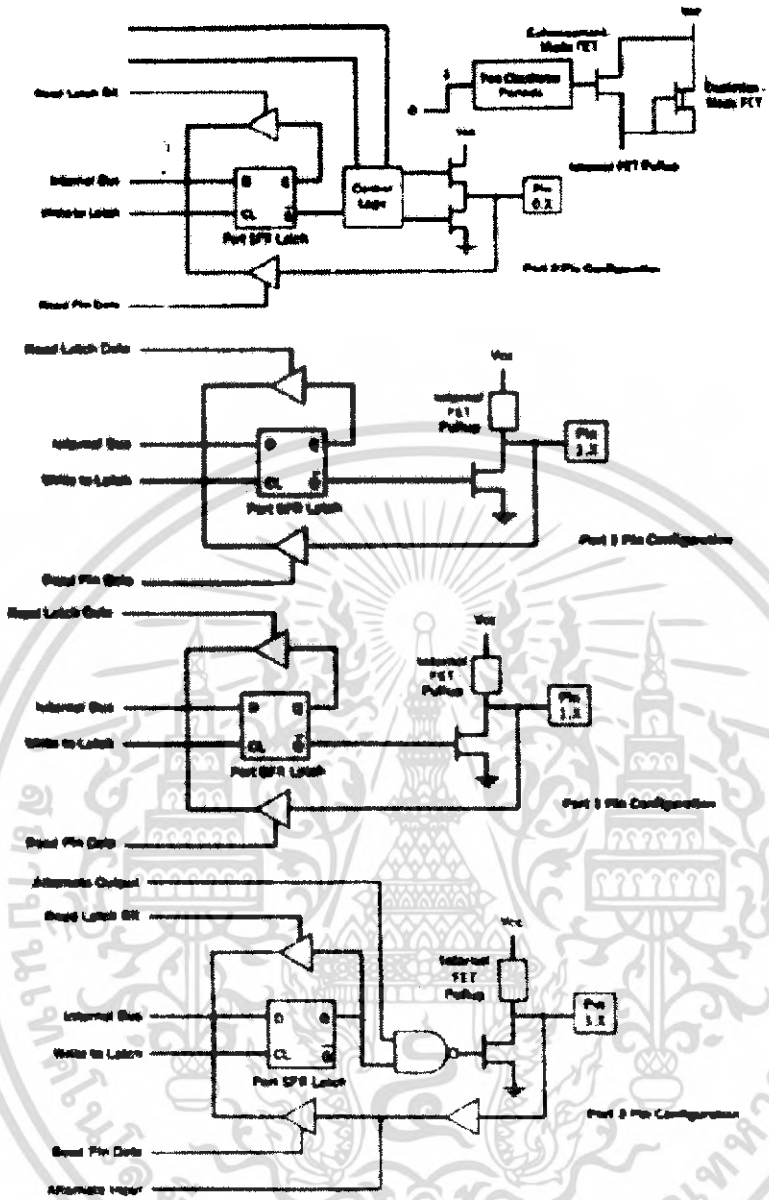
พอร์ทแบบขนานของ 8051

8051 มีโครงสร้างของพอร์ทที่สามารถใช้งานแบบขนานได้จำนวนทั้งหมด 4 พอร์ท เรียกชื่อเรียงตามลำดับว่า P0 , P1 , P2 และ P3 และเป็นพอร์ทขนาด 8 บิตทั้งหมด การใช้งานพอร์ทสามารถทำได้ทั้งในลักษณะของเส้นสัญญาณเดี่ยวๆ หรือของกลุ่มสัญญาณได้ นอกจากนี้พอร์ท 0 , 2 และ 3 ยังสามารถนำไปใช้งานอื่นๆ ที่ไม่ใช่เป็นอินพุทเอาท์พุทพอร์ทได้โดยพอร์ท 0 จะทำหน้าที่มัลติเพล็กซ์ ระหว่างบัสแอสเดรสไบต์ต่ำและบัสข้อมูลสำหรับการติดต่อวงจรประกอบร่วมกับข้อมูลบัสแอสเดรสไบต์สูงซึ่งจะส่งออกมาทางพอร์ท 2 สำหรับพอร์ท 3 นอกเหนือจากการนำไปใช้เป็นพอร์ทปกติสามารถนำไปใช้เป็นสัญญาณขอการอินเตอร์รัพท์ต่างๆ ซึ่งรวมถึงการสร้างสัญญาณควบคุมการอ่านและการเขียนเพื่อทำหน้าที่ควบคุมการอ่านและการเขียนหน่วยความจำข้อมูลภายนอกด้วย

2.7.3 โครงสร้างการทำงานของ พอร์ท 8051

จากลักษณะโครงสร้างของแต่ละบิตภายในพอร์ททั้งหมดของ 8051 ซึ่งได้แสดงไว้ จะเห็นว่ามีความคล้ายคลึงกันลักษณะโครงสร้างที่เรียกว่า QUASI-BIDIRECTIONAL PORT ยกเว้นพอร์ท 0 ซึ่งเพียงแต่ไม่มีตัวต้านทานที่ทำหน้าที่ Pull-up สัญญาณไว้ภายในเท่านั้น วงจรประกอบอื่นภายในยังมีฟลิปฟลอปแบบ D ซึ่งมีผลทำให้สามารถแลตช์หรือค้างสภาวะของสัญญาณได้ นอกจากนี้ในส่วนเอาท์พุทของฟลิปฟลอปเฉพาะของพอร์ท 0 และ พอร์ท 2 จะมีโครงสร้างที่ทำหน้าที่คล้ายกับสวิทช์เพิ่มเติมขึ้นเพื่อควบคุมให้เอาท์พุทนี้ต่อกับส่วนของทรานซิสเตอร์ในระหว่างที่ไม่ได้มีการทำงานในลักษณะของบัสแอสเดรสหรือบัสข้อมูล สำหรับบัฟเฟอร์จำนวน 2 ตัวของทุกบิตในพอร์ทนั้นจะมีการทำงานโดยแยกอิสระ โดยตัวที่อยู่ทางด้านบนจะยอมให้สัญญาณผ่านได้ก็ต่อเมื่อมีการอ่านข้อมูลที่ค้างไว้เท่านั้นส่วนตัวที่อยู่ทางด้านล่างจะถูกใช้งานเฉพาะเมื่อมีการอ่านสถานะของขาสัญญาณเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6.5 โครงสร้างแต่ละบิตภายในพอร์ทอินพุทเอาท์พุทของ8051

การใช้งานเป็นพอร์ทอินพุท

การใช้งานเป็นพอร์ทอินพุทจะต้องเริ่มด้วยการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ออกมาทางบิตของพอร์ทนั้นก่อนเป็นลำดับแรก เพื่อหยุดการทำงานของทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาท์พุทของบิตนั้น ทำให้ขาสัญญาณของบิตถูกต่อเข้ากับตัวต้านทานที่ทำหน้าที่ Pull-up ภายในซึ่งมีผลทำให้บิตนั้นๆ ของพอร์ท 1,2 และ 3 เป็นสภาวะลอจิกสูง ตัวต้านทานนี้มีค่าประมาณ 50 กิโลโอห์ม ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก และทำให้อุปกรณ์ภายนอกสามารถขับสัญญาณของพอร์ทเหล่านี้เป็นลอจิกต่ำได้ง่าย สำหรับบิตของพอร์ท 0 นั้น แม้ว่ามีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกับบิตอื่น แต่เนื่องจากการที่ไม่มีตัวต้านทานที่ทำหน้าที่ Pull-up ภายในไว้ ทำให้เมื่อทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาท์พุทเหล่านั้นหยุดการทำงาน ก็จะเป็นผลทำให้ขาสัญญาณนี้อยู่ในสภาวะอิมพีแดนซ์สูงแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานเป็นพอร์ทเอาท์พุท

เมื่อมีการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 0 ให้กับแต่ละบิตของพอร์ททุกพอร์ท ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งให้กับฟลิปฟลอปซึ่งจะทำหน้าที่ค้างสภาวะเหล่านี้ไว้ และมีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาท์พุทเหล่านั้นทำงาน ดังนั้นขาสัญญาณก็จะมีสภาวะเป็นลอจิกต่ำด้วย

ส่วนการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็นหนึ่งออกมานั้น ในกรณีที่เป็นการทำงานของแต่ละบิต ของพอร์ท 1,2 หรือ 3 จะทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาท์พุทนั้นหยุดการทำงาน มีผลทำให้ขาของสัญญาณเป็นลอจิกด้วยตัวต้านทานที่ Pull-up อยู่ภายในนั้น แต่สำหรับการทำงานของแต่ละบิตภายในพอร์ท 0 นั้น จะมีผลที่แตกต่างกันออกไป โดยขาสัญญาณจะมีสภาวะเป็นอิมพิแดนซ์สูงแทน เนื่องจากไม่มีตัวต้านทานอยู่ภายในเชื่อมอยู่นั่นเอง ดังนั้นการใช้งานพอร์ท 0 เป็นการเอาท์พุทข้อมูล จำเป็นต้องใช้ตัวต้านทานภายนอก Pull-up สัญญาณไว้กับลอจิกสูงแทน

ความสามารถอีกประการหนึ่งที่เกี่ยวกับพอร์ทอินพุทเอาท์พุทของ 8051 เป็นวิธีการอ่านค่าลอจิกจากพอร์ทซึ่งมีได้สองวิธี คือ การอ่านค่าลอจิกที่ขาสัญญาณ และการอ่านค่าลอจิกของการแลตช์ที่พอร์ท วิธีการอ่านค่าสัญญาณทั้ง 2 แบบจะช่วยให้ระบบสามารถทำงานได้ด้วยความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ลักษณะสมบัติของพอร์ทอินพุท/เอาท์พุท

จากที่กล่าวมาแล้วว่าพอร์ท 1,2 และ 3 ของ 8051 มีตัวต้านทานทำหน้าที่ Pull-up ขาสัญญาณไว้และมีค่าประมาณ 50 กิโลโอห์ม ซึ่งถือว่าเป็นค่าที่สูงมาก เป็นผลทำให้การเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณลอจิกจากสูงไปต่ำทำได้อย่างรวดเร็ว แต่ในกรณีตรงกันข้ามจะใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณยาวนานกว่ามาก ทั้งนี้เนื่องจากว่ากระแสจะไหลผ่านตัวต้านทานเหล่านี้ได้น้อยมาก ดังนั้นในการแก้ปัญหาจึงได้มีการออกแบบตัวต้านทานเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งตัวขนานไว้โดยมีค่าประมาณ 1 กิโลโอห์ม เรียกว่า Speed-up Resistor ซึ่งยอมให้กระแสไหลผ่านได้มากขึ้น ประมาณ 50-100 เท่า และจะมีการเชื่อมต่อตัวต้านทานที่เพิ่มขึ้นเฉพาะเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณจากลอจิกต่ำไปเป็นลอจิกสูงเท่านั้น

2.7.4 การเพิ่มจำนวนพอร์ทอินพุทเอาท์พุท

จากที่กล่าวมาแล้วว่า เมื่อมีการเพิ่มเติมหน่วยความจำภายนอกไม่ว่าจะเป็นหน่วยความจำโปรแกรมหรือหน่วยความจำข้อมูลให้กับระบบ ก็จำเป็นจะต้องนำพอร์ท 0 และพอร์ท 2 ทั้งหมดไปใช้งานในฐานะของบัสแอสเดรสและบัสข้อมูล ดังนั้นหากมีความต้องการที่จะใช้พอร์ทมากกว่าที่เหลืออยู่ จะต้องทำการเพิ่มจำนวนพอร์ทขึ้นโดยการเพิ่มจำนวนพอร์ทสามารถทำได้ โดยการใช้ ไอซีพื้นฐานอื่นๆ เช่นไอซี TTL เพิ่มเติมเข้าไปในการออกแบบ เพื่อทำงานเป็นพอร์ทให้กับระบบแทนเช่นไอซีบัฟเฟอร์สามสถานะ หรือไอซีแลตช์เป็นต้นแต่การใช้ไอซีเหล่านี้มีข้อจำกัดหลายประการ เช่นในกรณีที่มีความจำเป็นต้องใช้พอร์ทหลายๆพอร์ท จะต้องใช้ไอซีจำนวนหลายตัว และไอซีแต่ละตัวก็จะถูกกำหนดหน้าที่ของมันว่าจะต้องเป็นพอร์ทอินพุทหรือพอร์ทเอาท์พุทได้เพียงอย่างเดียว ถ้าหากต้องการเปลี่ยนแปลี่ยนหน้าที่ของพอร์ทเหล่านั้นก็จะต้องออกแบบวงจรใหม่ ดังนั้นจึงมีการใช้ไอซีที่ออกแบบมาเพื่อทำหน้าที่นี้โดยเฉพาะ โดยไอซีที่นิยมใช้กับเพอริเฟอรัล ไมโครคอนโทรลเลอร์หรือไมโครโพรเซสเซอร์ได้แก่ไอซีของบริษัทอินเทลคือไอซี 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะเบื้องต้น

8255 นั้นเป็นไอซี LSI ขนาด 40 ขา ซึ่ง 8255 นี้มีพอร์ทสำหรับทำหน้าที่รับส่งข้อมูลอยู่ด้วยกัน 3 พอร์ทคือ พอร์ท A,B และพอร์ท C โดยพอร์ท C นี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ พอร์ท C บนกับพอร์ท C ล่าง นอกจากนี้ยังมีพอร์ทอีกพอร์ทหนึ่งที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของพอร์ท A,B,C โดยการรับคำสั่งมาจากซีพียู พอร์ทนี้เราเรียกว่าพอร์ทควบคุม พอร์ทนี้จะใช้งานก็ต่อเมื่อ ซีพียูต้องการกำหนดลักษณะการทำงานของพอร์ทต่างๆ หรือต้องการเปลี่ยนแปลงหลังจากที่กำหนดไว้เดิม

หน้าที่ของขาต่างๆ

CS (CHIP SELECT) ขานี้ใช้สำหรับรับสัญญาณจากภายนอกเข้ามาเพื่อเลือกว่าจะให้ 8255 ตัวนั้นทำงานหรือไม่ โดยถ้าขานี้ได้รับลอจิก 0 จะทำให้ตัว 8255 ต่อเข้ากับระบบบัสต่างๆ และพร้อมที่จะติดต่อกับซีพียูได้ แต่ถ้าได้รับลอจิก 1 ก็จะปลดตัวเองออกจากระบบ โดยการทำเป็นอิมพิแดนซ์สูง

RD (READ ENABLE) เป็นขาอินพุทที่จะรับสัญญาณจากซีพียูโดยที่ถ้าขานี้ได้รับลอจิก 0 และในขณะนั้นขา CS ก็ได้รับลอจิก 0 8255 จะทำการส่งข้อมูลจากพอร์ทที่ซีพียูต้องการติดต่อด้วยให้แก่ซีพียูทางบัสข้อมูล

WR (WRITE ENABLE) เป็นขาที่ทำหน้าที่ตรงกันข้ามกับขา RD คือเมื่อได้รับสัญญาณลอจิก 0 8255 จะรับข้อมูลจากบัสข้อมูลของซีพียู เพื่อส่งออกไปยังพอร์ทที่ซีพียูกำหนด

RESET เป็นขาที่ทำหน้าที่ รีเซ็ท 8255 เมื่อใดที่ 8255ได้รับสัญญาณรีเซ็ท มันจะกลับเข้าสู่โหมดอินพุททุกๆ พอร์ท ขารีเซ็ทนี้จะใช้เมื่อต้องการเคลียร์สถานะต่างๆ ของ 8255

D0-D7 คือขาข้อมูลที่ใช้ในการติดต่อรับส่งข้อมูลกับซีพียู โดยจะต่อเข้ากับบัสข้อมูลของซีพียู เพื่อให้ซีพียูส่งข้อมูลออกไปยังพอร์ท หรือรับข้อมูลเข้าไปยังตัวซีพียู

A0-A1 คือขาแอสเดรสที่ใช้ในการเลือกพอร์ทที่ต้องการจะติดต่อซึ่งมีความเป็นไปได้ทั้งหมด 4 ค่าคือ

0 0 = PORT A

0 1 = PORT B

1 0 = PORT C

1 1 = CONTROL PORT

PA0-PA7 เป็นขาสัญญาณของพอร์ท A

PB0-PB7 เป็นขาสัญญาณของพอร์ท B

PC0-PC7 เป็นขาสัญญาณของพอร์ท C

การใช้งาน 8255

8255 นั้นแบ่งลักษณะการทำงานออกเป็น 3 โหมด

- โหมด 0 เป็นโหมดอินพุทหรือโหมดเอาท์พุทอย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งทั้งสามพอร์ท สามารถทำงานได้ในโหมดนี้

- โหมด 1 เป็นโหมดอินพุทหรือเอาท์พุทอย่างใดอย่างหนึ่งเช่นกันแต่จะมีลักษณะการทำงานในลักษณะของ Hand Shaking โดยโหมดนี้จะทำงานได้เฉพาะพอร์ท A และพอร์ท B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โหมด 2 เป็นโหมด Bidirectional คือเป็นไปได้ทั้งอินพุทและเอาท์พุทพอร์ทในเวลาเดียวกัน และทำงานแบบ Hand Shaking เช่นเดียวกับโหมด 1 แต่โหมดนี้จะใช้ได้เฉพาะพอร์ท A เท่านั้น

การกำหนดโหมดการทำงานของ 8255 นั้นทำได้โดย ซีพียูทำการส่งรหัสควบคุมผ่านทางบัสข้อมูลมายังพอร์ทควบคุม ของ 8255 รหัสควบคุมจะมีขนาด 1 ไบต์เรียกว่า Control byte และในแต่ละบิตของ Control byte จะมีความหมายเฉพาะของตัวเองซึ่งจะอธิบายได้ดังนี้

บิต D7 เป็นบิทที่แสดงว่า ไบต์นี้เป็นรหัสควบคุมที่จะมีผลต่อการกำหนดโหมดการทำงานของ 8255

บิต D6-D5 มีความหมายในการเลือกโหมดของพอร์ท A ซึ่งสามารถทำงานได้ทั้ง 3 โหมด โดยแต่ละลอจิกจะมีความหมายดังนี้

