สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

หนังสือเล่าสำหรับผู้พิการทางสายตา

Telling Book

โดย

นายวรวิทย์ แซ่ว่อง

นายเอกลักษณ์ เพชรยัง

เลขหมู่ 2548
เลขทะเบียน 62335
วัน,เดือน,ปี 16 ส.ค. 2549

.b 11621266
.i

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสือเล่าสำหรับผู้พิการทางสายตา

Telling Book

โดย

นายวรวิทย์ แซ่ว่อง เลขประจำตัว 46015238

นายเอกลักษณ์ เพชรยัง เลขประจำตัว 46015251

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร.กิติพล ชิดสกุล

ปริญญานิพนธ์สำหรับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2548

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง หนังสือเล่าสำหรับผู้พิการทางสายตา (Telling Book)

ผู้จัดทำ

นายวรวิทย์ แซ่ว่อง เลขประจำตัว 46015238

นายเอกลักษณ์ เพชรยัง เลขประจำตัว 46015251

ลงชื่อ.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร.กิติพล ชิดสกุล)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสือเล่าสำหรับผู้พิการทางสายตา

นายวรวิทย์ แซ่ว่อง
นายเอกลักษณ์ เพชรยัง
ดร.กิติพล ชิดสกุล(อาจารย์ที่ปรึกษา)
ปีการศึกษา 2548

บทคัดย่อ

หนังสือเล่าสำหรับผู้พิการทางสายตานี้ เป็นการประยุกต์เครื่องอ่าน CD-ROM ชนิดที่ใช้กับไมโครคอมพิวเตอร์ให้สามารถเล่นไฟล์บันทึกเสียงอ่านหนังสือได้อย่างอิสระ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51.ตระกูลAT89C52 ควบคุมฟังก์ชัน CD-ROM ผ่านทางพอร์ต IDE Interface ATAPI ได้แก่ Eject, Close, Play, Pause, Stop และเลือก track ได้ตามต้องการ ปุ่มกดที่มีอักษรเบรลล์กำกับอยู่ทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกฟัง ชื่อเรื่อง คำนำ สารบัญ และเนื้อหาบทต่าง ๆโดยที่จะบันทึกเสียงการอ่าน ไว้บนแผ่นซีดีตาม รูปแบบที่กำหนดไว้แล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Telling Book

Mr. Worawit SAEWONG
Mr. Ekkalak PHETYANG
Dr. Kitiphol CHITSAKUL (Advisor)
Academic year: 2005

Abstract

These thesis concerns about telling book which uses a micro-controller, MCS-51 family AT89C52 to function as CD-ROM player via a port IDE interface ATAPI. The function such as EJECT, CLOSE, PLAY, PUASE, STOP and chapter selection could perform by pressing the keys navigated by Braille alphabets. User can select to listen to title, Introduction and context which is previous recorded on CD-ROM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษา การทดลอง รวมทั้งปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะสำเร็จลุล่วงไปด้วยดีไม่ได้เลย ถ้าหากขาดความกรุณาจากคณะอาจารย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งอาจารย์ที่ปรึกษาคือ ดร.กิติพล ชิดสกุล ที่ให้ความรู้และคำแนะนำมาโดยตลอด รวมทั้งต้องกล่าวขอขอบคุณพี่ ๆ และ เพื่อนชาวเว็บบอร์ดระดมสมอง :CD-ROM Controller ที่ให้ข้อมูลและให้ความช่วยเหลือด้วยดีตลอดมา และขอขอบคุณเสียงอ่านหนังสือที่ใช้ในโครงงานนี้ โดย น.ส.วาธินี โตชวลิต

นายวรวิทย์ แซ่ว่อง

นายเอกลักษณ์ เพชรยัง

ผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
Abstract	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญรูป	VII
สารบัญตาราง	X
บทที่ 1 บทนำ	**1**
1.1 ความเป็นมาของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 วิธีการดำเนินงาน	1
1.4 โครงสร้างของปริญญานิพนธ์	2
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับโครงงาน	**3**
2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS–51	3
2.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	6
2.3 จังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	11
2.4 โครงสร้างหน่วยความจำ	13
2.5 แอกคิวมูเลเตอร์ (Accumulator: ACC)	14
2.6 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุท	16
2.7 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาท์พุท	16
2.8 การขยายพอร์ตอินพุตเอาท์พุตด้วยอุปกรณ์ระบบ I^2C	17
บทที่ 3 โปรโตคอลที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับซีดี-รอม	**25**
3.1 ATA	25
3.1.1 การเชื่อมต่อทางกายภาพ	25
3.1.2 ขาเชื่อมต่อสำหรับรับส่งข้อมูล	26
3.1.3 รีจิสเตอร์ภายใน	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.1.4 โปรโตคอลการส่งข้อมูล	29
3.2 ATAPI	31
3.2.1 ATAPI Protocol	31
3.2.2 ATAPI PACKET Command	32
3.2.3 Status Register for Packet Command	32
3.3 ขั้นตอนการส่งคำสั่งแบบ PIOที่มีข้อมูลเข้าสู้ Host	37
3.4 การกำหนดมาตรฐาน TRACK ของ CD AUDIO	38
บทที่ 4 A Fundamental Introduction to CD player หลักการทำงานของเครื่องเล่นซีดี	**40**
4.1 A Fundamental Introduction to Compack Disk Player	40
4.2 สรุปเกี่ยวกับตัวระบบ	42
4.3 คุณสมบัติและหลักการทำงานของแผ่นซีดี	44
4.3.1 CD-ROM (Compact Discs Read Only Memory)	44
4.3.2 Digital-to-analog Converters	45
4.3.3 Multi-Bit Converter	46
4.3.4 Low -Bit- Converter	46
4.3.5 Over sampling and Noise Shaping	48
บทที่ 5 ISO 9660	**50**
5.1 บทนำ	50
5.2 ภาพรวมโครงสร้าง ISO9660	50
5.2.1 The Volume Descriptor	51
5.2.2 โครงสร้างของไดเรคทอรี	54
5.2.3 Path Table	56
บทที่ 6 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับซีดีรอม (CD-Rom)	**58**
6.1 ความรู้เกี่ยวกับไดร์ฟซีดีรอม (CD-ROM Drive)	58
6.2 ประเภทของไดร์ฟ CD-ROM	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6.3 กระบวนการอ่านและเขียนซีดี	64
6.4 แทร็ก (Track) และ เซสชั่น (Session)	68
6.5 มัลติเซสชั่น (Multi Sessions)	69
บทที่ 7 การสร้างและการออกแบบ	**70**
7.1 การสร้างและออกแบบการควบคุมซีดีรอมโดยใช้โปรแกรม Visual basic 6	70
7.1.1 Win32 API	70
7.1.2 รูปแบบประกาศฟังก์ชั่น	71
7.1.3 ความหมายและหน้าที่ของตัวแปรที่ใช้ใน Function	71
7.2 การสร้างและออกแบบการควบคุมซีดีรอมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	74
7.2.1 โฟลว์ชาร์ตของการ Scan Key	74
7.2.2 โฟลว์ชาร์ตของการ Eject (เพื่อทำการเปิด-ปิดถาด)	76
7.2.3 โฟลว์ชาร์ตของการ Stop	77
7.2.4 โฟลว์ชาร์ตของการ Read TOC	77
7.2.5 โฟลว์ชาร์ตของการ Play	79
7.2.6 โฟลว์ชาร์ตของการ Pause	80
บทที่ 8 การทดลองและผลการทดลอง	**81**
8.1 การทดลองและผลการทดลองของการเขียนโปรแกรมควบคุม CD-ROM โดยใช้ Visual basic 6	81
8.2 การทดลองและผลการทดลองของชิ้นงานจริงโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51	82
บทที่ 9 บทสรุป	**84**
บรรณานุกรม	**85**
ภาคผนวก ก, ข, ค, ง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 แบบ Flash 4
รูปที่ 2.2 วอตช์ด็อกไทม์เมอร์ 4
รูปที่ 2.3 แสดงวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI 5
รูปที่ 2.4 (ก, ข, ค) การจัดขามาตรฐานแบบต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51 6
รูปที่ 2.5 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์และเวลา 9
รูปที่ 2.6 ขนาดความกว้างของ MCS-51 9
รูปที่ 2.6 (ต่อ) ขนาดความกว้างของ MCS-51 10
รูปที่ 2.6 (ต่อ) ขนาดความกว้างของ MCS-51 11
รูปที่ 2.7 ไดอะแกรมแสดงการเข้าถึงหน่วยความจำ
โปรมแกรมภายนอกของ MCS-51 แบบ Flash 12
รูปที่ 2.8 ผังแสดงการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบัส I^2C 17
รูปที่ 2.9 แสดงวงจรเอาต์พุตของอุปกรณ์ในระบบ I^2C 18
รูปที่ 2.10 การต่อตัวต้านทานพูลอัปบนสายสัญญาณในระบบบัส I^2C 19
รูปที่ 2.11 การต่อตัวต้านทาน R_S เพื่อลดสัญญาณรบกวนขนาดใหญ่ที่อาจเข้ามาในบัส I^2C 19
รูปที่ 2.12 เป็นไดอะแกรมเวลาที่แสดงถึงการเกิดสภาวะต่างๆบนบัส I^2C 21
รูปที่ 2.13 รูปแบบของข้อมูลกำหนดแอดเดรสที่ใช้ในการอ้างถึงแบบ 7 บิต 22
รูปที่ 2.14 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส I^2C
เมื่อใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิต 23
รูปที่ 2.15 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมที่ใช้ติดต่ออุปกรณ์บัส I^2C
เมื่อใช้การอ้างถึงแบบ 10 บิต 23
รูปที่ 2.16 วงจรตัวอย่างการต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS -51 เข้ากับระบบบัส I^2C 24
รูปที่ 3.1 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างโฮสท์กับอุปกรณ์ 2 ตัว 25
รูปที่ 3.2 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างโฮสท์กับอุปกรณ์ตัวเดียว 26
รูปที่ 3.3 ตัวเชื่อมต่อขนาด 40 ขา ตามมารถฐาน ATA 26
รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะของขั้วไฟเลี้ยงของเครื่องเล่นซีดี 28
รูปที่ 3.5 โฟลว์ชาร์ตขั้นตอนการส่งคำสั่งแบบ PIOที่มีข้อมูลเข้าสู่ Host และ
ขั้นตอนการส่งคำสั่งแบบ PIOที่มีข้อมูลออกจาก Host 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบภายในแผ่นซีดี 44
รูปที่ 4.2 แสดงลายแทร็กของแผ่นซีดี 45
รูปที่ 4.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ PWM/MASH digital to analog converters 46
รูปที่ 4.4 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ PDM digital-to-analog converter 48
รูปที่ 4.5 แสดงการลักษณะการทำ over sampling 49
รูปที่ 5.1 โครงสร้าง ISO 9660 50
รูปที่ 5.2 Primary Volume Descriptor 51
รูปที่ 5.3 d-characters 52
รูปที่ 5.4 a – character 53
รูปที่ 5.5 ระดับชั้นไดเรคทอรี 54
รูปที่ 5.6 ไดเรคทอรีแม่ 56
รูปที่ 6.1 ตัวอย่างไดร์ฟ CD-ROM 58
รูปที่ 6.2 ตัวอย่างไดร์ฟ CD-Writer 58
รูปที่ 6.3 ตัวอย่างไดร์ฟ DVD-ROM 59
รูปที่ 6.4 ตัวอย่างไดร์ฟแบบ Combo (ลูกผสม) 59
รูปที่ 6.5 แผ่น CD-R และ CD-RW 60
รูปที่ 6.6 ส่วนประกอบของแผ่นซีดี CD- R (Recordable) 60
รูปที่ 6.7 ส่วนประกอบของแผ่น CD-R 61
รูปที่ 6.8 ส่วนประกอบของแผ่นซีดี CD-RW 62
รูปที่ 6.9 ส่วนประกอบของแผ่นซีดี CD-RW 62
รูปที่ 6.10 ตัว X ที่ต่อท้ายตัวเลข 63
รูปที่ 6.11 แผ่นซีดีที่ถูกบันทึกมาแล้วจากโรงงาน 64
รูปที่ 6.12 ลักษณะของผิวแผ่นที่ถูกปั๊มข้อมูลแล้ว 64
รูปที่ 6.13 ส่วนประกอบภายในเครื่องเล่นซีดี 65
รูปที่ 6.14 ลักษณะของสัญญาณที่อ่านได้จากแผ่นซีดี 65
รูปที่ 6.15 เครื่องเขียนแผ่นซีดี 66
รูปที่ 6.16 ลำแสงสำหรับเขียน 66
รูปที่ 6.17 แสงเลเซอร์สำหรับการเขียน 67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 6.18 ลักษณะของแทร็กที่วนเป็นรูปก้นหอย 68
รูปที่ 7.1 ลักษณะของตัวโปรแกรม Visual basic 6 71
รูปที่ 7.2 Flowchart ของกาควบคุม CD-Rom 72
รูปที่ 7.3 Flowchart ของกาควบคุม CD-Rom (ต่อ) 73
รูปที่ 7.4 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมหลัก 74
รูปที่ 7.5 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยส่วน Scan Key 75
รูปที่ 7.6 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยส่วน Eject 76
รูปที่ 7.7 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยส่วน Stop 77
รูปที่ 7.8 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยส่วน Read TOC 78
รูปที่ 7.9 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยส่วน Play 79
รูปที่ 7.10 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยส่วน Pause 80
รูปที่ 8.1 ลักษณะของตัวโปรแกรมทดลองควบคุม CD-ROM 81
รูปที่ 8.2 (ก,ข) แสดงการทดลองการทำงานของวงจร 83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของ Atmel 5
ตารางที่ 2.2 การจัดพื้นที่หน่วยความจำภาย ซึ่งกำหนดให้เป็นพื้นที่ของรีจีสเตอร์ใช้งานพิเศษ 15
ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดและหน้าที่ของแต่ละขาตามมาตรฐาน IDE 27
ตารางที่ 3.2 แสดงแอดเดรสของรีจิสเตอร์ตามมาตรฐาน ATA 29
ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับรีจิสเตอร์ต่างๆที่ใช้ใน ATAPI 33
ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับกำหนดมาตรฐาน TRACK ของ CD AUDIO 38
ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดตามมาตรฐานของ “Red Book” 42
ตารางที่ 4.1(ต่อ) แสดงรายละเอียดตามมาตรฐานของ “Red Book 43
ตารางที่ 5.1 ความยาวของ path 55
ตารางที่ 5.2 File Identifier 56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงาน

เนื่องจากได้มีโครงการอ่านหนังสือให้ผู้พิการทางสายตาฟัง จึงได้เกิดแนวคิดที่ว่าจะเอาเครื่องเล่นซีดีออดิโอ เล่นแผ่นที่มีการอักเสียงการอ่านหนังสือเอาไว้ให้ผู้พิการทางสายตาฟังโดยการใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการควบคุมการทำงานของเครื่องเล่นซีดีออดิโอ ผ่านสาย IDE ตามมาตรฐานของ ATAPI ในตอนแรกเราจะทำการศึกษาการทำงานของซีดีรอมโดยผ่านทางจอคอมพิวเตอร์ และเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของซีดีรอมโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจกับรูปแบบการติดต่อของเครื่องซีดีรอม
2. เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจการใช้งานไมโครคอนโทรเลอร์ชนิด MCS-51
3. เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจการสร้างและทดลองสร้างบอร์ดควบคุมเครื่องเล่นซีดีออดิโอ
4. เพื่อศึกษาและทำความเข้าใจการสร้างและทดลองควบคุมเครื่องเล่นซีดีออดิโอ โดยใช้ visual basic 6
5. เพื่อเพิ่มพูนประสบการณ์และนำความรู้ที่ศึกษามาใช้งานจริง
6. เพื่อเพิ่มทักษะในการแก้ปัญหาและอุปสรรคที่ได้พบ
7. เพื่อนำไปใช้งานในการอ่านหนังสือให้ผู้พิการทางสายตาฟัง ได้โดยการกดปุ่มเลือกรายละเอียดของหนังสือ โดยมีอักษรเบรลล์อยู่ที่ปุ่ม

