สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องตรวจวัดหาจุดชำรุดของสายเคเบิล

LINE FAULT METER

นาย ณรงค์กร ทองม่วง

นาย พงศธร อจละนันท์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 50223
วัน,เดือน,ปี 28 เม.ย. 2547

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LINE FAULT METER

NARONGKRON THONGMAUNG

PHONGSATHORN AJALANANT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องตรวจวัดหาจุดชำรุดของสายเคเบิล
LINE FAULT METER

นักศึกษาผู้จัดทำ นายณรงค์กร ทองม่วง **รหัสประจำตัว** 43015461

นายพงศธร อจละนันท์ **รหัสประจำตัว** 43015473

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2545

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.วิศรุต ศรีรัตนะ	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันอังคารที่ 22 เมษายน พ.ศ. 2546

สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว

(ผศ.ประสิทธิ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องตรวจวัดหาจุดชำรุดของสายเคเบิล
LINE FAULT METER

นักศึกษาผู้จัดทำ นาย ณรงค์กร ทองม่วง
นาย พงศธร อจละนันท์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. วิศรุต ศรีรัตนะ

ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นการนำเสนอแนวทางและวิธีการ ออกแบบและสร้างเครื่องมือวัดหาระยะจุดชำรุดของสายเคเบิล และบอกลักษณะการชำรุดของสายเคเบิล โดยอาศัยหลักการของการเกิดคลื่นสะท้อน จากการส่งสัญญาณคลื่นพัลส์ ที่มีความกว้างพัลส์ที่เหมาะสมเข้าไปในสายเคเบิลที่เกิดการชำรุด เมื่อคลื่นเดินทางไปถึงจุดที่เกิดการชำรุดของสายเคเบิล จะทำให้คลื่นไม่สามารถเดินทางต่อไปได้ จึงทำให้เกิดการสะท้อนกลับของคลื่นสัญญาณพัลส์ที่ส่งเข้าไป ช่วงเวลาที่คลื่นเดินทางไปและกลับ และลักษณะของรูปคลื่นสะท้อนกลับ จะถูกตรวจสอบโดยวงจรตรวจจับคลื่น และมีการส่งสัญญาณต่อไปเพื่อประมวลผล และแสดงตำแหน่งและชนิดของการชำรุดของสายเคเบิลที่เกิดการชำรุด โครงสร้างโดยรวมของโครงงานนี้ จะประกอบด้วย วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ วงจรตรวจจับคลื่น วงจรนับเวลา ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8052 ในส่วนของการควบคุมและประมวลผล และมีการแสดงผลออกทางจอ แอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Line Fault Meter
Authors	Mr.Narongkron Thongmaung
	Mr.Phongsathorn Ajalanant
Thesis Advisor	Asst.Prof.Witsarut Sriratana
Year	2002

ABSTRACT

This thesis present design and implement a line fault meter which test a cable line 750 V cover with PVC insulator. This thesis based on pulse echo principles by transmitting pulse into the cable. Pulse will be reflected when meet the damage of cable. The round time trip and reflected waveform can be detected by pulsedetector circuit. The microcontroller will be display position and type of occurred damage. System of line fault detector compose by pulse generator circuit, pulse detector, counter, display unit, control unit and processor. From testing, we conclude that line fault meter can be meet damage position and type of damage for the cable.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเพราะได้รับความเมตตาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิศรุต ศรีรัตนะ ที่ได้ให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน ที่ให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

และที่ลืมเสียมิได้ คือ ขอกราบขอบพระคุณคุณพ่อ คุณแม่ อันเป็นที่รักยิ่ง ที่สนับสนุนและเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II

กิตติกรรมประกาศ III

สารบัญ IV

สารบัญตาราง VII

สารบัญรูป VIII

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญ 1

1.2 วัตถุประสงค์ 1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์ 1

1.4 ขั้นตอนการทำปริญญานิพนธ์ 1

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 ทฤษฎีสายส่ง 3

2.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของสายส่ง 3

2.2 ค่าคงที่ของสาย 3

2.3 คลื่นจรในสายส่ง 5

2.4 คลื่นเคลื่อนที่ 6

2.5 คลื่กระแสและเสิร์จอิมพีแดนซ์ 6

2.6 การต่อโหลดเข้ากับสายส่ง 7

2.7 การสะท้อนกลับของคลื่นในสายส่ง 10

2.8 สัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ 10

2.9 การรวมกันของคลื่น 11

2.10 การหาตำแหน่งและการจำแนกฟอลต์ 13

2.11 การหาตำแหน่งของจุดที่เกิดฟอลต์ 14

บทที่ 3 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 16

3.1 MCS-51 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.1.1 คุณสมบัติทั่วไปของ MCS-51ไมโครคอนโทรลเลอร์.....16

3.1.2 โครงสร้างภายนอกของ MCS-51 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....17

3.1.3 โครงสร้างภายในของ MCS-51 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....19

3.1.4 การเขียนโปรแกรมภาษาแอสแซมบลี.....21

3.1.5 การใช้งานรีจิสเตอร์.....21

3.1.6 การจัดสรรหน่วยความจำบน MCS-51 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....22

3.2 8255 กับ MCS-51 ไมโครคอนโทรลเลอร์.....23

บทที่ 4 การออกแบบวงจรของระบบ..... 30

4.1 บล็อคไดอะแกรมและการออกแบบวงจร.....30

4.1.1 ส่วนวงจรกำเนิดพัลส์.....30

4.1.2 ส่วนตรวจจับพัลส์.....33

4.1.3 ส่วนรวมสัญญาณ.....37

4.1.4 Data Flip Flip วงจรแปลงสัญญาณ.....39

4.1.5 Pulse Amplitude Modulation : PAM.....42

4.1.6 8 Bits Counter.....43

4.1.7 ระบบสัญญาณนาฬิกา.....44

4.2 การออกแบบส่วนของ MPU “LCD”.....45

4.2.1 การออกแบบส่วนของ MPU และอุปกรณ์อินเตอร์เฟส.....45

4.2.2 คีย์อินเตอร์เฟส.....45

4.2.3 การอินเตอร์เฟส จอแสดงผล แอลซีดี.....46

4.2.4 การต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์.....48

4.2.5 การต่อแบบ I/O พอร์ต.....48

4.2.6 รายละเอียดของแต่ละคำสั่ง.....50

4.2.7 การอ่านและเขียนข้อมูลกับ DDRAM/CGRAM.....53

4.2.8 แนวทางการเขียนโปรแกรมควบคุม.....54

4.2.9 การโหลดอักษรที่ออกแบบเอง.....55

4.2.10 ข้อมูลอินเตอร์เฟส.....55

4.2.11 CPU & I/O พอร์ต.....55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 FLOW CHART และการทำงานของระบบ.....57

5.1 โฟลว์ชาร์ทแสดงการทำงานของวงจร.....57

บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง.....59

6.1 การทดลองและผลการทดลอง.....59

6.1.1 การทดลองการใช้งานของเครื่อง.....59

บทที่ 7 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง.....62

7.1 สรุปผลการทดลอง.....62

7.1.1 สรุปโดยรวมจากการทดลอง.....62

7.1.2 สรุปผลการออกแบบใช้งาน.....62

7.2 แนวทางการพัฒนา.....62

บรรณานุกรม.....64

ภาคผนวก.....65

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

3.1 แสดงคุณสมบัติของ MCS-51 ไมโครคอนโทรลเลอร์....16

3.2 แสดงหน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต 3....18

4.1 แสดงเงื่อนไขการตรวจจับชนิดการชำรุดของสายทดสอบโดยแปลงเป็นลอจิก....39

4.2 แสดงขาสัญญาณของ แอลซีดี โมดูล....47

6.1 แสดงผลการทดลอง....60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 คุณสมบัติของสาย....3
2.2 ลักษณะวงจรสมมูลของสาย....4
2.3 คุณลักษณะของสายส่ง....5
2.4 การกระจายของคลื่น Sine Wave ในสายส่ง....6
2.5 รูปคลื่นแรงดันและกระแสของคลื่นจร....7
2.6 กรณีลัดวงจร....8
2.7 เวกเตอร์ของแรงดันไฟฟ้า และกระแสของสายลัดวงจร....8
2.8 กรณีเปิดวงจร....9
2.9 เวกเตอร์ของแรงดันไฟฟ้า และกระแสของสายที่เปิดวงจร....9
2.10 การสะท้อนกลับเมื่อ $Z_i = Zo$....11
2.11 การรวมกันของคลื่นกระแสและแรงดัน....12
2.12 การรวมกันของคลื่น....13
2.13 การจำแนกชนิดและวัดค่าเวลาการชำรุดของสายเคเบิล....13
2.14 การเปลี่ยนแปลงขนาดของคลื่นสะท้อนจากผลของความต้านทานฟอลต์....14
3.1 การจัดของ MCS-51 ไมโครคอนโทรลเลอร์....17
4.1 เอาท์พุทของภาคกำเนิดสัญญาณพัลส์....30
4.2 ลักษณะการซ้อนทับกันของคลื่นขาส่งและคลื่นสะท้อนกลับกรณีเปิดวงจร....31
4.3 ลักษณะการซ้อนทับกันของคลื่นขาส่งและคลื่นสะท้อนกลับกรณีปิดวงจร....31
4.4 วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์....32
4.5 Block Diagram รายละเอียดส่วนตรวจจับพัลส์....33
4.6 ลักษณะสัญญาณสะท้อนกลับแบบบวก....33
4.7 ลักษณะสัญญาณสะท้อนกลับแบบลบ....34
4.8 วงจรตรวจจับพัลส์บวก....35
4.9 เอาท์พุทของวงจรตรวจจับพัลส์บวก....36
4.10 วงจรตรวจจับพัลส์ลบ....36
4.11 เอาท์พุทของวงจรตรวจจับพัลส์ลบ....37
4.12 Block Diagram ส่วนรวมสัญญาณ....37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.13 วงจรรวมสัญญาณ....38
4.14 เปรียบเทียบอินพุทและเอาท์พุทของวงจรรวมสัญญาณ....38
4.15 Block Diagram การทำงานของ Data Flip Flop....39
4.16 วงจรของ Data Flip Flop ทั้งสองตัว....40
4.17 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทของ D-FF1....41
4.18 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทของ D-FF2....41
4.19 แสดงการทำงานของวงจร PAM....42
4.20 อินพุทและเอาท์พุทของวงจร PAM....42
4.21 Block Diagram ของภาคการนับ 8 บิต....43
4.22 วงจร 8 บิต เคาเตอร์....44
4.23 สัญญาณความถี่ 10 เมกกะเฮิร์ต....45
4.24 แสดงการวางตำแหน่งคีย์บนหน้าปัทท์เครื่อง....45
4.25 วงจรการต่อคีย์กับ Port ของ 8255....46
4.26 วงจรการอินเตอร์เฟสแบบ Memory Map....48
4.27 วงจรการอินเตอร์เฟสแบบ I/O Port....49
4.28 แสดงอินพุทและเอาท์พุทของระบบโดยรวม....56
5.1FLOW CHART แสดงการทำงานของระบบ....57
6.1 แสดงลักษณะสายที่ใช้ทดสอบขนาด 750 V 4X4 SQ.M.M....60
6.2 แสดงการทดสอบกับสายเคเบิล....60
6.3 แสดงภาพโดยรวมของวงจร....61
6.4 แสดงผลที่ได้จากการทดลองทาง แอลซีดี....61

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

เมื่อเกิดการชำรุดของสายเคเบิลที่มีระยะทางไกล ๆ และมีความสำคัญมาก ซึ่งไม่ว่าจะเกิดจากสาเหตุใดก็ตามย่อมก่อให้เกิดการเสียหายได้ ในอดีตมีเครื่องมือวัดที่อาศัยหลักการลูป และบริดจ์ แล้วเทียบความยาวสายจากค่าความต้านทานที่วัดได้ แต่ก็มีปัญหา คือ เกิดความคลาดเคลื่อนจากการวัดมีมาก ในปัจจุบันเทคโนโลยีสารกึ่งตัวนำได้ก้าวหน้าไปมาก จึงสามารถประยุกต์เอาสัญญาณแอนาลอก ส่งเข้าไปในสายที่จะทำการทดสอบแล้วรับสัญญาณกลับมาแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลทั้งหมด เราจึงนำสัญญาณดิจิตอลนี้ไปทำการประมวลผลได้ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งมีขนาดเล็ก และราคาก็ไม่แพงจนเกินไป และเมื่อผ่านการประมวลผลแล้วยังสามารถแสดงผลจากการวัดได้โดยจอ แอลซีดี ซึ่งทำให้สามารถทราบผลจากการวัดได้ทันที ไม่ต้องเสียเวลาในการคำนวณ ซึ่งมีความสะดวกในการใช้งานเป็นอย่างมาก อุปกรณ์แบบนี้ในต่างประเทศมีการผลิตจำหน่ายแล้ว แต่มีราคาแพงมาก

1.2 วัตถุประสงค์

จากปัญหาการผิดพลาดจากการวัด และเหตุผลต่าง ๆ ที่กล่าวมานั้น จึงได้คิดสร้างอุปกรณ์ตรวจวัดหาระยะการชำรุดของสายเคเบิลขึ้น ซึ่งสามารถลดความผิดพลาดจากการวัดให้น้อยลงได้ มีประสิทธิภาพในการวัดมากขึ้น ลดเวลาในการหาระยะชำรุดของสายเคเบิลเพื่อลดค่าเสียหายที่เกิดขึ้น และมีฟังก์ชั่นการใช้งานที่ง่ายและสะดวก และ ลดต้นทุนในการสร้างให้ต่ำที่สุด และเพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไป

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

ในการทำโครงงาน เครื่องตรวจวัดหาจุดชำรุดของสายเคเบิลสามารถวัดหาระยะจากจุดวัดถึงจุดที่เกิดการชำรุดได้โดยมีค่าผิดพลาดน้อยที่สุด และสามารถบอกถึงสาเหตุของการชำรุดได้ว่าเกิดการชำรุดจาก open circuit หรือ short circuit และมีการแสดงผลที่วัดได้ออกทาง แอลซีดี และคาดหวังที่จะพัฒนาให้สามารถใช้ในภาคสนามได้จริงต่อไป

1.4 ขั้นตอนในการทำปริญญานิพนธ์

1. ศึกษาการเกิดคลื่นสะท้อนในสายเคเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ศึกษาลักษณะของสัญญาณพัลส์ที่ส่งเข้าไปในสายเคเบิล
3. ศึกษาการสร้างความถี่โดยการปรับความกว้างพัลส์
4. ศึกษาการใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51
5. สร้างวงจรเพื่อทดสอบการทำงานของแต่ละส่วน
6. นำทุกส่วนมารวมกันเป็นวงจรรวมของระบบและศึกษาเอาท์พุทของวงจร
7. ทำการทดสอบวัดสายเคเบิล
8. สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

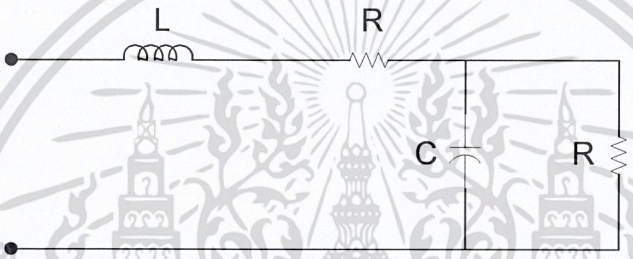
ประโยชน์จากโครงงานนี้ยังไม่เกิดเป็นรูปธรรมมากนัก เนื่องจากโครงงานนี้เป็นเพียงหลักการและแนวทางในการออกแบบเครื่องตรวจวัดหาจุดชำรุดของสายเคเบิล ซึ่งต้องมีการพัฒนาอีกหลายระดับ ซึ่งความต้องการของโครงงานนี้ คือทำให้เครื่องทำงานตามขอบเขตและเป้าหมายที่ได้วางเอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีสายส่ง

2.1 คุณสมบัติเบื้องต้นของสายส่ง

ลักษณะทางอิมพีแดนซ์ของสาย (Characteristic Impedance) เป็นคุณสมบัติเฉพาะของสายที่ผลิตจากโรงงาน ความแตกต่างของค่า Z_0 ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติทางฟิสิกส์ของสาย เช่น โลหะที่นำมาทำเป็นตัวนำ,ระยะห่างระหว่างตัวนำทั้งสอง,ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตัวนำ แต่ค่า Z_0 จะเปลี่ยนแปลงน้อยมากเมื่อความถี่ที่ใช้งานเปลี่ยนแปลง และค่า Z_0 จะคงที่ตลอดความยาวของสายส่ง



รูปที่ 2.1 คุณสมบัติของสาย

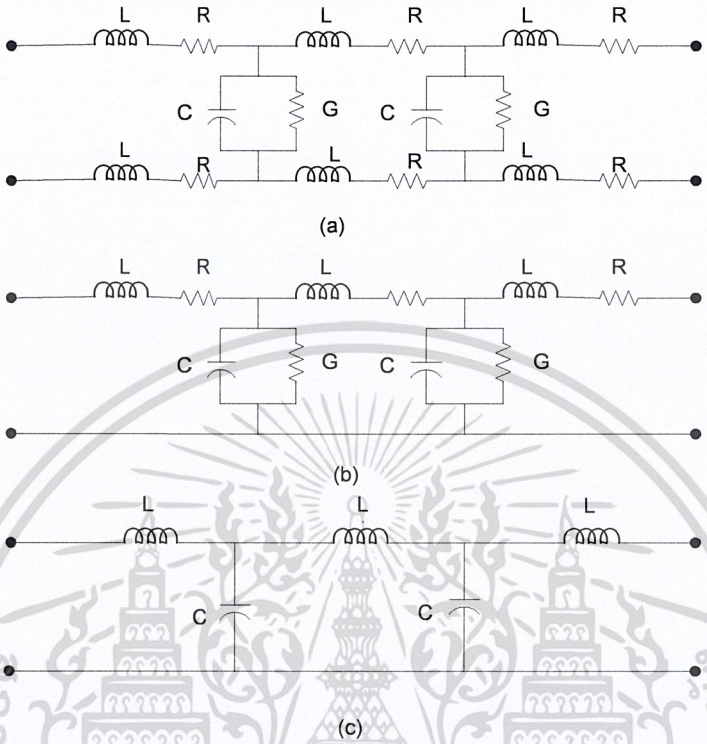
เมื่อ L คือ ค่าความเหนี่ยวนำของสายต่อหน่วยความยาว (H/m)
R คือ ค่าความต้านทานของสายต่อหน่วยความยาว (Ω/m)
C คือ ค่าความจุของสายต่อหน่วยความยาว (F/m)
G คือ ค่าความนำของสายต่อหน่วยความยาว (S/m)
ค่าคงที่ของสายทั้ง 4 ค่า เรียกว่า "ค่าคงที่ของสาย" (Line Constant)

2.2 ค่าคงที่ของสาย (Line Constant)

จะเห็นว่าคุณสมบัติเฉพาะตัวของตัวนำต่างๆ มีส่วนเข้ามาเกี่ยวข้องในเรื่องของสายส่ง เมื่อตัวนำไฟฟ้าใดๆก็ตามที่มีกระแสไหลจะมีเส้นแรงแม่เหล็กสถิตอยู่รอบๆตัวนำนั้นๆ และถ้ากระแสมีการเปลี่ยนแปลงจะทำให้เส้นแรงแม่เหล็กเหล่านี้เปลี่ยนแปลงด้วย และผลนี้ทำให้เกิด Back e.m.f. ขึ้นเพื่อต้านทานการเปลี่ยนแปลง และเป็นคุณสมบัติของ Inductance นั่นคือสายส่งเส้นหนึ่งย่อมมี Inductance และ Capacitance ประกอบด้วยตัวนำ 2 อันวางแยกจากกันโดยมีฉนวนกั้น ดังนั้นสายส่งกำลังอยู่ในคำจำกัดความของ Capacitor และภายในตัวนำก็มีความต้านทานประกอบด้วย ซึ่งค่าความต้านทานขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุนั้นๆ ความยาว และพื้นที่หน้าตัดของสายส่งด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นสายส่งจึงมีค่าคงที่ ประกอบด้วยค่าตัวเก็บประจุ (Capacitance) ค่าความต้านทาน (Resistance) ค่าความเหนี่ยวนำ (Inductance) และค่าความนำ (Conductance) ต่ออยู่ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ลักษณะวงจรสมมูลของสาย

ในรูป A รวมค่า Resistance และ Inductance ของสายทั้งสองเข้าด้วยกัน และรูป B คือ ค่าความนำ (Conductance) + (1/(Resistance)) ซึ่งมีค่าน้อยมากประมาณศูนย์จึงตัดออกได้ดังรูป C

ในกรณีของสายส่งเส้นเดียววางขนานกับพื้นดิน และสมมุติให้ความต้านทานของพื้นดินมีค่าเท่ากับศูนย์ ดังนั้นค่าความเหนี่ยวนำของสายส่งต่อหน่วยความยาว

$$L = (2\times10^{-7})\ln(2h/r) \quad \text{H/m} \quad (2.1)$$

$$L = (7.410\times10^{-4})\log(2h/r) \quad \text{H/mi} \quad (2.2)$$

และค่าความจุไฟฟ้าของสายต่อหน่วยความยาว

$$C = 10^{-11}/(18\times\log(2h/r)) \quad \text{F/mi} \quad (2.3)$$

$$L = 3.882\times10^{-8}/\log(2h/r) \quad \text{H/mi} \quad (2.4)$$

เมื่อ h คือ ความสูงจากพื้นดิน

r คือ รัศมีของสายตัวนำในหน่วยเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีของสายเคเบิลที่เสิร์จเกิดขึ้นเป็นช่วงสั้นๆ ไม่คิดฟลักซ์แม่เหล็กในตัวนำและกระแสไหลในตัวนำทั้งขาไปและขากลับ

$$L = (7.410 \times 10^{-7}) \log (2h/r) \quad H/mi \quad (2.5)$$

$$C = (3.882 \times 10^{-7})\epsilon_r / \log (r_1/r_2) \quad F/mi \quad (2.6)$$

เมื่อ r_1 คือ รัศมีตัวนำ

r_2 คือ รัศมีภายในของเปลือกโลหะของตัวนำในหน่วยเดียวกัน

ϵ_r คือ ค่าเปอร์มิตติวิตี้ของสาย

ดังนั้นเสิร์จอิมพีแดนซ์ของสายตัวนำเดี่ยว

$$Z_0 = (L/C)^{1/2} \quad \Omega \quad (2.7)$$

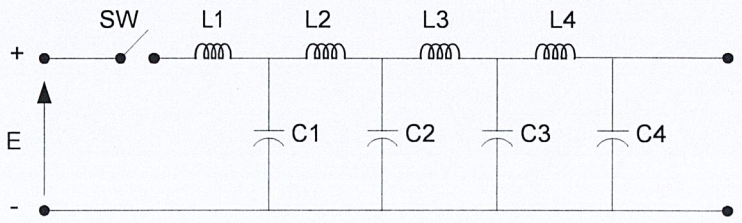
$$Z_0 = 138 \text{In} (2h/r) \quad \Omega \quad (2.8)$$

สำหรับสายเคเบิล $Z_0 = 138 \text{In}(r_1/r_2)/ \epsilon_r^{1/2}$ Ω (2.9)

2.3 คลื่นจรในสายส่ง

ในสายส่งพลังงานไฟฟ้าจะประกอบด้วยองค์ประกอบของค่าคงที่ คือ ความต้านทาน (R) ความเหนี่ยวนำ (L) และค่าความจุไฟฟ้า (C) เล็กๆต่อกันอยู่ตลอดความยาวสาย โดยที่ความต้านทานจะมีค่าน้อยมาก เมื่อเทียบกับค่าความเหนี่ยวนำต่ออนุกรมกัน และมีตัวเก็บประจุต่อขนานกันตลอดความยาวสาย

เมื่อสายส่งได้รับแรงดัน จะเกิดแรงดันชั่วขณะขึ้นในสายส่งเป็นคลื่นจรวิ่งไปภายในสายส่ง ที่เป็นเช่นนี้ เนื่องจากค่า Capacitance ในสายส่งจากรูปวงจรสมมูลของสายส่ง C ตัวแรกทำการ charge ประจุโดยมีกระแสไหลผ่านมาจาก L_1 เมื่อ C_1 charge เต็มเท่ากับแรงดันของแหล่งจ่ายขณะที่ C_1 ทำการ charge แรงดันจะถูก charge ให้ C_2 ด้วยโดยมีกระแสไหลผ่าน L_2 แต่เป็นเวลาหลังจาก C_1 ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าเวลาที่จำกัดแน่นอนอันหนึ่งต้องใช้ไปก่อนที่ C ตัวสุดท้ายจะ charge ได้และมีแรงดันไปปรากฏที่จุดสุดท้ายของสายส่ง

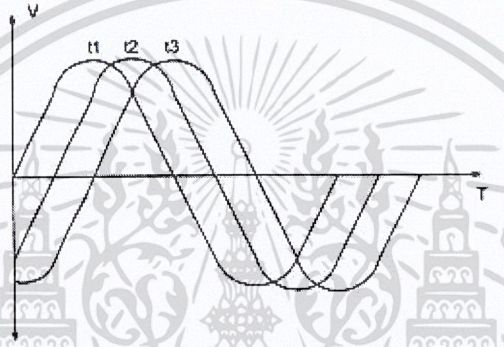


รูปที่ 2.3 คุณลักษณะของสายส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 คลื่นเคลื่อนที่ (Traveling Wave)

การเดินทางของคลื่นในสายส่งจะเหมือนกับการสะบัดเชือก จะเกิดขึ้นในตลอดความยาวของสายซึ่งเปลี่ยนแปลงตามเวลา โดยผลประกอบของการหน่วงขององค์ประกอบในสายส่งนั่นเอง คลื่นจรจะเคลื่อนที่ไปตลอดความยาวของสาย โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่าง ถ้าความยาวสายนั้นมีความยาวเป็นอนันต์ เมื่อป้อน Sine Wave เข้าไปในสายที่มีความยาวเป็นอนันต์ ความแตกต่างของเฟสในรูปคลื่นจะถูกกระจายไปตามระยะห่างของสายส่ง เนื่องจากการเคลื่อนที่ของคลื่นที่ระยะห่าง t_1, t_2 และ t_3