0 0 = MODE 0

0 1 = MODE 1

1 X = MODE 2

บิต D4 ถ้าเป็นลอจิก 0 หมายถึงสั่งให้พอร์ท A เป็นเอาท์พุทพอร์ท และถ้าเป็น 1 พอร์ท A จะเป็นอินพุทพอร์ท

บิต D3 เป็นบิตที่กำหนดการทำงานของพอร์ท C บน ถ้าเป็น 0 จะเป็นเอาท์พุท และในทางกลับกันถ้าเป็น 1 จะเป็นอินพุทพอร์ท

บิต D2 เป็นบิตที่ใช้กำหนดโหมดการทำงานของพอร์ท B ถ้าเป็น 0 หมายถึงทำงานใน โหมด 0 และถ้าเป็น 1 หมายถึงทำงานในโหมด 1

บิต D1 เป็นบิตที่ใช้กำหนดหน้าที่ของพอร์ท B ว่าจะใช้เป็นพอร์ทอินพุทหรือเอาท์พุท โดยถ้าบิทนี้เป็น 0 จะเป็นอินพุทพอร์ท และถ้าเป็น 1 ก็จะเป็นเอาท์พุทพอร์ท

บิต D0 เป็นบิตที่ใช้กำหนดการเป็นอินพุทหรือเอาท์พุทของพอร์ท C ล่าง ถ้าเป็น 0 จะเป็นเอาท์พุท และถ้าเป็น 1 จะเป็นอินพุท

2.6.5 เคาน์เตอร์และไทม์เมอร์ (COUNTER AND TIMER)

งานประยุกต์ที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นจำนวนมากจำเป็นต้องใช้การนับเหตุการณ์จากภายนอก เช่นความถี่พัลซ์หรือการสร้างความแม่นยอนของการหน่วงเวลาภายใน ระหว่างการทำงานของคอมพิวเตอร์ทั้ง 2 อย่างนี้สามารถทำให้สำเร็จได้โดยใช้เทคนิคซอฟแวร์ แต่รอาเซของโปรแกรมสำหรับการนับหรือเวลาเพื่อให้โพรเซสเซอร์ทำงานโดยฟังก์ชั่นอื่นไม่ถูกใช้งาน การปลอดปล่อยโดยใช้เคาน์เตอร์ (T0 , t1) ขนาด 16 บิตนับ และเป็นตัวใช้งานทั่วๆไป เคาน์เตอร์แต่ละตัวอาจถูกโปรแกรมให้นับพัลซ์ภายใน หรือเป็นไทม์เมอร์ หรือโปรแกรมให้นับพัลซ์ภายนอก

เคาน์เตอร์ถูกแบ่งเป็นรีจิสเตอร์ 8 บิต 2 ตัว เรียกว่าไทม์เมอร์ไบต์ต่ำและไทม์เมอร์ไบต์สูงการทำงานของไทม์เมอร์ทุกตัวถูกควบคุมโดยสถานะบิตใน TMOD , TCON และโปรแกรมคำสั่งบางตัว

TMOD จะใช้ตรวจสอบไทม์เมอร์ 2 ตัวเท่านั้น และสามารถพิจารณาเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 4 บิต 2 ตัวต่อกันอยู่ โดยที่แต่ละตัวจะควบคุมไทม์เมอร์ 1 ตัว Tcon จะควบคุมบิตและแฟล็กของไทม์เมอร์ในนิบแบ่งและควบคุมบิตและแฟล็กของการอินเทอร์รัพท์จากภายนอกด้วยนิบแบ่งล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

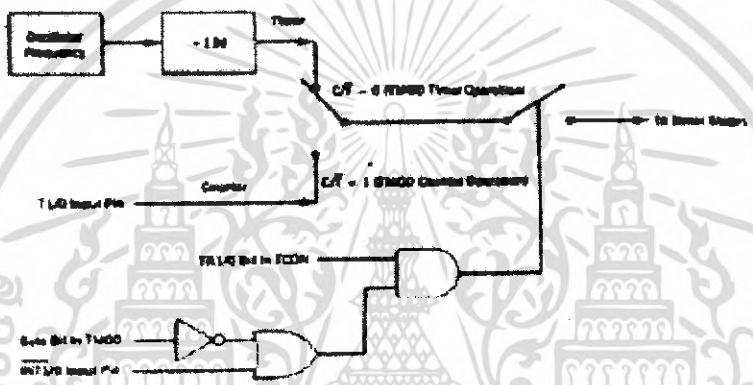
การอินเทอร์รัพท์ไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์ (Interupt timer and counter)

เคาน์เตอร์จะอยู่รวมบนชิปเพื่อทำให้โพรเซสเซอร์ปลอดปล่อยจากงาน Timing และ Counting เมื่อโปรแกรมต้องการนับพัลซ์ภายในหรือเหตุการณ์ภายนอก จะต้องเก็บค่าๆ หนึ่งในเคาน์เตอร์ 1 ตัว จำนวนนี้จะแสดงการนับที่มากที่สุดซึ่งน้อยกว่าค่าที่ต้องการอยู่ 1 เคาน์เตอร์ เพิ่มจากจำนวนเริ่มต้นไปยังค่าที่มากที่สุด แต่ต่อจากนั้นจะนับจนเป็น 0 ซึ่งเป็นพัลซ์สุดท้ายและจะเซตไทม์เมอร์แฟลก สภาวะของแฟลกทดสอบได้ด้วยคำสั่งที่บอกให้โปรแกรมนับจนเสร็จ หรือแฟลกอาจใช้อินเทอร์รัพท์โปรแกรม

ไทม์มิ่ง(TIMING)

ถ้าเคาน์เตอร์ถูกตั้งเป็นไทม์เมอร์ก็จะนับความถี่นาฬิกาภายใน 8051 ออสซิลเลเตอร์หารด้วย 12 เช่น ความถี่คริสทัล 6 MHz จะได้ไทม์เมอร์ 500 KHz

วงจรนาฬิกาที่นับจะถูกเกทไปที่ไทม์เมอร์โดยใช้วงจรดังรูป 2.6.6



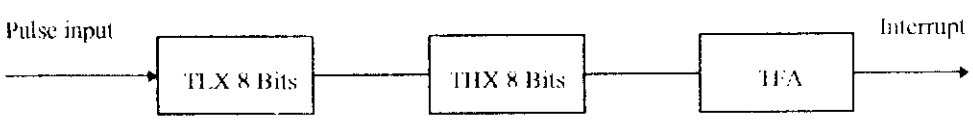
รูปที่ 2.6.6 แสดงกอจิกควบคุมของไทม์เมอร์และเคาน์เตอร์

สัญญาณนาฬิกาของออสซิลเลเตอร์จะเป็นพัลซ์มาสู่ไทม์เมอร์ บิต C/T ใน TMOD ต้องเป็น 0 บิต TRX ใน TCON ต้องเป็น 1 (ไทม์เมอร์ทำงาน) และบิตเกทใน TMOD ต้องเป็น 0 และขา INTRX ต้องเป็น 1 ในทางตรงกันข้ามเคาน์เตอร์ทำหน้าที่เคาน์เตอร์ได้โดยเกทไปที่เคาน์เตอร์โดยบิตทำงาน (Runbit) และเกทบิต (Gate bit) หรือบิต INTX

การทำงานในโหมดไทม์เมอร์

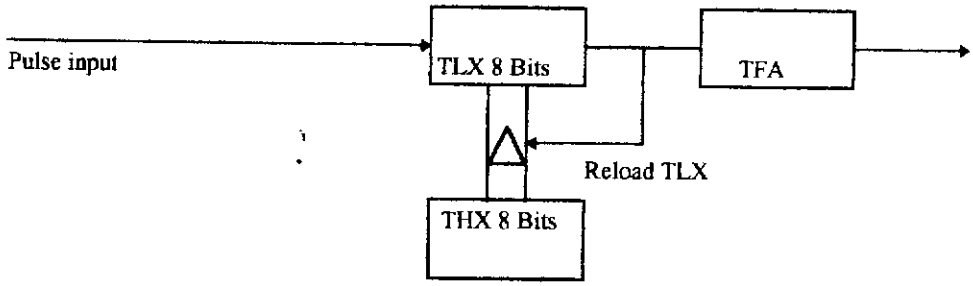
การทำงานของไทม์เมอร์มีทั้งหมด 4 โหมด ซึ่งกำหนดโดยบิท M1 , M0 ใน TMOD จากรูปที่2.6.7 แสดงไทม์เมอร์ทั้ง 4

Timer mode 0 13 bits timer/counter

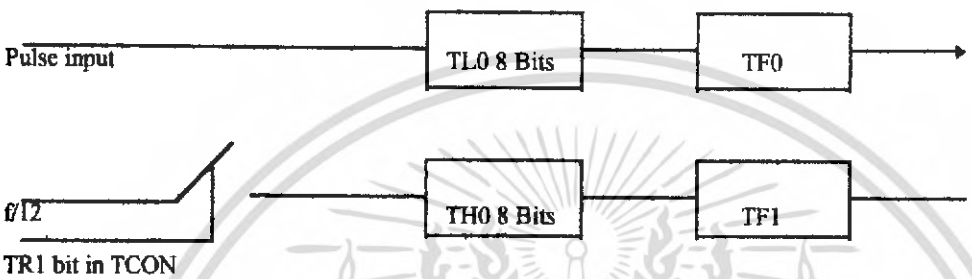


Timer mode 1 16 bits timer/counter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Timer mode 2 Auto reload TL from TH



Timer mode 3 Two 8 bit using timer 0

รูปที่ 2.6.7 แสดงการทำงานในโหมดไทม์เมอร์ 1 และ 0

ไทม์เมอร์โหมด 0

การตั้งโหมดไทม์เมอร์ X(0,1) เป็น 00B ใน TMOD เป็นเหตุผลให้ใช้ THX เป็นเคาน์เตอร์ 8 บิต และ TLX เป็นเคาน์เตอร์ 5 **บิต พัลซ์ที่เป็นอินพุทจะถูกหารด้วย** 32 ใน TL **ดังนั้น TH จะนับความถี่ที่ถูกหารด้วย** 384 **เช่น ความถี่ออสซิลเลเตอร์** 6MHz **ให้ความถี่สุดท้ายใน** TH **เป็น** 15625 Hz **แฟล็กไทม์เมอร์เมื่อถูกเซ็ทเมื่อ** THX **นับจาก** FFH **เป็น** 00H **หรือ** 0.0164sec**สำหรับคริสทัล** 6 MHz **ถ้า** THX **เริ่มต้นที่** 00H

ไทม์เมอร์โหมด 1

ไทม์เมอร์ในโหมด 1 **คล้ายกับไทม์เมอร์ในโหมด** 0 **ยกเว้น** TLX **จะใช้เต็ม** 8 **บิต เมื่อบิตโหมดเซ็ทเป็น** 01B ใน TMOD **แฟล็กไทม์เมอร์จะเซ็ทในเวลา** 0.131sec **เมื่อใช้คริสทัล** 6 MHz

ไทม์เมอร์โหมด 2

การเซ็ทบิตโหมดเป็น 10B ใน TMOD จะใช้เฉพาะไทม์เมอร์ TLX เป็นตัวนับ 8 บิต TLX จะเก็บค่าที่โหลดไปใน TLX ทุกครั้งที่ TLX เกิดโอเวอร์โฟล์จาก FFH เป็น 00H แฟล็กไทม์เมอร์จะเซ็ทเมื่อ TLX เกิดโอเวอร์โฟล์

ไทม์เมอร์โหมด 3

ไทม์เมอร์โหมด 0 และ 1 อาจจะโปรแกรมเป็นโหมด 0 , 1 , 2 อิสระจากกันในลักษณะคล้ายๆกันแต่ **ไม่สำหรับโหมด** 3 **ไทม์เมอร์จะไม่ทำงานเป็นอิสระจากกัน ไทม์เมอร์** 1 **จะเป็นตัวทำให้หยุดนับบิตควบคุม** TR1 และไทม์เมอร์แฟล็ก 1:TF1 จะถูกใช้โดยไทม์เมอร์ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไทม์เมอร์ 0 จะแยกเป็นตัวนับขนาด 8 บิตออกจากกัน TL0 ถูกควบคุมโดยการจัดเรียงบิตในรูป 2.6.6 และเซ็ทไทม์เมอร์แฟลก :TF0 เมื่อเกิดโอเวอร์โฟล์จาก FFH ถึง 00H TH0 สัญญาณนาฬิกาของไทม์เมอร์ (หารจากออสซิลเลเตอร์ด้วย 12) ภายใต้การควบคุมของ TR1 เท่านั้นและเซ็ทแฟลีก TF1 เมื่อเกิดการโอเวอร์โฟล์

ไทม์เมอร์ 1 อาจจะใช้ในโหมด 0 , 1 , 2 , ขณะที่ไทม์เมอร์ 0 มีข้อยกเว้นที่สำคัญคือการอินเทอร์รัพท์ไม่ได้เกิดจากไทม์เมอร์ 1 ขณะที่ไทม์เมอร์ 0 ใช้โอเวอร์โฟล์แฟลีก TF1 การสวิทซ์ไทม์เมอร์ 1 ในโหมด 3 จะหยุดการนับและเก็บค่าในไทม์เมอร์ 1 ไทม์เมอร์สามารถใช้ Baud rate สำหรับพอร์ทอนุกรม หรือโหมด 0 , 1 , 2 ซึ่งไม่เกิดขึ้นกับการอินเตอร์รัพท์

เคาน์ติ้ง (Counting)

Timing และ Counting มีข้อแตกต่างกันสิ่งเดียวคือ แหล่งพัลซ์นาฬิกาของเคาน์เตอร์เมื่อใช้เป็นไทม์เมอร์ พัลซ์นาฬิกามาจากวงจรออสซิลเลเตอร์ผ่านวงจรหาร 12 เมื่อใช้เป็นเคาน์เตอร์ ขา T0 จะเป็นพัลซ์ให้กับเคาน์เตอร์ 0 และขา T1 แก่เคาน์เตอร์ 1 บิต C/T ใน TMOD ต้องเซ็ทเป็น 1 เพื่อให้พัลซ์จากขา TX แก่วงจรควบคุมดังรูป

พัลซ์อินพุทบน TX จะถูกสุ่มระหว่าง P2 ของสถานะที่ 5 ของทุก Machine cycle การเปลี่ยนอินพุทจาก 1 เป็น 0 ระหว่างการสุ่มจะเพิ่มค่าเคาน์เตอร์ทุกสถานะ 1 และ 0 ของพัลซ์อินพุทต้องคงที่อย่างน้อยที่สุด 1 Machine cycle เพื่อมั่นใจว่าการนับเชื่อใจได้ เนื่องจากมี 25 พัลซ์ ความถี่อินพุทสูงสุดยังสามารถนับได้อย่างแน่นอนคือความถี่ของออสซิลเลเตอร์หารด้วย 24 สำหรับคริสทัล 6 MHz ซึ่งให้ความถี่สูงสุดออกมา 250 KHz

2.7.6 อินพุทเอาท์พุทข้อมูลอนุกรม

คอมพิวเตอร์ต้องสามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์อื่นๆ ในระบบมัลติโพรเซสเซอร์สมัยใหม่การติดต่อที่มีประสิทธิภาพทางหนึ่งคือการส่ง และการรับบิตข้อมูลและอนุกรม 8051 มีวงจรติดต่อข้อมูลแบบอนุกรมโดยใช้รีจิสเตอร์ SBUF เก็บข้อมูล SCON ควบคุมการสื่อสาร PCON ควบคุมอัตราข้อมูล และขา RXD และ TXD ต่อกับเครือข่ายข้อมูลอนุกรม

SBUF มีอยู่ 2 รีจิสเตอร์อันหนึ่งใช้เขียนและเก็บข้อมูลที่จะส่งออกของ 8051 ผ่าน TXD อีกตัวใช้อ่านและเก็บข้อมูลที่ได้รับจากภายนอกผ่าน RXD รีจิสเตอร์ทั้ง 2 นี้ มีแอดเดรส 99h

มีโหมดที่โปรแกรมได้ทั้งหมด 4 โหมด สำหรับการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมซึ่งเลือกโดยบิต SMX ใน SCON ส่วน Baud rate กำหนดโดยโหมดที่ใช้

การอินเทอร์รัพท์ข้อมูลอนุกรม

การสื่อสารข้อมูลอนุกรมเป็นขบวนการที่ล่าช้า ใช้เวลาหลาย msec ต่อไบต์ข้อมูล แฟล็กข้อมูลอนุกรมอยู่ใน SCON เพื่อช่วยให้การส่งและการรับมีประสิทธิภาพ สังเกตุด้วยว่าการส่งข้อมูลอยู่ภายใต้การควบคุมของโปรแกรมแต่การรับข้อมูลไม่สามารถคาดได้ และรับที่เวลาใดก็ได้ซึ่งอยู่นอกเหนือการควบคุมด้วยโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แฟล็กข้อมูลอนุกรมใน SCON TI และ RI จะเซ็ทเมื่อไบต์ข้อมูลถูกส่ง (TI) หรือรับ (RI) แฟล็กจะ OR กันเพื่อสร้างอินเทอร์รัพท์โปรแกรม โปรแกรมต้องอ่านแฟล็กเหล่านี้เพื่อหาสาเหตุการอินเทอร์รัพท์จะทำการเคลียร์แฟล็ก ซึ่งไม่เหมือนแฟล็กไทม์เมอร์ที่ต้องเคลียร์ตัวเอง ผลลัพท์อันนี้ขึ้นกับโปรแกรมเมอร์ที่จะเขียนรูทีนให้จัดการกับแฟล็กข้อมูลอนุกรม

การส่งข้อมูล

การส่งบิตข้อมูลอนุกรม เริ่มต้นโดยข้อมูลถูกเขียนลง SBUF TI เซ็ทเป็น 1 เมื่อข้อมูลส่งเรียบร้อยแล้ว และ SBUF ว่างและข้อมูลอีกไบต์สามารถส่งได้ถ้าโปรแกรมผิดพลาดในการแฟล็ก TI และเขียนเกิน SBUF ขณะที่ข้อมูลไบต์ก่อนกำลังส่งอยู่ ผลคือไม่สามารถคาดเดาสิ่งที่เกิดขึ้นได้