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มพูนทักษะและความรู้ต่างๆที่ได้ศึกษามา
2. เพื่อส่งเสริมและสร้างความภาคภูมิใจให้เกิดขึ้น
3. สามารถสร้างเครื่องเล่นแผ่นซีดีออดิโอ
4. เป็นแนวทางในการพัฒนาต่อไปในส่วนที่มีความซับซ้อนมากขึ้น

1.3 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่ต้องใช้ในโครงงานเป็นอันดับแรก
2. ทดลองต่อบอร์ดติดต่อซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทดลองควบคุมซีดีรอมโดยใช้คอมพิวเตอร์

4. เก็บรายละเอียด, ปัญหา และสรุปผลการทดลอง

1.4 โครงสร้างของปริญญานิพนธ์

ปริญญานิพนธ์ได้รวบรวม แนวคิดของการทำโครงงาน ทฤษฎีต่าง ๆที่เกี่ยวข้อง การทดลองและผลที่ได้ โดยรวบรวมไว้เป็นบทตอนดังนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมา วัตถุประสงค์ ขั้นตอนของการทำโครงงาน

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์และการขยายพอร์ตอินพุตเอาต์พุตด้วยอุปกรณ์มาตรฐาน I^2C

บทที่ 3 กล่าวถึงโปรโตคอลที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับ CD-ROM ตามมาตรฐาน ATA และ ATAPI

บทที่ 4 กล่าวถึงหลักการทำงานของเครื่องเล่นซีดี

บทที่ 5 กล่าวถึง ISO 9660 เป็นมาตรฐานที่ผู้ผลิต CD-ROM ทุกรายใช้เป็นมาตรฐาน

บทที่ 6 กล่าวถึงความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ CD -ROM ความรู้เกี่ยวกับไดร์ฟ CD -ROM แผ่น CD-R,CD-RW ส่วนประกอบของเครื่องเล่นซีดี

บทที่ 7 กล่าวถึงการสร้างและการออกแบบในส่วนของโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์และการออกแบบโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์รวมโฟลว์ชาร์ตในการเขียนโปรแกรมต่างๆ

บทที่ 8 กล่าวถึงการทดลองและผลการทดลอง

บทที่ 9 กล่าวถึงบทสรุปของโครงงานและปัญหาของโครงงานนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ไมโครคอนโทรลเลอร์

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นชื่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่งที่รวมเอาหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุท วงจรขับสัญญาณเอาท์พุท หน่วยความจำ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ช่วยลดจำนวนอุปกรณ์และขนาดของระบบในขณะที่มีขีดความสามารถสูงขึ้น

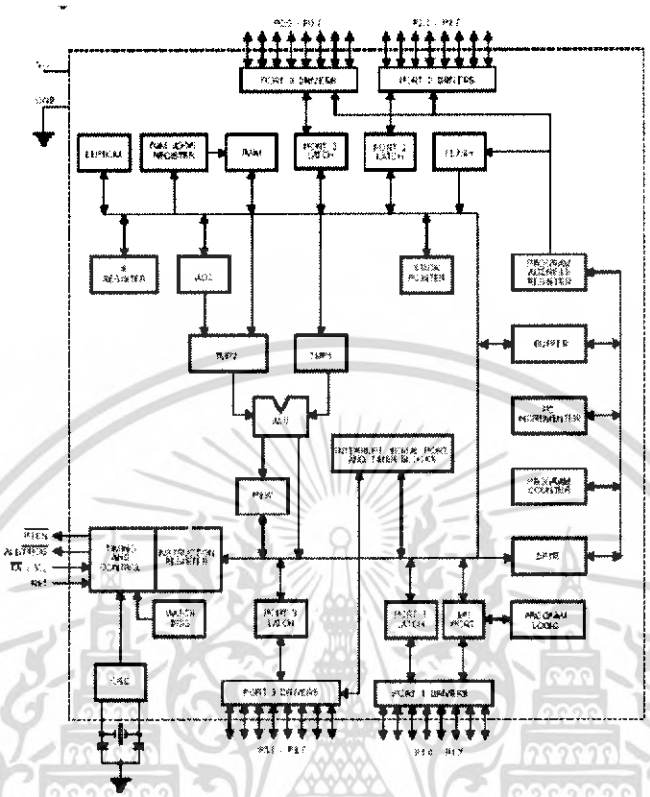
ไมโครคอนโทรลเลอร์ มาจากคำ 2 คำรวมกัน คือ ไมโคร (Micro) ซึ่งหมายถึง ไมโครโปรเซสเซอร์ (Microprocessor) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ประมวลผลขนาดเล็กภายในประกอบด้วย หน่วยประมวลผล กลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit) หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก (ALU : Arithmetic Logic Unit) วงจรเชื่อมต่อหน่วยความจำและวงจรสัญญาณนาฬิกาอีกคำหนึ่งเรียกว่า " คอนโทรลเลอร์ " (Controller) หมายถึง อุปกรณ์ควบคุม ดังนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จึงเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุม โดยที่จะสามารถเขียนโปรแกรมเพื่อกำหนดรูปแบบการควบคุมได้อย่างอิสระ

2.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS–51

เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียู ขนาด 8 bit ส่วนโปรแกรม Memory จะมีอยู่ในชิปเป็นแบบ Flash Memory สามารถลบและเขียนโปรแกรมซ้ำได้ใหม่นับพันครั้งหน่วยความจำข้อมูลพื้นฐาน เป็นหน่วยความจำแบบแรมในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำแบบอีพรอมขนาดพอร์ตเป็นแบบสองทิศทาง สามารถใช้ได้ทั้งอินพุทและเอาท์พุทมีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟลูดูเพล็กซ์ สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภทสามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์มีวงจรกำหนดสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิปมีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI มีวอตช์ด็อกไทม์เมอร์ในตัว

ในรูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก หน่วยความจำโปรแกรม หน่วยความจำข้อมูลแบบFlash พอร์ตอินพุทเอาท์พุท วงจรเชื่อมต่ออนุกรมแบบ SPI ซึ่งในไมโครคอนโทรลเลอร์อนุกรมนี้ใช้ในการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำโปรแกรม โดยไม่ต้องถอดตัวชิปออกไปจากระบบหรือเรียกว่า การโปรแกรมในวงจร ไทเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 bit และวงจรวอตช์ด็อกที่ใช้ในการตรวจสอบการทำงานผิดพลาดของซีพียู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



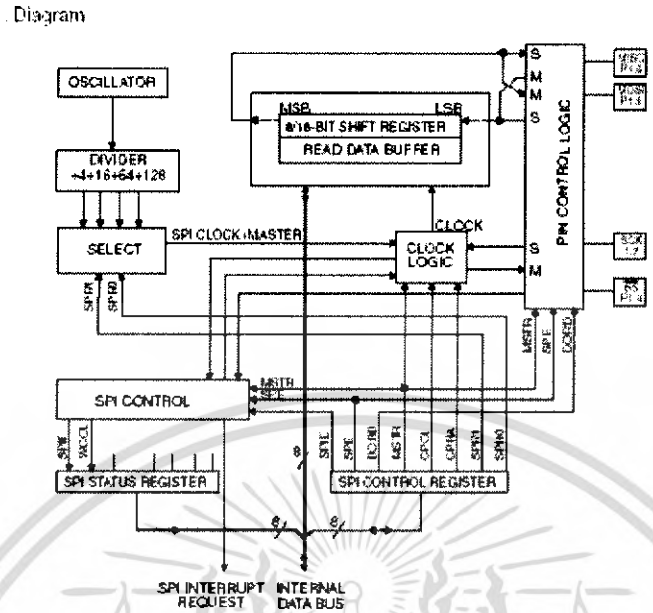
รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS - 51 แบบ Flash

Watchdog Timer Period Selection

WDT Prescaler Bits			Period (nominal)
PS2	PS1	PS0	
0	0	0	16 ms
0	0	1	32 ms
0	1	0	64 ms
0	1	1	128 ms
1	0	0	256 ms
1	0	1	512 ms
1	1	0	1024 ms
1	1	1	2048 ms

รูปที่ 2.2 วอตช์ด็อกไทม์เมอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงวงจรสื่อสารอนุกรมแบบ SPI

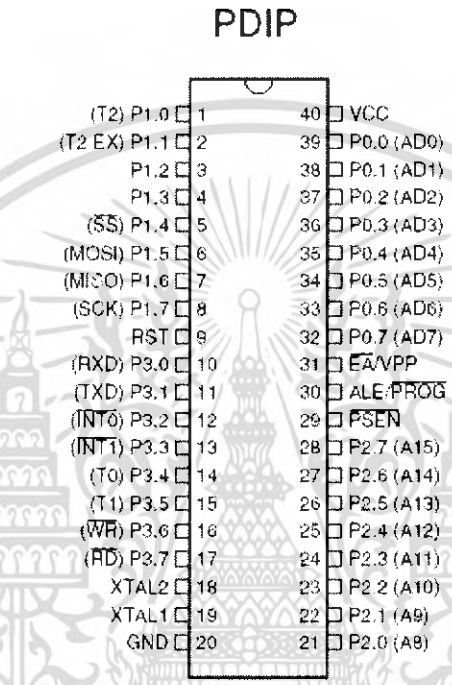
เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์	หน่วยความจำโปรแกรม	หน่วยความจำข้อมูล	จำนวนไทเมอร์/เคาท์เตอร์ 16 บิต
AT89C1051	แบบแฟลชขนาด 1 กิโลไบต์	แรม 64 กิโลไบต์	1
AT89C2051	แบบแฟลชขนาด 2 กิโลไบต์	แรม 128 กิโลไบต์	2
AT89C51	แบบแฟลชขนาด 4 กิโลไบต์	แรม 128 กิโลไบต์	2
AT89C52	แบบแฟลชขนาด 8 กิโลไบต์	แรม 256 กิโลไบต์	3
AT89S8252	แบบแฟลชขนาด 18 กิโลไบต์	แรม 256กิโลไบต์ อีอีพรอม 2 กิโลไบต์	3
AT89C55	แบบแฟลชขนาด 20 กิโลไบต์	แรม 256 กิโลไบต์	3

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ของ Atmel

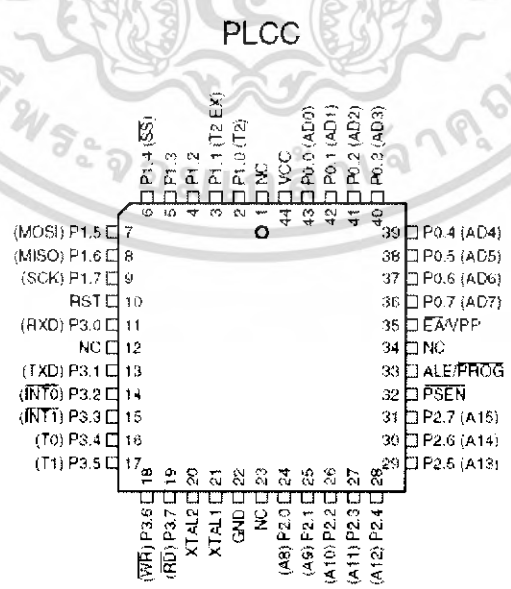
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไอซีไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS - 51 มีโครงสร้างเป็นแบบ DIP หรือ ที่เรียกว่า "ตีนตะขาบ" มีขาทั้งหมด 40 ขาโดยขาต่าง ๆ จะใช้เป็นพอร์ต อินพุทเอาท์พุทขาสัญญาณควบคุม ขาตำแหน่งหน่วยความจำและขาข้อมูล ดังรูปที่ 2



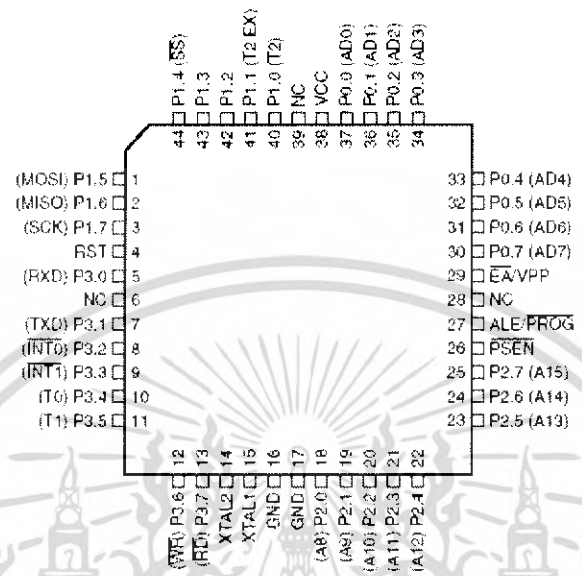
ก. แบบ PDIP



ข. แบบ PLCC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PQFP/TQFP



ค.แบบ PQFP/TQFP

รูปที่ 2.4 (ก, ข, ค) การจัดขามาตรฐานแบบต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51

ขา VCC ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5V ได้แก่ขาที่ 40

ขา GND เป็นขากราวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ ได้แก่ขาที่ 20

พอร์ท O (P0.0-P0.7) มี 8 ขา ได้แก่ขาที่ 32-39 แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุทและเอาท์พุท สำหรับใช้งานทั่วไป ขาพอร์ทนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วย เพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อแอดเดรสและขาเข้มูล

พอร์ท 1 (P1.0–P1.7) มี 8 ขา ได้แก่ขาที่ 1 – 8 แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุทและเอาท์พุทสำหรับใช้งานทั่วไป ขา P1.0 ใช้เป็นขาอินพุทสำหรับนับค่าของไทเมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุทTriggerของไทเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.3 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่อแบบ SPI เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

พอร์ท 2 (P2.0–P2.7) มี 8 ขา ได้แก่ขาที่ 21 – 28 แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุท เอาท์พุท ใช้เป็นพอร์ท 8 บิต กับใช้เป็นขาแอดเดรส 8 บิต (A8-A15) ในการอ้างหน่วยความจำภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พอร์ท 3 (P3.0–P3.7) มี 8 ขา ได้แก่ขาที่ 10 – 17 แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุท เอาท์พุท ขาพอร์ท 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่ควบคุมต่าง ๆ ดังมีรายละเอียดดังนี้

P3.0	ขา RxD	ใช้รับข้อมูลพอร์ทอนุกรม
P3.1	ขา TxD	ใช้ส่งข้อมูลพอร์ทอนุกรม
P3.2	ขา $\overline{INTO}$	อินเตอร์รัปต์ภายนอกหมายเลข 0
P3.3	ขา $\overline{INT}$ 1	อินเตอร์รัปต์ภายนอกหมายเลข 1
P3.4	ขา T0	ใช้รับสัญญาณไทเมอร์ภายนอกจากช่อง 0
P3.5	ขา T1	ใช้รับสัญญาณอินเตอร์รัปต์ภายนอกจากช่อง 1
P3.6	ขา $\overline{RD}$	สัญญาณเขียนข้อมูลหน่วยความจำภายนอก
P3.7	ขา $\overline{WR}$	สัญญาณอ่านข้อมูลหน่วยความจำภายนอก

ขารีเซต (Reset) ขาที่ 9 จะใช้การรีเซต ไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยที่จะให้ขานี้เป็นอย่างน้อย 2 Machine Cycles จึงจะรีเซตระบบได้ โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ

