สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบเก็บข้อมูลแบบไร้สายโดยใช้อินฟราเรด

AN IR DATA – COLLECTION SYSTEM

โดย

นางสาวกลิกา สุขสมบูรณ์

นางสาวสวิตา เลิศสุโภชวณิชย์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42161
วัน, เดือน, ปี 14 พ.ค. 2545

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบเก็บข้อมูลแบบไร้สายโดยใช้อินฟราเรด

AN IR DATA – COLLECTION SYSTEM

โดย

นางสาวกลิกา สุขสมบูรณ์ 40010023

นางสาวสวิตา เลิศสุโภชวณิชย์ 40010831

อาจารย์ที่ปรึกษา

รศ. สมยศ จุณณะปิยะ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2543

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง **ระบบเก็บข้อมูลแบบไร้สายโดยใช้อินฟราเรด**

An IR Data – Collection System

ผู้จัดทำ

1. นางสาวกลิกา สุขสมบูรณ์ 40010023

2. นางสาวสวิตา เลิศสุโภชวณิชย์ 40010831

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ. สมยศ จุณณะปิยะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบเก็บข้อมูลแบบไร้สายโดยใช้อินฟราเรด

An IR Data - Collection System

โดย นางสาวกลิกา สุขสมบูรณ์ 40010023
นางสาวสวิตา เลิศสุโภชวณิชย์ 40010831

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ. สมยศ จุณณะปิยะ

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการนำเสนอระบบเก็บข้อมูลโดยใช้ความถี่ย่านอินฟราเรด ประกอบด้วยตัวส่งข้อมูลและระบบรับข้อมูลศูนย์กลาง ตัวส่งข้อมูลจะส่งข้อมูลด้วยสัญญาณแสงความถี่ย่านอินฟราเรดไปยังระบบรับข้อมูลศูนย์กลาง จากนั้นจะส่งข้อมูลที่ได้ให้กับคอมพิวเตอร์ โดยผ่านทางพอร์ทอนุกรม RS-232

ABSTRACT

This project is An IR Data - Collection System that consists of a Transmitter and a Microprocessor based system. The Transmitter will send data by Infrared Rey to the Microprocessor based system then send the received data to computer by uses the serial port RS-232

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
สารบัญรูปภาพ	
สารบัญตาราง	
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 การเปลี่ยนไฟฟ้าเป็นแสง	3
2.1.1 โครงสร้างของการกำเนิดแสง	3
2.1.2 สารที่ใช้ในการสร้างและโครงสร้างของอุปกรณ์ปล่อยแสง	4
2.1.3 คุณสมบัติต่างๆ ของอุปกรณ์ปล่อยแสง	9
2.2 ระบบอินฟราเรด	11
2.3 เครื่องส่งอินฟราเรด	12
2.3.1 วงจรจ่ายกำลัง หรือวงจรขับกระแส	12
2.4 การเปลี่ยนแสงให้เป็นไฟฟ้า	13
2.4.1 โครงสร้างและการทำงานของการรับแสง	13
2.4.2 สารและโครงสร้างของอุปกรณ์รับแสง	14
2.5 พอร์ทอนุกรม	16
2.6 การสื่อสารแบบอนุกรม	17
2.6.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส	17
2.6.2 มาตรฐานพอร์ทอนุกรมแบบ RS-232	19
2.6.3 ระดับแรงดันที่ใช้งานสำหรับพอร์ตอนุกรม RS-232	22
2.6.4 มาตรฐานพอร์ทอนุกรม RS-485	23
2.6.5 ระดับแรงดันที่ใช้งานสำหรับพอร์ทอนุกรม RS-485	24
2.7 การสื่อสารอนุกรมยูเออาร์ที (UART : Universal Asynchronous Receiver Transmitter)	25
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	28
3.1 ส่วนวงจรรีโมต	28
3.1.1 ส่วนประมวลผล	28
3.1.2 ส่วนแสดงผล	28
3.1.3 ส่วนคีย์บอร์ด	31
3.1.4 ส่วนวงจรออสซิลเลเตอร์	32
3.1.5 ส่วนวงจรไดร์ฟกระแส	33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง			หน้า
	3.2.	ส่วนวงจรตัวลูก	36
		3.2.1 ส่วนวงจรภาครับแสง	36
		3.2.2 ส่วนประมวลผล	36
	3.3	ส่วนวงจรตัวแม่	38
		3.3.1 ส่วนของวงจรขับสัญญาณแบบ RS-485	39
		3.3.2 ส่วนของวงจรขับสัญญาณแบบ RS-232	39
บทที่ 4	**การทดลองและผลการทดลอง**		51
	4.1	ส่วนวงจรรีโมต	51
	4.2	ส่วนวงจรตัวลูกและตัวแม่	52
	4.3	ส่วนคอมพิวเตอร์	54
บทที่ 5	**บทวิจารณ์และบทสรุป**		56
ภาคผนวก			
กิตติกรรมประกาศ			
หนังสืออ้างอิง			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

หน้า

รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างและระดับพลังงานของอะตอม 3

รูปที่ 2.2 แสดงระดับพลังงานและขั้นตอนของการถ่ายเท 4

รูปที่ 2.3 แสดงความยาวคลื่นแสงที่ปล่อยออกมาของสารประกอบกึ่งตัวนำแต่ละชนิด 5

รูปที่ 2.4 แสดงระดับพลังงานของสารกึ่งตัวนำชนิดพีและชนิดเอ็น 6

รูปที่ 2.5 แสดงสนามไฟฟ้าภายในและระดับพลังงานของรอยต่อพีเอ็น 7

รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างและระดับพลังงานของ แอลอีดี 8

รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างโครงสร้างของ แอลอีดี แบบปล่อยแสงทางด้านหน้า 8

รูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างโครงสร้างของ แอลอีดี แบบปล่อยแสงออกทางด้านข้าง 9

รูปที่ 2.9 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาท์พุทของแสงและการผสม (Modulation) ในการส่งสัญญาณดิจิตอล 10

รูปที่ 2.10 แสดงการผสมแบบการมอดูเลชั่นความเข้มแสง (Light Intensity Modulation) 10

รูปที่ 2.11 วงจรสร้างสัญญาณอินฟราเรดอย่างง่าย 11

รูปที่ 2.12 วงจรขับกระแสของ แอลอีดี 12

รูปที่ 2.13 แสดงบริเวณปลอดพาหะ 13

รูปที่ 2.14 แสดงความยาวคลื่นในการรับแสงของอุปกรณ์รับแสงแต่ละชนิด 14

รูปที่ 2.15 แสดงโครงสร้างและวงจรสมมูลย์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ 15

รูปที่ 2.16 แสดงคุณสมบัติทางเอาท์พุทของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ 16

รูปที่ 2.17 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม 17

รูปที่ 2.18 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 18

รูปที่ 2.19 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน RS-232 ทั้งแบบ DB-9 และ DB-25 20

รูปที่ 2.20 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่าง ๆ 21

รูปที่ 2.21 แสดงวงจรขับแบบ RS-232 โดยใช้ MAX232 23

รูปที่ 2.22 แสดงตัวขับ RS-485 24

รูปที่ 2.23 แสดงระดับของโวลเตจของ RS-485 25

รูปที่ 2.24 บล็อกไดอะแกรมของยูเออาร์ที 26

รูปที่ 3.1 แสดงการเชื่อมต่อส่วนแสดงผล และ ส่วนคีย์บอร์ด เข้ากับส่วนประมวลผล 30

รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างของคีย์บอร์ด 31

รูปที่ 3.3 ส่วนวงจรออสซิลเลเตอร์ 33

รูปที่ 3.4 การต่อวงจรไดร์ฟกระแสเข้ากับ แอลอีดี อินฟราเรด 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนรีโมต 34

รูปที่ 3.6 แสดงรูปวงจรส่วนรีโมตทั้งหมด 35

รูปที่ 3.7 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนตัวลูก 36

รูปที่ 3.8 แสดงรูปวงจรตัวลูก 37

รูปที่ 3.9 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนตัวแม่ 38

รูปที่ 3.10 แสดงส่วนของวงจรขับสัญญาณแบบ RS-485 39

รูปที่ 3.11 แสดงส่วนของวงจรขับสัญญาณแบบ RS-232 39

รูปที่ 3.12 แสดงรูปวงจรตัวแม่ 41

รูปที่ 3.13 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบเก็บข้อมูลแบบไร้สายโดยใช้อินฟราเรด 42

รูปที่ 3.14 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของรีโมต 43

รูปที่ 3.14 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของรีโมต (ต่อ) 44

รูปที่ 3.14 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของรีโมต (ต่อ) 45

รูปที่ 3.15 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของตัวลูก 46

รูปที่ 3.15 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของตัวลูก (ต่อ) 47

รูปที่ 3.16 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของตัวแม่ 48

รูปที่ 3.16 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของตัวแม่ (ต่อ) 49

รูปที่ 3.16 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของตัวแม่ (ต่อ) 50

รูปที่ 4.1 Ref.1 แสดงสัญญาณความถี่ 33 KHz 51

Ref.2 แสดงสัญญาณที่ออกมาจากขา TxD ของตัวซีพียู

Ch.1 แสดงสัญญาณที่เกิดจากการนำ Ref.1 กับ Ref.2 มาทำการ AND กัน ซึ่งจะนำสัญญาณนี้ไปเข้าวงจรไดร์ฟแอลอีดีอินฟราเรด

รูปที่ 4.2 Ch.1 แสดงสัญญาณที่ขาเอาท์พุทของโมดูลโฟโต้ทรานซิสเตอร์ 52
เมื่อรับสัญญาณมาจากรีโมต

Ch.2 แสดงสัญญาณพัลส์ ที่ส่งไปยังเปียโซเพื่อให้เกิดเสียงตอบรับว่าข้อมูลถูกต้อง 53

รูปที่ 4.3 Ref.1 แสดงสัญญาณที่ขาของ แอลอีดี อินฟราเรดของรีโมต

Ref.2 แสดงสัญญาณที่เอาท์พุทของโมดุลโฟโต้ทรานซิสเตอร์ตัวรับ

Ch.2 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ส่งไปยังเปียโซ

รูปที่ 4.4 โปรแกรมแสดงผลในห้องครัว 54

รูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นช่อง ลำดับที่ ซึ่งมีไว้ให้พ่อครัวใส่หมายเลขของลำดับของ 55
รายการอาหารที่ทำไปแล้ว

รูปที่ 4.6 แสดงคำว่า OK ที่ปรากฏขึ้นตรงรายการอาหารที่ทำเสร็จแล้ว 55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงบิตพาริตี้ของข้อมูล	19
ตารางที่ 2.2 แสดงตำแหน่งและชื่อขาของ DB-9 และ DB-25	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

ระบบไร้สายเป็นระบบควบคุมที่ไม่ต้องมีอุปกรณ์ใดๆ เป็นตัวนำสัญญาณ โดยสัญญาณควบคุมจะเดินทางผ่านไปในอากาศ ชนิดของสัญญาณควบคุมที่เดินทางผ่านไปในอากาศได้ อาจอยู่ในรูปของสัญญาณเสียง สัญญาณแสง และคลื่นวิทยุ สำหรับกรณีของการควบคุมด้วยการใช้คลื่นวิทยุนั้น นิยมใช้กับเครื่องเล่นประเภทวิทยุบังคับ เช่น เครื่องบินเล็ก , รถเด็กเล่น เป็นต้น ทั้งนี้ก็เพราะรัศมีทำการของระบบวิทยุบังคับ มีรัศมีการควบคุมที่ไกลมาก ขึ้นอยู่กับกำลังการส่งสัญญาณออกอากาศ และใช้ได้แม้ในพื้นที่คับแคบ , คดเคี้ยวนเวียน แต่รัศมีทำการอาจจะแคบเข้ามาด้วย เพราะคลื่นวิทยุสามารถทะลุผ่านสิ่งกีดขวางได้ สัญญาณควบคุมของระบบวิทยุจะถูกนำมามอดูเลทกับคลื่นวิทยุที่ภาคส่งก่อน การมอดูเลทสัญญาณใช้หลักการของการสื่อสารทั่วไป เช่น การมอดูเลทแบบเอเอ็ม เอฟเอ็ม เป็นต้น ส่วนในวงจรภาครับเมื่อได้รับสัญญาณวิทยุก็จะทำการดีมอดูเลท เพื่อแยกชนิดของสัญญาณควบคุมออกมาจากความถี่วิทยุ

การใช้สัญญาณแสงในปัจจุบันกำลังเป็นที่นิยมในการนำมาเพื่อใช้ควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าตามบ้านเรือน หากทำการเปรียบเทียบระหว่างระบบไร้สายแบบใช้คลื่นวิทยุกับระบบไร้สายแบบใช้แสงแล้วพอจะสรุปได้ดังรายละเอียดในตารางที่ 1.1 ซึ่งพอจะเห็นได้ว่าทำไมระบบควบคุมด้วยแสงจึงเป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในเครื่องใช้ไฟฟ้าที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของเรา

ข้อเปรียบเทียบ	ควบคุมด้วยแสง	ควบคุมด้วยคลื่นวิทยุ
1. ส่วนของวงจร	วงจรไม่ซับซ้อนออกแบบง่าย	วงจรค่อนข้างซับซ้อน การออกแบบวงจรค่อนข้างพิถีพิถัน
2. รัศมีทำการควบคุม	ใกล้ ประมาณ 10 – 50 ฟุต	ไกล ขึ้นอยู่กับกำลังส่ง
3. ปัญหาสัญญาณรบกวน	น้อยมาก	อาจสร้างสัญญาณรบกวนให้กับเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่นได้ง่าย และถูกรบกวนได้ง่ายเช่นกัน
4. ปัญหาด้านกฎหมาย	ไม่มีกฎหมายควบคุม	ต้องขออนุญาตจากทางการเพื่อขอใช้คลื่นวิทยุ
5. ราคา	ราคาถูก – ปานกลาง	ราคาปานกลาง – แพง
6. ขนาดรูปร่าง	สามารถปรับปรุงให้มีขนาดเล็กลงได้	ไม่สามารถลดขนาดให้เล็กได้มากเท่าที่ควรเนื่องจากเหตุผลทางด้านกำลังส่งและอุปกรณ์

ตารางที่ 1.1 ตารางเปรียบเทียบระบบควบคุมแบบไร้สายโดยการควบคุมด้วยแสง กับใช้คลื่นวิทยุควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการควบคุมด้วยสัญญาณแสง สัญญาณควบคุมที่เป็นสัญญาณสัญญาณไฟฟ้า จะถูกแปลงให้เป็นสัญญาณแสงก่อน แล้วจึงถูกส่งออกไปยังตัวรับ ซึ่งก็จะต้องมีอุปกรณ์พิเศษทำหน้าที่รับสัญญาณแสงแล้วแปลงกลับให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า จากนั้นจึงทำการแยกชนิดของสัญญาณว่าเป็นสัญญาณควบคุมที่สอดคล้องกับคำสั่งของตัวส่งอย่างไร ลักษณะของแสงที่ใช้ส่งสัญญาณ แบ่งเป็น 2 ประเภท ตามค่าความถี่ของคลื่นแสง คือ ประเภทแสงที่มองเห็นได้ และประเภทแสงที่มองไม่เห็น ซึ่งได้แก่แสงในย่านของความถี่อินฟราเรดหรือใต้แสงสีแดง

ในระบบของแสงที่มองเห็นได้ ความเข้มแสงที่ใช้รับ – ส่ง ถือเป็นสิ่งสำคัญ เพราะไม่เช่นนั้นแสงทั่วไปอาจส่งผลกระทบต่อวงจรภาครับได้ง่าย แต่ การใช้แสงอินฟราเรดเป็นสัญญาณควบคุมสามารถตัดปัญหาการรบกวนของแสงภายนอกอื่นๆ (ที่มองเห็น) ได้โดยเด็ดขาด ยิ่งไปกว่านั้นวงจรใช้งานของระบบอินฟราเรดยังเป็นวงจรที่ไม่ซับซ้อน และยังมีความเชื่อถือได้สูงในการใช้งานอีกด้วย

ในโครงงานนี้ ได้มีการใช้ ไลท์อีมิตติ้งไดโอด (Light Emitting Diode : LED) มาใช้เป็นอุปกรณ์กำเนิดแสงอินฟราเรด เรียกว่า แอลอีดีอินฟราเรดกำลังสูง ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง ทั้งในโรงงานอุตสาหกรรม และระบบตรวจจับสมัยใหม่

โครงงานนี้มีจุดประสงค์เพื่อใช้งานภายในร้านอาหาร ที่มีลักษณะเป็นสวนอาหารที่มีซุ้มหลายๆ ซุ้ม ซึ่งไกลจากห้องครัว โดยพนักงานบริกรจะมีรีโมทสั่งอาหารประจำตัว คอยรับออเดอร์จากลูกค้าและส่งข้อมูลผ่านอินฟราเรดโดยใช้รีโมทยิงไปที่ตัวรับ (ตัวลูก) ที่ติดอยู่บนเพดานของซุ้ม ตัวลูกของทุกซุ้มจะส่งข้อมูลไปให้ตัวแม่โดยผ่านพอร์ทอนุกรมอาร์เอสสี่แปดห้า ส่วนตัวแม่นั้นจะรับข้อมูลจากตัวลูกแล้วส่งไปยังห้องครัวโดยผ่านพอร์ทอนุกรมอาร์เอสสองสามสอง ภายในห้องครัว พ่อครัวจะดูข้อมูลเลขที่โต๊ะ,รายการอาหาร และจำนวนที่สั่งได้จากหน้าจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งทำให้มีความสะดวกรวดเร็วมาก และสามารถลดจำนวนพนักงานบริกรลงได้

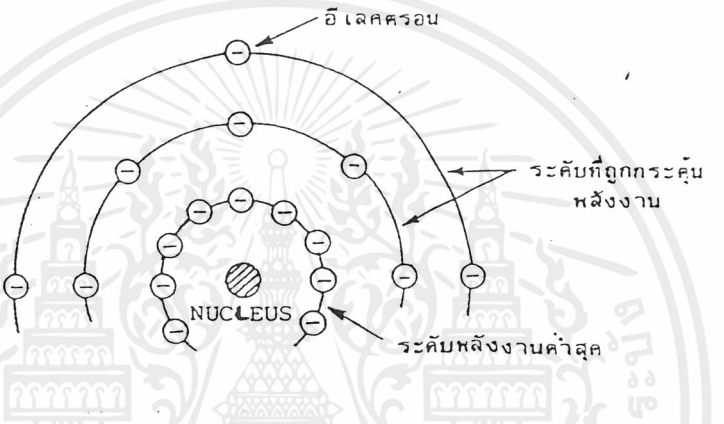
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 การเปลี่ยนไฟฟ้าเป็นแสง

2.1.1 โครงสร้างของการกำเนิดแสง

โดยทั่วไปแล้วอะตอม(Atom)ที่ประกอบอยู่ในสารต่างๆ (ก๊าซ,ของเหลว,ของแข็ง)จะมีโครงสร้างดังรูป 2.1 นั่นคือมีส่วนที่เรียกว่านิวเคลียสอยู่ตรงกลางและรอบๆนิวเคลียสจะมีอิเลคตรอน (Electron) จำนวนหนึ่งหมุนอยู่รอบนิวเคลียส โดยมีระยะห่างที่แน่นอน

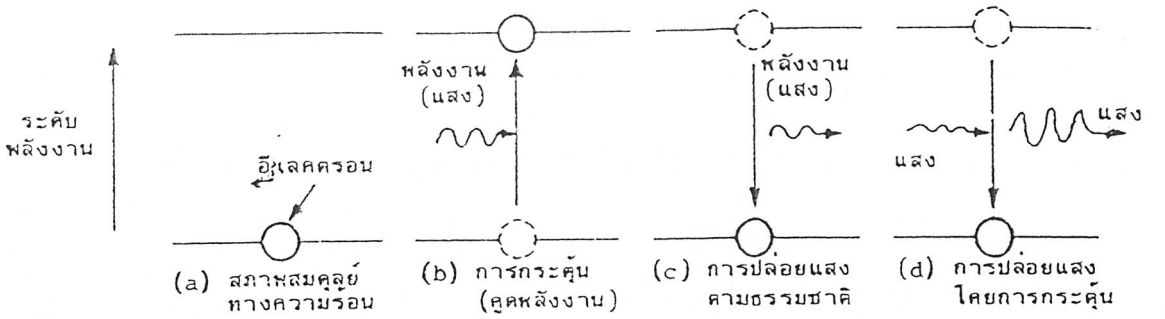


รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างและระดับพลังงานของอะตอม

อิเลคตรอนเหล่านี้จะมีพลังงานที่เป็นสัดส่วนกับระยะทางจากนิวเคลียส (พลังงานนี้เรียกว่าระดับพลังงานหรือ Energy level) ระดับพลังงานที่ต่ำที่สุดเรียกว่าระดับพลังงานฐาน (Ground state level) และระดับพลังงานที่สูงกว่านี้เรียกว่าระดับกระตุ้น (Stimulated level) จำนวนอิเลคตรอนที่มีอยู่ในระดับพลังงานนั้นจะมีจำนวนแน่นอนขึ้นอยู่กับชนิดของสาร แต่โดยปกติแล้วอิเลคตรอนจะออกันอยู่ที่ระดับพลังงานต่ำ อันนี้เป็นคุณสมบัติโดยธรรมชาติของอิเลคตรอน

สมมุติว่ามีอิเลคตรอนอยู่ในระดับพลังงาน 1 (ระดับพลังงานต่ำ) และไม่มีอิเลคตรอนอยู่ในระดับพลังงาน 2 (ระดับพลังงานสูง) เลย ดังแสดงในรูป 2.2a ในสภาพนี้ถ้าหากเราให้พลังงานที่มีค่าเท่ากันกับผลต่างของระดับพลังงานทั้งสอง (นั่นคือถ้า E_1 เป็นพลังงานของระดับพลังงาน 1 และ E_2 เป็นพลังงานของระดับพลังงาน 2 จะได้ผลต่างเป็น $E_2 - E_1$) แล้วอิเลคตรอนจะดูดเอาพลังงานนี้และจะเลื่อนจากระดับพลังงานต่ำ E_1 ขึ้นไปอยู่ที่ระดับพลังงานสูง E_2 ดังรูป 2.3b การให้พลังงานจากภายนอกแก่อิเลคตรอนเพื่อทำให้มันเลื่อนขึ้นไปอยู่ที่ระดับพลังงานสูงนี้เรียกว่า การกระตุ้น (Stimulation) และการที่อิเลคตรอนเลื่อนไปยังระดับพลังงานอื่นนั้นเรียกว่าการถ่ายเท (Transfer)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงระดับพลังงานและขั้นตอนของการถ่ายเท

และเมื่อปล่อยอิเลคตรอนที่อยู่ในสภาพเลื่อนขึ้นไปอยู่ในระดับพลังงานสูง E_2 ไว้อย่างนั้นมันจะถูกนิวเคลียสดึงกลับมาอยู่ในสภาพเดิมซึ่งเรียกว่า สถานะเสถียร(Stable state) ดังรูป 2.2a อีก ในการที่อิเลคตรอนกลับลงมาสู่สภาพเดิม นั่นคือลงมาสู่ระดับพลังงานต่ำ E_1 นั้นจะเหมือนกันกับกระแสน้ำที่ไหลจากที่สูงลงมาสู่ที่ต่ำ อิเลคตรอนจะปล่อยพลังงาน (Emission) เท่ากับ $E_2 - E_1$ ออกมาดังรูป 2.3c ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่าการปล่อยพลังงานออกมาตามธรรมชาติ (Natural emission) กรณีที่ปล่อยพลังงานออกมาในรูปของแสงจะเรียกว่าการปล่อยพลังงานแสงออกมาตามธรรมชาติ(Natural light emission) เนื่องจากว่าสารต่างๆ แบ่งออกได้เป็นพวกที่ทำให้เกิดแสงได้ง่ายกับพวกที่ทำให้เกิดแสงได้ยาก ดังนั้นจึงไม่สามารถกำหนดลงไปได้ว่าสารทุกชนิดจะทำให้เกิดแสงขึ้นได้ จากทฤษฎีของควอนตัมไดนามิคส์ ความยาวคลื่นแสงที่ได้จากการปล่อยแสงออกมานี้หาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\lambda = (c \times h) / (E_2 - E_1)$$

ในที่นี้ λ : ความยาวคลื่นแสง

c : ความเร็วของแสง

h : ค่าคงที่ของแพลงค์ มีค่า = 6.625×10^{-34} จูลวินาที

นั่นคือ ความยาวคลื่นแสงจะเป็นสัดส่วนกลับกับผลต่างของพลังงาน และผลต่างของพลังงานนี้กำหนดจากชนิดของอะตอมที่ประกอบเป็นอุปกรณ์กำเนิดแสงด้วย ดังนั้นความยาวคลื่นแสงที่ปล่อยออกมาจึงมีค่าจำเพาะ อุปกรณ์กำเนิดแสงที่ใช้การปล่อยแสงตามธรรมชาตินี้ได้แก่ หลอดนีออนและไดโอดกำเนิดแสง (Light Emitting Diode : LED)

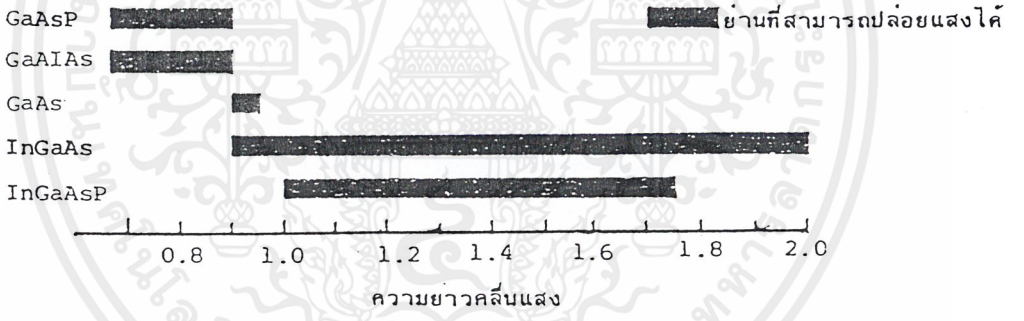
2.1.2 สารที่ใช้ในการสร้างและโครงสร้างของอุปกรณ์ปล่อยแสง

(1) สารที่ใช้ในการสร้างอุปกรณ์ปล่อยแสง

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่าปรากฏการณ์ปล่อยแสงนั้นไม่ได้เกิดขึ้นกับสารกึ่งตัวนำทุกชนิด ทั้งนี้ก็เพราะว่ามีสารพวกที่เกิดปรากฏการณ์ปล่อยแสงง่ายกับสารพวกที่เกิดการปล่อยแสงยาก เนื่องจากการปล่อยแสงนั้นเกิดจากการที่อิเลคตรอนถ่ายเท (Transfer) จากแถบความนำ (Conduction Band) ไปยัง แถบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วาเลนซ์ (Valence Band) จึงแบ่งสารออกเป็นพวกที่อิเลคตรอนถ่ายเท (Transfer) ได้ง่ายกับพวกที่อิเลคตรอนถ่ายเทได้ยาก พวกที่อิเลคตรอนถ่ายเทได้ง่ายเรียกว่า สารกึ่งตัวนำที่ถ่ายเททางตรง (Direct transfer semiconductor) พวกที่อิเลคตรอนถ่ายเทได้ยาก เรียกว่า สารกึ่งตัวนำที่ถ่ายเทโดยอ้อม (Indirect transfer semiconductor) ตัวอย่างของสารพวกถ่ายเททางตรงได้แก่ สารประกอบของอินเดียม (Indium:In) , แกลเลียม (Gallium :Ga) , อาร์เซไนด์ (Asenide :As) และฟอสฟอรัส (P) คือ InGaAsP , สารประกอบของแกลเลียม (Gallium :Ga) , อลูมิเนียม (Aluminium :Al) , อาร์เซไนด์ (Asenide: As) คือ GaAlAs เป็นต้น อนึ่ง สารพวก ซิลิกอน (Silicon :Si) , เจอร์มาเนียม (Germanium :Ge) ที่ใช้ทำทรานซิสเตอร์,ไอซี นั้น ส่วนใหญ่เป็นสารกึ่งตัวนำที่ถ่ายเทโดยอ้อม ปล่อยแสงออกมายาก เนื่องจากความยาวคลื่นแสงที่ปล่อยออกมานั้นเป็นสัดส่วนกับผลต่างของพลังงานของแถบความนำ กับ แถบวาเลนซ์ แต่ทว่าผลต่างของพลังงานนี้จะมีค่าแตกต่างกันตามส่วนประกอบสารกึ่งตัวนำ จึงทำให้มีความยาวคลื่นแสงค่าต่างๆ ความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับสารประกอบของอุปกรณ์ปล่อยแสง แสดงดังรูป 2.3 และจากการพิจารณาถึงคุณสมบัติต่างๆ ของสารในทางปฏิบัตินั้น สำหรับย่านความยาวคลื่นสั้น 0.85 ไมครอน นิยมใช้ GaAlAs และย่านความยาวคลื่นยาว 1.3 ไมครอน นิยมใช้ InGaAsP ในระบบการสื่อสารด้วยเส้นใยแสง การเลือกใช้ความยาวคลื่นแสงถือเป็นองค์ประกอบที่สำคัญมาก จึงมีผลจำกัดต่อการเลือกใช้สารประกอบ



รูปที่ 2.3 แสดงความยาวคลื่นแสงที่ปล่อยออกมาของสารประกอบกึ่งตัวนำแต่ละชนิด

(2) โครงสร้างของอุปกรณ์ปล่อยแสง

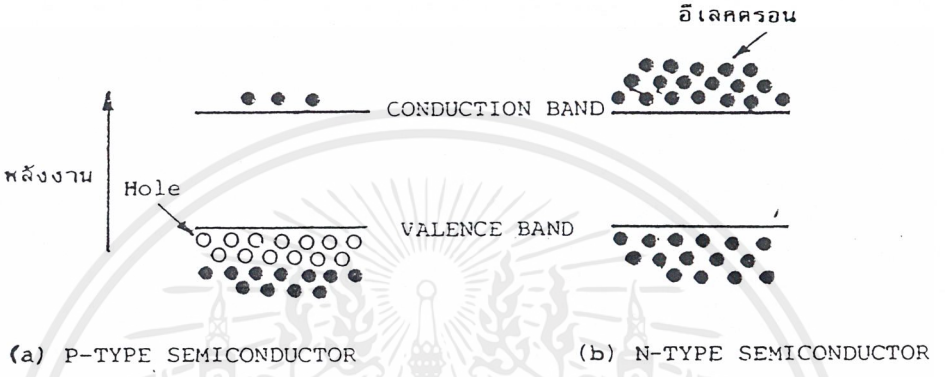
a) รอยต่อพีเอ็น (P – N JUNCTION)