การรับข้อมูล

เริ่มต้นด้วย ถ้าบิตรับข้อมูล (REN) ใน SCON เซ็ทเป็น 1 ทุกโหมดยกเว้นโหมด 0 RI ต้องเคลียร์เป็น 0 แฟล็กอินเทอร์รัพท์การรับข้อมูล RI จะเซ็ทหลังจากรับข้อมูลแล้วทุกโหมด การเซ็ท REN จะเป็นการควบคุมโปรแกรมโดยตรงเท่านั้นซึ่งจะไม่รับข้อมูลที่ไม่ต้องการ RI ต้องเป็น 0 ในโหมด 0 เพื่อป้องกันการรับข้อมูลใหม่จนกว่าโปรแกรมจะรับข้อมูลเก่าและรีเซ็ท RI

การรับสามารถเริ่มต้นในโหมด 1 , 2 , 3 ถ้า RI เซ็ทเมื่อบิตข้อมูลอนุกรมเริ่มปรากฏ RI ต้องรีเซ็ทโดยโปรแกรมก่อนที่บิตสุดท้ายจะรับ มิฉะนั้นข้อมูลจะสูญหาย ข้อมูลภายในไม่สามารถส่งไปSBUF จนกว่าข้อมูลสุดท้ายจะได้รับเพื่อให้การส่งข้อมูลนั้นอ่านจาก SBUF ขณะที่มีการรับข้อมูลใหม่

โหมดการส่งข้อมูลอนุกรม

ผู้ออกแบบ 8051 ได้รวบรวมโหมดในการส่งข้อมูลอนุกรมไว้ 4 โหมด ทำให้การสื่อสารข้อมูลสามารถทำได้หลายทางและมี Baud rate หลายขนาด โหมดจะถูกเลือกโดยโปรแกรมเมอร์ โดยการเซ็ทบิตโหมด SM0 และ SM1 ใน SCON Baud rate จะคงที่ในโหมด 0 และสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อใช้ไทม์เมอร์ 1 และบิตที่เปลี่ยน Baud rate อนุกรม (SMOD) ซึ่งอยู่ใน PCON สำหรับโหมด 1 , 2 , 3

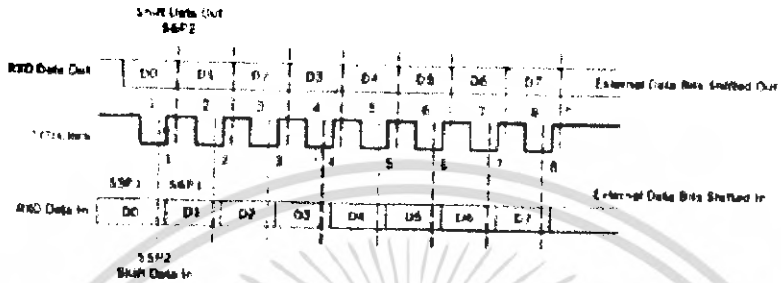
ข้อมูลอนุกรมในโหมด 0 โหมดการเลื่อนรีจิสเตอร์

การเซ็ทบิต SM0 และ SM1 ใน SCON เป็น 00B ทำให้ SBUF ทำการรับหรือส่งข้อมูล 8 บิตโดยใช้ขา RXD ทั้ง 2 หน้าที่ขา TXD จะต่อกับแหล่งกำเนิดพัลซ์ภายใน ซึ่งจะให้พัลซ์ที่เลื่อนแก่วงจรภายนอก ความถี่ที่เลื่อนหรือ Baud rate จะคงที่ (เท่ากับความถี่ออสซิลเลเตอร์ / 12) อัตราขนาดนี้จะใช้เป็นไทม์เมอร์เมื่อโครงสร้างเป็นไทม์เมอร์ สัญญาณนาฬิกาที่เลื่อน TXD เป็น Square wave ซึ่งเป็น 0 ใน สภาวะ S3 , S4 , S5 ของ Machine cycle และเป็น 1 สำหรับสภาวะ S6 , S1 , S2 จากรูปแสดง Timing ของการส่งข้อมูลรีจิสเตอร์ที่เลื่อนข้อมูลโหมด 0 เมื่อข้อมูลส่งออกมาทาง RXD ข้อมูลเปลี่ยนที่ขอบขาลงของ S6P2 หรือ 1 พัลซ์นาฬิกา หลังจากขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกาที่เลื่อน TRX ออก ผู้ออกแบบระบบต้องออกแบบวงจรภายนอก ซึ่งรับข้อมูลที่ส่งออกมาเพื่อให้ข้อมูลที่รับเชื่อถือได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลที่รับเข้ามาทางขา RXD ควรจะพร้อมกับสัญญาณนาฬิกาที่เลื่อนที่เกิดที่ TXD ข้อมูลถูกสุ่มที่ขอบขาลงของ S5P2 และเลื่อนไปยัง SBUF ที่ขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิการที่เลื่อน

โหมด 0 ไม่ได้ตั้งใจให้ใช้สำหรับการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์ แต่เป็นวิธีที่จะได้ข้อมูลอนุกรมที่ความเร็วสูง โดยใช้ Discrete logic เพื่อให้ได้อัตราข้อมูลสูง Baud rate ที่ใช้ในโหมด 0 จะสูงกว่ามาตรฐานมาก เช่น คริสตัล 6 MHz ได้อัตราเลื่อน 500KHz



รูปที่ 2.6.8 แสดงเวลาของการส่งข้อมูลในรีจิสเตอร์ เลื่อนข้อมูลโหมด 0

ข้อมูลอนุกรม 1-UART มาตรฐาน

เมื่อ SM0 และ SM1 เซ็ทเป็น 01B SBUF จะเป็นตัวรับและตัวส่ง 10 บิต โดยจะรับและส่งข้อมูลในเวลาเดียวกัน ขา RXD จะรับข้อมูลทั้งหมด และขา TXD จะส่งข้อมูลทั้งหมดจากรูป 2.6.9 แสดงรูปแบบของ Word ข้อมูล

รูปที่ 2.6.9 แสดงรูปแบบ Word ข้อมูล UART มาตรฐาน

Baud rate กำหนดได้ด้วย

$f_{baud} = (2^{SMOD} * ความถี่ออสซิลเลเตอร์)/64$ข้อมูลที่ส่งเป็น Start bit 1 บิต ข้อมูล 8 บิต สต็อปบิต 1 บิต แฟล็กอินเทอร์รัพท์ TI จะเซ็ททันทีที่ 10 บิตถูกส่งแล้ว ระยะของแต่ละบิตคือส่วนกลับของความถี่ของ Baud rate แต่ละบิตจะเป็น 1 หรือ 0 ตลอดช่วง

ข้อมูลที่รับจะมีลำดับเหมือนเดิมการรับจะถูกทริกที่ขอบขาลงของ Start bit และต่อไปเรื่อยๆ ถ้าสต็อปบิต เป็น 0 ครึ่งหนึ่งของ Start bit นี่เป็นการวัดที่มีการรบกวนน้อยถ้าวงจรรับถูกทริกโดยสัญญาณรบกวนบนสายส่ง การตรวจสอบเสถียรภาพ 0 หลังจากครึ่งบิตจะเป็นการจำกัดการรับข้อมูลที่ผิดพลาด

บิตข้อมูลที่เลื่อนเข้าตัวรับที่โปรแกรม Baud rate ไว้และ Word ข้อมูลจะถูกส่งไปยัง SBUF ถ้าเงื่อนไขดังนี้เป็นจริง RI = 0, SM = 0 หรือ Stop bit = 0, RI = 1 เป็นการเขียนว่าโปรแกรมได้อ่านไบต์ข้อมูลมาก่อนและพร้อมรับข้อมูลต่อไป โหมดนี้ Stop bit จะถูกไม่ได้ส่งข้อมูลไปยัง SBUF ไม่สนใจบิตที่สถานะ SM2 โดยที่ SM2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

0 ทำให้สามารถรับไบต์และสต็อปบิต ซึ่งเป็นข้อจำกัดในโหมดนี้ แต่มีประโยชน์มากในโหมด 2 และ 3 ถ้า SM2 = 1 ทำให้รับเฉพาะ สต็อปบิต ที่ถูกต้องเท่านั้น และป้องกันการรบกวน

ใน 10 บิตนี้ ที่ตำแหน่งสุดท้ายของการรับ เป็นการชี้ว่าข้อมูลที่รับมาก่อนยังไม่ถูกโปรแกรมอ่าน หรือถ้าเงื่อนไขอื่นไม่จริง ข้อมูลใหม่จะไม่ถูกโหลด และจะสูญหายไป

Baud rate โหมด 1

ไทม์เมอร์ 1 ถูกใช้สร้าง Baud ในโหมด 1 โดยใช้โอเวอร์โฟล์แฟล็กของไทม์เมอร์ เพื่อกำหนดความถี่ Baud rate ถ้าไทม์เมอร์ 1 ใช้ในโหมดเป็นไทม์เมอร์ 8 บิตออโตโหลด (Autoload) จะสร้าง Baud rate ได้

$f_{baud} = (2^{SMOD} * \text{ความถี่ออสซิลเลเตอร์})/((32*12*|256-TH1|)$

SMOD เป็นบิตควบคุมใน PCON และอาจเป็น 0 หรือ 1

ถ้าไทม์เมอร์ 1 ไม่ได้ทำงานในโหมด 2 Baud rate จะเป็น

$f_{baud} = (2^{SMOD} * \text{Timer 1 overflow flag})/32$

และไทม์เมอร์ 1 สามารถใช้สัญญาณนาฬิกาภายในหรือเป็นเคาน์เตอร์ซึ่งรับพัลซ์นาฬิกาจากภายนอกผ่านขา T1

ความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่เลือกจะช่วยสร้าง Baud rate ทั้งแบบมาตรฐานและไม่มาตรฐานถ้าต้องการ Baud rate มาตรฐาน คริสตัล 11.0592 MHz ควรใช้ ซึ่งจะใช้อัตรามาตรฐาน 9600Hz และ TH1 จะมีค่าดังนี้

$TH1 = 256-[(2^6*11.0592*10^6)/(32*12*9600)] = 0FDh = 253.0000d$

ถ้า SMOD ถูกเคลียร์เป็น 0

ข้อมูลอนุกรมโหมด 2 โหมดมัลติโพรเซสเซอร์

โหมด 2 คล้ายกับโหมด 1 เว้นแต่ว่ามีการส่ง 11 บิต คือ Start bit 1 บิต , ข้อมูล 9 บิต , สต็อปบิต 1 บิต ดังรูป บิตข้อมูลที่ 9 ได้จาก TB8 ใน SCON ระหว่างการส่งและเก็บในบิต RB8 ของ SCON เมื่อรับข้อมูลทั้ง Start bit และ สต็อปบิตจะทิ้งไป

รูปที่ 2.6.10 แสดงรูปแบบ Word ข้อมูลในโหมดมัลติโพรเซสเซอร์

ในกรณีโหมด 0 Baud rate จะมากกว่ามาตรฐานมาก อัตราข้อมูลที่สูงนี้เป็นที่ต้องการใน Application หลายๆ มัลติโพรเซสเซอร์ข้อมูลสามารถรวบรวมได้อย่างรวดเร็วจากเครือข่ายของไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้สื่อสาร ถ้าใช้ Baud rate สูง

เงื่อนไขการเซ็ท RI ในโหมด 1RI ต้องเป็น 0 ก่อนที่จะรับบิตสุดท้าย และ SM2 ต้องเป็น 0 หรือข้อมูลบิตที่ 9 ต้องเป็น 1 การเซ็ท RI ขึ้นกับสภาวะของ SM2 ในการรับ 9บิต และสภาวะ 9 ซึ่งทำให้ Multiprocessing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นไปได้โดยให้ตัวรับถูกอินเทอร์รัพท์โดยข้อมูลบางตัว ในขณะที่ตัวรับอื่นๆ ไม่สนใจข้อมูลนี้ เฉพาะ 8051 เท่านั้นที่ SM2 เซ็ทเป็น 0 จะถูกอินเทอร์รัพท์โดยข้อมูลที่รับซึ่งข้อมูลบิตที่ 9 เซ็ทเป็น 1 จะไม่ถูกอินเทอร์รัพท์โดยข้อมูล พร้อมกับข้อมูลบิต 9 เป็น 0 ตัวรับทั้งหมดจะถูกอินเทอร์รัพท์โดยข้อมูล และข้อมูลบิตที่ 9 เซ็ทเป็น 1 ซึ่งสภาวะของ SM2 จะไม่ขัดขวางการรับข้อมูล

รายละเอียดเหล่านี้จะให้คอมพิวเตอร์ที่ทำการสั่ง ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ตัวรับที่ถูกเลือกโดยไม่มีการอินเตอร์รัพท์คอมพิวเตอร์ตัวรับอื่นๆ คอมพิวเตอร์ตัวรับอาจถูกสั่งเป็นตัวรับ ตัวส่ง หรือๆไม่สนใจคำสั่งโดยโค้ดไบต์ที่ส่งพร้อมกับข้อมูลบิต 9 เป็น 1 1 ในข้อมูลบิต 9 จะอินเตอร์รัพท์ตัวรับทุกตัว คำสั่งนี้จะถูกโปรแกรมให้มีผลต่อโค้ดไบต์เพื่อโปรแกรมสภาวะของ SM2 ใน SCON ตัวรับที่ถูกเลือกจะทำให้บิต 9 เซ็ทเป็น 0 ขณะที่ตัวรับอื่นๆ จะไม่สนใจตัวส่งสามารถเปลี่ยนตัวรับโดยส่งบิตที่เซ็ทเป็น 1 ซึ่งจะสั่งตัวรับใหม่ให้เซ็ท SM2 เป็น 0 ขณะที่ตัวอื่นๆ จะเซ็ท SM2 เป็น 1

ข้อมูลในอนุกรมโหมด 2

โหมด 3 เหมือนกับโหมด 2 ยกเว้น Baud rate ซึ่งเหมือนโหมด 1

2.7.7 อินเทอร์รัพท์

โปรแกรมคอมพิวเตอร์มีเพียง 2 ทางเท่านั้น ที่จะหาเงื่อนไขที่เป็นจริงของวงจรภายในและภายนอก วิธีแรก คือใช้คำสั่งซอฟต์แวร์ กระโดดบนสภาวะแฟล็กและพอร์ทพิน วิธี 2 คือสัญญาณทางฮาร์ดแวร์ที่เรียกว่าอินเตอร์รัพท์ ซึ่งทำให้โปรแกรมไปเรียกซับรูทีน (Sub routine) เทคนิคของซอฟต์แวร์ใช้เวลาของโพรเซสเซอร์ซึ่งสามารถไปใช้งานอื่นๆ อินเตอร์รัพท์จะใช้เวลาของโพรเซสเซอร์เมื่อถูกทำเมื่อต้องการใช้โปรแกรม การประยุกต์ใช้งานเกือบทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ ที่เร็วพอที่จะควบคุมภาวะแวดล้อมที่สร้างเหตุการณ์

อินเทอร์รัพท์อาจสร้างโดยการทำงานของชิปภายในหรือโดยแหล่งภายนอก อินเทอร์รัพท์บางตัวทำให้ 8051 ทำฮาร์ดแวร์ให้เรียกซับรูทีน มีตำแหน่งที่กำหนดมาก่อน(โดยผู้ออกแบบ 8051) ในโปรแกรมเมมโมรี่

มีอินเทอร์รัพท์ 5 ชนิดใน 8051 3 ชนิดในนี้จะถูกสร้างโดยอัตโนมัติ โดยการทำงานภายในของไทม์เมอร์แฟล็ก 0 ไทม์เมอร์แฟล็ก 1 และอินเทอร์รัพท์พอร์ทอนุกรม (RI หรือ TI) อินเทอร์รัพท์อีก 2 ตัวถูกทริกโดยสัญญาณภายนอกโดยวงจรที่ต่อกับขา INT0 และ INT1 (ขาของพอร์ท P3.2 และ P3.3) หน้าที่ของอินเทอร์รัพท์ จะอยู่ภายใต้การควบคุมของโปรแกรม โปรแกรมเมอร์สามารถเปลี่ยนบิตควบคุมในรีจิสเตอร์อินเทอร์รัพท์ (IE) ,Interupt priority register (IO) และ Timer control register (TCON) โปรแกรมสามารถสกัดกั้นอินเทอร์รัพท์ทั้งหมดหรือบางตัวจากโปรแกรมโดยการเซ็ทหรือเคลียร์บิตในรีจิสเตอร์เหล่านี้

หลังจากอินเทอร์รัพท์ถูกจัดการโดยซับรูทีนซึ่งทำได้โดยโปรแกรมเมอร์ ในโปรแกรมเมมโมรี่โปรแกรมอินเทอร์รัพท์ต้องทำงานที่คำสั่งที่เกิดอินเทอร์รัพท์ โปรแกรมถูกทำโดยเก็บค่า PC ไปบนสแต็กในแรมก่อนเปลี่ยน PC เป็นแอดเดรสของอินเทอร์รัพท์ในรอม ค่า PC จะได้จากสแต็กหลังจากคำสั่ง RETI ได้ทำแล้วที่ส่วนท้ายของซับรูทีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินเทอร์รัพท์แฟล็กไทม์เมอร์

เมื่อไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ เกิดโอเวอร์โฟล์ ผลคือไทม์เมอร์แฟล็ก (TF0,TF1) จะเซ็ทเป็น 1 แฟล็กถูกเคลียร์เป็น 0 เมื่ออินเทอร์รัพท์ทำให้โปรแกรมเรียกซับรูทีนของไทม์เมอร์ในเมมโมรี่

อินเทอร์รัพท์พอร์ทอนุกรม

เมื่อรับข้อมูลแล้วบิตอินเทอร์รัพท์ (RI) ต้องเซ็ทเป็น ! ใน SCON เมื่อข้อมูลส่งเรียบร้อยแล้วบิตอินเทอร์รัพท์ (TI) ต้องเซ็ทใน SCON และจะนำมา OR กันเพื่อหาตัวอินเทอร์รัพท์แก่โพรเซสเซอร์ ซึ่งเป็นการอินเทอร์รัพท์พอร์ทอนุกรมบิตเหล่านี้จะไม่ถูกเคลียร์เมื่อการเรียก โปรแกรมอินเทอร์รัพท์ถูกทำโดยโพรเซสเซอร์โปรแกรมที่จัดการสื่อสารข้อมูลอนุกรมต้องรีเซ็ท RI หรือ TI เพื่อจะทำข้อมูลถัดไป