รูปที่ 2.4 การกระจายของคลื่น Sine Wave ในสายส่ง

จากรูปเห็นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของค่าแรงดันครบรอบอย่างสมบูรณ์คือจากค่าที่มากที่สุดทางบวกลงมาศูนย์แล้วกลับลงไปมากที่สุดทางลบ คลื่นธรรมดาสายส่งเช่นนี้ คือ Traveling Wave ประมาณค่าของกระแสและแรงดันที่ปราศจากการสูญเสียใด ๆ จะมีค่าเท่ากันไปตลอดความยาวของสายนั้น

2.5 คลื่นกระแสและเสิร์จอิมพีแดนซ์

จากคลื่นจรที่วิ่งไปในสายส่งซึ่งเกิดการ Charge ของตัวเก็บประจุตามองค์ประกอบของสายส่งที่คลื่นเคลื่อนไปปรากฏ นั่นคือกระแสไหลผ่านไปยังตัวเหนี่ยวนำที่ต่ออยู่กับตัวเก็บประจุในระหว่างที่แรงดันไปปรากฏ ณ จุดเหล่านั้น นั่นคือทำให้เกิดเป็นคลื่นของกระแสเกิดขึ้นไปพร้อมกับคลื่นแรงดันนั้นด้วยมีลักษณะคล้ายกับคลื่นแรงดัน

ดังนั้นสามารถหาค่าอิมพีแดนซ์ได้จาก $Z = e/i$ Ω (2.10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าอิมพีแดนซ์เนื่องมาจากค่าของ Line Constant ของวงจรจะเรียกกันว่า Characteristic Impedance หรือ Surge Impedance ใช้ตัวย่อว่า Z_o ซึ่งก็คืออิมพีแดนซ์ของวงจรจากเครื่องกำเนิดสามารถหาค่า Z_o ได้จาก

$$Z_o = \sqrt{(L/C)} \qquad \Omega/\text{Lengh} \qquad (2.11)$$

เมื่อ Z_o คือ ค่าเสิร์จอิมพีแดนซ์ Ω /Lengh

L คือ ค่าความเหนี่ยวนำ H/Lengh

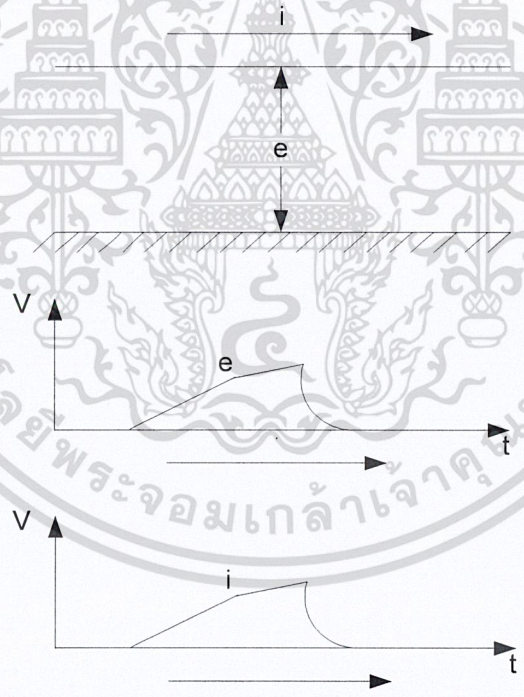
C คือ ค่าความจุไฟฟ้า F/Lengh

ดังนั้นค่าแรงดันของคลื่นแรงดันคือ

$$e = I \times Z_0 = I \times (L/C)^{1/2} \qquad V \qquad (2.12)$$

เมื่อ e คือ แรงดันของคลื่นแรงดัน (แรงดันชั่วขณะ)

I คือ กระแสของคลื่นกระแส (กระแสชั่วขณะ)



รูปที่ 2.5 รูปคลื่นแรงดันและกระแสของคลื่นจร

2.6 การต่อโหลดเข้ากับสายส่ง

1. กรณีแมชท์กับสาย

ถ้าเราต่อความต้านทานขนาดเท่ากับอิมพีแดนซ์ของสายเราเรียกว่า “แมชท์ (match)”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในสายส่งที่แมชท์ค่าพลังงานที่ส่งจากแหล่งกำเนิดไปยังโหลดจะถูกดูดกลืนหายไปที่โหลดทั้งหมด ไม่มีการสะท้อนพลังงานกลับไป ทำให้ไม่เกิดการสูญเสียพลังงานบนสาย เรียกได้ว่ามีการถ่ายทอดพลังงานอย่างสมบูรณ์ ถ้าเรากำหนดให้แรงดันไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดเท่ากับ E^2/Z_o และ I/Z_o

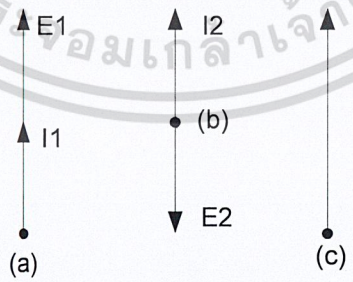
2. กรณีไม่แมชท์กับสาย

ถ้าต่อความต้านทาน (R) ขนาดไม่เท่ากับ Z_o เรียกลักษณะเช่นนี้ว่า "ไม่แมชท์ (mismatch)" พลังงานที่มาถึงโหลด R จะไม่ถูกดูดกลืนจนหมด (ต่างจากกรณี $R = Z_o$ ที่พลังงานหายไปในโหลดจนหมด) ทำให้เหลือพลังงานบางส่วนสะท้อนกลับไปยังแหล่งกำเนิดเหมือนกับการปาลูกบอลไปกระทบกำแพง ซึ่งการเกิดสภาวะไม่แมชท์ระหว่างสายส่งกับโหลดมากขึ้น ค่าพลังงานที่จะสะท้อนกลับมาก็มากขึ้นด้วย

พลังงานทั้งหมดที่มาถึงโหลดถูกสะท้อนกลับมาหมด มี 2 กรณี คือ

1. กรณีลัดวงจร กำหนดไว้ว่าแรงดันไฟฟ้าที่โหลดเท่ากับศูนย์ นั่นคือแรงดันสะท้อนกลับมีขนาดเท่ากันแต่มีเฟสตรงข้าม จะทำให้ผลรวมเท่ากับศูนย์ได้

รูปที่ 2.6 กรณีลัดวงจร



รูปที่ 2.7 เวกเตอร์ของแรงดันไฟฟ้า และกระแสของสายลัดวงจร

(a) แรงดันไฟฟ้าและกระแสเดินทางมายังโหลด

(b) แรงดันไฟฟ้าและกระแสที่สะท้อนกลับมาจากโหลด

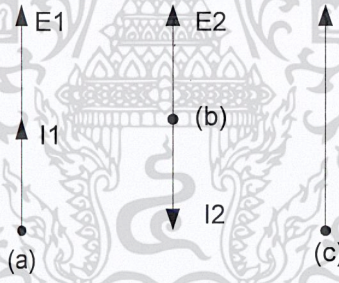
(c) ผลรวมของ (a) และ (b) ที่ทำให้กระแสสูงขึ้นและมีแรงดันไฟฟ้าเท่ากับศูนย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปเป็นการแสดงทั้งขนาด และ ทิศทางสำหรับกระแสในกรณีลัดวงจรจะไม่หายไปในโหลดในทางกลับกันกระส่วนที่สะท้อนกลับมาจะไปเสริมค่ากระแสที่เดินมาจากโหลด โดยมีขนาดและเฟสเหมือนกัน

2. กรณีเปิดวงจรกำหนดให้กระแสที่โหลดต้องเท่ากับศูนย์ แสดงว่ากระแสที่สะท้อนกลับต้องมีเฟสต่างกับกระแสที่เดินทางมายังโหลดอยู่ 180 องศา และมีขนาดเท่ากันในทำนองเดียวกับกรณีลัดวงจร ค่าแรงดันไฟฟ้าที่สะท้อนกลับต้องมีเฟสเหมือนกับส่วนที่เดินทางมาจากโหลด ซึ่งทำให้เกิดการเสริมกันของแรงดันไฟฟ้า

รูป 2.8 กรณีเปิดวงจร



รูปที่ 2.9 เวกเตอร์ของแรงดันไฟฟ้าและกระแสของสายที่ปิดวงจร

(a) แรงดันไฟฟ้าและกระแสที่เดินทางมายังโหลด

(b) แรงดันไฟฟ้าและกระแสที่สะท้อนกลับจากโหลด

(c) ผลรวมของ (a) และ (b) ที่ให้แรงดันสูงขึ้นและกระไฟฟ้าเท่ากับศูนย์

สำหรับกรณีที่มีโหลดต่ออยู่และขนาดไม่เท่ากับ Z_0 พบว่าพลังงานบางส่วนสะท้อนกลับจากโหลดและมีขนาดน้อยกว่าด้วย เราแยกพิจารณาได้ 2 กรณี คือ

กรณี R น้อยกว่า Z_0 แรงดันไฟฟ้าส่วนที่สะท้อนกลับมีเฟสต่างกับที่เดินทางมาโหลดอยู่ 180 องศา (เหมือนกรณีลัดวงจร) แต่ขนาดไม่เท่ากันเนื่องจากกระแสทั้งหมดไม่ได้หายไปที่โหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 การสะท้อนกลับของคลื่นในสายส่ง

จากค่า Characteristic Impedance หรือ Surge Impedance (Z) จะมีผลกับคลื่นที่ส่งเข้าไปจากเครื่องกำเนิดพลังงาน เมื่อสายส่งนั้นมีความยาวเป็นอนันต์ คลื่นจร(Traveling Wave) จะเคลื่อนที่ไปตลอดความยาวของสายส่ง

คลื่นกระแสและแรงดัน ณ ทุกจุดบนสายส่งที่มีความยาวเป็นอนันต์จะ Inphase กันผลอันเนื่องมาจาก Inductive Reactance ได้ถูกลบล้างไปจากผลของ Capacitive Reactance ผลที่ได้รับคือ Characteristic Impedance (Z_o) จะกลายเป็น Resistive Reactance คือความต้านทานธรรมดานั่นเอง

Impedance ที่เครื่องกำเนิดพลังงานต่ออยู่คือ Z_o ทั้งกระแสและแรงดันเคลื่อนที่ไปในแบบฉบับของคลื่นเคลื่อนที่ ที่เรียกว่าคลื่นจรโดยเอาพลังงานจากแหล่งกำเนิดไปยังปลายสาย ถ้าสายส่งมีความยาวเป็นอนันต์ หรือถูกต่อปลายด้วยความต้านทาน Z_o พลังงานที่ได้ในสายส่งทั้งหมด จะสูญเสียไปทั้งหมดทำให้กระแสไฟฟ้า ทำให้กระแสและแรงดันที่จุดต่างๆ จะเท่ากันตลอดสาย แต่ถ้าสายมีการสิ้นสุดที่จุดหนึ่งมี 2 กรณี คือ Open Circuit หรือ Short Circuit ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น จะมีพลังงานบางส่วนสะท้อนกลับมายังแหล่งกำเนิด แต่จะมีขนาดน้อยกว่าพลังงานที่ส่งเข้าไปเนื่องมาจากผลความต้านทานภายในสายส่ง

2.8 สัมประสิทธิ์การสะท้อนกลับ

ตัวร่วมซึ่งจะเป็นการกำหนดกราฟสัมพันธ์ Incident voltage (E_i) กับ Reflected Voltage (E_r) เรียกว่า "The Reflection" (การสะท้อน)

Coefficient สัญลักษณ์ของมันได้แก่ตัวอักษรกรีก Γ อ่านว่า Grama ซึ่งเมื่อนำไปคูณกับ E_i แล้วจะได้ค่า Reflection Voltage นั่นคือ

$$\frac{E_r}{E_i} = \Gamma$$

$$E_r = \Gamma \times E_i$$

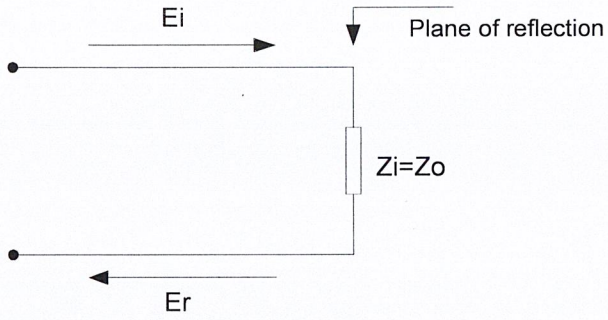
หรือ $$\Gamma = \frac{Z_I - Z_O}{Z_I + Z_O}$$

ถ้าสายยาวเป็นอนันต์หรือถูกต่อปลายด้วย Z_i ที่มีค่าเท่ากับ Z_o

$$\Gamma = \frac{Z_I - Z_O}{Z_I + Z_O}$$

$$\Gamma = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การสะท้อนกลับเมื่อ $Z_i = Z_o$

นั่นคือจะไม่มีคลื่นสะท้อนกลับจากปลายสายนั่นเลย

ประยุกต์เข้ากับสายส่งแบบเปิดวงจร (Open Circuit) $Z_i = \infty$

$$\Gamma = \frac{Z_1 - Z_O}{Z_1 + Z_O}$$

$$\Gamma = \frac{\infty - Z_O}{\infty + Z_O}$$

ดังนั้นค่า Coefficient จะได้ $\Gamma = 1$

จะเห็นว่า Γ เท่ากับ 1 นั้นหมายความว่าแรงดันที่สะท้อนกลับมาที่ปลายของสายส่งกำลังแบบเปิด (Open Circuit) อยู่ในเฟสเดียวกันกับ E_i ย่อมหมายความว่าคลื่นที่สะท้อนกลับมาจะเป็นค่าบวก เมื่อส่ง E_i เป็นค่าบวก

เมื่อสายส่งเป็นลักษณะแบบปิดวงจร (Short Circuit)

$$Z_i = 0$$

ดังนั้น

$$\Gamma = \frac{0 - Z_O}{0 + Z_O}$$

$$\Gamma = -1$$

ดังนั้น $E_r = -1E_r$

เมื่อ Γ เท่ากับ-1 ก็เหมือนกับว่าคลื่นที่สะท้อนกลับมาเป็นค่าลบ เมื่อส่ง E_i เป็นค่าบวก

2.9 การรวมกันของคลื่น

คลื่นจรที่วิ่งไปในสายส่งจะมีทั้งคลื่นแรงดันและคลื่นกระแสซึ่งอินเฟสกัน ซึ่งคลื่นกระแสเคลื่อนที่เนื่องจากการ Charge และเกิดขึ้นไปพร้อมกับคลื่นแรงดัน จะได้ความสัมพันธ์ดังนี้คือ

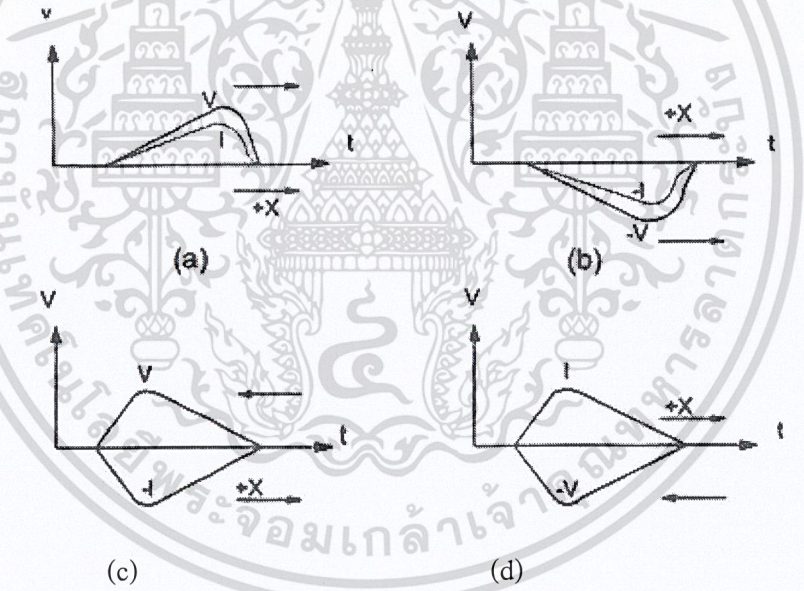
$$I = V/Z_o \quad A$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นกระแสจะแปรผันตรงกับแรงดันถ้า Z_o คงที่ อย่างไรก็ตามจากรูป a และรูป b กระแสจะเดินทางไปในทิศทางของความยาวแต่มีเคลื่องหมายตรงกันข้ามกับแรงดัน ซึ่งคลื่นเคลื่อนที่ไปด้วยความเร็ว v จึงสามารถพูดได้ว่า มีทิศทางการเดินของคลื่นที่แตกต่างกันเมื่อไม่มีความสูญเสียในสายคลื่นกระแส และคลื่นแรงดันมีรูปร่างที่เหมือนกันโดยสัมพันธ์กับค่า Z_o ของสายและไม่เปลี่ยนรูปร่างตลอดความยาวสาย

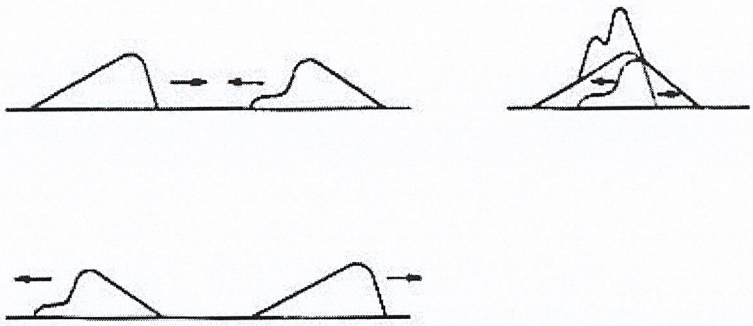
ถ้าให้กระแสที่ไหลไปตามความยาว x เป็นบวก จะได้คลื่นกระแสโดยมีเครื่องหมายเหมือนกับคลื่นแรงดัน

กระแสและแรงดันมีเครื่องหมายที่เหมือนกันในทิศทางที่เคลื่อนที่ไปทางขวา และกลับเครื่องหมายเมื่อเคลื่อนที่ไปทางซ้าย รูป c แสดงกราฟที่เป็นลบเคลื่อนที่ไปในทิศทางที่เป็นลบ รูป d แสดงทิศทางการเดินทางของคลื่นกระแสที่เป็นบวกเมื่อคลื่นทั้งสองรวมกันในทิศทางตรงกันจะเกิดการรวมกัน และผ่านไปตามรูป 2.11



รูปที่ 2.11 การรวมกันของคลื่นกระแสและแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



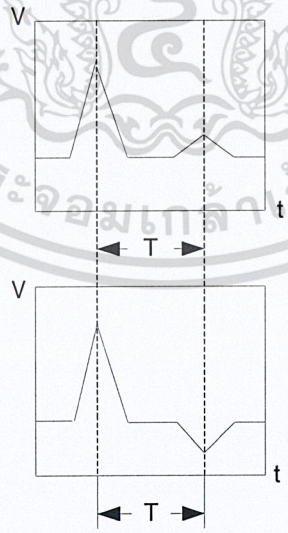
รูปที่ 2.12 การรวมกันของคลื่น

2.10 การหาตำแหน่งและการจำแนกฟอลต์

จากทฤษฎีของคลื่นจรและการสะท้อนกลับของคลื่น สามารถนำมาวิเคราะห์หาตำแหน่งการเกิดฟอลต์ซึ่งมี 2 ลักษณะคือ Short Circuit และ Open Circuit ได้

จุดที่เกิดฟอลต์แบบ Open Circuit เรียกว่า ฟอลต์แบบอนุกรม ซึ่งเกิดจากตัวนำหรือเปลือกโลหะของสายไม่สมบูรณ์ เกิดขาดเป็นตอนทำให้เกิดฟอลต์แบบเปิด

จุดที่เกิดฟอลต์แบบ Short Circuit เราเรียกว่า ฟอลต์แบบขนาน เกิดจากตัวนำของสายเกิดลัดวงจรระหว่างสาย หรือเกิดลัดวงจรลงดิน ซึ่งจะสามารถจำแนกได้จากความสัมพันธ์ของค่าความต้านทานสมมูลย์จากฟอลต์ (R_f) และค่าเสิร์จอิมพีแดนซ์ของสายเคเบิล Z_o กับขนาดของคลื่นสะท้อนกลับ ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 การจำแนกชนิดและวัดคาบเวลาการชำรุดของสายเคเบิล

ก. รูปแสดงการเกิดฟอลต์เมื่อสายชำรุดแบบขาด (open circuit)

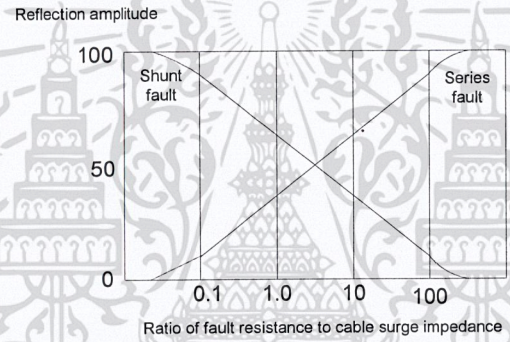
ข. รูปแสดงการเกิดฟอลต์เมื่อสายชำรุดแบบลัดวงจร (short circuit)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จุดที่เกิดฟอลต์แบบ Open Circuit เราเรียกว่า ฟอลต์แบบอนุกรม(Series Fault) ซึ่งเกิดจากตัวนำหรือเปลือกสายโลหะไม่สมบูรณ์ เกิดขาดเป็นตอนทำให้เกิดฟอลต์แบบเปิด (Open Circuit Fault)

จุดที่เกิดฟอลต์แบบ Short Circuit เราเรียกว่า ฟอลต์แบบขนาน (Shunt Fault) เกิดจากตัวนำของสายเกิดลัดวงจรเข้าหากันระหว่างสาย (Short Circuit Fault) หรือลัดวงจรลงดิน (Earth Fault) ซึ่งสามารถจำแนกได้จากความสัมพันธ์ของค่าความตานทานสมมูล จากฟอลต์ (R_F) และค่าเสิร์จอิมพีแดนซ์ของสายเคเบิล (Z_o) กับขนาดของคลื่นสะท้อนกลับดังแสดงในรูปที่ 2.14

จากทฤษฎีของคลื่นที่ได้กล่าวไปแล้ว เมื่อเกิดฟอลต์แบบ Open Circuit คลื่นสะท้อนกลับเป็นแบบบวกถ้า Short Circuit คลื่นที่สะท้อนกลับจะเป็นแบบลบ ดังนั้นเราสามารถจำแนกฟอลต์ได้ว่าเป็นฟอลต์แบบใด



รูปที่ 2.14 การเปลี่ยนแปลงขนาดของคลื่นสะท้อนจากผลของความต้านทานฟอลต์

2.11 การหาตำแหน่งของจุดที่เกิดฟอลต์

เราสามารถหาตำแหน่งที่เกิดฟอลต์ได้จากการส่งคลื่นแรงดันพัลส์เข้าไปในสายเคเบิลที่ต้องการตรวจสอบหาตำแหน่งที่เกิดฟอลส์ โดยอาศัยหลักการสะท้อนกลับของคลื่นในสายส่งในช่วงเวลา T ไมโครวินาที และสามารถหาตำแหน่งที่เกิดฟอลส์ได้จาก

$$d = \frac{Tv}{2\sqrt{\varepsilon_r}} \quad \text{เมตร}$$

เมื่อ d คือ ระยะที่เกิดฟอลต์ (เมตร)

T คือ ช่วงเวลาที่คลื่นเดินทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

V คือ ความเร็วในการเดินทางของคลื่น $= \frac{3\times10^8}{\sqrt{\varepsilon_r}}$ เมตร

ε_r คือ ค่าเปอร์มิตติวิตี้ของสาย

ดังนั้นเราสามารถคำนวณหาระยะทางที่เกิดฟอลต์ได้จาก $d = \frac{T\times3\times10^8}{2\times\sqrt{\varepsilon_r}}$ เมตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1 MCS-51 ไมโครคอนโทรลเลอร์

3.1.1 คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

คุณสมบัติทั่วไปของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีดังนี้

- เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายในไอซี
- มีขาสัญญาณอินพุต เอาต์พุต จำนวน 32 บิต
- สามารถเชื่อมต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (external data memory) โดยอ้างตำแหน่งแอดเดรสได้ถึง 64 K
- มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัว (on-chip pro-gram memory) ขนาด 4 K โดยเฉพาะเบอร์ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 8 K สำหรับเบอร์ 8031 และ M8032 จะไม่มีหน่วยความจำในส่วนนี้
- มีหน่วยความจำข้อมูลภายในตัว (on-chip data memory) ขนาด 128 ไบต์ โดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้ถึง 253 ไบต์

ตารางที่ 3.1 แสดงคุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ในตระกูล MCS-51

ชื่อเบอร์	หน่วยความจำภายใน			
	เก็บโปรแกรม	เก็บข้อมูล	จำนวนไทเมอร์/เคาน์เตอร์	จำนวนอินเตอร์รัปต์
8052 AH	8K X 8 ROM	256 X 8 RAM	3 X 16-Bit	5
8051 AH	4K X 8 ROM	128 X 8 RAM	2 X 16-Bit	5
8051	4K X 8 ROM	128 X 8 RAM	2 X 16-Bit	5
8032 AH	ไม่มี	256 X 8 RAM	3 X 16-Bit	6
8031 AH	ไม่มี	128 X 8 RAM	2 X 16-Bit	5
8031	ไม่มี	128 X 8 RAM	2 X 16-Bit	5
8751 H	4K X 8 EOROM	128 X 8 RAM	2 X 16-Bit	5
8751 H-12	4K X 8 EPROM	128 X 8 RAM	2 X 16-Bit	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

- หน่วยความจำข้อมูลภายในบางส่วน สามารถเข้าถึงข้อมูลระดับบิตได้ด้วย ทำให้การควบคุมหรือการตรวจสอบสถานะบิตทำได้ง่าย ส่งผลให้การเขียนโปรแกรมทำได้ง่ายมากขึ้น

- มีไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์ (Timer/counters) ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ตัว โดยเฉพาะเบอร์ 8032 หรือ 8052 จะมีไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ จำนวน 3 ตัว