เกี่ยวกับโครงสร้างของอุปกรณ์ปล่อยแสง จากทางด้านการใช้งานเพื่อให้ได้กำลังการปล่อยแสงที่มีประสิทธิภาพสูงนั้น การนำสารกึ่งตัวนำพี และเอ็นมาเชื่อมต่อกัน (JUNCTION) นั้น เป็นสิ่งสำคัญยิ่ง ดังนั้นเพื่อเป็นการทำให้เข้าใจขั้นตอนการปล่อยแสง อันเนื่องมาจากโครงสร้างของอุปกรณ์ปล่อยแสงที่เป็นสารกึ่งตัวนำนั้น ในที่นี้จะอธิบายถึงคุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำชนิดพี(P – type) และชนิดเอ็น(N – type) ก่อน

สำหรับสารกึ่งตัวนำนั้นปกติจำนวนของอิเลคตรอน (หรือจำนวนโฮล) ที่มีอยู่นั้นจะมีค่าคงที่ตามชนิดของอะตอม และอิเลคตรอนส่วนใหญ่จะรวมตัวกันอยู่ในแถบวาเลนซ์ ดังได้เคยกล่าวมาแล้วในตอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

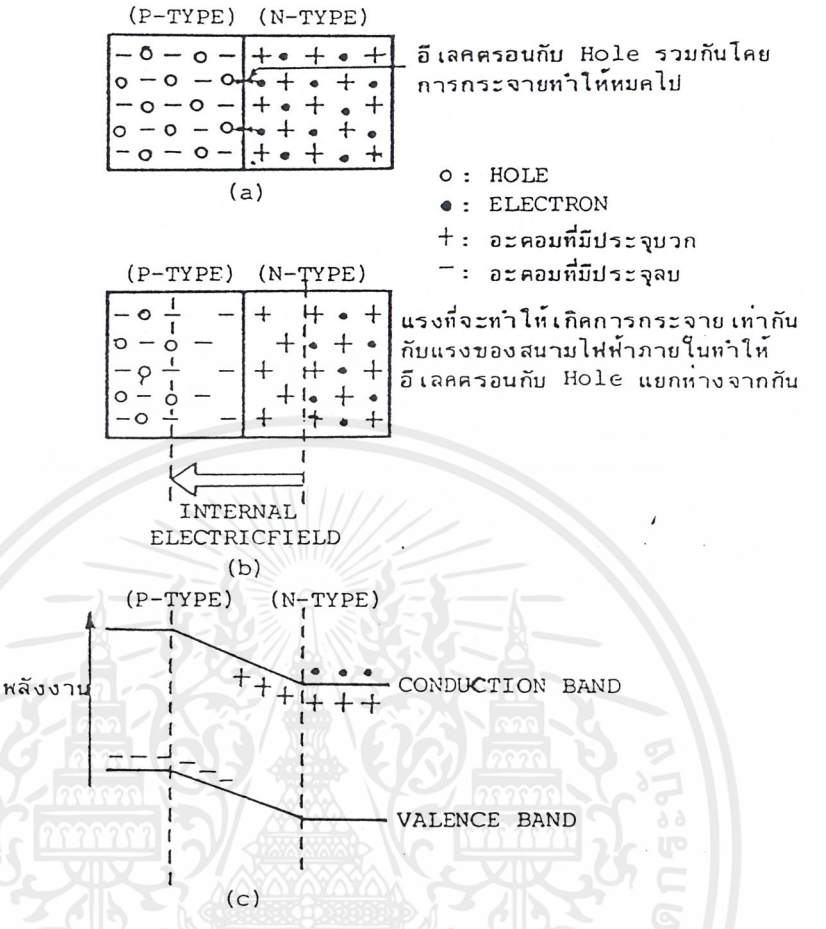
ต้น สารกึ่งตัวนำที่มีสภาพอย่างนี้เรียกว่าสารกึ่งตัวนำที่แท้จริง(Genuine Semiconductor) แต่สารที่เรียกว่าสารกึ่งตัวนำชนิดพีนั้นมีสภาพที่มีจำนวน โฮล (อนุภาคที่มีประจุ + ในตัว) และมีอิเลคตรอน (มีประจุ – ในตัว) น้อยดังแสดงในรูป 2.4a ส่วนสารที่เรียกว่าสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น นั้นจะมีสภาพตรงกันข้ามกับสารกึ่งตัวนำชนิดพี กล่าวคือมีอิเลคตรอนมากกว่าโฮล และจำนวนอิเลคตรอนที่มากเกินนี้ จะรวมตัวกันอยู่ในแถบความนำดังแสดงในรูป 2.4b



รูป 2.4 แสดงระดับพลังงานของสารกึ่งตัวนำ ชนิดพี และ ชนิดเอ็น

คราวนี้สมมุติว่าเรานำสารกึ่งตัวนำทั้งสองแบบมาเชื่อมต่อกัน และที่บริเวณที่เชื่อมต่อกันนั้น อิเลคตรอนจำนวนมากในชนิดเอ็น จะรวมตัวกับโฮลที่มีจำนวนมากในชนิดพี ดังรูป 2.5a และจากปริมาณการรวมตัวที่เพิ่มขึ้นเรื่อยๆ นั้น ทำให้เกิดประจุไฟฟ้า – ในชนิดพี (เพราะว่าโฮลลดลงเหลือแต่อิเลคตรอน) และเกิดประจุไฟฟ้า + ขึ้นใน ชนิดเอ็น (เพราะว่าอิเลคตรอนลดลงเหลือแต่โฮล) ดังรูป 2.5b จากผลอันนี้ทำให้เกิดสภาพบริเวณปลอดพาหะ (Depletion Zone) ขึ้นตรงบริเวณใกล้ๆ รอยเชื่อมต่อและได้โครงสร้างของระดับพลังงานดังรูป 2.5c เกี่ยวกับโครงสร้างของระดับพลังงานนี้มีความหมายสำคัญอย่างยิ่งยวดในการนำไปใช้พิจารณาโครงสร้างของอุปกรณ์ปล่อยแสงที่จะได้กล่าวถึงในอันดับต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

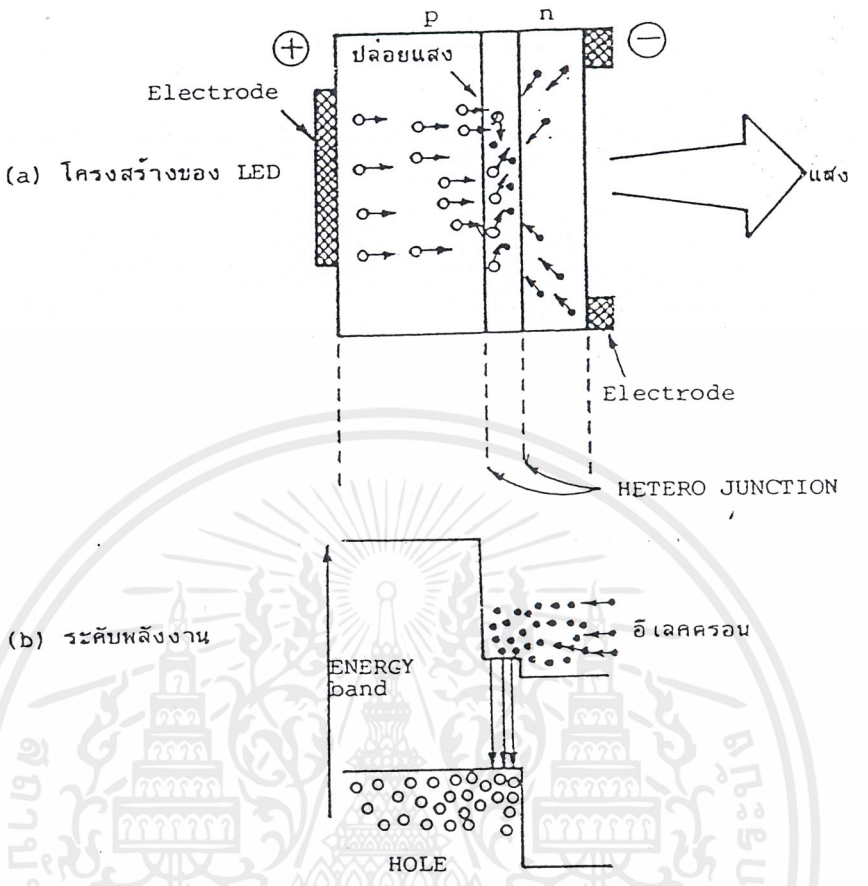


รูปที่ 2.5 แสดงสนามไฟฟ้าภายในและระดับพลังงานของรอยต่อพีเอ็น

b) โครงสร้างของไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode : LED)

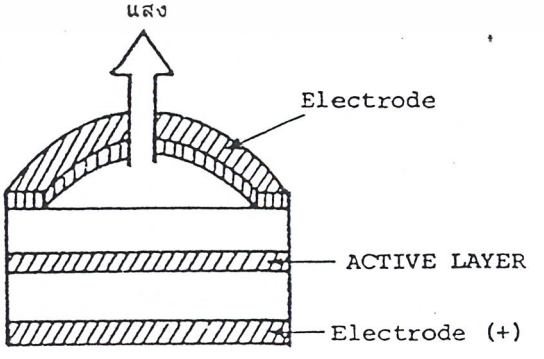
โครงสร้างพื้นฐานของ LED เป็น ดับเบิ้ลเฮทเทอโรจังชั่น (Double hetero junction) อิเลคตรอนที่ไหลผ่านรอยต่อพีเอ็นจะไปรวมกับ โฮล ภายในชั้นไวงาน (Active layer) ดังแสดงในรูป 2.5a และจะเกิดการปล่อยแสงขึ้นภายในชั้นไวงาน เนื่องจากถูกกักด้วยกำแพงของเฮทเทอโรจังชั่น ด้วยเหตุนี้ LED ทั่วไปจึงปล่อยแสงออกมาข้างนอกด้านหน้าที่ต่อกับขั้วไฟฟ้า ดังรูป 2.5a

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างและระดับพลังงานของ LED

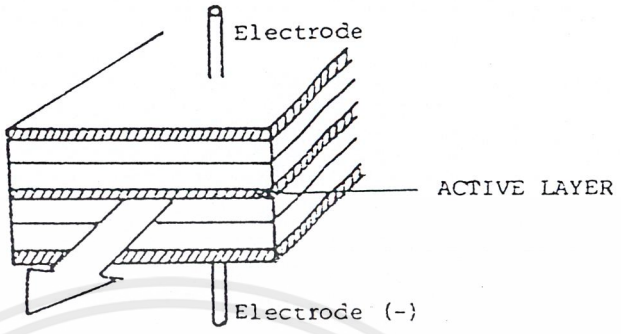
ตัวอย่างโครงสร้างของ LED แบบที่ปล่อยออกมาทางด้านหน้า (Face emission type LED) แสดงดังรูป 2.6 จากรูปจะเห็นได้ว่า เพื่อเป็นการทำให้แสงปล่อยออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น ขั้วไฟฟ้าทางด้านที่ปล่อยแสงออกมาจะต้องมีรูปร่างเป็นรูปวงแหวน



รูปที่ 2.7 แสดงตัวอย่างโครงสร้างของ LED แบบปล่อยแสงทางด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ในปัจจุบันได้มีการผลิต LED อีกแบบหนึ่งขึ้นมา โดยการทำให้ค่าดัชนีการหักเหของชั้นไวงาน เหมือนกันกับ เลเซอร์ไดโอด (Laser Diode) ดังแสดงในรูป 2.8



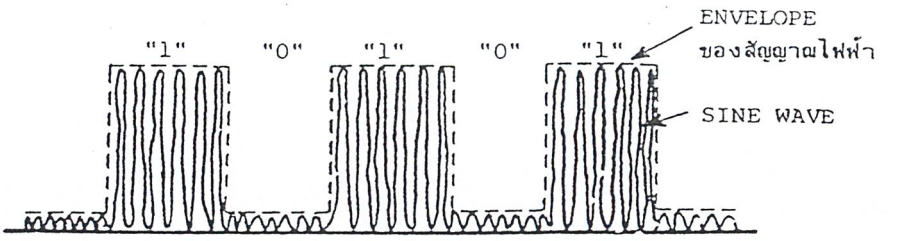
รูปที่ 2.8 แสดงตัวอย่างโครงสร้างของ LED แบบปล่อยแสงออกทางด้านข้าง

LED แบบนี้เรียกว่า LED แบบปล่อยแสงออกทางด้านข้าง (Side emission type LED) และเมื่อเปรียบเทียบกับแบบปล่อยแสงออกทางด้านหน้าแล้วปรากฏว่า โดยการให้กระแสไหลผ่านเท่ากัน จะได้แสงออกมามีกำลังน้อยกว่าแบบปล่อยแสงออกทางด้านหน้า แต่เนื่องจากบริเวณการปล่อยแสงมีขนาดแคบมากกว่าจึงมีข้อดีที่ว่ามีประสิทธิภาพการเชื่อมแสงกับเส้นใยแสงสูงกว่า

2.1.3 คุณสมบัติต่างๆ ของอุปกรณ์ปล่อยแสง

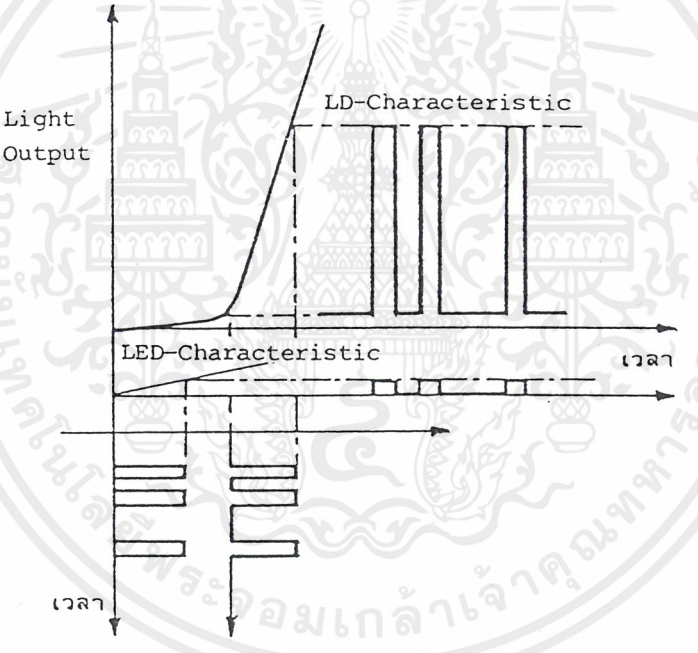
คุณสมบัติต่างๆ ที่ต้องการจากอุปกรณ์ปล่อยแสงได้แก่ คุณสมบัติการผสมของแสงกับไฟฟ้า (นั่นคือ กำลังงานเอาท์พุทของแสง , ความเป็นเส้นตรงหรือ linearity) , ความกว้างของสเปกตรัมของแสง , ความเร็วในการตอบสนองต่อความถี่ (Frequency response speed) เป็นต้น ในปัจจุบันแสงที่ได้จากอุปกรณ์ปล่อยแสงจะมีความยาวแสงจำนวนหนึ่งปนอยู่ ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้แสงเป็นคลื่นพาห์ (Carrier wave) สำหรับ การมอดูเลทความถี่ (Frequency Modulation) , การมอดูเลทเฟส (Phase Modulation) ของสัญญาณไฟฟ้าได้เหมือนอย่างที่ใช้ในการส่งมัลติเพลกซ์ในระบบการส่งสัญญาณอนาล็อคของ การส่งผ่านพาหะ (Carrier transmission) , การส่งไมโครเวฟ (Microwave transmission) ที่ใช้อยู่ทั่วไป แต่จะใช้การผสมที่เรียกว่า การมอดูเลทความเข้ม (Intensity Modulation) ซึ่งทำการผสมโดยตรงกับความเข้มของแสง ยกตัวอย่างเช่น ในการส่งสัญญาณดิจิตอล , รูปคลื่นสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จะเป็นดังแสดงในรูป 2.9 กล่าวคือแสงจะเกิดการกระพริบสว่าง , ดับ ตามสัญญาณไฟฟ้าที่เป็น “1” หรือ “0” ตามความเป็นจริงแล้วความยาวคลื่นของสัญญาณแสงจะมีค่าสั้นกว่าความยาวคลื่นของสัญญาณไฟฟ้ามาก ดังนั้นในเอนวิโลพ “1” ของสัญญาณไฟฟ้าจะมีแสงที่มีความยาวคลื่นหลายค่าอยู่ข้างใน ดังแสดงในรูป 2.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงรูปคลื่นสัญญาณเอาท์พุทของแสงและการผสม (Modulation) ในการส่งสัญญาณดิจิตอล

ส่วนคุณสมบัติการผสมของอุปกรณ์ปล่อยแสงแสดงดังรูป 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงการผสมแบบการมอดุเลชั่นความเข้มแสง (Light Intensity Modulation)

จากรูป 2.10 จะเห็นได้ว่าเนื่องจาก LED ใช้ปรากฏการณ์การปล่อยแสงตามธรรมชาติ ดังนั้นปริมาณของแสงที่ปล่อยออกมาจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแสที่ป้อนเข้าไป (กระตุ้น)

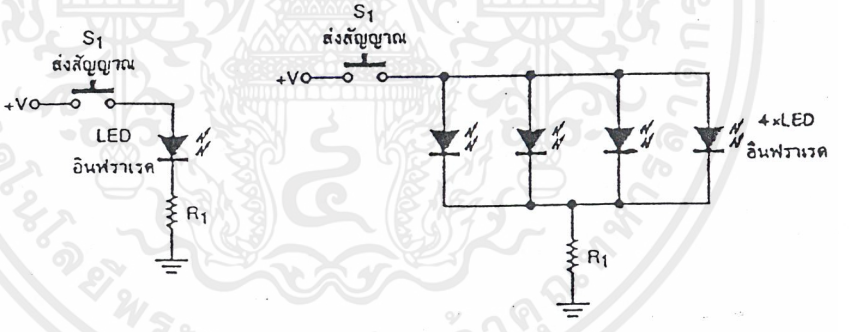
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ระบบอินฟราเรด

การใช้แสงอินฟราเรด สามารถตัดปัญหาการรบกวนของแสงภายนอกอื่นๆ (ที่มองเห็น) ลงไปได้โดยเด็ดขาด ยิ่งไปกว่านั้นวงจรใช้งานของระบบอินฟราเรดยังเป็นวงจรที่ไม่ซับซ้อนและมีความเชื่อถือสูงอีกด้วย

การส่งสัญญาณแสงย่านอินฟราเรดสามารถกระทำได้ดังรูปที่ 2.11a ซึ่งประกอบด้วย แอลอีดี ที่เปล่งแสงในย่านอินฟราเรด (เช่น TTL 38) ต่อเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ โดยมีตัวต้านทาน R1 ทำหน้าที่จำกัดกระแส ตัวอย่างเช่น สำหรับ แอลอีดี ที่กินกระแสได้สูงสุดประมาณ 150 มิลลิแอมป์ หากใช้แหล่งจ่ายไฟขนาด 5 โวลต์ R_1 จะมีค่าประมาณ 22 โอห์ม แต่ในทางปฏิบัติเราไม่ควรออกแบบให้ แอลอีดี กินกระแสสูงสุด R_1 ที่ใช้จึงควรมีค่ามากกว่านี้ (เช่น 100 โอห์ม)

สัญญาณแสงที่ส่งออกโดย แอลอีดี เพียงตัวเดียว จะเหมาะกับการใช้งานในระยะเพียงไม่กี่เมตรเท่านั้น การเพิ่มกำลังส่งของแสงอินฟราเรดให้ไปได้ไกลขึ้นทำได้โดยใช้ แอลอีดี หลายตัวต่อขนานกันดังรูปที่ 2.11b โดยที่ R_1 จะต้องมีค่าลดลงจากเดิม เพราะต้องขับกระแสมากขึ้น



(a) (b)

รูปที่ 2.11 วงจรสร้างสัญญาณอินฟราเรดอย่างง่าย

a) การไบอัสอินฟราเรดธรรมดา

b) การไบอัสอินฟราเรดเพื่อเพิ่มปริมาณความเข้มของแสง

ปัจจุบันมี แอลอีดี ย่านอินฟราเรดรุ่นใหม่ที่ให้กำลังส่งหรือความเข้มแสงสูง ช่วยให้ส่งสัญญาณไปได้ไกลกว่าเดิมมาก ดังนั้นหากเราต้องเลือก แอลอีดี ตัวส่งสำหรับใช้งานแล้ว ควรจะศึกษาถึงคุณสมบัติทางเทคนิคของมันให้ละเอียดด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

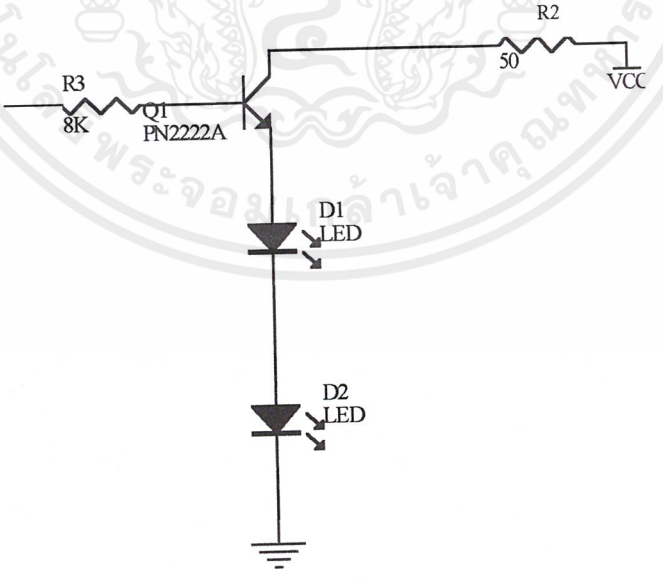
2.3 เครื่องส่งอินฟราเรด

การเพิ่มระยะทางในการทำงานของแสงอินฟราเรด นอกเหนือจากการเพิ่มจำนวน แอลอีดี ดังรูปที่ 2.11b แล้ว อาจทำได้ด้วยวิธีอื่นอีก ถึงแม้ว่าจะใช้ แอลอีดี เพียงตัวเดียวก็ตาม นั่นคือการเพิ่มกระแสขับ แอลอีดี ให้สูงขึ้น โดยที่ แอลอีดี ต้องไม่เสียหาย ซึ่งสามารถกระทำได้โดยการจำกัดช่วงเวลาทำงานของ แอลอีดี ให้สั้นลง ด้วยการใช้สัญญาณพัลส์เป็นตัวขับกระแสให้ แอลอีดี จากวงจรให้รูปที่ 2.11a หากเราป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างพัลส์ไม่เกิน 10 ไมโครวินาที และมีความถี่ไม่เกิน 1 กิโลเฮิรตซ์ กระแสที่ใช้ขับ แอลอีดี อาจมีค่าสูงได้ถึง 2 แอมป์ โดยที่ แอลอีดี ไม่เสียหาย ซึ่งจะส่งผลทำให้ความเข้มแสงที่เปล่งออกมามีค่าสูงมากและเดินทางไปได้ไกลกว่าเดิมมากทีเดียว

2.3.1 วงจรจ่ายกำลัง หรือวงจรขับกระแส

การนำสัญญาณควบคุมไปใช้ในการเปิด/ปิด ให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงาน จำเป็นต้องอาศัยชุดวงจรจ่ายกำลังสำหรับโหลด หรือวงจรขับโหลดทางเอาท์พุท เพื่อจ่ายกระแสและแรงดันที่เหมาะสมกับโหลดแต่ละชนิด หากสัญญาณควบคุมถูกใช้เพียงแค่สำหรับขับ แอลอีดี ให้สว่าง/ดับเพื่อแสดงสภาวะการทำงาน ก็อาจนำ แอลอีดี ต่อเข้าโดยตรงกับสัญญาณควบคุมได้เลย (อาจเพิ่มตัวต้านทานเพื่อจำกัดกระแสอีกหนึ่งตัว) แต่ถ้าหากต้องการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการกระแสและแรงดันมาก จะต้องใช้ทรานซิสเตอร์เป็นตัวสวิทซ์หรือขยายกระแสให้กับโหลด โดยใช้สัญญาณควบคุมเป็นตัวกำหนดลักษณะการทำงานของทรานซิสเตอร์อีกทอดหนึ่ง

วงจรจ่ายกำลังที่ใช้ทรานซิสเตอร์ แสดงดังรูปที่ 2.12 โหลดที่เป็น แอลอีดี ที่ต้องการแรงดันไฟตรงจะทำงานเมื่อมีสัญญาณควบคุมเข้ามาทางขาเบส ค่าของกระแสที่โหลดต้องการจะต้องไม่เกินค่าของกระแสคอลเลคเตอร์ที่ถูกควบคุมโดยกระแสเบส วงจรนี้สามารถใช้ได้กับโหลดที่กินกระแสไฟได้หลายขนาด ขึ้นกับอัตราการขยายกระแสของทรานซิสเตอร์ที่เลือกใช้



รูปที่ 2.12 วงจรขับกระแสของ แอลอีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การเปลี่ยนแสงให้เป็นไฟฟ้า

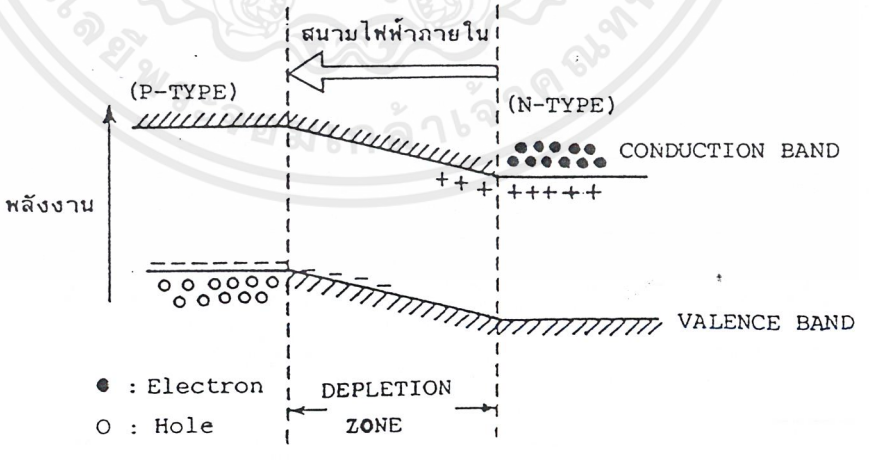
2.4.1 โครงสร้างและการทำงานของการรับแสง

การรับแสงหมายถึงการเปลี่ยนแสงให้เป็นไฟฟ้า ในการทำงานแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีคือ วิธีที่หนึ่งเป็นการเปลี่ยนสัญญาณแสงให้เป็นไฟฟ้าโดยตรง วิธีที่สองทำได้โดยการเปลี่ยนพลังงานแสงให้เป็นพลังงานความร้อนก่อนแล้วจึงเปลี่ยนเป็นไฟฟ้า วิธีที่หนึ่งนั้นเรียกว่า โฟโต้อิเล็คทริคเอฟเฟกต์ (Photo electric effect) ส่วนวิธีที่สองเรียกว่า เซนท์ซิทีฟฮีทเอฟเฟกต์ (Sensitive heat effect)

วิธีการเปลี่ยนแสงโดยใช้เซนท์ซิทีฟฮีทเอฟเฟกต์ นั้น โดยทั่วไปจะมีการตอบสนองช้ามาก และความไวไม่ดีจึงใช้กับเครื่องวัดความแตกต่างของระดับความร้อน (Thermocouple) , บารอมิเตอร์ (Barometer) และอื่นๆ แต่ไม่นำมาใช้กับการสื่อสารด้วยแสง ดังนั้นสำหรับการสื่อสารด้วยแสงจะใช้หลักการของโฟโต้อิเล็คทริคเอฟเฟกต์

หลักการของโฟโต้อิเล็คทริคเอฟเฟกต์ ใช้ขบวนการดูดพลังงาน นั่นคือ เมื่อมีแสงมากระทบสารกึ่งตัวนำ อิเล็คตรอนที่อยู่ในแถบวาเลนซ์ จะเลื่อนขึ้นไปอยู่ที่แถบความนำ แต่การเลื่อนขึ้นไปนี้เป็นแต่เพียงอิเล็คตรอนเคลื่อนที่ไปเท่านั้น และในที่สุดมันจะไปรวมกันใหม่กับโฮล ในแถบวาเลนซ์ อีก ทำให้ไม่ได้รับโฟโต้อิเล็คทริคเอฟเฟกต์ ด้วยเหตุนี้ เพื่อที่จะเปลี่ยนแสงให้เป็นไฟฟ้าจะต้องใช้สภาพการแยกกันของอิเล็คตรอนกับโฮล ก่อนที่มันจะรวมกัน

สำหรับอุปกรณ์รับแสงสารกึ่งตัวนำ ก็เช่นเดียวกันกับอุปกรณ์กำเนิดแสง นั่นคือเพื่อที่จะแยกอิเล็คตรอนกับโฮล นั้น โดยทั่วไปใช้ รอยต่อพีเอ็น ที่รอยต่อของพีเอ็นนั้น จะเกิดสนามไฟฟ้าในที่ว่าง (Space electric field) ขึ้น แต่มันจะถูกดึงด้วยอิเล็คตรอนของสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น และโฮลของสารกึ่งตัวนำชนิดพี ซึ่งมีประจุไฟฟ้าเป็น – และ + เป็นผลให้เกิดบริเวณที่ไม่มีอิเล็คตรอนและโฮลขึ้นตรงรอยต่อ บริเวณนี้เรียกว่า บริเวณปลอดพาหะ (Depletion zone) ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แสดงบริเวณปลอดพาหะ

ในสภาพอย่างนี้เมื่อมีแสงมากระทบจากทางด้านบริเวณสารกึ่งตัวนำชนิดพี แสงนั้นจะถูกดูดพร้อมทั้งเคลื่อนที่ไปทางบริเวณสารกึ่งตัวนำชนิดเอ็น แต่ที่บริเวณปลอดพาหะ อิเล็คตรอนและโฮล ที่เกิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

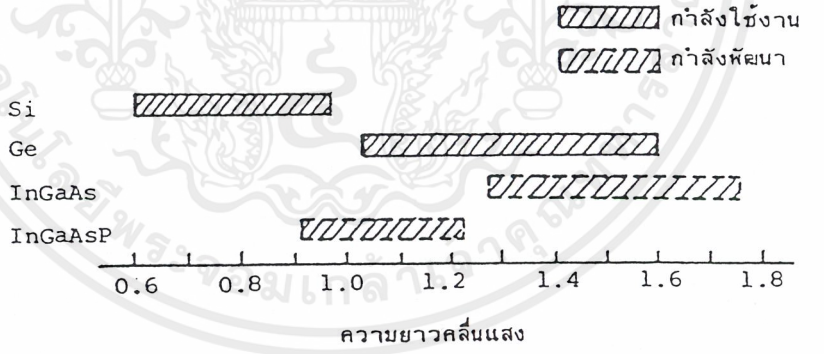
จากการดูดพลังงานจากแสงจะถูกสนามไฟฟ้าแยกไปในทิศทางตรงกันข้าม กล่าวคือ อิเล็คตรอนไปทางด้านเอ็น และโฮลไปทางด้านพี อนึ่ง ที่บริเวณซึ่งอยู่ห่างจากบริเวณปลอดพาหะนั้น เนื่องจากไม่มีสนามไฟฟ้า อิเล็คตรอนและโฮลที่เกิดจากโฟโต้อิเล็คทริคเอฟเฟกต์ จะรวมตัวกันใหม่ในระหว่างเคลื่อนที่ แต่สำหรับอิเล็คตรอและโฮล ที่เคลื่อนที่เข้าไปใน สนามไฟฟ้าแล้วนั้น จะสามารถเข้าไปยังบริเวณตรงกันข้ามได้ ผลที่ได้ก็คือ จะเกิดแรงดันไฟฟ้าที่เป็นสัดส่วนกับปริมาณของอิเล็คตรอนและโฮล ที่ถูกแยกขึ้นระหว่างปลายทั้งสองของสารกึ่งตัวนำชนิดพีและชนิดเอ็น ถ้าหากนำวงจรภายนอกมาต่อกับปลายทั้งสองนี้ จะทำให้อิเล็คตรอนและโฮล สามารถรวมตัวกันได้โดยผ่านวงจรภายนอก นั่นคือมีกระแสไหลนั่นเอง กระแสที่เกิดที่บริเวณปลอดพาหะ เรียกว่า กระแสดริฟท์ (Drift current) ส่วนกระแสที่เกิดตรงบริเวณที่อยู่ห่างจากบริเวณปลอดพาหะ เรียกว่า กระแสดิฟฟิวชั่น (Diffusion current) และกระแสนี้เป็นหลักการของการเปลี่ยนแสงเป็นไฟฟ้า