การอินเทอร์รัพท์ภายนอก

ขา INT0 และ INT1 จะใช้โดยวงจรภายนอก การอินพุทบนขาเหล่านี้ต้องเซ็ทอินเทอร์รัพท์แฟล็ก IE0 และ IE1 ใน SCON เป็น 1 โดยวิธี 2 วิธี แฟล็ก IEX อาจเซ็ทเมื่อขา INTX เป็น 0 หรือแฟล็กอาจเซ็ทเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงจาก 1 เป็น 0 บนขา INTX บิต IT0 , IT1 จะโปรแกรมขา INTX สำหรับการอินเทอร์รัพท์ที่ 0 เมื่อเซ็ทเป็น 0 และโปรแกรมขา INTX สำหรับอินเทอร์รัพท์ที่การเปลี่ยนลอจิกเมื่อเซ็ทเป็น 1

แฟลก IEX จะรีเซ็ทเมื่อการอินเทอร์รัพท์ที่การเปลี่ยนลอจิก พบโดยโปรแกรมและเข้าฉึงซับรูทีน นี่เป็นผลของนักออกแบบระบบและโปรแกรมเมอร์ที่ต้องรีเซ็ทการอินเทอร์รัพท์ภายนอกว่าจะทำที่ลอจิกไหนเมื่อใช้โปรแกรม วงจรภายนอกต้องเป็น 1 ก่อนที่ RETI จะถูกจัดความผิดพลาดในเรื่องนี้จะทำให้เกิดการอินเทอร์รัพท์ทันทีหลังจาก RETI ด้วยแหล่งอินเทอร์รัพท์เดียวกัน

การรีเซ็ท (Reset)

การรีเซ็ท สามารถมองเป็นการอินเทอร์รัพท์สูงสุด เพราะโปรแกรมไม่สามารถสกัดกั้นได้ การอินเทอร์รัพท์ชนิดนี้บ่อยครั้งเราเรียกว่า Nonmaskable เนื่องจากไม่มีบิตใดที่สามารถหยุดมันได้ซึ่งไม่เหมือนกับการอินเทอร์รัพท์แบบอื่น PC จะไม่เก็บค่าโปรแกรมครั้งหลังสุด รีเซ็ทเป็นคำสั่งที่สมบูรณ์ในการกระโดดไปที่ 0000H และเริ่มทำงานที่จุดนี้

เมื่อลอจิก 1 ใช้ที่ขา RST 8051 จะอยู่ในภาวะรีเซ็ท หลังจากขา RST เป็น 0 รีจิสเตอร์ภายในจะมีค่าดังต่อไปนี้

REGISTER	VALUE(HEX)
PC	0000
DPTR	0000
A	00
B	00
SP	07
SPW	00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P0-3	FF
IP	XXX00000b
IE	0XX00000b
TCON	00
TMOD	00
TH0	00
TL0	00
TH1	00
TL1	00
SCON	00
SBUF	XX
PCON	0XXXXXXXb

แรมภายในจะไม่เปลี่ยนบนโดยการรีเซ็ทแต่สถานะของแรมภายในเมื่อเปิดเครื่องครั้งแรกจะสุ่ม และแบงค์ 0 จะถูกเลือกและทุกบิตใน PSW เป็น 0

การควบคุมการอินเทอร์รัพท์

ความสามารถ / ไม่สามารถอินเทอร์รัพท์

บิตในรีจิสเตอร์ EI ต้องเซ็ตเป็น 1 ถ้าแหล่งอินเทอร์รัพท์ถูกใช้ และเซ็ตเป็น 00 เมื่อไม่ใช้บิต EA ซึ่งเป็นบิตที่สำคัญซึ่งสามารถ / ไม่สามารถอินเทอร์รัพท์ทุกแหล่งโปรแกรมต้องสามารถยับยั้งอินเทอร์รัพท์ทั้งหมดหรือบางตัว เพื่อให้งานที่สำคัญได้ทำเสร็จรีจิสเตอร์ EI จะเก็บค่าบิตที่โปรแกรมได้ เพื่อทำให้อินเทอร์รัพท์ได้ตามต้องการ และเมื่อเลือกอินเทอร์รัพท์แล้วแหล่งอินเทอร์รัพท์แต่ละแหล่งอาจถูกเลือกหรือไม่ก็ได้

บ่อยครั้งที่ต้องการอินเทอร์รัพท์ที่สำคัญกว่าโดยทันที บิตของรีจิสเตอร์ IP อาจเซ็ตโดยโปรแกรมเพื่อกำหนดความสำคัญของแต่ละแหล่งอินเทอร์รัพท์ เพื่อให้อินเทอรรัพท์ที่สำคัญกว่าเกิดก่อน เมื่อมีการอินเทอร์รัพท์เกิดขึ้นพร้อมกันตั้งแต่ 2 แหล่งขึ้นไป

ความสำคัญของการอินเทอร์รัพท์

บิตในIP ถูกกำหนดถ้าอินเทอร์รัพท์ต้องการลำดับความสำคัญ บิตจะเซ็ทเป็น 1 เมื่อเป็นการอินเทอร์รัพท์ที่มีความสำคัญสูง และเป็น 0 เมื่ออินเทอร์รัพท์มีความสำคัญต่ำ อินเทอร์รัพท์ที่มีความสำคัญสูงไม่อาจถูกอินเทอร์รัพท์โดยตัวที่มีความสำคัญต่ำกว่า จนกว่าตัวที่สำคัญสูงกว่าจะทำเสร็จ

ถ้าอินเทอร์รัพท์ 2 ตัวที่มีความสำคัญเท่ากันเกิดพร้อมกันจะมีการทำตามลำดับดังนี้

1. IE0
2. TF0
3. IE1
4. TF1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. Serial = or TI

การอินเทอร์รัพท์อนุกรมสามารถให้ลำดับที่สำคัญกว่าทำก่อนโดยเซ็ทบิต PSใน IP เป็น1 และบิตอื่นๆ เป็น 0

ชุดหมายการอินเทอร์รัพท์

แต่ละอินเทอร์รัพท์ทำให้โปรแกรมทำฮาร์ดแวร์ ให้เรียณแอสเดรสที่ตรวจสอบแล้วในโปรแกรมเมมโมรี่นี่เป็นสิ่งที่โปรแกรมเมอร์ต้องวางรูทีนในแอสเดรสที่เกิดการอินเทอร์รัพท์

อินเทอร์รัพท์จะเก็บค่าใน PC เมื่อทำการอินเทอร์รัพท์ จะเก็บค่าในสแต็ก และเรียกตำแหน่งที่ต้องการดังตารางนี้

INTERUPT	ADDRESS
IE0	0003
TF0	000B
IE1	0013
TF1	001B
SERIAL	0023

คำสั่ง RETI จะอยู่ที่ท้ายของรูทีน และรีเซ็ทลอจิกของการอินเทอร์รัพท์ เพื่อให้อินเทอร์รัพท์อีกตัวสามารถรับการอินเทอร์รัพท์ได้ อินเทอร์รัพท์อาจเกิดขึ้นแต่ไม่ถูกทำ เนื่องจากสภาวะสกัดกั้นมีอยู่ตลอดการอินเทอร์รัพท์ นี่เป็นความต้องการเบื้องต้นในการใช้อินเทอร์รัพท์ INTX ที่ทำที่ลอจิก

อินเทอร์รัพท์ด้วยซอฟต์แวร์

เมื่อแฟล็กอินเทอร์รัพท์เกิดเซ็ทเป็น 1 โดยวิธีใดๆ อินเทอร์รัพท์จะเกิดขึ้นไม่มีการขัดขวาง วิธีนี้โปรแกรมสามารถอินเทอร์รัพท์เหล่งใดๆ ด้วยตัวเอง โดยเซ็ทแฟล็กอินเทอร์รัพท์ที่ต้องการเป็น 1 โดยใช้โปรแกรมคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบ

การออกแบบเครื่องติดตามตำแหน่งผู้บุกรุก จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ

1). **วงจรไฟฟ้า** (electric circuit)

2). **โปรแกรมควบคุม** (controlling program)

การออกแบบวงจรไฟฟ้า

สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบวงจรไฟฟ้า คือ

- **การต่อเชื่อมเข้าด้วยกัน** (interface)
- **วัตถุประสงค์ในการทำงานของแต่ละส่วน**

การออกแบบวงจรไฟฟ้าสามารถแบ่งเป็นส่วนต่างๆได้ดังนี้คือ

1. **ส่วนตรวจรับสัญญาณอินฟราเรด** (sensor)
2. **ส่วนของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์** (step motor driving amplifier)
3. **ส่วนประมวลผลและส่วนควบคุม** (control)
4. **แหล่งจ่ายกำลังงาน** (power supply)

1. ส่วนตรวจรับสัญญาณอินฟราเรด

ส่วนของวงจรตรวจจับอินฟราเรดเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานที่อยู่ในรูปคลื่นอินฟราเรดให้เป็นแรงดันไฟฟ้าโดยอาศัยอุปกรณ์หลักคือตัวเซ็นเซอร์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนอินฟราเรดเป็นแรงดันไฟฟ้า แต่ระดับของแรงดันไฟฟ้านี้จะมีค่าต่ำมากจึงจำเป็นต้องใช้วงจรขยายสัญญาณมาเพื่อขยายสัญญาณให้มีขนาดแรงขึ้นแต่เนื่องจากเอาท์พุทของวงจรตรวจรับสัญญาณอินฟราเรดจะต้องนำไปต่อกับพอร์ท 1 ของ 8031 จึงต้องทำให้เอาท์พุทที่ได้เป็นสัญญาณดิจิตอลเสียก่อน การทำงานของวงจรเป็นดังนี้ จากรูป Ic1 จะทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนรังสีอินฟราเรดให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยที่สัญญาณไฟฟ้าที่ได้จะมีขนาดเล็กมาก โดยสัญญาณที่ได้จะอยู่ในรูปสัญญาณไฟสลับความถี่ต่ำที่ซ้อนอยู่บนแรงดันไฟตรงดังนั้นการนำสัญญาณไปใช้จะต้องขยายก่อน สำหรับ R1 และ C1 ทำหน้าที่คอยๆ เพิ่มแรงดันไฟเลี้ยงให้กับวงจร R3 ทำหน้าที่เป็นโหลดให้กับตัวเซ็นเซอร์ Ic LM358/1เป็นวงจรขยายแบบไม่กลับสัญญาณที่มีอัตราขยายทาง DC เป็น 1 โดยจัดวงจรเป็นแบนด์พาสฟิลเตอร์ ความถี่คัทออฟทางด้านต่ำหาได้จาก $1/(2\pi R5C3)$ และความถี่คัทออฟทางด้านสูงหาได้จาก $1/(2\pi R6C4)$ AC Gainของวงจรหาได้จาก 1+(R6/R5)

2. ส่วนวงจรขับเคลื่อน step motor

ส่วนวงจรขับเคลื่อน step motor เป็นวงจรที่ขยายกระแสจากวงจร logic drive เพื่อสามารจ่ายแก่ขดลวดของ step motor เรียงตามลำดับ โดยปกติแล้วการออกแบบส่วนของวงจรขับเคลื่อนสเต็ปมอเตอร์ จะต้องดูคุณลักษณะของสเต็ปมอเตอร์ที่ใช้ ในโครงงานจะใช้สเต็ปมอเตอร์ที่ ใช้แรงดัน 5 โวลท์โดยจะกินกระแสประมาณ 0.35 A ต่อเฟส ดังนั้นทรานซิสเตอร์ที่ใช้ขับกระแสที่ไหลผ่านขดลวดจะต้องทนแรงดันได้อย่างน้อยสุด 0.35A และเพื่อเป็นการแยกการทำงานระหว่างส่วนของวงจรขับเคลื่อนสเต็ปมอเตอร์กับเอาท์พุทของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8255จะใช้การเชื่อมโยงทางแสงแทนโดยใช้ Ic opto-isolator การทำงานของวงจรคือเมื่อ 8031 ส่งสัญญาณกระตุ้นเฟสตามลำดับสัญญาณโดยในสถานะ "1" จะเป็นสถานะที่ทำงาน และจะต่อผ่าน opto-isolator (4N25) 4 ตัวตามลำดับเพื่อกั้นระหว่างภาคควบคุมและแหล่งจ่ายกระแสให้กับสเต็ปมอเตอร์ออกจากกันและเอาท์พุทจะต่ออนุกรมกับทรานซิสเตอร์ BD681 ซึ่งเป็นแบบNPN darlington สำหรับไดโอดทำหน้าที่เป็นซัพเพรสเซอร์

3. ส่วนประมวลผลและควบคุม

ในการออกแบบองค์ประกอบทางด้านฮาร์ดแวร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ จะเริ่มจากการแยกความต้องการของงานว่าต้องการจะให้งานออกมาเป็นแบบใด หลังจากนั้นก็พัฒนาตัวควบคุมมาตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. การกำหนดรายละเอียด
2. ออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ตามรายละเอียดที่กำหนด

ในโครงงานนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงาน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8031 โดยจะต่อใช้งานกับ 8255 1 ตัวทำให้มี I/O ที่ใช้งานทั้งหมด 36 บิต (8255 PA 8bit , PB 8bit , PCบน 4bit PCล่าง 4 bit และ P1 ของ 8031 8 bit) และมีการต่อหน่วยความจำเพิ่มโดยต่อหน่วยความจำแบบ ROM เพื่อใช้สำหรับเป็นมอนิเตอร์โปรแกรม

การกำหนดรายละเอียด

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นมีคุณสมบัติดังนี้

- ใช้ไมโครคอนโทรล์เลอร์เบอร์ 8031
- ความถี่สัญญาณนาฬิกา 11.0592 MHz
- หน่วยความจำขนาด 32 Kbyte โดยใช้ IC เบอร์ 27256 เป็น CODE MEMORY
- ต่อ 8255 เพื่อเพิ่มเอาท์พุทอีก 24 บิต

โดยที่ 8255 ต่อกับอุปกรณ์ควบคุมดังนี้

- สัญญาณ RD\ , WR\ ต่อเข้ากับ 80C31
- PA0 - PA7 ต่อกับ limit switch เพื่อตรวจสอบตำแหน่งของสเต็ปมอเตอร์
- PB0 - PB7 เป็นเอาท์พุทต่อเข้ากับวงจรขับเคลื่อน step motor
- P 1.0 - P1.3 ต่อกับบอร์ดเซ็นเซอร์
- P1.4 ต่อ เป็นอินพุทให้ลำโพง

สำหรับขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้กลายเป็นระบบนั้น จะขอกล่าวลักษณะการทำงานของ Computer ซึ่งจะประกอบไปด้วยส่วนของ CPU , Memmory , Input และ Output Port

4. แหล่งจ่ายกำลัง (Power supply)

แหล่งจ่ายที่ต้องการต้องการแรงดัน 5 โวลท์ สำหรับวงจรควบคุม , ขับสเต็ป มอเตอร์ จากข้อมูลที่ได้วงจรควบคุมจะกินกระแสประมาณ 1 A ในส่วนของวงจรเซ็นเซอร์จะใช้แรงดันประมาณ10โวลท์และกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสประมาณ 0.2 A มี 4 บอร์ด และวงจรขับสเต็ป มอเตอร์จะใช้การขับแบบ 2 เฟส ดังนั้นจะกินกระแสประมาณ 0.8 A เพราะฉะนั้นแหล่งจ่ายกำลังจะต้องสามารถจ่ายกำลังได้อย่างต่ำประมาณ 3 A

โปรแกรมควบคุม

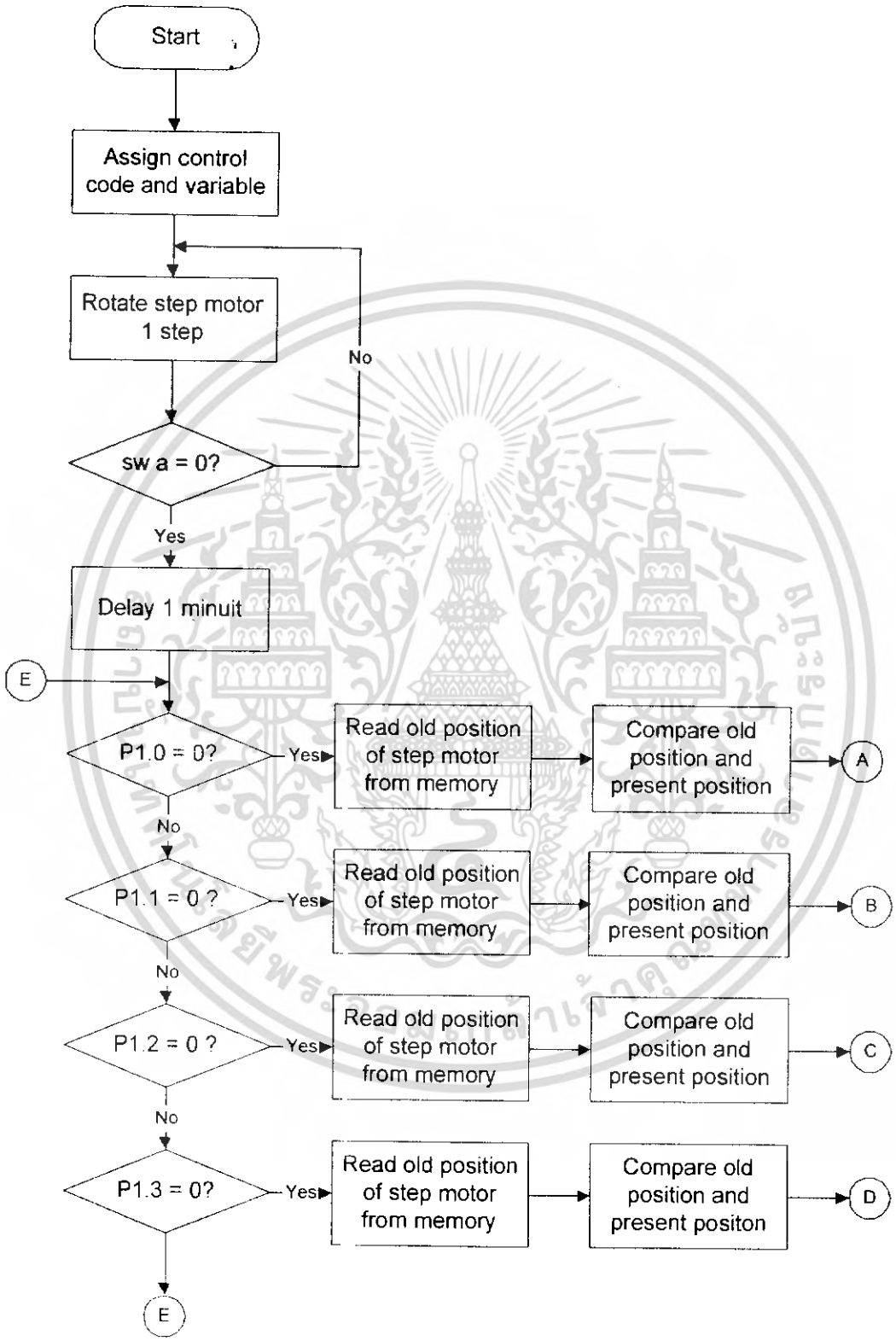
การทำงานของโปรแกรมเป็นแบบอัตโนมัติโดยเมื่อเริ่มการทำงาน โปรแกรมจะทำให้สเต็ปมอเตอร์ส่วนที่ควบคุมกล้องไปอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น หลังจากนั้นตัวควบคุมก็จะทำการสแกนเพื่อหาว่าบอร์ดเซ็นเซอร์ใดที่สามารถรับอินฟราเรดได้เมื่อได้ตำแหน่งของบอร์ดแล้วก็จะขับเคลื่อนส่วนของกล้องให้ไปอยู่ในตำแหน่งที่สามารถรับอินฟราเรดได้