- การอินเตอร์รัปต์ สามารถทำได้จาก 5 แหล่งกำเนิดโดยเฉพาะเบอร์ 8032 และ 8052 จะทำการอินเตอร์รัปต์ได้จาก 6 แหล่งกำเนิด โดยการอินเตอร์รัปต์ยังสามารถจัดระดับความสำคัญได้เป็น 2 ระดับ

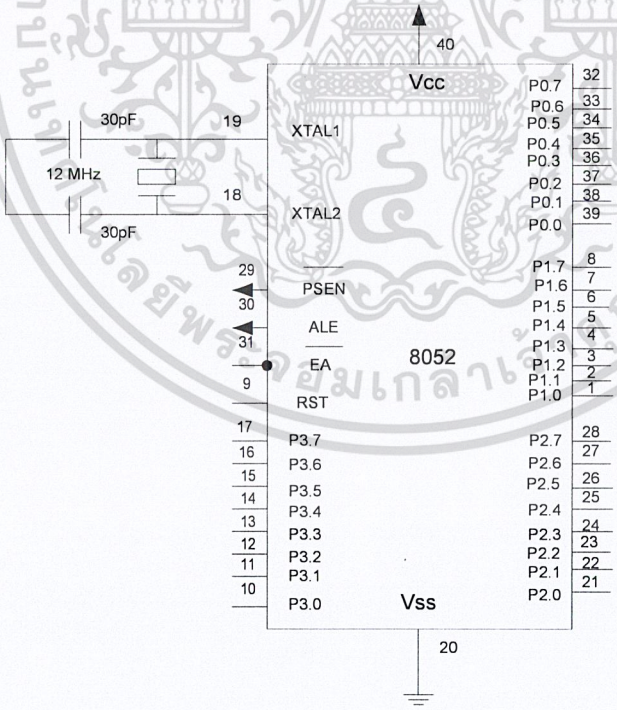
- มีพอร์ตสื่อสารอนุกรมภายในตัวเอง ซึ่งทำงานเป็นแบบฟลูดูเพล็กซ์ (full duplex)

- มีคำสั่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และทางตรรกศาสตร์

- คำสั่งโดยส่วนใหญ่ใช้เวลาการทำงานเพียง 1 ไมโครวินาที เมื่อใช้คริสตอลความถี่ 5 โวลต์เพียงชุดเดียว

3.1.2 โครงสร้างภายนอกของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีตำแหน่งขาพื้นฐานที่เหมือนกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การจัดขาของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50223

สำหรับหน้าที่การใช้งานของแต่ละขามีดังนี้

- ขา V_{CC} เป็นขาป้อนแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลต์
- ขา V_{SS} เป็นขากราวด์
- ขาพอร์ต 0 (Port 0) มี 8 ขา ได้แก่ ขา $P_{0.0} - P_{0.7}$ เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาท์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของบอร์ต เพื่อกำหนดให้ขาพอร์ตเหล่านั้นอยู่ในสถานะปล่อยลอย ซึ่งในสถานะนี้เองที่สามารถนำมาใช้เป็นพอร์ตอินพุตอิมพีแดนซ์สูงได้ นอกจากพอร์ตนี้จะใช้งานเป็นพอร์ตอินพุตเอาท์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ ($A_0 - A_7$) ซึ่งจะใช้งานเป็นแบบมัลติเพล็กซ์กับการรับส่งข้อมูลขนาด 8 บิต ($D_0 - D_7$)
- ขาพอร์ต 1 (Port 1) มี 8 ขา ได้แก่ ขา $P_{0.1} - P_{1.7}$ เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาท์พุต แบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากพอร์ตนี้จะทำงานเป็นพอร์ตอินพุตเอาท์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกด้วย โดยทำหน้าที่ในการกำหนดตำแหน่งแอดเดรสไบต์สูง ($A_8 - A_{15}$)
- ขาพอร์ต 3 (Port 3) มี 8 ขา ได้แก่ ขา $P_{3.0} - P_{3.7}$ เป็นขาพอร์ตอินพุตเอาท์พุตแบบ 2 ทิศทาง สำหรับใช้งานทั่วไป โดยถ้าใช้งานเป็นอินพุตพอร์ตต้องทำการเขียนค่า 1 ไปยังแต่ละบิตของพอร์ต เพื่อกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุต นอกจากพอร์ตนี้จะใช้เป็นพอร์ตอินพุตเอาท์พุตแล้วมันยังถูกใช้งานในหน้าที่พิเศษต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3.2
- ขารีเซต (RST) ใช้สำหรับการรีเซตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยการรีเซตต้องคงสถานะเป็น 1 อย่างน้อยนาน 2 แมชีนไซเกิล ในขณะที่ออสซิลเลเตอร์ยังทำงานอยู่
- ขา ALE/PROG เป็นขาสัญญาณ เพื่อทำหน้าที่ควบคุมการแลตซ์ (latch) ค่าตำแหน่งแอดเดรสไบต์ต่ำ (Address Latch Enable) เมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก (program พัลซ์อินพุท) ในส่วนของหน่วยความจำ EPROM สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในเป็น EPROM

ตารางที่ 3.2 แสดงหน้าที่พิเศษของแต่ละขาของพอร์ต P_3

ขาพอร์ต	หน้าที่พิเศษ
$P_{3.0}$	RXD (serial อินพุท port)
$P_{3.1}$	TXD (serial อินพุท port)
$P_{3.2}$	INT0 (external interrupt 0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$P_{3.3}$	INT1 (external interrupt 1)
$P_{3.4}$	T0 (Timer 0 external อินพุท)
$P_{3.5}$	T1 (Timer 1 external อินพุท)
$P_{3.6}$	WR (external data memory write strobe)
$P_{3.7}$	RD (external data memory read strobe)

- ขา PSEN (Program Store Enable) ทำหน้าที่เป็นสัญญาณสโตรบ เพื่ออ่านคำสั่งจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก ขานี้จะส่งสัญญาณสโตรบ จำนวน 2 ครั้ง ในแต่ละแมชีนไซเกิล แต่ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกจะไม่มีการส่งสัญญาณสโตรบแต่อย่างใด

- ขา EA/VPP (External Access enable/ VPP) เป็นขาสำหรับการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมจากภายในหรือจากภายนอก โดยถ้ามีสถานะเป็น 0 จะหมายถึงให้ไมโครคอนโทรลเลอร์รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกที่ ตำแหน่งแอดเดรส 0-0FFFH(0-1FFFH ถ้าเป็นเบอร์ 8052) อย่างไรก็ตามถ้าบิตป้องกัน (security bit) ในหน่วยความจำ EPROM ถูกโปรแกรมไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะไม่รับคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอกเลย นอกจากนี้ขานี้ยังทำหน้าที่รับแรงดันไฟสำหรับการโปรแกรม (V_{PP}) ขนาด 21 โวลต์ เพื่อใช้ในระหว่างการโปรแกรม EPROM

- ขา $XTAL_1$ $XTAL_2$ เป็นขาอินพุตและเอาต์พุตของวงจรดินเวอร์ติ้งออสซิลเลเตอร์แอมปลิไฟเออร์ (inverting oscillator amplifier) สำหรับใช้ต่อร่วมกับคริสตอลภายนอก

3.1.3 โครงสร้างภายในของ MCS-51

การจัดหน่วยความจำ

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล แบ่งชนิดหรือหน้าที่ของหน่วยความจำออกเป็น 2 ส่วนคือ **หน่วยความจำโปรแกรม (program memory) และหน่วยความจำข้อมูล (data memory)**

หน่วยความจำโปรแกรมจะใช้สำหรับเก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งบางเบอร์จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้อยู่ภายในตัว โดยอาจจะมีขนาดไม่เท่ากันหรือเป็นหน่วยความจำต่างชนิดกัน เช่น บางเบอร์เป็น ROM และบางเบอร์อาจเป็น EPROM และบางเบอร์อาจไม่มีหน่วยความจำในส่วนนี้เลย โปรแกรมการทำงานจะถูกเก็บไว้ยังหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกทั้งหมด

สำหรับหน่วยความจำข้อมูลจะใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือค่าตัวแปรต่างๆ จากการทำงานของโปรแกรมซึ่งใน MCS-51 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำในส่วนนี้อยู่จำนวนหนึ่ง แต่อาจจะมีขนาดมากน้อยต่างกันไปในแต่ละเบอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำโปรแกรมสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำโปรแกรมภายในและหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก หน่วยความจำโปรแกรมภายในจะถูกเลือกใช้งานถ้าขาสัญญาณ EA มีค่าเป็น 1 โดยจะถูกใช้งานในช่วงแอดเดรส 0-0FFFH (หรือช่วงแอดเดรส 0-1FFFH ในเบอร์ 8052) นอกเหนือจากช่วงแอดเดรสนี้จะใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกทั้งหมด ในกรณีตรงกันข้ามถ้าขาสัญญาณ EA มีค่าเป็น 0 ในช่วงแอดเดรส 0-FFFH (หรือช่วงแอดเดรส 0-1FFFH ในเบอร์ 8052) จะถูกใช้จากหน่วยความจำภายนอก หรือกล่าวได้ว่าถ้าขาสัญญาณ EA มีค่าเป็น 0 จะเป็นการเลือกใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกทั้งหมดตลอดช่วงแอดเดรส

หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูลสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนคือ หน่วยความจำข้อมูลภายในและหน่วยความจำข้อมูลภายนอก สำหรับหน่วยความจำข้อมูลภายในยังแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วนย่อย คือ ส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปและส่วนที่ใช้เป็นรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษหรือ SFR (Special Function Register) โดยส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลทั่วไปจะถูกใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือค่าตัวแปรต่างๆ จากการทำงานของโปรแกรม ส่วนรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษจะถูกใช้งานเป็นรีจิสเตอร์ควบคุมการทำงานและบอกสถานะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ทุกเบอร์จะมีหน่วยความจำข้อมูลภายในขนาด 127 ไบต์เป็นอย่างน้อยและบางเบอร์อาจมีถึงขนาด 256 ไบต์

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (SFR)

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษมีบทบาทอย่างมากในการควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์และทำให้การเขียนโปรแกรมสามารถทำได้สะดวกมากขึ้น รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษทำหน้าที่สำคัญคือควบคุมการทำงานในส่วนต่างๆ ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ และทำหน้าที่แสดงสถานะการทำงาน ซึ่งในรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษบางตัวยังสามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต (bit addressabel) ด้วย

รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป

รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป มีไว้สำหรับให้ผู้เขียนโปรแกรมสามารถนำข้อมูลไปพักไว้ชั่วคราวหรือใช้งานทั่วไปได้ตามต้องการ ซึ่งรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปนี้มีอยู่ด้วยกัน 8 ตัว คือ รีจิสเตอร์ $R_0 - R_7$ โดยรีจิสเตอร์ทั้ง 8 ตัวถูกจัดให้อยู่รวมกันและมีให้เลือกใช้ถึง 4 แบงค์ (bank) นั่นคือ มีรีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไปถึง 32 ตัวให้ใช้งาน เพียงแต่การเลือกใช้รีจิสเตอร์ R_0- R_7 ในแบงค์ใดแบงค์หนึ่งจะถูกกำหนดจากบิต RS0, RS1 ในรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ PSW ดังนั้นการเลือกใช้จึงเลือกได้เพียงแบงค์เดียวในขณะใดขณะหนึ่ง อย่างไรก็ตามค่าข้อมูลที่เก็บไว้ในรีจิสเตอร์แบงค์ใดก็ตามที่มีชื่อเดียวกันแต่อยู่คนละแบงค์จะไม่มีผลซึ่งกันและกันเลย ทำให้ผู้เขียนโปรแกรมใช้งานรีจิสเตอร์ทั่วไปนี้ได้ทั้ง 32 ตัวอย่างเต็มที่ และไม่ยุ่งยากในการเขียนโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 การเขียนโปรแกรมภาษาแอสเซมบลี

โปรแกรมภาษาแอสเซมบลีที่เขียนขึ้นภายใต้โปรแกรมเวิร์ดโปรเซสเซอร์ โปรแกรมนี้เรียกว่า ซอร์สโค้ดโปรแกรม (source code program) ในแต่ละบรรทัดจะบรรจุซึ่งสาระสำคัญต่างๆ ในรูปของคำสั่ง คำสั่งที่ถูกเขียนขึ้นเรียกว่า นิวโมนิก (newmonic) นอกจากในแต่ละบรรทัดประกอบด้วยคำสั่งไมโครคอนโทรลเลอร์แล้ว ยังมีส่วนของคำอธิบาย (comment) ด้วย คำอธิบายเหล่านี้มีประโยชน์อย่างยิ่งเพื่อให้ผู้อื่นทำความเข้าใจได้กับแต่ละคำสั่งที่เขียนขึ้น หรือแม้แต่ตัวผู้เขียนโปรแกรมเอง เมื่อต้องการพัฒนาโปรแกรมเพิ่มเติมจะได้ไม่สับสน

โปรแกรมแอสเซมบลียังไม่สามารถนำมาใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้ทันทีแต่ต้องนำมาทำการแปลงจากซอร์สโค้ดไฟล์เป็นภาษาเครื่อง (machine code) คำสั่งต่างๆ ข้อมูลและการอ้างแอดเดรสทั้งหมดถูกแปลงไปเป็น โปรแกรมภาษาเครื่องที่ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถเข้าใจได้ หรือเรียกว่า ออปเจ็กต์โค้ด (object code) โดยใช้โปรแกรมแอสเซมเบลอร์ ในที่นี้คือ SXA51.EXE มาใช้งานหรืออาจกล่าวได้อีกอย่างหนึ่งคือ โปรแกรมแอสเซมเบลอร์ทำการสร้างไฟล์ใหม่ขึ้นมาอีกหนึ่งไฟล์ โดยการนำเอาออปเจ็กต์โค้ดมาแทนที่คำสั่งหรือนิวโมนิกที่เขียนขึ้น โดยไม่สนใจคำอธิบายต่างๆ ที่เขียนไว้หรือตัวส่วนนี้ออกไปไม่นำมาใช้งานเลย

เอาต์พุตไฟล์ที่ได้จากการแอสเซมเบลอร์จะมีนามสกุล .HEX ตัวอย่างเช่น XAMPLE01.HEX ไฟล์ที่ถูกแปลงเป็นภาษาเครื่องแล้วจะอยู่ในรูปของเลขฐานสิบหกจำนวน 2 หลัก เรียงตามลำดับคำสั่งต่างๆ ที่เขียนขึ้น ไฟล์นี้เองที่สามารถประมวลผลได้ทันที เมื่อมันถูกส่งผ่านไปเก็บไว้ที่หน่วยความจำบน MCS-51 บอร์ด หรือกล่าวได้ว่าเครื่องพีซีทำหน้าที่สร้างออปเจ็กต์โค้ดขึ้นมา และทำการส่งผ่านหรือดาวน์โหลดไปยัง MCS-51 บอร์ด โดยการติดต่อส่งข้อมูลผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม

นอกจาก EASM51 จะทำการสร้างออปเจ็กต์โค้ดขึ้นมาไฟล์หนึ่งแล้วมันยังสร้างไฟล์เอกสาร (list file) ขึ้นมาชุดหนึ่งมีนามสกุล .LIST ตัวอย่างเช่น XAMPLE.LIST ไฟล์เอกสารนี้สร้างขึ้น เพื่อรวบรวมและแสดงออปเจ็กต์โค้ดที่สร้างโดยโปรแกรมแอสเซมบลี้ จากซอร์สโค้ดโปรแกรมและข้อมูลอื่นๆ ที่สำคัญ ดังนั้นไฟล์เอกสารนี้เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง เมื่อต้องการศึกษาการทำงานของโปรแกรมและการทำงานภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ ตลอดจนการตรวจสอบโปรแกรมที่เขียนขึ้นเพื่อพัฒนาในครั้งต่อไป แม้ว่าไฟล์เอกสารนี้จะไม่สามารถนำมาใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่มันก็มีประโยชน์ดังได้กล่าวมาแล้ว

3.1.5 การใช้งานรีจิสเตอร์

โดยปกติไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 จะทำการประมวลข้อมูลครั้งละ 1 ไบต์ ซึ่งการกระทำกับรีจิสเตอร์ภายในโดยที่รีจิสเตอร์แต่ละตัวเก็บข้อมูลได้ขนาด1ไบต์เช่นกัน ตัวอย่างเช่น รีจิสเตอร์ ซึ่งเป็นแอคคิวมูเลเตอร์ (accumulator) ทำหน้าที่เป็นรีจิสเตอร์กลาง สำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ หรือ ทาลอจิกของตัวกระทำ 2 ตัว ตัวอย่างเช่น ถ้าต้องการบวกค่า 10 กับข้อมูลตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนึ่ง ให้ทำการโหลดข้อมูลไปเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ A ก่อน จากนั้นให้ใช้คำสั่งนำค่า 10 ไปบวกกับค่า A ผลที่ได้จากการบวกข้อมูลและค่า 10 จะถูกเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ A นอกจากรีจิสเตอร์ A ทำการบวกด้วยการกำหนดค่าโดยตรงแล้ว มันยังทำการคำนวณร่วมกับรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิตตัวอื่นๆ ได้อีกด้วย

ทั้งไมโครโปรเซสเซอร์ และไมโครคอนโทรลเลอร์จะมีรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานในคำสั่งพิเศษ โดยผู้เขียนโปรแกรมอาจกำหนดขึ้นได้เอง โดยที่กำหนดให้อยู่ในตำแหน่งแอดเดรสพิเศษ ในที่นี้มีค่ามากกว่า 07FH ขึ้นไป ตัวอย่างเช่น แอกคิวมูเลเตอร์ถูกกำหนดให้ใช้หน่วยความจำภายในที่ 0E0H รีจิสเตอร์เหล่านี้เรียกว่า รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ (special function registers หรือ SFRs) จำนวนของรีจิสเตอร์พิเศษอาจจะมีไม่เท่ากันในไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ในตระกูล MCS-51 ขึ้นอยู่กับคำสั่งที่ทำการตั้งค่าไว้ เพราะรีจิสเตอร์พิเศษเหล่านี้ถูกรวมอยู่หรือใช้พื้นที่ในส่วนของหน่วยความจำภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งหน่วยความจำภายในหรือแรมภายในจะมีขนาดไม่เท่ากันในแต่ละเบอร์

นอกจากรีจิสเตอร์พิเศษ หรือ SFR แล้วยังมีรีจิสเตอร์สำหรับใช้งานทั่วไปอีก 8 ตัว คือ รีจิสเตอร์ R_0 ถึง R_7 รีจิสเตอร์ทั้ง 8 ตัว ถูกบรรจุอยู่ภายในแรมภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ในรูปของแบงค์ (bank) และใช้สำหรับเก็บข้อมูลชั่วคราวระหว่างการประมวลผล ในที่นี้จะใช้รีจิสเตอร์เฉพาะแบงค์ศูนย์เท่านั้น และหลังจากรีเซตระบบทุกครั้งรีจิสเตอร์ที่แบงค์ศูนย์จะถูกเลือกโดยอัตโนมัติ

3.1.6 การจัดสรรหน่วยความจำบน MCS-51 บอร์ด

ไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ในตระกูล MCS-51 มีขนาดของหน่วยความจำไม่เท่ากัน ทำให้การจัดสรรพื้นที่ในหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและข้อมูลแตกต่างกัน

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม สามารถขยายได้สูงถึง 64 กิโลไบต์ มีหน้าที่เก็บคำสั่งต่างๆ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ มันสามารถใช้เก็บตารางข้อมูลและค่าคงที่ได้ในการใช้งาน ในที่นี้จะใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยใช้หน่วยความจำโปรแกรมภายนอกเท่านั้น ที่ขา 31 หรือ ค่า EA (external access enable) จึงถูกต่อลงกราวด์ไว้เพื่อกำหนดให้ไม่ใช้งานหน่วยความจำโปรแกรมภายในที่อยู่แล้วและเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกมันจะส่งสัญญาณลอจิก Low ที่ขา 29 หรือขา PSEN ออกมา

หน่วยความจำโปรแกรมไม่จำเป็นเสมอไปว่าต้องเป็นรอมหรืออีพรอม เช่นเดียวกับตำแหน่งแอดเดรสที่ว่างแต่ละแอดเดรส อาจอยู่ในรูปของหน่วยความจำหรือเป็นตำแหน่งของพอร์ตอินพุตเอาต์พุตก็ได้ หน่วยความจำโปรแกรมในที่นี้ถูกแบ่งออกเป็น 2 ช่วงดังนี้ คือ ช่วงแอดเดรสต่ำ 00000H ถึง 04000H เป็นส่วนของอีพรอม IC_5 และช่วงแอดเดรสจาก 04000H ถึง 08000H เป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำแรม IC_6 ของระบบ คำสั่งต่างๆ จะถูกป้อนให้ไปเก็บไว้และทำการประมวลผลจากที่แรมนี้

หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 สามารถทำการอ่านและเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลที่มีขนาดสูงสุดได้ 64 กิโลไบต์ หน่วยความจำในส่วนนี้ทำหน้าที่เก็บข้อมูลใช้งานจำนวนมากเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งในบางครั้งอาจเรียกได้ว่าแรมบน MCS-51 บอร์ด หรือ IC_6 เป็นผู้ทำหน้าที่นี้ หน่วยความจำข้อมูลบนบอร์ด MCS-51 กำหนดให้มีตำแหน่งใช้งานได้ตั้งแต่ 00000H ถึง 08000H ซึ่งตามที่กล่าวมาแล้วหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมโดยใช้แรมถูกกำหนดให้เริ่มต้นที่ตำแหน่ง 04000Hเป็นต้นไปนั่นคือโปรแกรมทดลองหรือโปรแกรมที่ดาวน์โหลดจากคอมพิวเตอร์จะต้องเริ่มประมวลผลที่ตำแหน่ง 04000H ขึ้นไปเสมอ

การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ส่วนใหญ่แล้วสามารถทำงานได้โดยไม่ต้องใช้หน่วยความจำข้อมูลมากเท่าใดนัก ทำให้เมื่อต้องการใช้หน่วยความจำก็อาศัยแรมภายในที่มีอยู่แล้วมากกว่าที่จะใช้งานแรมที่อยู่ภายนอก ขนาดของแรมภายในมีขนาด 128 ไบต์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031 และ 8051 และมีขนาด 256 ไบต์ สำหรับเบอร์ 8032 และ 8052 แต่ในที่นี้จะใช้แรมภายในนี้สูงสุดไม่เกิน 128 ไบต์ ดังนั้นจึงไม่มีปัญหาไม่ว่าผู้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ใดมาทำการศึกษา

ในส่วนของแรมภายในประกอบด้วยรีจิสเตอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ หน่วยความจำสแต็ค สำหรับใช้งานและจัดการระบบภายในซับรูทีนก็อยู่ในส่วนของแรมภายในด้วย ดังนั้นขนาดของหน่วยความจำภายในที่ผู้เขียนโปรแกรมใช้งานได้จริงจึงมีค่าน้อยกว่า 128 ไบต์ในช่วงแอดเดรส ระหว่าง 20H ถึง 2FH เรียกว่าบิดแอดเดรสเอเบิล (bit addressable range) ในส่วนนี้ใช้งานในการจัดแจงหรือโยกย้ายถ่ายเทบิดข้อมูลของคำสั่งไปยังแอดเดรส เปลี่ยนหรือเรียกใช้บิตใดบิตหนึ่ง ส่วนประกอบสุดท้ายที่ใช้แรมภายในก็คือ โปรแกรมมอนิเตอร์ซึ่งบรรจุอยู่ในอีพรอม ซึ่งการประมวลผลในส่วนนี้ต้องใช้งานแรมภายในบางส่วนด้วยเช่นกัน

3.2 8255 กับ MCS-51

8255 สามารถที่จะโปรแกรมให้เป็นอินพุต หรือเอาท์พุตก็ได้ตามต้องการ โดยมี I/O พอร์ตขนาด 8 บิดอยู่ 3 พอร์ต กับอีก 1 คอนโทรลพอร์ต มีบัสข้อมูลที่ใช้ติดต่อกับจำนวน 8 เส้น และมีแอดเดรส A0 , A1 เป็นตัวกำหนดการติดต่อกับ I/O พอร์ตทั้ง 3 คือ พอร์ต A, B และ C ตามลำดับโดยมีการกำหนดแอดเดรสดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A1	A0	ชื่อพอร์ต
0	0	PORT A
0	1	PORT B
1	0	PORT C
1	1	CONTROL PORT

นอกจากนี้ยังมีสัญญาณควบคุมอีก 4 เส้น ดังนี้

1. RD เป็นสัญญาณอ่านพอร์ต 8255 สามารถต่อโดยตรงกับ CPU
2. WR เป็นสัญญาณที่การเขียนข้อมูลมาที่ตัวพอร์ต 8255
3. CS เป็นขาเปิดให้ 8255 ทำงาน
4. ฮาร์ดแวร์รีเซท ยกเลิกการทำงานของ 8255 ขารีเซทนี้จะทำงานที่ลอจิก 1 ก่อนใช้งาน 8255 จะต้องมีการโปรแกรม

การโปรแกรมจะต้องถูกกระทำก่อนการใช้งานอย่างน้อยที่สุด 1 ครั้ง โดยการเขียนรหัสควบคุม (CONTROL WORD) ไปที่พอร์ตควบคุม (A1 , A0 = 11)

รหัสควบคุม (CONTROL WORD) ในแต่ละบิตมีความหมายดังนี้

CONTROL WORD

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

D7 แสดงถึงรหัสควบคุมให้เริ่มทำงาน (1 = ทำงาน) คือ จะมีผลทำให้ 8255 รับรู้สิ่งต่อไปใน BIT ต่างๆ ที่จะกำหนดให้ เพราะฉะนั้นเวลาจะสั่งงานหรือหน้าที่ให้กับ 8255 BIT นี้จะเป็น 1 เสมอ

D6 และ D5 เป็นตัวเลือก Mode ในการทำงานของ PORT A ซึ่งจะมี 3 Mode ใน 8022 จะได้กล่าวต่อไป