ขา $\overline{PSEN}$ (Program Strobe Enable) เป็นขาที่ส่งสัญญาณออกคือขาที่ 29 ขานี้จะแอคทีฟเมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ เมื่อต้องการอ่าน CODE โปรแกรมภายนอก โดยปกติถ้าหน่วยความจำภายนอกเป็น EPROM ขา PSEN จะต่อเข้ากับขา Output Enable (OE) ของ EPROM

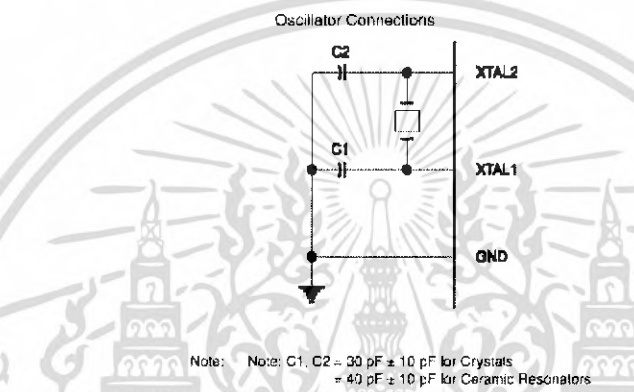
ขา $\overline{ALE}$ (Address Latch Enable) ขาที่ 30 เนื่องจากพอร์ท 0 สามารถใช้เป็นอ้างตำแหน่งและขาข้อมูลไมโครคอนโทรลเลอร์ จะมีขา $\overline{ALE}$ จะใช้ Multiplex สัญญาณ Address bus ของพอร์ท 0 ในการใช้วางระบบ MCS-51 นั้นจะต้องมีอุปกรณ์มาต่อกับหน่วยความจำภายนอก ไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณ Address bus ออกมาก่อนทางพอร์ท 0 จากนั้นจะส่งสัญญาณ $\overline{ALE}$ มา Latch อุปกรณ์ภายนอก ให้เก็บค่า Address bus ของพอร์ท 0 เป็น Data bus ต่อไป

ขา $\overline{EA}$ (External Access enable) ขาที่ 31 ใช้สำหรับเลือกการติดต่อหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น " 0 " เป็นการเลือกให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก แต่ถ้าหากเป็น " 1 " เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ที่ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุทสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายใน

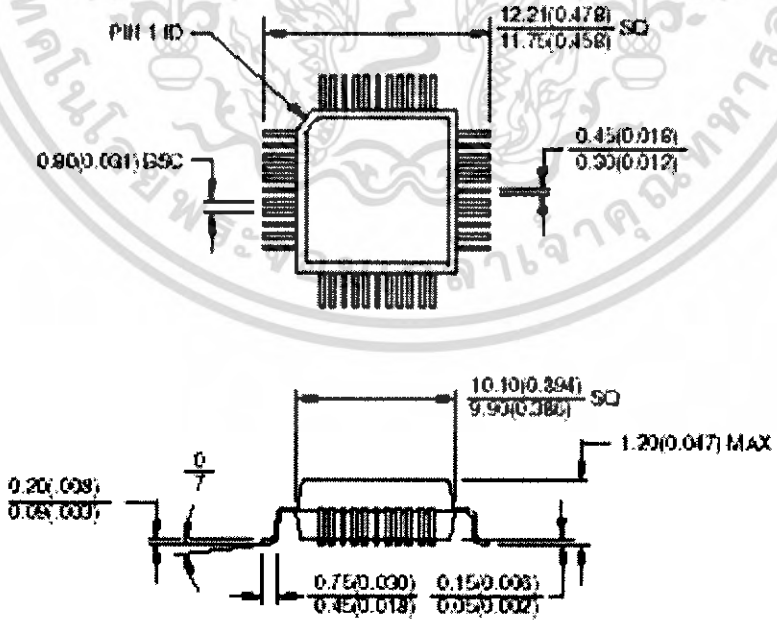
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ Flash ต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12 V

ขา XTAL1 และ XTAL2 เป็นวงจร Oscillator บน Chip ได้แก่ขา 18-19 (X_1 , X_2) โดยเป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะในการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยปกติมักจะใช้ คริสตอล ความถี่ 11.0592 MHz กับตัวเก็บประจุแบบเซรามิก

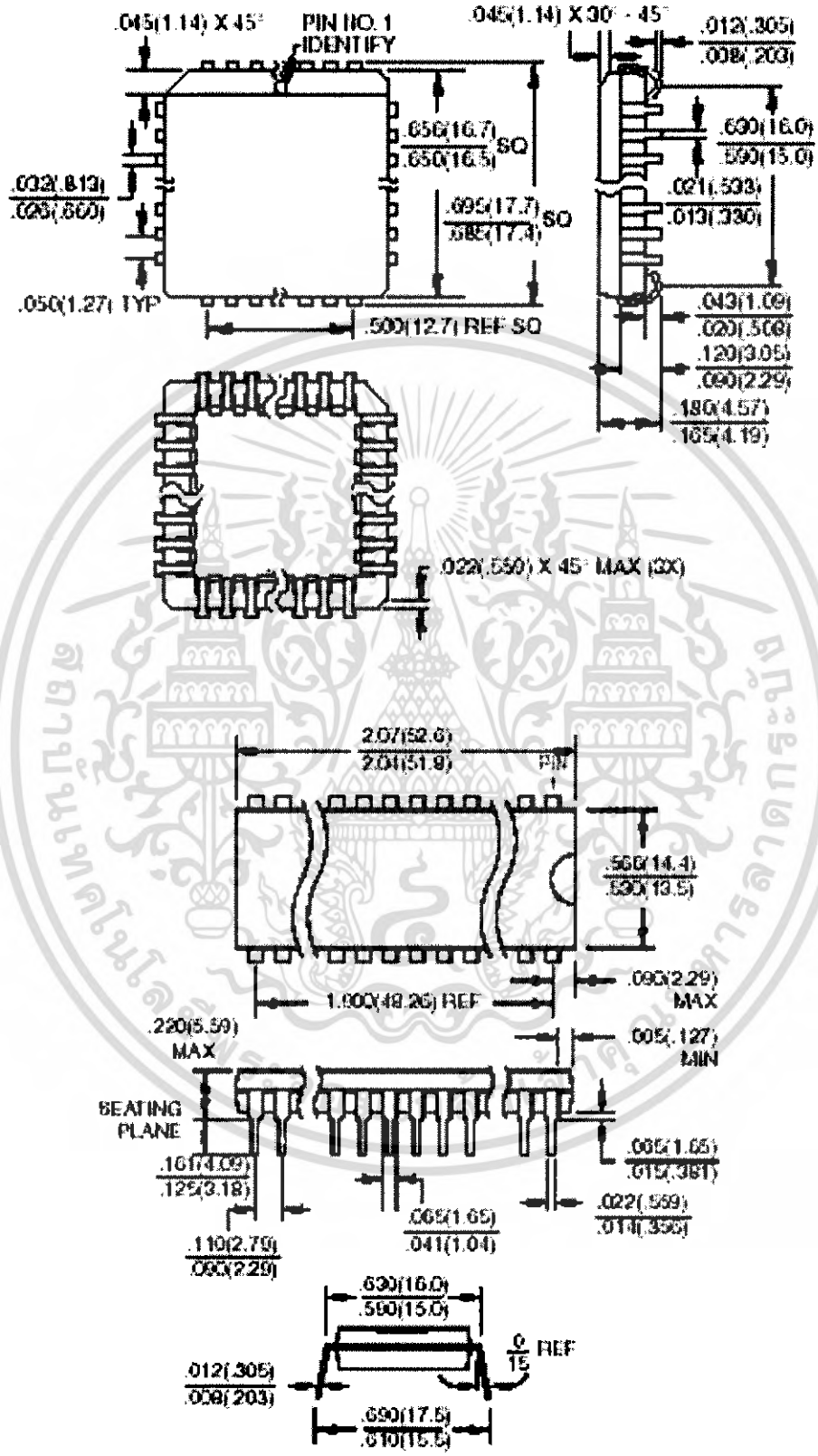


รูปที่ 2.5 แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์และเวลา



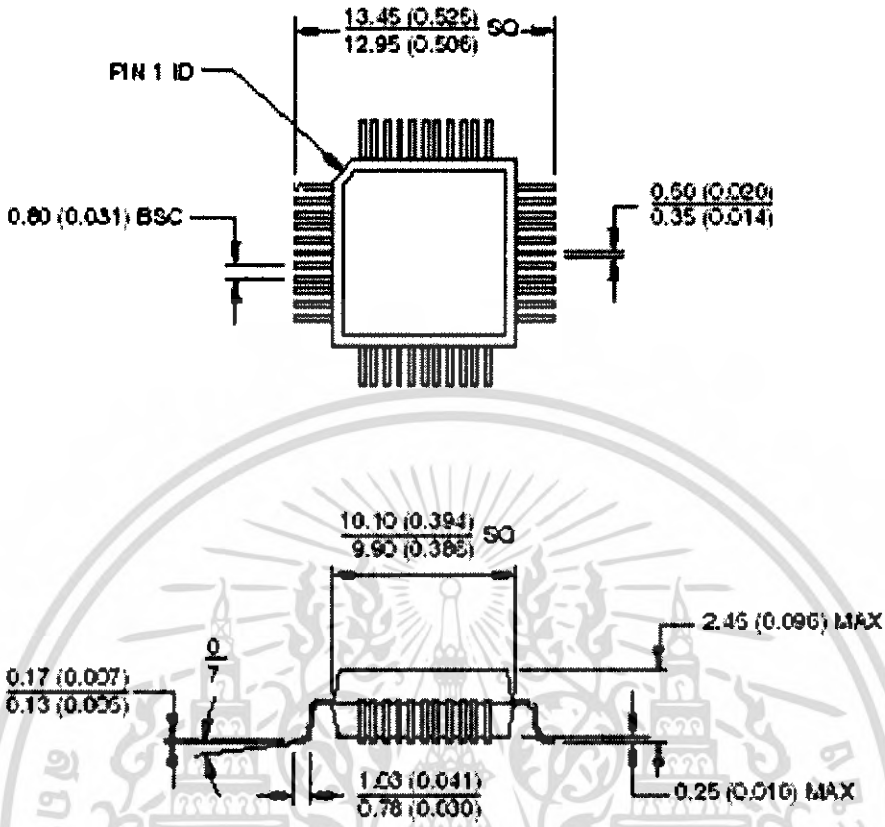
รูปที่ 2.6 ขนาดความกว้างของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 (ต่อ) ขนาดความกว้างของ MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

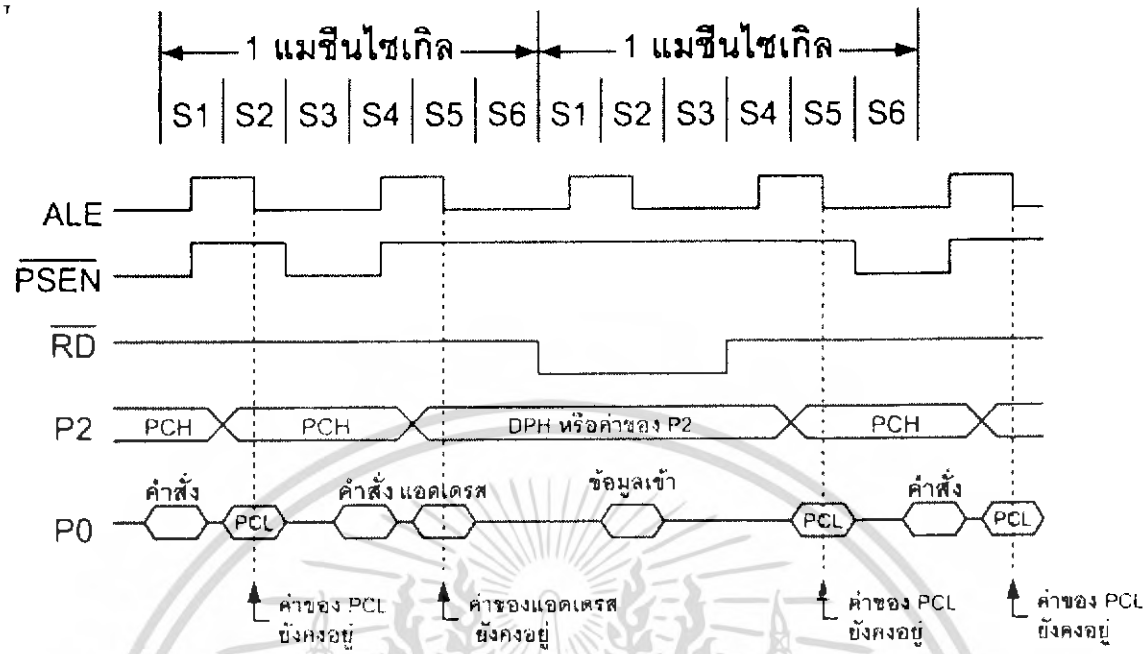


รูปที่ 2.6 (ต่อ) ขนาดความกว้างของ MCS-51

2.3 จังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์MCS-51จะต้องทำความเข้าใจถึงจังหวะการทำงานของซีพียูและลำดับขั้นตอนการประมวลผลคำสั่ง ในการประมวลผลคำสั่งของซีพียูจะมีขั้นตอนหลักๆ2 ขั้นดอนคือกระบวนการเฟตช์ (fetch) เป็นการเรียกคำสั่งออกจากหน่วยความจำโปรแกรมแล้วทำการแปลงรหัสคำสั่งนั้นเป็นภาษาเครื่องเพื่อเตรียมประมวลผลขั้นตอนต่อมาคือกระบวนการเอ็กซ์คิวต์ (Execute) เป็นการกระทำตามคำสั่งที่กำหนดหรือตามที่เฟตช์ขึ้นมาโดยกระบวนการก่อนหน้านี้ เมื่อทำการเอ็กซ์คิวต์คำสั่งเรียบร้อยแล้ว ก็จะไปเริ่มกระบวนการเฟตช์คำสั่งใหม่ต่อไปเมื่อไม่กระทำคำสั่ง MOVX

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 ไดอะแกรมแสดงการเข้าถึงหน่วยความจำโปรมแกรมภายนอกของ MCS-51 แบบ Flash

ในรูปที่2.5แสดงสัญญาณและไดอะแกรมเวลาของการเข้าถึงหน่วยความจำโปรมแกรมภายนอกโดยในรูปที่ 4 (a) เป็นไดอะแกรมเวลาในขณะที่ยังไม่มีการกระทำคำสั่ง MOVX สัญญาณที่ขา $\overline{ALE}$ และ $\overline{PSEN}$ จะเกิดการแอกตีฟ 2 ครั้ง ภายในหนึ่งแมชชีนไซเกิล ในทุกครั้งที่ $\overline{ALE}$ เกิดการแอกดีฟที่พอร์ท 0 (P_0) จะมีค่าของรีจิสเตอร์ PC ในไบต์ต่ำออกมา ในขณะที่พอร์ท 2 (P_2) ก็จะมีค่า PC ในไบต์สูงเพื่อชี้ไปยังแอดเดรสต่อไปที่ต้องดำเนินการ สำหรับขา $\overline{PSEN}$ ก็จะเกิดการแอกตีฟเมื่อมีการติดต่อกับหน่วยความจำโปรมแกรมภายนอก ในกรณีที่กระทำคำสั่ง MOVX เพื่อเข้าถึงหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ที่ขา $\overline{PSEN}$ จะไม่เกิดการแอกตีฟ 2 ครั้งภายใน 1 แมชชีนไซเกิลเนื่องจากบัสแอดเดรส และบัสข้อมูลจะถูกใช้ในการติดต่อหน่วยความจำข้อมูลภายนอกแทน แต่สำหรับสัญญาณ $\overline{ALE}$ ยังคงแอกตีฟตามจังหวะการทำงานเหมือนเดิม