2.4.2 สารและโครงสร้างของอุปกรณ์รับแสง

(1) สารของอุปกรณ์รับแสง

สำหรับอุปกรณ์รับแสงก็เช่นเดียวกันกับอุปกรณ์กำเนิดแสงนั่นคือมีสารหลายชนิด นอกจากนั้นผลต่างของพลังงานของ แถบความนำและแถบวาเลนซ์ ของอุปกรณ์รับแสงมีค่าแตกต่างกันทำให้มีย่านความยาวคลื่นแตกต่างกันที่ดูดแสงเข้ามาได้ง่าย (ความไวในการรับแสงดี)

คุณสมบัติความไวในการรับแสงของสารแต่ละชนิดแสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 แสดงความยาวคลื่นในการรับแสงของอุปกรณ์รับแสงแต่ละชนิด

(2) โครงสร้างของอุปกรณ์รับแสง

ถ้าเพิ่มรอยต่อพีเอ็น เข้าไปที่ พีเอ็นโฟโต้ไดโอด ก็จะเกิดเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์ได้ จากรูปที่ 2.16 จะเห็นว่าถ้าทำชั้นเอ็น อยู่เหนือชั้นพี ของ พีเอ็นโฟโต้ไดโอด จะทำให้ได้ เอ็นพีเอ็น ทรานซิสเตอร์ (NPN) ซึ่งสามารถใช้เป็นโฟโต้ไดโอดในการรับแสงและยังสามารถใช้ในการขยายกระแสได้อีกด้วย

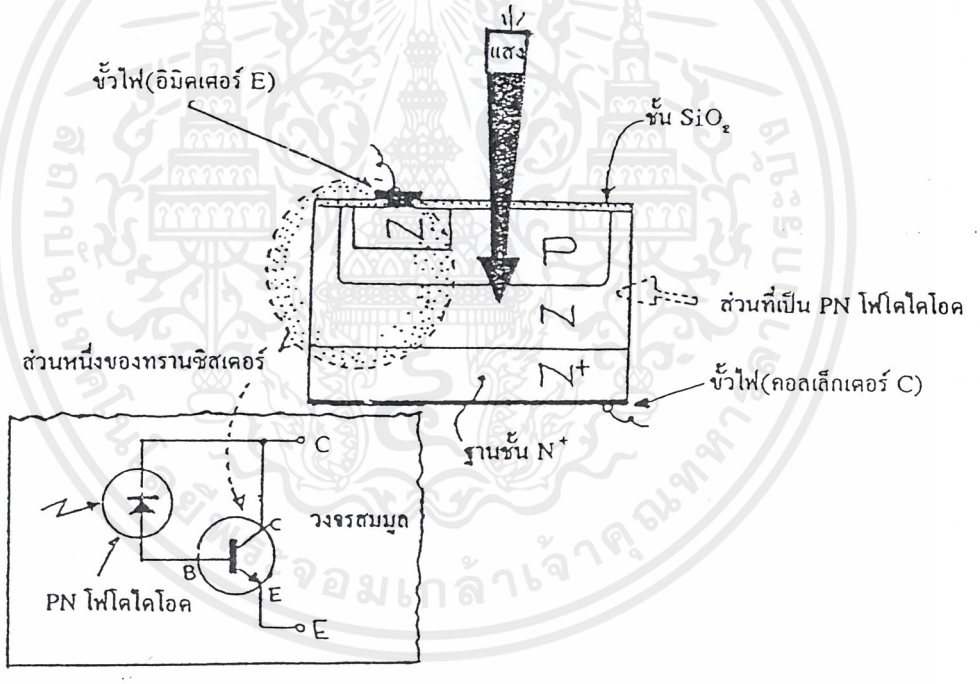
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่างในรูป 2.15 ชั้นเอ็นบนสุดที่สร้างเพิ่มขึ้นมาใหม่จะเป็นส่วนที่เป็นอีมิตเตอร์ ชั้นพีจะเป็นเบส ส่วนฐานชั้นเอ็นจะเป็นคอลเลคเตอร์ ตรงเบสจะไม่มีขาต่อออกมา แต่ก็มีบางชนิดที่มีขาต่อออกมาใช้งานด้วย

เมื่อแสงตกกระทบตรงรอยต่อพีเอ็น ระหว่างเบสและคอลเลคเตอร์ ก็จะทำให้เกิดคู่อิเล็คตรอนและโฮล อิเล็คตรอนจะไหลไปที่ขั้วบวกคือชั้นเอ็น (คอลเลคเตอร์) ส่วนโฮลจะวิ่งไปที่ขั้วลบชั้นพี (เบส) ถ้าแสดงด้วยทิศทางการไหลของกระแสจะได้ว่ากระแสวิ่งจากขั้วบวกไปขั้วลบ ซึ่งสวนทางกับทิศทางการวิ่งของอิเล็คตรอน

กระแสนี้เป็นกระแสเบสซึ่งเกิดจากแสง แต่กระแสที่คอลเล็คเตอร์จะมีขนาดใหญ่กว่าเพราะมีการขยายกระแสที่เบสอีกทีหนึ่ง

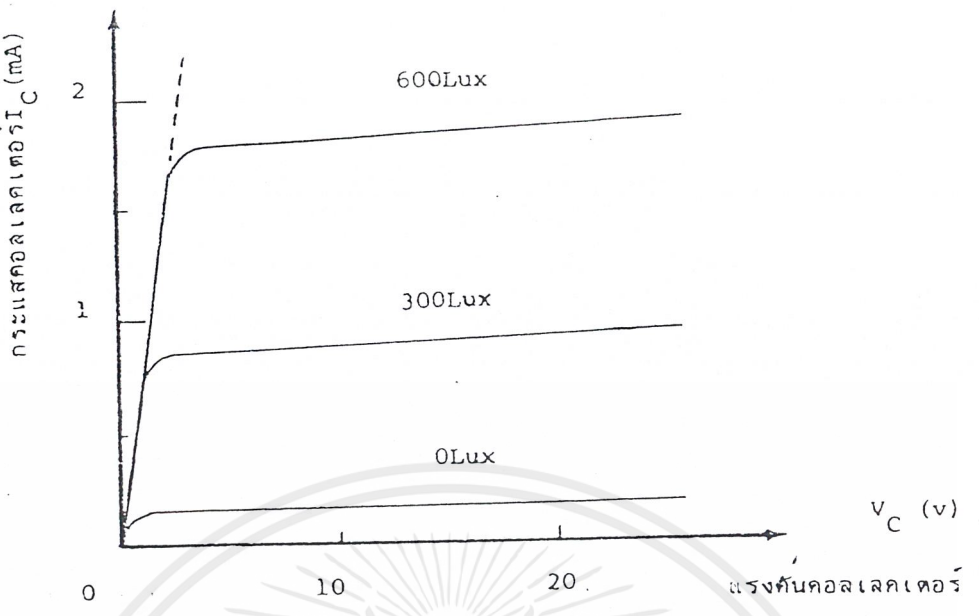
ถ้าใช้วงจรสมมูลแสดงการทำงานของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ก็จะได้โฟโต้ไดโอดต่อขนานกับโฟโต้ทรานซิสเตอร์ดังในรูปที่ 2.15 ความไวของตัวรับแสงก็จะสูงขึ้นอีกเป็นร้อยเท่า โฟโต้ทรานซิสเตอร์นี้เป็นที่นิยมใช้กันมากในการทำเป็นตัวรับแสงหรือโฟโต้เซ็นเซอร์



รูปที่ 2.15 แสดงโครงสร้างและวงจรสมมูลย์ของโฟโต้ทรานซิสเตอร์

คุณสมบัติทางคอลเลคเตอร์ของทรานซิสเตอร์แบบนี้แสดงได้ดังรูปที่ 2.16 ซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันและกระแสของคอลเลคเตอร์ที่ค่าความเข้มแสงค่าต่างๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.16 แสดงคุณสมบัติทางเอาท์พุทของโฟโต้ทรานซิสเตอร์

2.5 พอร์ทอนุกรม

มีทางเลือกอยู่ 2 ทาง ในการที่จะเคลื่อนย้ายข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังอุปกรณ์ต่อพ่วงอื่น ๆ หรือคอมพิวเตอร์ด้วยกัน นั่นคือการรับส่งข้อมูลแบบขนานและการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม การรับส่งข้อมูลแบบขนาน จะเป็นการรับหรือส่งข้อมูลคราวละ 4 หรือ 8 บิต ในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การรับและส่งข้อมูลทำได้ที่ความเร็วสูง ซึ่งก็หมายความว่าจำนวนของสายที่ใช้ในการส่งจะต้องมีมากเท่ากับจำนวนบิตของข้อมูลที่จะส่งด้วย นอกจากนี้ยังจะต้องรวมถึงสายที่ใช้สำหรับการควบคุมและการตรวจสอบการรับส่งข้อมูลด้วย ซึ่งอาจจะต้องใช้สายมากเป็น 2 เท่าของจำนวนบิตข้อมูลที่จะส่งก็ได้ ซึ่งก็เป็นปัญหาในเรื่องราคาของสายที่ใช้ในการเชื่อมต่อแบบขนานมักจะมีราคาแพง

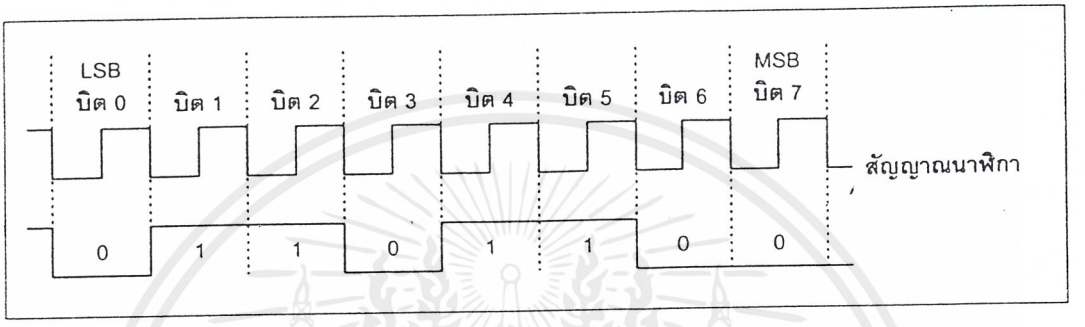
ในขณะที่การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมเป็นการรับส่งข้อมูลครั้งละ 1 บิต แต่ก็สามารถรับส่งข้อมูลได้คราวละหลายๆ บิตได้ หากแต่จะต้องมีการตกลงกันระหว่างตัวส่งและตัวรับว่า จะรับส่งข้อมูลคราวละกี่บิต ตัวรับจะต้องรอข้อมูลมาให้ครบทุกบิตเสียก่อนจึงทำการประมวลผล ส่งผลให้การสื่อสารข้อมูลอนุกรมอาจมีความเร็วต่ำกว่าแบบขนาน ในด้านจำนวนสายสัญญาณการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะใช้จำนวนสายที่น้อยกว่ามาก อย่างน้อยที่สุดใช้เพียง 2-3 เส้นเท่านั้น แต่อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูลอาจต่ำกว่าแบบขนาน อย่างไรก็ตาม การรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมสามารถใช้สายสัญญาณที่มีความยาวมากกว่าแบบขนาน ทำให้ระยะทางในการสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมสามารถทำได้มากกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

2.6 การสื่อสารแบบอนุกรม

การสื่อสารแบบอนุกรมนั้นจะแบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือการสื่อสารอนุกรมแบบซิงโครนัสและการสื่อสารอนุกรมแบบอะซิงโครนัส การสื่อสารแบบซิงโครนัสจะมีสัญญาณนาฬิการ่วมอยู่กับการรับและส่งสัญญาณด้วย ตัวอย่างการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัสก็คือคีย์บอร์ดของคอมพิวเตอร์ ซึ่งสายเส้นหนึ่งจะเป็นสายของสัญญาณนาฬิกา ส่วนสายอีกเส้นจะเป็นสายของข้อมูล ดังนั้นการติดต่อกันแบบซิงโครนัสนี้จะต้องใช้สายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้น คือ สัญญาณนาฬิกา,ข้อมูล และกราวด์ รูปที่ 2.17 แสดงให้เห็นถึงไทมิ่งไดอะแกรมของการส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส



รูปที่ 2.17 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรม

2.6.1 การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัส

การสื่อสารข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือการรับและส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิการ่วมด้วยเหมือนกับการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส แต่จะใช้การกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน ซึ่งเรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับและภาคส่งนี้ว่า **อัตราการถ่ายทอดข้อมูล หรือ บอดเรต (baudrate)** มีหน่วยเป็น บิตต่อวินาที *(bit per second : bps)*

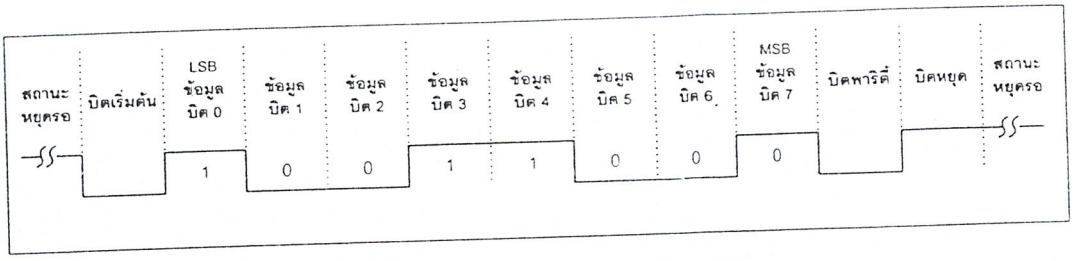
รูปแบบของข้อมูลที่ใช้ในการรับส่งแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วนด้วยกันคือ

1. บิตเริ่มต้น (Start Bit) ซึ่งจะมีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรมจะมีขนาด 5,6,7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี้ (Parity Bit) จะมีขนาด 1 บิตหรือไม่มี
4. บิตปิดท้าย (Stop Bit) จะมีขนาด 1,1.5 หรือ 2 บิต

รูปที่ 2.18 แสดงรูปแบบของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส ซึ่งเมื่อไม่มีข้อมูลที่จะส่ง ขา DATA จะมีสถานะลอจิก “1” ซึ่งจะเรียกสถานะนี้ว่าสถานะหยุดรอ (waiting stage) การเริ่มต้นส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ขา DATA มีลอจิก “0” ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต ซึ่งจะเรียกบิตนี้ว่าบิตเริ่มต้น จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ก่อน ซึ่งข้อมูลในไบต์ที่จะส่งอาจจะมีจำนวนบิต 5,6,7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นจะตามด้วยบิตพาริตี้ ซึ่งใช้เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่งคือบิตปิดท้าย ซึ่งจะให้ขาดาต้ามีสถานะลอจิก 1 อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1 บิต ,1.5 บิต หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42161



รูปที่ 2.18 รูปแบบอย่างง่ายที่สุดของข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส

อุปกรณ์พิเศษที่ได้รับการออกแบบมาสำหรับการรับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสเรียกว่า Universal Asynchronous Receiver / Transmitter หรือ UART อัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลของการรับส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัสคือค่าบอดเรตซึ่งก็คือ ค่าจำนวนบิตต่อวินาทีที่ใช้ในการรับและส่งข้อมูลบอดเรตมาตรฐานที่ใช้สำหรับพอร์ตอนุกรม อาร์เอสสองสามสอง ได้แก่ 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200 บิตต่อวินาที และมีค่าเพิ่มมากขึ้นตามเทคโนโลยีของคอมพิวเตอร์ ซึ่งการรับส่งแบบอนุกรมโดยไม่ผ่านโมเด็มอาจจะสามารถกำหนดค่าบอดเรตได้สูงถึง 115200 บิตต่อวินาที่ เนื่องจากบอดเรตคือจำนวนบิตของข้อมูลที่สามารถถ่ายทอดได้ภายใน 1 วินาที ยกตัวอย่าง ข้อมูลอนุกรมถูกส่งในลักษณะ 8 บิต ไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ มีบิตเริ่มต้น 1 บิต และบิตปิดท้าย 1 บิต ความยาวของข้อมูลที่รับส่งนี้เท่ากับ 10 บิต ถ้าใช้บอดเรตในการส่งข้อมูลเท่ากับ 9600 บิตต่อวินาที ก็จะสามารถรับส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็ว 960 ไบต์ต่อวินาที และถ้ามีการใช้พาริตี้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลจะเหลือเป็น 872 ไบต์ต่อวินาที

การตรวจสอบพาริตี้สามารถกำหนดให้เป็นแบบคี่ (odd) ,แบบคู่ (even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตี้ก็ได้ การตรวจสอบพาริตี้เป็นการตรวจสอบจำนวนรวมของบิตที่เป็นลอจิก “1” ภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ว่ามีจำนวนรวมเป็นเลขคู่หรือเลขคี่โดยต้องรวมบิตพาริตี้เข้าไปด้วย ยกตัวอย่างข้อมูลที่จะทำการส่งมีขนาด 8 บิต และมีค่าเท่ากับ 99 ฐานสิบหก หรือ 10011001 ฐานสอง จะเห็นว่าข้อมูลในไบต์นี้มีจำนวนลอจิก “1” จำนวน 4 ตัวซึ่งเป็นเลขคู่ ดังนั้นถ้ากำหนดค่าพาริตี้เป็นคู่ค่าในบิตพาริตี้ จะต้องมีลอจิกเป็น “0” แต่ถ้าพาริตี้เป็นคี่ ค่าที่บิตพาริตี้จะต้องเป็น “1” เพื่อให้ข้อมูล 1 ไบต์รวมทั้งบิตพาริตี้มีจำนวนบิตที่เป็นลอจิก “1” มีจำนวนรวมกันเป็นเลขคี่ ในตารางที่ 2.1 แสดงตัวอย่างของบิตพาริตี้ในการรับส่งข้อมูลอนุกรม

บิตพาริตี้ถูกสร้างขึ้นจากภาคส่งข้อมูลของยูเออาร์ที ซึ่งทางภาครับจะต้องทำการกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพาริตี้ให้ตรงกันว่าจะตรวจสอบพาริตี้คี่หรือพาริตี้คู่ จากนั้นภาครับของ ยูเออาร์ที จะทำการตรวจสอบค่าพาริตี้ที่เกิดขึ้นว่าเป็นคู่หรือเป็นคี่ โดยการนับจำนวนลอจิก “1” ทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตี้ด้วย ถ้ากำหนดพาริตี้ไว้เป็นคู่แต่อ่านค่าตัวเลขในการนับออกมาได้ตัวเลขเป็นคี่ ทางภาครับจะแสดงข้อผิดพลาดออกมาให้ผู้ใช้ทราบ นับเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการถ่ายทอดข้อมูลที่ง่ายที่สุด แต่จะเชื่อถือได้เมื่อมีบิตข้อมูลที่ทำการส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียวเท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำการส่งมีบิตที่ผิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลาดมากกว่า 1 บิต การตรวจสอบด้วยวิธีนี้จะไม่ได้ผล สำหรับการตั้งพาริตี้บิตเป็นนัน (NONE) นั้น ทั้งภาครับและภาคส่ง จะไม่มีการตรวจสอบพาริตี้

ข้อมูล	บิตพาริตี้คู่	บิตพาริตี้คี่
00000000	0	1
00000001	1	0
00000010	1	0
00000011	0	1
00000100	1	0
11111110	0	1
111111111	1	0

ตารางที่ 2.1 แสดงบิตพาริตี้ของข้อมูล

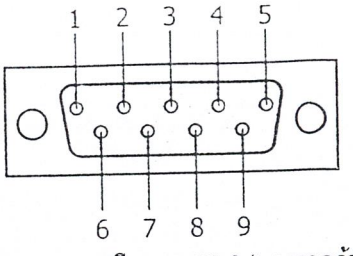
2.6.2 มาตรฐานพอร์ทอนุกรมแบบอาร์เอสสองสามสอง (RS-232)

มาตรฐานการเชื่อมต่อแบบอนุกรม อาร์เอสสองสามสอง เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส 2 ทิศทางโดยมาตรฐาน อาร์เอสสองสามสอง ในอดีตนั้นถูกออกแบบมาเพื่อการส่งผ่านข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังโมเด็มเพียงอย่างเดียว เพื่อที่จะนำข้อมูลจากโมเด็มนี้สื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ไปยังคอมพิวเตอร์อีกชุดซึ่งอยู่ห่างไกลกัน โดยคณะกรรมการที่เรียกว่าสมาคมอุตสาหะกรรมอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Industries Association : EIA) ได้วางมาตรฐานที่มีชื่อเรียกกันว่า EIA RS-232 มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบดีบียี่สิบห้า (DB-25) โดยกำหนดความยาวของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับสัญญาณตั้งแต่ –3 ถึง –15 โวลท์ แสดงว่ามีข้อมูล (Mark) และ +3 ถึง +15 แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space)

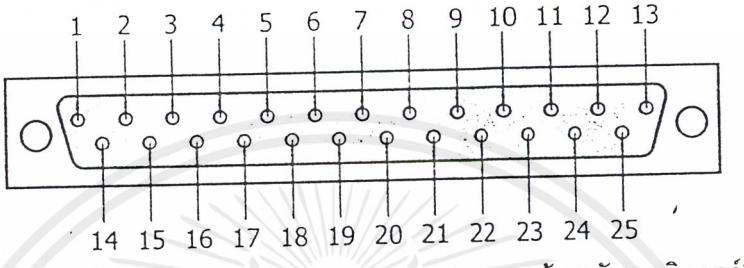
มาตรฐาน อาร์เอสสองสามสอง ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์เชื่อมต่อข้อมูลไว้ว่าอุปกรณ์ DTE จะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัวเช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือ ไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์ DCE จะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจาก DTE เท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232 ข้อแตกต่างของอุปกรณ์ DTE และอุปกรณ์ DCE คือ คอนเน็กเตอร์ของ DTE จะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของ DCE จะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่ที่โมเด็มจะเป็นแบบ DCE

สำหรับการใช้งานบนคอมพิวเตอร์ พอร์ตอนุกรม อาร์เอสสองสามสอง มักถูกใช้เชื่อมต่อกับโมเด็ม หรือ เมาส์โดยสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความยาวของสายสัญญาณสูงสุดถึง 20 เมตร และคอนเน็กเตอร์สำหรับพอร์ต อาร์เอสสองสามสอง จะใช้คอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 ตัวผู้ หรือ DB-9 ตัวผู้ซึ่งคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 จะมีขาต่อใช้งานเพียง 9 เส้น เช่นเดียวกับคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 เนื่องจากขาอื่นๆที่เคยใช้งานในอดีต ปัจจุบันมีการใช้งานไม่มากนักจึงถูกยกเลิกไป โดยแสดงรูปร่างและตำแหน่งขาดังรูปที่ 2.19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) คอนเน็กเตอร์อนุกรม 9 ขาหรือแบบ DB-9 (มองจากด้านหลังคอมพิวเตอร์)



(ข) คอนเน็กเตอร์อนุกรม 25 ขาหรือแบบ DB-25 (มองจากด้านหลังคอมพิวเตอร์)

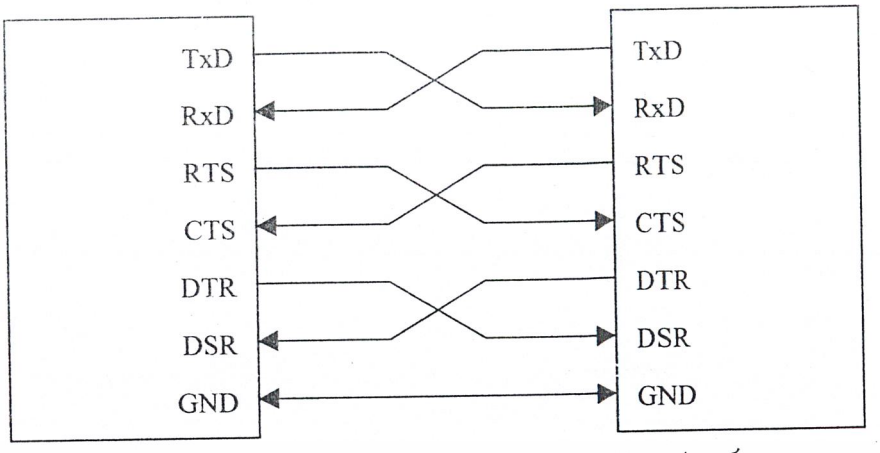
รูปที่ 2.19 การจัดขาของคอนเน็กเตอร์พอร์ตอนุกรมตามมาตรฐาน อาร์เอสสองสามสอง ทั้งแบบ DB-9 และ DB-25

คอนเน็กเตอร์ DB-9	คอนเน็กเตอร์ DB-25	ชื่อของสายสัญญาณ	ชนิดของสายสัญญาณ
1	8	Data Carrier Detect:DCD	อินพุต
2	3	Received Data:RxD	อินพุต
3	2	Transmitted Data:TxD	เอาท์พุต
4	20	Data Terminal Ready:DTR	เอาท์พุต
5	7	Signal Ground:GND	
6	6	Data Set Ready:DSR	อินพุต
7	4	Request To Send:RTS	เอาท์พุต
8	5	Clear To Send:CTS	อินพุต
9	22	Ring Indicator:RI	อินพุต

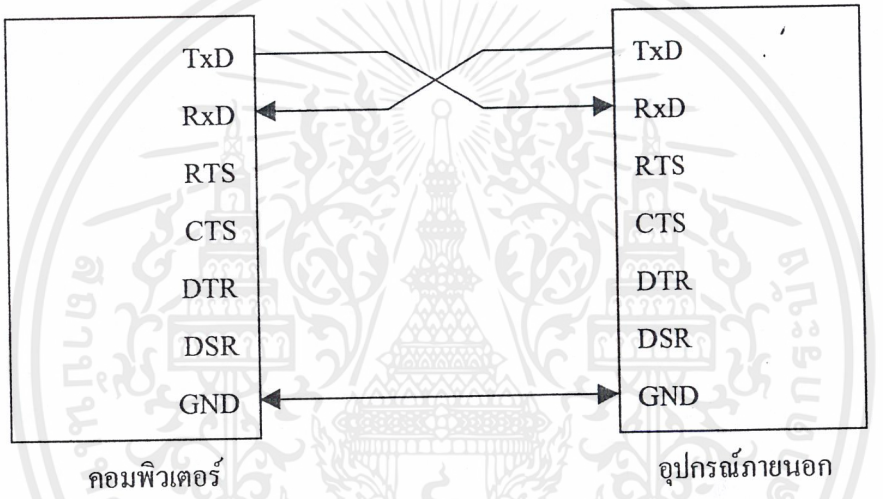
ตารางที่ 2.2 แสดงตำแหน่งและชื่อขาของ DB-9 และ DB-25

สำหรับการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกดังในรูปที่ 2.20 ลูกศรในรูปแสดงถึงทิศทางของข้อมูล ในรูปที่ 2.20 (ก) เป็นการเชื่อมต่อแบบนัลโมเด็ม (Null modem) หรือการเชื่อมต่อโดยตรงโดยไม่ต้องผ่านโมเด็ม โดยมีการตรวจสอบหรือแฮนด์เช็กเต็มรูปแบบ ส่วนในรูปที่ 2.20 (ข) เป็นการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบนัลโมเด็ม (Null modem)



(ข) การต่ออุปกรณ์ภายนอกเข้ากับคอมพิวเตอร์แบบ อาร์เอสสองสามสอง โดยใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น

รูปที่ 2.20 การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ในลักษณะต่าง ๆ

เชื่อมต่อแบบนัลโมเด็ม ในลักษณะที่ใช้สายสัญญาณเพียง 3 เส้น โดยเส้นหนึ่งสำหรับส่งข้อมูล อีกเส้นสำหรับรับข้อมูล และเส้นสุดท้ายเป็นกราวด์ สำหรับรายละเอียดหน้าที่การทำงานในแต่ละขาของพอร์ตอนุกรม อาร์เอสสองสามสอง มีดังนี้

- Data Carrier Detect : DCD หรืออาจเรียกว่า Carrier Detect : CD ขานี้จะแอกทีฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห์จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติ ขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก
- Received Data : RD หรือ RxD ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์ บัฟเฟอร์