D4 กำหนดให้ PORT A เป็นอินพุทหรือเอาท์พุท โดย

0 = เอาท์พุท PORT

1 = อินพุท PORT

D3 กำหนดให้ PORT C บน (PC7 – PC4) เป็นอินพุทหรือเอาท์พุท โดย

0 = เอาท์พุท PORT

1 = อินพุท PORT

D2 เป็นการเลือก MODE ให้กับ PORT B

0 = เอาท์พุท PORT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

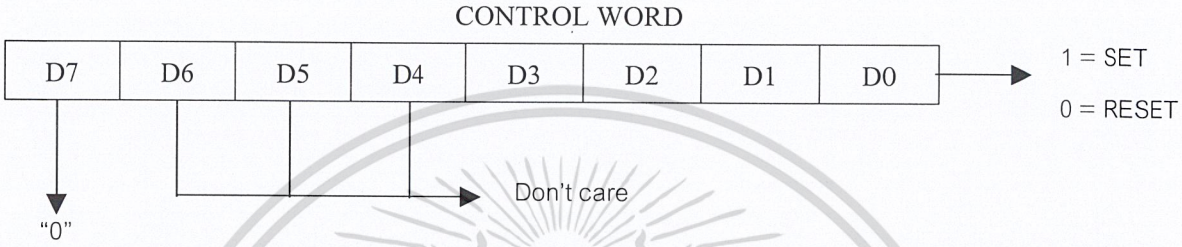
1 = อินพุท PORT

D0 กำหนด PORT C ล่าง (PC0 – PC3) เป็นอินพุท หรือเอาท์พุท โดย

0 = เอาท์พุท PORT

1 = อินพุท PORT

และใน Control Word นี้ยังมี mode พิเศษอีก เมื่อให้ Bit ที่ 7 ของ Control Word มีค่าเป็น 0 ในโหมดนี้ผู้ใช้สามารถเซทหรือรีเซทบิตใดบิตหนึ่งของพอร์ต C ได้โดยอิสระโดยมีรูปแบบดังนี้



คือ BIT 7 ต้องเป็น 0 ส่วน D6-4 จะเป็นอะไรก็ได้ในที่นี้กำหนดเป็น 0 ซึ่งจะทำให้ High Nibble เป็น 0 ส่วน D3 – D1 จะเป็นตัวกำหนดตำแหน่ง BIT ที่ต้องการโดยมี Bit 0 ใช้ในการ ON หรือ OFF เช่นต้องการ BIT 5 ON จะได้

00001011

นั่นคือนำค่า 0BH ออกไปยัง PORT CONTROL ซึ่งใช้ได้เฉพาะ PORT C เท่านั้นและเมื่ออยู่ใน Mode 0 ใช้ในการ SET หรือ RESET เฉพาะ BIT ที่ต้องการเท่านั้น ประโยชน์ใช้ในการปิดเปิดอุปกรณ์ได้ในแต่ละช่องอิสระ ยกตัวอย่างเช่น นาฬิกาเปิดปิดอุปกรณ์ ช่องเปิด 11.00 น. ปิด 11.30 น. ช่อง 2 ปิด 11.10 น. และเปิด 11.20 น. ก็ต้องส่งสัญญาณไปปิดช่อง 2 ในขณะเดียวกันก็ต้องส่งสัญญาณออกไป ON ช่อง 1 ไว้ด้วย ในกรณี OUT แบบธรรมดา แต่ถ้าใช้เป็น BIT เราก็ไม่ต้องคำนึงถึงช่องอื่น

เช่น SET BIT 4

```
MOV     DPTR, 30E003H
MOV     A, 380H
MOVX    @DPTR, A
MOV     A, 300001001B
MOVX    @DPTR, A   ;SET PC4
DEC     A
MOVX    @DPTR, A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากโปรแกรมนี้จะเห็นได้ว่านำไปสร้างพัลส์อิสระได้

โหมดการทำงานของ 8255 มีอยู่ 3 โหมด

MODE 0 เป็น MODE อินพุท/เอาท์พุท แบบพื้นฐาน ที่ใช้กันทั่วไปโดย MODE นี้สั่งเป็นอินพุทหรือเอาท์พุท ได้ทั้ง 3 PORT (A,B และ C)

MODE 1 เป็น MODE อินพุท/เอาท์พุท ที่มีการตรวจสอบสัญญาณซึ่งกันและกัน (HAND SHAKING) ระหว่าง 8255 กับอุปกรณ์ภายนอก โดยใน MODE นี้จะสั่งงานให้เป็นอินพุท หรือเอาท์พุทได้ที่ PORT A และ B เท่านั้น ส่วน PORT C จะใช้เป็นส่วนสำหรับตรวจสอบสัญญาณความพร้อมซึ่งกันและกัน

MODE 2 เป็น MODE BIDIRECTIONAL คือ PORT จะเป็นได้ทั้ง อินพุทและเอาท์พุทภายใน PORT เดียวกัน และใน MODE นี้ยังมีการตรวจสอบความพร้อมโดยใช้ PORT C ในการตรวจสอบที่เหลือคือ PORT B ที่ผู้ใช้จะสั่งให้อยู่ใน MODE 0 หรือ 1 ได้อย่างอิสระ

รายละเอียด MODE 0

กำหนดให้ PORT 8255 บนชุดทดลองที่ต่ออยู่กับชุด DISPLAY 8*8 โดยกำหนดให้ PORT A และ PORT B เป็นเอาท์พุท ส่วน C บนเป็นอินพุท และ C ล่างเป็นเอาท์พุท ซึ่งจากวงจร 8255 ตัวนี้ต่ออยู่กับ DECODER NUMBER 0B0H ดังนั้น PORT CONTROL ของ 8255 ตัวนี้คือ 0B3H นั่นเอง ดังนั้นรหัสควบคุมที่เราต้องใช้คือ

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	
1	0	0	0	1	0	0	0	
	8				8			HEX

จากนั้นก็นำค่านี้ออกไปที่ PORT CONTROL โดยเขียนได้เป็น

```
MOV     DPTR, 30E0B3H
MOV     A, #89H
MOVX    @DPTR, A
```

เมื่อเราทำ 2 คำสั่งนี้เรียบร้อยแล้ว ก็สามารถใช้ PORT ต่างๆ ของ 8255 ได้ตามต้องการ นั่นก็หมายถึงทุกครั้งที่มีการจ่ายไฟให้กับระบบ หรือมีการ RESET 8255 ก่อนที่จะเริ่มใช้งาน 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่งข้อมูลไปที่ CONTROL PORT ของ 8255 เสียก่อนเพียงครั้งเดียว จากนั้นก็สามารถใช้คำสั่งในการ IN หรือ OUT ของ 8255 ตามที่ต้องการ

รายละเอียด MODE 1

แนวความคิดของการใช้อินพุท-เอาท์พุทแบบ HAND SHAKE ก็เพื่อให้มีการซิงโครไนซ์ระหว่างอุปกรณ์ภายนอกที่ทำงานได้ช้า เช่น การส่งข้อมูลของ COMPUTER ออกไปยัง PRINTER เนื่องจาก PRINTER ทำงานได้ช้ากว่า COMPUTER ดังนั้นถ้า COMPUTER ส่งข้อมูลออกไปโดยไม่มีการตรวจสอบความพร้อมของ PRINTER แล้ว อาจจะมีข้อมูลบางส่วนสูญหาย เนื่องจากขณะที่ PRINTER กำลังพิมพ์ตัวอักษรตัวแรกอยู่ CPU ที่อยู่ในเครื่อง PRINTER ก็ไม่สามารถรับข้อมูลที่ COMPUTER ส่งมาได้ ต้องรอจนกว่าจะพิมพ์อักษรนั้นเสร็จจึงจะมารับข้อมูลใหม่ได้

ส่วนอินพุท

STB (STROBE อินพุท) เป็นขา อินพุท ทำงานที่ LOGIC 0 โดยเมื่อขานี้เป็น 0 ข้อมูลที่อยู่บนสายข้อมูลที่เชื่อมต่อขาขอ PORT (A หรือ B) จะถูกอ่านเข้ามายังอินพุทบัฟเฟอร์ภายในตัว 8255

IBF (อินพุท บัฟเฟอร์ FULL) เป็นขา เอาท์พุท ทำงาน LOGIC 1 ซึ่งจะตอบสนองต่อสัญญาณ STB คือเมื่อ STB เป็น 0 ซึ่งบอกว่ามีข้อมูลอยู่ในอินพุท LATCH บัฟเฟอร์ เรียบร้อยแล้ว ขานี้ก็จะ ACTIVE เป็น 1 และจะ RESET เป็น 0 อีกครั้ง ต่อเมื่อมีการอ่าน DATA จาก PORT 8255

INTR (INTERRUPT REQUEST) เป็นขา เอาท์พุท ทำงานที่ LOGIC 1 ซึ่งใช้สำหรับ ENABLE INTERRUPT CPU โดยจะทำงานก็ต่อเมื่อมีการ SET FLIP-FLOP BIT INTE ให้เป็น 1 และสัญญาณ STB จาก 0 เปลี่ยนเป็น 1 จะทำให้ขา INTR ACTIVE เป็น 1 และขานี้จะถูก RESET กลับมาเป็น 0 ก็ต่อเมื่อมีการอ่านข้อมูลจากตัว 8255

FLIP-FLOP ที่ใช้ใน ENABLE INTERRUPT ทางส่วนอินพุทคือ

INTE A ให้ทำการ SET/RESET ที่ BIT PC4

INTE B ให้ทำการ SET/RESET ที่ BIT PC2

ในการ SET BIT INTE นี้ ให้ทำการ SET/RESET ที่ CONTROL WORD ดังเช่น