จากไดอะแกรมเวลาสามารถสรุปได้ว่า ในการทำงาน 1 รอบหรือ 1 แมชีนไซเกิล ซีพียูในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะใช้เวลา 12 คาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา นั่นคือ เวลาในการทำงาน 1 ไซเกิลมีค่าเท่ากับ 1 ms หรือมีความเร็วในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถสรุปเป็นสูตรทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

ความเร็วในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เท่ากับความถี่ของสัญญาณนาฬิกา (ค่าของคริสตอลที่ต่ออยู่ที่ขา XTAL1 และ XTAL2) / 12 เวลา 1 แมชชีนไซเกิล = 1 / ความเร็วในการทำงานภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 โครงสร้างหน่วยความจำ

หน่วยความจำสำหรับ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะมี 2 ชนิด คือหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรม (ROM) กับหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลในการประมวลผล (RAM) ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์สามารถอ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้มากที่สุดที่ 64 Kสำหรับหน่วยความจำ RAM ภายในจะประกอบไปด้วย พื้นที่ใช้งานทั่วไป รีจิสเตอร์แบงก์ พื้นที่ใช้งานระดับบิต และรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ

หน่วยความจำโปรมแกรม (Program memory)

หน่วยความจำโปรมแกรมที่ใช้เก็บข้อมูลของโปรแกรมควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์หรือที่เรียกว่า โปรแกรมมอนิเตอร์ (Monitor program) หากใช้หน่วยความจำภายนอกมักจะบรรจุอยู่ในหน่วยความจำชนิดอีพรอม (EPROM: Erasable Programmable Read-Only Memory) ซึ่งสามารถทำการอ่านได้เพียงอย่างเดียว

หน่วยความจำโปรแกรมมีแอดเดรสเริ่มต้นที่ 0000H เมื่อซีพียูได้รับการรีเซตให้เริ่มต้นการทำงานจะต้องมาเริ่มต้นที่แอดเดรส 0000H นี้เสมอในพื้นที่ของหน่วยความจำโปรแกรมไม่ว่าจะใช้งานจากภายในหรือภายนอกก็ตาม ต้องมีการสงวนพื้นที่บางตำแหน่งเอาไว้สำหรับการบริการอินเตอร์รัปต์ 6 ประเภท ประเภทละ 8 ไบต์ ประกอบด้วย

พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ 0 จากภายนอก กำหนดไว้ที่แอดเดรส	0003H
พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์ 0 กำหนดไว้ที่แอดเดรส	000BH
พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ 1 จากภายนอก กำหนดไว้ที่แอดเดรส	0013H
พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์ 1 กำหนดไว้ที่แอดเดรส	001BH
พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์ของการสื่อสารอนุกรม กำหนดไว้ที่แอดเดรส	0023 H
พื้นที่สำหรับบริการอินเตอร์รัปต์จากไทเมอร์ 2 กำหนดไว้ที่แอดเดรส	002B H

กรณีที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่มีหน่วยความจำโปรแกรมภายในแต่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกด้วย สามารถทำได้โดยกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมให้ต่อจากแอดเดรสสุดท้ายของหน่วยความจำโปรแกรมภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์

หน่วยความจำข้อมูล (Data memory)

หน่วยความจำข้อมูลมีด้วยกัน 2 แบบคือหน่วยความจำข้อมูลภายนอกและภายใน โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 สามารถติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้สูงสุด 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิโลไบต์ โดยการใช้คำสั่ง MOVX ในการติดต่อกับหน่วยข้อมูลความจำภายนอกของไมโครคอนเลอร์ MCS-51

สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ Flash ในอนุกรมจะมีหน่วยข้อมูลความจำภายในเป็นแบบแรม (RAM Random Access Memory)โดยแต่ละเบอร์จะมีขนาดแตกต่างกันไป สำหรับการจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลภายในแบ่งเป็น3 ส่วนคือหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่าง (Lower) ส่วนบน (Upper) และรีจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ (SFR : Special Function Register) แต่ละส่วนมีขนาด 128 ไบต์ ขนาดของหน่วยความจำข้อมูลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ Flash โดยแท้จริงแล้วมีเพียง 256 ไบต์ โดยในหน่วยความจำข้อมูล ส่วนล่างขนาด128 ไบต์มีแอดเดรสอยู่ที่ 00H - 7FH สามารถเข้าถึงได้โดยตรงและโดยอ้อม สำหรับหน่วยความจำข้อมูลส่วนบนมีขนาด 128 ไบต์ เช่นกัน มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H – FFH สามารถเข้าถึงระบบทางอ้อมเท่านั้น ในขณะที่รีจิสเตอร์ SFR มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H – FFH เช่นเดียวกับหน่วยความจำข้อมูลส่วนบน แต่สำหรับรีจิสเตอร์ SFRใช้การเข้าถึงแบบโดยตรงการจัดสรรพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในส่วนล่างของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบ Flash การจัดสรรหน่วยความจำข้อมูลส่วนล่างหน่วยความจำ32 ไบต์ต่ำสุดที่แอดเดรส 00H-1FH แบ่งเป็น 4 กลุ่ม เรียกว่า 4 แบงก์ (bank) แต่ละแบงก์มีรีจิสเตอร์ 8 ตัว คือ R0-R7 การติดต่อการติดต่อกับหน่วยความจำในแบงก์ใดให้กำหนดที่รีจิสเตอร์ PSW (Program Status Word register)

หน่วยความจำข้อมูล16 ไบต์ถัดมาจากแอดเดรส 20H - 2FH เป็นพื้นที่สำหรับใช้งานทั่วไป สามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต (Bit addressable) และหน่วยความจำข้อมูลที่เหลือ 80 ไบต์ จะต้องแบ่งส่วนหนึ่งสำรองไว้เป็นพื้นที่ของสแต็ก (Stack: ที่พักข้อมูลชั่วคราวในกรณีที่ซีพียูมีการกระโดดไปทำงานในโปรแกรมย่อย) การเข้าถึงหน่วยความจำในส่วนนี้ต้องใช้การเข้าถึงในระดับไบต์

2.5 แอกคิวมูเลเตอร์ (Accumulator: ACC)

มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ตำแหน่ง E0H เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับเก็บข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก ก่อนที่จะส่งข้อมูลหรือผลลัพธ์ที่ได้ให้แก่ซีพียูเพื่อทำการประมวลผลต่อไป เรียกว่า รีจิสเตอร์ A หรือ ACC รีจิสเตอร์นี้สามารถเข้าถึงระดับบิตได้

รีจิสเตอร์ B มีขนาด 8 บิตมีแอดเดรสอยู่ที่ F0H มีหน้าที่พิเศษคือหากต้องการคูณหรือหารทางคณิตศาสตร์ต้องนำข้อมูลที่ต้องการหรือคูณมาเก็บไว้ในรีจิสเตอร์ B แล้วจึงกระทำคำสั่งคูณหรือหารกับค่าในรีจิสเตอร์ A ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถใช้รีจิสเตอร์ A นี้ในการเก็บข้อมูลทั่วไปได้เหมือนกับรีจิสเตอร์ปกติ และสามารถเข้าถึงในระดับบิตได้เช่นเดียวกับรีจิสเตอร์ A

รีจิสเตอร์	บิต RS0	บิต RS1	ตำแหน่งหน่วยความจำ
แบงก์ 0	0	0	0000H
แบงก์ 1	0	1	0008H
แบงก์ 2	1	0	0010H
แบงก์ 3	1	1	0018H

ตารางที่ 2.2 การจัดพื้นที่หน่วยความจำภาย ซึ่งกำหนดให้เป็นพื้นที่ของรีจีสเตอร์ใช้งานพิเศษ

โปรแกรมเคาน์เตอร์ (Program Counter: PC)

มีขนาด 16 บิต มีหน้าที่แจ้งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรมในตำแหน่งถัดไปที่ซีพียูจะต้องไปทำงานที่รีจิสเตอร์ PC เป็นรีจิสเตอร์ตัวเดียวที่ไม่จัดสรรไว้รวมกับรีจิสเตอร์ SFR ตัวอื่นๆ การเปลี่ยนแปลงค่าของรีจิสเตอร์ PC จะขึ้นอยู่กับผลของการกระทำคำสั่งภายในหน่วยความจำโปรแกรม

สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack Pointer: SP)

หรือรีจิสเตอร์ชี้ตัวสแต็ก มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 81H ใช้เก็บค่าตัวชี้สแต็ก ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อซีพียูมีการกระโดดไปทำงานที่โปรแกรมย่อย หรือกระโดดโปรแกรมย่อยกลับมาโปรแกรมหลัก

รีจิสเตอร์ชี้ข้อมูลหรือดาต้าพอยน์เตอร์ (Data Point: DPTR)

มีขนาด 16 บิต โดยแบ่งเป็นรีจิสเตอร์ชี้ข้อมูลไบต์สูง (DPH) และรีจิสเตอร์ชี้ข้อมูลไบต์ต่ำ (DPL) แต่ละตัวมีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 82 H สำหรับ DPL และ 83 H สำหรับ DPH รีจิสเตอร์ DPTR นี้ใช้ในการเก็บค่าแอดเดรสของหน่วยความจำหรืออุปกรณ์ภายนอกที่ต้องการติดต่อ

รีจิสเตอร์พอร์ต (Port register)

เป็นรีจิสเตอร์ที่มีขนาด 8 บิต ใช้เก็บข้อมูลแต่ละพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ มี 4 ตัว คือ รีจิสเตอร์พอร์ต 0 มีแอดเดรสอยู่ที่ 80H, รีจิสเตอร์พอร์ต 1 มีแอดเดรสอยู่ที่ 90H, รีจิสเตอร์พอร์ต 2 มีแอดเดรสอยู่ที่ A0H และ รีจิสเตอร์พอร์ต 3 มีแอดเดรสอยู่ที่ B0H รีจิสเตอร์ทุกตัวสามารถเข้าถึงได้ในระดับบิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม (Serial Data Buffer: SBUF)

เป็นรีจิสเตอร์ที่มีขนาด 8 บิต มีแอดเดรสอยู่ที่ 99H ใช้เก็บข้อมูลที่ส่งออกหรือรับเข้าของวงจรสื่อสารอนุกรมที่มีอยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยภายในรีจิสเตอร์ SBUF นี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ รีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูล (transmit buffer register) และรีจิสเตอร์สำหรับรับข้อมูล (receive buffer register) เมื่อมีการเขียนข้อมูลมายังรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลนั้นจะถูกส่งต่อไปยังบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลเพื่อส่งออกจากไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางขา Tx_D หรือขา P3.1 ในกรณีที่มีการอ่านข้อมูลจากรีจิสเตอร์ SBUF ข้อมูลจะส่งผ่านไปยังรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์สำหรับข้อมูลเพื่อส่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับการรับข้อมูลอนุกรมจากภายนอกนั้นจะผ่านเข้ามายังขา Rx_D หรือขา P3.0 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

รีจิสเตอร์ไทเมอร์ (Timer register)

เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต แบ่งเป็นไบต์สูงและไบต์ต่ำเช่นเดียวกับรีจิสเตอร์ DPTR รีจิสเตอร์ ไทเมอร์ใช้ในการเก็บค่าของตัวนับหรือเคาน์เตอร์ (Counter) ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อใช้ในการสร้างฐานเวลา, จับเวลา หรือนับจำนวนพัลส์สัญญาณนาฬิกาภายใน

2.6 การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุท

เนื่องจากพอร์ตทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟรชสามารถเป็นได้ทั้งอินพุทและเอาท์พุท ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งต้องทำความเข้าใจถึงการกำหนดลักษณะการทำงานให้กับพอร์ตของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟรช

ในการกำหนดให้เป็นพอร์ตอินพุท ต้องเริ่มต้นด้วยการเขียนข้อมูล 1 มาที่แต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการใช้งานเป็นอินพุทเพื่อหยุดการทำงานของเฟสที่ใช้ในการขับสัญญาณเอาท์พุทของบิตนั้นๆทำให้ขาสัญญาณของพอร์ตต่อเข้ากับวงจรพูลอัปภายในโดยตรงส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีลอจิกเป็น 1 สามารถรับสัญญาณลอจิก 0 จากอุปกรณ์ภายนอกได้ง่ายสัญญาณข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกจะถูกส่งเข้ามาแล้วเก็บไว้งนวงจรบัฟเฟอร์ภายในพอร์ด แล้วรอให้ซีพียูอ่านค่าเข้าไป เมื่อเป็นเช่นนี้อุปกรณ์ภายนอกที่เชื่อมต่อกับพอร์ดอินพุทของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช ควรกำหนดให้ทำงานในสถาวะลอจิก 0 จะดีและสะดวกที่สุด

2.7 การใช้งานเป็นพอร์ตเอาท์พุท

โดยปกติแล้วขาพอร์ตจะกำหนดให้มีลักษณะเป็นเอาท์พุทอยู่แล้ว ดังนั้นจึงสามารถส่งข้อมูลออกไปได้อย่างง่ายดายและตรงไปตรงมา กล่าวคือเมื่อต้องการส่งข้อมูล 0 ไปยังวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าฉลาดกระบัง

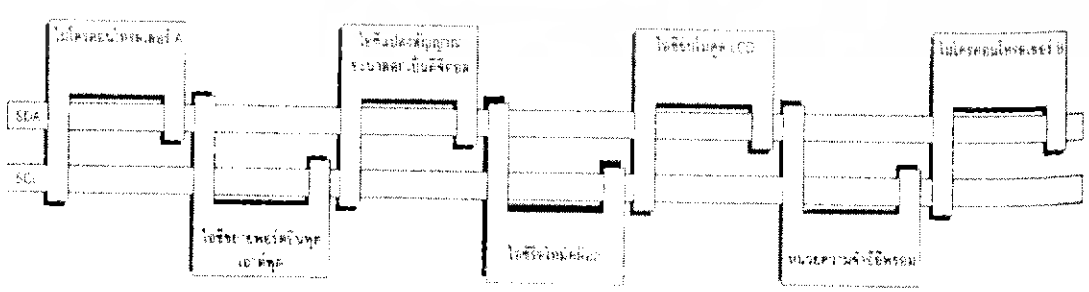
แลตซ์ ซึ่งก็จะส่งต่อไปขับเฟส ทำให้เฟสทำงาน ที่ขาพอร์ตที่กำหนดให้ทำงานก็จะเกิดลอจิก 0 ขึ้น ในทางตรงข้ามหากต้องการส่งข้อมูล 1 ออกไป ก็ให้เขียนข้อมูล 1 ไปยังวงจรแลตซ์ วงจรขับก็จะหยุดทำงาน ทำให้ที่ขาพอร์ตเชื่อมต่อกับวงจรพูลอัปภายในเกิดเป็นลอจิก 1 ที่ขาพอร์ตนั้น ซึ่งจะคล้ายกับเป็นการกำหนดให้เป็นขาอินพุทมาก เพียงแต่แตกต่างกันที่กระบวนการในการเคลื่อนย้ายข้อมูล โดยถ้าเป็นอินพุทจะมีสัญญาณมาอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์ แต่ถ้าเป็นเอาท์พุทจะไม่มีการอ่านข้อมูลที่บัฟเฟอร์แต่อย่างใด เว้นแต่ในกรณีที่ต้องการตรวจสอบข้อมูลที่ส่งออกมาทางเอาท์พุท