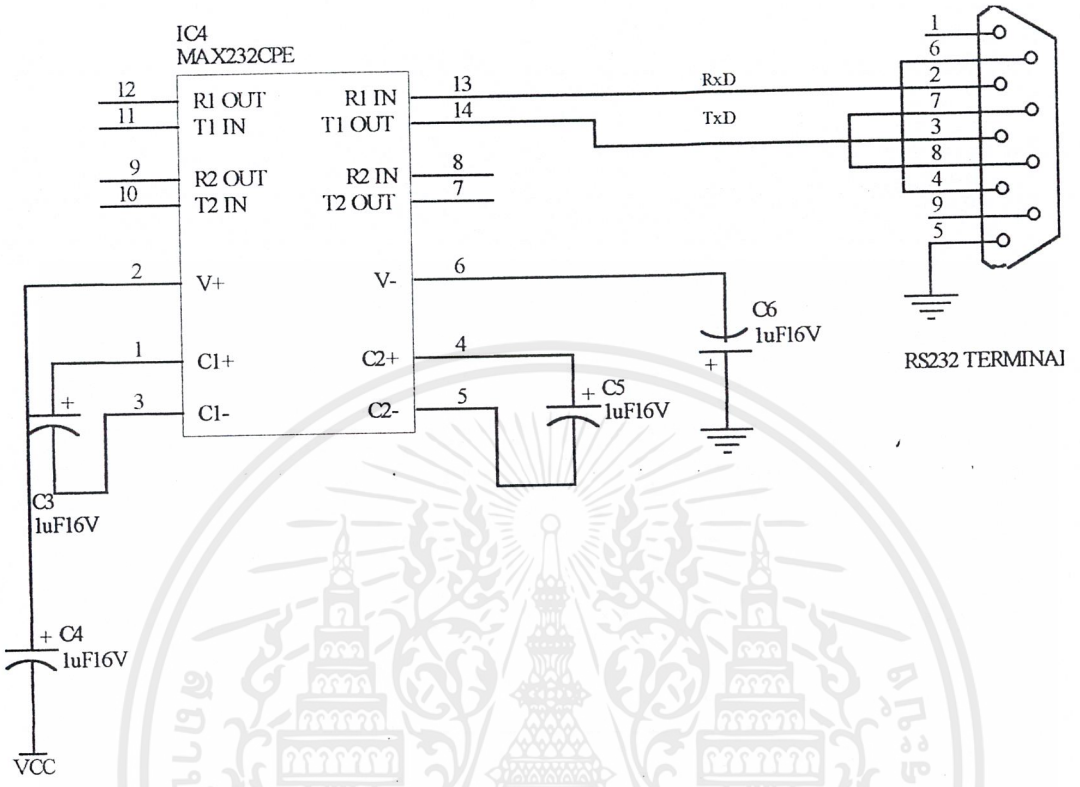
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- Transmitted Data : TD หรือ TxD ขานี้ใช้เพื่อส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลส่งออกไป
- Data Terminal Ready : DTR เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่า ต้องการติดต่อด้วย โดยขา DTR นี้จะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทาง และขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางจะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ ถ้าใช้การเชื่อมต่อเป็นแบบ นัลโมเด็ม ซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน และต้องต่อกับขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาห์
- Signal Ground : GND ขากราวด์ของระบบ
- Data Set Ready : DSR ขานี้จะใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทาง ซึ่งขา DSR นี้จะเป็นขาสำหรับรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขา DTR
- Request To Send : RTS เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบ นัลโมเด็ม 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อจะให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา
- Clear To Send : CTS ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ ข้อมูลที่ขา TxD จะถูกส่งออกไป ดังนั้นขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่
- Ring Indicator : RI ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ ปกติในการสื่อสารโดยทั่วไปสายนี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มและโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น

2.6.3 ระดับแรงดันที่ใช้งานสำหรับพอร์ตอนุกรม อาร์เอสสองสามสอง

มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลของพอร์ตอนุกรม ได้ระบุช่วงระดับแรงดันสำหรับการทำงานของพอร์ตอนุกรมไว้ว่า ที่ลอจิก “0” จะมีระดับสัญญาณ +3 ถึง +15 โวลต์ ส่วนลอจิก “1” จะมีระดับสัญญาณ –3 ถึง –15 โวลต์ ระดับสัญญาณนี้ทำให้ไม่สามารถที่จะนำขาเอาท์พุตใด ๆ ต่อเข้ากับลอจิกเกตเพื่อใช้งานได้โดยตรง จะต้องผ่านวงจรเพื่อเปลี่ยนระดับแรงดันเสียก่อน นั่นก็คือวงจรขับ อุปกรณ์ขับแบบมาตรฐาน อาร์เอสสองสามสอง นั้น ในด้านภาคส่งต้องสามารถเปลี่ยนสัญญาณลอจิกให้เป็นระดับแรงดันตามค่าที่กำหนดไว้ได้ และสำหรับในส่วนของวงจรภาครับเองก็ต้อง สามารถตรวจจับระดับแรงดันที่รับเข้ามาแล้วเปลี่ยนกลับให้เป็นสัญญาณลอจิกได้อย่างถูกต้องด้วยเช่นกัน โดยปกติจะใช้ไอซีจำพวก RS-232 Transceiver ที่นิยมมากคือ MAX232 หรือ ICL232 ไอซีในกลุ่มนี้จะทำหน้าที่แปลงระดับแรงดันทีทีแอล ให้เป็นสัญญาณในระดับแรงดันของ อาร์เอสสองสามสอง และยังทำหน้าที่แปลงสัญญาณในระดับแรงดันของ อาร์เอสสองสามสอง ให้กลับมาอยู่ในระดับทีทีแอล โดยลอจิก “0” ซึ่งเดิมมีระดับสัญญาณ +3 ถึง +15 โวลต์ จะถูกแปลงเป็น 0 โวลต์ ส่วนลอจิก “1” ซึ่งมีระดับสัญญาณ –3 ถึง –15 โวลต์ จะแปลงเป็น +5 โวลต์ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ดิจิตอลอื่นที่ใช้ระดับแรงดันทีทีแอลได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แสดงวงจรขับแบบ อาร์เอสสองสามสอง โดยใช้ MAX232

2.6.4 มาตรฐานพอร์ทอนุกรม RS-485

RS-485 ได้รับการพัฒนามาจาก อาร์เอสสองสามสอง นั่นเอง แต่แทนที่จะใช้สายสัญญาณแยกกันระหว่างการรับส่ง ก็ใช้เป็นสายเพียง 2 เส้น เป็นทั้งรับและส่งในตัวเอง ซึ่งจะเป็นแบบสื่อสารทิศทางเดียว (Half Duplex) คือในการรับหรือส่งข้อมูลนั้นต้องทำแบบผลัดกันรับผลัดกันส่ง ไม่สามารถจะทำหน้าที่พร้อมกันสองอย่างในช่วงเวลาเดียวกันได้การสื่อสารแบบ RS-485 จะมีสิ่งที่เพิ่มขึ้นมาก็คือ ขาสัญญาณควบคุมว่าเป็นสถานะรับหรือส่ง นอกจากนี้ สายสัญญาณ 2 เส้น ยังใช้ระดับแรงดันไฟที่มีการหักล้างกันเอง คือเมื่อส่งค่า 0 สายเส้นหนึ่งจะเป็น +5 โวลต์ ในขณะที่อีกเส้นจะเป็น –5 โวลต์ และเมื่อส่งค่า 1 ระดับไฟจะสลับขั้วตรงกันข้าม จากคุณสมบัตินี้ ทำให้ RS-485 สามารถส่งสัญญาณได้ไกลถึง 1.2 กิโลเมตร และสามารถต่อพ่วงตัวรับส่งได้พร้อม ๆ กันถึง 32 จุด (หรือเรียกว่าโหนด) ซึ่งทำให้เกิดเป็นระบบเน็ตเวิร์คขึ้นมา ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการจัดลำดับการรับส่งข้อมูลที่ดีจึงจะสามารถรับส่งกันได้อย่างมีประสิทธิภาพตามต้องการได้ จึงส่งผลทำให้การรับส่งแบบนี้มีความสลับซับซ้อนมากขึ้นเพราะต้องมีการเขียนโปรแกรมเพื่อคอยกำหนดทิศทางรวมทั้งจัดแบ่งการควบคุมลำดับการสื่อสารภายในสายส่งให้กับอุปกรณ์แต่ละตัวที่ต่ออยู่ ว่าจะให้อุปกรณ์ตัวใดทำหน้าที่เป็นตัวส่งและให้อุปกรณ์ใดทำหน้าที่เป็นตัวรับ ซึ่งจะต้องเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมให้มีการส่งข้อมูลออกมาในสายสัญญาณได้เพียงครั้งละ 1 ตัว เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

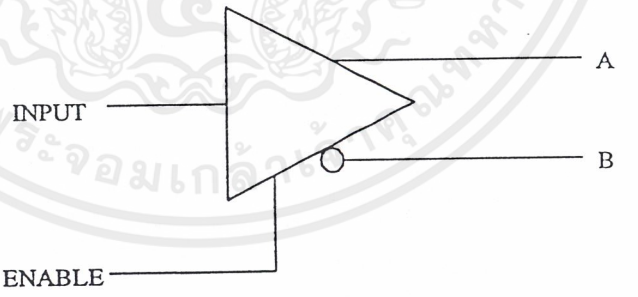
นั้น เพราะถ้าหากมีการส่งข้อมูลออกมาในสายสัญญาณพร้อมกันในเวลาเดียวกันมากกว่า 1 ตัวแล้วละก็ จะทำให้ฝ่ายรับข้อมูลไม่สามารถรับข้อมูลที่ถูกต้องได้และเกิดการผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้นการใช้ระบบ RS-485 นี้จะต้องมีการออกแบบและวางแผนไว้ล่วงหน้าทั้งทางด้านของอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ และโปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการทำงานของระบบ

2.6.5 ระดับแรงดันที่ใช้งานสำหรับพอร์ทอนุกรม RS-485

ไอซีเบอร์ DS75176 เป็นไอซีที่ทำหน้าที่ขับแรงดันไฟฟ้าจากระดับแรงดันของไอซีประเภททีทีแอล หรือ ซีมอส เป็นระดับแรงดันไฟฟ้าตามมาตรฐาน RS-485

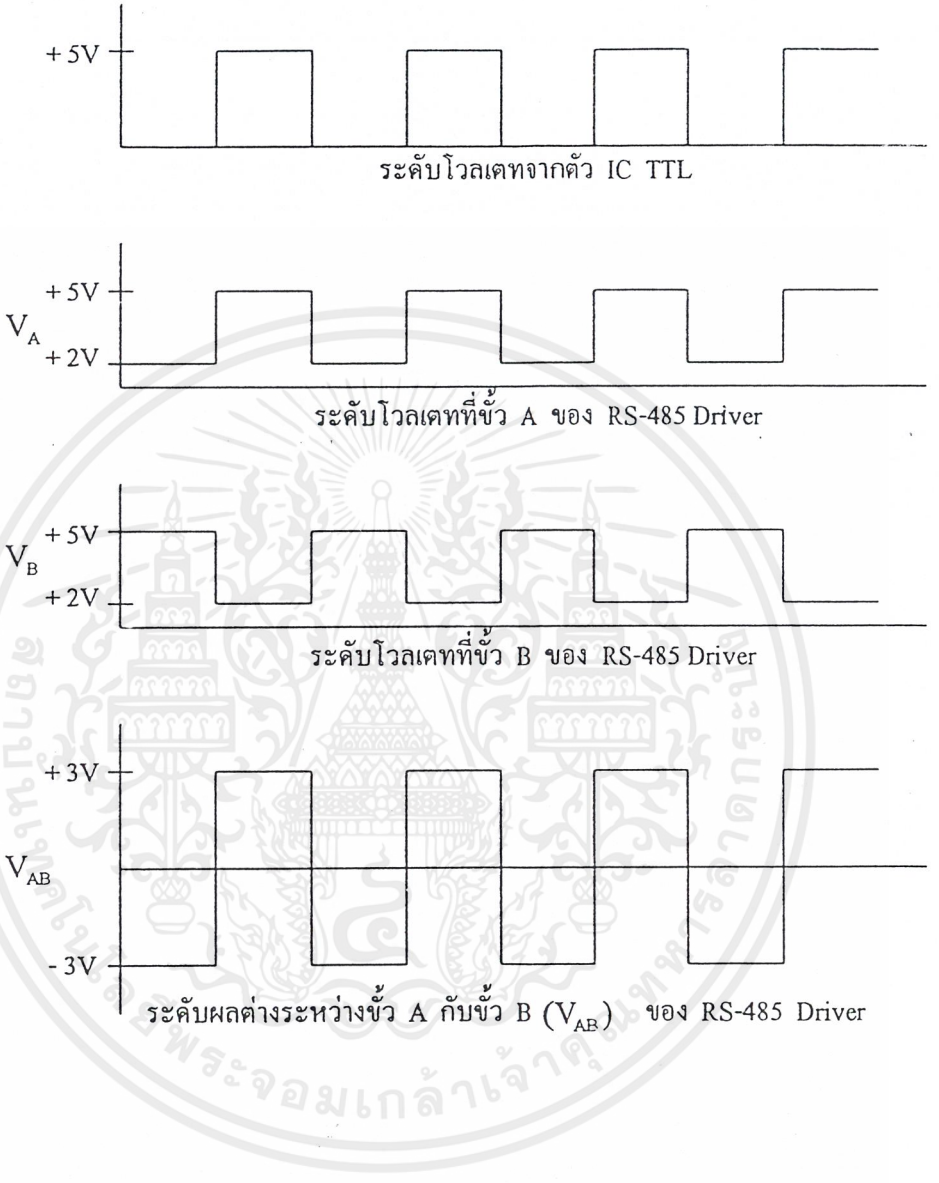
สายสัญญาณที่ใช้กับ RS-485

สำหรับสายสัญญาณที่จะนำมาใช้ในการรับส่งข้อมูลด้วยระบบขับแบบ RS-485 นั้นจะต้องเป็นสายที่ออกแบบมาเพื่อใช้กับงานด้านการสื่อสารโดยเฉพาะ เช่น สายสัญญาณแบบ UTP(Unshield Twist Pair) ซึ่งเป็นสายคู่ตีเกลียวแบบไม่มีชีลด์ ซึ่งเหมาะสมกับการใช้งานภายในอาคารซึ่งไม่มีแหล่งกำเนิดสัญญาณรบกวนแผ่กระจายออกมาในรัศมีที่สายพาดผ่านมากนัก แต่ถ้าเส้นทางที่สายพาดผ่านนั้นมีระดับของสัญญาณรบกวนมากก็ต้องใช้สายแบบที่มีการป้องกันสัญญาณรบกวนไว้ด้วย คือ แบบ STP (Shield Twist Pair) ซึ่งเป็นคู่สายตีเกลียวแบบมีชิลด์นั่นเอง โดยการนำไปต่อใช้งานต้องต่อให้ถูกด้วย เช่น สัญญาณ Tx จะมีอยู่ด้วยกันสองเส้นคือ Tx+ กับ Tx- ซึ่งสัญญาณทั้งสองเส้นนี้ต้องต่อกับสายที่ตีเกลียวอยู่ภายในคู่เดียวกัน จะแยก Tx+ กับ Tx- แยกคู่กันไม่ได้ เพราะจะทำให้เกิดการไม่สมดุลของสัญญาณทั้งคู่ ทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่ายขึ้น



รูปที่ 2.22 แสดงตัวขับ RS-485

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.23 แสดงระดับของโวลเตจของ RS-485

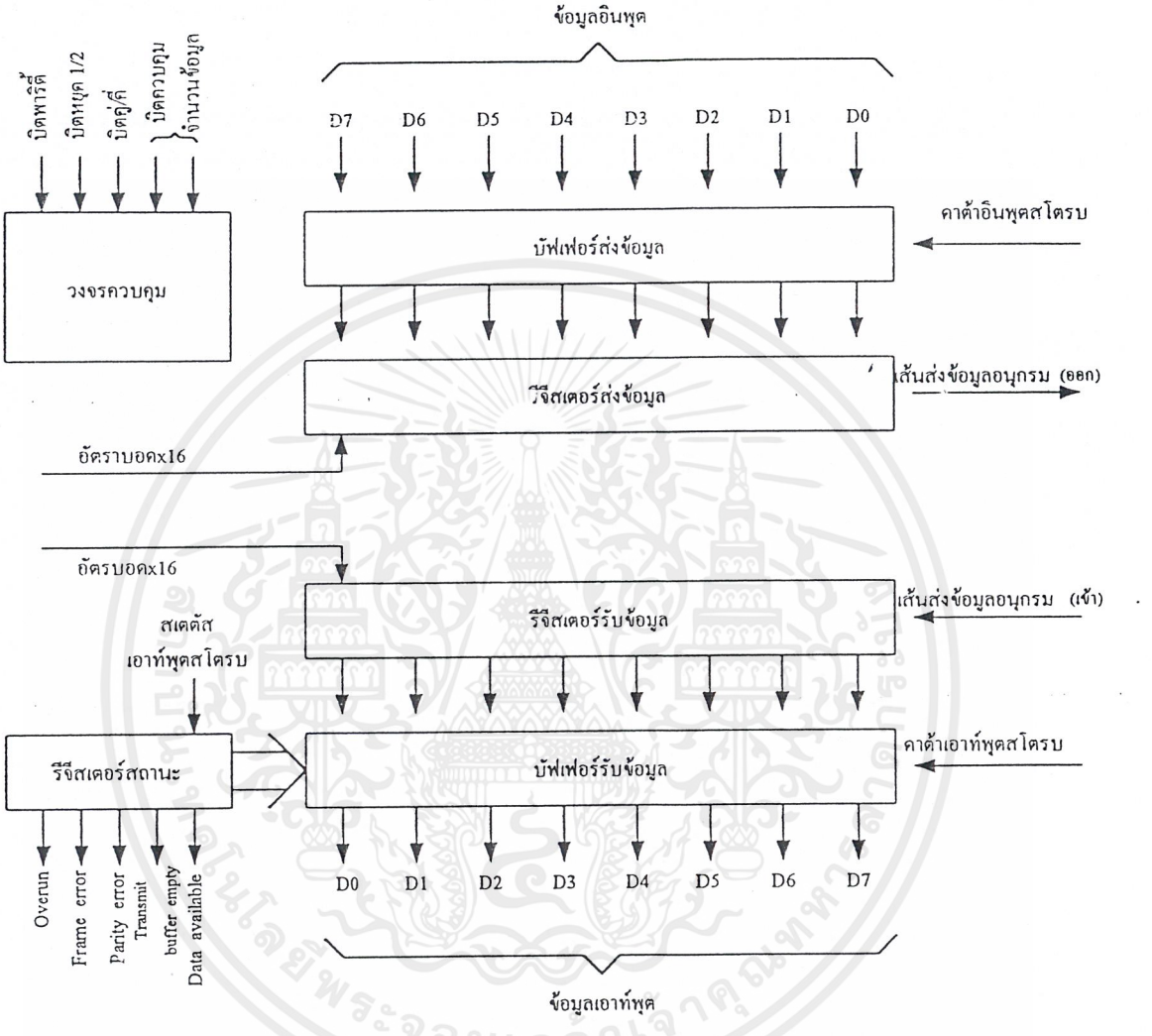
2.7 การสื่อสารอนุกรมยูเออาร์ที (UART : Universal Asynchronous Receiver Transmitter)

ยูเออาร์ทีเป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส สำหรับการสื่อสารอนุกรมบนคอมพิวเตอร์แล้ว ยูเออาร์ที ถือว่าเป็นหัวใจสำคัญของการสื่อสารอนุกรม

หน้าที่หลักของ ยูเออาร์ที คือทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบขนานจากคอมพิวเตอร์ให้อยู่ในรูปแบบอนุกรมแบบอะซิงโครนัส แล้วส่งออกไป และทำหน้าที่แปลงสัญญาณอนุกรมแบบอะซิงโครนัสที่ป้อนเข้ามายัง ยูเออาร์ที ให้เป็นแบบขนานก่อนที่จะส่งเข้าสู่คอมพิวเตอร์ ซึ่งนอกจากยูเออาร์ทีจะส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์แล้ว ยังแจ้งข้อมูลอื่น ๆ ให้คอมพิวเตอร์รับทราบด้วย เช่น อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล (บอดเรต), รูปแบบการส่งข้อมูล, ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล (ผิดพลาดจากพาริตี้, เฟรมข้อมูล, โอเวอร์รัน) เป็นต้น



รูปที่ 2.24 บล็อกไดอะแกรมของยูเออาร์ที

ในการส่งข้อมูล 8 บิตแบบอนุกรมนี้จะต้องมีบิตเริ่มต้นและบิตหยุดเพิ่มขึ้นมา ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่ถูกส่งไปจริง ๆ มีขนาด 10 บิต โดยบิตเริ่มต้นจะมีค่าเป็น "0" เสมอ เพื่อจะบอกยูเออาร์ทีที่รับข้อมูลให้รู้ว่ามีข้อมูลกำลังเข้ามา และบิตหยุดมีค่าเป็น "1" เสมอ เพื่อจะบอกยูเออาร์ทีที่รับข้อมูลให้รู้ว่าการส่งข้อมูลได้เสร็จสิ้นลงแล้ว

ส่วนที่มีหน้าที่ส่งข้อมูลของยูเออาร์ทีแยกออกได้เป็น 2 ส่วน คือ บัฟเฟอร์ส่งข้อมูล (Transmitted data output buffer) กับรีจิสเตอร์ส่งข้อมูล (Transmited register) โดยรีจิสเตอร์ส่งข้อมูลจะมีหน้าที่เลื่อนข้อมูลส่งออกไปยังเส้นส่งข้อมูลอนุกรม โดยเริ่มจากบิตเริ่มต้น ถัดมาเป็นบิตข้อมูล และตามด้วยบิตหยุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลขนาด 8 บิต ที่จะส่งจะถูกนำไปเก็บไว้ในบัฟเฟอร์ส่งข้อมูลเมื่อสัญญาณควบคุมคาต้าอินพุทสโตรบ (data input stobe) เปลี่ยนค่าจาก 1 เป็น 0 และการส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะเริ่มขึ้นเมื่อสัญญาณควบคุมนี้เปลี่ยนค่าจาก 0 เป็น 1

ส่วนที่ทำหน้าที่รับข้อมูลของยูเออาร์ที จะเหมือนเป็นภาพสะท้อนของส่วนที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูล ข้อมูลที่เข้ามาทางเส้นรับข้อมูลอนุกรม จะถูกเลื่อนเข้าไปเก็บในรีจิสเตอร์รับข้อมูล โดยการเลื่อนค่า 10 หรือ 11 ครั้ง ขั้นตอนดังกล่าวจะเริ่มเมื่อมีบิตเริ่มต้นเข้า และทันทีที่ข้อมูลทั้งหมดถูกเลื่อนเข้าไปเก็บในรีจิสเตอร์รับข้อมูลแล้ว ข้อมูลในรีจิสเตอร์นี้จะถูกนำไปเก็บในบัฟเฟอร์รับข้อมูลเมื่อมีสัญญาณควบคุมคาต้าเอาท์พุทสโตรบ

ภายในยูเออาร์ที จะมีส่วนของวงจรสร้างบอดเรตแบบโปรแกรมได้ (Programmable buadrate generator) โดยการกำหนดค่าตัวหารให้กับสัญญาณนาฬิกาของยูเออาร์ที โดยตัวหารนี้มีขนาด 16 บิต ดังนั้นจึงสามารถกำหนดตัวหารอยู่ในช่วง 1- 65,535 ยูเออาร์ทีสามารถรับส่งข้อมูลได้ทั้งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ (Half duplex) และ ฟูลดูเพล็กซ์ (Full duplex) โดยการส่งแบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์เป็นการส่งแบบทิศทางเดียว ส่วนการส่งแบบฟูลดูเพล็กซ์นั้นสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในคราวเดียวกัน

ชนิดของยูเออาร์ที

ในเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไปมียูเออาร์ทีที่ใช้งานกันอยู่ 2 เบอร์คือ 8250 ซึ่งเป็นยูเออาร์ทีมาตรฐานที่มีใช้กันมายาวนาน ยูเออาร์ทีเบอร์นี้จะมีบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลตำแหน่งเดียวกัน ทำให้การรับและส่งข้อมูลถูกจำกัดความเร็วอยู่ที่ 57.6 กิโลบิตต่อวินาทีเท่านั้น แต่ยูเออาร์ทีเบอร์นี้ถือว่าเป็นต้นแบบของยูเออาร์ทีที่ใช้ในคอมพิวเตอร์ โดยคอมพิวเตอร์ทุกๆ รุ่นจะต้องสนับสนุนการทำงานตามรูปแบบของยูเออาร์ทีเบอร์นี้

ยูเออาร์ทีอีกเบอร์หนึ่งคือ 16450 มีความสามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 115,200 บิตต่อวินาที และเพิ่มรีจิสเตอร์สำหรับพักข้อมูลสำหรับยูเออาร์ที นอกจากนั้นยังเพิ่มส่วนของชิฟต์รีจิสเตอร์แบบเอฟไอเอฟโอ (First In First Out) ขนาด 16 ไบต์เข้าไป ทำให้สามารถสนับสนุนความเร็วในการรับส่งข้อมูลที่ 256 กิโลบิตต่อวินาทีได้ โดยคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันใช้ยูเออาร์ที เบอร์นี้หรือใหม่กว่า เช่น เบอร์ TL16C750 ซึ่งมีรีจิสเตอร์แบบเอฟไอเอฟโอ ขนาด 64 ไบต์ ทำงานได้ที่ระดับแรงดัน +5 โวลต์ และ +3 โวลต์ มีโหมดประหยัดพลังงาน สามารถรับส่งข้อมูลได้ที่ความเร็ว 1 เมกะบิตต่อวินาที เมื่อใช้สัญญาณนาฬิกา 16 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการสร้าง

การออกแบบระบบเก็บข้อมูลแบบไร้สายโดยใช้อินฟราเรดนี้ ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 3 ส่วน ด้วยกันคือ ส่วนรีโมตทำหน้าที่รับข้อมูลโดยการกดคีย์บอร์ดแล้วส่งข้อมูลผ่านอินฟราเรดไปยังส่วนที่ 2 คือ ส่วนตัวลูก ซึ่งตัวลูกแต่ละตัวจะเชื่อมต่อกันเป็นเน็ตเวิร์คโดยใช้พอร์ตอนุกรม RS-485 และเชื่อมต่อกับส่วนที่ 3 คือ ตัวแม่โดยใช้พอร์ตอนุกรม RS-485 เช่นเดียวกัน ตัวลูกทั้งหลายนี้จะทำหน้าที่รอรับข้อมูลจากรีโมตแล้วแปลงสัญญาณแสงอินฟราเรดเป็นสัญญาณไฟฟ้า ตัวแม่จะรับข้อมูลมาจากตัวลูกได้โดยส่งสัญญาณร้องขออินเตอร์รัปต์มายังตัวลูกแต่ละตัว โดยตัวแม่นั้นจะเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางพอร์ตอนุกรม RS-232 เพื่อให้คอมพิวเตอร์ดึงข้อมูลจากตัวแม่นำมาประมวลผลแล้วแสดงผลบนหน้าจอมอนิเตอร์เป็นรูปแบบที่เข้าใจง่าย ซึ่งในโครงงานนี้ได้ประยุกต์ระบบเก็บข้อมูลแบบไร้สายโดยใช้อินฟราเรดให้ใช้งานได้จริง โดยจำลองสถานการณ์ภายในร้านอาหารที่มีลักษณะเป็นสวนอาหารที่มีซุ้มหลายๆ ซุ้ม ซึ่งไกลจากห้องครัว โดยพนักงานบริกรจะมีรีโมตสั่งอาหารประจำตัว คอยรับออเดอร์จากลูกค้าและส่งข้อมูลผ่านอินฟราเรดโดยใช้รีโมตยิงไปที่ตัวรับ (ตัวลูก) ที่ติดอยู่บนเพดานของซุ้ม ตัวลูกของทุกซุ้มจะส่งข้อมูลไปให้ตัวแม่โดยผ่านพอร์ทอนุกรม RS-485 ส่วนตัวแม่นั้นจะรับข้อมูลจากตัวลูกแล้วส่งไปยังห้องครัวโดยผ่านพอร์ทอนุกรม RS-232 ภายในห้องครัว พ่อครัวจะดูข้อมูลเลขที่โต๊ะ รายการอาหาร และจำนวนที่สั่งได้จากหน้าจอคอมพิวเตอร์

3.1 ส่วนวงจรรีโมต

3.1.1 ส่วนประมวลผล

ส่วนนี้ใช้ซีพียูเบอร์ 89S8252 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 และทำการขยายการใช้งานโดยเชื่อมต่อเข้ากับชิพ 8255 ดังแสดงในรูปที่ 3.1

3.1.2 ส่วนแสดงผล

ส่วนแสดงผลได้ออกแบบไว้สำหรับแสดงผลการทำงานหลังจากรับคำสั่งจากผู้ใช้ สำหรับในโครงงานนี้จะเลือกใช้การแสดงผลโดยใช้ จอแอลซีดี (LCD) ขนาด 1 แถว 16 คอลัมน์ ต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.1

การต่อแอลซีดีเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

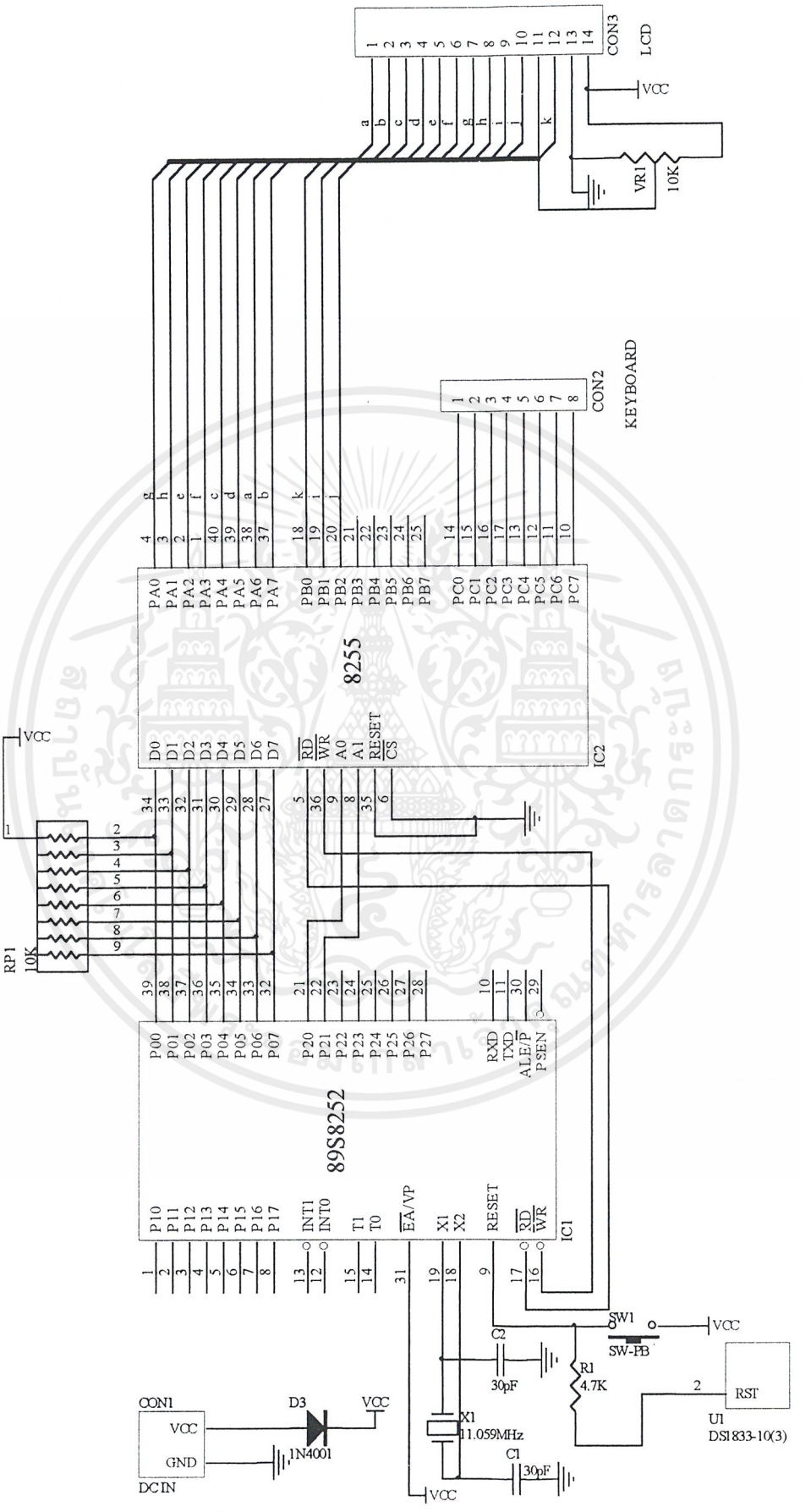
แอลซีดีโมดูล จะต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ 2 ลักษณะ คือแบบ เมโมรีแมป โดยผ่านแอลซีดีบัสขนาด 20 ขา และแบบไอโอพอร์ท โดยผ่าน 8255 บัส ขนาด 26 ขา ซึ่งทั้งสองแบบนี้จะมีข้อดีและข้อด้อยแตกต่างกันไป ซึ่งในโครงงานนี้ใช้การต่อแบบ ไอโอพอร์ท ซึ่งมีลักษณะดังนี้