ลำดับการทำงานของโปรแกรม

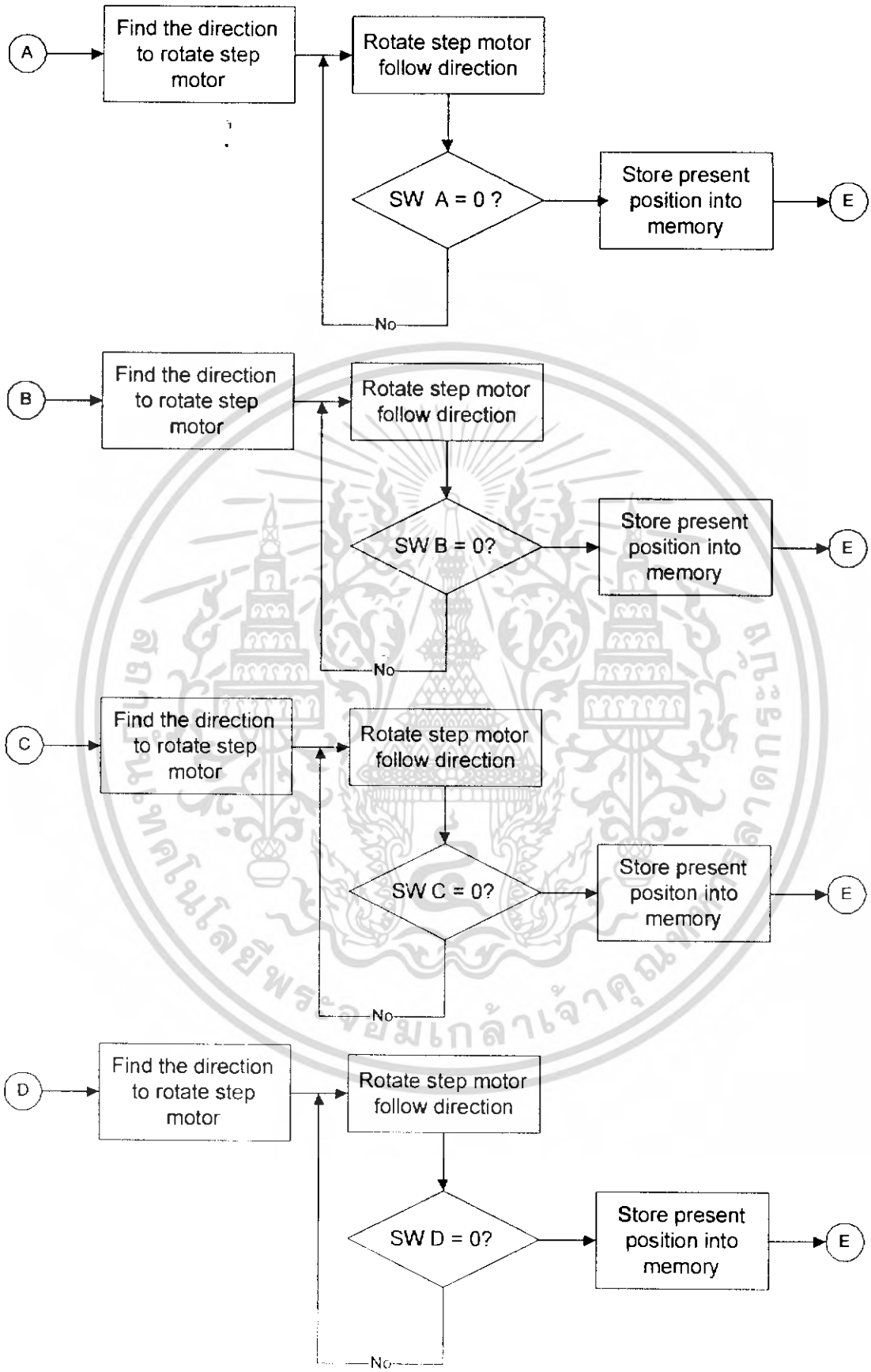
1. ให้ค่าเริ่มต้นกับ control port และตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณ
2. ขับเคลื่อน step motor ให้ไปอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น จากนั้นตั้งค่าเริ่มต้นของ step motor
3. ให้ P1.0 - P1.3 ทำการสแกนเพื่อหาว่าบอร์ดเซ็นเซอร์ใดที่สามารถรับอินฟราเรดได้ โดยตรวจสอบการโอเวอร์แล็ปของสัญญาณด้วย
4. เมื่อได้ตำแหน่งของเซ็นเซอร์ที่จับอินฟราเรดได้ ก็เปรียบเทียบกับตำแหน่งของสเต็ปมอเตอร์ว่าอยู่ห่างกันเท่าไร ทำการคำนวณหาระยะทางที่สั้นที่สุดที่สามารถเคลื่อนย้ายมอเตอร์จากตำแหน่งเก่าไปตำแหน่งใหม่
5. เก็บค่าตำแหน่งใหม่และสร้างพัลซ์เพื่อไปขับเคลื่อนมอเตอร์
6. วนรอบกับไปทำงานตรงช่วงสแกนใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLOW CHART แสดงการทำงานของโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบ

การออกแบบเครื่องติดตามตำแหน่งผู้บุกรุก จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลักคือ

1). **วงจรไฟฟ้า** (electric circuit)

2). **โปรแกรมควบคุม** (controlling program)

การออกแบบวงจรไฟฟ้า

สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบวงจรไฟฟ้า คือ

- การต่อเชื่อมเข้าด้วยกัน (interface)
- วัตถุประสงค์ในการทำงานของแต่ละส่วน

การออกแบบวงจรไฟฟ้าสามารถแบ่งเป็นส่วนต่างๆได้ดังนี้คือ

1. **ส่วนตรวจรับสัญญาณอินฟราเรด** (sensor)
2. **ส่วนของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์** (step motor driving amplifier)
3. **ส่วนประมวลผลและส่วนควบคุม** (control)
4. **แหล่งจ่ายกำลังงาน** (power supply)

1. ส่วนตรวจรับสัญญาณอินฟราเรด

ส่วนของวงจรตรวจจับอินฟราเรดเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานที่อยู่ในรูปคลื่นอินฟราเรดให้เป็นแรงดันไฟฟ้าโดยอาศัยอุปกรณ์หลักคือตัวเซ็นเซอร์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนอินฟราเรดเป็นแรงดันไฟฟ้า แต่ระดับของแรงดันไฟฟ้านี้จะมีค่าต่ำมากจึงจำเป็นต้องใช้วงจรขยายสัญญาณมาเพื่อขยายสัญญาณให้มีขนาดแรงขึ้นแต่เนื่องจากเอาท์พุทของวงจรตรวจรับสัญญาณอินฟราเรดจะต้องนำไปต่อกับพอร์ท 1 ของ 8031 จึงต้องทำให้เอาท์พุทที่ได้เป็นสัญญาณดิจิตอลเสียก่อน การทำงานของวงจรเป็นดังนี้ จากรูป Ic1 จะทำหน้าที่เป็นตัวเปลี่ยนรังสีอินฟราเรดให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยที่สัญญาณไฟฟ้าที่ได้จะมีขนาดเล็กมาก โดยสัญญาณที่ได้จะอยู่ในรูปสัญญาณไฟสลับความถี่ต่ำที่ซ้อนอยู่บนแรงดันไฟตรงดังนั้นการนำสัญญาณไปใช้จะต้องขยายก่อน สำหรับ R1 และ C1 ทำหน้าที่คอยๆ เพิ่มแรงดันไฟเลี้ยงให้กับวงจร R3 ทำหน้าที่เป็นโหลดให้กับตัวเซ็นเซอร์ Ic LM358/1เป็นวงจรขยายแบบไม่กลับสัญญาณที่มีอัตราขยายทาง DC เป็น 1 โดยจัดวงจรเป็นแบนด์พาสฟิลเตอร์ ความถี่คัทออฟทางด้านต่ำหาได้จาก 1/(2πR5C3) และความถี่คัทออฟทางด้านสูงหาได้จาก 1/(2πR6C4) AC Gainของวงจรหาได้จาก 1+(R6/R5)

2. ส่วนวงจรขับเคลื่อน step motor

ส่วนวงจรขับเคลื่อน step motor เป็นวงจรที่ขยายกระแสจากวงจร logic drive เพื่อสามารถจ่ายแก่ขดลวดของ step motor เรียงตามลำดับ โดยปกติแล้วการออกแบบส่วนของวงจรขับเคลื่อนสเต็ปมอเตอร์ จะต้องดูคุณลักษณะของสเต็ปมอเตอร์ที่ใช้ ในโครงงานจะใช้สเต็ปมอเตอร์ที่ ใช้แรงดัน 5 โวลท์โดยจะกินกระแสประมาณ 0.35 A ต่อเฟส ดังนั้นทรานซิสเตอร์ที่ใช้ขับกระแสที่ไหลผ่านขดลวดจะต้องทนแรงดันได้อย่างน้อยสุด 0.35A และเพื่อเป็นการแยกการทำงานระหว่างส่วนของวงจรขับเคลื่อนสเต็ปมอเตอร์กับเอาท์พุทของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8255จะใช้การเชื่อมโยงทางแสงแทนโดยใช้ Ic opto-isolator การทำงานของวงจรคือเมื่อ 8031 ส่งสัญญาณกระตุ้นเฟสตามลำดับสัญญาณโดยในสถานะ "1" จะเป็นสถานะที่ทำงาน และจะต่อผ่าน opto-isolator (4N25) 4 ตัวตามลำดับเพื่อกั้นระหว่างภาคควบคุมและแหล่งจ่ายกระแสให้กับสเต็ปมอเตอร์ออกจากกันและเอาท์พุทจะต่ออนุกรมกับทรานซิสเตอร์ BD681 ซึ่งเป็นแบบNPN darlington สำหรับไดโอดทำหน้าที่เป็นซัพเพรสเซอร์

3. ส่วนประมวลผลและควบคุม

ในการออกแบบองค์ประกอบทางด้านฮาร์ดแวร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ จะเริ่มจากการแยกความต้องการของงานว่าต้องการจะให้งานออกมาเป็นแบบใด หลังจากนั้นก็พัฒนาตัวควบคุมมาตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. การกำหนดรายละเอียด

2. ออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ตามรายละเอียดที่กำหนด

ในโครงงานนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวประมวลผลและควบคุมการทำงาน โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8031 โดยจะต่อใช้งานกับ 8255 1 ตัวทำให้มี I/O ที่ใช้งานทั้งหมด 36 บิต (8255 PA 8bit , PB 8bit , PCบน 4bit PCล่าง 4 bit และ P1 ของ 8031 8 bit) และมีการต่อหน่วยความจำเพิ่มโดยต่อหน่วยความจำแบบ ROM เพื่อใช้สำหรับเป็นมอนิเตอร์โปรแกรม

การกำหนดรายละเอียด

บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สร้างขึ้นมีคุณสมบัติดังนี้

- ใช้ไมโครคอนโทรล์เลอร์เบอร์ 8031
- ความถี่สัญญาณนาฬิกา 11.0592 MHz
- หน่วยความจำขนาด 32 Kbyte โดยใช้ IC เบอร์ 27256 เป็น CODE MEMORY
- ต่อ 8255 เพื่อเพิ่มเอาท์พุทอีก 24 บิต

โดยที่ 8255 ต่อกับอุปกรณ์ควบคุมดังนี้

- สัญญาณ RD\ , WR\ ต่อเข้ากับ 80C31
- PA0 - PA7 ต่อกับ limit switch เพื่อตรวจสอบตำแหน่งของสเต็ปมอเตอร์
- PB0 - PB7 เป็นเอาท์พุทต่อเข้ากับวงจรขับเคลื่อน step motor
- P 1.0 - P1.3 ต่อกับบอร์ดเซ็นเซอร์
- P1.4 ต่อ เป็นอินพุทให้ลำโพง

สำหรับขั้นตอนการออกแบบอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อให้กลายเป็นระบบนั้น จะจำลองลักษณะการทำงานของ Computer ซึ่งจะประกอบไปด้วยส่วนของ CPU , Memmory , Input และ Output Port

4. แหล่งจ่ายกำลัง (Power supply)

แหล่งจ่ายที่ต้องการต้องการแรงดัน 5 โวลท์ สำหรับวงจรควบคุม , ขับสเต็ปมอเตอร์ จากข้อมูลที่ได้วงจรควบคุมจะกินกระแสประมาณ 1 A ในส่วนของวงจรเซ็นเซอร์จะใช้แรงดันประมาณ10โวลท์และกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแสประมาณ 0.2 A มี 4 บอร์ด และวงจรขับสเต็ป มอเตอร์จะใช้การขับแบบ 2 เฟส ดังนั้นจะกินกระแสประมาณ 0.8 A เพราะฉะนั้นแหล่งจ่ายกำลังจะต้องสามารถจ่ายกำลังได้อย่างต่ำประมาณ 3 A

โปรแกรมควบคุม

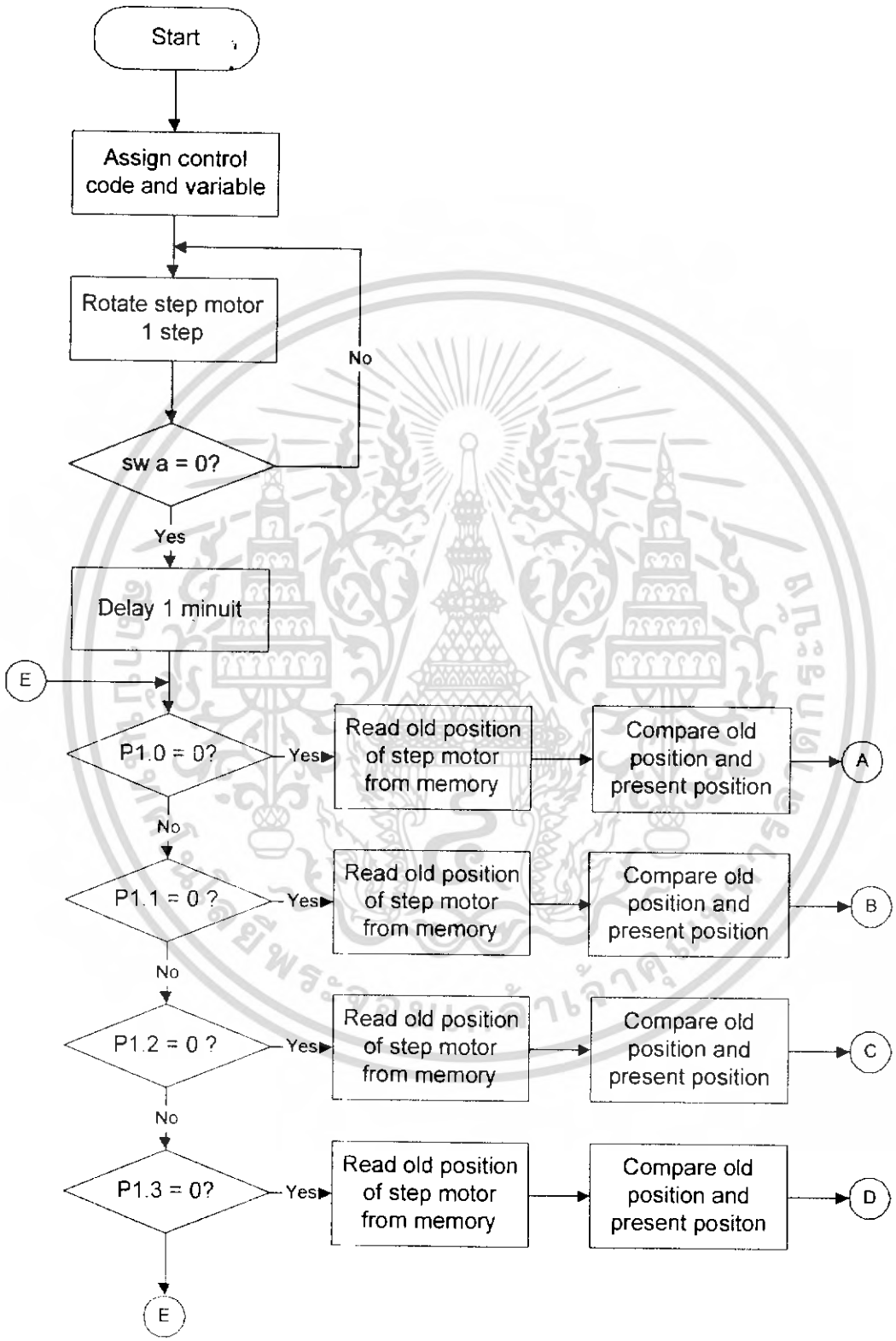
การทำงานของโปรแกรมเป็นแบบอัตโนมัติโดยเมื่อเริ่มการทำงาน โปรแกรมจะทำให้สเต็ปมอเตอร์ส่วนที่ควบคุมกล้องไปอยู่ในตำแหน่งเริ่มต้น หลังจากนั้นตัวควบคุมก็จะทำการสแกนเพื่อหาว่าบอร์ดเซ็นเซอร์ใดที่สามารถรับอินฟราเรดได้เมื่อได้ตำแหน่งของบอร์ดแล้วก็จะขับเคลื่อนส่วนของกล้องให้ไปอยู่ในตำแหน่งที่สามารถรับอินฟราเรดได้