```
MOV     DPTR, 3xxxxx11B         ; control port
MOV     A, #00001001B           ; Bit pc4 = 1
```

อธิบายการทำงานในโหมด 1 เมื่อเป็นอินพุท

เมื่ออุปกรณ์ภายนอกต้องการส่งข้อมูลให้ 8255 ต้องทำการตรวจสอบขา IBF ก่อนว่าบัฟเฟอร์ว่างหรือไม่ (IBF = 0) เมื่อว่างจึงส่งข้อมูลออกมาที่พอร์ตข้อมูลและอุปกรณ์ภายนอกให้สัญญาณ STB เป็นพัลส์อย่างน้อย 100 nsec มายัง 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากขา STB เปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 ขา IBF ของ 8255 จะเป็น 1 เพื่อบอกอุปกรณ์ภายนอกว่าขณะนี้ บัฟเฟอร์ในการรับข้อมูลนั้นเต็มแล้ว (มีข้อมูล) และถ้าบิต INTE ถูกเซทเอาไว้ (INTE = 1) ก็จะทำให้ขา INTR = 1 เพื่อเป็นสัญญาณอินเตอร์รัพท์ให้กับ CPU ขา INTR และ IBF จะกลับเป็น 0 อีกครั้งก็ต่อเมื่อมีการอ่านข้อมูลจากพอร์ต 8255

ส่วนเอาท์พุท

OBF (เอาท์พุทบัฟเฟอร์ FULL) เป็นขาเอาท์พุทเมื่อขานี้เป็น 0 แสดงว่า CPU ได้เขียนข้อมูลไปยังพอร์ตที่กำหนดแล้ว ขา OBF นี้จะเป็น 0 ที่สัญญาณขอบขาขึ้นของสัญญาณ WR และจะเป็น 1 เมื่อสัญญาณขอบขาลงของ ACK

ACK (ACKNOWLEDGE อินพุท) สัญญาณเป็น 0 ที่ขา ACK (มาจากอุปกรณ์ภายนอก) แสดงว่าอุปกรณ์ภายนอกได้อ่านข้อมูลจากพอร์ตที่กำหนด (A หรือ B) แล้ว

INTR (INTERRUPT REQUEST) สัญญาณ 1 ที่ขานี้ใช้เป็นสัญญาณอินเตอร์รัพท์ CPU สัญญาณนี้จะเกิดขึ้นเมื่ออุปกรณ์ภายนอกได้รับข้อมูลจาก 8255 เรียบร้อยแล้ว และ INTR จะเป็น 1 ก็ต่อเมื่อ ACK = 1, INTE = 1 และจะกลับเป็น 0 อีกครั้งเมื่อมีการเขียนมาที่พอร์ตที่กำหนด

FLIP-FLOP ที่ใช้ INTERRUPT ทางส่วนเอาท์พุท คือ

INTE A ให้ SET/RESET ที่ BIT PC6

INTE B ให้ SET/RESET ที่ BIT PC2

อธิบายได้ดังนี้

ก่อนที่ CPU จะทำการเขียนข้อมูลเข้าไปที่ 8255 ควรจะตรวจดูก่อนว่าอุปกรณ์ภายนอกมาอ่านข้อมูลไปเรียบร้อยหรือยัง โดยดูจากสัญญาณ ACK ว่าเท่ากับ 1 หรือไม่ ถ้าเป็น 1 ก็ให้ CPU เขียนข้อมูลเข้ามาที่ 8255 ได้ เมื่อมีการเขียนข้อมูลเข้ามาแล้ว OBF จะ ACTIVE LOW จนกระทั่ง ACK เป็น 0 ถึงจะทำให้ OBF กลับมาเป็น 1 และถ้ามีการ SET ให้มีการ INTERRUPT (INTE BIT) เมื่อ ACK กลับเป็น 1 แล้วก็จะทำให้เกิด INTERRUPT โดย INTR ACTIVE เป็น 1

รายละเอียด MODE 2

ใน MODE นี้ก็คือ การรวมกันของ MODE 1 ในส่วนอินพุทและเอาท์พุท มาไว้ในส่วนเดียวกันโดยใช้ PORT A เป็นตัวเชื่อมต่อ นั่นก็คือ PORT A จะเป็น PORT แบบ 2 ทิศทาง ซึ่งสามารถที่อ่านหรือเขียนข้อมูลได้ใน PORT เดียวกัน PORT แบบ 2 ทิศทางนี้ยังเป็นระบบที่มีการ HAND SHAKEING ดังเช่น MODE 1 โดยใช้ PORT C เป็นตัวตรวจสอบ โดยสัญญาณต่างๆ นั่นคือ สัญญาณในส่วนอินพุท และเอาท์พุท ของ MODE 1 มารวมกันนั่นเอง

ประโยชน์ของ MODE 2 ในกรณีที่เราทำงานที่ต้องใช้ความเร็วอย่างมากโดย CPU เพียง 1 ตัว ไม่สามารถที่ควบคุมได้ ยกตัวอย่างเช่นให้มีการรับข้อมูลทาง SERIAL PORT จากอุปกรณ์ภาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกเข้ามาแล้วทำการประมวลผลเพื่อหาค่าใดๆ จากนั้นนำค่านี้ออกไปแสดงผลที่แผงไฟโฆษณา แล้วให้มีการนำค่าที่แผงไฟนั้นไปพิมพ์ที่เครื่องพิมพ์ ซึ่งที่แผงไฟต้องมีการแสดงผลตลอดเวลาห้ามหยุด ดังนั้น CPU ที่ 1 ก็ทำการรับข้อมูลทาง SERIAL PORT และ SCAN แผงไฟ ส่วน CPU ที่ 2 ใช้ในการ PRINT ข้อมูลที่ PRINTER โดยการใช้ MODE 2 ในการเชื่อมต่อ CPU ที่ 1 และ CPU ที่ 2 โดย CPU ที่ 1 เพียงแต่ส่งค่าต่างๆ ออกไปยัง CPU ที่ 2 เพื่อให้ CPU ที่ 2 ทำงาน PRINT ไปก็จะทำให้ CPU ที่ 1 ไม่เสียเวลาในการพิมพ์

คุณสมบัติทางไฟฟ้า

8255 มีข้อกำหนดของกระแส เอาท์พุท เมื่อเป็น LOW (IOL) ที่ 1.7 MA และกระแสเอาท์พุทเมื่อเป็น HIGH (IOL) 200 UA จึงทำให้สามารถขับ TTL มาตรฐานได้ 1 ตัว หรือ LS TTL ได้ 4 ตัว และสิ่งพิเศษของ PORT B และ C สามารถ SET 1 ทั้ง 8 เส้นให้สามารถจ่ายกระแสได้ 1-MA ที่ 1.5 V อันนี้จึงนำมาใช้ DRIVE SOLID STATE RELAY และ TRANSISTOR ได้ แต่ถ้าเป็น เอาท์พุท ไม่สามารถรับกระแส 10-20 MA ตามที่ LED ต้องการต้องมีบัฟเฟอร์ TTL ช่วย

8255 นี้มีความเร็วในการรับส่งอยู่ 2 รุ่นคือ 8255A-2 และ 8255A-5 ซึ่ง 8255A-5 มีความสามารถในการกระทำกับข้อมูลเร็วกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

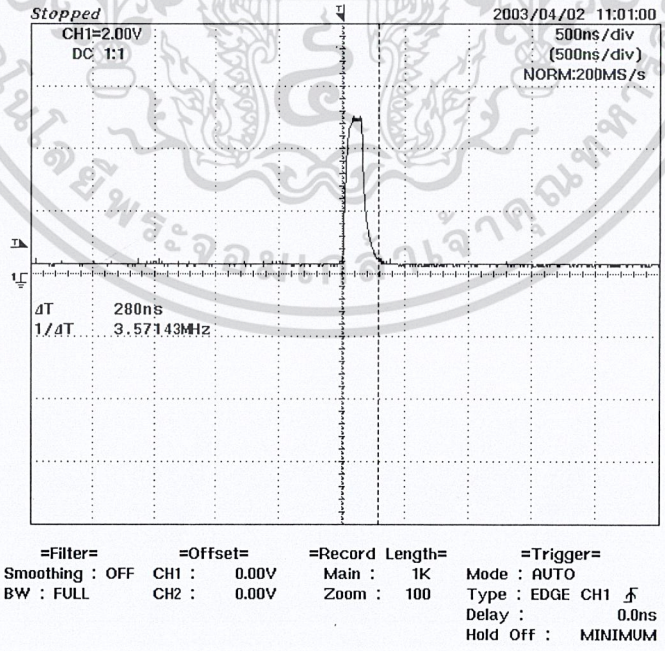
การออกแบบวงจรของระบบ

4.1 บล็อคไดอะแกรมและการออกแบบวงจร ประกอบด้วยส่วนหลัก 7 ส่วนดังนี้

1. ส่วนกำเนิดพัลส์ (IC #74LS123)
2. ส่วนตรวจจับพัลส์ (LM710)
3. ส่วนรวมสัญญาณ
4. Data Flip Flop
5. Pulse Amplitude Modulation : PAM
6. 8 Bits Counter
7. ระบบสัญญาณนาฬิกา
8. Micro Processor Unit : MPU

4.1.1 ส่วนวงจรกำเนิดพัลส์ (#74123)

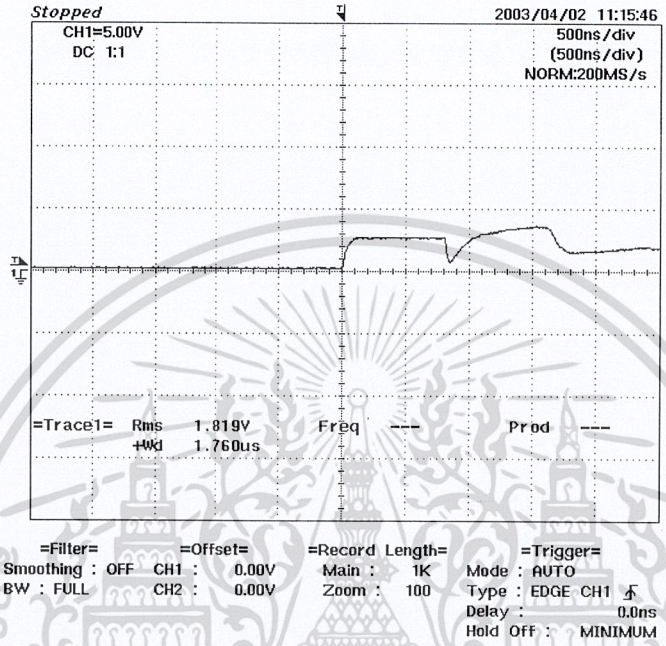
ในส่วนนี้จะทำหน้าที่ผลิตสัญญาณพัลส์ที่มีค่าความกว้างพัลส์แคบๆโดยใช้สัญญาณอินพุทเป็นพัลส์ ที่ความถี่ 2 KHz โดยมีเอาท์พุทดังรูปที่ 4.1



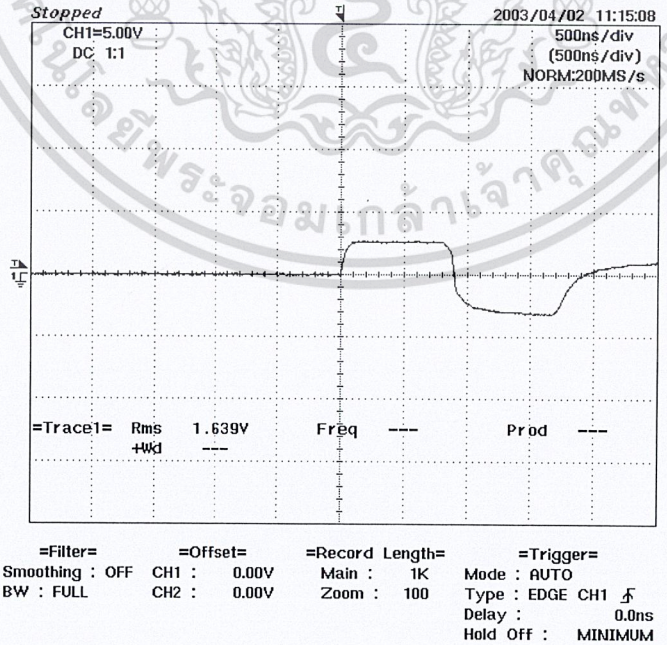
รูปที่ 4.1 Output ของ IC #74123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความกว้างของพัลส์นี้จะมีผลต่อการวัดระยะทางรวมถึงขีดความสามารถในการวัด ถ้าความกว้างพัลส์ไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดการซ้อนทับกันของคลื่นขาส่งและคลื่นสะท้อนกลับ ซึ่งถ้าเกิดเหตุการณ์นี้ขึ้น เราจะไม่สามารถนำสัญญาณไปวิเคราะห์ต่อได้เลย ลักษณะการซ้อนทับกันของคลื่นเป็นดังรูปที่ 4.2 และ 4.3



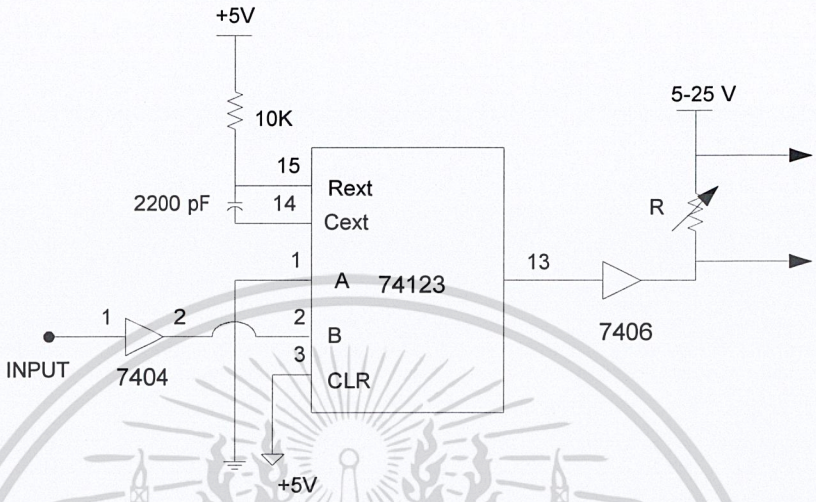
รูปที่ 4.2 ลักษณะการซ้อนทับกันของคลื่นขาส่งและคลื่นสะท้อนกลับกรณีเปิดวงจร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.3 ลักษณะการซ้อนทับกันของคลื่นขาส่งและคลื่นสะท้อนกลับกรณีปิดวงจร

ในการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์ เพื่อส่งเข้าไปในสายเคเบิลเพื่อหาตำแหน่งชำรุดของสายเคเบิล โดยวิธีของคลื่นจร จะใช้ IC เบอร์ 74LS123 ซึ่งเป็นวงจร Dual Retriggerable Monostable Multivibrator with Clear โดยมีวงจร ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 วงจรกำเนิดสัญญาณพัลส์

ในการออกแบบวงจรให้สามารถปรับค่าความกว้างของพัลส์ ที่ส่งเข้าไปในสายทดสอบได้ โดยการปรับค่าความต้านทาน Rext ที่ขา 15 โดยในการทดลองต้องปรับค่าความกว้างพัลส์ให้ได้ค่าที่เหมาะสมกับระยะของสายที่จะทำการทดสอบซึ่ง สามารถคำนวณหาค่า Rext ที่ทำให้เกิดความกว้างพัลส์ที่ขา 13 ของ IC #74LS123 ได้จากสมการ

$$PW = 0.3RC\left[1+\frac{0.7}{R}\right]$$

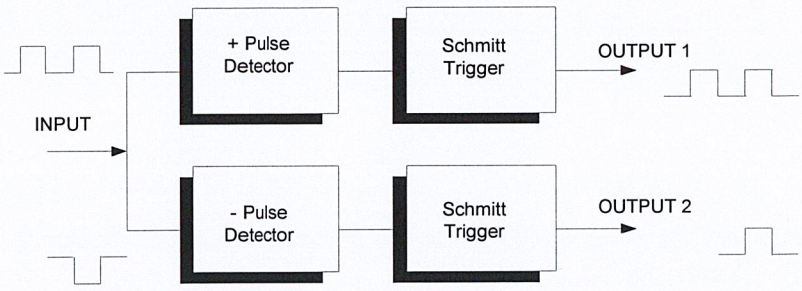
$$\frac{PW}{0.3C} = R+0.7$$

$$R = \frac{PW}{0.3C}+0.7$$

จากการคำนวณที่ค่าความกว้างพัลส์ 1.5 nS จึงเลือกใช้ค่า Rext ที่ ขา 15 ของ IC #74LS123 เป็นค่าความต้านทานปรับค่าได้ 10 KΩ และเลือกตัว Capacitor ที่ค่า 2,200 pF เพื่อปรับค่าความกว้างพัลส์ที่เหมาะสมกับระยะของสายที่ทำการทดสอบ

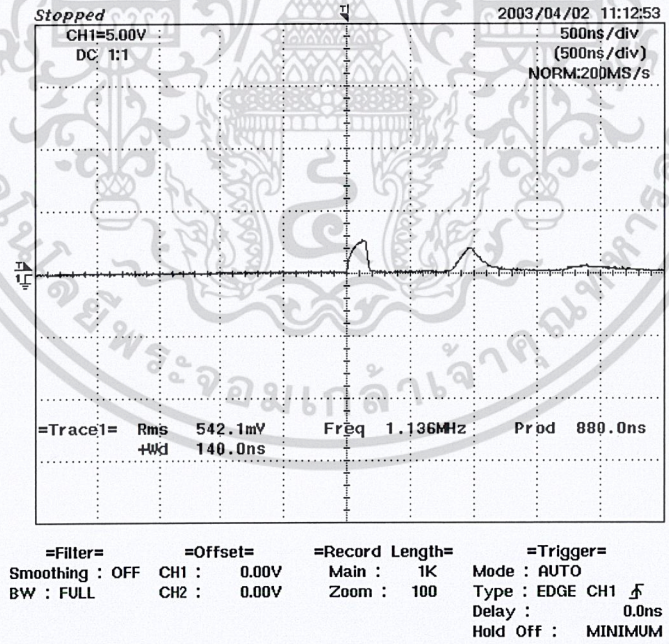
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ส่วนตรวจจับพัลส์ (Pulse Detector LM710)



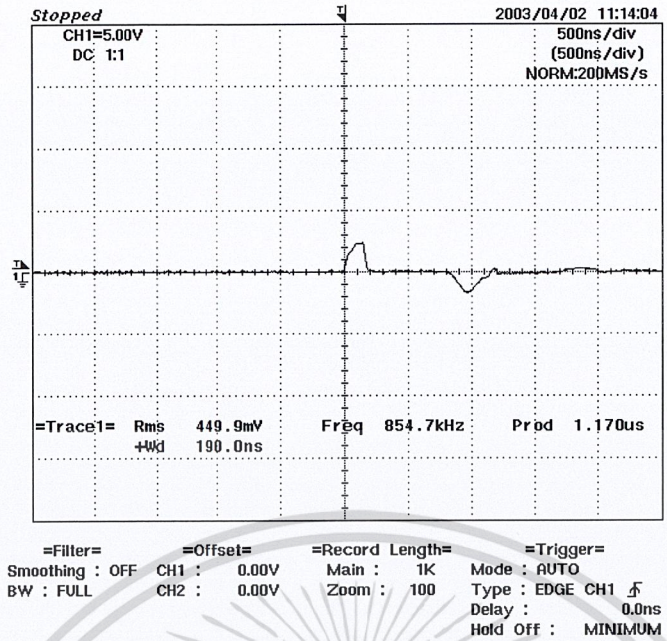
รูปที่ 4.5 Block Diagram รายละเอียดส่วนตรวจจับพัลส์

ส่วนตรวจจับพัลส์ ส่วนนี้จะทำหน้าที่ตรวจจับสัญญาณพัลส์ทั้งขาส่งและขารับซึ่งสัญญาณต่างๆที่ออกจาก ส่วนกำเนิดพัลส์ รวมถึงสัญญาณสะท้อนกลับจะถูกตรวจจับจากส่วนตรวจจับพัลส์ ซึ่งจะประกอบด้วยตัวตรวจจับพัลส์บวก และตัวตรวจจับพัลส์ลบ ลักษณะการสะท้อนกลับของคลื่นจะเป็นดังรูป 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ ซึ่งเป็นสัญญาณอินพุทให้กับส่วนตรวจจับ



รูปที่ 4.6 ลักษณะสัญญาณสะท้อนกลับแบบบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

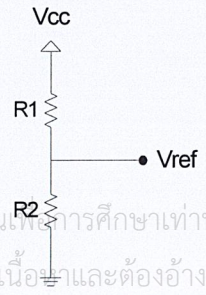


รูปที่ 4.7 ลักษณะสัญญาณสะท้อนกลับแบบลบ

ลักษณะการตรวจจับจะใช้ Op-Amp ต่อเป็นวงจรเปรียบเทียบ โดยเปรียบเทียบพัลส์บวกและพัลส์ลบ ดังนั้นที่ภาคนี้เราต้องมีการปรับแต่ง แรงดันเปรียบเทียบ (Voltage Referance) เพื่อตรวจจับคลื่นสะท้อนกลับ เพราะสัญญาณสะท้อนกลับมีแอมปลิจูดที่ต่ำมาก เราจะไม่ปรับให้เป็นศูนย์ถึงแม้ว่าการปรับแรงดันเปรียบเทียบให้เป็นศูนย์ จะทำให้การตรวจจับเร็วขึ้น เพราะการใช้แรงดันเปรียบเทียบเป็นศูนย์จะทำให้ ระดับของนอยส์ซึ่งสูงในระดับหนึ่งจะถูกตรวจจับด้วย ซึ่งเป็นสิ่งที่ไม่ต้องการจะทำให้ไม่สามารถตรวจหาสัญญาณที่แท้จริงได้ดังนั้นเราจึงต้องมีการปรับแต่งแรงดันเปรียบเทียบ ลักษณะของสัญญาณที่ออกจากภาคนี้จะเป็นสัญญาณกึ่งดิจิตอล ดังนั้นจึงต้องผ่านวงจรชมิตทริกเกอร์อีกครั้งเพื่อให้เป็นสัญญาณดิจิตอลสมบูรณ์แบบ

วงจรของส่วนตรวจจับพัลส์

การทำงานของวงจรส่วนนี้เราจะใช้ Op-Amp เป็นตัวตรวจจับพัลส์ที่สะท้อนกลับมา โดยใช้ IC เบอร์ LM710 เป็นตัวทำงาน โดย IC ตัวนี้จะทำงานเป็นลักษณะวงจรเปรียบเทียบ ดังนั้นการออกแบบจึงใช้การคำนวณอย่างง่าย โดยคำนวณแรงดันเปรียบเทียบจากสูตร Voltage divider



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปเราจะต้องคงค่า R ให้คงที่ตัวหนึ่ง แล้วทำการหาค่า R อีกตัวหนึ่ง โดยในที่นี้เราจะคงที่ R1 และคำนวณหา R2 โดยแยกเป็นสองส่วนดังนี้

1) วงจรตรวจจับพัลส์บวก (Positive Pulse Detector)

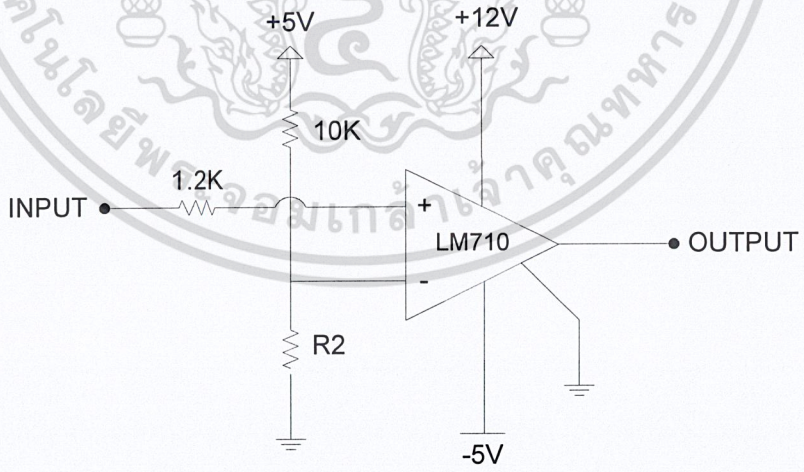
ในภาคนี้เราต้องการ Vref = 0.5 V เป็นค่าแอมปลิจูดน้อยที่สุดของสัญญาณสะท้อนกลับแบบบวก และจะคงที่ R1 = 10K ดังนั้น R2 จะคำนวณได้จาก

$$Vref = \frac{Vcc.R_2}{R_1 + R_2}$$

$$R_2 = \frac{Vref.R_1}{Vcc\text{-}Vref} \qquad ;R_1 = 10k\Omega,\ Vref = 0.5V,\ Vcc = 5V$$

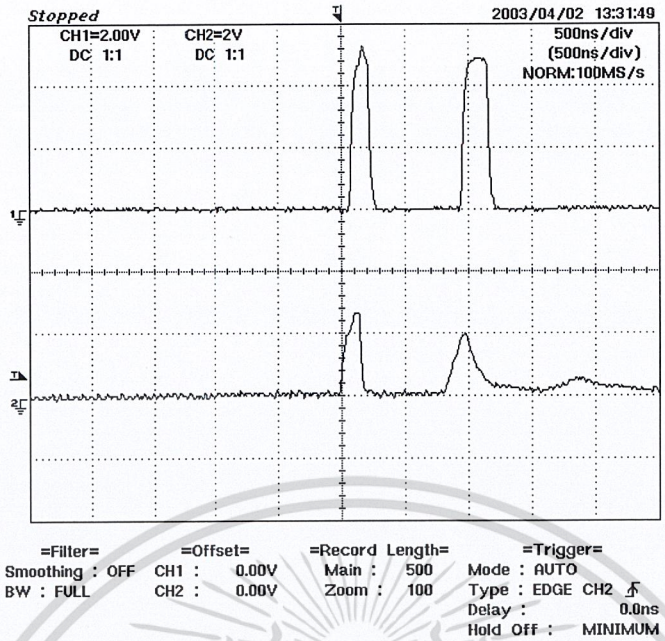
$$R = 1.1k\Omega$$

เมื่อได้ R2 แล้วเราจะทำการออกแบบวงจรโดยใช้ Rin = 1.2 K , R1 = 10 K , R2 = 1.2 K จะได้วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ ดังรูป 4.8 และจะได้ลักษณะเอาท์พุทดังรูป 4.9



รูปที่ 4.8 วงจรตรวจจับพัลส์บวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 เอาท์พุทของวงจรตรวจจับพัลส์บวก

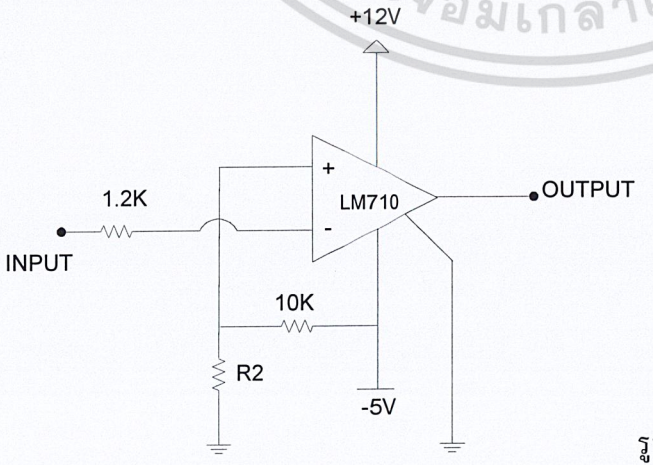
2) วงจรตรวจจับพัลส์ลบ (Negative Pulse Detector)

ในภาคนี้เราต้องการ Vref = -1 V เป็นค่าแอมปลิจูดน้อยที่สุดของสัญญาณสะท้อนกลับแบบลบ และจะคงที่ R1 = 10 k เช่นเดียวกันจึงคำนวณหาค่า R2 ได้จาก

$$R_2 = \frac{Vref.R_1}{Vcc\text{-}Vref} \qquad ;R_1 = 10k\Omega,\ Vref = -1V,\ Vcc = -5V$$

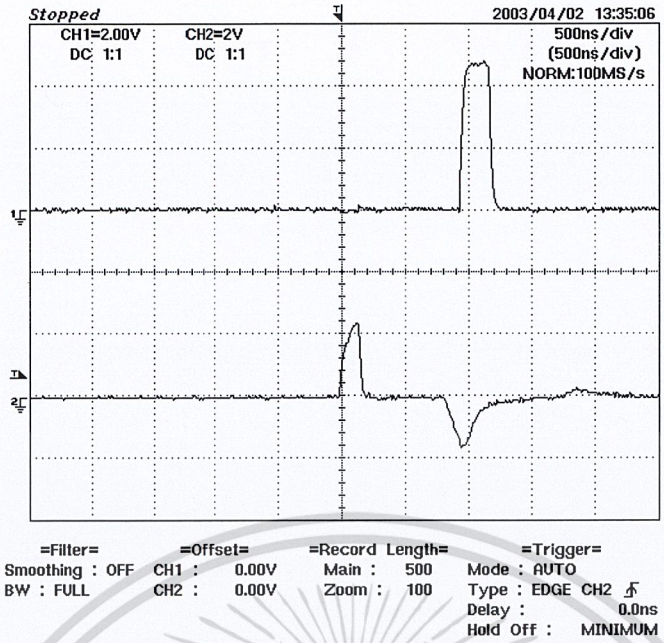
$$R = 2.5k\Omega$$

เมื่อได้ R2 แล้วเราจะได้วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ ดังรูป 4.10 เป็นวงจรตรวจจับพัลส์ลบ และมีลักษณะเอาท์พุทดังรูปที่ 4.11



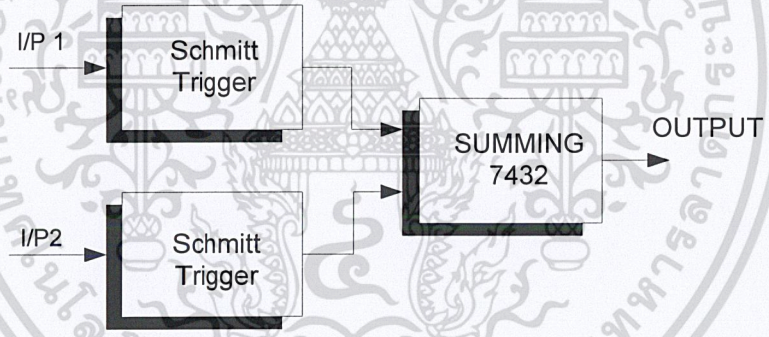
รูปที่ 4.10 วงจรตรวจจับพัลส์ลบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 เอาท์พุทของวงจรตรวจจับพัลส์ลบ

4.1.3 ส่วนรวมสัญญาณ (Pulse Summing #7432)



รูปที่ 4.12 Block Diagram ส่วนการรวมสัญญาณ

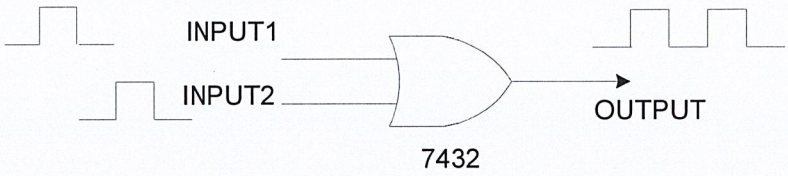
ในส่วนนี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณ 2 สัญญาณ แล้วนำมารวมกันในแกนเวลาที่ เอาท์พุทของภาคนี้ สัญญาณจะเรียงกันและเกิดระยะห่างของคลื่นเกิดขึ้น ซึ่งอาจเรียกได้ว่า Delay time ซึ่งระยะห่างนี้จะเป็นสัดส่วนกับความยาวของสายที่จะนำมาทดสอบ

โดยรูปคลื่นซ้ายสุด คือพัลส์ขาส่ง รูปคลื่นขวาสุดคือ พัลส์สะท้อนกลับ ซึ่งอาจเป็นบวกหรือลบก็ได้ ก็จะถูกปรับเปลี่ยนเป็นบวกเรียบร้อยแล้วและห่างจากพัลส์ขาส่งเป็นระยะเวลา t อุปกรณ์ที่ใช้ในการรวมสัญญาณนี้ คือ IC #7432 (OR Gate) เป็นตัวบัฟเฟอร์มีหน้าที่คงระดับสัญญาณไม่ให้ลดลงเมื่อผ่านการประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

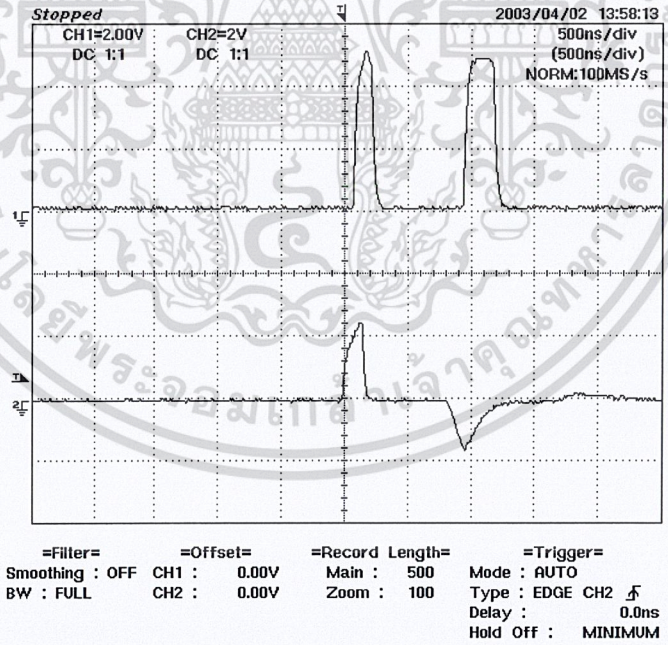
วงจรส่วนรวมสัญญาณ

อินพุททั้งสองของ OR Gate เป็สัญญาณที่มาจากเอาท์พุทของ Op-Amp ทั้งสองตัวมารวมกันที่ OR Gate จะได้วงจรดังรูป 4.13



รูปที่ 4.13 วรจรรวมสัญญาณ

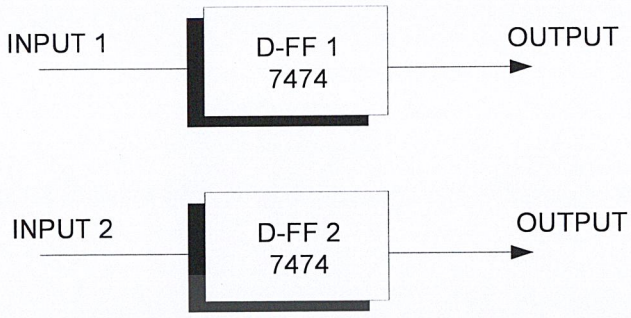
ผลการทดลองเราจะทำการป้อนอินพุทโดยใช้สัญญาณจริง คือ เอาท์พุทของ Op-Amp ทั้งสอง โดยทำการเปิดหรือปิดปลายสายก็ได้ เพราะเอาท์พุทของ OR Gate จะเหมือนกัน คือระยะห่างของพัลส์ขาส่งและพัลส์สะท้อนกลับจะเท่ากันไม่ว่าปิดหรือเปิดก็ตาม และมีลักษณะสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 เปรียบเทียบอินพุทและเอาท์พุทของวงจรรวมสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 Data Flip Flop (#7474)



รูปที่ 4.15 Block Diagram ส่วนการทำงานของ Data FlipFlop

ภาคนี้มีหน้าที่สำคัญ คือ แปลงระยะห่างของพัลส์สองลูก คือ พัลส์ขาส่งกับพัลส์สะท้อนกลับให้เป็นพัลส์ลูกเดียวกัน โดยความกว้างของพัลส์ลูกนี้จะมีความกว้างเท่ากับระยะห่างระหว่างพัลส์ขาส่งกับพัลส์สะท้อนกลับ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่นี้ ก็คือ Data flip flop (DFF) โดยตัวที่จะทำหน้าที่นี้ คือ DFF1 ซึ่งจะรับอินพุทจากภาครวมสัญญาณมาทำการแปลงระยะห่าง ส่วน DFF2 มีหน้าที่ตรวจสอบว่าสายที่เราทำการทดสอบนั้นเป็น การชำรุดแบบ เปิดวงจร หรือ ช็อตวงจร โดยใช้วิธีการครวจสอบโดย อินพุทของ DFF2 จะมาจาก Op-Amp ตรวจจับพัลส์ลบ ซึ่งถ้าปลายสายที่ทำการทดสอบเป็นแบบ ช็อตวงจร จะทำให้พัลส์สะท้อนกลับเป็นแบบลบ จะทำให้มีเอาท์พุทเป็นพัลส์ 1 ลูก ออกมาจาก Op-Amp ไปเข้าที่ DFF2 ทำให้ DFF2 ผลิตพัลส์ขนาด 5V ออกมา 1 ลูก และในทางตรงกันข้าม ถ้าปลายสายที่ทำการทดสอบเป็นแบบเปิดวงจร พัลส์สะท้อนกลับจะเป็นแบบบวก ดังนั้นจึงไม่มีเอาท์พุทออกมาจาก Op-Amp ตรวจจับพัลส์ลบ จึงมีระดับแรงดันเอาท์พุทเป็น 0V จึงสรุปเหตุการณ์ได้ ดังตารางที่ 4.1

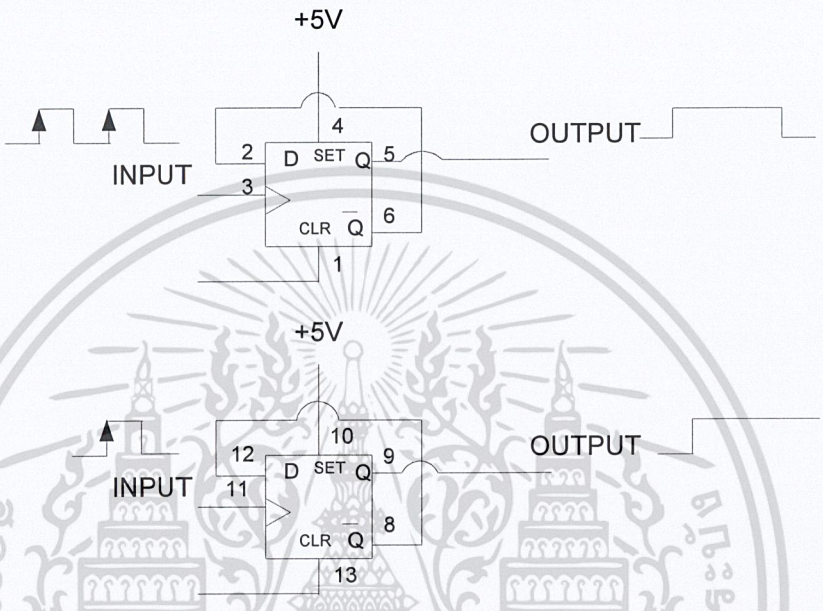
ตารางที่ 4.1 แสดงเงื่อนไขการตรวจจับชนิดการเสียของสายทดสอบโดยแปลงเป็น ลอจิก

เหตุการณ์	Out Put D-FF2	Logic
ช็อต cct.	พัลส์ขนาด 5 V	“1”
เปิด cct.	พัลส์ขนาด 0 V	“0”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นเราจะนำหลักการการเปลี่ยนแปลงสถานะ “1” กับ “0” ที่ได้นี้ไปเป็นตัวตรวจจับชนิดของการเสียของสายทดสอบได้ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นตัวประมวลผล และจะทำงานร่วมกับสัญญาณตรวจสอบอื่นด้วย

วงจรส่วนของวงจรแปลงพัลส์ (Data Flip Flop)



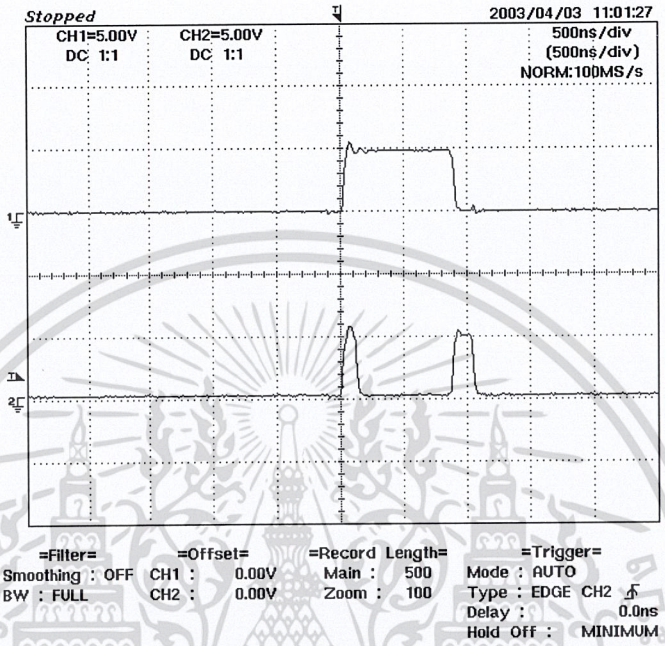
รูปที่ 4.16 วงจรของ Data Flip Flop ทั้งสองตัว

ในส่วนของวงจร Data Flip Flop เราจะใช้ IC #7474 เป็นตัวทำงาน โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ชุด โดย DFF-1 จะทำหน้าที่แปลงพัลส์เมื่อเกิดการ ปิด หรือ เปิด ปลายสาย ส่วน DFF-2 จะทำงานเมื่อ ปิดปลายสายทดสอบเท่านั้น วงจรจะเป็นดังรูป 4.16

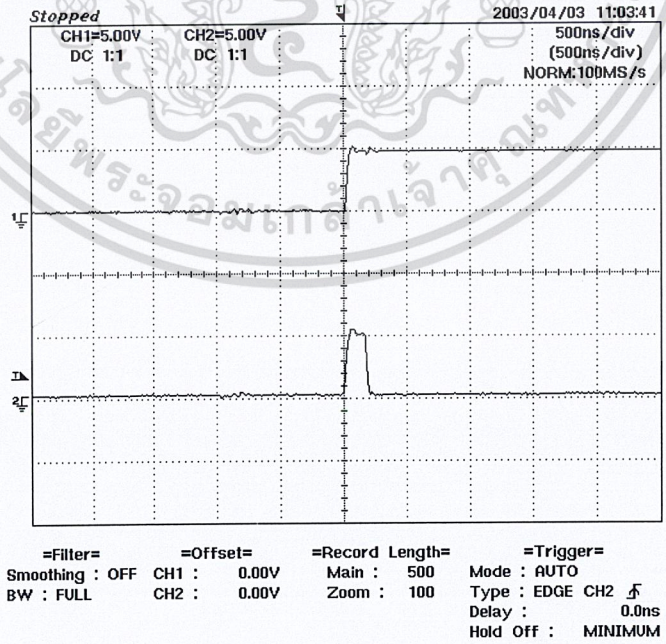
DFF-1 จะรับอินพุทจากวงจร รวมสัญญาณโดยตรงเพื่อแปลงพัลส์ ดังนั้นไม่ว่าเราจะ ปิด หรือ เปิด ปลายสายทดสอบ จะมีพัลส์ 2 ลูกวิ่งผ่านมายัง DFF-1 เสมอ คือพัลส์ลูกแรกเป็นพัลส์ขาส่ง และพัลส์ลูกที่สองเป็นพัลส์สะท้อนกลับซึ่งอาจเกิดจากการ ปิด หรือ เปิด ปลายสายก็ได้ แต่มันได้ถูกแปลงเป็นพัลส์บวกแล้ว ดังนั้นสรุปได้ว่าจะมีพัลส์สองลูก วิ่งเข้ามาที่อินพุทของ DFF-1 และได้เอาท์พุทเป็นพัลส์ 1 ลูก มีความกว้างเท่ากับระยะห่างของพัลส์อินพุททั้ง 2 ลูก มีลักษณะอินพุทและเอาท์พุทดังรูปที่ 4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DFF-2 จะรับอินพุทจาก Op-Amp ส่วนการตรวจจับพัลส์ลบโดยตรง ดังนั้น DFF-2 จะทำงานเมื่อมีการ ปิดปลายสายทดสอบเท่านั้น และเราจะใช้ DFF-2 นี้ ไปเป็นตัวตรวจจับสัญญาณเปิด, ปิด วงจร ในส่วนของ ซอฟแวร์ต่อไป สัญญาณเอาท์พุทจะเปลี่ยนแปลงเมื่อมีพัลส์สะท้อนกลับแบบลบเข้ามาเท่านั้น จะได้ลักษณะของสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทดังรูป 4.18



รูปที่ 4.17 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทของ D-FF 1

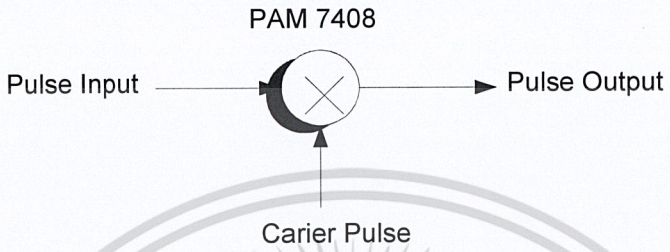


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.18 เปรียบเทียบสัญญาณอินพุทและเอาท์พุทของ D-FF 2

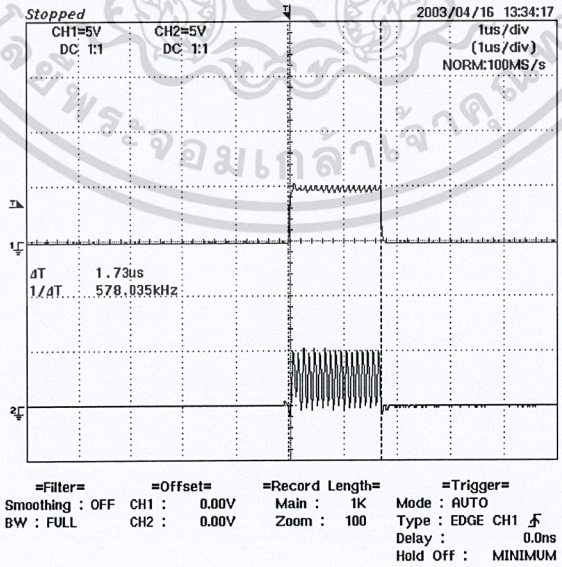
4.1.5 Pulse Amplitude Modulation : PAM

ในส่วนนี้เอาท์พุทของระบบ สัญญาณพัลส์ที่รับมาจาก DFF1 ซึ่งเป็นพัลส์ที่มีความกว้างเท่ากับระยะห่างของพัลส์ขาส่งและพัลส์สะท้อนกลับ สัญญาณพัลส์ลูกนี้ จะผ่านเข้ามายังระบบซึ่งคือวงจรคูณสัญญาณ โดยมีความถี่ 10 MHz เป็นลักษณะ Square Pulse เช่นกันเป็นตัวคูณและมีอินพุท เป็นพัลส์ที่มาจาก DFF1 เป็นตัวถูกคูณ ดังนั้นเราจึงกล่าวได้ว่าสัญญาณ เอาท์พุท ของ DFF1



รูปที่ 4.19 แสดงการทำงานแบบง่ายของ PAM