1. สามารถต่อเข้ากับ ไอโอพอร์ทใดๆ ก็ได้ โดยใช้สายสัญญาณจำนวน 11 เส้น และใช้โปรแกรมเป็นตัวสร้างสัญญาณขึ้นมาให้ตรงกับข้อกำหนดของแอลซีดีโมดูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผู้ใช้จะเขียนข้อมูลให้แอลซีดีโมดูลได้อย่างเดียว ซึ่งผู้ใช้ควรจะกำหนดเมโมรีส่วนหนึ่งให้เป็นเสมือนบัฟเฟอร์ให้กับแอลซีดีโมดูลอีกที
3. เนื่องจากไม่สามารถอ่านข้อมูลกลับได้ จึงต้องใช้การหน่วงเวลาของระบบไมโครเอง เพื่อรอให้ แอลซีดีโมดูล กระทำขบวนการต่างๆ
4. ใช้ได้กับบอร์ดทั่วๆ ไปที่มีพอร์ท
5. ไม่เปลืองส่วนของเมโมรีในการใช้งาน
6. การจัดขาสัญญาณกระทำได้อย่างอิสระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

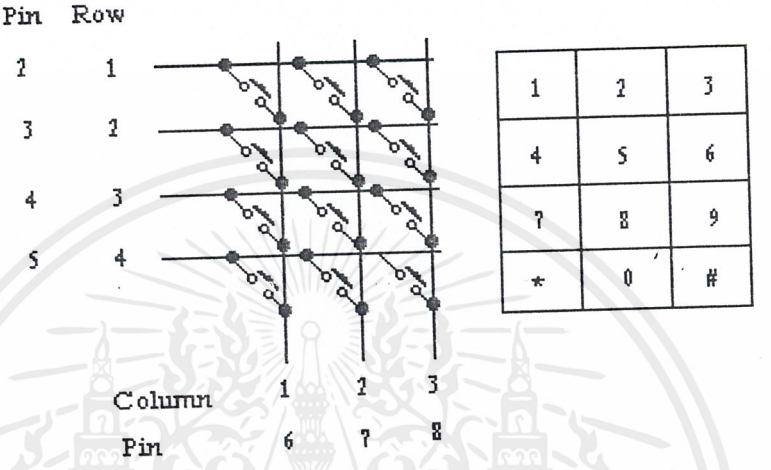


รูปที่ 3.1 แสดงการเชื่อมต่อส่วนแสดงผล และ ส่วนคีย์บอร์ด เข้ากับส่วนประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ส่วนคีย์บอร์ด

คีย์บอร์ดจัดว่าเป็นอุปกรณ์อินพุทพื้นฐานสำหรับทุกระบบ ทั้งนี้เนื่องจากมนุษย์สามารถเข้าใจและใช้งานได้ง่ายที่สุด คีย์บอร์ดที่ใช้ในโครงงานนี้ เป็นคีย์บอร์ดแบบ เมตริกซ์ มีโครงสร้างดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แสดงโครงสร้างของคีย์บอร์ด

ซึ่งเราจะทำการต่อคีย์บอร์ดทั้ง 7 PINS เข้ากับ PORT C โดยต่อ PIN 2 – 5 เข้ากับ PORT C.0 – C.3 ตามลำดับและให้เป็นอินพุทพอร์ท และต่อ PIN 6 – 8 เข้ากับ PORT C.4 – C.6 ตามลำดับและให้เป็นเอาท์พุทพอร์ท ดังแสดงในรูปที่ 3.1

การสแกนคีย์บอร์ดจะทำได้โดยสแกนทีละคอลัมน์ก่อน โดยส่งลอจิก 0 ออกไป แล้วสแกนว่าแถวใดเป็น 0 ทำให้สามารถทราบได้ว่าทำการกดปุ่มใด

การสั่งอาหารทางคีย์บอร์ด

ผู้ใช้สามารถสั่งอาหารผ่านทางคีย์บอร์ดได้ โดยเลือกจากสวิทซ์ 12 ปุ่ม ตามรูป ซึ่งจะมีวิธีใช้ดังนี้

ปุ่ม	คำสั่ง
0-9	ปุ่มหมายเลข
*	ปุ่มยกเลิก(DELETE)
#	ปุ่มตกลง(ENTER)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเริ่มใช้งานรีโมต บนหน้าจอแอลซีดีจะแสดงดังนี้

@ ORDER REMOTE @

TABLE NO.

เมื่อหน้าจอแอลซีดีปรากฏคำว่า TABLE NO. เคอร์เซอร์จะกระพริบรอรับค่า ให้ใส่หมายเลขของโต๊ะลงไป ในที่นี้เป็นหมายเลขได้ตั้งแต่ 1-255 (8บิต) แล้วกด ENTER จะมีข้อความปรากฏที่หน้าจอดังนี้

MENU NO.

เมื่อหน้าจอแอลซีดีปรากฏคำว่า MENU NO. เคอร์เซอร์จะกระพริบรอรับค่า ให้ใส่หมายเลขของเมนูอาหารลงไป ตั้งแต่ 1-255 เช่นเดียวกัน แล้วกด ENTER จะมีข้อความปรากฏที่หน้าจอดังนี้

AMOUT NO.

เมื่อหน้าจอแอลซีดีปรากฏคำว่า AMOUNT NO. เคอร์เซอร์จะกระพริบรอรับค่า ให้ใส่หมายเลขของจำนวนอาหารที่ต้องการลงไป ตั้งแต่ 1-255 เช่นเดียวกัน แต่ก่อนกด ENTER ให้เล็งรีโมตไปที่ตัวรับ (ตัวลูก) ระหว่างส่งข้อมูล จะมีข้อความปรากฏที่หน้าจอแอลซีดีดังนี้

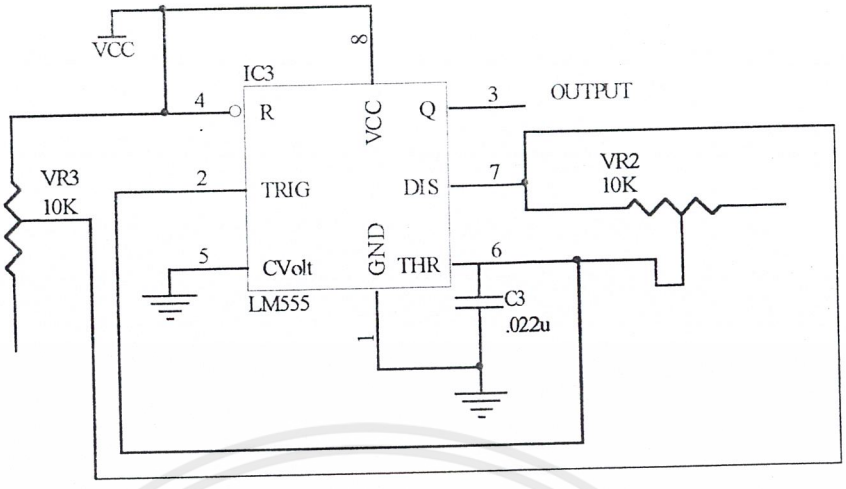
OK

ระหว่างที่หน้าจอแอลซีดีปรากฏคำว่า OK ระหว่างนี้ ให้รออยู่ก่อนจนกระทั่งหน้าจอแอลซีดีขึ้นคำว่า TABLE NO. ใหม่ แล้วค่อยป้อนค่าใหม่ลงไป

3.1.4 ส่วนวงจรออสซิลเลเตอร์

ส่วนวงจรออสซิลเลเตอร์ เราจะใช้ไอซีเบอร์ LM555 ผลิตสัญญาณความถี่ 33 กิโลเฮิรตซ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.3 ทั้งนี้ก็เพราะในโมดูลโฟโต้ทรานซิสเตอร์ตัวรับมีส่วนวงจรที่จะกำจัดความถี่ 33 กิโลเฮิรตซ์ ทิ้งไป เพราะฉะนั้นก่อนที่เราจะส่งสัญญาณผ่านแสงอินฟราเรดเราจึงต้องผสมสัญญาณความถี่ 33 กิโลเฮิรตซ์ นี้เข้าไปด้วย

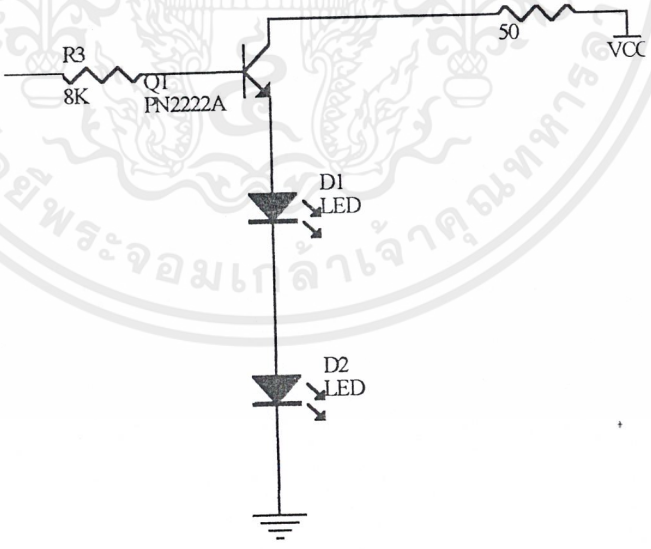
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 ส่วนวงจรออสซิลเลเตอร์

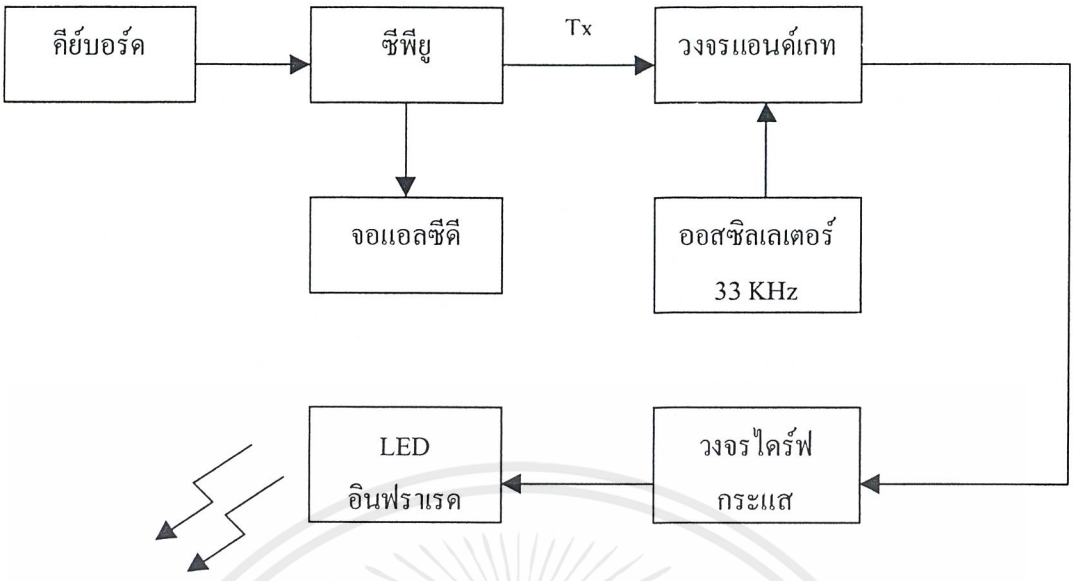
3.1.5 ส่วนวงจรไดร์ฟกระแส

วงจรไดร์ฟกระแสนี้มีเพื่อกระตุ้นให้ แอลอีดีอินฟราเรดปล่อยแสง เราจะทำการต่อวงจรไดร์ฟกระแสเข้ากับ แอลอีดีอินฟราเรดดังรูปที่ 3.4



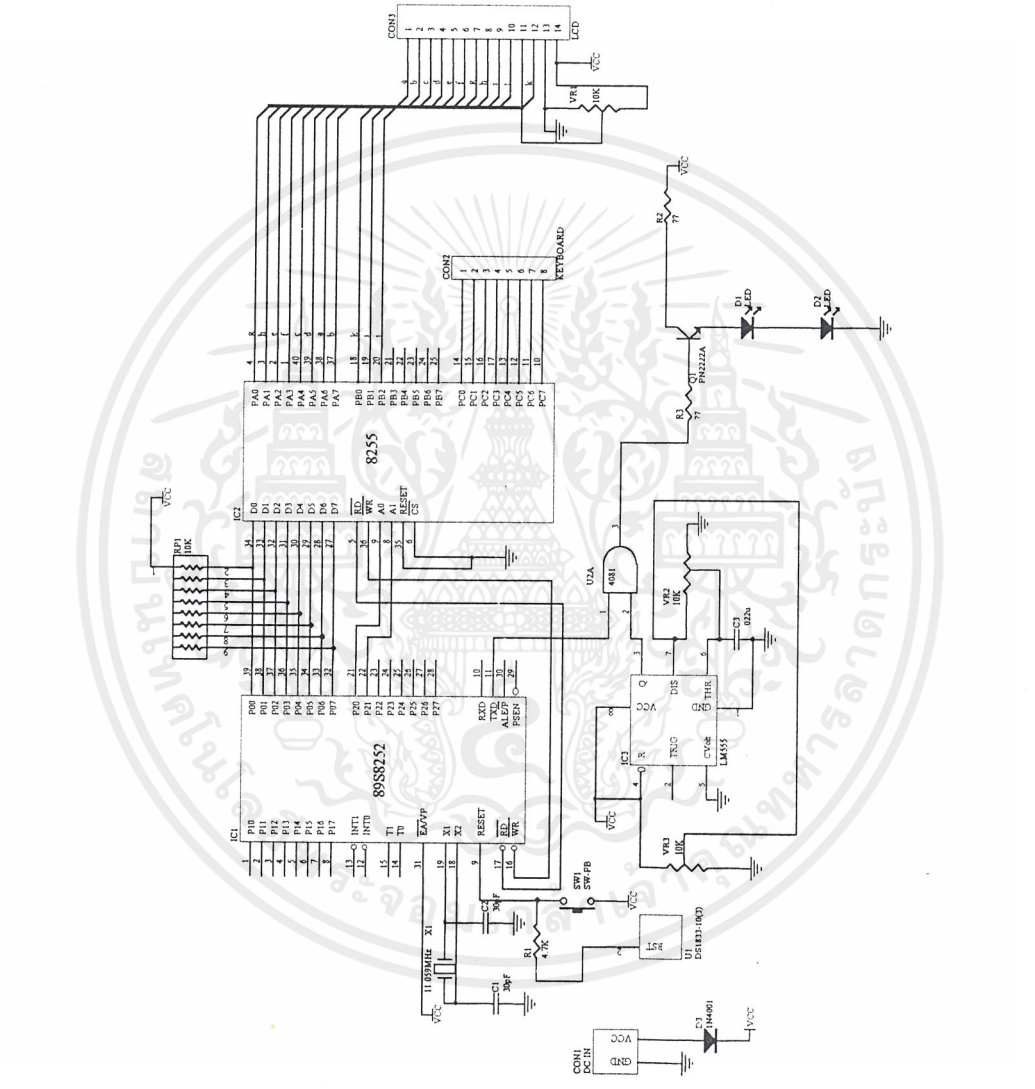
รูปที่ 3.4 การต่อวงจรไดร์ฟกระแสเข้ากับ แอลอีดี อินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนรีโมต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงรูปวงจรส่วนรีโมตทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนวงจรตัวลูก

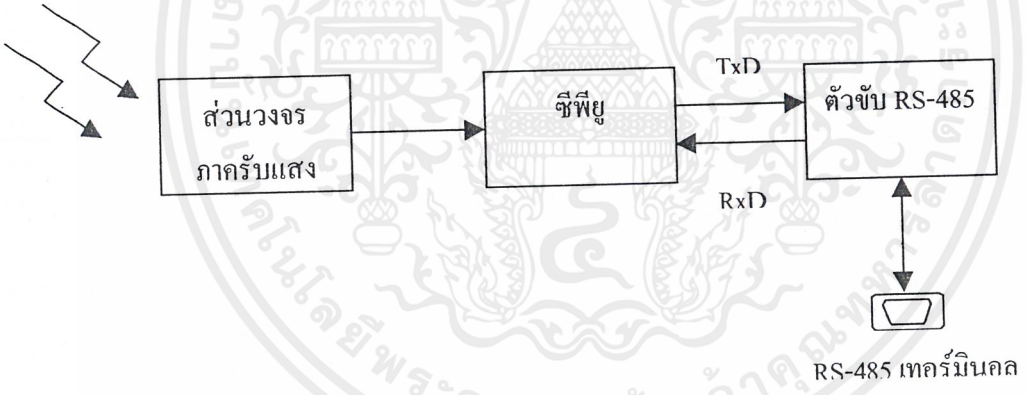
3.2.1 ส่วนวงจรภาครับแสง

วงจรภาครับแสงเราจะใช้โมดูลโฟโต้ทรานซิสเตอร์ตัวรับ ซึ่งภายในประกอบด้วย วงจรแบนด์รีเจคท์ฟิลเตอร์เพื่อกรองไม่ให้ความถี่ 33 กิโลเฮิรตซ์ ผ่านไปได้ โดยต่อขาสัญญาณเอาท์พุทของโมดูลเข้ากับ PORT1.0

3.2.2 ส่วนประมวลผล

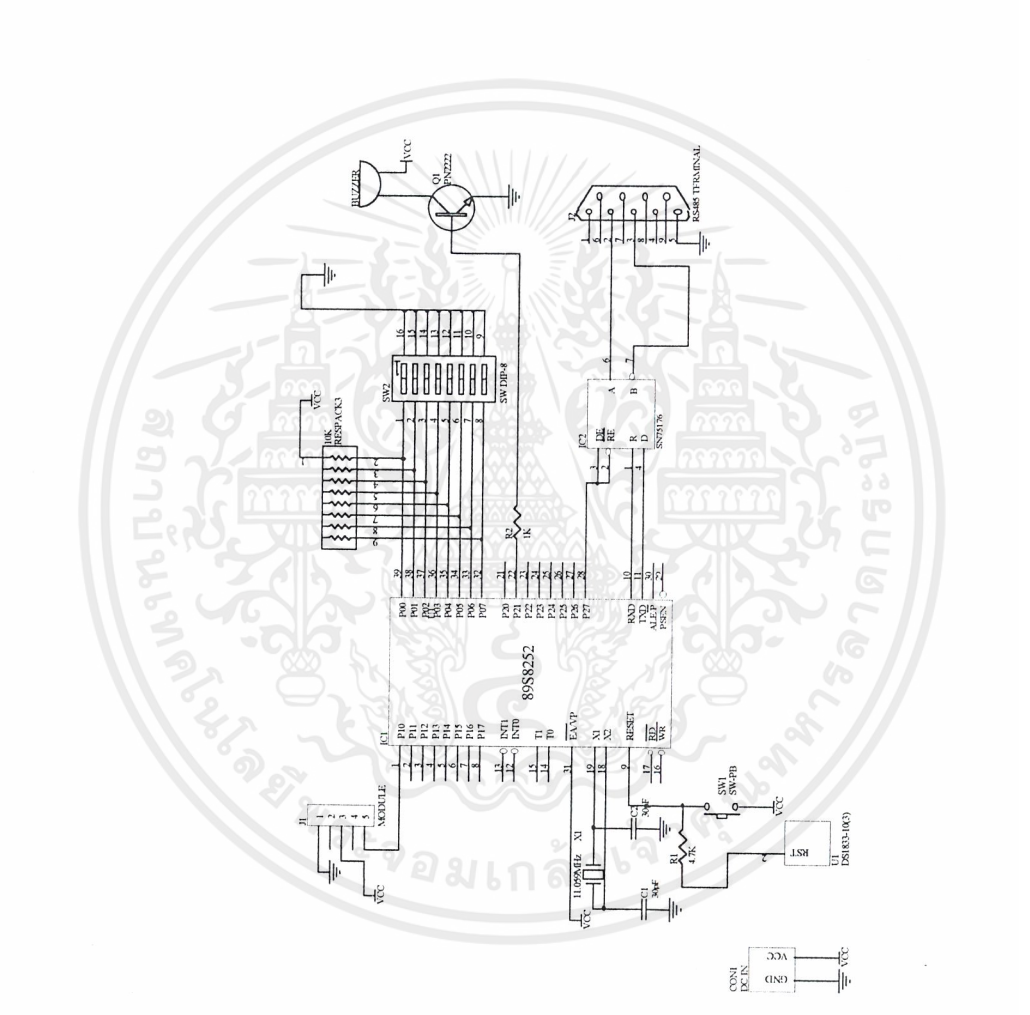
ส่วนนี้ใช้ซีพียูเบอร์ 89S8252 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ในส่วนที่รับข้อมูลที่ออกมาจากเอาท์พุทของโมดูลโฟโต้ทรานซิสเตอร์นั้น จะเขียนโปรแกรมให้ตัวซีพียู วนลูปรอรับข้อมูลอยู่ตลอดเวลา เมื่อรับข้อมูลเข้ามาก็จะมาเก็บไว้ใน RAM ภายใน รอเวลาที่ตัวแม่จะร้องขออินเตอร์รัปต์มา แล้วจึงส่งข้อมูลให้ตัวแม่โดยผ่านพอร์ทอนุกรม RS-485 ซึ่ง RS-485 จะใช้ชิพเบอร์ SN75176 เป็นวงจรขับ ซึ่ง SN75176 สามารถต่อเข้ากับขา RXD และ TXD ของ ตัวซีพียูได้เลย และใช้ PORT2.7 เป็นพอร์ทควบคุมการสื่อสาร โดยถ้าเป็น 0 จะเป็นสถานะรับข้อมูล และถ้าเป็น 1 จะเป็นการส่งข้อมูล

การกำหนดแอดเดรสให้ตัวลูกแต่ละตัวนั้น จะใช้ดิพสวิทช์ 16 ขา โดยขาที่ 1-8 ต่อเข้ากับพอร์ท 0 ขาที่ 9-16 ต่อลงกราวด์



รูปที่ 3.7 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนตัวลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



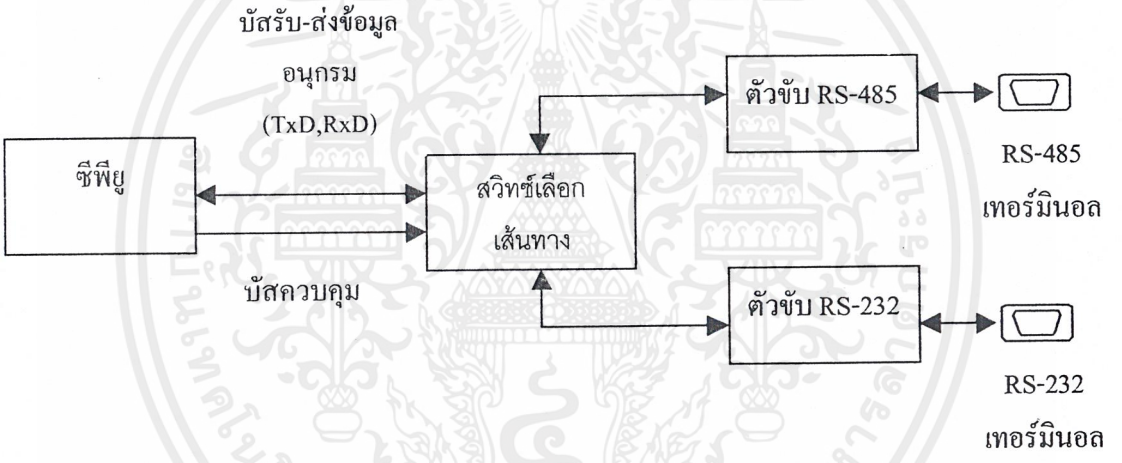
รูปที่ 3.8 แสดงรูปวงจรตัวลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ส่วนวงจรตัวแม่

วงจรตัวแม่ ทำหน้าที่ 2 อย่างคือ รับข้อมูลจากตัวลูก และ ส่งข้อมูลเข้าคอมพิวเตอร์ จึงประกอบด้วยวงจร 2 ส่วนคือส่วนที่ทำหน้าที่ติดต่อกับตัวลูก และ ส่วนที่ทำหน้าที่ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ วงจรตัวแม่จะรับข้อมูลมาจากตัวลูกได้โดย ส่งสัญญาณร้องขออินเตอร์รัปต์ไปยังตัวลูกแต่ละตัว แล้วนำข้อมูลที่ได้จากตัวลูกส่งออกทางพอร์ทอนุกรม อาร์เอสสองสามสอง ไปยังคอมพิวเตอร์ ซึ่งในส่วนของคอมพิวเตอร์ ใช้โปรแกรม Visual Basic เขียนโปรแกรมรอรับข้อมูลจากพอร์ทอนุกรมมาแปลงเป็นข้อมูลในรูปแบบที่เข้าใจง่ายแล้วแสดงบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ดังนั้นในวงจรตัวแม่จึงประกอบด้วย

- ซีพียูเบอร์ 89S8252 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51
- ไอซีเบอร์ 74LS244 ทำหน้าที่ในการสวิทซ์เลือกใช้พอร์ทอนุกรม อาร์เอสสองสามสอง หรือ อาร์เอสสี่แปดห้า
- ไอซีเบอร์ DS75176 ทำหน้าที่ขับระดับสัญญาณ อาร์เอสสี่แปดห้า
- ไอซีเบอร์ MAX232 ทำหน้าที่ขับระดับสัญญาณ อาร์เอสสองสามสอง

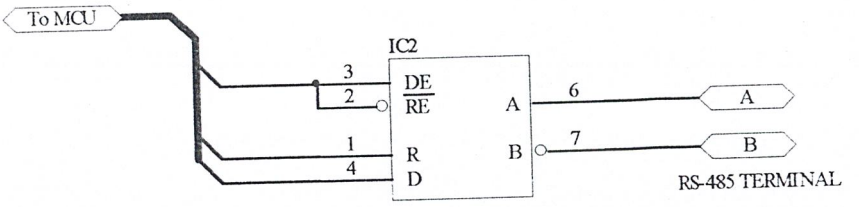


รูปที่ 3.9 แสดงบล็อกไดอะแกรมส่วนตัวแม่

จากบล็อกไดอะแกรม บัสควบคุมจะทำหน้าที่ในการเลือกที่จะติดต่อกับ ตัวลูก หรือ คอมพิวเตอร์ โดยส่งสัญญาณเลือกไปยังสวิทซ์เลือกเส้นทาง โดยการเลือกที่จะติดต่อกับตัวลูกก็จะควบคุมข้อมูลให้ข้อมูลไปในเส้นทางที่ต่อกับพอร์ทอนุกรม อาร์เอสสี่แปดห้า แต่ถ้าต้องการที่จะติดต่อกับคอมพิวเตอร์ก็จะควบคุมให้ข้อมูลไปในเส้นทางที่ต่อกับพอร์ทอนุกรม อาร์เอสสองสามสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

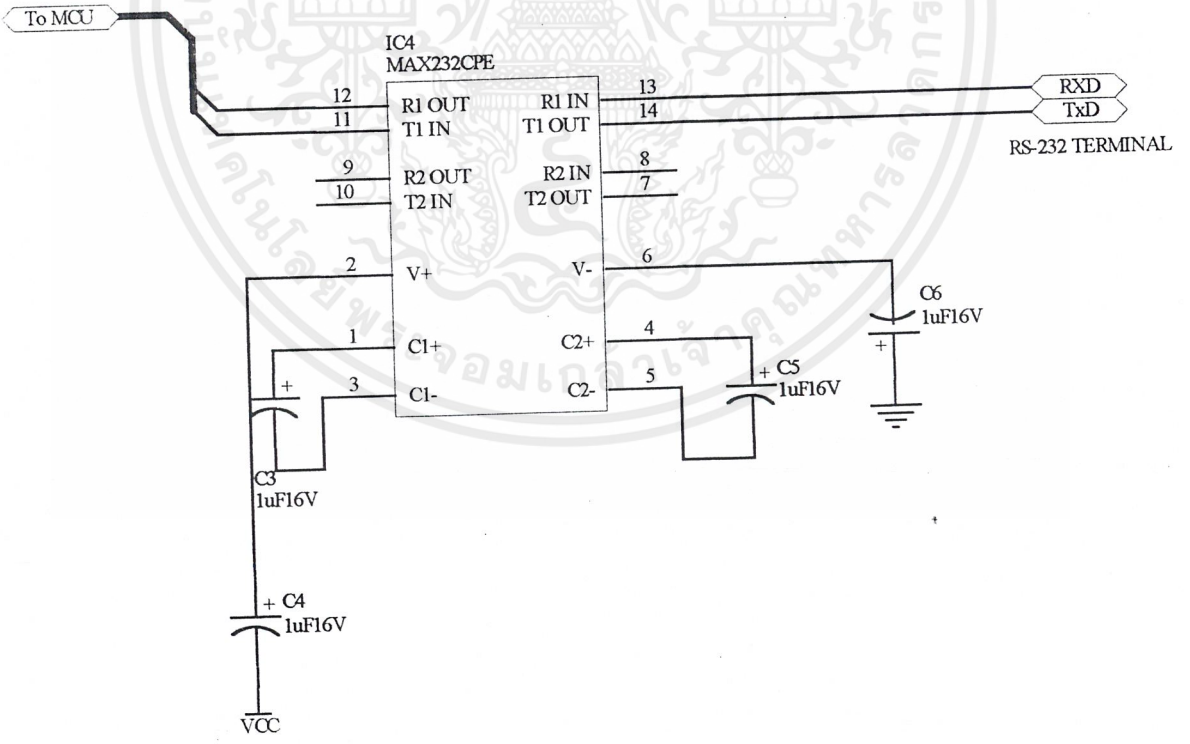
3.3.1 ส่วนของวงจรขับสัญญาณแบบ อาร์เอสสี่แปดห้า



รูปที่ 3.10 แสดงส่วนของวงจรขับสัญญาณแบบ อาร์เอสสี่แปดห้า

จากรูปที่ 3.10 เป็นวงจรขับสัญญาณแบบ อาร์เอสสี่แปดห้า ที่ออกแบบขึ้นโดยใช้ไอซีสำเร็จรูป เบอร์ SN75176 ซึ่งเป็นไอซีที่ใช้สำหรับการเปลี่ยนลอจิก “1” และ “0” ของไอซีประเภททีทีแอล ให้เป็นระดับแรงดันไฟฟ้าตามมาตรฐาน อาร์เอสสี่แปดห้า โดยเฉพาะ ซึ่งการทำงานในส่วนนี้เมื่อต้องการที่จะส่งข้อมูลจะต้องให้ ขา 2 และ ขา 3 เป็นลอจิก “0” ส่วนในการรับข้อมูลจะต้องให้เป็นลอจิก “1”