ลำดับการทำงานของโปรแกรม

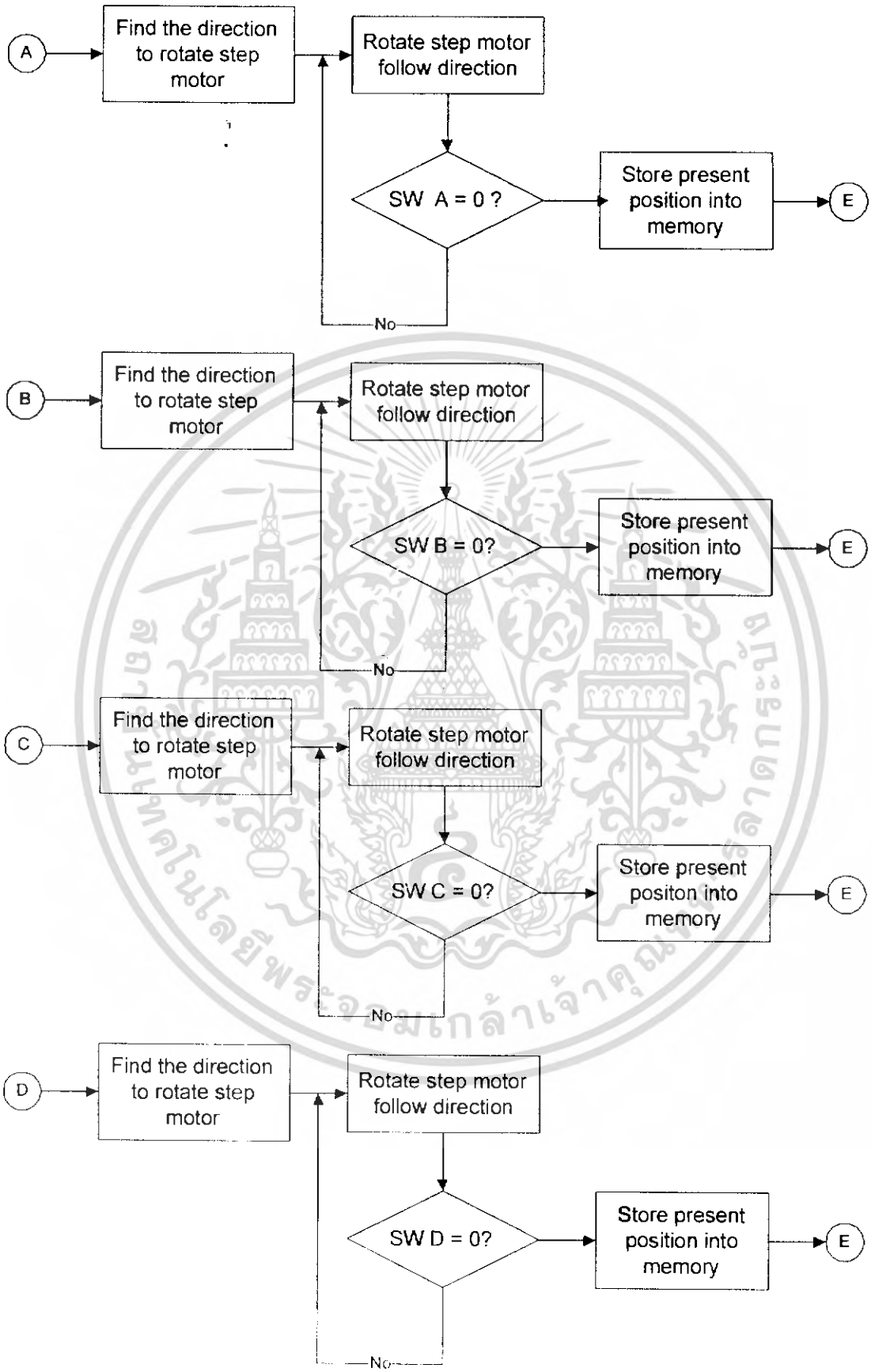
1. ให้ค่าเริ่มต้นกับ control port และตัวแปรต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณ
2. ขับเคลื่อน step motor ให้ไปอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น จากนั้นตั้งค่าเริ่มต้นของ step motor
3. ให้ P1.0 - P1.3 ทำการสแกนเพื่อหาว่าบอร์ดเซ็นเซอร์ใดที่สามารถรับอินฟราเรดได้ โดยตรวจสอบการโอเวอร์แล็ปของสัญญาณด้วย
4. เมื่อได้ตำแหน่งของเซ็นเซอร์ที่จับอินฟราเรดได้ ก็เปรียบเทียบกับตำแหน่งของสเต็ปมอเตอร์ว่าอยู่ห่างกันเท่าไร ทำการคำนวณหาระยะทางที่สั้นที่สุดที่สามารถเคลื่อนย้ายมอเตอร์จากตำแหน่งเก่าไปตำแหน่งใหม่
5. เก็บค่าตำแหน่งใหม่และสร้างพัลซ์เพื่อไปขับเคลื่อนมอเตอร์
6. วนรอบกับไปทำงานตรงช่วงสแกนใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FLOW CHART แสดงการทำงานของโปรแกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
การทดสอบวงจรที่ออกแบบ

ในการทดสอบจะทำการทดสอบจากวงจรที่เป็นส่วนประกอบย่อยๆ ก่อนดังนี้

การทดสอบที่ 4.1
ทดสอบตัว Sensor

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาลักษณะสัญญาณที่ออกมาจากตัว Pyroelectric sensor และอัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันที่มีต่ออินฟราเรด

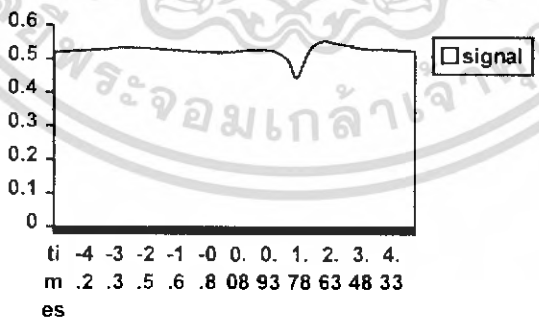
วิธีการทดลอง

1. ต่อจ่ายไฟให้ตัวเซ็นเซอร์และต่อโหลดค่า 22 K เข้ากับตัวเซ็นเซอร์ และเนื่องจากเอาท์พุทของตัวเซ็นเซอร์มีขนาดเล็กมากจึงจำเป็นต้องต่อกับวงจรขยายสัญญาณไฟสลับให้มีขนาดมากพอที่จะอ่านได้เสียก่อน
2. ใช้ Scope จับที่เอาท์พุทของวงจรขยายสัญญาณ
3. ใช้มือเคลื่อนที่ผ่านหน้าตัวเซ็นเซอร์ โดยเปลี่ยนแปลงระยะห่างของมือกับตัวเซ็นเซอร์เพื่อเปลี่ยนแปลงความเข้มของเซ็นเซอร์ว่ามีผลต่อสัญญาณเอาท์พุทอย่างไร
4. ทำการบันทึกผล
5. สรุปผลการทดสอบ

ผลการทดลอง

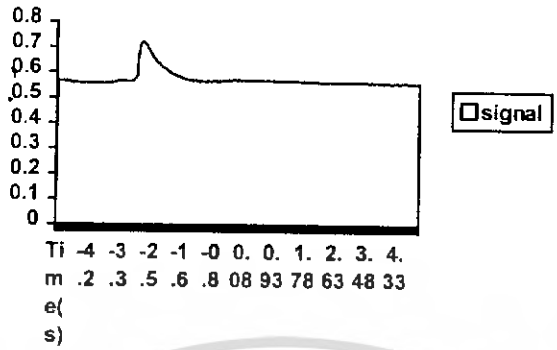
ในการทดสอบเอาท์พุทของตัวเซ็นเซอร์ทั้ง 4 ตัวเป็นดังนี้

1. เซ็นเซอร์หมายเลข 1

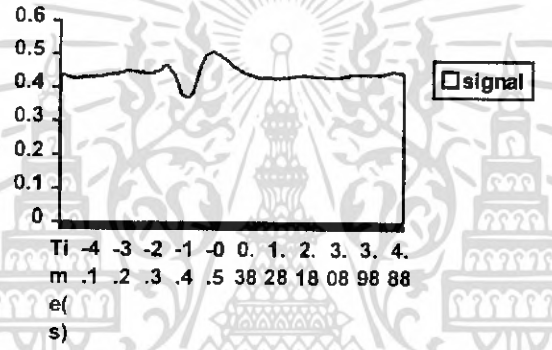


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. เซ็นเซอร์หมายเลข 2



3. เซ็นเซอร์หมายเลข 3



4. เซ็นเซอร์หมายเลข 4

เอาท์พุตที่ได้จากการทดสอบเป็นเอาท์พุทที่ได้จากการเคลื่อนมือผ่านตัวเซ็นเซอร์ในระยะ 1 ฟุตแต่พบว่าเมื่อระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิด (มือ) ออกไปขนาดของสัญญาณก็ลดลงมากนอกจากนี้ตัวเซ็นเซอร์ยังไม่สามารถแยกความแตกต่างระหว่างอินฟราเรดจากมนุษย์และอินฟราเรดในธรรมชาติได้อย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบที่ 4.2

การทดสอบวงจรตรวจจับอินฟราเรด

วัตถุประสงค์

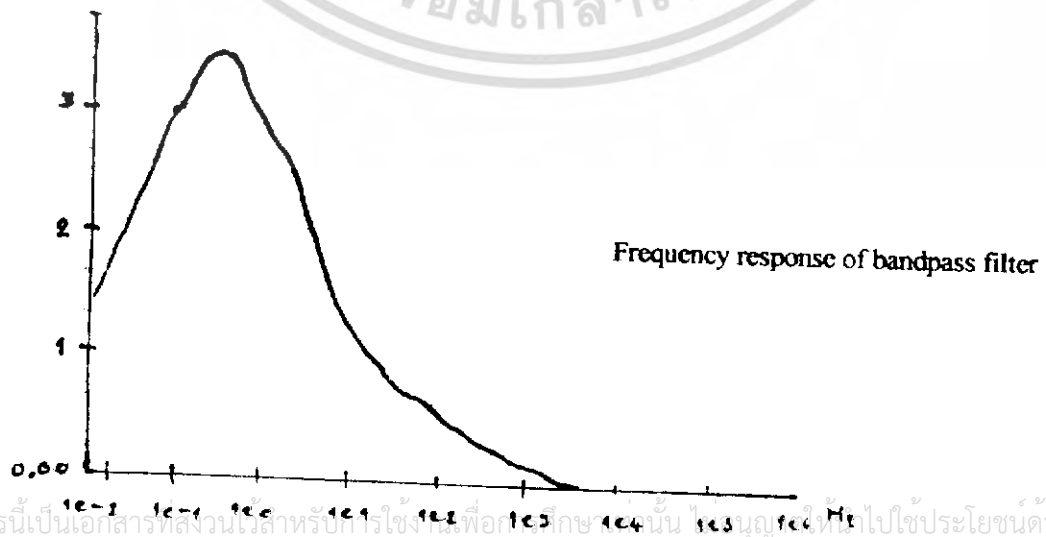
เพื่อทดสอบวงจรตรวจจับอินฟราเรดและขยายสัญญาณ

วิธีการทดลอง

1. ต่อตัวเซ็นเซอร์เข้ากับวงจรขยายสัญญาณ
2. ใช้ สโคปวัดเอาท์พุทขณะที่เคลื่อนแหล่งกำเนิดอินฟราเรดผ่านตัวเซ็นเซอร์
3. เปรียบเทียบความแตกต่างของสัญญาณที่ออกมาจากวงจรขยายที่แหล่งกำเนิดอยู่ระยะต่างๆ
4. หาความถี่ตอบสนองของวงจรในทางปฏิบัติเมื่อเทียบกับทฤษฎี

ผลการทดลอง

จากการทดลองปรากฏว่าเอาท์พุทของวงจรขยายสามารถขยายสัญญาณที่ออกมาจากตัวเซ็นเซอร์ได้ แต่เนื่องจากตัวเซ็นเซอร์ไม่สามารถแยกความแตกต่างของอินฟราเรดจากมนุษย์และอินฟราเรดจากธรรมชาติในขณะที่แหล่งกำเนิดอยู่ห่างจากตัวเซ็นเซอร์มากได้ดังนั้นจึงทำให้เอาท์พุทของวงจรผิดพลาด (false alarm) สำหรับความถี่ตอบสนองของวงจรเทียบระหว่างทฤษฎีและปฏิบัติเป็นดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองในเรื่องของตัวเซ็นเซอร์ จะพบว่าเซ็นเซอร์ที่มีความกว้างของอัตราตอบสนองต่ำกว่า (การตอบสนองความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 7 - 14 ไมโครเมตร) จะให้ผลในการตามที่ดีกว่า โดยที่ผลกระทบแวดล้อมเช่น จากหลอดไฟ จากอุณหภูมิที่สูงขึ้นของแหล่งจ่ายกำลังงาน จะมีค่าน้อยกว่าตัวตรวจจับที่ตอบสนองต่อความยาวคลื่นแบบ Wide band

สภาพแวดล้อมบางครั้ง จะมีผลต่อตัวเซ็นเซอร์เช่น เมื่อเซ็นเซอร์กวาดด้วยความเร็วคงที่ แต่มีลมพัดผ่านหน้าบริเวณตัวเซ็นเซอร์ทำให้บางครั้งจะเกิดแรงดันที่ไม่ได้มาจากการดีเทคอินฟราเรดจากตัวคน

ความแม่นยำของการจับเป้าหมายยังไม่สามารถจะระบุพิกัดของเป้าหมายได้อย่างละเอียดเนื่องจากมุมในการรับอินฟราเรดของตัวเซ็นเซอร์ยังมีค่ามากอยู่ แต่ก็สามารถชี้ตำแหน่งโดยคร่าวของเป้าหมายได้

5.2 อุปสรรค ปัญหา และแนวทางปรับปรุงแก้ไข

โครงงานที่สร้างขึ้นประสบกับอุปสรรคและปัญหาต่างๆ พอสรุปได้ดังนี้คือ

1. เรื่องของสภาพแวดล้อมที่มีผลทำให้การตรวจจับเกิดการผิดพลาดเช่น ลม อาจใช้วิธีแก้ไขโดยการจัดตัวเซ็นเซอร์ให้บรรจุอยู่ในภาชนะปิด สำหรับผลของอุณหภูมิของแหล่งจ่ายกำลังงานที่มีผลต่อเซ็นเซอร์นั้นอาจจะแก้ไขได้โดยการแยกแหล่งจ่ายกำลังงานออกมาอยู่ในระยะไกลขึ้น

2. ปัญหาในเรื่องของความละเอียดในการระบุพิกัด น่าจะแก้ไขได้โดยการเปลี่ยนตัวเซ็นเซอร์ให้เป็นชนิดที่เลนส์มีมุมในการรับอินฟราเรดแคบลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

A.M. GLASS , DIELECTRIC , THERMAL AND PYROELECTRIC PROPERTIES OF FEROELECTRIC LiTaO3 ,PHYS , REV 172

HERMAN P. SCHWAN ,BIOLOGICAL ENGINEERING , INTER-UNIVERSITY ELECTRONICS SERIES

S.B. LANG , SOURCEBOOK OF PYROELECTRICITY , GORDON AND BREACH , NEWYORK,1974

ไพสาน ปราณีตพลกรัง , ไพโรอิเล็กทริก อุปกรณ์ตรวจจับรังสีอินฟราเรด , วารสาร เซมิคอนดัคเตอร์ ฉบับที่ 89 , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , 2537

รัชนัย อินทุใส , ไตรภพ อินทุใส , ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 , สำนักพิมพ์ ฟิสิกส์ เซ็นเตอร์ , 2537

วิโรจน์ อัศวรังสี , ชัชวาง์ เต็มฤทธิวงค์ , กรชุลี ใช้สถิตย์ , การใช้งานออปแอมป์และลิเนียร์ไอซี บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , 2536

สุนทร วิทูสุรพจน์ , การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051 , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , 2537