เมื่อใช้งานเป็นพอร์ตเอาท์พุท แต่ละขาของแต่ละพอร์ตมีความสามารถในการจ่ายกระแสหรือที่เรียกว่ากระแสซอร์สได้สูงสุด 10 mA และทุกขารวมกันในแต่ละพอร์ต (ทั้ง 8 บิต) สูงสุด 26 mA สำหรับพอร์ต 0 และ 15 mA สำหรับพอร์ต 1-3 ในกรณีที่ใช้งานทุกพอร์ตเอาท์พุทจะสามารถจ่ายกระแสได้รวมกันสูงสุด 71 mA ดังนั้นในการใช้งานเป็นพอร์ตเอาท์พุทเพื่อไม่ให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับความสามารถในการจ่ายกระแสจึงควรต่อวงจรบัฟเฟอร์ทางเอาท์พุทเพื่อช่วยในการขับกระแสอีกทางหนึ่ง

2.8 การขยายพอร์ตอินพุตเอาท์พุตด้วยอุปกรณ์ระบบ I^2C

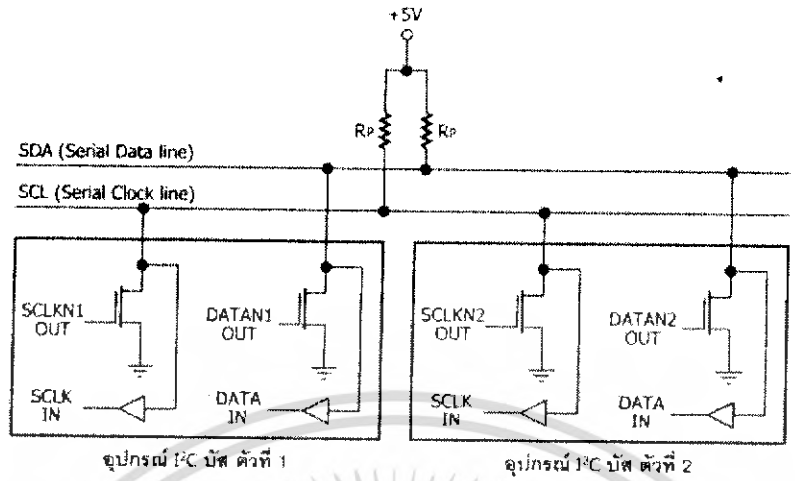
2.8.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ I^2C

I^2C ย่อมาจาก Inter-IC communication หมายถึง การติดต่อสื่อสารระหว่างไอซี โดยบัส I^2C ได้รับการพัฒนาขึ้นโดยฟิลิปส์ (Philips) ด้วยจุดมุ่งหมายหลักคือ ต้องการให้ไอซีหรือโมดูลสามารถติดต่อ สั่งงาน และควบคุมภายใต้สายสัญญาณเพียง 2 เส้น เส้นหนึ่งคือ สายข้อมูล อีกเส้นหนึ่งคือ สายสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดจังหวะการทำงาน การเชื่อมต่อร่วมกันของอุปกรณ์บนบัส I^2C ทำได้ง่ายมาก เพียงต่อสายข้อมูลและสายสัญญาณนาฬิกาของอุปกรณ์แต่ละตัวขนานหรือพ่วงกันไป ส่วนการกำแอดเดรสหรือตำแหน่งสำหรับติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัว จะใช้รหัสข้อมูลและการกำหนดสภาวะลอจิกที่ขาแอดเดรสของอุปกรณ์แต่ละตัว



รูปที่ 2.8 ผังแสดงการเชื่อมต่อของอุปกรณ์ต่าง ๆ บนบัส I^2C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
62335



รูปที่ 2.9 แสดงวงจรเอาต์พุตของอุปกรณ์ในระบบ I^2C

สายข้อมูลบนบัส I^2C มีชื่อเรียกอย่างเป็นทางการว่า สายข้อมูลอนุกรมหรือ SDA (Serial Data line) ส่วนสายสัญญาณนาฬิกามีชื่อเรียกว่า สายสัญญาณนาฬิกาอนุกรมหรือ SCL (Serial Clock line) ในการอธิบายต่อไปนี้จะเรียกสายทั้งสองว่า สาย SDA และ SCL

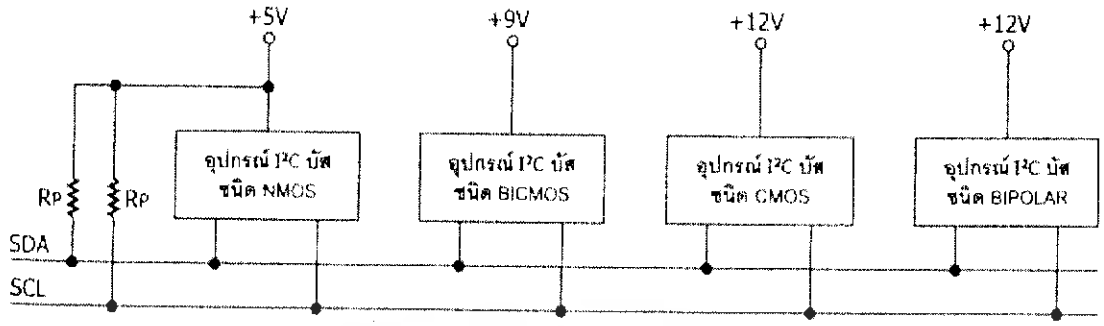
ในรูปที่ 2.8 แสดงผังของการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ บนบัส I^2C จะเห็นได้ว่า อุปกรณ์ที่ทำการเชื่อมต่อบนบัส I^2C มีหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นไอซีขยายพอร์ต (I/O Expander)

2.8.2 คุณสมบัติโดยทั่วไปของบัส I^2C

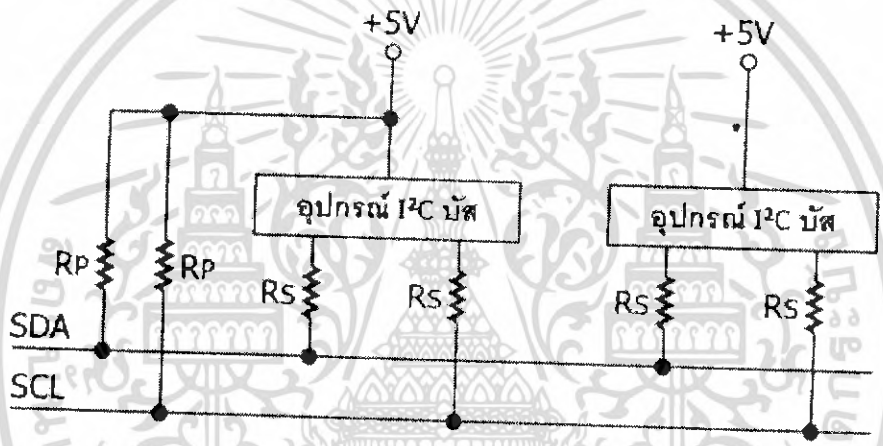
สาย SDA และSCL เป็นสายสัญญาณ 2 ทิศทาง (bi – directional line) ต้องมีการต่อตัวต้านทานพูลอัปกับแรงดัน +5V ไว้ตลอดเวลา เพื่อให้สายมีสถานะลอจิกสูงในขณะที่ไม่มีการติดต่อใช้งาน ทั้งยังช่วยในการป้องกันสัญญาณรบกวนที่อาจเข้ามาในสายสัญญาณทั้งสอง วงจรเอาต์พุตของอุปกรณ์ที่ติดต่ออยู่บนบัส I^2C ต้องมีลักษณะเป็นวงจรเดรนเปิด (open – drain) หรือคอลเล็กเตอร์เปิด (open collector) ดังรายละเอียดในรูปที่ 2.9

อัตราการถ่ายทอดข้อมูลบนบัส I^2C สูงถึง 100 กิโลบิตต่อวินาทีในโหมดปกติ (standard mode) และสูงถึง 400 กิโลบิตต่อวินาทีในโหมดความเร็วสูง (fast mode) อุปกรณ์ที่ต่อรวมอยู่บนบัส I^2C จะต้องมีความจุ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 การต่อตัวต้านทานพูลอัปบนสายสัญญาณในระบบบัส I^2C



รูปที่ 2.11 การต่อตัวต้านทาน R_S เพื่อลดสัญญาณรบกวนขนาดใหญ่ที่อาจเข้ามาในบัส I^2C

ไฟฟ้ารวมที่เกิดขึ้นระหว่างสาย SDA และ SCL ไม่เกิน 400 pF การเข้าถึงอุปกรณ์บนบัส I^2C ใช้ข้อมูลสำหรับการเข้าถึง 2 ค่า คือ 7บิต (7-bit addressing) หรือ 10 บิต (10-bit addressing)

ข้อเด่นอีกประการหนึ่งของบัส I^2Cคือ สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้ไฟเลี้ยงไม่เท่ากันให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ โดยอุปกรณ์บนบัส I^2C ตัวหนึ่งอาจใช้ไฟเลี้ยง +5V ในขณะที่อีกตัวหนึ่งใช้ไฟเลี้ยง +12V การติดต่อร่วมกันบนบัส I^2C สามารถกระทำได้ในลักษณะเดียวกับกรณีที่อุปกรณ์ทั้งสองใช้ไฟเลี้ยงเท่ากัน กล่าวคือ ให้ต่อสาย SDA และ SCL ของอุปกรณ์แต่ละตัวเข้าด้วยกัน และต้องต่อตัวต้านทานพูลอัป (Rp) เข้ากับแรงดัน +5Vไว้ด้วยเสมอ ดังแสดงในรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่อาจมีแรงดันไฟกระชากขนาดใหญ่ปะปนเข้ามาในบัส I^2C ที่ขา SDA และ SCL ของอุปกรณ์แต่ละตัวต้องต่อตัวต้านทานอนุกรมกับขา SDA และ SCL เรียกว่า R_S ก่อนต่อเข้าสู่บัส I^2C ดังรูปที่ 2.11

2.8.3 หลักการของบัส I^2C

บัส I^2C ประกอบด้วยสายสัญญาณ 2 เส้น ดังที่ได้กล่าวมาแล้วคือ SDAและ SCL อุปกรณ์ที่ต่อพ่วงบนบัสสามารถมีได้มากมาย ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดรูปแบบของการติดต่อบนบัส หรือเรียกว่า โปรโตคอล (Protocol) เพื่อให้ผู้ใช้งานทราบว่า ขณะที่อุปกรณ์ใดติดต่อกันอยู่ และอุปกรณ์ตัวใดเป็นตัวรับหรือตัวส่ง ต่อไปนี้จะขออธิบายลักษณะ หน้าที่ และนิยามของอุปกรณ์ที่ต่ออยู่บนบัส I^2Cเพื่อเป็นข้อตกลงพื้นฐานก่อนที่จะอธิบายการทำงานของบัส I^2C ต่อไป

อุปกรณ์ที่เป็นผู้สร้างข้อมูลหรือส่งข้อมูล เรียกว่า ตัวส่ง (Transmitter)

อุปกรณ์ที่เป็นผู้รับข้อมูล เรียกว่า ตัวรับ (Receiver) อุปกรณ์บนบัส I^2C สามารถเป็นได้ทั้งตัวรับและตัวส่ง บางอุปกรณ์ทำหน้าที่เป็นตัวรับอย่างเดียว จะไม่มีอุปกรณ์ใดบนบัส I^2C ที่ทำหน้าที่เป็นตัวส่งเพียงอย่างเดียว

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบคุมจังหวะการติดต่อบนบัส I^2C เรียกว่า มาสเตอร์ (Master)

อุปกรณ์ที่ถูกควบคุมหรืออุปกรณ์ที่ต่อพ่วงเข้าไปบนบัส I^2C เรียกว่า สเลฟ (Slave)

ข้อกำหนด 2 ประการสำคัญของการติดต่อบนบัส I^2C คือ

1.) การถ่ายทอดข้อมูลจะเกิดขึ้นได้เมื่อบัสว่างเท่านั้น

2.)ในระหว่างการถ่ายทอดข้อมูล เมื่อใดก็ตามที่สาย SCL มีสถานะเป็นลอจิกสูง สายข้อมูลต้องรักษาข้อมูลไว้ อย่าให้เกิดการเปลี่ยนแปลงขึ้นเด็ดขาด มิฉะนั้น สัญญาณที่เกิดขึ้นจะได้รับการเปลี่ยนแปลงความหมายเป็นสัญญาณควบคุมแทน

2.8.4 สภาวะที่เกิดขึ้นบนบัส I^2C

มีด้วยกัน 5 สภาวะดังนี้

1.) **บัสว่าง** (Bus not busy) สภาวะนี้เกิดขึ้นเมื่อสถานะลอจิกบนสาย SDAและ SCL เป็นลอจิกสูงทั้งคู่ นั่นหมายความว่า การถ่ายทอดข้อมูลสามารถเริ่มต้นขึ้นได้

2.) **เริ่มต้นการถ่ายทอดข้อมูล** (Start data transfer) เกิดขึ้นเมื่อสาย SAD มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากสูงไปต่ำ ในขณะที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง เรียกสภาวะที่เกิดขึ้นนี้ว่า **สภาวะเริ่มต้น** (START)

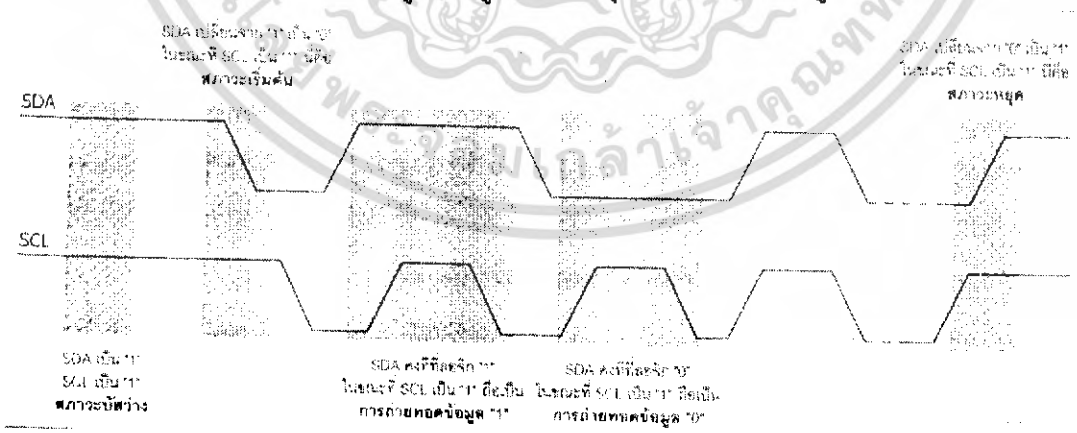
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) **หยุดการถ่ายทอดข้อมูล** (Stop data transfer) เกิดขึ้นเมื่อสาย SDA มีการเปลี่ยนแปลงระดับลอจิกจากต่ำไปสูง ในขณะที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง เรียกสภาวะที่เกิดนี้ว่า **สภาวะหยุด** (STOP)

4) **ข้อมูลดำรงอยู่บนบัส** (Data valid) สภาวะนี้เกิดขึ้นถัดจากสภาวะเริ่มต้น โดยสถานะลอจิกที่เกิดขึ้นบนสาย SDA ก็คือข้อมูลที่ทำการถ่ายทอด เมื่อสาย SCL เป็นลอจิกสูง สถานะที่สาย SDA ต้องคงที่ เพื่อให้อุปกรณ์รับรู้ข้อมูลในจังหวะนั้นว่าเป็น "0" หรือ "1" ข้อมูลอาจเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ในขณะที่สาย SCL เป็นลอจิกต่ำ แต่เมื่อใดก็ตามที่ต้องการให้เกิดการถ่ายทอดข้อมูลอย่างสมบูรณ์ สถานะลอจิกที่ขา SDA ต้องคงที่ตลอด ช่วงเวลาที่สาย SCL มีสถานะลอจิกสูง หากเกิดการเปลี่ยนแปลงสถานะลอจิกในขณะที่สาย SCL มีลอจิกสูงอยู่นั้น อุปกรณ์มาสเตอร์ที่ทำการควบคุมการถ่ายทอดข้อมูลจะแปลความหมายเป็นสภาวะหยุดหรือสภาวะเริ่มต้นก็ได้ ทำให้ข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดนั้นเกิดความผิดพลาดขึ้น