3.3.2 ส่วนของวงจรขับสัญญาณแบบ อาร์เอสสองสามสอง



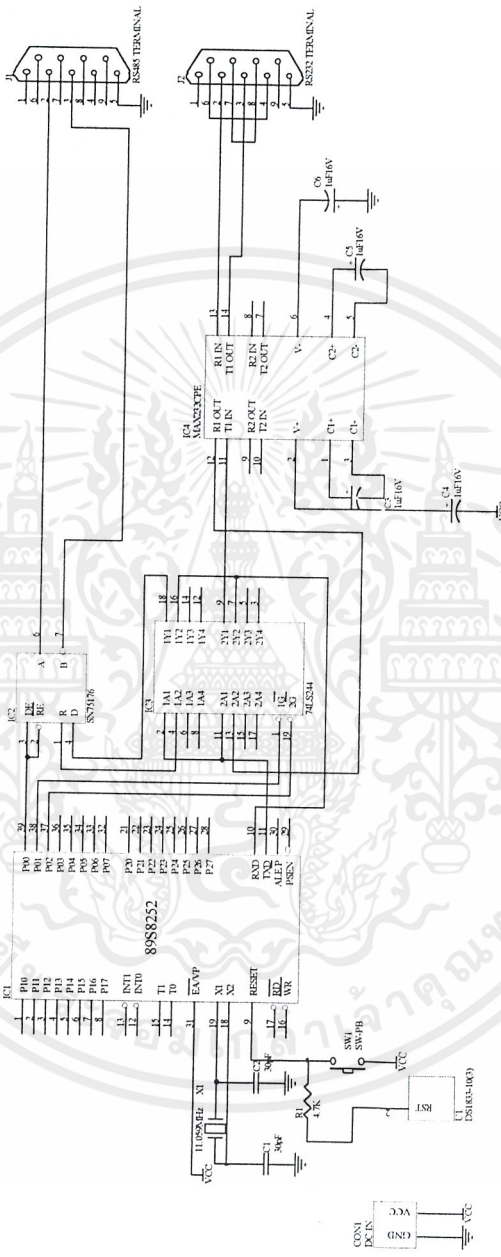
รูปที่ 3.11 แสดงส่วนของวงจรขับสัญญาณแบบ อาร์เอสสองสามสอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.11 เป็นส่วนของวงจรขับสัญญาณแบบ อาร์เอสสองสามสอง ที่ออกแบบขึ้นโดยใช้ไอซีเบอร์ MAX232 ซึ่งเป็นไอซีสำเร็จรูปเพราะใช้แหล่งจ่ายไฟ +5 โวลต์ เพียงแหล่งเดียวก็สามารถขับสัญญาณแบบลอจิก “1” และ “0” ของตัวไอซีประเภททีทีแอล ที่มีระดับแรงดัน +5 โวลต์และ 0 โวลต์ ตามลำดับเป็นระดับแรงดันประมาณ –9 โวลต์สำหรับลอจิก “1” และ +9 โวลต์สำหรับลอจิก “0”

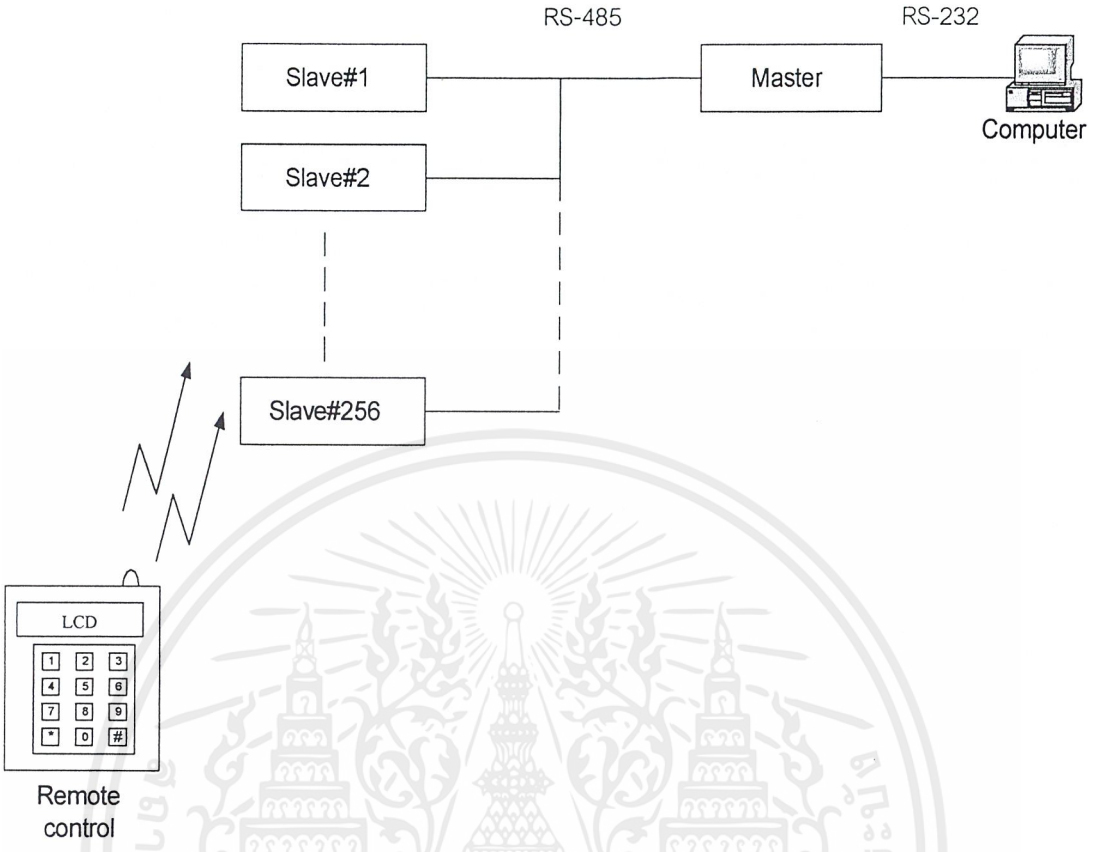
ในส่วนของการเชื่อมต่อเข้ากับขั้วต่อแบบ DB9 จะใช้ขา 13 (R1IN) ของไอซีต่อกับขา 2 (TxD) ของ DB9 ขา 14 (T1OUT) ของไอซีต่อกับขา 3 (RxD) ของ DB9 ขา 8 (R2IN) ของไอซีต่อกับขา 7 (RTS) ของ DB9 และขา 7 (T2OUT) ต่อกับขา 8 (CTS) ของ DB9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



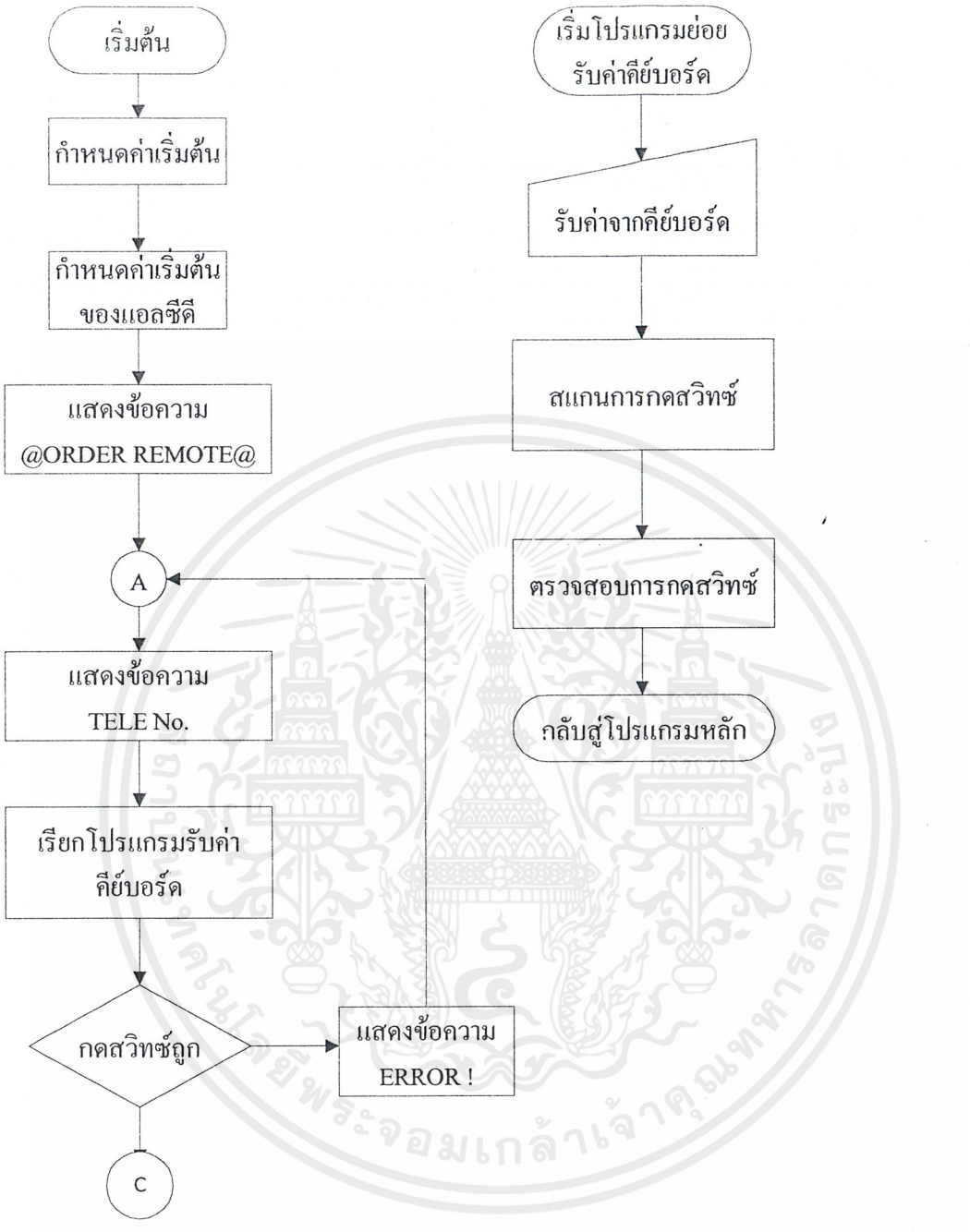
รูปที่ 3.12 แสดงรูปวงจรตัวแม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



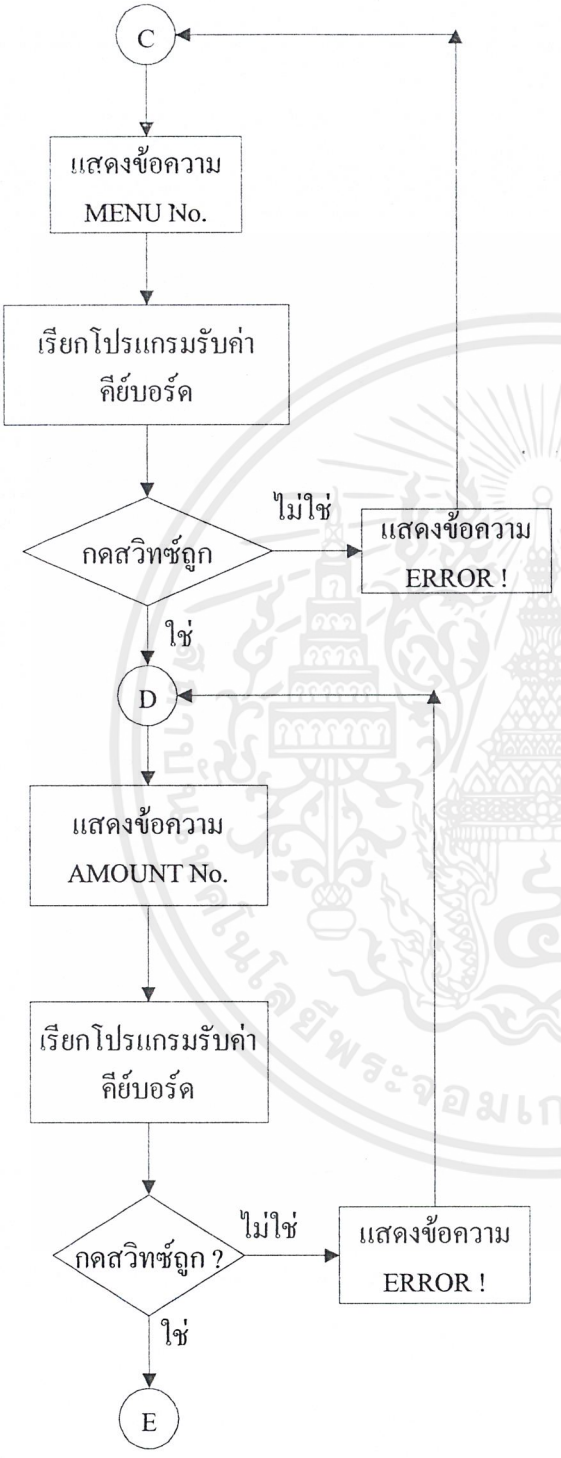
รูปที่ 3.13 แสดงบล็อกไดอะแกรมของระบบเก็บข้อมูลแบบไร้สายโดยใช้อินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



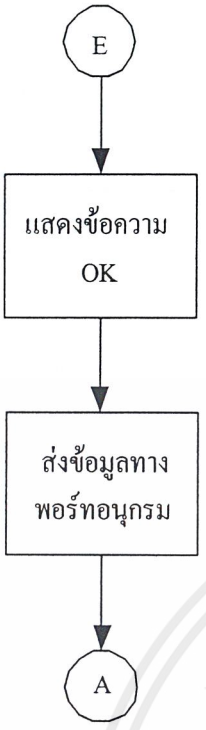
รูปที่ 3.14 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของรีโมต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



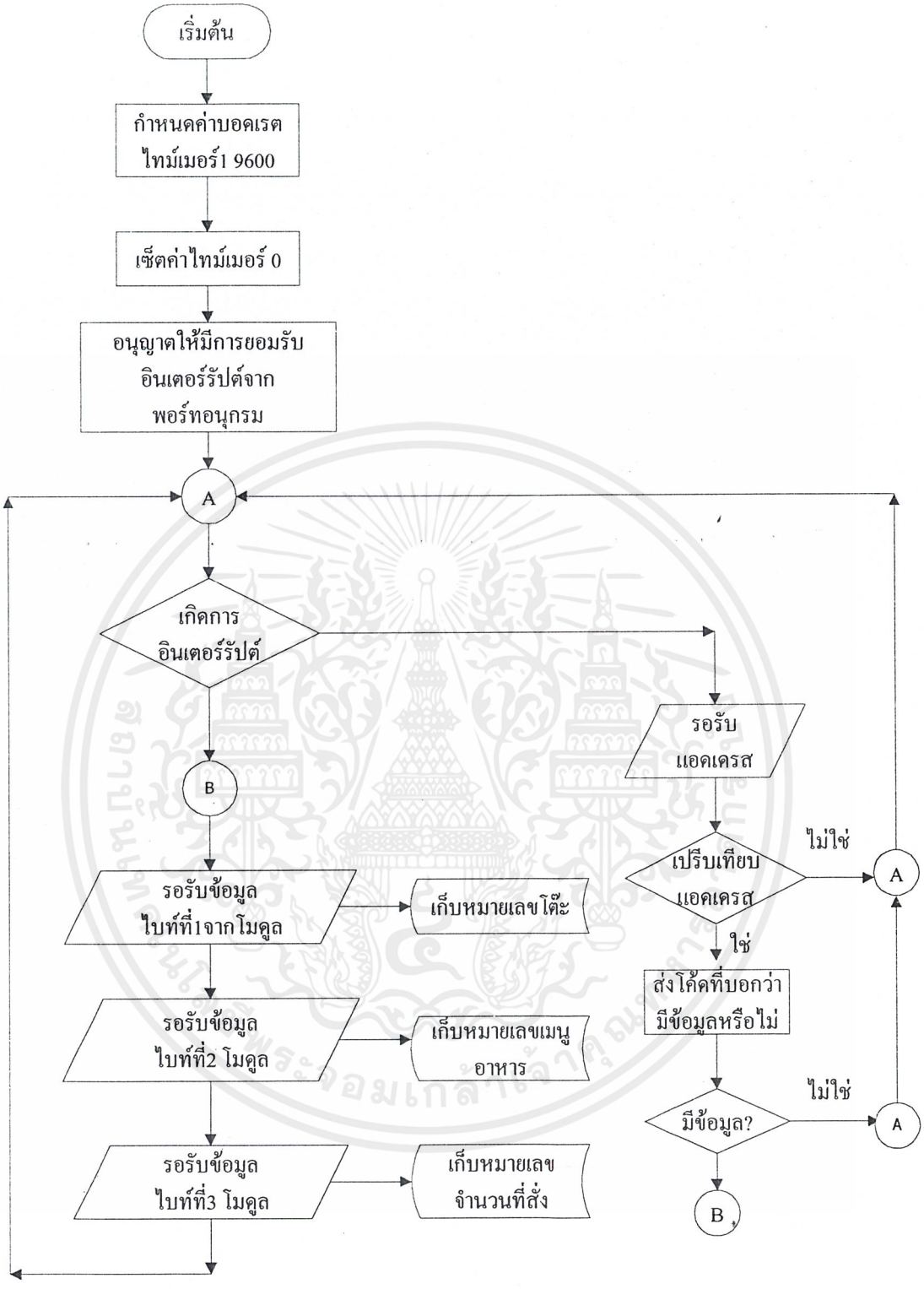
รูปที่ 3.14 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของรีโมต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



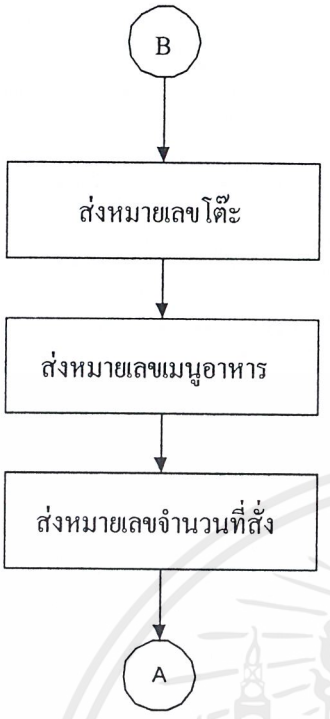
รูปที่ 3.14 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของรีโมต (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



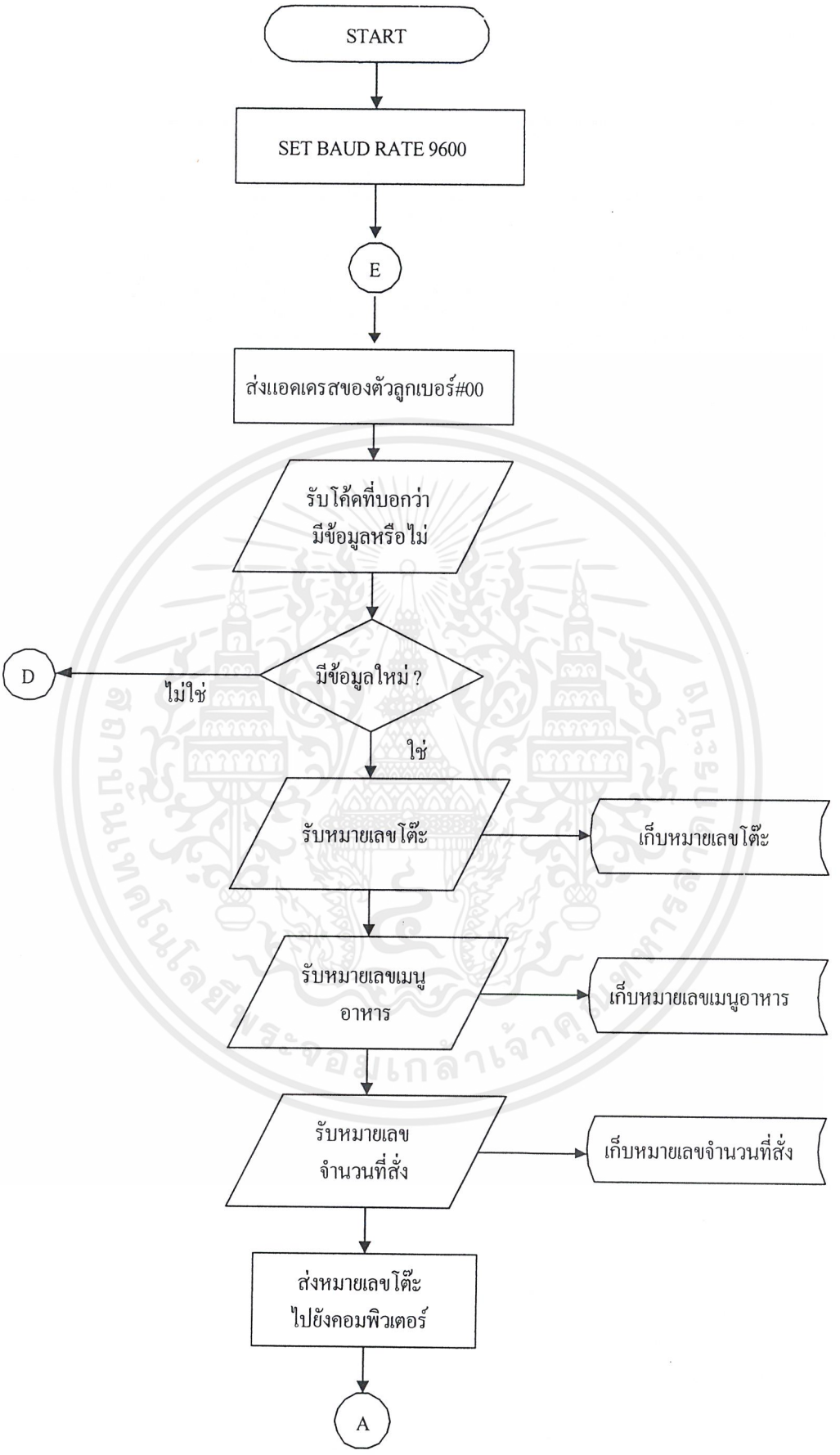
รูปที่ 3.15 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของตัวลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



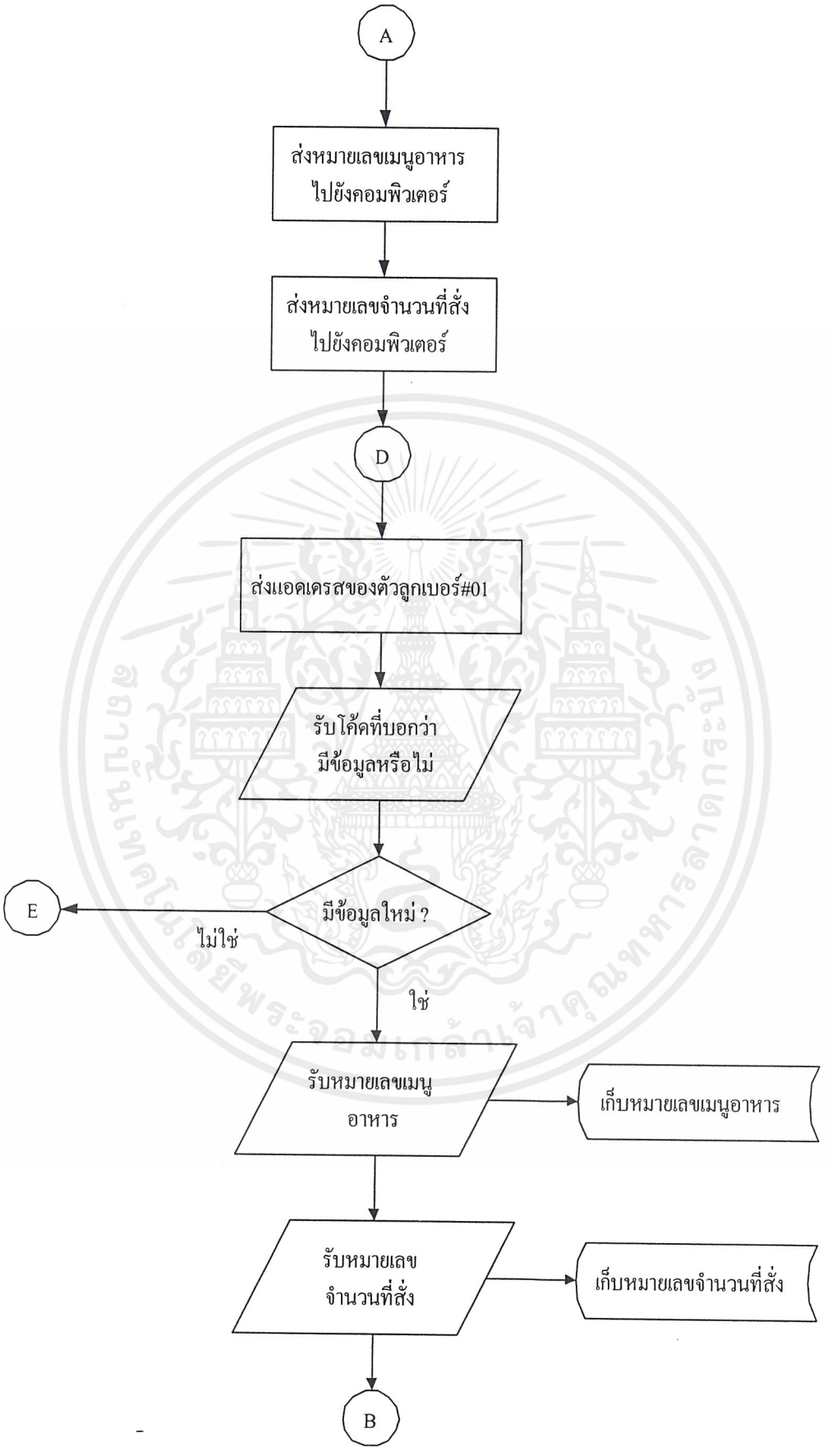
รูปที่ 3.15 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของตัวลูก (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของตัวแม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของตัวแม่ (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.16 โฟลว์ชาร์ทการทำงานของตัวแม่ (ต่อ)

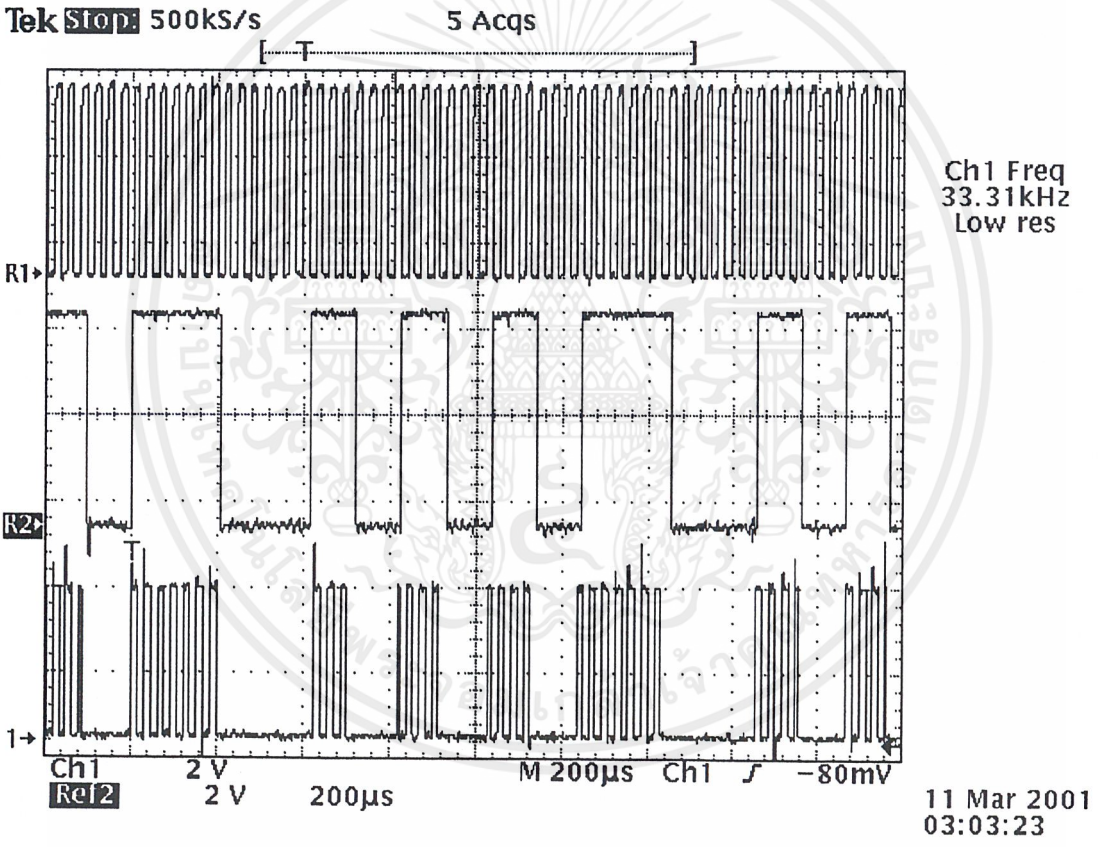
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 ส่วนวงจรรีโมท

ข้อมูลที่ได้จากการกดคีย์บอร์ด จะส่งผ่านพอร์ทสื่อสารอนุกรมทางขา TxD ไปเข้าวงจร AND เพื่อผสมกับสัญญาณ 33 KHz ที่ต้องทำการผสมเนื่องจาก ทางโมดูลโฟโต้ทรานซิสเตอร์ด้านรับมีการแยกเอาความถี่ 33 KHz ออกไป สัญญาณที่ผ่านการผสมแล้วจะส่งไปยังขาเบสของทรานซิสเตอร์ในวงจรไดรฟ์กระแสของ LED อินฟราเรด เพื่อแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสงอินฟราเรด ผลการทดลองในส่วนนี้แสดงดังรูปที่ 4.1