เมื่อผ่านระบบนี้แล้ว ความกว้างของพัลส์จะถูกระบบนี้แบ่งความกว้างของสัญญาณพัลส์ออกเป็นพัลส์ลูกเล็ก ๆ จำวนหนึ่ง ซึ่งสัญญาณเอาท์พุท ที่ได้นี้จะถูกนำไปประมวลผลต่อยังภาคต่อไป จะสังเกตเห็นว่าสัญญาณพัลส์ อินพุทนี้จะมีความถี่ด้วยเพราะ สัญญาณขาส่งถูกส่งด้วยความถี่ ดังนั้นสัญญาณอินพุทนี้จึงมีความถี่ด้วยเช่นกัน แต่จะมีความกว้างของพัลส์ เป็นตัวแปรเท่านั้น ดังนั้นเอาท์พุทของ PAM นี้จึงมองได้ว่า พัลส์อินพุทจะถูกแบ่งเป็นพัลส์ลูกเล็ก ๆ ทุก ๆ ระยะของพัลส์สะท้อนกลับ ตามรูปที่ 4.20



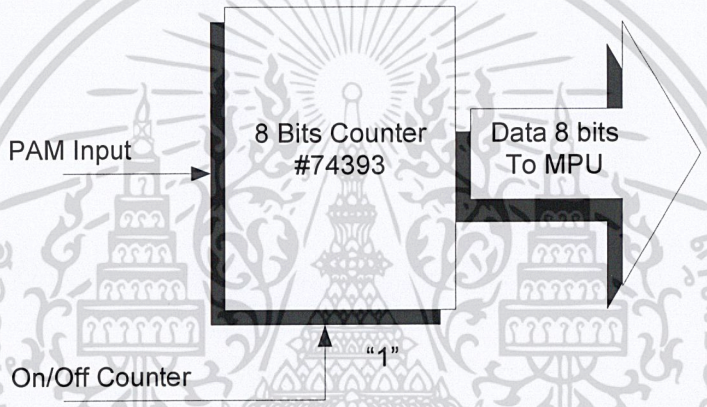
รูปที่ 4.20 อินพุทและเอาท์พุทของ PAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากพัลส์อินพุทมีคาบที่แน่นอน ดังนั้น เอาท์พุทของ PAM นี้จึงมีลักษณะเป็นพัลส์ลูกเล็ก ๆ ความถี่ 10 MHz เป็นห้วง ๆ

4.1.6 8 Bits Counter (#74393)

การทำงานส่วนนี้ คือ 8 Bits Counter จะทำหน้าที่นับสัญญาณนาฬิกาที่ได้จากวงจร PAM โดยจะนับทุก ๆ 1 ห้วงการคูณสัญญาณ นั่นคือ สรุปได้ว่า มันจะนับเฉพาะช่วงที่เกิดระยะห่างของพัลส์ขาส่งและพัลส์สะท้อนกลับเท่านั้นช่วงอื่นจะป็น "0" และจะนับใหม่เมื่อทำการส่งพัลส์ขาส่งออกไปและสิ้นสุดการนับเมื่อพัลส์สะท้อนกลับได้วิ่งกลับมาให้ตรวจจับเท่านั้น ดังนั้น จึงกล่าวได้ว่า มันจะนับใหม่ทุก ๆ ห้วงของการสะท้อนกลับของพัลส์



รูปที่ 4.21 Block Diagram ของภาคการนับ 8 บิต

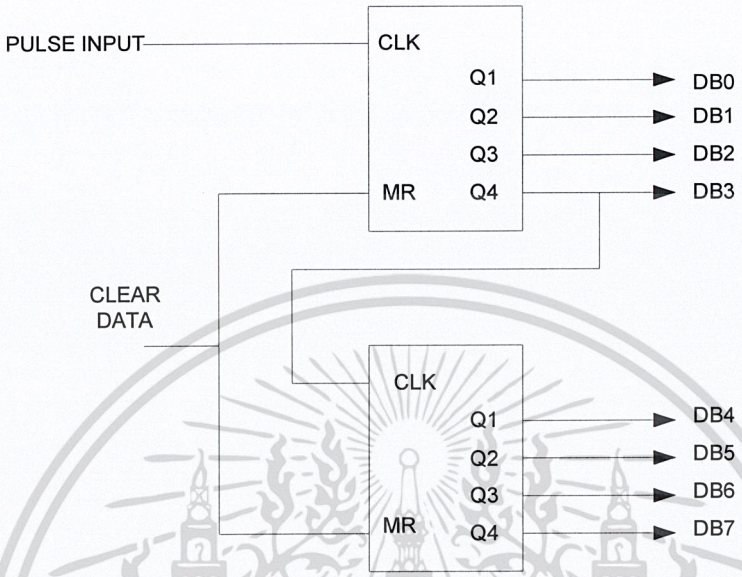
ดังนั้นถ้าเราป้อนสัญญาณ PAM เข้าไปนับตรง ๆ จะเกิดปัญหา คือ จะเกิดการนับไม่เป็นระเบียบ และไม่สามารถนำค่า เอาท์พุทนี้ไป ประมวลผลต่อได้ เพราะฉะนั้นจำเป็นจะต้องมีสัญญาณสัญญาณหนึ่งเป็นตัวบอกให้ 8 Bits Counter "เริ่ม" และ "หยุด" นับสัญญาณ ดั้งนั้นสัญญาณที่จะเอามาทำงานนี้ได้ จึงทำงานสัมพันธ์กับระยะห่างของพัลส์ขาส่งและพัลส์สะท้อนกลับด้วย สัญญาณดังกล่าวนั้นจึงควรเป็นสัญญาณที่ได้จาก เอาท์พุทของ DFF1 และควรผ่าน บัฟเฟอร์เพื่อให้สัญญาณมีเสถียรภาพ (stable) และเพื่อให้การนับมีความถูกต้องแม่นยำมากที่สุด

วงจรนับ 8 บิท (8 Bits Counter)

ในส่วนนี้จะทำหน้าที่นับพัลส์ลูกเล็ก ๆ ที่เกิดจาก วงจร PAM เป็นเลข Binary 8 Bits และจะนำข้อมูลนี้ส่งไปให้ MPU ไปประมวลผล และเนื่องจากการนับจะต้องนับเฉพาะช่วงที่มีพัลส์อินพุท 1 เกิดขึ้นและจะนับในช่วงขอบขาขึ้นของพัลส์ และขอบขาลงของพัลส์ที่อินพุท 1 ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ ดัดแปลง เผยแพร่ หรือแสวงหาประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจร PAM มาเป็นสัญญาณ on/off Counter ให้กับ 8 Bits Counter ด้วย ในส่วนนี้จะใช้ IC #74393 ซึ่งเป็น 4 Bits Counter 2 ตัว มาต่อ Serial กัน เพื่อให้นับเป็น 8 Bits Counter วงจรเป็นดังรูป 4.22



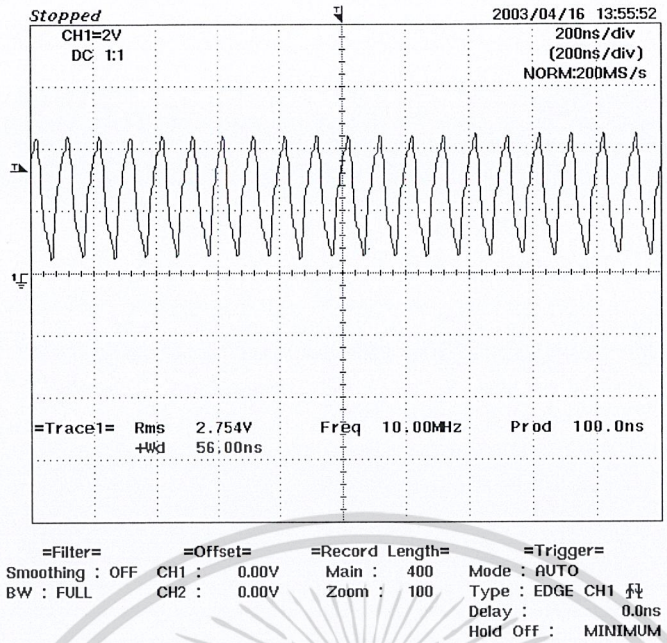
รูปที่ 4.22 วงจร 8 Bits Counter

4.1.7 ระบบสัญญาณนาฬิกา

สัญญาณนาฬิกา 10 MHz เป็นสัญญาณนาฬิกาที่ใช้เป็นคลื่นพาห์ ในการทำ Pulse Amplitude Modulation : PAM ดังนั้นสัญญาณ พัลส์จึงต้องมีความถี่ที่สูงมากพอที่จะทำการแบ่งพัลส์ความกว้างของ DFF1 ออกเป็นพัลส์ลูกเล็ก ๆ ได้ ยิ่งถ้าสัญญาณนาฬิกาในภาคนี้สามารถทำให้สูงกว่านี้ได้เราก็จะวัดสัญญาณได้ละเอียดมากขึ้น และระยะของสายทดสอบก็จะสามารถวัดได้ในระยะที่ไกลขึ้น ดังนั้นระยะของสายทดสอบก็ขึ้นอยู่กับสัญญาณนาฬิกาในภาคนี้ด้วยเช่นกัน

ลักษณะของสัญญาณเอาท์พุทที่ได้นี้แสดงได้ดังรูปที่ 4.23 โดยเราทำการประยุกต์ให้ใช้ที่คลื่นสัญญาณสี่เหลี่ยม 10 MHz ความถี่ที่ได้จะไกล้เคียง 10 MHz มากที่สุด ซึ่งในการใช้งานจริง ๆ เราจะได้ความถี่ประมาณ 9 MHz ซึ่งถือว่าพอยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 ผลการทดลองความถี่ 10 MHz

4.2 การออกแบบส่วนของ MPU "LCD"

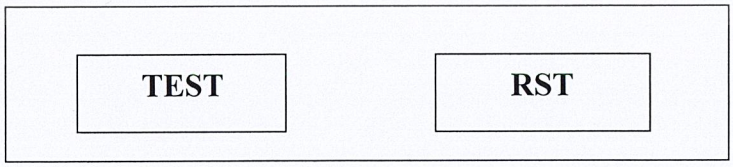
4.2.1 การออกแบบส่วน MPU และอุปกรณ์อินเตอร์เฟส

ในส่วนนี้จะแบ่งเป็น 4 ส่วนคือ

1. คีย์ อินเตอร์เฟส
2. แอลซีดี อินเตอร์เฟส
3. อินเตอร์เฟสข้อมูล 8 บิท
4. CPU & I/O Port (8255)

4.2.2 คีย์ อินเตอร์เฟส

คีย์บอร์ดที่ใช้ในการทำงานจะมี 2 คีย์ ดังรูป 4.24



รูปที่ 4.24 แสดงการวางตำแหน่งคีย์บนหน้าปัทส์เครื่อง

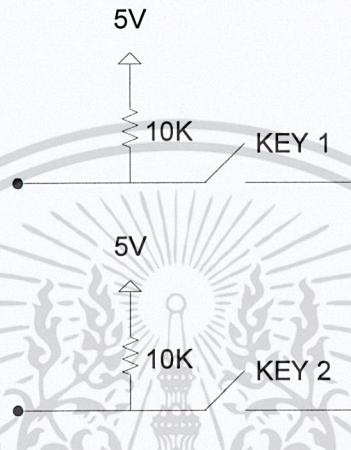
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คีย์ทั้ง 2 คีย์ จะเป็นสวิตซ์แบบกดติดปล่อยดับ ซึ่งจะต่อกับ Port ของ 8255 ความหมายของคีย์ทั้ง 2 มีดังนี้

คีย์ 1 : TEST ทดสอบสาย

คีย์ 2 : RESET

การต่อคีย์ทั้ง 4 จะต่อโดยมี R Pull up เพื่อให้ port มีสถานะเป็น high ตลอดจนกว่าจะมีการกดคีย์ใดๆ วงจรจะเป็นดังรูป 4.25



รูปที่ 4.25 วงจรการต่อคีย์ทั้ง 2 กับ port B ของ 8255 I/O Port

4.2.3 การอินเตอร์เฟส จอแสดงผล แอลซีดี

ปัจจุบัน แอลซีดี เป็นที่นิยมกันเป็นอย่างมาก สำหรับการแสดงผลในเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ทั้งนั้น เนื่องจากมีความเหมาะสมหลายๆ ด้าน เช่น การใช้กระแสต่ำ สามารถแสดงผลเป็นตัวอักษรและตัวเลขหรือแสดงเป็นกราฟฟิก (เฉพาะรุ่น) จะมีปัญหาก็คือในด้านวงจร ซึ่งมีระบบการทำงานที่ซับซ้อนและหาอุปกรณ์ได้ค่อนข้างยาก แต่ขณะนี้ผู้ผลิต แอลซีดี จะทำรุ่นที่เป็น แอลซีดี จะผลิตเป็น Module ออกมาคือเป็น module ที่มีตัว แอลซีดี และวงจรควบคุมมาให้พร้อม ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถต่อเข้ากับระบบไมโครฯ ได้ง่ายและสะดวกสำหรับการเขียนโปรแกรม รวมทั้งยังมีการจำหน่ายกันอย่างกว้างขวางและมีราคาที่เหมาะสม ทำให้ผู้ใช้ทางด้านไมโครฯ หันมาใช้แผงแสดงผลด้วย แอลซีดี module กันมากขึ้น

แอลซีดี module มีอยู่หลายรุ่น และคุณสมบัติแตกต่างกันไป ซึ่งแบ่งได้เป็น 2 กลุ่มหลัก คือ แบบ Dot matrix และ Graphic โดยแบบ Dot matrix จะแสดงผลเป็นตัวอักษรขนาด 5x8 Dot และมีจำนวนอักษรและบรรทัดแตกต่างกันไปในแต่ละรุ่น ส่วนแบบ Graphic จะสามารถแสดงผลในแบบ Bit map คือ จะสร้างเป็นภาพใดๆ ก็ได้ตามต้องการ แนวทางในการใช้งานของทั้ง 2 แบบ จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะใกล้เคียงกัน การใช้งานโดยทั่วไปมักจะใช้แบบ Dot matrix มากกว่าเนื่องจากราคาถูกกว่า และเพียงพอต่องานส่วนใหญ่คุณสมบัติของDot matrix แอลซีดี module สามารถสรุปเป็นข้อๆ ดังนี้

1. มีให้เลือกหลายรุ่นตามความต้องการใช้งาน โดยมีจำนวนตัวอักษร และบรรทัดแตกต่างกันไป

2. ตัวอักษรแสดงด้วย Dot matrix ขนาด 5x8 Dot

3. สามารถต่อเข้ากับระบบไมโครฯ ได้ 2 ลักษณะคือ แบบ Memory map และแบบผ่าน 8255 port ซึ่งจะใช้ขาสัญญาณทั้งหมด 14 PIN

4. การใช้งานง่ายและสะดวก ระบบไมโครฯ เพียงแค่ส่งข้อมูลให้กับ แอลซีดี module เท่านั้น ข้อความก็จะปรากฏบนแผงแสดง และจะค้างไว้ตลอดทำให้ไม่ต้องเสียเวลาของระบบ

5. มีคำสั่งพิเศษสำหรับอำนวยความสะดวกมากมาย เช่น CLEAR, DISPLAY, HOME, CURSOR, ON OFF CURSOR, BLANK CHARACTER และอื่นๆ อีก

6. สามารถแสดงผลเป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษและตัวเลขได้ 160 ตัว และสัญลักษณ์พิเศษอีก 32 ตัว รวมทั้งสามารถกำหนดอักษรที่ออกแบบเองได้อีก 8 ตัว

7. กินกระแสน้อยและมีน้ำหนักเบารวมทั้งทำงานได้ด้วยไฟเลี้ยงระดับ 5 โวลต์เท่านั้น

ตารางที่ 4.2 แสดงขาสัญญาณของแอลซีดี module

PIN	SYMBOL	LEVEL	FUNCTION
1	Vss	-	ระดับ 0V GND
2	Vcc	-	ระดับ +5V Power Supply
3	Vee	-	ปรับความเข้มจอ แอลซีดี
4	RS	H/L	Register Select H : ข้อมูลอินพุท L : Intruction อินพุท
5	R/W	H/L	H : ข้อมูล Read L : ข้อมูล Write
6	E	H	Enable Signal (L-H)
7	DB0	H/L	ข้อมูล Bus Bit 0
8	DB1	H/L	ข้อมูล Bus Bit 1
9	DB2	H/L	ข้อมูล Bus Bit 2
10	DB3	H/L	ข้อมูล Bus Bit 3
11	DB4	H/L	ข้อมูล Bus Bit 4
12	DB5	H/L	ข้อมูล Bus Bit 5
13	DB6	H/L	ข้อมูล Bus Bit 6
14	DB7	H/L	ข้อมูล Bus Bit 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 ต่อเข้ากับระบบไมโครคอนโทรลเลอร์

แอลซีดี module จะต่อเข้ากับระบบไมโครฯ ได้ 2 ลักษณะดังได้กล่าวไปแล้ว ซึ่งทั้งสองแบบนี้จะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป โดยแต่ละแบบจะมีหลักการดังนี้

การต่อแบบ Memory map

1. สามารถต่อเข้ากับ chip เบอร์ทั่วๆ ไปได้ เช่น 8051 หรือ Z80 โดยจะทำให้ระบบไมโครฯ มองเห็นแอลซีดี module ในลักษณะของ Memory ได้ทันที

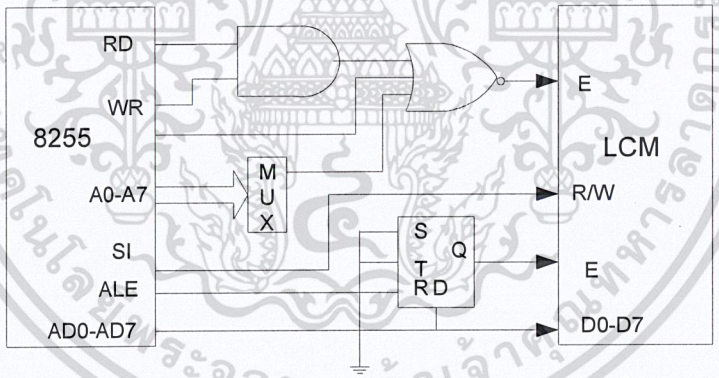
2. ผู้ใช้สามารถเขียนและอ่านข้อมูลจาก แอลซีดี module ได้ ทำให้มองเสมือนว่าเป็น Memory บัฟเฟอร์ ไปในตัว

3. เนื่องจากสามารถอ่านข้อมูลกลับได้ จึงทำให้สามารถตรวจสอบ flag ข้อความพร้อมในขณะที่ แอลซีดี module กำลังทำงานได้

4. ใช้ได้กับบอร์ดที่มี แอลซีดี bus มาให้พร้อมเท่านั้น

5. ทำให้กินพื้นที่ของหน่วยความจำไปส่วนหนึ่ง และต้องมีการ Decode ละเอียดพอสมควร

6. การจัดขาสัญญาณจะต้องเป็นไปตามแบบของ chip



รูปที่ 4.26 การอินเตอร์เฟสแบบ Memory map

4.2.5 การต่อแบบ I/O port

1. สามารถต่อเข้ากับ I/O port ใดๆ ก็ได้ โดยใช้สายสัญญาณจำนวน 11 เส้น และใช้โปรแกรมเป็นตัวสร้างสัญญาณขึ้นมา ให้ตรงกับข้อกำหนดของแอลซีดี module

2. ผู้ใช้จะเขียนข้อมูลให้แอลซีดี module ได้อย่างเดียว ซึ่งผู้ใช้ควรจะกำหนด memory ส่วนหนึ่งให้เสมือนบัฟเฟอร์ให้กับแอลซีดี module

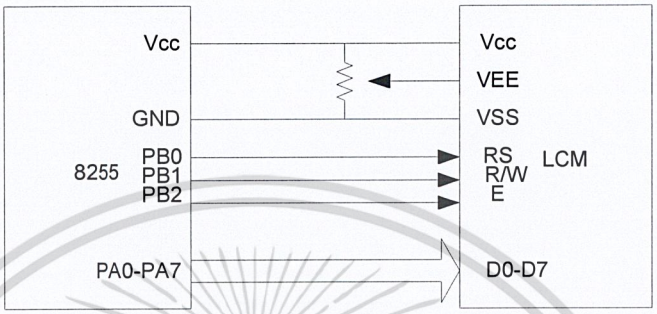
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เนื่องจากไม่สามารถอ่านข้อมูลกลับได้ จึงต้องใช้การหน่วงเวลาของระบบเอง เพื่อรอให้แอลซีดี module กระทำขบวนการต่างๆ

4. ใช้ได้กับบอร์ดทั่วๆ ไปที่มี port

5. ไม่เปลืองส่วนของ Memory ในการใช้งาน

6. การจัดขาสัญญาณกระทำได้อย่างอิสระ



รูปที่ 4.27 การต่ออินเตอร์เฟสแบบ I/O Port

ชุดคำสั่งควบคุมและการแสดงข้อความ

ขาสัญญาณ VEE มีไว้สำหรับกำหนดความเข้มของตัวอักษร โดยถ้าต่อกับ GND จะมีความเข้มสูงสุด แต่ถ้าต่อกับ VCC จะมีความเข้มต่ำสุด ปกติแอลซีดีรุ่นธรรมดา อาจจะต่อกับ GND ไว้เลยก็ได้ ไม่ต้องใส่ VR ให้สิ้นเปลือง แต่ถ้าเป็นรุ่น STN (มุมมองกว้าง) ให้ใช้ R 2K ต่อลง GND อีกที เพื่อให้ความเข้มมีความเหมาะสม การเขียนหรืออ่านข้อมูลกับแอลซีดี module ก็คือการกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ในการใช้งานของ แอลซีดี ตามชุดคำสั่งควบคุม และรวมไปถึงการเขียนข้อมูลที่เป็นข้อความ เพื่อให้ปรากฏบนแผงแสดงด้วย

ความเข้าใจพื้นฐาน

1. การเขียนข้อมูลให้กับแอลซีดี module จะแบ่งเป็น 2 ลักษณะคือ Instruction และข้อมูลโดยจะกำหนดด้วยขาสัญญาณ RS คือถ้า RS = 0 จะหมายถึงส่งสัญญาณควบคุม (instruction) หรืออ่านค่า flag สภาพการทำงานของแอลซีดี module และถ้า RS = 1 จะหมายถึงการเขียนหรืออ่านข้อมูลกับแอลซีดี module

2. หลักการในการเขียนข้อมูลให้แอลซีดี module นี้ คือ เมื่อมีการเขียนข้อมูลไปแล้ว ตัวแอลซีดี module จะต้องใช้เวลาในการทำงานชั่วขณะหนึ่ง (ตามค่า execute time ในตาราง) ซึ่งระบบไมโครฯ สามารถตรวจสอบได้จาก Busy Flag (BF) และถ้าเรียบร้อยแล้ว จึงจะสามารถเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลอันต่อไปได้ในกรณีที่การต่อวงจรเป็นแบบ I/O port คือไม่สามารถอ่านข้อมูลย้อนกลับได้ ระบบไมโครฯ ก็จะต้องใช้วิธีการหน่วงเวลาแทน

3. การเขียนข้อมูลให้กับแอลซีดี module นี้สามารถทำให้ทั้งแบบ 8 bit และ 4 bit โดยกรณี 4 bit จะใช้สายสัญญาณข้อมูลเพียง 4 เส้น คือ DB4 - DB7 (ใช้สำหรับระบบไมโครฯ แบบ 4 bit หรือเพื่อการประหยัดสาย) การเขียนข้อมูลจะกระทำเหมือนกับ 8 bit เพียงแต่ให้เขียน 2 ครั้ง คือ DB4 - DB7 ก่อนแล้วตามด้วย DB0 – DB3 และจะต้องกำหนดคุณสมบัติตามค่า DL ในคำสั่ง Function set ด้วย

4. DDRAM (Display ข้อมูล RAM) คือหน่วยความจำภายในตัว แอลซีดี module ที่เป็นบัฟเฟอร์ของข้อมูล โดยถ้าเขียนรหัส ASCII ใดๆ ลงไปในหน่วยความจำนี้ ก็จะปรากฏเป็นตัวอักษรที่แผงแสดงทันที

5. CGRAM (Character กำเนิด Ram) คือหน่วยความจำภายในตัว แอลซีดี module สำหรับเก็บภาพตัวอักษรที่ผู้ใช้สามารถสร้างได้เอง (8 ตัวอักษร) โดยจะอ้าง Address ได้ทั้งหมด 64 Byte คือ 8 ตัวอักษรคูณกับ 8 row

4.2.6 รายละเอียดของแต่ละคำสั่ง

1. CLEAR DISPLAY

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*

สำหรับการ Clear Display โดยจะทำการเขียนตัวอักษร Space ลงไปใน DDRAM ทั้งหมด และทำการกำหนดค่า DDRAM Address ให้เป็น 0 พร้อมทั้ง Cursor จะกลับไปที่ตำแหน่งซ้ายบนสุดของจอภาพ

2. CURSOR AT HOME

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	0	1	*

สำหรับการกำหนดค่า DDRAM Address ให้เป็น 0 พร้อมทั้ง Cursor จะไปอยู่ที่ตำแหน่งซ้ายบนสุดของจอภาพ โดยที่ข้อมูลใน DDRAM ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ENTRY MODE SET

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	0	1	I/D	S

I/D = 0 กำหนดทิศทางของ Cursor และ DDRAM ให้เป็นแบบ Decrement

I/D = 1 กำหนดทิศทางของ Cursor และ DDRAM ให้เป็นแบบ Increment

S = 0 เมื่อเขียนข้อมูลแล้ว ตัว Cursor จะถูกเลื่อนไปตามทิศทางของค่า I/D

S = 1 เมื่อเขียนข้อมูลแล้ว ตัว Cursor จะอยู่กับที่และตัวอักษรจะถูกดันไปตามทิศทางของค่า I/D

การกำหนดค่า I/D และ S นี้ให้กำหนดก่อนการเขียนข้อมูลใน DDRAMและเมื่อกำหนดค่าแล้วจะต้องไม่ใช้คำสั่ง Clear display อีก

4. DISPLAY ON/OFF

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	0	1	D	C	B

D = 0 กำหนดให้ off display

D = 1 กำหนดให้ on display

C = 0 กำหนดให้ off cursor

C = 0 กำหนดให้ on cursor โดย cursor จะเป็นเส้นขีดใต้ตัวอักษร

B = 0 กำหนดให้ ไม่มีการกระพริบที่ตำแหน่ง Cursor

B = 1 กำหนดให้ ไม่มีการกระพริบที่ตำแหน่ง Cursor (กระพริบเป็นรูปสี่เหลี่ยม)

5. DISPLAY SHIFT

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	0	1	S/C	R/L	*	*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

S/C = 0 กำหนดให้เลื่อน Cursor ตามทิศทาง R/L ไป 1 ตำแหน่ง

S/C = 1 กำหนดให้เลื่อนข้อความบนแผงแสดงตามทิศทาง R/L ไป 1 column (เลื่อนทุกบรรทัด)

R/L = 0 กำหนดให้มีทิศทางไปทางซ้าย

R/L = 1 กำหนดให้มีทิศทางไปทางขวา

6. FUNCTION SET

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	0	1	DL	N	F	*	*

DL = 0 กำหนดให้การติดต่อกับ แอลซีดี module เป็นแบบ 4 bit

DL = 1 กำหนดให้การติดต่อกับ แอลซีดี module เป็นแบบ 8 bit จะสังเกตว่า การกำหนดค่า D/L นี้สามารถกระทำได้ที่ DB4 – DB7 ซึ่งถ้ามีการกำหนดให้เป็นแบบ 4 bit ตั้งแต่ครั้งแรก หลังจากจ่ายไฟเลี้ยงก็จะทำให้ แอลซีดี Module มีการรับข้อมูลแบบ 4 bit ทันที

N = 0 กำหนดจำนวนบรรทัดแบบ 1/8 Duty และ 1/11 Duty

N = 1 กำหนดจำนวนบรรทัดแบบ 1/16 Duty

F = 0 กำหนดให้ตัวอักษรเป็นแบบ 5x7 Dots

F = 1 กำหนดให้ตัวอักษรเป็นแบบ 5x10 Dots (กรณีที่ แอลซีดี module เป็นแบบ 5x7 อยู่แล้วก็จะไม่มีผลอะไร)

7. SET CGRAM ADDRESS

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	0	1	CGRAM ADDRESS					

สำหรับการกำหนด Address ของ CGRAM เมื่อได้ทำการกำหนดไว้แล้วการอ่านและเขียนข้อมูลที่ต่อจากนี้ จะเป็นไปตาม Address ที่กำหนดทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. SET DDRAM ADDRESS

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	0	1	DDRAM ADDRESS						

สำหรับการกำหนด Address ของ DDRAM เมื่อได้ทำการกำหนดไว้แล้ว การอ่านและเขียนข้อมูลที่ต่อจากนี้จะเป็นไปตาม Address ที่กำหนดทันที ตำแหน่งของ Address ในแต่ละรุ่นจะมีความแตกต่างกันมาก เพราะจำนวนตัวอักษรต่อบรรทัดไม่เท่ากัน ซึ่งแสดงดังตารางดังต่อไปนี้ (ตารางนี้จะกำหนดให้บิทที่ 7 เท่ากับ 1 เสมอ เพื่อความสะดวกในการเรียนใช้)

รุ่น DMC 202

80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	8A	8B	8C	8D	8E	8F	90	91	92	93
C0	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	CA	CB	CC	CD	CE	CF	D0	D1	D2	D3

9. DUSY FLAG AND ADDRESS READ

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
0	1	BF	ADDRESS						

สำหรับการอ่านค่า BF (Busy Flag) ซึ่งบอกถึงความพร้อมของ แอลซีดี module ในการรับข้อมูล ถ้า BF = 0 หมายความว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลต่อไปได้ แต่ถ้า BF = 1 หมายความว่ายังไม่พร้อม นอกจากนี้ยังเป็นการอ่านค่า Address ของ CGRAM หรือ DDRAM ด้วย

4.2.7 การอ่านและเขียนข้อมูลกับ DDRAM/CGRAM

1. Write ข้อมูล To DDRAM or CGRAM

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	0	ข้อมูล							

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำ DDRAM หรือ CGRAM โดยเมื่อทำการเขียนแล้ว Address จะถูกเพิ่มหรือลงโดยอัตโนมัติตามที่กำหนดจากค่า I/D ในคำสั่ง Entry mode set และการเขียนจะเป็น DDRAM หรือ CGRAM ก็ขึ้นกับว่าก่อนหน้าคำสั่งนี้มีการกำหนด Address ที่ใด