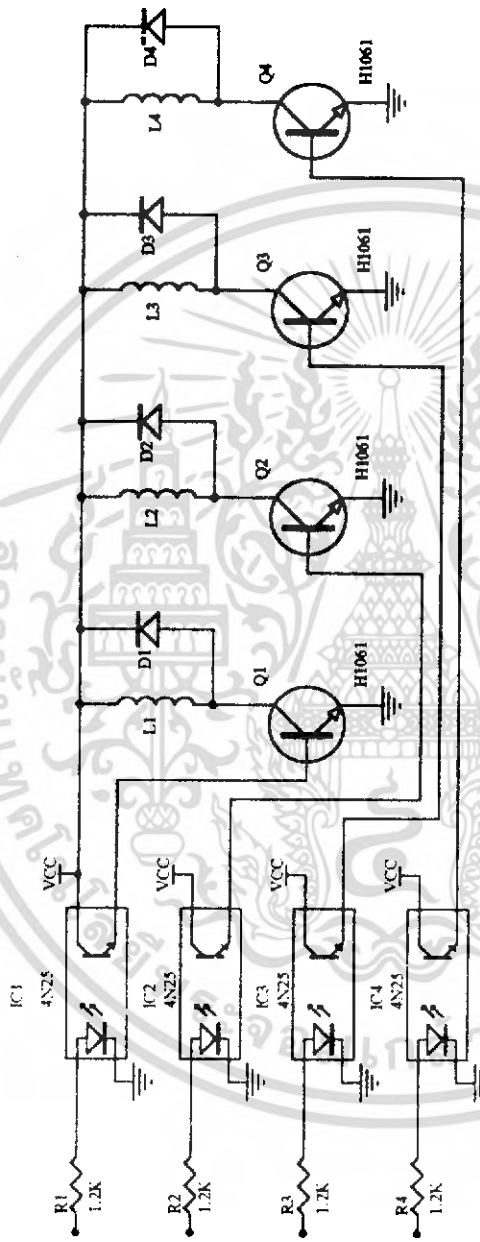
สุนทร วิทูสุรพจน์ , การโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล 8051 , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , 2537

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

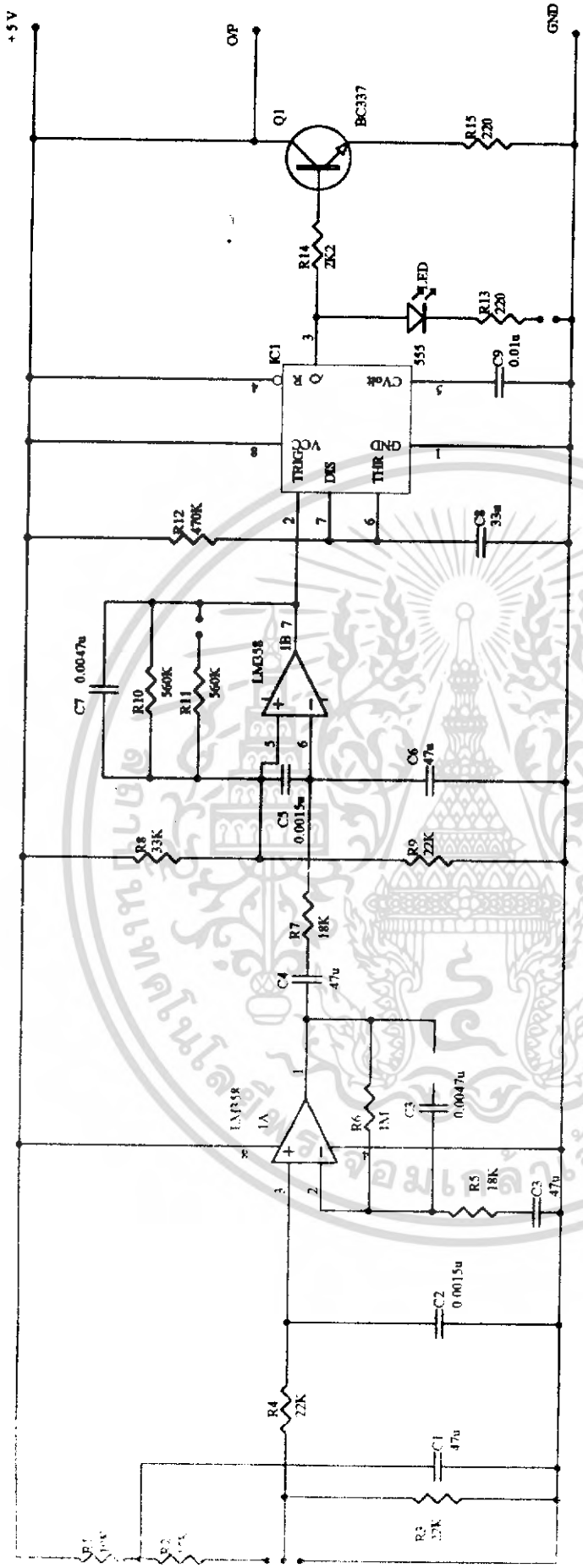
ภาคผนวก

APPENDIX

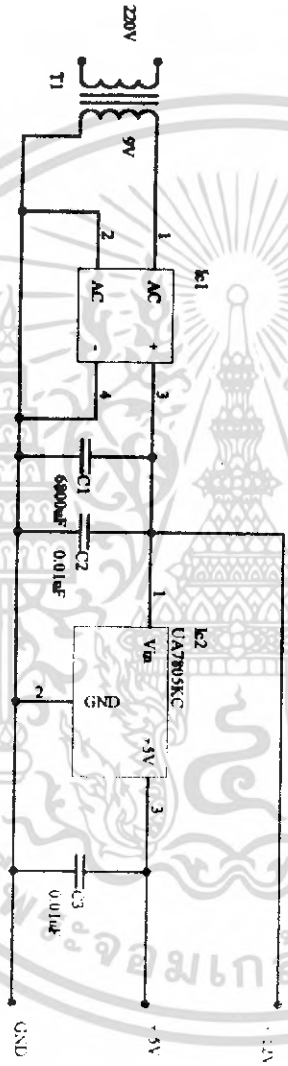
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



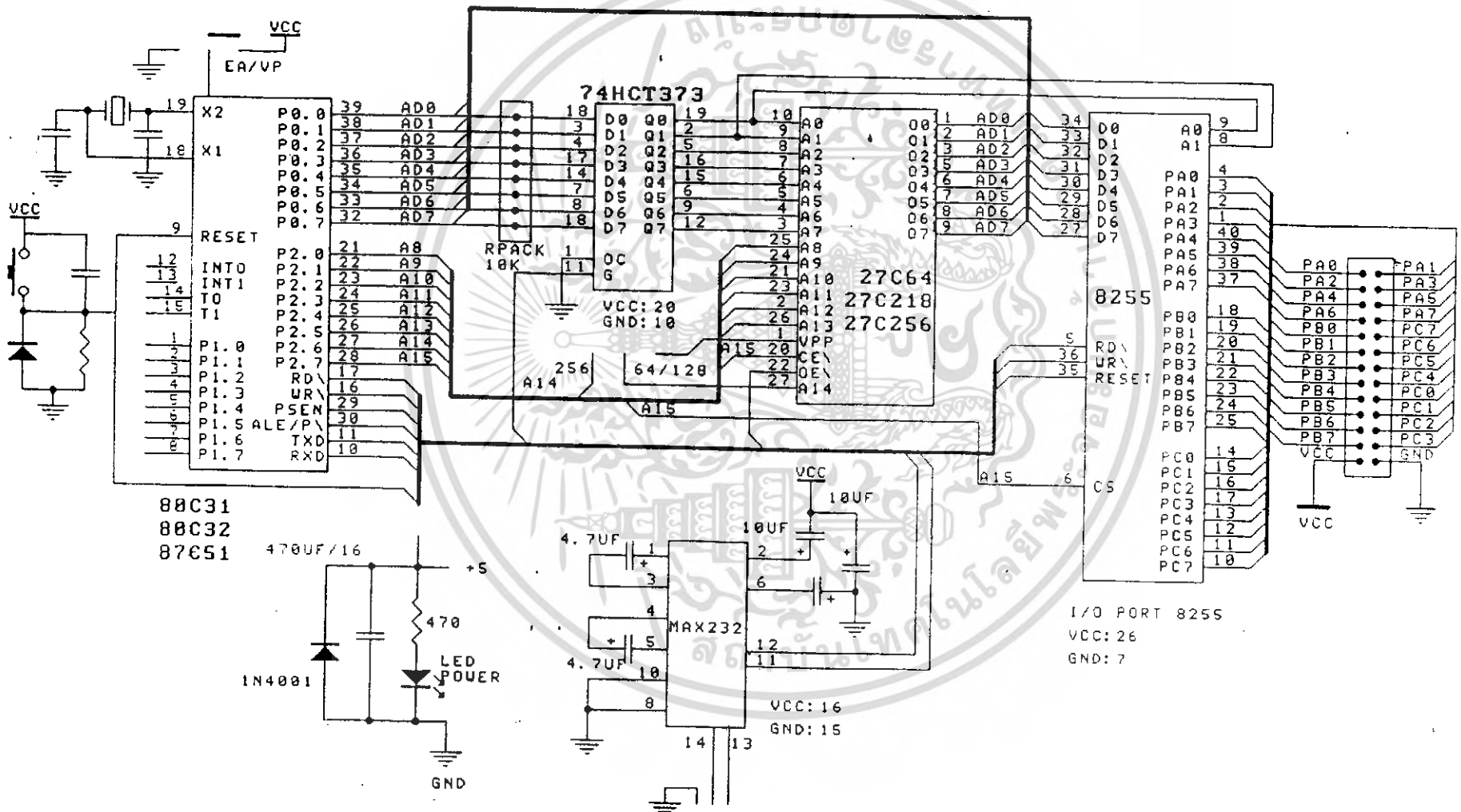
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุม

```
;FILNAME      SCAN.ASM  V1.0
;DESCRIPTION   CAMERA POSITION TRACKING SYSTEM
;HARDWARE      CONTROL BOARD,STEP MOTOR DRIVER,PIR BOARD
;PROGRAMMER    SANGAPONG P.
;ASSEMBLER     SXA51
;DATE          13/08/97

;***************************************
;                PROGRAM
;***************************************
;*********  ASSIGN VARIABLE **********
        PORTA  EQU   0H
        PORTB  EQU   1H
        PORTC  EQU   2H
        PORTCC EQU   3H
        KEY_A  EQU   1H
        KEY_AB EQU   2H
        KEY_B  EQU   3H
        KEY_BC EQU   4H
        KEY_C  EQU   5H
        KEY_CD EQU   6H
        KEY_D  EQU   7H
        KEY_DA EQU   8H
        SW_A   EQU   00000001B
        SW_AB  EQU   00000010B
        SW_B   EQU   00000100B
        SW_BC  EQU   00001000B
        SW_C   EQU   00010000B
        SW_CD  EQU   00100000B
        SW_D   EQU   01000000B
        SW_DA  EQU   10000000B
        SCAN_A EQU   P1.0
        SCAN_B EQU   P1.1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SCAN_C EQU   P1.2
SCAN_D EQU   P1.3
SPEAK  EQU   P1.4

        ORG   00H
;****** INTERNAL RAM AREA ***********
    DS   8          ;REGISTER BANK R0 - R7
OLD_POS: DS   1
SW:   DS   1
LOOPCNT: DS   1
SYSSTK:

;************ SYSTEM SETTING **********

    ORG   0000H

POW_UP: MOV   R2,#0        ;POWER UP DELAY
RES1:  MOV   R3,#0
    DJNZ  R3,$
    DJNZ  R2,RES1
    MOV   SP,#SYSSTK
    MOV   LOOPCNT,#3

    MOV   DPTR,#PORTCC    ;SET CONTROL PORT
    MOV   A,#90H
    MOVX  @DPTR,A


;*********** MAIN PROGRAM **************

SET_STEP:
    LCALL  TRN_4
    LCALL  CHK_SW_A
    LCALL  TRN_3
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LCALL  CHK_SW_A
        LCALL  TRN_2
        LCALL  CHK_SW_A
        LCALL  TRN_1
        LCALL  CHK_SW_A
        LJMP   SET_STEP

CHK_SW_A: MOV  DPTR,#PORTA
        MOVX   A,@DPTR
        CJNE   A,#SW_A,RECALL
        LJMP   START
        RET
RECALL: RET

START:  LCALL  PIR_DEL
        LCALL  BEEP

        MOV    P1,#0FH
        MOV    OLD_POS,#KEY_A

LOOP:   LJMP   READ_SCAN

READ_SCAN: MOV   A,P1
        ANL    A,#0FH
        LCALL  SIG_DEL
        CJNE   A,#0EH,CHK_1
        LCALL  SIG_DEL
        LJMP   SUB_A
CHK_1:  CJNE   A,#0CH,CHK_2
        LCALL  SIG_DEL
        LJMP   SUB_AB
CHK_2:  CJNE   A,#0DH,CHK_3
        LCALL  SIG_DEL
        LJMP   SUB_B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CHK_3: CJNE   A,#09H,CHK_4
       LCALL  SIG_DEL
       LJMP   SUB_BC
CHK_4: CJNE   A,#0BH,CHK_5
       LCALL  SIG_DEL
       LJMP   SUB_C
CHK_5: CJNE   A,#03H,CHK_6
       LCALL  SIG_DEL
       LJMP   SUB_CD
CHK_6: CJNE   A,#07H,CHK_7
       LCALL  SIG_DEL
       LJMP   SUB_D
CHK_7: CJNE   A,#06H,CHK_8
       LCALL  SIG_DEL
       LJMP   SUB_DA
CHK_8: LJMP   READ_SCAN

SUB_A: MOV    DPTR,#PORTC
       MOV    A,#01H
       MOVX   @DPTR,A
       MOV    A,#KEY_A
       MOV    SW,#SW_A
       LJMP   COMPARE
SUB_AB: MOV   DPTR,#PORTC
       MOV    A,#02H
       MOVX   @DPTR,A
       MOV    A,#KEY_AB
       MOV    SW,#SW_AB
       LJMP   COMPARE
SUB_B: MOV    DPTR,#PORTC
       MOV    A,#04H
       MOVX   @DPTR,A
       MOV    A,#KEY_B
       MOV    SW,#SW_B
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LJMP   COMPARE
SUB_BC: MOV    DPTR,#PORTC
        MOV    A,#08H
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    A,#KEY_BC
        MOV    SW,#SW_BC
        LJMP   COMPARE
SUB_C:  MOV    DPTR,#PORTC
        MOV    A,#010H
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    A,#KEY_C
        MOV    SW,#SW_C
        LJMP   COMPARE
SUB_CD: MOV    DPTR,#PORTC
        MOV    A,#020H
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    A,#KEY_CD
        MOV    SW,#SW_CD
        LJMP   COMPARE
SUB_D:  MOV    DPTR,#PORTC
        MOV    A,#040H
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    A,#KEY_D
        MOV    SW,#SW_D
        LJMP   COMPARE
SUB_DA: MOV    DPTR,#PORTC
        MOV    A,#080H
        MOVX   @DPTR,A
        MOV    A,#KEY_DA
        MOV    SW,#SW_DA
        LJMP   COMPARE

COMPARE: SUBB  A,OLD_POS
        JZ     EXPAND
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    JC    REV
    CJNE  A,#04H,NEQL
    LJMP  TRN_RIS

NEQL:  JC    LOW_VA
    LJMP  TRN_LES

LOW_VA: LJMP  TRN_RIS

REV:  CLR   C
    CPL   A
    ADD   A,#01H
    CJNE  A,#04H,NEQL1
    LJMP  TRN_LES

NEQL1:  JC    LOW_VA1
    LJMP  TRN_RIS

LOW_VA1: LJMP  TRN_LES

EXPAND: LJMP  READ_SCAN

TRN_RIS: LCALL TRN_4
    LCALL CHK_SW
    LCALL TRN_3
    LCALL CHK_SW
    LCALL TRN_2
    LCALL CHK_SW
    LCALL TRN_1
    LCALL CHK_SW
    LJMP  TRN_RIS

TRN_LES: LCALL TRN_1
    LCALL CHK_SW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LCALL  TRN_2
        LCALL  CHK_SW
        LCALL  TRN_3
        LCALL  CHK_SW
        LCALL  TRN_4
        LCALL  CHK_SW
        LJMP   TRN_LES

CHK_SW: MOV    DPTR,#PORTA
        MOVX   A,@DPTR
        CJNE   A,SW,OUT
        MOV    A,SW
        CJNE   A,#01H,DOWN1
        MOV    OLD_POS,#01H
        LJMP   READ_SCAN

DOWN1:  CJNE   A,#02H,DOWN2
        MOV    OLD_POS,#02H
        LJMP   READ_SCAN

DOWN2:  CJNE   A,#04H,DOWN3
        MOV    OLD_POS,#03H
        LJMP   READ_SCAN

DOWN3:  CJNE   A,#08H,DOWN4
        MOV    OLD_POS,#04H
        LJMP   READ_SCAN

DOWN4:  CJNE   A,#10H,DOWN5
        MOV    OLD_POS,#05H
        LJMP   READ_SCAN

DOWN5:  CJNE   A,#20H,DOWN6
        MOV    OLD_POS,#06H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        LJMP   READ_SCAN

DOWN6:  CJNE   A,#40H,DOWN7
        MOV    OLD_POS,#07H
        LJMP   READ_SCAN

DOWN7:  CJNE   A,#80H,DOWN8
        MOV    OLD_POS,#08H
        LJMP   READ_SCAN

DOWN8:  LJMP   CHK_SW

OUT:    RET

TRN_1:  MOV    DPTR,#PORTB
        MOV    A,#03H
        MOVX   @DPTR,A
        LCALL  STP_DEL
        RET

TRN_2:  MOV    DPTR,#PORTB
        MOV    A,#06H
        MOVX   @DPTR,A
        LCALL  STP_DEL
        RET

TRN_3:  MOV    DPTR,#PORTB
        MOV    A,#0CH
        MOVX   @DPTR,A
        LCALL  STP_DEL
        RET

TRN_4:  MOV    DPTR,#PORTB
        MOV    A,#09H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

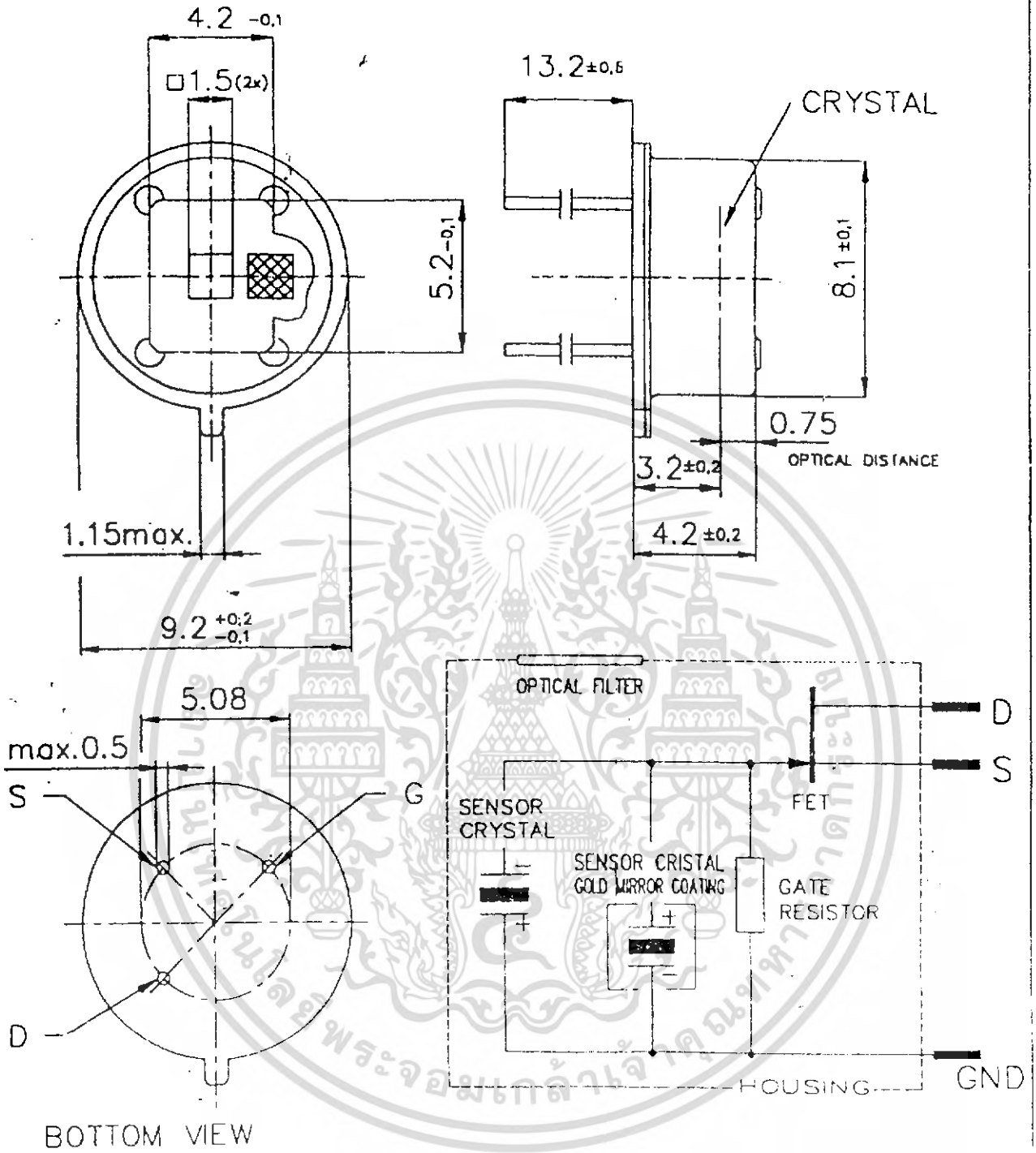
```
        MOVX  @DPTR,A
        LCALL STP_DEL
        RET