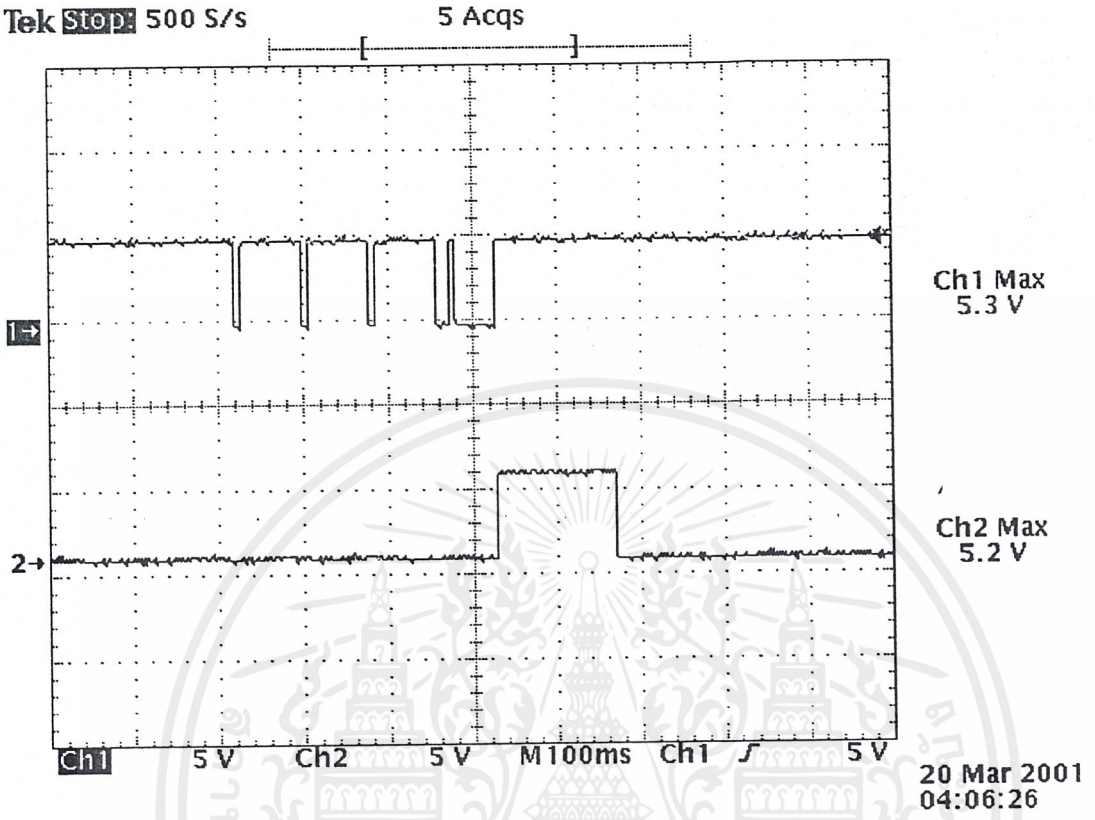
รูปที่ 4.1 Ref.1 แสดงสัญญาณความถี่ 33 KHz

Ref.2 แสดงสัญญาณที่ออกมาจากขา TxD ของตัวซีพียู

Ch.1 แสดงสัญญาณที่เกิดจากการนำ Ref.1 กับ Ref.2 มาทำการ AND กัน ซึ่งจะนำสัญญาณนี้ไปเข้าวงจรไดร์ฟ LED อินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

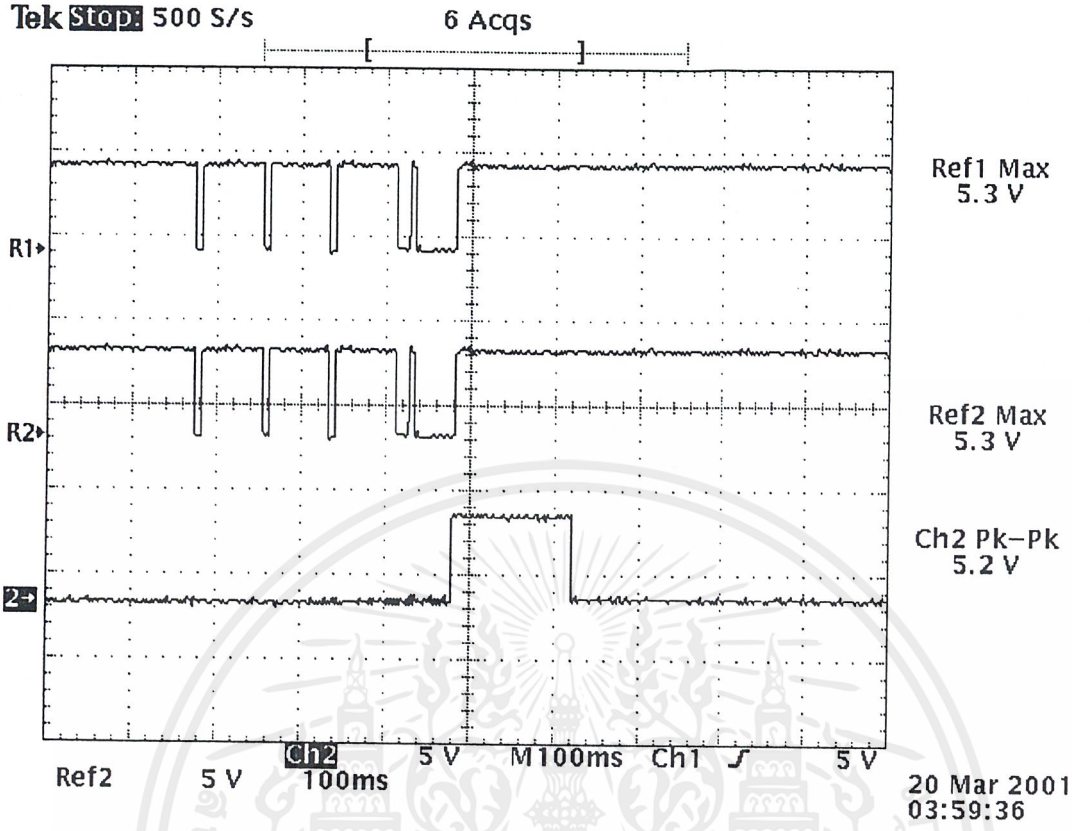
4.2 ส่วนวงจรตัวลูกและตัวแม่



รูปที่ 4.2 Ch.1 แสดงสัญญาณที่ขาเอาท์พุทของโมดูลโฟโต้ทรานซิสเตอร์ เมื่อรับสัญญาณมาจากรีโมต
Ch.2 แสดงสัญญาณพัลส์ที่ส่งไปยังเปียโซเพื่อให้เกิดเสียงตอบรับว่าข้อมูลถูกต้อง

ตัวลูกจะรับ 4 ไบต์จากรีโมต โดย 3 ไบต์แรกเป็นไบต์ข้อมูล ส่วนไบต์สุดท้ายจะเป็นเช็คไบต์ เมื่อตัวลูกตรวจสอบเช็คไบต์ว่าถูกแล้ว จะส่งพัลส์“ 1” ไปยังเปียโซ เพื่อให้เปียโซส่งเสียงดัง “ปี๊บ” ออกมา เพื่อให้พนักงานบริกรทราบว่าตัวลูกรับข้อมูลได้แล้ว ในกรณีที่ตัวลูกตรวจสอบพบว่าเช็คไบต์ผิด ก็จะส่งพัลส์1 สลับกับ 0 สองรอบ ไปยังเปียโซ จะทำให้เปียโซส่งเสียงดัง “ ปี๊บ ปี๊บ” พนักงานก็จะทราบว่าข้อมูลที่รีโมตส่งไปนั้นผิด ให้ทำการส่งใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 **Ref.1** แสดงสัญญาณที่ขาของ LED อินฟราเรดของรีโมต

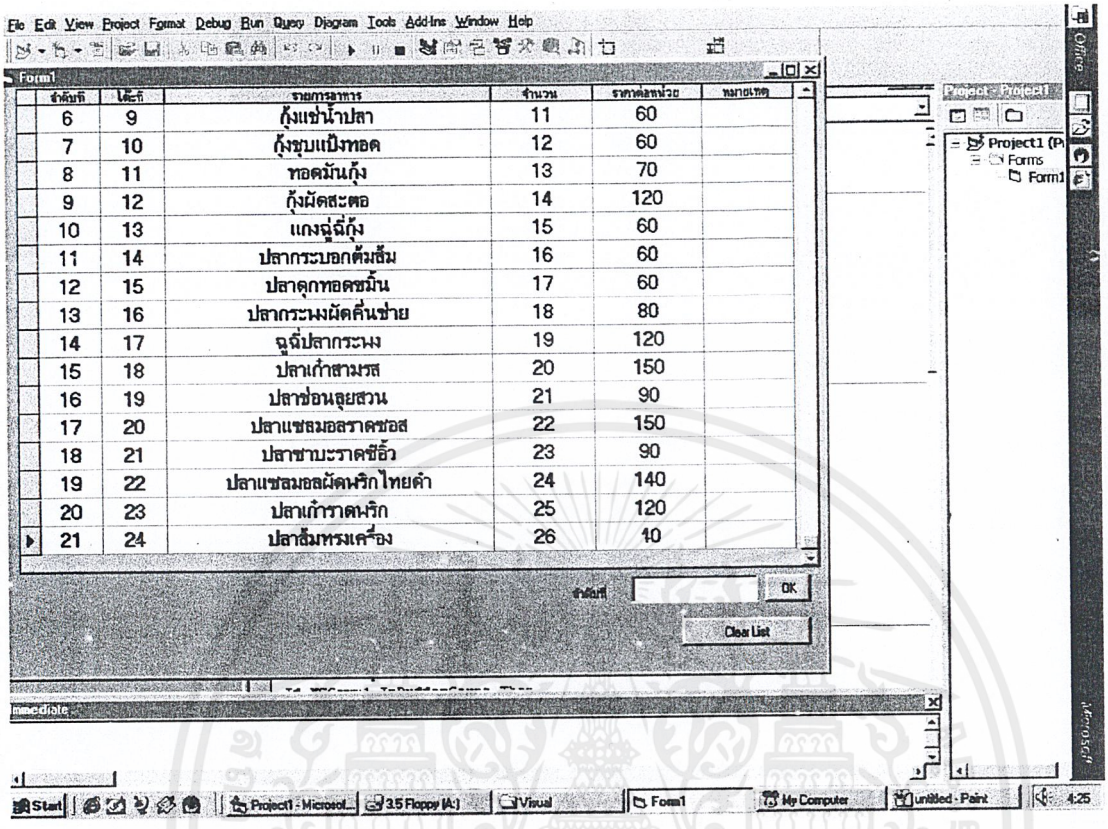
Ref.2 แสดงสัญญาณที่เอาท์พุทของโมดุลโฟโต้ทรานซิสเตอร์ตัวรับ

Ch.2 แสดงสัญญาณพัลซ์ที่ส่งไปยังเปียโซ

เมื่อทำการทดลองโดยส่งรหัสโต๊ะเบอร์ 255 , รหัสเมนูอาหารเบอร์ 255 , รหัสจำนวนที่สั่ง 255 ที่รีโมตจะส่งรหัสสัญญาณออกไปดังรูปที่ 4.3 (Ref.1) และเมื่อเราวัดสัญญาณที่เอาท์พุทของโมดุลโฟโต้ทรานซิสเตอร์ที่อยู่บนตัวลูกก็จะได้รหัสสัญญาณที่ตรงกัน ดังรูปที่ 4.3 (Ref.2) สังเกตว่ามีรหัสสัญญาณทั้งหมด 4 ไบต์ ซึ่งเป็นรหัสข้อมูล 3 ไบต์ และอีก 1 ไบต์เป็นไบต์สำหรับเช็คความถูกต้อง ซึ่งเมื่อตัวรับเช็คว่าไบต์ที่ 4 นี้ถูกต้อง ก็จะทำการส่งพัลส์ " 1" ออกไปเพื่อให้เปียโซเกิดเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

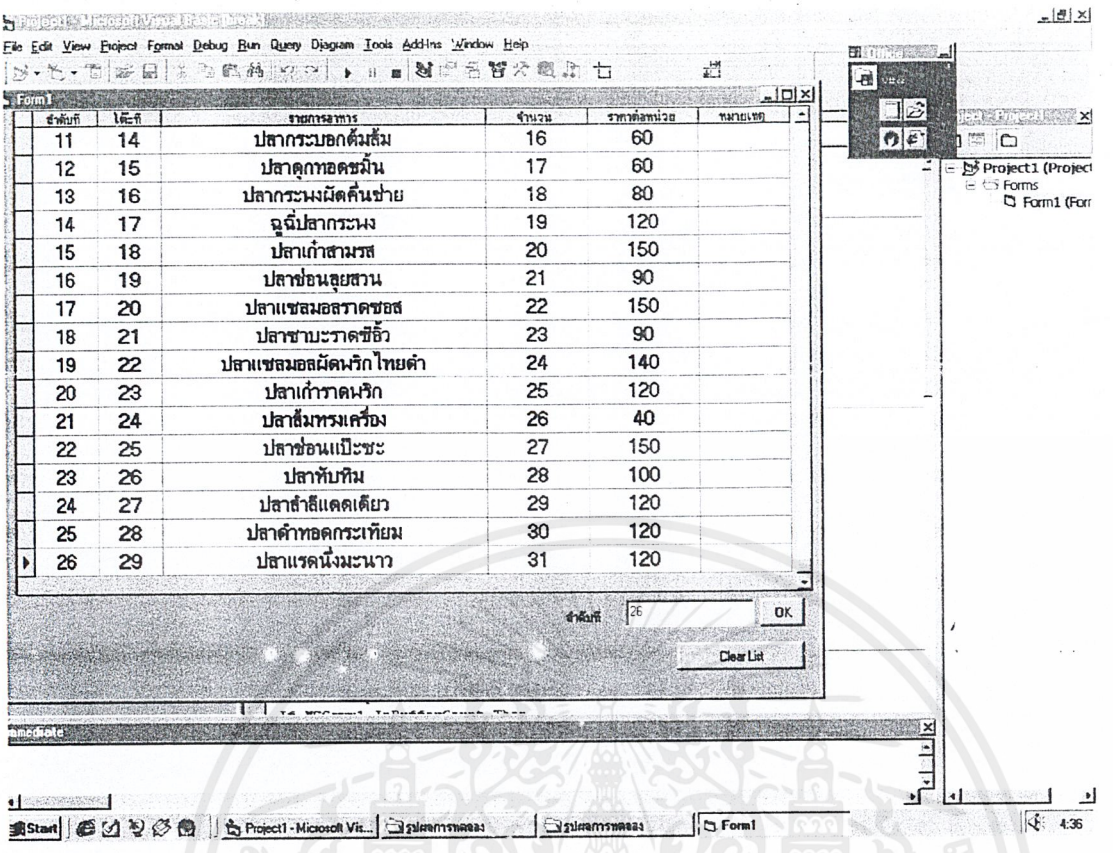
4.3 ส่วนคอมพิวเตอร์



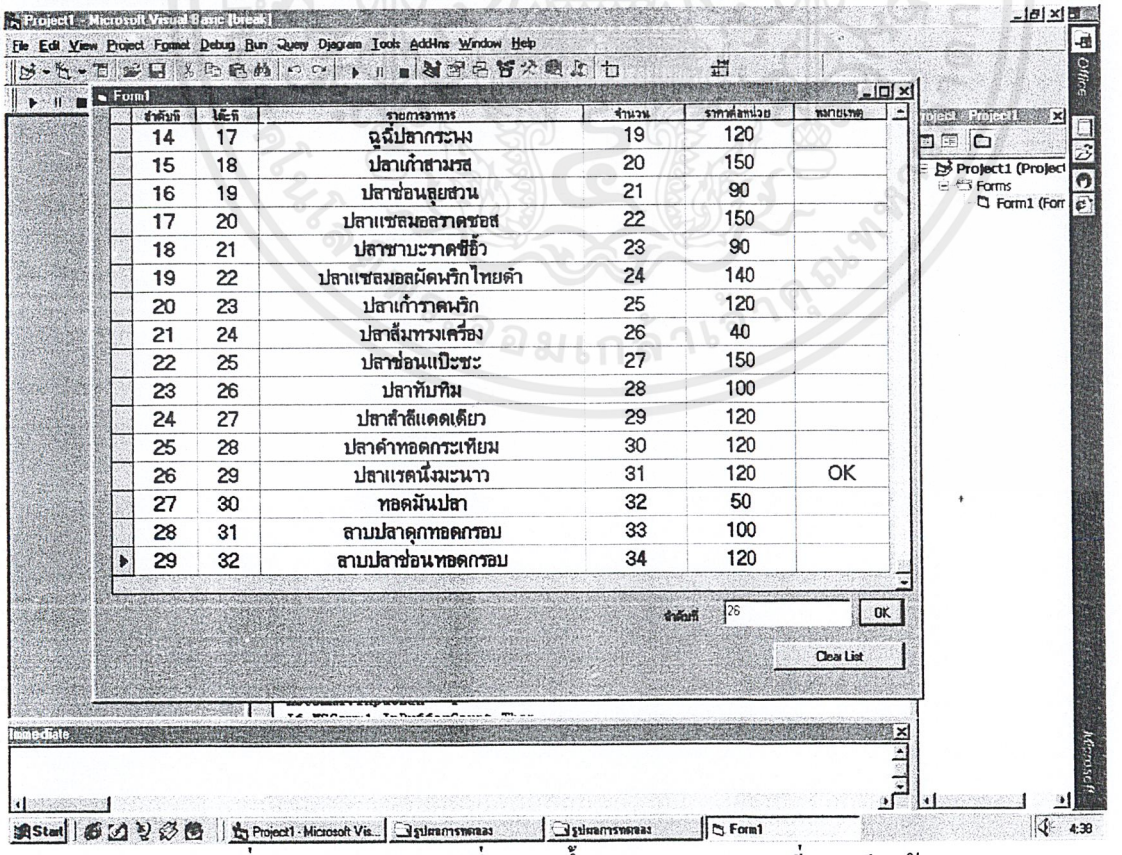
รูปที่ 4.4 โปรแกรมแสดงผลในห้องครัว

เมื่อคอมพิวเตอร์รับข้อมูลมาจากตัวแม่โดยผ่านทางพอร์ทอนุกรม RS-232 แล้ว จะมาแสดงผลดังรูปที่ 4.4 ซึ่งหน้าจอแสดงผลจะประกอบด้วยลำดับที่ , หมายเลขโต๊ะ , รายการอาหาร , จำนวนที่สั่ง และราคาต่อหน่วย เมื่อพ่อครัวทำรายการอาหารใดเสร็จเรียบร้อยแล้ว สามารถใส่หมายเลขลำดับที่ของอาหารที่ทำไปแล้ว ดังรูปที่ 4.5 ตัวอย่างเช่นใส่ลำดับที่ 26 ลงไปแล้วคลิ๊กปุ่ม OK ก็จะแสดงคำว่า OK ที่ช่องหมายเหตุเพื่อให้ทราบว่ารายการอาหารใดทำไปแล้ว จะได้ไม่ทำซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แสดงให้เห็นช่อง ลำดับที่ ซึ่งมีไว้ให้พ่อครัวใส่หมายเลขของลำดับของรายการอาหารที่ทำไปแล้ว



รูปที่ 4.6 แสดงคำว่า OK ที่ปรากฏขึ้นตรงรายการอาหารที่ทำเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
บทวิจารณ์และบทสรุป

วิจารณ์และสรุปผลการทดลอง

ในตอนแรกนั้น ผู้จัดทำได้ใช้ แอลอีดีอินฟราเรดตัวส่งที่มีขนาดเล็ก กำลังส่งไม่มากพอที่จะไปถึงตัวรับได้ จึงได้เปลี่ยนมาใช้ แอลอีดีอินฟราเรดตัวส่งกำลังสูง จึงทำให้ส่งแสงอินฟราเรดไปถึงตัวรับได้ ส่วนทางด้านรับนั้น ในตอนแรกก็ได้ใช้ โฟโต้ไดโอดที่มีขนาดเล็กและมีความไวต่ำ จึงทำให้รับแสงอินฟราเรดได้ขนาดต่ำมาก จึงได้เปลี่ยนมาใช้โมดูลตัวรับอินฟราเรดแทน คือโมดูลของโฟโต้ทรานซิสเตอร์ ซึ่งภายในโมดูลประกอบด้วยโฟโต้ทรานซิสเตอร์ และวงจรขยาย ทำให้รับสัญญาณได้ดีและไกลขึ้น และในบางครั้งแสงอินฟราเรดจะถูกรบกวนเมื่อแสงสว่างรอบๆ มีความสว่างมาก และต้องยิงแสงอินฟราเรดในแนวค่อนข้างตรง ตัวรับถึงจะรับได้

แนวทางการพัฒนาต่อ

ในโครงงานนี้ ได้ยกตัวอย่างของระบบเก็บข้อมูลโดยใช้อินฟราเรด คือการใช้งานภายในสวนอาหาร อันที่จริงแล้ว โครงงานนี้มีลักษณะเป็นวงกว้างครอบคลุมการประยุกต์ใช้งานได้หลายอย่าง ไม่ได้จำกัดอยู่เฉพาะการสั่งอาหารภายในสวนอาหารเท่านั้น คือใช้ได้กับลักษณะงานทุกประเภทที่มีการส่ง-รับข้อมูลแล้วแสดงผลออกหน้าจอคอมพิวเตอร์ และเป็นลักษณะงานที่ต้องการความสะดวกรวดเร็วและไม่ต้องเดินสายไฟมาก ซึ่งอาจจะประยุกต์ใช้กับการสั่งงานเครื่องจักรภายในโรงงาน และ อื่นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมนูอาหาร

ประเภทกุ้ง	ราคา
1 กุ้งผัดเห็ด ยอดข้าวโพด	50
2 กุ้งผัดน้ำพริกเผา	50
3 ต้มยำกุ้ง	60
4 กุ้งอบวุ้นเส้น	60
5 กุ้งพล่า	50
6 กุ้งมังกรเผา	200
7 กุ้งอบไวน์	100
8 ผัดเผ็ดกุ้งนาง	80
9 กุ้งมังกรหมักไวน์	200
10 กุ้งแช่น้ำปลา	60
11 กุ้งชุบแป้งทอด	60
12 ทอดมันกุ้ง	70
13 กุ้งผัดสะตอ	120
14 แกงฉู่ฉี่กุ้ง	60
ประเภทปลา	
15 ปลากระบอกต้มส้ม	60
16 ปลาดุกทอดขมิ้น	60
17 ปลากระพงผัดคื่นช่าย	80
18 ฉู่ฉี่ปลากระพง	120
19 ปลาเก๋าสามรส	150
20 ปลาช่อนลุยสวน	90
21 ปลาแซลมอลราดซอส	150
22 ปลาซาบะราดซีอิ๊ว	90
23 ปลาแซลมอลผัดพริกไทยดำ	140
24 ปลาเก๋าราดพริก	120
25 ปลาส้มทรงเครื่อง	40
26 ปลาช่อนแป๊ะซะ	150
27 ปลาทับทิม	100
28 ปลาสำลีแดดเดียว	120
29 ปลาดำทอดกระเทียม	120
30 ปลาแรดนึ่งมะนาว	120

	ราคา
31 ทอดมันปลา	50
32 ลาบปลาดุกทอดกรอบ	100
33 ลาบปลาช่อนทอดกรอบ	120
34 ลาบปลาสำลีทอดกรอบ	120
35 แกงส้มไข่ปลาดอกแค	60
36 แกงส้มปลากะพงยอดมะพร้าว	80
37 ปลากระพงผัดเต้าเจี้ยว	70
38 หัวปลาหม้อไฟ	120
39 แกงพริกปลาดุกโบราณ	60
40 ปลาอินทรีย์นึ่งมะนาว	150
41 แกงส้มปลา ยอดผัก	80
42 ปลาช่อนต้มระกำ	80
43 แกงคั่วปลาไหลแกะกระดูก	60
44 ปลาหมึกไข่นึ่งมะนาว	90
45 ปลาหมึกผัดดอกกะหล่ำ	40
46 แกงฉู่ฉี่ปลากะพง	80
47 ปลาซาบะทอดเกลือ	90
48 ปลาแซลมอลรมควัน	150
49 ปลาฉลามผัดฉ่า	70
50 กระเพราะปลาผัดแห้ง	80
51 เมี่ยงปลาช่อน	120
52 แกงเขียวหวานลูกชิ้นปลากราย	60
53 แกงเขียวหวานปลาดุก	70
ประเภทปู	
54 ปูนิ่มผัดผงกะหรี่	150
55 ปูไข่นึ่ง	100
56 ปูดำผัดขิง	120
57 ไข่เจียวปู	50
58 ปูม้ารมควัน	120
59 ปูม้าผัดพริกไทยดำ	80
60 ปูอบหม้อดิน	120

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทไก่

62 ไก่ผัดเม็ดมะม่วง 50
63 ไก่บ้านต้มขมิ้น 60
64 ไก่บ้านต้มข่า 80
65 ไก่ตุ๋นมะนาวดอง 80
66 ไก่ไทยย่าง 60
67 ไก่บ้านทอดเกลือ 80
68 ไก่ห่อใบเตย 60
69 แกงเขียวหวานไก่ 60
70 ไก่สามอย่าง 50
71 แกงเผ็ดเป็ดย่าง 60
72 เป็ดล่อน 120
73 ต้มโคล้งไก่นา 40
74 ไก่งวงอบไวน์ 150
75 ไก่หมักเหล้าแดง 70
76 กระเพราเป็ด 60

ประเภทหมู,เนื้อ

77 ตับทอด 60
78 ซี่โครงหมูต้มผักกาดดอง 60
79 ซี่โครงหมูต้มชะมวง 60
80 ซี่โครงหมูทอดเครื่องแกง 60
81 หมูทอดขนมปังป่น 50
82 หนางหูหมูทอดกรอบ 60
83 ซี่โครงหมูผัดเต้าซี่ 80
84 เนื้อแดดเดียว 50
85 หมูมะนาว 60
86 ลาบเนื้อ 50
87 เนื้อน้ำตก 50
88 ตับหวาน 50
89 เสือร้องไห้ 50
90 แกงป่าเนื้อ 60
91 หมูป่าผัดเผ็ด 70

ประเภทยำ

92 ยำเนื้อ 50
93 ยำหมูยอ 50
94 ยำคอหมูย่าง 70
95 ยำซีฟู้ด 50
96 ยำวุ้นเส้น 50
97 ยำเห็ดขาว 50
98 ยำปลาดุกฟู 50
99 ยำสามกรอบ 60
100 ยำขิงสด 50
101 ยำบัวบก 50
102 ยำถั่วพลู 50
103 ยำหัวปลี 50
104 ยำมะเขือเผา 50
105 ยำแหนมสด 50
106 ยำมะระ 50
107 ยำหอยแมงภู่ 60
108 ยำปูนิ่ม 120
109 ยำหอยนางรม 80
110 ยำกบ 60

ประเภทหลน

111 หลนหนาง 50
112 หลนไตปลา 50
113 หลนปูเค็ม 50
114 หลนเต้าเจี้ยว 50
115 ปูไข่หลน 80

ประเภทแกงจืด

116 แกงจืดวุ้นเส้นหมูสับ 60
117 แกงจืดเต้าหู้หมูสับ 60
118 แกงจืดรวมมิตร 60

ประเภทน้ำพริก

119 น้ำพริกไข่ปูทะเล 60
120 น้ำพริกกุ้งสด 50
121 น้ำพริกมะขาม 40
122 น้ำพริกหมูกรอบ 50
61 ปูดำนึ่งมะนาว 150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

124 น้ำพริกปลาย่าง 50

125 สะตอเผา 30

ประเภทของว่าง กับแกล้ม

126 ผัดเผ็ดงูเห่า 60

127 แหนมกระดูกอ่อน 50

128 ข้าวเกรียบทอด 40

129 แหนมห่อ 50

130 กบทอดขมิ้น กระเทียมพริกไทย 60

131 เม็ดมะม่วงทอด 50

132 มะม่วงมันกุ้ง 40

133 ย้อยจ๊อ 80

134 นกทอดขมิ้น 70

135 กบผัดเผ็ด 70

136 กระเพรานก 70

ผัดผัก

137 ผัดผักลูกชิ้นโสภณ 80

138 ผัดถั่วงอกเกี้ยมฉ่าย 50

139 ผัดผักรวมมิตร 50

140 ผัดมะเขือยาวโหระพา 50

141 ผัดผักกาดขาวหมูสับ 60

142 ผัดคะน้าหมูสับ 50

143 ผัดคะน้าหมูกรอบ 45

144 ผัดคะน้าปลาเค็ม 50

145 ผัดผักบุ้งไฟแดง 50

146 เห็ดเป๋าฮื้อผัดน้ำมันหอย 100

147 ผัดผักสามสหาย 50

148 ผัดลูกชิ้นสาหร่าย 40

149 ผัดหน่อไม้ฝรั่ง 40

150 เห็ดเข็มทองผัดซอสเปรี้ยว 60

151 เห็ดเข็มทองผัดน้ำมันหอย 50

152 ผัดเห็ดหอมน้ำแดง 80

153 ผัดเห็ดฟางไก่ 40

อาหารแนะนำ

154 หอยเชลล์ผัดหน่อไม้ฝรั่งสด 100

123 น้ำพริกแมงดา 50

155 ผัด 8 เซียน 80

156 ต้มโคล้งแป๊ะซะปลาช่อน 120

157 ออส่วน 60

158 เต้าหู้ 3 รส 3 80

159 แกงเลียงหยวกกล้วยเถื่อน 50

160 แกงคั่วหอยขมแกะเปลือก 60

161 กล้วยหอมทอด 50

162 ขาหมูเยอรมัน 150

163 ไส้อ่อนทอดกรอบ 60

164 แกงป่ากบ 60

165 เนื้อผัดน้ำมันหอย 50

166 แกงส้มชะอมไข่ 90

167 สาหร่ายทรงเครื่อง 40

168 แกงส้มกบย่าง 80

169 ห่อหมกมะพร้าวอ่อน 80

170 กระทงทอง 80

171 ผัดเรือโป๊ะ 50

172 โป๊ะแตก 80

173 หอยหลอดผัดฉ่า 70

174 พล่าทะเล 70

175 ไข่เจียวหอยนางรม 60

176 หอยลายผัดซอส 70

177 หูฉลามน้ำแดง 400

178 กระทะร้อนปลากระพง 100

179 ขาหมูรมควัน 80

180 มันบด 40

181 ยำไข่ปลาแซลมอล 180

182 หูฉลามอบไวน์ 500

183 หอยเชลล์ราดซอส 100

184 ห่อหมกขนมครก 70

185 หัวปลาผัดมะระ 60

186 เต้าหู้ทอด 60

187 กุ้งเทมปุระ 80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

189 ปอเปียะสด	40	188 ยำหูฉลาม	350
190 ไส้อั่ว	70	222 สลัดแฮม	50
191 ไก่ภูเขาไฟ	80	223 สลัดกุ้ง	60
192 แหนมเนือง	70	224 สลัดไก่	40
193 ต้มแซ่บกระดูกอ่อน	80	เครื่องดื่ม,ของหวาน	
194 ปลาดิบเซ็ต	120	225 เบียร์ไฮเนเก้นใหญ่	75
195 โซบะ	60	226 หงษ์ทอง แบน/กลม	65
196 เกี้ยวซ่า	50	227 สเปรย์	270
197 ซูชิเซ็ต	100	228 เบียร์สิงห์ใหญ่	65
198 อูด้ง	80	229 รีเจนซี่ แบน	220
199 ราเม็ง	60	230 บูลอีเกิ้ล	270
200 ทาโกยากิ	60	231 ไวน์แดง	270
ประเภทอาหารจานเดียว		232 ไวน์ขาว	260
201 ข้าวผัดกระเพรา	30	233 สาเก	250
202 ข้าวผัดพริก	30	234 โซดา	10
203 ข้าวผัดเครื่องแกง	30	235 น้ำแข็งเปล่า (แก้ว)	1
204 ข้าวผัดรวมมิตร	30	236 น้ำสิงห์	10
205 ข้าวผัดแหนม	30	237 น้ำอัดลม	10
206 ข้าวผัดกุนเชียง	30	238 น้ำแข็งเหยือก	10
207 ข้าวคลุกกะปิ	30	239 กาแฟร้อน	20
208 ข้าวผัดหมู	30	240 ชาร้อน	20
209 ข้าวผัดน้ำพริกลงเรือ	30	241 ชาเขียว	30
210 ข้าวผัดกุ้ง	30	242 น้ำมะนาว	30
211ข้าวผัดปลาหมึก	30	243 น้ำ องุ่น	40
212 ข้าวผัดปู	45	244 น้ำส้มคั้น	30
213 ข้าวหน้าปลาไหล	100	245 น้ำสตรอเบอรี่ปั่น	40
214 ก๋วยเตี๋ยวเนื้อสับ	40	246 ไอศกรีมกระทิสด	30
215 ผัดไทยห่อไข่	40	247 บัวลอยเผือก	25
216 ก๋วยเตี๋ยวราดหน้า	40	248 มิวล์เชค	30
217 ก๋วยเตี๋ยวผัดซีอิ๊ว	40	249 บัวลอยน้ำขิง	25
218 ข้าวต้มกุ้ง	50	250 ผลไม้รวม	40
219 ข้าวต้มปลากระพง	60	251 นมสด	40
220 ขนมปัง,ไข่ดาว,แฮม	50	252 ชีสเค้ก	55
		253 พุดดิ้ง	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