2. Read ข้อมูล From DDRAM or CGRAM

RS	R/W	DB7	DB6	DB5	DB4	DB3	DB2	DB1	DB0
1	1	ข้อมูล							

สำหรับการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ DDRAM หรือ CGRAM โดยเมื่อทำการเขียนแล้ว Address จะถูกเพิ่มหรือลดลงโดยอัตโนมัติตามที่กำหนดจากค่า I/D ในคำสั่ง Entry mode set และการอ่านจะเป็น DDRAM หรือ CGRAM ก็ขึ้นกับว่า ก่อนหน้าคำสั่งนี้มีการกำหนด Address ที่ใด

4.2.8 แนวทางการเขียนโปรแกรมควบคุม

1. เมื่อจ่ายไฟเลี้ยงให้กับ แอลซีดี module ครั้งแรกภายในจะมีการ Reset ระบบโดยอัตโนมัติซึ่งจะใช้เวลา 10 ms หลังจากที่ระดับแรงดันไฟขึ้นถึง 4.5 V แล้วทั้งนี้ระบบ Reset ดังกล่าวจะกระทำสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้

- ทำการ clear จอภาพทั้งหมด (clear display)
- กำหนดคุณสมบัติด้วยคำสั่ง Function set คือ DL = 1 (ติดต่อกับระบบไมโครฯ ในแบบ 8 bit), N = 0 (แสดงข้อมูล 1 บรรทัด) , F = 0 (กำหนดตัวอักษรแบบ 5x7 Dots)
- กำหนดคุณสมบัติด้วยคำสั่ง Display ON/OFF คือ D = 0 (ไม่แสดงข้อมูล) , C = 0 (Cursor OFF) , B = 0 (Blank OFF)
- กำหนดคุณสมบัติด้วยคำสั่ง Entry mode set คือ I/D = 1 (Increment) , S = 0 (No shift)

การใช้งาน แอลซีดี module ต้องรอให้ขบวนการ Reset ภายในทำงานเรียบร้อยก่อนซึ่งจะตรวจสอบได้ด้วย BF (Busy Flag) หรืออาจจะใช้การหน่วงเวลาก็ได้

2. การใช้งาน แอลซีดี module จะต้องเกี่ยวข้องกับทางด้านโปรแกรมเป็นส่วนใหญ่ ชุดคำสั่งต่างๆ รวมทั้งการอ่านหรือเขียนข้อมูลนั้นจะถูกกำหนดด้วยขาสัญญาณทั้งหมดที่มีอยู่ปกติโปรแกรมจะต้องกำหนดคุณสมบัติต่างๆ ที่ต้องการไว้ที่ส่วนต้น จากนั้นก็จะเป็นการอ่านและเขียนข้อมูลลงใน DDRAM ซึ่งก็คือข้อความที่จะใช้แสดงผลนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.9 การโหลดอักษรที่ออกแบบเอง

แอลซีดี module จะสามารถโหลดตัวอักษรที่ออกแบบเองได้ โดยกระทำได้ 8 ตัวอักษร ซึ่งหลักการก็คือ ให้ทำการโหลดรูปแบบที่กำหนดไว้แล้วลงในหน่วยความจำ CGRAM นั่นเอง Address ที่อ้างถึง CGRAM จะใช้เพียง 6 bit โดยอ้างได้ทั้งหมด 64 byte (คือ 8 ตัวอักษรคูณกับ row) และการเรียกใช้ตัวอักษรที่ออกแบบไว้จะใช้รหัส 00-07 (หรือ 08-0F ก็ได้) ขั้นตอนในการโหลดอักษรจะเป็นดังนี้

1. กำหนด Address ของ CGRAM ด้วยคำสั่ง Set CGRAM ทั้งนี้ถ้าโหลดอักษรตัวแรกก็จะใช้ Address ที่ตำแหน่ง 0

2. เขียนข้อมูลที่เป็นรูปแบบของตัวอักษร ด้วยคำสั่ง Write ข้อมูล โดยรูปแบบนี้จะใช้ 8 byte ต่อหนึ่งตัวอักษร คือเรียง row จากแถวบนลงล่างและใช้ bit ที่ 0-4 เท่านั้น การโหลดนี้จะทำได้ต่อเนื่องไปเรื่อยๆ โดยไม่ต้องกำหนด Address ใหม่

3. ตัวอักษรที่โหลดลงไปแล้วสามารถเรียกใช้ได้ตลอดไป ในขณะที่ยังมีไฟเลี้ยงอยู่ ซึ่งการโหลดนี้ให้กระทำที่ส่วนต้นของโปรแกรมได้เลย

4.2.10 ข้อมูลอินเตอร์เฟส

ส่วนนี้คือส่วนที่สำคัญมากจะประกอบด้วยข้อมูลซึ่งมาจาก Board ทั้งหมด โดยข้อมูลจะแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ

1) ข้อมูลที่เป็นข้อมูล 8 bits จากภาค 8 bits counter ส่วนนี้จะต่อผ่าน บัฟเฟอร์ และต่อกับ port 1 ของ 8252 CPU อีกที

2) ข้อมูล ตรวจจับ ส่วนนี้ คือ ส่วนที่ใช้ในการตรวจสอบ และ เสถียรภาพของโปรแกรมซึ่งมีรายละเอียดของสัญญาณดังนี้

- สัญญาณบอก เปิด/ปิด วงจร ซึ่งมาจาก DFF-2 และจะต่อกับ Port 3 ของ 8252 CPU
- สัญญาณบอก ON/OFF Counter ซึ่งมาจาก DFF-1 และจะต่อกับ Port 3 ของ CPU เช่นเดียวกัน

สัญญาณทั้งหมดนี้จะมีการต่อวงจรโดยตรงกับตัว 8252 CPU โดยใช้ Port ของ CPU ซึ่งได้แก่ Port 1 และ Port 3 บางส่วน

4.2.11 CPU & I/O Port (8255)

คุณสมบัติทางฮาร์ดแวร์ ของ MPU คือ

CPU 8252 (40 PIN – DIP of MCS51)
สัญญาณนาฬิกา 11.0592 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MEMORY	32 Kbyte(27C256)
PORT	12 bit จาก Port & INT0,INT1,T0,T1, ของ MCS-51
	24 bit จาก Port A,PortB,PortC, ของ 8255 PPI
CONNECTOR	16 PIN(Port1)
	26 PIN(Port 8255)

Port สำหรับนำไปใช้งานเป็นอินพุทต่าง ๆ นั้น แสดงได้ดังนี้

- 8255 Port สำหรับใช้งานเป็นส่วน I/O ของระบบ ซึ่งจะต่อใช้งานในลักษณะMemory Map โดยมีตำแหน่ง Address คือ

  PortA = 8000H

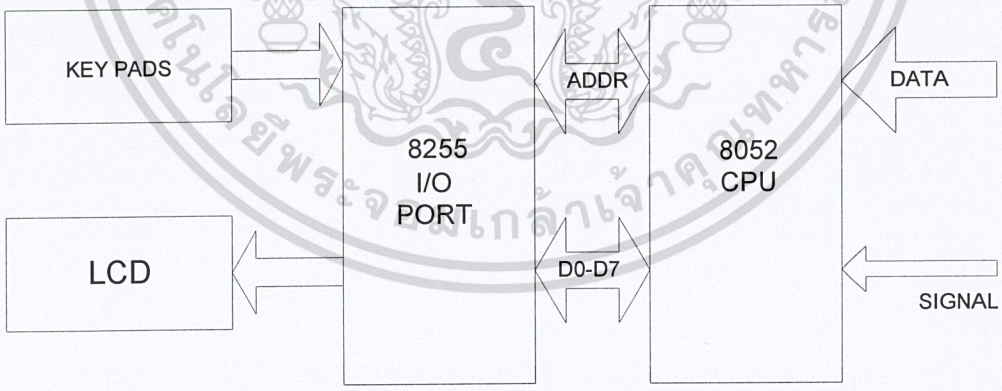
  PortB = 8001H

  PortC = 8002H

  PortD = 8003H (Control port)

- 12 bit Port คือ I/O 12 bit จาก CPU เพื่อการใช้งานอิสระ

อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่จะต่อกับ MPU จะต่อผ่าน Connector 16 pin และ 26 pin ดังนั้น เราจึงต้องแยก Port ต่าง ๆ ออกเพื่อความสะดวกในการต่อใช้งาน และเราสามารถสรุปการทำงานของ MPU ได้ดังรูป 4.20 ซึ่งจะแสดง Input และ Output ของระบบโดยรวมทำให้เข้าใจการทำงานโดยรวมของภาคนี้ได้ง่ายขึ้น



รูปที่ 4.20 แสดง อินพุท และ เอาท์พุท ของระบบโดยรวม

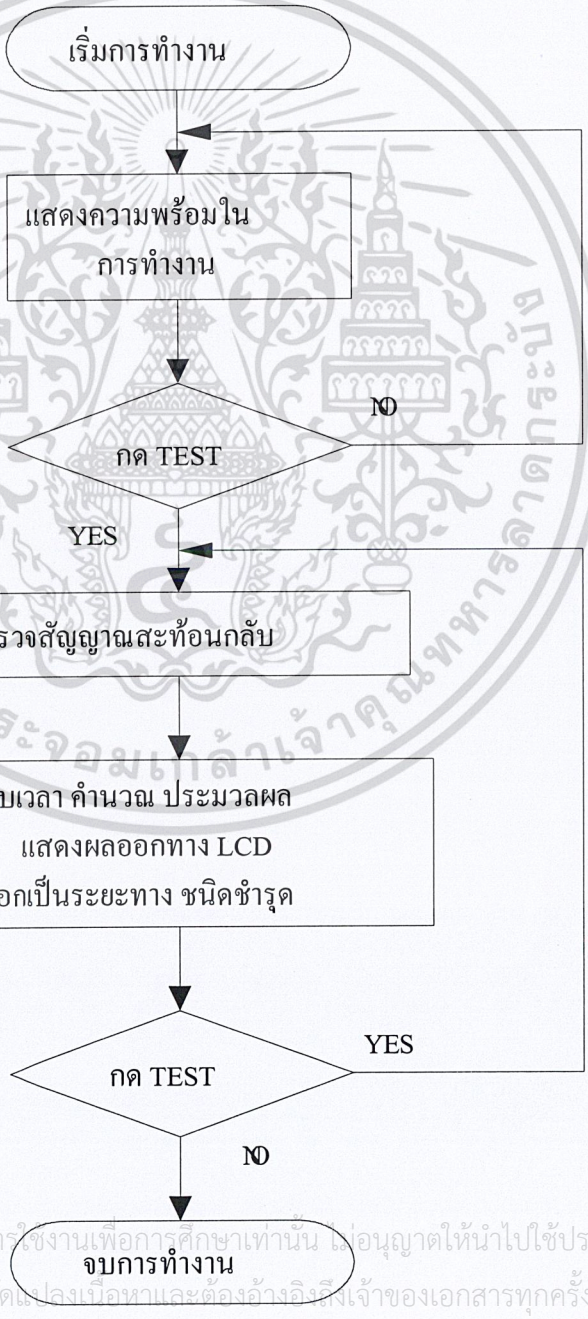
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

FLOW CHART และการทำงานของระบบ

เราจะใช้โปรแกรมภาษาแอสแซมบลี้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุม CPU8052 และแปลงข้อมูล (Compile) แอสแซมบลี้ เป็นข้อมูลฐาน 16 เพื่อนำไปประมวลผลต่อไป

5.1 โฟลว์ชาร์ทแสดงการทำงานของวงจร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มต้นการทำงาน โดยการแสดงความพร้อมในการทำงานของวงจรจากนั้นมีการตรวจสอบว่ามีการกด คีย์ MENU หรือไม่ ในส่วนของซอฟท์แวร์ การทำงานของ MENU การ Test transmission โดยเมื่อเราอยู่ที่ MENU Test Transmission นั้น เมื่อเราทำการกดคีย์ TEST โปรแกรมจะเริ่มทำงาน โดยวิ่งไปที่โปรแกรมย่อย ซึ่งที่โปรแกรมย่อยนี้ โปรแกรมจะวนเพื่อตรวจเช็คว่าสายที่กำลังทดสอบนั้นเป็น เปิดวงจร หรือ ปิดวงจร ในขั้นตอนนี้จะเช็คสัญญาณที่มาจาก DFF-2 ซึ่งเป็นสัญญาณ “0” กับ “1” และจะรับสัญญาณโดยตรงจากวงจร 8 Bits Counter เพื่อทำการนับเวลา คำนวณ ประมวลผล และ แสดงผลที่ได้ออกทาง LCD บอกเป็นระยะทางจุดที่สายชำรุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การทดลองและผลการทดลอง

6.1 การทดลองและผลการทดลอง

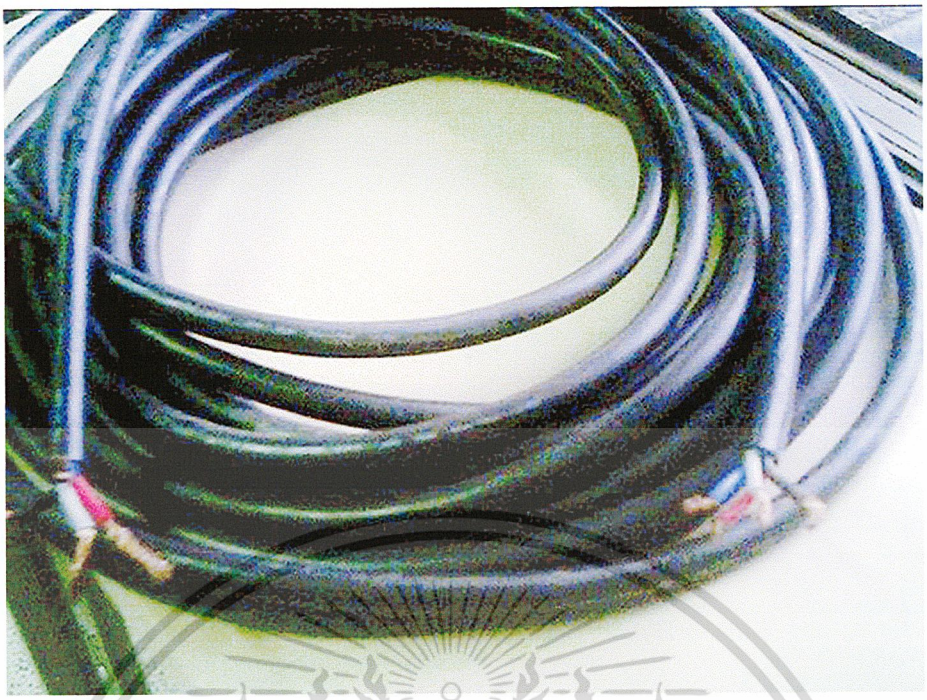
6.1.1 การทดสอบการใช้งานของเครื่อง

นำเครื่องตรวจวัดหาจุดชำรุดของสายเคเบิลที่ออกแบบไว้ไปทดสอบกับสายเคเบิล ขนาด 750 V 4X4 SQ. M.M. ดังรูที่ 6.1 โดยทำการทดสอบกับสายทดสอบที่ระยะค่าต่าง ๆ ดังรูปที่ 6.2 และบันทึกผลที่ได้จากการทดลองในตารางที่ 6.1

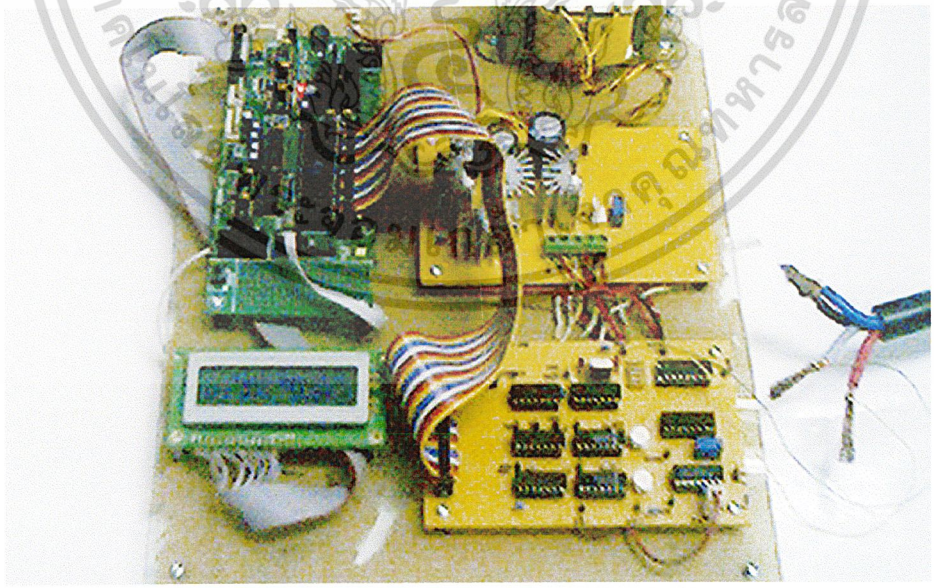
ตารางที่ 6.1 แสดงผลการทดลองกับสายเคเบิล ขนาด 750 V 4X4 SQ. M.M.

ความยาวสายเคเบิล(เมตร)	Open Circuit Test		Short Circuit Test	
	ระยะสายที่วัดได้จากเครื่อง(m)	ค่าความคลาดเคลื่อน%	ระยะสายที่วัดได้จากเครื่อง(m)	ค่าความคลาดเคลื่อน%
15.0	15.0	0.0	15.0	0.0
30.0	30.0	0.0	30.0	0.0
50.5	52.5	3.9	52.5	3.9
52.5	52.5	0.0	52.5	0.0
67.5	70.5	4.4	65.5	2.9
101.0	97.5	3.4	97.5	3.4
105.0	105.0	0.0	105.0	0.0
135.0	130.5	3.3	130.5	3.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

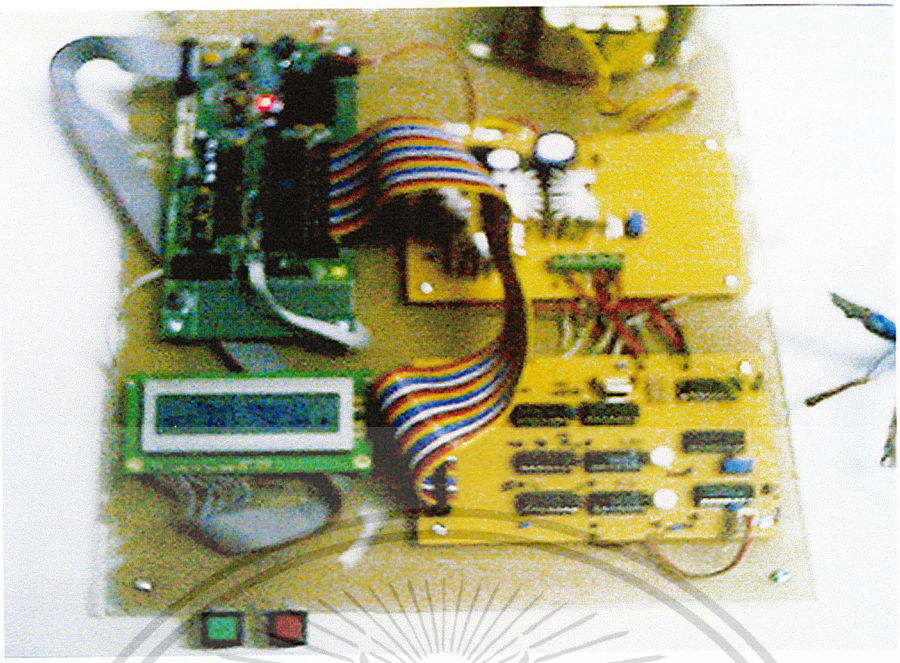


รูปที่ 6.1 แสดงลักษณะสายที่ใช้ทดสอบ ขนาด 750V 4X4 SQ.M.M.

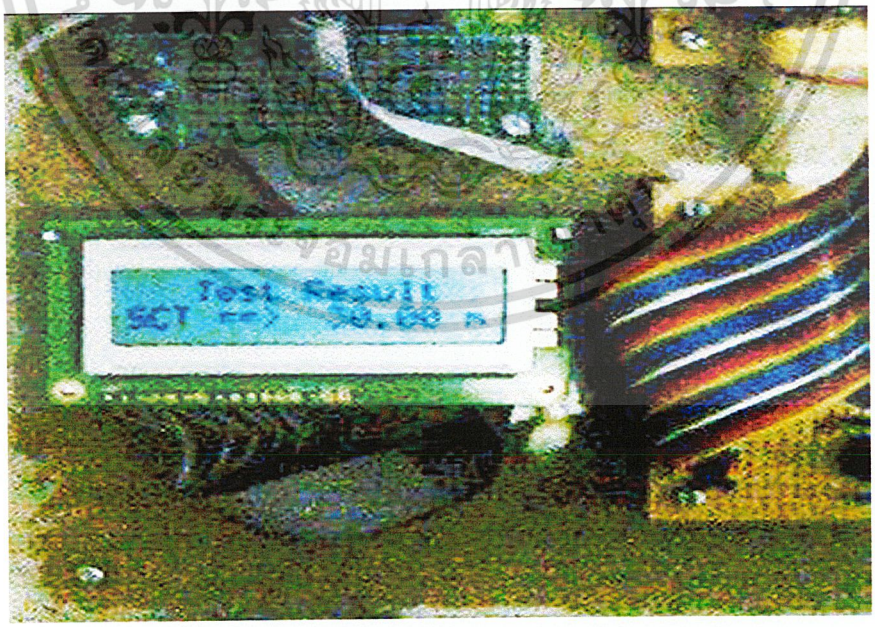


รูปที่ 6.2 แสดงการทดสอบกับสายเคเบิลขนาด 750V 4X4 SQ.M.M.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.3 แสดงภาพโดยรวมของวงจร



รูปที่ 6.4 แสดงผลที่ได้จากการทดสอบทาง แอลซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

7.1 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

7.1.1 สรุปโดยรวมที่ได้จากการทดลอง

เครื่องตรวจวัดหาจุดชำรุดของสายเคเบิลที่ได้จากการทดลอง โดยใช้หลักการของการเกิดคลื่นสะท้อนโดยการส่งสัญญาณคลื่นพัลส์เข้าไปในสายเคเบิลขนาด 750 V 4X4 SQ. M.M. ที่เกิดการชำรุดและตรวจวัดช่วงเวลาคลื่นเดินทางไปและกลับโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในการตรวจวัดสามารถวัดระยะที่เกิดการชำรุดของสายเคเบิลได้ในช่วง 15 – 135 เมตรโดยมีค่าผิดพลาดดังตารางที่ 6.1 ค่าความผิดพลาดเกิดในส่วนของวงจรตรวจจับพัลส์ ต้องมีการปรับค่าแรงดันเปรียบเทียบให้เหมาะสมกับระยะของสายที่ทำการทดสอบอยู่ตลอด เมื่อทำการทดสอบที่ระยะต่างกันมาก ๆ และในส่วนของ วงจร PAM ที่ใช้คลื่นพาห์ขนาด 10 MHz เป็นตัวคูณสัญญาณซึ่งถือว่าความละเอียดยังไม่ดีพอ ควรใช้ขนาดที่มากกว่า 10 MHzจะทำให้ความผิดพลาดน้อย สำหรับวงจรนี้ ดังนั้นจึงต้องทำการปรับแต่งวงจรให้เหมาะสมกับระยะสายที่นำการทดสอบจนได้ค่าที่ถูกต้องมากที่สุด

7.2.2 สรุปผลการออกแบบใช้งาน

1. แสดงผลการวัดออกทาง แอลซีดี โดยบอกจุดชำรุดจากจุดที่ทำการวัดไปถึงจุดที่เกิดการชำรุดของสายและบอกชนิดของการชำรุด (Short/Open)
2. ตรวจหาระยะจุดชำรุดของสายด้วยการนับพัลส์แล้วคำนวณโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์
3. ควบคุมการทำงานโดยปุ่มกด 2 ปุ่ม คือ TEST และ RESET
4. สายที่ใช้ในการทดสอบเป็นสายเคเบิล ขนาด 750 V 4X4 SQ. M.M. ระยะสายทดสอบ 15 – 135 เมตร
5. ใช้ความถี่ 2 KHz และ 10 MHz
6. อาศัยหลักการการสะท้อนกลับของสัญญาณ (Pulse Echo)

7.2 แนวทางการพัฒนา

1. ส่วนกำเนิดพัลส์ต้องมีความกว้างพัลส์มากขึ้นเพื่อวัดระยะสายที่มีระยะทางที่ต่ำกว่า 50 เมตรได้โดยมีค่าผิดพลาดน้อยที่สุด
2. ออกแบบวงจรเปรียบเทียบให้ตรวจจับสัญญาณได้ละเอียดมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เพิ่มขนาดและระยะสายที่ทำการวัดให้มากขึ้น เพื่อพัฒนาปใช้งานได้จริงในภาคสนาม
4. เพิ่มขนาดสัญญาณคลื่นพาห์ที่ภาค PAM ให้สูงขึ้นมากกว่า 10 MHz จะทำให้ค่าที่ได้จากการวัดละเอียดมากขึ้น และลดค่าผิดพลาดให้น้อยลง
5. ประเภทของสายที่จะทำการวัด ต้องใช้โปรแกรมในการปรับแต่งควบคู่กับการการปรับแต่งวงจรเพื่อให้สามารถวัดสายได้หลายประเภท และควรมีการเพิ่มฟังก์ชั่นในส่วนของย่านการวัดเพื่อวัดระยะได้ถูกต้องลดค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

1. วิวัตน์ อาจเนียม, อนันต์ ทองเดช, อุปกรณ์ตรวจวิเคราะห์หาระยะจุดเสียของสายเคเบิล, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง 2542

2. บริษัท อีทีที , Dot Matic LCD Module, กรุงเทพฯ, ศูนย์การค้าพระโขนง

3. ถวิล กิ่งทอง, ทฤษฎีโครงข่ายไฟฟ้าและสายส่ง, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*************************************************
;*      Program  : Cable Tester      *
;*      HardWare : CP-S8252(ETT) & LCD 16X2  *
;*      Complier : SXA51/Rad51                  *
;*************************************************
;================Hardware Assign====================
CS_LCD          BIT     P1.3        ;E  LCD (Pin INT1)
RS_LCD          BIT     P1.2        ;RS LCD (Pin T0)
SW_READY        BIT     P3.5        ;green sw
SW_TEST         BIT     P3.4        ;red  sw
DATA_IN         EQU     P0
PULSE_OUT       BIT     P2.1        ;Pulse Output
RST_CTR         BIT     P2.3        ;Reset Counter
RST_FF12        BIT     P2.5        ;Reset Flip-Flop 1 & 2
CHK_FF1         BIT     P2.6        ;Check Flip-Flop 1
CHK_FF2         BIT     P2.7        ;Check Flip-Flop 2

;=======Define register for Calculation============

                ORG     30H
DX              DS      1
DS              DS      1
DH              DS      1           ;I/O of Math
DL              DS      1
NS              DS      1
NH              DS      1
NL              DS      1
DETER           DS      1
DATA_H          DS      1
DATA_L          DS      1
                ORG     0000H
                LJMP    MAIN
                ;
MAIN:           MOV     SP,#256-32  ; Initial Stack 32 Byte
                CLR     EA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SETB   CS_LCD       ; initial LCD
        LCALL  DELAY        ; initial delay
        LCALL  INIT_LCD     ; initial LCD
        LCALL  WR_TITLE
        ;Clear register
        MOV    R1,#30H
RO:     MOV    @R1,#00H
        INC    R1
        CJNE   R1,#DATA_L+1,RO
        ;Clear hardware
        LCALL  SPRST_CTR
        LCALL  WAIT
        LCALL  SPRST_FF12
        LCALL  WAIT
        ;Ready to test
RD:     MOV    A,#00H
        LCALL  GOTO_LCD
        MOV    DPTR,#TAB7
        LCALL  WRLINE_LCD
        MOV    A,#40H
        LCALL  GOTO_LCD
        MOV    DPTR,#TAB8
        LCALL  WRLINE_LCD
        ;Test Procedure
        JB     SW_TEST,$
        LCALL  TEST
        LJMP   RD          ;A few byte !
        ;end of moniter !!!
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;=====================================================

;   This procedure use to get the result of test

;=====================================================

TEST:           ;Provide Condition
                LCALL   DELAY
                MOV     P0,#0FFH        ;Prepare to get value
                SETB    CHK_FF1
                SETB    CHK_FF2
                CALL    SPRST_CTR
                LCALL   WAIT
                LCALL   SPRST_FF12
                LCALL   BUSY
                LCALL   PULSE_GEN
                LCALL   WAIT
                LCALL   WAIT
                LCALL   WAIT
                ;Check Error test
                JNB     CHK_FF1,TEST_OK1
                LJMP    TEST_ERR
TEST_OK1:       JB      CHK_FF2,SCT
OCT:            ;write result of test  OCT
                MOV     A,#00H
                LCALL   GOTO_LCD
                MOV     DPTR,#TAB9
                LCALL   WRLINE_LCD
                MOV     A,#40H
                LCALL   GOTO_LCD
                MOV     DPTR,#TAB10
                LCALL   WRLINE_LCD
                LCALL   WR_VALUE
                LJMP    FINISH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SCT:                ;write result of test  SCT
                    MOV     A,#00H
                    LCALL   GOTO_LCD
                    MOV     DPTR,#TAB9
                    LCALL   WRLINE_LCD
                    MOV     A,#40H
                    LCALL   GOTO_LCD
                    MOV     DPTR,#TAB11
                    LCALL   WRLINE_LCD
                    LCALL   WR_VALUE
                    LJMP    FINISH
                    ;Case of test error !

TEST_ERR:           LCALL ERROR
                    LCALL   SPRST_CTR
                    LCALL   WAIT
                    LCALL   SPRST_FF12
                    LCALL   WAIT
FINISH:             JB      SW_READY,$
                    RET

;=========================================

;=          FNC : WRITE TITLE

;=========================================

WR_TITLE:   ;write Instument eng
                    MOV     A,#00H
                    LCALL   GOTO_LCD
                    LCALL   WRLINE_LCD
                    MOV     A,#40H
                    LCALL   GOTO_LCD
                    MOV     DPTR,#TAB2
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   WRLINE_LCD
                MOV     R3,#10H
TU1:            LCALL   DELAY
                DJNZ    R3,TU1
                LCALL   INIT_LCD
                ;write  cable tester
                MOV     A,#00H
                LCALL   GOTO_LCD
                MOV     DPTR,#TAB3
                LCALL   WRLINE_LCD
                MOV     A,#40H
                LCALL   GOTO_LCD
                MOV     DPTR,#TAB4
                LCALL   WRLINE_LCD
                MOV     R3,#10H
TU2:            LCALL   DELAY
                DJNZ    R3,TU2
                LCALL   INIT_LCD
                ;write  initialize
                MOV     A,#00H
                LCALL   GOTO_LCD
                MOV     DPTR,#TAB5
                LCALL   WRLINE_LCD
                MOV     A,#41H