BEEP:   MOV   R4,0F0H
BEEP1:  SETB  SPEAK
        LCALL SOU_DEL
        CLR   SPEAK
        LCALL SOU_DEL
        DJNZ  R4,BEEP1
        LCALL SCN_DEL
        RET

;**************** DELAY ***************

PIR_DEL: MOV  R1,#25
PIR_DEL1: MOV R2,#10
PIR_DEL2: MOV R3,#179
PIR_DEL3: MOV R4,#0
        DJNZ  R4,$
        NOP
        NOP
        DJNZ  R3,PIR_DEL3
        DJNZ  R2,PIR_DEL2
        DJNZ  R1,PIR_DEL1
        RET

PUS_DEL: MOV  R1,#2
PUS_DEL1: MOV R2,#10
PUS_DEL2: MOV R3,#179
PUS_DEL3: MOV R4,#0
        DJNZ  R4,$
        NOP
        NOP
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        DJNZ   R3,PUS_DEL3
        DJNZ   R2,PUS_DEL2
        DJNZ   R1,PUS_DEL1
        RET

STP_DEL: MOV   R3,#15H
STP_DEL1: MOV  R2,#0
        DJNZ   R2,S
        DJNZ   R3,STP_DEL1
        RET

SOU_DEL: MOV   R5,#0FAH
SOU_DEL1: DEC  R5
        MOV    A,R5
        JNZ    SOU_DEL1
        RET

SCN_DEL: MOV   R3,#0H
SCN_DEL1: MOV  R2,#0
        DJNZ   R2,S
        DJNZ   R3,SCN_DEL1
        RET

SIG_DEL: MOV   R3,#03AH
SIG_DEL1: MOV  R2,#0FFH
        DJNZ   R2,S
        DJNZ   R3,SIG_DEL1
        RET

        END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Offenders will be liable for damages. All rights, including rights created by patent grant or registration of a utility model or design are reserved.



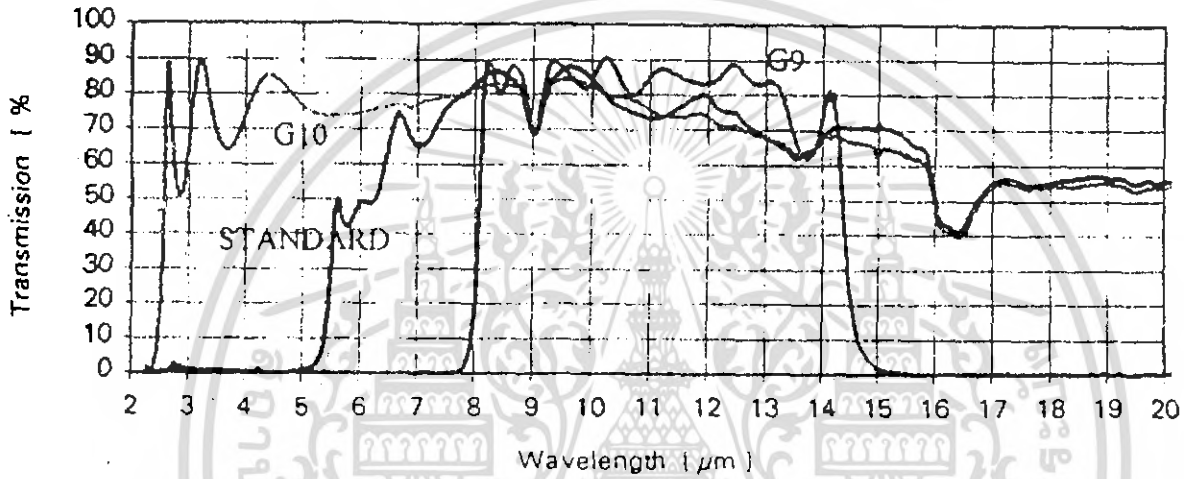
Freimasstoleranzen DIMENSION TOLERANCES			Werkstoffbezeichnen/TYPES OF WORKING PARTS ACC. DIN 6784	Form-u. Lagetoleranzen DIN 7184 DEVIATION IN FORM AND POSITION ACC. DIN 7184
	Datum DATE	Name NAME	Werkstoff MATERIAL	
Gez. DRAWN BY	22.06.95	Tkocz		EG&G HEIMANN Optoelectronics
Gepr. CHECKED BY				
Maßstab SCALE	Benennung TITLE			Zeichnung Nr. DRAWING NO.
5:1	ELEMENT [illegible]			2/37448
2	29.04.96	Tkocz		
1	22.06.95	Tkocz		

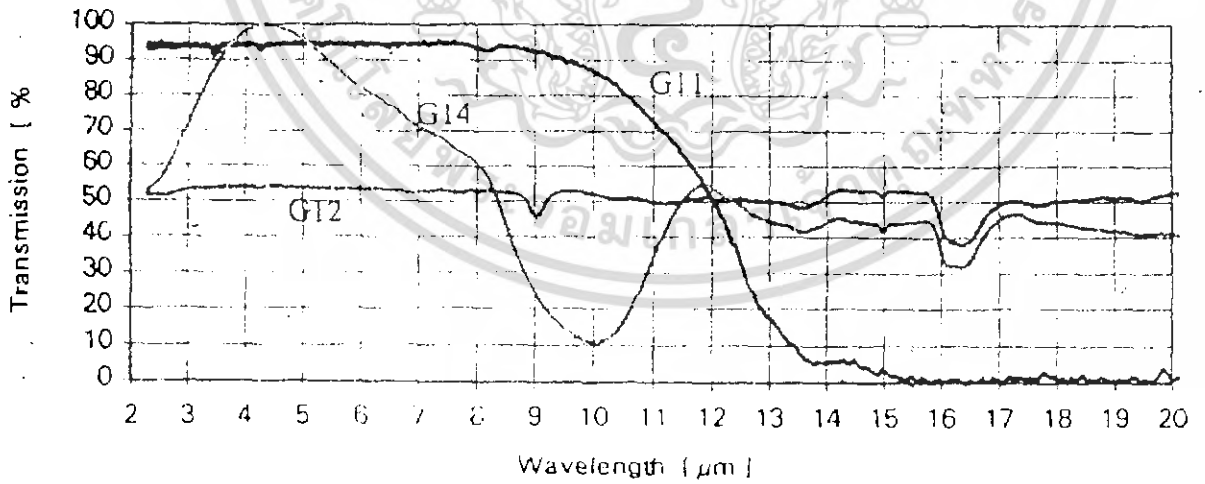
Weitergabe sowie Vervielfältigung dieser Unterlage, Verwertung und Mitteilung ihres Inhalts nicht gestattet, soweit nicht ausdrücklich zugestanden. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte vorbehalten, insbesondere für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BROADBAND FILTER:

Type	Part-No.	Cut On	Cut Off	Window Material
LHI 807 TC		µm	µm	
Standard	3564	5,3		Si Coated
G9	3948	7,8	14,6	Si Coated
G10	3946	2,4		Si Coated
G11	3716	0,1	13	CaF_2
G12	3737	1		Si Coated
G14				Si Coated





DETECTOR TYPE: LHI 807 TC DATE OF ISSUE: 28.02.91

PART NO. [illegible] 29.04.96

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AEI® PASSIVE INFRARED INTRUSION MINI DETECTOR

PIR-9038 SERIES

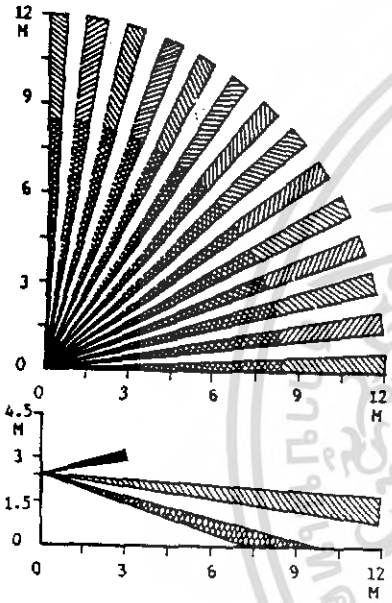
OPERATING INSTRUCTIONS

CE

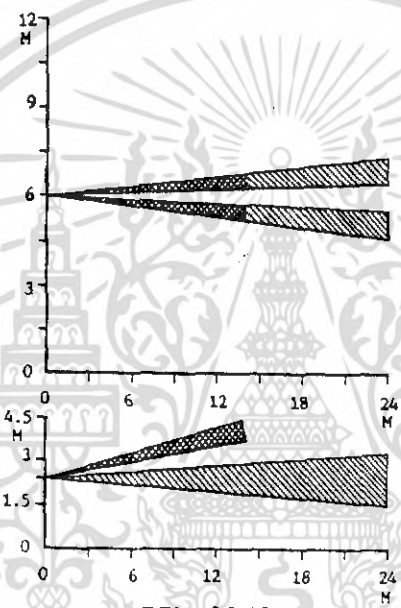
INTRODUCTION

PIR-9038 is a mini size PIR intrusion detector. It is designed to provide a low cost, reliable solution for general purpose residential and commercial installations. PIR-9038 employs dual element pyro-electric sensor designed with pulse count circuitry, RFI interference filter and vertical angle adjustment for detection pattern. It offers substantial immunity to false alarm as well as free installation height.
Three different PIR-9038 models with different coverage patterns are available. These patterns are denoted by suffix letters, W (wide angle), L (long range), and C (triple curtain).

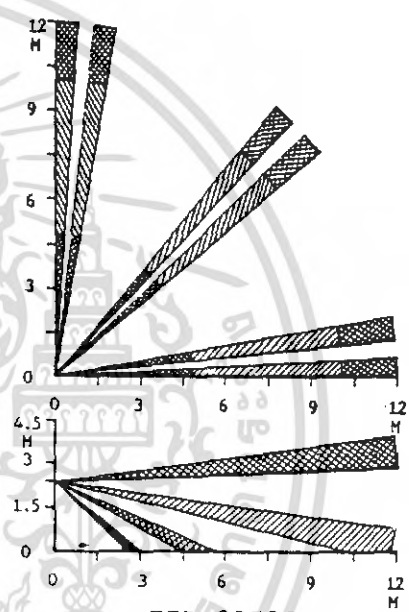
COVERAGE PATTERNS



PIR-9038W



PIR-9038L



PIR-9038C

MOUNTING LOCATION

* The detector can be surface or corner mounted. Always mount the unit on a stable surface.
* The detector should be mounted indoors, in areas that do not have openings constantly exposed to the outside environment.
* Select the mounting location so that the expected motion of an intruder will cross the beam of the detection pattern.
* Do not locate detectors where hot or cold moving air blows directly onto the unit.
* Avoid aiming the detector toward heating or air conditioning vents or ducts, exterior metal walls, exterior windows or curtains covering windows, refrigerator or freezer grills or other surfaces that may change temperature rapidly.
* Prevent putting large objects in front of the detector which will cause significant changes in the area or volume protected.

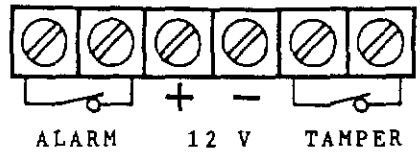
MOUNTING

* Open the cover by gently inserting a small screw driver in the slot at the bottom of the unit, and slightly twist to release the cover from the base.
* Remove the Printed Circuit Board (PCB) carefully from the base by releasing the screw which fastens the PCB.
* Mount the base at the location and height selected for optimum coverage. The height can be anywhere from 1 to 5 M above floor level.
  Use the knockouts at the back of the base for running connection wires.
* Fix the unit firmly to the mounting surface and place the PCB back into the base. Make sure the head of the fixing screws, that the base, do not touch the PCB circuitry.

เอกสารนี้ถือเป็นลิขสิทธิ์ของผู้เขียน ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WIRING

Connect wires to the terminal block in the following order:



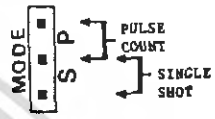
1. Connect TAMPER terminals to a normally closed (N.C.) 24-hour protection zone of the control panel. Tamper contact will open when cover is removed.
2. Connect ALARM terminals to a normally closed (N.C.) burglar protection zone of the control panel. Relay contact will open when a motion is detected or during power loss.
3. Connect the 12V DC (+) and (-) terminals to a power source 8 to 16 volt DC and observe for correct polarity. It is advisable that the power supply be battery backed-up.

VERTICAL ADJUSTMENT

The vertical adjustment scale (printed on the upper right corner of the PCB) and the pointer on the base indicate in degrees the approximate vertical angle between the horizontal line of the unit and the middle detection layer. To change the vertical pattern adjustment, loosen the screw which fastens the PCB to the base. Slide the PCB up or down to the desired angle and tighten the screw firmly.

PULSE COUNT SELECTOR

The detector is selectable for single shot or pulse count operation. Put the MODE jumper on "S" for single shot; and "P" for pulse count. The detector requires 1 pulse to activate the alarm in single shot operation. This is recommended for narrow corridor protection.



Pulse count operation mode provides further improvement to immunity from false alarm. The circuit first senses an alarm (pulse 1) and then goes into alarm standby mode for 30 seconds. If during the 30 second standby period a second alarm event occurs (pulse 2), the detector goes immediately into alarm mode & the standby period will be extended for a further 30 seconds. If there is no second alarm pulse during the 30 second standby period the detector returns to normal condition.

NOTE: Factory pre-set Pulse Count "P" for PIR-9038W, Single Shot "S" for PIR-9038L & 9038C.

WALK TESTING

1. Apply 12V DC power and allow 3-5 minutes for the detector to warm up and stabilize before testing.
2. Adjust the vertical pattern angle for optimum performance. The adjustment is a combination of mounting height and coverage distance.
3. Walk into the protected area at a rate of 1 step per second across the protection beams and observe the LED. The LED lights up whenever you enter or exit a protection beam if the detector was set to "Single Shot" operation.
   You are required to walk 2 to 3 steps for the first alarm triggering and lighting up the LED if the detector was set to "Pulse Count" operation. The detector stays in standby mode for 30 seconds after the first triggering. The LED will light up whenever you enter or exit a protection beam. The standby mode will be extended continuously if movement is still in the protection area.
4. After testing, the LED can be disabled to prevent unauthorized persons from tracing the coverage pattern. To disable the LED, remove the LED jumper from the "E" (Enable) pin and put it on the "D" (Disable) pin.

SPECIFICATIONS

Coverage:	
PIR-9038W	Wide-angle, 12x12 M, 90° maximum, 42 beams in 3 layers.
PIR-9038L	Long-range, 24x3 M, 4 beams in 2 layers.
PIR-9038C	Triple-curtain, 12x12 M, 90° maximum, 3 curtains 24 beams in 4 layers.
Adjustment:	Vertical 0° to -12° calibrated scale.
Mounting Height:	1 to 5 M above floor level, indoor only.
Operating Voltage:	8 to 16 VDC.
Current Drain:	15 mA typical.
Alarm Output:	Normally closed (fail safe) relay dry contacts. Rating - 0.5A/24VDC. 18 ohm resistor in series with contacts.
Alarm period:	2 to 3 seconds.
Tamper Contacts:	Normally closed micro-switch dry contacts. Rating - 0.5A/24VDC.
Detection Modes:	Single shot or Pulse count selectable.
LED Indicator:	Walk-test indication. Enabled or disabled selectable.

Specifications are subject to change for modifications without notice

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้