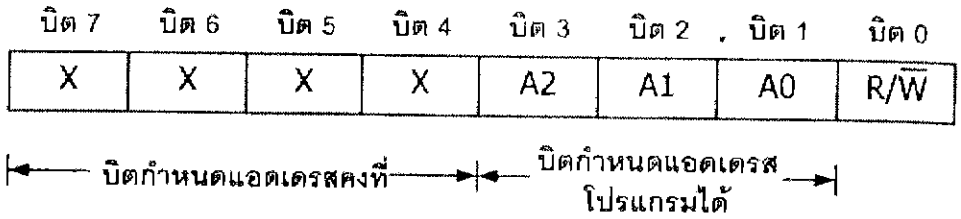
5) **รับรู้ข้อมูล** (Acknowledge) เกิดขึ้นหลังจากการถ่ายทอดข้อมูลจากตัวส่งมายังตัวรับเกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์ โดยตัวส่งจะทำการส่งข้อมูลมา 1 บิตเรียกว่า บิตรับรู้ (Acknowledge bit) มีสถานะเป็นลอจิกสูง หลังจากส่งข้อมูลมาครบถ้วน ส่วนอุปกรณ์มาสเตอร์จะทำการส่งสัญญาณรับรู้พิเศษซึ่งสัมพันธ์กับสัญญาณนาฬิกา เพื่อตอบสนองบิตรับรู้ที่ส่งมาจากตัวส่ง ทางด้านตัวรับจะส่งบิตรับรู้ที่มีสถานะลอจิกต่ำลงบนบัส อุปกรณ์ สเลฟที่ถูกอ้างถึงในการติดต่อหรือกำลังจะติดต่ออยู่ในขณะนั้นก็จะกำเนิดบิตรับรู้เพื่อตอบสนองให้ทราบว่าได้รับข้อมูลในแต่ละไบต์เรียบร้อยแล้ว

ในรูปที่ 2.12 เป็นไดอะแกรมเวลาที่แสดงถึงการเกิดสภาวะต่างๆบนบัส I^2C ไม่ว่าจะเป็นสภาวะบัสว่าง, เริ่มต้น, ถ่ายทอดข้อมูล, รับรู้และการหยุดการถ่ายทอดข้อมูล



รูปที่ 2.12 เป็นไดอะแกรมเวลาที่แสดงถึงการเกิดสภาวะต่างๆบนบัส I^2C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 รูปแบบของข้อมูลกำหนดแอดเดรสที่ใช้ในการอ้างถึงแบบ 7 บิต

2.8.4 การทำงานบนบัส I^2C

ก่อนที่จะเริ่มต้นการถ่ายทอดข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ต่างๆ ที่ต่ออยู่บนบัส ต้องมีการอ้างถึงเสียก่อน โดยการอ้างถึงอุปกรณ์บนบัส I^2C นั้นจะใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิต หรือ 10 บิต ในกรฯที่มีอุปกรณ์ต่ออยู่บนบัสไม่มากใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิตก็เพียงพอ แต่ถ้ามีอุปกรณ์ต่ออยู่บนบัสมากกว่า 127 แอดเดรส จำเป็นต้องใช้การอ้างถึงแบบ 10 บิต หลังจากการที่ติดต่ออุปกรณ์แต่ละตัวได้เรียบร้อยแล้ว ก็จะเริ่มต้นการถ่ายทอดข้อมูลกันต่อไป

ดังนั้นหัวใจสำคัญในอันดับแรกของการทำงานบนบัส I^2C คืออ้างถึงอุปกรณ์แต่ละตัว ซึ่งในที่นี้จะอธิบายรายละเอียดของการอ้างถึงทั้ง 2 รูปแบบ

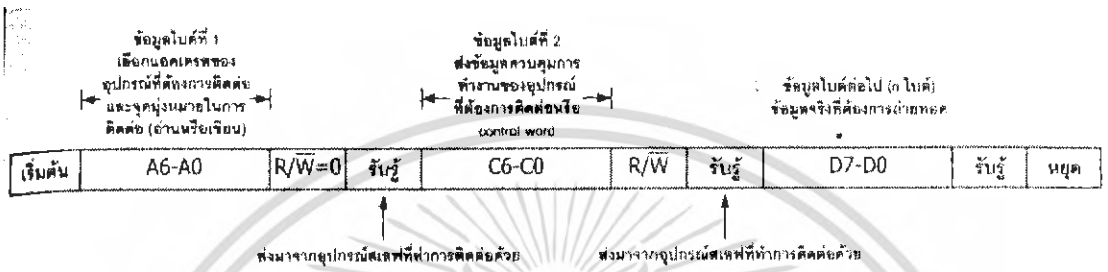
2.8.5 การอ้างถึงแบบ 7 บิต (7 – Bit addressing)

ข้อมูลไบต์แรกที่เกิดขึ้นหลังจากสภาวะเริ่มต้นคือ **ข้อมูลที่ใช้ในการอ้างถึงอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อ** หรือ **ข้อมูลกำหนดแอดเดรส** โดยมีรูปแบบแสดงในรูปที่ 2.13 ใน 7 บิตบนรวมทั้งบิต MSB ด้วยจะเป็นข้อมูลแอดเดรสของอุปกรณ์สเลฟที่ต้องการติดต่อ โดยแบ่งเป็น บิตกำหนดแอดเดรสคงที่ (fixed address bit) จำนวน 4 บิต ซึ่งข้อมูลนี้อุปกรณ์แต่ละตัวจะถูกกำหนดมาจากผู้ผลิต ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแก้ไขได้ ถัดมาอีก 3 บิตเป็นบิตกำหนดแอดเดรสที่สามารถโปรแกรมได้ (Programmable address bit) โดยผู้ใช้งานต้องกำหนดสถานะลอจิกให้แก่ขา A0 –A2 ของอุปกรณ์ที่มีการเชื่อมต่อแบบบัส I^2C ส่วนในบิต LSB เป็นบิตที่ใช้กำหนดการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับอุปกรณ์สเลฟตัวนั้นๆหากบิต LSB เป็น “0” หมายถึงต้องเขียนข้อมูลไปยังอุปกรณ์นั้น ถ้าเป็น “1” จะเป็นการอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์สเลฟ

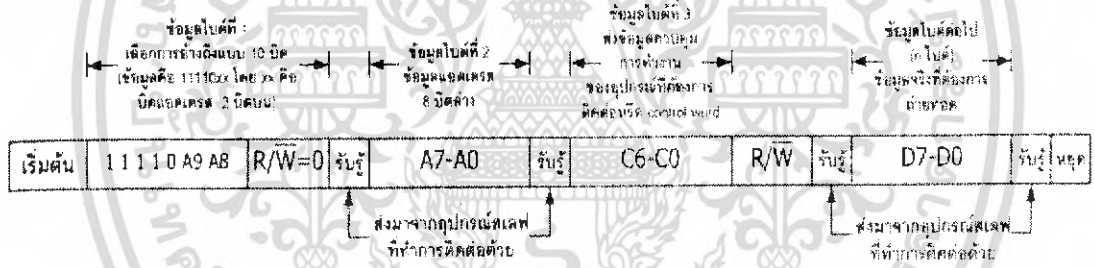
ข้อมูลในไบต์ต่อมาคือ **ข้อมูลควบคุม** (Control byte) ในอุปกรณ์แต่ละตัวมีการกำหนดข้อมูลควบคุมที่แตกต่างกัน ยกตัวอย่าง ไอซีขยายพอร์ตมีข้อมูลควบคุมที่ใช้กำหนดว่า บิตใดเป็นอินพุต บิตใดเป็นเอาต์พุต ในขณะที่ไอซี ADC/DAC ต้องการข้อมูลควบคุมเพื่อกำหนดให้ทำงานเป็นวงจร ADC และ DAC เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลในไบต์ต่อมาคือ **ข้อมูลที่ทำการถ่ายทอดจริง** (Data) หลังจากที่มีการถ่ายทอดข้อมูลในแต่ละไบต์ อุปกรณ์สเลฟที่ได้รับการติดต่อต้องส่งสัญญาณรับรู้ตอบกลับมาด้วยทุกครั้ง เพื่อให้กระบวนการถ่ายทอดข้อมูลสามารถดำเนินต่อไปได้ในรูปที่ 2.14 แสดงรูปแบบข้อมูลอนุกรมที่เกิดขึ้นในการติดต่อบนบัส I^2C ของการอ้างถึงแบบ 7 บิต



รูปที่ 2.14 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมที่ใช้ติดต่อกับอุปกรณ์บัส I^2C เมื่อใช้การอ้างถึงแบบ 7 บิต



รูปที่ 2.15 รูปแบบของข้อมูลอนุกรมที่ใช้ติดต่ออุปกรณ์บัส I^2C เมื่อใช้การอ้างถึงแบบ 10 บิต

2.8.6 การอ้างถึงแบบ 10 บิต

ในการอ้างถึงแบบนี้ ยังคงใช้รูปแบบข้อมูลอนุกรมที่เหมือนแบบ 7 บิต หากแต่จะมีข้อมูลเพิ่มเติมขึ้นมาเล็กน้อย โดยในข้อมูลไบต์แรกหลังจากเกิดสภาวะเริ่มต้น ต้องกำหนดให้ 5 บิตบนมีข้อมูลเป็น 11110 ส่วน อีก 2 บิตถัดมาเป็นบิตแอดเดรสของอุปกรณ์ที่ต้องการติดต่อ ในบิด LSB ของข้อมูลไบต์แรกยังคงเป็นการกำหนดว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลกับอุปกรณ์สเลฟตัวที่ต้องการติดต่อด้วย ข้อมูลหลังจากนั้นก็จะเป็นข้อมูลจริงที่ใช้ในการติดต่อ

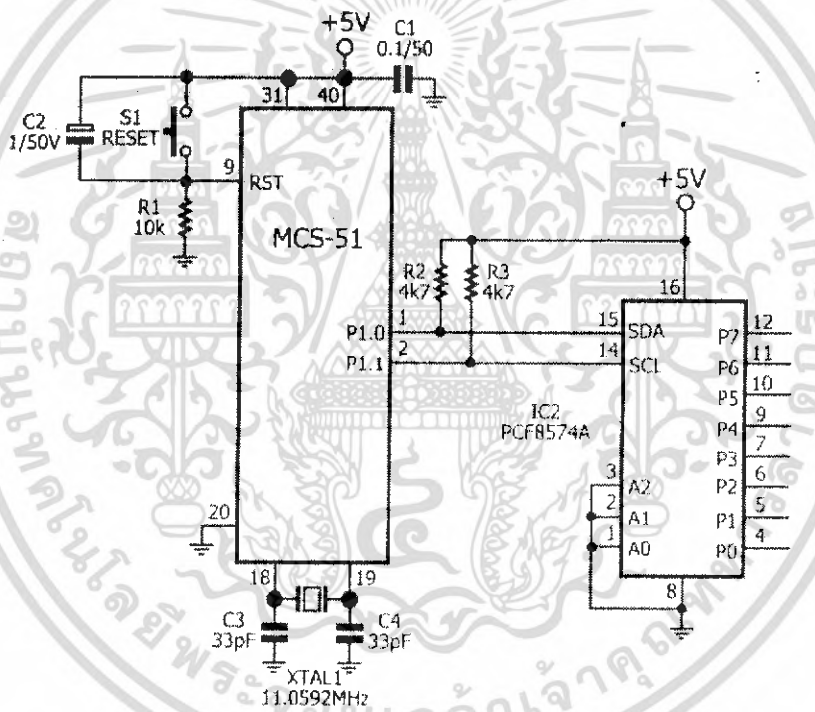
เช่นเดียวกับการอ้างถึงแบบ 7 บิต หลังจากการถ่ายทอดข้อมูลครบทุกไบต์ ต้องมีสภาวะรับรู้เกิดขึ้น เพื่อให้กระบวนการถ่ายทอดข้อมูลสามารถดำเนินต่อไปได้ ในรูปที่2.15 แสดงรูปแบบข้อมูลของการอ้างถึงแบบ 10 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8.7 การต่ออุปกรณ์ระบบบัส I²C กับโครคอนโทรลเลอร์ MCS -51

สามารถทำได้ง่ายมาก เพียงแค่ใช้ขาพอร์ต 2 ขา โดยกำหนดให้ขาหนึ่งเป็น SDA อีกขาหนึ่งเป็น SCL และต่อตัวต้านทานค่าประมาณ 4.7 พูลอัปที่ขาพอร์ตทั้งสองขา เพียงเท่านี้ก็สามารถติดต่อกับอุปกรณ์ระบบบัส I²C ได้แล้ว

ในรูปที่ 2.16 เป็นวงจรตัวอย่างการต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS -51 เข้ากับระบบบัส I²C จากวงจรจะใช้ขาพอร์ต P1.0 เป็นขา SDA และขา P1.1 เป็นขา SCL อุปกรณ์ที่ทำการติดต่อด้วยมือ ไอซีขยายพอร์ตอินพุต เอาต์พุตเบอร์ PCF8574



รูปที่ 2.16 วงจรตัวอย่างการต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS -51 เข้ากับระบบบัส I²C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

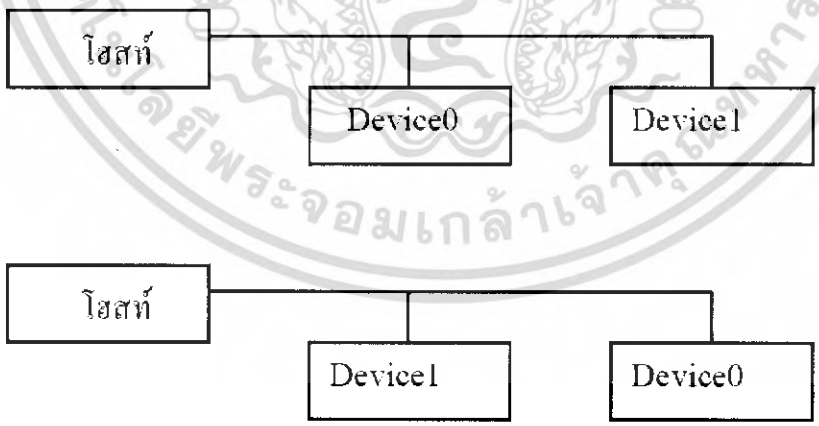
บทที่ 3
โปรโตคอลที่ใช้ในการเชื่อมต่อกับซีดี-รอม

ซีดี-รอมที่ผลิตขึ้นมาใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันนั้นมีการเชื่อมต่อ เป็นไปตามมาตรฐานATAPI ซึ่งเป็นมาตรฐานที่เพิ่มเติมมาจากมาตรฐาน ATA ซึ่งเป็นมาตรฐานในการเชื่อมต่อฮาร์ดดิสก์เข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยการเชื่อมต่ออุปกรณ์ตามมาตรฐานATAPI จะเหมือนกับมาตรฐาน ATA ทั้งหมด จะมีส่วนที่แตกต่างกันก็คือการส่งคำสั่งเข้าไปยังตัวอุปกรณ์จะต้องส่งเป็นชุดคำสั่ง

3.1 ATA

3.1.1 การเชื่อมต่อทางกายภาพ

ตามมาตรฐาน ATA สามารถนำอุปกรณ์มาเชื่อมต่อกันได้ 1-2 ตัว โดยอุปกรณ์นั้นๆต้องเชื่อมต่อกับส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมมัน หรือที่เรียกว่าโฮสท์อะแดปเตอร์ (Host adapter) และถ้าอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อมี 2 ตัว อุปกรณ์ทั้งสองจะต้องต่อเชื่อมกันแบบ daisy chain configuration ซึ่งอุปกรณ์ตัวหนึ่งจะถูกกำหนดเป็น Device0 และอีกตัวหนึ่งเป็น Device1