                LCALL   GOTO_LCD
                MOV     R3,#00H
TU3:            MOV     A,#'.'
                LCALL   WR_LCD
                LCALL   DELAY
                INC     R3
                CJNE    R3,#14D,TU3
                MOV     R3,#10H
TU33:           LCALL   DELAY
                DJNZ    R3,TU33
                JNB     SW_READY,X1
                SJMP    OU
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
X1:             JB      SW_TEST,OU
                LCALL   INIT_LCD
                MOV     A,#00H
                LCALL   GOTO_LCD
                MOV     DPTR,#TABX
                LCALL   WRLINE_LCD
                MOV     A,#40H
                LCALL   GOTO_LCD
                MOV     DPTR,#TABY
                LCALL   WRLINE_LCD
                MOV     R3,#20H
X2:             LCALL   DELAY
                DJNZ    R3,X2
OU:             ;finish
                RET

;================ Case of test error ================

ERROR:          LCALL   INIT_LCD
                MOV     A,#00H
                LCALL   GOTO_LCD
                MOV     DPTR,#TAB12
                LCALL   WRLINE_LCD
                MOV     A,#40H
                LCALL   GOTO_LCD
                MOV     DPTR,#TAB13
                LCALL   WRLINE_LCD
                RET

;==========Reset Counter ============
SPRST_CTR:      SETB    RST_CTR
                LCALL   WAIT
                LCALL   WAIT
CLR             RST_CTR
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;==========Reset Flip-Flop 1&2 ======

SPRST_FF12:     CLR     RST_FF12
                LCALL   WAIT
                LCALL   WAIT
                SETB    RST_FF12
                RET

;=========Generate Pulse Output=====

PULSE_GEN:      CLR     PULSE_OUT
                LCALL   WAIT
                LCALL   WAIT
                SETB    PULSE_OUT
                RET

;======Calculte & write to LCD=========

WR_VALUE:       MOV     A,P0
CAL_1:          CJNE    A,#00H,CAL_2
                LCALL   ERROR
                AJMP    OUT_CAL
CAL_2:          ;Multiply pulse with #2EEH
                MOV     DATA_H,#00H
                MOV     DATA_L,A    ;Pulse sense Input
                MOV     DH,#002H    ;* Maybe use #1E59H and call
                MOV     DL,#0EEH    ;DIV_A for more precise value *
                LCALL   MUL_2B2B
                ;LCALL DIV_A     ;For use #1e59h
                LCALL   HEX2DEC
                LCALL   WR_OP
OUT_CAL:        ;finish
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;=============================================

;=          FNC :  Write Output

;=============================================

WR_OP:      MOV    A,#47H
            LCALL  GOTO_LCD
            ;Go..
            MOV    A,NS
            ANL    A,#0F0H
            SWAP   A
            LCALL  FIND_X
            CJNE   A,#'0',WR1
            MOV    A,#' '
WR1:        LCALL  WR_LCD              ;@47H
            MOV    A,NS
            ANL    A,#0FH
            LCALL  FIND_X
            CJNE   A,#'0',WR2
            MOV    A,#' '
WR2:        LCALL  WR_LCD              ;@48H
            MOV    A,NH
            ANL    A,#0F0H
            SWAP   A
            LCALL  FIND_X
WR3:        LCALL  WR_LCD              ;@49H
            MOV    A,NH
            ANL    A,#0FH
            LCALL  FIND_X
            LCALL  WR_LCD              ;@4AH
            ;dot
            MOV    A,#4CH
            LCALL  GOTO_LCD
            MOV    A,NL
            ANL    A,#0F0H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SWAP    A
                LCALL   FIND_X
                LCALL   WR_LCD              ;@4CH
                MOV     A,NL
                ANL     A,#0FH
                LCALL   FIND_X
                LCALL   WR_LCD              ;@4DH
                RET

;========== ACC=>ACC ==========

FIND_X:         MOV     DPTR,#NUM_TAB
                MOVC    A,@A+DPTR
                RET

;=============================================
;=      FNC :   Hex to Dec
;=      I/P:    DS,DH,DL
;=      O/P:    NS,NH,NL
;=============================================

HEX2DEC:        LCALL   DIV_A
                MOV     NL,DETER
                LCALL   DIV_A
                MOV     A,DETER
                ANL     A,#0FH
                SWAP    A
                ORL     A,NL
                MOV     NL,A            ;Get DEC_L
                LCALL   DIV_A
                MOV     NH,DETER
                LCALL   DIV_A
                MOV     A,DETER
                ANL     A,#0FH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                SWAP    A
                ORL     A,NH
                MOV     NH,A            ;Get DEC_H
                LCALL   DIV_A
                MOV     NS,DETER
                MOV     A,DL
                ANL     A,#0FH
                SWAP    A
                ORL     A,NS
                MOV     NS,A            ;Get DEC_S
                RET

;=============================================================
;=              FNC : DIV_A
;=              I/P : DS,DH,DL
;=              O/P : DS,DH,DL ,<DETER3>
;=============================================================

DIV_A:          MOV     A,DS
                ANL     A,#0F0H
                SWAP    A
                MOV     B,#0AH
                DIV     AB
                MOV     DETER,B         ;DEPOSIT
                MOV     B,A
                MOV     A,DS
                ANL     A,#0FH
                ORL     A,B
                MOV     DS,A            ;1st
                SWAP    A
                ANL     A,#0F0H
                ORL     A,DETER
                SWAP    A
                MOV     B,#0AH
                DIV     AB
                MOV     DETER,B         ;DEPOSIT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MOV     B,A
MOV     A,DS
ANL     A,#0F0H
ORL     A,B
MOV     DS,A            ;2nd
MOV     A,DH
ANL     A,#0F0H
ORL     A,DETER
SWAP    A
MOV     B,#0AH
DIV     AB
MOV     DETER,B                 ;DEPOSIT
MOV     B,A
MOV     A,DH
ANL     A,#0FH
SWAP    A
ORL     A,B
SWAP    A
MOV     DH,A            ;3rd
ANL     A,#0FH
SWAP    A
ORL     A,DETER
SWAP    A
MOV     B,#0AH
DIV     AB
MOV     DETER,B                 ;DEPOSIT
MOV     B,A
MOV     A,DH
ANL     A,#0F0H
ORL     A,B
MOV     DH,A            ;4th
MOV     A,DL
ANL     A,#0F0H
ORL     A,DETER
SWAP    A
MOV     B,#0AH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DIV     AB
                MOV     DETE,   B               ;DEPOSIT
                MOV     B   A
                MOV     A   DL
                ANL     A   #0FH
                SWAP    A
                O,L     A   B
                SWAP    A
                MOV     DL  A                   ;5th
                SWAP    A
                ANL     A   #0F0H
                O,L     A   DETE,               ;Final DETE,
                SWAP    A
                MOV     B   #0AH
                DIV     AB

                MOV     DETE,   B               ;DEPOSIT
                MOV     B   A
                MOV     A   DL
                ANL     A   #0F0H
                O,L     A   B
                MOV     DL  A                   ;6th
                ,ET
;************************************************

;*          show LCD line       *

;************************************************

W,LINE_LCD:  MOV    A   #00H
W,ITE1:          PUSH   ACC
                MOVC   A   @A+DPT,
                CJNE   A   #00H   W,ITE
                POP    ACC
                ,ET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
WRITE:          LCALL   WR_LCD
                POP     ACC
                INC     ACC
                LJMP    WRITE1
                RET

;************************************************
;*          Input  : ACC  (ASCII)          *
;*          Output : Data bus LCD   *
;************************************************

WR_LCD:         MOV     B,A
                ANL     A,#0F0H
                ORL     A,#00001100B      ;RS/CS HI
                MOV     R2,A
                MOV     A,P1
                ANL     A,#00000011B
                ORL     A,R2
                MOV     P1,A
                LCALL   EN_LCD
                MOV     A,B         ;Low byte
                SWAP    A
                ANL     A,#0F0H
                ORL     A,#00001100B
                MOV     R2,A
                MOV     A,P1
                ANL     A,#00000011B
                ORL     A,R2
                MOV     P1,A
                LCALL   EN_LCD
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*************************************************
;*          Write Instruction LCD     *
;*          Input  : ACC (Command)    *
;*          Output : Data bus LCD     *
;*************************************************

WR_INS:     MOV    B,A
            ANL    A,#0F0H
            SETB   ACC.3        ;CS HI
            MOV    R2,A
            MOV    A,P1
            ANL    A,#00000011B     ;else bit
            ORL    A,R2
            MOV    P1,A         ; High byte
            LCALL  EN_LCD
            MOV    A,B          ; Low byte
            SWAP   A
            ANL    A,#0F0H
            SETB   ACC.3
            MOV    R2,A
            MOV    A,P1
            ANL    A,#00000011B
            ORL    A,R2
            MOV    P1,A
            LCALL  EN_LCD
            RET

;*************************************************
;*          Goto position of LCD *
;*          Input : ACC (addr.)          *
;*************************************************

GOTO_LCD:   SETB   ACC.7
            LCALL  WR_INS
            RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;*************************************************
;*              Initial LCD          *
;*              4-Bit Interface      *
;*************************************************
INIT_LCD:       CLR   RS_LCD
                MOV   A,#33H     ; Set DL = 1 3-time
                LCALL WR_INS
                MOV   A,#32H     ; Clear DL = 0 1-time
                LCALL WR_INS
                MOV   A,#28H     ; Function set
                LCALL WR_INS     ; DL=0 4Bit,N=1 2Line,F=0 5X7
                MOV   A,#0CH
                LCALL WR_INS     ; cursor off & not blink
                MOV   A,#06H     ; Entry mode set
                LCALL WR_INS     ; I/D=1 Increment,S=0 cursor shift
                MOV   A,#01H     ; Clear display
                LCALL WR_INS     ; Clear display,set DD RAM address=0
                RET

;*************************************************
;*            Enable Pin E LCD       *
;*            Active Chip select     *
;*************************************************

EN_LCD:         CLR   CS_LCD     ; Enable LCD
                LCALL BUSY       ; Busy delay time
                SETB  CS_LCD     ; Disable LCD
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;**************************************************
;*          Delay time for Busy      *
;*           Wait LCD Ready          *
;**************************************************

BUSY:       PUSH   07H
            PUSH   06H
            MOV    R6,#010H
            ;DF 05
BUSY1:      MOV    R7,#0FFH
            DJNZ   R7,$
            DJNZ   R6,BUSY1
            POP    06H
            POP    07H
            RET

WAIT:       PUSH   07H
            MOV    R7,#05H
            DJNZ   R7,$
            POP    07H
            RET

;**************************************************

;*          Delay Time          *

;**************************************************

DELAY:      PUSH   07H
            PUSH   06H
DEL1:       MOV    R6,#0FFH
DEL2:       MOV    R7,#0FFH
            DJNZ   R7,$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                DJNZ   R6,DEL2
                POP    06H
                POP    07H
                RET

;=====================================================
;=      FNC :   MUL_2B2B
;=      I/P :   DH,DL  X DATA_H,DATA_L
;=      O/P :   DS,DH,DL
;=====================================================

MUL_2B2B:       PUSH   00H
                PUSH   01H
                MOV    R0,DL          ;SAVE DL
                MOV    R1,DH          ;SAVE DH
                MOV    A,DATA_L
                MOV    B,DL
                MUL    AB
                MOV    DL,A           ;GET DL
                MOV    DH,B
                MOV    A,DATA_L
                MOV    B,R1
                MUL    AB
                CLR    C
                ADD    A,DH
                MOV    DH,A           ;GET DH
                MOV    A,#00H
                ADDC   A,B
                MOV    DS,A
                MOV    A,DATA_H
                MOV    B,R0
                MUL    AB
                CLR    C
                ADD    A,DH
                MOV    DH,A
                MOV    A,#00H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ADDC    A,B
        CLR     C
        ADD     A,DS
        MOV     DS,A
        MOV     A,DATA_H
        MOV     B,R1
        MUL     AB
        CLR     C
        ADD     A,DS
        MOV     DS,A            ;GET DS
        MOV     DX,B
        MOV     A,#00H
        ADDC    A,DX
        MOV     DX,A            ;GET DX
        POP     01H
        POP     00H
        RET

NUM_TAB:    DB      '01234567890123456789'
TAB1:       DB      '  Instrument  ',00H
TAB2:       DB      ' Engineering.  ',00H
TAB3:       DB      ' Cable Tester  ',00H
TAB4:       DB      '< Project 2545 >',00H
TAB5:       DB      ' Initializing  ',00H
TAB6:       DB      ' ************ ',00H
TAB7:       DB      ' Ready to test. ',00H
TAB8:       DB      '<Press TEST Key>',00H
TAB9:       DB      '  Test Result  ',00H
TAB10:      DB      'OCT ==>   .  m',00H
TAB11:      DB      'SCT ==>   .  m',00H
TAB12:      DB      '   Error !   ',00H
TAB13:      DB      ' Test again ?  ',00H
TABX:       DB      'Cable Test V1.0 ',00H
TABY:       DB      '  18/04/2003   ',00H
            END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้