254 เยลลี่ 20 255 ฟรุตสลัด 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมของตัวรีโมท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PORTA       EQU 0000H
PORTB       EQU 0100H
PORTC       EQU 0200H
CONTROL     EQU 0300H
RR1         EQU 20H
RR2         EQU 21H
RR3         EQU 22H
RR4         EQU 23H
RR5         EQU 24H
RR6         EQU 25H
RR7         EQU 26H
check       equ 27h
ORG  0000H
;################## MAIN ######################
  MAIN:   MOV R5,#00H
          MOV R6,#00H
          MOV RR1,#00H
          MOV RR2,#00H
          MOV RR3,#00H
          MOV RR4,#00H
          MOV RR5,#00H
          MOV RR6,#00H
          MOV RR7,#00H
          MOV DPTR,#CONTROL
          MOV A,#81H
          MOVX @DPTR,A
          MOV R2,#10
          LCALL DELAY
          ACALL LCD_INITIAL
 MAIN1:   ACALL SCAN
          SJMP MAIN1
;############## LCD INITIAL ###################
LCD_INITIAL: MOV A,#00111000B
          LCALL LCDWI
          MOV A,#00001111B
          LCALL LCDWI
          MOV A,#00000001B
          LCALL LCDWI
          MOV A,#00000110B
          LCALL LCDWI
          MOV R2,#5
          LCALL DELAY
          ACALL READY1
          ACALL READY2
          MOV R1,#00H
          RET
 READY1:  CLR A
          MOV DPTR,#ORDER
          MOV R4,#8
          MOV A,#80H
          ACALL SEND_LCD
          LCALL DELAY_C
          CLR A
          MOV DPTR,#REMOTE
          MOV R4,#8
          MOV A,#0C0H
          ACALL SEND_LCD
          LCALL DELAY
          ACALL CLR_LCD
          RET
 READY2:  mov r5,#0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                mov r6,#0
                LCALL CLR_LCD
                CLR A
                MOV DPTR,#TABLE
                MOV R4,#10
                MOV A,#80H
                ACALL SEND_LCD
                LCALL DELAY_C
                CLR A
                MOV DPTR,#TABLEE
                MOV R4,#2
                MOV A,#0C0H
                ACALL SEND_LCD
                LCALL DELAY_C
                RET
SEND_LCD:       ACALL LCDLDS
                ACALL LCDLDS1
                MOV R2,#10H
                LCALL DELAY
                RET
 LCDLDS:        PUSH DPH
                PUSH DPL
                ACALL LCDWI
                POP DPL
                POP DPH
                RET
LCDLDS1:        CLR A
                MOVC A,@A+DPTR
                PUSH DPH
                PUSH DPL
                ACALL LCDWD
                POP DPL
                POP DPH
                INC DPTR
                DJNZ R4,LCDLDS1
                RET
CLR_LCD:        MOV A,#00000001B
                ACALL LCDWI
                RET
 LCDWI:         MOV DPTR,#PORTA
                MOVX @DPTR,A
                MOV DPTR,#PORTB
                CLR ACC.0
                CLR ACC.1
                CLR ACC.2
                MOVX @DPTR,A
                SETB ACC.2
                MOVX @DPTR,A
                CLR ACC.2
                MOVX @DPTR,A
                MOV A,#0
LCDWI1:         DEC A
                JNZ LCDWI1
                RET
 LCDWD:         MOV DPTR,#PORTA
                MOVX @DPTR,A
                MOV DPTR,#PORTB
                SETB ACC.0
                CLR ACC.1
                CLR ACC.2
                MOVX @DPTR,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    SETB ACC.2
                    MOVX @DPTR,A
                    CLR ACC.2
                    MOVX @DPTR,A
                    MOV A,#0
      LCDWD1:       DEC A
                    JNZ LCDWD1
                    RET
    ;############## SCAN KEYBOARD ################
       SCAN:     ;   MOV DPTR,#CONTROL
                 ;   MOV A,#81H
                 ;   MOVX @DPTR,A
                    MOV DPTR,#PORTC
                    MOV A,#00001111B
                    MOVX @DPTR,A
                    MOVX A,@DPTR
                    XRL A,#00001111B
                    JZ SCAN
    ;###############################################
       COL1:        MOV A,#01101111B
                    MOVX @DPTR,A
                    MOVX A,@DPTR
                    XRL A,#01101111B
                    JZ COL2
                    JB ACC.0,NUMO_1
                    sjmp q2
     NUMO_1:        LJMP NUM_1
         q2:        JB ACC.1,NUMO_4
                    sjmp q3
     NUMO_4:        LJMP NUM_4
         q3:        JB ACC.2,NUMO_7
                    sjmp q4
     NUMO_7:        LJMP NUM_7
         q4:        JB ACC.3,NUMO_STAR
                    sjmp col2
  NUMO_STAR:        LJMP NUM_STAR
    ;###############################################
       COL2:        MOV A,#01011111B
                    MOVX @DPTR,A
                    MOVX A,@DPTR
                    XRL A,#01011111B
                    JZ COL3
                    JB ACC.0,NUM2
                    SJMP T2
       NUM2:        LJMP NUM_2
         T2:        JB ACC.1,NUM5
                    SJMP T3
       NUM5:        LJMP NUM_5
         T3:        JB ACC.2,NUM8
                    SJMP T4
       NUM8:        LJMP NUM_8
         T4:        JB ACC.3,NUM0
                    SJMP COL3
       NUM0:        LJMP NUM_0
    ;###############################################
       COL3:        MOV A,#00111111B
                    MOVX @DPTR,A
                    MOVX A,@DPTR
                    XRL A,#00111111B
                    JB ACC.0,NUM3
                    SJMP S2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      NUM3:       LJMP NUM_3
        S2:       JB ACC.1,NUM6
                  SJMP S3
      NUM6:       LJMP NUM_6
        S3:       JB ACC.2,NUM9
                  SJMP S4
      NUM9:       LJMP NUM_9
        S4:       JB ACC.3,NUMSHARP
                  RET
   NUMSHARP:      LJMP NUM_SHARP
   ;###############################################
     NUM_1:       LCALL CHAR1
                  CJNE R5,#0,NUM_1DECI
                  MOV RR1,#100
                  MOV R5,#1
                  RET
  NUM_1DECI:      CJNE R5,#1,NUM_1UNIT
                  MOV RR2,#10
                  MOV R5,#2
                  RET
  NUM_1UNIT:      CJNE R5,#2,ERR1
                  MOV RR3,#1
                  CLR A
                  ADD A,RR1
                  ADD A,RR2
                  ADD A,RR3
                  MOV RR4,A
                  MOV R5,#3
                  INC R6
                  RET
       ERR1:      LJMP FOUR_DIGIT
   ;###############################################
     NUM_2:       LCALL CHAR2
                  CJNE R5,#0,NUM_2DECI
                  MOV RR1,#200
                  MOV R5,#1
                  RET
  NUM_2DECI:      CJNE R5,#1,NUM_2UNIT
                  MOV RR2,#20
                  MOV R5,#2
                  RET
  NUM_2UNIT:      CJNE R5,#2,ERR2
                  MOV RR3,#2
                  CLR A
                  ADD A,RR1
                  ADD A,RR2
                  ADD A,RR3
                  MOV RR4,A
                  MOV R5,#3
                  INC R6
                  RET
       ERR2:      LJMP FOUR_DIGIT
   ;###############################################
     NUM_3:       LCALL CHAR3
                  CJNE R5,#0,NUM_3DECI
                  MOV RR1,#300
                  MOV R5,#1
                  LCALL ERROR
                  RET
  NUM_3DECI:      CJNE R5,#1,NUM_3UNIT
                  MOV RR2,#30
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV R5,#2
                    RET
NUM_3UNIT:          CJNE R5,#2,ERR3
                    MOV RR3,#3
                    CLR A
                    ADD A,RR1
                    ADD A,RR2
                    ADD A,RR3
                    MOV RR4,A
                    MOV R5,#3
                    INC R6
                    RET
    ERR3:           LJMP FOUR_DIGIT
;###############################################
   NUM_4:           LCALL CHAR4
                    CJNE R5,#0,NUM_4DECI
                    MOV RR1,#400
                    MOV R5,#1
                    LCALL ERROR
                    RET
NUM_4DECI:          CJNE R5,#1,NUM_4UNIT
                    MOV RR2,#40
                    MOV R5,#2
                    RET
NUM_4UNIT:          CJNE R5,#2,ERR4
                    MOV RR3,#4
                    CLR A
                    ADD A,RR1
                    ADD A,RR2
                    ADD A,RR3
                    MOV RR4,A
                    MOV R5,#3
                    INC R6
                    RET
    ERR4:           LJMP FOUR_DIGIT
;###############################################
   NUM_5:           LCALL CHAR5
                    CJNE R5,#0,NUM_5DECI
                    MOV RR1,#500
                    MOV R5,#1
                    LCALL ERROR
                    RET
NUM_5DECI:          CJNE R5,#1,NUM_5UNIT
                    MOV RR2,#50
                    MOV R5,#2
                    RET
NUM_5UNIT:          CJNE R5,#2,ERR5
                    MOV RR3,#5
                    CLR A
                    ADD A,RR1
                    ADD A,RR2
                    ADD A,RR3
                    MOV RR4,A
                    MOV R5,#3
                    INC R6
                    RET
    ERR5:           LJMP FOUR_DIGIT
;###############################################
   NUM_6:           LCALL CHAR6
                    CJNE R5,#0,NUM_6DECI
                    MOV RR1,#600
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    MOV R5,#1
                    LCALL ERROR
                    RET
NUM_6DECI:          CJNE R5,#1,NUM_6UNIT
                    MOV RR2,#60
                    MOV R5,#2
                    MOV A,RR1
                    CJNE A,#0,HHH
                    RET
HHH:                CJNE A,#100,III
                    RET
III:                LCALL ERROR
                    RET
NUM_6UNIT:          CJNE R5,#2,ERR6
                    MOV RR3,#6
                    CLR A
                    ADD A,RR1
                    ADD A,RR2
                    ADD A,RR3
                    MOV RR4,A
                    MOV R5,#3
                    INC R6
                    mov a,rr1
                    cjne a,#0,aaaa
                    ret
aaaa:               cjne a,#100,bbbb
                    ret
bbbb:               mov a,rr2
                    cjne a,#50,cccc
                    lcall error
                    ret
cccc:               RET
ERR6:               LJMP FOUR_DIGIT
;#####################################################
NUM_7:              LCALL CHAR7
                    CJNE R5,#0,NUM_7DECI
                    MOV RR1,#700
                    MOV R5,#1
                    LCALL ERROR
                    RET
NUM_7DECI:          CJNE R5,#1,NUM_7UNIT
                    MOV RR2,#70
                    MOV R5,#2
                    MOV A,RR1
                    CJNE A,#0,KKK
                    RET
KKK:                CJNE A,#100,LLL
                    RET
LLL:                LCALL ERROR
                    RET
NUM_7UNIT:          CJNE R5,#2,ERR7
                    MOV RR3,#7
                    CLR A
                    ADD A,RR1
                    ADD A,RR2
                    ADD A,RR3
                    MOV RR4,A
                    MOV R5,#3
                    INC R6
                    mov a,rr1
                    cjne a,#0,dddd
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                    ret
          dddd:     cjne a,#100,eeee
                    ret
          eeee:     mov a,rr2
                    cjne a,#50,ffff
                    lcall error
                    ret
          ffff:     RET
          ERR7:     LJMP FOUR_DIGIT
;#########################################################
        NUM_8:      LCALL CHAR8
                    CJNE R5,#0,NUM_8DECI
                    MOV RR1,#800
                    MOV R5,#1
                    LCALL ERROR
                    RET
    NUM_8DECI:      CJNE R5,#1,NUM_8UNIT
                    MOV RR2,#80
                    MOV R5,#2
                    MOV A,RR1
                    CJNE A,#0,MMM
                    RET
         MMM:       CJNE A,#100,NNN
                    RET
         NNN:       LCALL ERROR
                    RET
    NUM_8UNIT:      CJNE R5,#2,ERR8
                    MOV RR3,#8
                    CLR A
                    ADD A,RR1
                    ADD A,RR2
                    ADD A,RR3
                    MOV RR4,A
                    MOV R5,#3
                    INC R6
                    mov a,rr1
                    cjne a,#0,gggg
                    ret
         gggg:      cjne a,#100,hhhh
                    ret
         hhhh:      mov a,rr2
                    cjne a,#50,iiii
                    lcall error
                    ret
         iiii:      RET
         ERR8:      LJMP FOUR_DIGIT
;#########################################################
        NUM_9:      LCALL CHAR9
                    CJNE R5,#0,NUM_9DECI
                    MOV RR1,#900
                    MOV R5,#1
                    LCALL ERROR
                    RET
    NUM_9DECI:      CJNE R5,#1,NUM_9UNIT
                    MOV RR2,#90
                    MOV R5,#2
                    MOV A,RR1
                    CJNE A,#0,OOO
                    RET
         OOO:       CJNE A,#100,PPP
                    RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        PPP:        LCALL ERROR
                    RET
  NUM_9UNIT:        CJNE R5,#2,ERR9
                    MOV RR3,#9
                    CLR A
                    ADD A,RR1
                    ADD A,RR2
                    ADD A,RR3
                    MOV RR4,A
                    MOV R5,#3
                    INC R6
                    mov a,rr1
                    cjne a,#0,jjjj
                    ret
        jjjj:       cjne a,#100,kkkk
                    ret
        kkkk:       mov a,rr2
                    cjne a,#50,llll
                    lcall error
                    ret
        llll:       RET
        ERR9:       LJMP FOUR_DIGIT
;#################################################
       NUM_0:       LCALL CHAR0
                    CJNE R5,#0,NUM_0DECI
                    MOV RR1,#0
                    MOV R5,#1
                    RET
  NUM_0DECI:        CJNE R5,#1,NUM_0UNIT
                    MOV RR2,#0
                    MOV R5,#2
                    RET
  NUM_0UNIT:        CJNE R5,#2,FOUR_DIGIT
                    MOV RR3,#0
                    CLR A
                    ADD A,RR1
                    ADD A,RR2
                    ADD A,RR3
                    MOV RR4,A
                    MOV R5,#3
                    INC R6
                    RET

  ;###############################################

FOUR_DIGIT:         INC R5
                    LCALL II
                    RET

     ERROR:         LCALL CLR_LCD
                    LCALL CHARERR
                    LCALL DELAY_B

                    CJNE R5,#0,CC
                    CJNE R6,#0,AA
                    LJMP READY2
       AA:          CJNE R6,#1,BB
                    LJMP READY3
       BB:          LJMP READY4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CC:         CJNE R5,#1,FF
            CJNE R6,#0,DD
            LJMP READY2
DD:         CJNE R6,#1,EE
            LJMP READY3
EE:         LJMP READY4

FF:         CJNE R5,#2,II
            CJNE R6,#0,GG
            LJMP READY2
GG:         CJNE R6,#1,HH
            LJMP READY3
HH:         LJMP READY4

II:         LCALL CLR_LCD
            LCALL CHARERR
            LCALL DELAY_B

            CJNE R6,#1,JJ
            MOV R5,#00H
            MOV R6,#00H
            LJMP READY2
JJ:         CJNE R6,#2,KK
            DEC R6
            LJMP READY3
KK:         DEC R6
            LJMP READY4

NUM_SHARP:  CJNE R5,#3,ERROR
            cjne r6,#1,re
            sjmp ready3
re:         cjne r6,#2,send_data
            sjmp ready4

NUM_STAR:   LCALL ERROR
            RET

READY3:     MOV R5,#00H
            MOV RR5,RR4
            LCALL CLR_LCD
            CLR A
            MOV DPTR,#MENU
            MOV R4,#8
            MOV A,#80H
            ACALL SEND_LCD
            LCALL DELAY_C
            MOV DPTR,#MENUU
            MOV R4,#1
            MOV A,#0C0H
            ACALL SEND_LCD
            LCALL DELAY_C
            MOV R5,#00H
            MOV RR5,RR4
            RET

READY4:     MOV R5,#00H
            MOV RR6,RR4
            LCALL CLR_LCD
            CLR A
            MOV DPTR,#AMOUNT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV R4,#8
                MOV A,#80H
                ACALL SEND_LCD
                LCALL DELAY_C
                MOV DPTR,#AMOUNTT
                MOV R4,#3
                MOV A,#0C0H
                ACALL SEND_LCD
                LCALL DELAY_C
                MOV R5,#00H
                RET


SEND_DATA:      LCALL CLR_LCD ;
                ACALL CHA_OK  ;
                LCALL DELAY_C ;

                MOV RR7,RR4
                MOV R5,#00H
                MOV R6,#00H

                MOV PCON,#00H
                MOV SCON,#40H
                MOV TMOD,#20H
                MOV TH1,#01DH; baud 3k
                SETB TR1
Check_Byte:     mov a,rr5
                clr c
                add a,rr6
                addc a,rr7
                cpl a
                add a,#01h
                mov Check,a


                MOV SBUF,RR5
WAIT_TABLE:     JNB TI,WAIT_TABLE
                CLR TI
      ;          acall delay
                MOV SBUF,RR6
WAIT_MENU:      JNB TI,WAIT_MENU
                CLR TI
      ;          acall delay
                MOV SBUF,RR7
WAIT_AMOUNT:    JNB TI,WAIT_AMOUNT
                CLR TI
                mov sbuf,check
wait_check:     jnb ti,wait_check
                clr ti


                LCALL DELAY_B
                LCALL CLR_LCD
                LCALL READY2
                RET
;#################################################################

      CHAR1:    CLR A
                MOV DPTR,#ONE
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV R4,#1
                LCALL SEND_LCD
                RET
CHAR2:          CLR A
                MOV DPTR,#TWO
                MOV R4,#1
                LCALL SEND_LCD
                RET
CHAR3:          CLR A
                MOV DPTR,#THREE
                MOV R4,#1
                LCALL SEND_LCD
                RET
CHAR4:          CLR A
                MOV DPTR,#FOUR
                MOV R4,#1
                LCALL SEND_LCD
                RET
CHAR5:          CLR A
                MOV DPTR,#FIVE
                MOV R4,#1
                LCALL SEND_LCD
                RET
CHAR6:          CLR A
                MOV DPTR,#SIX
                MOV R4,#1
                LCALL SEND_LCD
                RET
CHAR7:          CLR A
                MOV DPTR,#SEVEN
                MOV R4,#1
                LCALL SEND_LCD
                RET
CHAR8:          CLR A
                MOV DPTR,#EIGHT
                MOV R4,#1
                LCALL SEND_LCD
                RET
CHAR9:          CLR A
                MOV DPTR,#NINE
                MOV R4,#1
                LCALL SEND_LCD
                RET
CHAR0:          CLR A
                MOV DPTR,#ZERO
                MOV R4,#1
                LCALL SEND_LCD
                RET
CHARERR:        CLR A
                MOV DPTR,#ERRORS
                MOV R4,#6
                MOV A,#80H
                LCALL SEND_LCD
                RET
CHA_OK:         CLR A
                MOV DPTR,#OK
                MOV R4,#8
                MOV A,#80H
                LCALL SEND_LCD
                RET
ORDER:          DB '@ ORDER REMOTE @'
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  REMOTE:         DB 'REMOTE @'
   TABLE:         DB 'TABLE NO'
  TABLEE:         DB '. '
     ONE:         DB '1'
     TWO:         DB '2'
   THREE:         DB '3'
    FOUR:         DB '4'
    FIVE:         DB '5'
     SIX:         DB '6'
   SEVEN:         DB '7'
   EIGHT:         DB '8'
    NINE:         DB '9'
    ZERO:         DB '0'
  ERRORS:         DB 'ERROR!'
    MENU:         DB 'MENU NO.'
   MENUU:         DB ' '
  AMOUNT:         DB 'AMOUNT N'
 AMOUNTT:         DB 'O. '
      OK:         DB '     OK'
   ;##############DELAY#########################
   DELAY:         MOV R3,#20H
  DELAY1:         MOV R0,#00H
                  DJNZ R0,$
                  DJNZ R3,DELAY1
                  DJNZ R2,DELAY
                  RET
DELAY_C:
                  MOV R0,#40H
                  DJNZ R0,$
                  RET
DELAY_B:          MOV R3,#12H
DELAYB1:          MOV R0,#00H
                  DJNZ R0,$
                  DJNZ R3,DELAYB1
                  DJNZ R2,DELAY_B
                  RET
DELAY_A:          MOV R3,#01H
                  DJNZ R3,$
                  DJNZ R2,DELAY_A
                  RET

                  END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมของตัวลูก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*************************************
;         CODE OF TRANSMISSION
;*************************************

        ACK             EQU     06H
        BUFFER          EQU     30H

        TXCON           BIT     P0.0
        RS232           BIT     P0.2
        RS485           BIT     P0.1
        RXF             BIT     00H

;********* INTERNAL RAM BUFFER *********

                ORG     0000H
                DS      22H
        ROOM:           DS      1
        COMMAND:        DS      1
        DATABUF:        DS      16
        DATAEMP:        DS      6
        FCS:            DS      2
        STACKPT:        DS      56

;************ PROGRAM ADDRESS ************

                ORG     0000H
                LJMP    INIT

                ORG     0023H
                LJMP    TxRxISR

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

                ORG     0030H
        INIT:   MOV     SCON,#0D0H
                MOV     TMOD,#21H
                MOV     PCON,#00H
                MOV     TH1,#0FDH
                MOV     SP,#STACKPT
                MOV     IE,#80H
                SETB    TR1
;*************************************
;               MAIN PROGRAM
;*************************************

          M0:   MOV     R7,#1FH
        MAIN:   MOV     A,R7
                ACALL   TXD2_ADDR
                ACALL   RXD2
                JNB     RXF,MAIN1
                CJNE    A,#00H,MAIN1
                ACALL   RECEIVE
                ACALL   SEND
       MAIN1:   INC     R7
                DJNZ    R7,MAIN
                SJMP    MAIN

     RECEIVE:   LCALL   RXD2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     BUFFER,A
                LCALL   RXD2
                MOV     BUFFER+1,A
                LCALL   RXD2
                MOV     BUFFER+2,A
                RET

SEND:           MOV     A,#00H
                LCALL   TXD1
                MOV     A,BUFFER
                LCALL   TXD1
                MOV     A,BUFFER+1
                LCALL   TXD1
                MOV     A,BUFFER+2
                LCALL   TXD1
                RET

;***************************************
TXD1:           SETB    RS485
                CLR     RS232
                SETB    TB8
                MOV     SBUF,A
                JNB     TI,$
                CLR     TI
                RET

;***************************************
TXD2_DATA:      CLR     RS485
                SETB    RS232
                SETB    TXCON
                CLR     TB8
                MOV     SBUF,A
                JNB     TI,$
                CLR     TI
                CLR     TXCON
                RET

;***************************************
TXD2_ADDR:      CLR     RS485
                SETB    RS232
                SETB    TXCON
                SETB    TB8
                MOV     SBUF,A
                JNB     TI,$
                CLR     TI
                CLR     TXCON
                RET

;***************************************
RXD1:           SETB    RS485
                CLR     RS232
                JNB     RI,$
                CLR     RI
                MOV     A,SBUF
                RET

;***************************************
RXD2:           CLR     RS485
                SETB    RS232
                CLR     TXCON
                SETB    ES
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CLR     RXF
                MOV     TH0,#00H
                MOV     TL0,#00H
                SETB    TR0
                JNB     TF0,$
                CLR     ES
                CLR     TF0
                CLR     TR0
                RET

;*****************************************
TxRxISR:        CLR     TR0
                SETB    RXF
                CLR     ES
                SETB    TF0
                CLR     RI
                MOV     A,SBUF
                RETI

DELAY:          MOV     R2,#20H
DELAY1:         MOV     R3,#00H
DELAY2:         MOV     R4,#00H
                DJNZ    R4,$
                DJNZ    R3,DELAY2
                DJNZ    R2,DELAY1
                RET
                END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมของส่วนคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Dim Buffer(10) As String
Dim Number As Integer
Dim Text As String
Dim Lenght As Integer


Private Sub cmdRecord_Click()
frmRecord.Show
End Sub

Private Sub Command1_Click()
With Billing.Recordset
If Text1.Text <> "" Then
If .RecordCount <> 0 Then
    .MoveFirst
    Do
        .Delete
        .MoveNext
    Loop Until .EOF
End If
    FoodOrders.Recordset.MoveFirst
    Billfrm.Text1 = 0
    Do
        If FoodOrders.Recordset!tablename = Text1.Text Then
            If FoodOrders.Recordset!Bill = False Then
                .AddNew
                !Table = FoodOrders.Recordset!tablename
                !FoodName = FoodOrders.Recordset!foodmenu
                !price = FoodOrders.Recordset!price
                !amount = FoodOrders.Recordset!Order
                !totalprice = Val(!price) * Val(!amount)
                Billfrm.Text1 = Val(Billfrm.Text1) + Val(!totalprice)
                .Update
                FoodOrders.Recordset.Edit
                FoodOrders.Recordset!Bill = True
                FoodOrders.Recordset.Update
            End If
        End If
        FoodOrders.Recordset.MoveNext
    Loop Until FoodOrders.Recordset.EOF
    Billfrm.Text1 = Billfrm.Text1
    Billfrm.Show
    Billfrm.Billing.Refresh
Else
    MsgBox ("Please Enter Table for Clear Bill"), vbCritical, "Enter
Again"
End If
End With
End Sub

Private Sub Form_Load()
    MSComm1.CommPort = 1
    MSComm1.InputLen = 1
    MSComm1.Settings = "9600,n,8,1"
    Timer1.Interval = 3000
    Timer1.Enabled = True
    MSComm1.PortOpen = True
    FoodOrders.Refresh

End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub OK_Click()
Text = Order.Text
    FoodOrders.Recordset.MoveFirst
    Do
    If Text = FoodOrders.Recordset!Number Then
        FoodOrders.Recordset.Edit
        FoodOrders.Recordset!Remark = " OK "
        FoodOrders.Recordset.Update
    End If
        FoodOrders.Recordset.MoveNext
    Loop Until FoodOrders.Recordset.EOF
    FoodOrders.Refresh
End Sub

Private Sub Timer1_Timer()
MSComm1.InputLen = 1
If MSComm1.InBufferCount Then
    Buffer(0) = MSComm1.Input
    If Buffer(0) = Chr(0) Then
        MSComm1.InputLen = 3
        If MSComm1.InBufferCount Then
            Buffer(0) = MSComm1.Input
            Buffer(1) = Asc(Left(Buffer(0), 1))
            Buffer(2) = Asc(Right(Left(Buffer(0), 2), 1))
            Buffer(3) = Asc(Right(Buffer(0), 1))
            FoodName.Recordset.MoveFirst
            With FoodOrders.Recordset
            Do
                If Buffer(2) = FoodName.Recordset!code Then
                    .AddNew
                    !Number = Number
                    !tablename = Buffer(1)
                    !foodmenu = FoodName.Recordset!FoodName
                    !Order = Buffer(3)
                    !Time = Format(Time, "hh:mm:ss")
                    !Date = Format(Date, "dd/mm/yyyy")
                    !price = FoodName.Recordset!price
                    .Update
                    FoodOrders.Refresh
                    FoodOrders.Recordset.MoveLast
                    Number = Number + 1
                End If
                FoodName.Recordset.MoveNext
            Loop Until FoodName.Recordset.EOF
            End With
        End If
    End If

End If

End Sub

Private Sub ClrCmd_Click()
    With FoodOrders.Recordset
    If .RecordCount <> 0 Then
        .MoveFirst
        Do Until .EOF
        FdRecord.Recordset.AddNew
        FdRecord.Recordset!Time = !Time
        FdRecord.Recordset!Date = !Date
        FdRecord.Recordset!foodmenu = !foodmenu
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            FdRecord.Recordset!Order = !Order
            FdRecord.Recordset!price = !price
            FdRecord.Recordset.Update
            .Delete
            .MoveNext
            Loop
        End If
        End With
        FoodOrders.Refresh
        Number = 1
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ รศ.สมยศ จุณณะปิยะ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ อุปกรณ์ หนังสืออ้างอิง และให้คำปรึกษาในการทำโครงงานมาโดยตลอด และให้ความช่วยเหลือในทุก ๆ ด้าน จนทำให้ชิ้นงานและปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้จัดทำ

21/3/2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

[1] อภินันท์ มัณยานนท์, " การสื่อสารเส้นใยแสง ", พิมพ์ครั้งที่ 7, กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, 2537

[2] มานะ ศรียุทธศักดิ์, กฤษดา วิศวธีรานนท์, " เทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำ ", พิมพ์ครั้งที่1, กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย – ญี่ปุ่น), 2536

[3] สมเกียรติ ศุภเดช, " สิ่งประดิษฐ์สารกึ่งตัวนำ ", พิมพ์ครั้งที่6, กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง, 2538

[4] แผนกหนังสือพิเศษด้านอิเล็คทรอนิคส์, " รีโมต เครื่องควบคุมไร้สาย ", กรุงเทพฯ: บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น, 2538

[5] สมยศ จุณณะปิยะ , " การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51" , กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล., 2537

[6] กฤษดา ใจเย็น, อรรถพล บุญยะโภคา, ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล , " เรียนรู้และปฏิบัติการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ภายนอกผ่านพอร์ตอนุกรม" , กรุงเทพฯ: บริษัทอินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์ จำกัด

[7] บริษัทศิลารีเสิร์ช จำกัด , " การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ เล่ม 1" , กรุงเทพฯ: ศูนย์การค้าพระโขนง

[8] บริษัท อีทีที จำกัด , " Dot Matrix LCD Module" , กรุงเทพฯ: ศูนย์การค้าพระโขนง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้