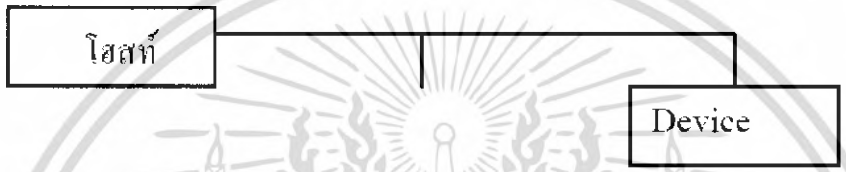
รูปที่ 3.1 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างโฮสท์กับอุปกรณ์ 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดว่าอุปกรณ์ตัวใดเป็น Device0 หรือ Device1 นั้นอาจทำได้หลายวิธี

- สวิทช์หรือจัมเปอร์ (jumper) บนอุปกรณ์
- การใช้ขา Cable Select (CSEL)

ในการเชื่อมต่ออุปกรณ์ 2 ตัวนั้นตำแหน่งในการต่อสายไฟจะไม่มีผลต่อการเชื่อมต่อ ถ้ามีอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อแบบ ATA เพียงตัวเดียว แล้วโฮสท์กับอุปกรณ์ควรจะอยู่ที่ปลายทั้ง 2 ด้านของสายไฟ



รูปที่ 3.2 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างโฮสท์กับอุปกรณ์ตัวเดียว

3.1.2 ขาเชื่อมต่อสำหรับรับส่งข้อมูล

ตามมาตรฐาน ATA ขาเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์และโฮสท์เป็นตัวเชื่อมต่อขนาด 40 ขา ซึ่งมีการจัดวางตำแหน่งตามรูปที่ 3.3

(ก) แผนผังขาทางด้านของตัวอุปกรณ์ (ข) แผนผังขาทางด้านของสายเคเบิล

รูปที่ 3.3 ตัวเชื่อมต่อขนาด 40 ขา ตามมารถฐาน ATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดหน้าที่ของขาแต่ละขาแสดงได้ตามตารางที่ 3.1

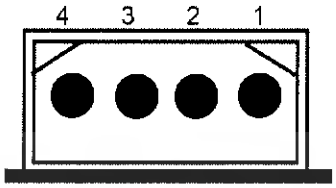
ขาที่	ชื่อขา	หน้าที่	ขาที่	ชื่อขา	หน้าที่
1	- RESET	Reset	21	N/C	Not Connect
2	GND	Ground	22	GND	Ground
3	DD7	DATA7	23	-IOW	Write Strobe
4	DD8	DATA8	24	GND	Ground
5	DD6	DATA6	25	-IOR	Read Strobe
6	DD9	DATA9	26	GND	Ground
7	DD5	DATA5	27	IORDY	I/O Ready
8	DD10	DATA10	28	ALE	Address Latch
9	DD4	DATA4	29	N/C	Not Connect
10	DD11	DATA11	30	GND	Ground
11	DD3	DATA11	31	IRQR	Interrupt
12	DD12	DATA12	32	-IOCS	Chip Select
13	DD2	DATA2	33	DA1	Address
14	DD13	DATA13	34	N/C	Not connect
15	DD1	DATA1	35	DA0	Address
16	DD14	DATA14	36	DA2	Address
17	DD0	DATA0	37	-CS0	(1F0-1F7)
18	DD15	DATA15	38	-CS1	(3F6-3F7)
19	GND	Ground	39	-ACTIVE	LED Driver
20	KEY	Key	40	GND	Ground

ตารางที่ 3.1 แสดงรายละเอียดและหน้าที่ของแต่ละขาตามมาตรฐาน IDE

จากจำนวนขาทั้งหมด 40 ขา เป็นส่วนของขาส่งข้อมูลขนาด 16 บิตอยู่ 16 ขา ส่วนที่ทำหน้าที่กำหนดตำแหน่งรีจิสเตอร์ที่จะเขียนอีก 5 ขา ส่วนที่ใช้ควบคุมการส่งข้อมูลในแบบ DMA 2 ขา ขารีเซท1 ขา และส่วนที่เหลือเป็นขาสำหรับควบคุมการทำงานต่างๆของตัวอุปกรณ์ เช่น สัญญาณอ่าน-เขียนสัญญาณอินเตอร์รัพ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของไฟเลี้ยงอุปกรณ์ที่เป็นไปตามมารถฐาน ATA นั้นจะเป็นตัวเชื่อมต่อขนาด 4 ขา ดังรูปที่ 3.4 โดยจะมีไฟเลี้ยงขนาดสองชุด ชุดหนึ่งจ่ายไฟตรง 12 V อีกชุดหนึ่งจ่ายไพครง 5 V



+5V GND +12V

รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะของขั้วไฟเลี้ยงของเครื่องเล่นซีดี

3.1.3 รีจิสเตอร์ภายใน

ตามมาตรฐาน ATA นั้น การสั่งงานเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์จะต้องกระทำผ่านรีจิสเตอร์ ต่างๆ ภายในตัวอุปกรณ์นั้นๆ โดยการกำหนดรีจิสเตอร์ที่จะใช้งานนั้นจะกำหนดผ่านสายสัญญาณทั้ง 5 แล้ว การเขียนหรืออ่านรีจิสเตอร์ในตำแหน่งเดียวกันนั้นยังเป็นการอ้างถึงรีจิสเตอร์คนละตัวกันด้วย

รีจิสเตอร์ทั้งหมดสามารถแบ่งออกได้เป็นสองส่วนใหญ่ๆคือ

-รีจิสเตอร์ Command Block จะถูกใช้เพื่อส่งคำสั่งไปยังอุปกรณ์หรือส่งสถานะของอุปกรณ์กลับมายังโฮสท์

- รีจิสเตอร์ Control Block จะถูกใช้เพื่อให้อุปกรณ์เข้าควบคุม และส่งค่าสถานะสำรอง (alternate status)

ตำแหน่งของรีจิสเตอร์ต่างๆตามมาตรฐาน ATA เป็นไปตามตาราง 3.2 รีจิสเตอร์แต่ละตัวมีขนาด 16 บิต และมีหน้าที่การทำงานที่ต่างกันไป ต่อไปจะขอกล่าวถึงหน้าที่การทำงานของรีจิสเตอร์บางตัวที่สำคัญ

-รีจิสเตอร์ข้อมูล (Data Register) เป็นตำแหน่งของรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ส่งข้อมูลจากตัวอุปกรณ์ออกไปยังโฮสท์ และรับข้อมูลจากโฮสท์เข้ามา

- รีจิสเตอร์ Error เก็บสถานะของการทำงานคำสั่งล่าสุด ใช้สำหรับตรวจสอบความผิดพลาดในการทำงาน- รีจิสเตอร์ Device/Head ใช้กำหนดตัวอุปกรณ์ที่จะใช้งานเนื่องจากการต่ออุปกรณ์ตามมาตรฐาน ATA สามารถต่อได้ 2 ตัว จึงต้องมีการเลือกอุปกรณ์ที่ใช้งานด้วย

- รีจิสเตอร์สถานะ (Status Register) เก็บสถานะปัจจุบันของตัวอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอดเดรส					หน้าที่	
CS0-	CS1-	DA2	DA1	DA0	READ(DIOR-)	WRITE(DIOW-)
N	N	X	X	X	บัสข้อมูลอยู่ในสถานะอิมพิแดนซ์สูง	ไม่ใช้
รีจิสเตอร์ Control Block						
N	A	0	X	X	บัสข้อมูลอยู่ในสถานะอิมพิแดนซ์สูง	ไม่ใช้
N	A	1	0	X	บัสข้อมูลอยู่ในสถานะอิมพิแดนซ์สูง	ไม่ใช้
N	A	1	1	0	Alternate Status	Device Control
N	A	1	1	1	ไม่ใช้	ไม่ใช้
รีจิสเตอร์ Command Block						
A	N	0	0	0	Data	Data
A	N	0	0	1	Error	Error
A	N	0	1	0	Sector Count	Sector Count
A	N	0	1	1	Sector Number	Sector Number
A	N	1	0	0	Cylinder Low	Cylinder Low
A	N	1	0	1	Cylinder High	Cylinder High
A	N	1	1	0	Device/Head	Device/Head
A	N	1	1	1	Status	Status
A	A	X	X	X	Invalid Address	Invalid Address

A=signal asserted, N=signal negated, x=don't care

ตารางที่ 3.2 แสดงแอดเดรสของรีจิสเตอร์ตามมาตรฐาน ATA

- รีจิสเตอร์คำสั่ง (Command Register) เป็นตำแหน่งรีจิสเดอร์ที่ใช้เขียนคำสั่งเข้ามาเพื่อควบคุมการทำงานของตัวอุปกรณ์

รีจิสเตอร์ที่กล่าวมาข้างต้น บางตัวจะมีการกำหนดหน้าที่การทำงานเป็นบิตๆโดยแต่ละบิตแยกกันอย่างอิสระ

3.1.4 โปรโตคอลการส่งข้อมูล

การควบคุมอุปกรณ์ตามมาตรฐาน ATA นั้นต้องส่งข้อมูลเข้าไปยังรีจิสเตอร์ต่างๆของตัวอุปกรณ์นั้นๆ โดยการส่งข้อมูลเข้าไปยังรีจิสเตอร์ภายในนั้นจำเป็นจะต้องมีลำดับในการเขียน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รีจิสเตอร์ต่าง ๆ อย่างถูกต้องจึงจะสามารถส่งคำสั่งได้อย่างถูกต้องโปรโตคอลในการส่งคำสั่งเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ สามารถแบ่งออกได้เป็นประเภทต่าง ๆ ตามข้อมูลที่อ่านออกมาจากตัวอุปกรณ์ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท

- คำสั่งที่ไม่มีการส่งข้อมูลกลับจากตัวอุปกรณ์
- คำสั่งที่มีการส่งข้อมูลกลับในแบบ PIO
- คำสั่งที่มีการส่งข้อมูลกลับในแบบ DMA

โปรโตคอลทั้งสามจะมีส่วนที่คล้ายกันและต่างกันในบางส่วน ซึ่งจะขอกล่าวแยกเป็นชนิดๆดังนี้

3.1.4.1 โปรโตคอลการส่งคำสั่งที่ไม่มีการส่งข้อมูลกลับ

ลำดับการส่งคำสั่งที่ไม่มีการส่งข้อมูลจากตัวอุปกรณ์กลับมายังโฮสท์เป็นไปดังนี้

1. โฮสท์ต้องเช็คค่าบิต BSY ภายในรีจิสเตอร์สถานะ (Status Register) จนกว่าบิต BSY จะเท่ากับ 0

2. เขียนรีจิสเตอร์ Device/Head เพื่อเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุม

3. ตรวจสอบค่าภายในรีจิสเตอร์สถานะ (Status Register) โดยรอจนกว่าบิต BSY จะเท่ากับ 0และบิต DRDY จะเท่ากับ 1

4.เขียนพารามิเตอร์ต่างๆที่แต่ละคำสั่งต้องการลงในรีจิสเตอร์ต่างๆ ตามความต้องการของแต่ละคำสั่ง

5. เขียนคำสั่งที่ต้องการลงในรีจิสเตอร์คำสั่ง (Command Register)

6. เมื่ออุปกรณ์ได้รับการเขียนรีจิสเตอร์คำสั่ง ตัวอุปกรณ์จะเซ็ทบิต BSY เป็น 1 และปฏิบัติตามคำสั่งที่สั่ง

7. เมื่อทำงานตามคำสั่งนั้นๆเสร็จสิ้นอุปกรณ์จะเคลียร์ค่าบิต BSY และส่งสัญญาณอินเทอร์รัพท์กลับมายังโฮสท์

8. ในกรณีที่เกิดความผิดพลาดในการส่งข้อมูลจะรายงานความผิดพลาดในรีจิสเตอร์ Error

3.1.4.2 โปรโตคอลการส่งคำสั่งที่มีการส่งข้อมูลกลับในแบบ PIO

การส่งคำสั่งที่มีการส่งข้อมูลกลับในแบบ PIO นี้จะมีส่วนที่เหมือนกับการส่งข้อมูลที่ไม่มีกาส่งข้อมูลกลับตั้งแต่ลำดับที่ 1 ถึงลำดับที่ 5

1. โฮสท์ต้องเช็คค่าบิต BSY ภายในรีจิสเตอร์สถานะ (Status Register) จนกว่าบิต BSY จะเท่ากับ 0

2. เขียนรีจิสเตอร์ Device/Head เพื่อเลือกอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ตรวจสอบค่าภายในรีจิสเตอร์สถานะ (Status Register) โดยรอจนกว่าบิต BSY จะเท่ากับ 0และบิต DRDY จะเท่ากับ 1

4. เขียนพารามิเตอร์ต่างๆที่แต่ละคำสั่งต้องการลงในรีจิสเตอร์ต่างๆ ตามความต้องการของแต่ละคำสั่ง

5. เขียนคำสั่งที่ต้องการลงในรีจิสเตอร์คำสั่ง (Command Register)

6. อุปกรณ์จะเซ็ตบิต BSY และปฏิบัติตามคำสั่งที่ส่งเข้าไป และเตรียมส่งข้อมูลชุดแรกไปยังโฮสท์

7. เมื่อพร้อมที่จะส่งข้อมูลออกมา อุปกรณ์จะเซ็ตบิด DRQ เคลียร์บิต BSY และส่งสัญญาณอินเทอร์รัพท์กลับมายังโฮสท์

8. โฮสท์อ่านข้อมูลจากตัวอุปกรณ์

9. เซ็ตบิต DRQ ภายในรีจิสเตอร์สถานะ ถ้าบิต DRQ เท่ากับ 1 หมายถึงยังมีข้อมูลเวิร์ดถัดไปที่จะส่งออกมายังโฮสท์ แต่ถ้าหมดข้อมูลที่จะส่งแล้วบิต DRQ จะเท่ากับ 0 และบิต BSY จะเท่ากับ 0

3.1.4.3 โปรโตคอลการส่งคำสั่งที่มีการส่งข้อมูลกลับในแบบ DMA

การส่งคำสั่งที่มีการส่งข้อมูลกลับในแบบ DMA นี้จะคล้ายกับการส่งข้อมูลที่ส่งข้อมูลที่ไม่มีการส่งข้อมูลกลับตั้งแต่ลำดับ 1ถึง 5 เช่นเดียวกับการส่งข้อมูลกลับแบบ PIO แต่หลังจากนั้นการส่งข้อมูลจากตัวโฮสท์จะเป็นไปตามมารถฐานการส่งข้อมูลแบบ DMA ซึ่งในงานนี้ไม่ได้ใช้โปรโตคอลนี้จึงไม่ขอกล่าวละเอียด

3.2 ATAPI

มาตรฐาน ATAPI เป็นมารถฐานที่อยู่บนมารถฐาน ATA อีกทีหนึ่ง จากเดิมที่การควบคุมอุปกรณ์ในมาตรฐาน ATA เพียงเวิร์ดเดียวในการสั่งงาน ในมาตรฐาน ATAPI นี้จะเปลี่ยนรูปแบบการส่งคำสั่งจากเวิร์ดเดียวเป็นแพ็คเกตขอคำสั่งแทน เพื่อความยืดหยุ่นในการสั่งงานอุปกรณ์ แต่ถึงอย่างไรก็ตามมาตรฐานATAPI เป็นมาตรฐานที่อยู่บนมาตรฐาน ATA ดังนั้นการเชื่อมต่อขาเชื่อมต่อ (Connector) และลำดับการส่งสัญญาณจะเหมือนกับมาตรฐาน ATA ทั้งหมด ส่วนที่แตกต่างไปบ้าง คือ รีจิสเตอร์ภายในอุปกรณ์ที่มีการเปลี่ยนแปลงหน้าที่การทำงานไปบางส่วน และส่วนที่แตกต่างกันกับมาตรฐาน ATA อย่างชัดเจนก็คือโปรโตคอลที่ใช้ส่งคำสั่งควบคุมอุปกรณ์

3.2.1 ATAPI Protocol

ATAPI Device จะถูกสั่งด้วยวิธีการ 2 วิธีด้วยกัน คือ

1. คำสั่งพื้นฐานของมาตรฐาน ATA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. คำสั่งแบบเป็นแพ็คเก็ต (Packet Command)

ทั้งสอง 2 วิธีอุปกรณ์จะคอยรับคำสั่งจาก Host เพื่อปฏิบัติตามและจะแจ้งสถานะของตัวอุปกรณ์ให้กับ Host เมื่อทำคำสั่งเสร็จ แต่ถ้ามีอุปกรณ์มากกว่า 1 ตัว ต่อพ่วงกันอยู่ คำสั่งจะถูกเขียนไปสู่ทุกตัวและจะมีเฉพาะคำสั่งเลือกอุปกรณ์เท่านั้นที่จะทำ โดยที่ Device 1 จะแจ้งสถานะของตัวมันสู่ Device 0 ผ่านทางบิต PDIAG "The Protocol" ของ ATAPI ก็คือการใช้คำสั่ง ATA แบบใหม่ที่เรียกว่า "ATAPI Packet Command"โปรโตคอลของ ATA ทั้งหมดจะถูกส่งเป็นแบบ Packet Command แต่เมื่อมีการส่งคำสั่งออกไปแล้วจะมีกฎใหม่ ๆ เพิ่มเข้ามา

1. บิต DRQ ที่อยู่ใน Status Register จะถูกนำมาใช้ร่วมกับ Interrupt Reason Register เพื่อกำหนด Interrupt Type

2. คำสั่งของการจัดการกับตัวอุปกรณ์จะถูกส่งเป็น Packet ผ่าน Data Register

3. ค่าคำสั่งที่ส่งไปโดย Packet Command จะเหมือนกับของ Task File

4. Byte Count จะถูกใช้เพื่อกำหนดปริมาณข้อมูลที่ Host จะถ่ายโอนไปในแต่ละ DRQ Interrupt

5. The ATAPI Feature Register จะถูกใช้เพื่อบอกเมื่อ DMA ถูกใช้ด้วยการใช้ออปโคด (Opcode) ที่ต่างกัน

6. สถานะสุดท้ายที่จะชี้บอกกับตัว Host จะส่งเป็น interrupt หลังจากข้อมูลสุดท้ายได้ถูกถ่ายโอนไปโปรโตคอลที่ว่ามานี้จะถูกเพิ่มเข้ามาเมื่อมีการส่ง Packet Command ออกไปแล้วเท่านั้น จนกระทั่ง Host ได้อ่าน Completion Status หลังจาก Host ได้ทำการอ่าน Completion Status แล้ว Task File Register และ Protocol ต่างๆจะกลับเข้าสู่รูปแบบมาตรฐานของ ATA

3.2.2 ATAPI PACKET Command

ATAPI Packet Command จะคล้ายกับคำสั่งของ ATA ปกติ โดยการเริ่มต้นด้วย The Task Register และการเซ็ต Drive Selection Bit และการเขียนไบต์คำสั่งเข้าไปใน Command Register ด้วยคำสั่ง ATA ปกติบิต DRQ จะถูกสร้างขึ้นมาเพื่อบอกว่าข้อมูลสำหรับคำสั่งควรจะถูกส่งเข้าไปหรือออกมาจากตัวอุปกรณ์แต่ถ้าเป็นรูปแบบ Packet Command บิต DRQ จะถูกสร้างมาเพื่อบอกว่า Command Packet Data ควรจะถูกเขียนเข้าไปในตัวอุปกรณ์ในการส่งแบบ ATA Packet Command สามารถที่จะส่งคำสั่งออกไปได้โดยไม่ต้องสนใจสถานะของบิต DRDY Status

3.2.3 Status Register for Packet Command

การติดต่อเข้าไปหรือออกมาจากตัวอุปกรณ์จะกระทำผ่าน I/O Register ซึ่งจะทำผ่านรีจิสเตอร์ที่ถูกเลือกโดยการในใส่สัญญาณจาก Host (CS0-, CS1-, DA2, DA1, DA0, DIOR-, DIOW-) ซึ่งจะแสดงได้ดังตารางที่ 5.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอดเดรส					หน้าที่	
CS0-	CS1-	DA2	DA1	DA0	READ(DIOR-)	WRITE(DIOW-)
รีจิสเตอร์ Control Block						
N	A	0	0	0	สถานะฟล็อปปี้ A	ไม่ใช้
N	A	0	0	1	สถานะฟล็อปปี้ A	ไม่ใช้
N	A	0	1	0	ไม่ใช้	Floppy Digital Output
N	A	0	1	1	ควบคุม Floppy ID/Tape	สงวน
N	A	1	0	0	สถานะ Floppy Controller	สงวน
N	A	1	0	1	รีจิสเตอร์บล็อกคำสั่ง	
N	A	1	1	0	สถานะ Altemate ATAPI	ควบคุมอุปกรณ์
N	A	1	1	1	ไม่ใช้	ไม่ใช้
รีจิสเตอร์ Command Block						
A	N	0	0	0	Data	
A	N	0	0	1	Error	Error
A	N	0	1	0	Sector Count	Sector Count
A	N	0	1	1	Sector Number	Sector Number
A	N	1	0	0	Cylinder Low	Cylinder Low
A	N	1	0	1	Cylinder High	Cylinder High
A	N	1	1	0	Device/Head	Device/Head
A	N	1	1	1	Status	Status
A	A	X	X	X	Invalid Address	Invalid Address

ตารางที่ 3.3 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับรีจิสเตอร์ต่างๆที่ใช้ใน ATAPI

ใน ATAPI Register จะอ้างอิงด้วยการใช้ขนาด 8 บิตทุกตัว ยกเว้น Data Register จะใช้ขนาดในการติดต่อเป็น 16 บิตเราจะทำการอธิบายหน้าที่ต่าง ๆ ของรีจิสเตอร์แต่ละส่วนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3.1 ATAPI Device Control Register

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reserved				1	SRST	nIEN	0

บิต 4 – 7 : สงวนไว้เผื่อใช้ในอนาคต

บิต 3 : เป็น 1 เสมอ

บิต 2 : SRST บิตนี้คือ Software Reset ซึ่งขั้นตอนในการรีเซ็ตจะทำเป็นขั้นตอนซึ่งจะได้อธิบายไว้ในตอนต่อไป

บิต 1 : nIEN บิตนี้จะเป็นตัว Enable/Disable ของ Interrupt ที่จะมีถึง Host

เมื่อ nIEN = 0: ขา INTRQ จะอยู่ในสถานะ Tri-State Buffer

เมื่อ nIEN = 1: ขา INTRQ จะอยู่ในสถานะ High Impedance

บิต 0 : เป็น 0 เสมอ

3.2.3.2 ATAPI Error Register

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Sense Key				MCR	ABRT	EOM	ILI

บิต 4 – 7 : Sense Key ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป

บิต 3 : MCR (Media Change Requested) ถูกใช้ตามมาตรฐาน ATA

บิต 2 : ABRT (Aborted Command) ถูกใช้ตามมาตรฐาน ATA

บิต 1 : EOM (End of Media Detected)

บิต 0 : ILI (Illegal Length Indication)

3.2.3.3 ATAPI Feature Register

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reserved						Overlap	DMA

บิต 2 – 7 : สงวนไว้เผื่อใช้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิต 1 : Overlap (Optional)

บิต 0 : DMA (Optional) บางคำสั่งจะถ่ายโอนข้อมูลผ่านการเชื่อมต่อแบบ DMA แต่บิตนี้จะไม่ใช้ในการคำสั่งแบบแพ็คเก็ต (Command Packet)

3.2.3.4 ATAPI Interrupt Reason Register

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Reserved					Release	IO	CoD

บิต 3 – 7 : สงวนไว้เผื่อใช้ในอนาคต

บิต 2 : RELEASE เป็นตัวบอกว่าอุปกรณ์ได้มีการปล่อย ATA bus ก่อนที่คำสั่งจะทำเสร็จ

บิต 1 : IO เป็นรีจิสเตอร์ที่ชี้บอกถึงทิศทางในการโอนถ่ายข้อมูลว่าข้อมูลเข้าไปใน Host หรือออกจาก Host

โดยถ้า IO = 1 แสดงว่าข้อมูลไหลเข้าไปใน Host

IO = 0 แสดงว่าข้อมูลไหลออกจาก Host

บิต 0 : CoD (Command or Data)

โดยถ้า CoD = 1 แสดงว่าข้อมูลที่โอนถ่ายกันเป็น คำสั่ง (Command)

CoD = 0 แสดงว่าข้อมูลที่โอนถ่ายกันเป็นข้อมูล (Data)

3.2.3.5 ATAPI Byte Count Register

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
Byte Count (bits 0-7)							
Byte Count (bits 8-15)							

Byte Count จะใช้ใน PIO Mode เท่านั้น การกระทำคำสั่งจะทำการเช็คก่อนที่จะมีการส่งคำสั่งแพ็คเก็ตคำสั่งออกไป (Command Packet) ในรีจิสเตอร์นี้จะประกอบไปด้วยขนาดของคำสั่งทั้งหมดที่จะมีการโอนถ่ายเพียงหนึ่งกลุ่มข้อมูลเท่านั้น เช่น คำสั่ง Mode Select/Sense สำหรับคำสั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ต้องการ DRQ Interrupt หลายๆครั้ง เช่น คำสั่ง Read / Write จะทำโดยการเซ็ตขนาดที่ต้องการ เมื่อมีการส่งข้อมูลตัวอุปกรณ์จะทำการเซ็ต Byte Count Register ให้มีขนาดเท่ากับจำนวนข้อมูลที่ Host จะทำการโอนถ่ายและจะทำการปล่อย DRQ Interrupt ข้อมูลภายในของรีจิสเตอร์จะไม่เปลี่ยน จนกว่าข้อมูลเวิร์ดแรกจะทำส่งเข้าไปหรือออกจาก Data Register เมื่อเริ่มมีการส่งข้อมูล ตัวอุปกรณ์จะทำการเปลี่ยนขนาดของ byte count

3.2.3.6 ATAPI Drive Select Register

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	Rescrved	1	DRV	Reserved for SAM LUN			

บิต 4 : เป็นการเลือกตัวอุปกรณ์ว่าจะเป็นไดร์ฟไหน
โดยถ้า DRV = 0: แสดงว่าต้องการติดต่อกับ Device 0
โดยถ้า DRV = 1: แสดงว่าต้องการติดต่อกับ Device 1

3.2.3.7 ATAPI Status Register

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
BSY	DRDY	DMA/DF	SERVICE/DSC	DRQ	CORR	Reserved	CHECK

บิต 7 : BSY (Busy) บิตนี้จะถูกเซ็ตเมื่อตัวอุปกรณ์มีการเข้าถึงข้อมูลภายใน Command Block

บิต 6 : DRDY เป็นบิตที่บอกว่าตัวอุปกรณ์มีการตอบสนองต่อคำสั่ง ATA

บิต 5 : DMA READY / DF บิตนี้จะเป็นตัวบอกว่าตัวอุปกรณ์นั้นพร้อมที่จะทำการโอนถ่ายข้อมูลในโหมด DMA บิตนี้จะถูกสงวนไว้ใช้ในอนาคตเพื่อเพิ่มความสามารถในการ Overlap

บิต 4 : SERVICE / DSC บิตนี้จะเป็นตัวบอกว่าตัวอุปกรณ์กำลังร้องขอ Service หรือ Interrupt และจะไม่เคลียร์บิตนี้จนกว่าจะได้รับคำสั่ง Service Command

บิต 3 : DRQ (Data Request) เป็นบิตที่บอกว่าตัวอุปกรณ์พร้อมที่โอนถ่ายข้อมูลระหว่าง Host กับตัวอุปกรณ์ ข้อมูลใน ATAPI Interrupt

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reason จะมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างที่มี Packet Command และเมื่อ DRQ = 1

บิต 2 : CORR บิตนี้จะเป็นตัวบอกว่ามีการเกิด Correctable Error

บิต 1 : สงวนไว้เผื่อใช้ในอนาคต

บิต 0 : CHECK จะเป็นตัวบอกว่ามีการเกิด Error ขึ้นในระหว่างที่มีการประมวลผลของคำสั่งก่อนหน้านี้

3.3 ขั้นตอนการส่งคำสั่งแบบ PIOที่มีข้อมูลเข้าสู่ Host

ขั้นตอนเหล่านี้จะประกอบด้วยคำสั่งเช่น คำสั่ง Inquiry, Read และอื่นๆ

1. Host จะต้องคอยเช็คค่า BSY = 0, DRQ = 0 แล้วก็เขียนพารามิเตอร์ต่างๆลงใน Feature, Byte Count และ Drive/Head Register

2. Host จะทำการเขียน Packet Command Code (A0H) เข้าไปใน Command Register

3. ตัวอุปกรณ์จะทำการเซ็ต BSY และทำการเตรียมรับคำสั่ง Packet Command

4. เมื่อตัวอุปกรณ์พร้อมที่จะรับคำสั่ง Packet Command ตัวอุปกรณ์จะทำการเซ็ตบิต CoD และเคลียร์บิตIO ส่วนบิต DRQ จะทำการเซ็ตขึ้นมาทันทีหรือก่อนที่บิต BSY จะเคลียร์ลง

5. หลังจากเจอสัญญาณ DRQ แล้ว Host ก็จะทำการเขียนคำสั่งจำนวน 12 ไบต์ลงใน Data Register

6. หลังจากนั้นตัวอุปกรณ์จะทำการเคลียร์ DRQ (เมื่อคำสั่งไบต์ที่ 12 ได้เขียนไปแล้ว) และจะทำการเซ็ตบิต BSY และจะทำการอ่าน Feature และ Byte Count ที่สั่งมาจาก Host และตัวอุปกรณ์จะทำการรอรับข้อมูลที่จะทำการดอนถ่ายมา

7. เมื่อมีข้อมูลเข้ามาตัวอุปกรณ์จะทำการใส่จำนวนไบต์ข้อมูลลงใน Byte Count Register และจะทำการเซ็ต IO และเคลียร์ CoD และจะทำการเซ็ต DRQ และเคลียร์ BSY และเซ็ต INTRQ

8. หลังจากเจอสัญญาณ INTRQ แล้ว Host จะทำการอ่าน DRQ เพื่อจะได้กำหนดคำสั่งต่อไปถ้า DRQ = 0 ตัวอุปกรณ์จะทำการยุติคำสั่ง แต่ถ้า DRQ =1 แล้ว Host จะทำการอ่านค่าข้อมูล (จำนวนไบต์ใน Byte Count Register) ผ่านทาง Data Register

9. ตัวอุปกรณ์จะเคลียร์ DRQ (ถ้ามีความต้องการจะโอนถ่ายข้อมูลอีก BSY จะเท่ากับ 1 และให้ปฏิบัติตามตั้งแต่ข้อ 7. ลงมา

10. เมื่อตัวอุปกรณ์พร้อมที่จะแสดงสถานะของตัวเอง ตัวอุปกรณ์จะทำการใส่ค่า Completion Status เข้าไปใน Status Register, และจะทำการเซ็ต CoD, IO, DRDY และเคลียร์ BSY, DRQ และปล่อยสัญญาณ INTRQ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. หลังจากเจอสัญญาณ INTRQ&DRQ =0 Host จะทำการอ่าน Status Register

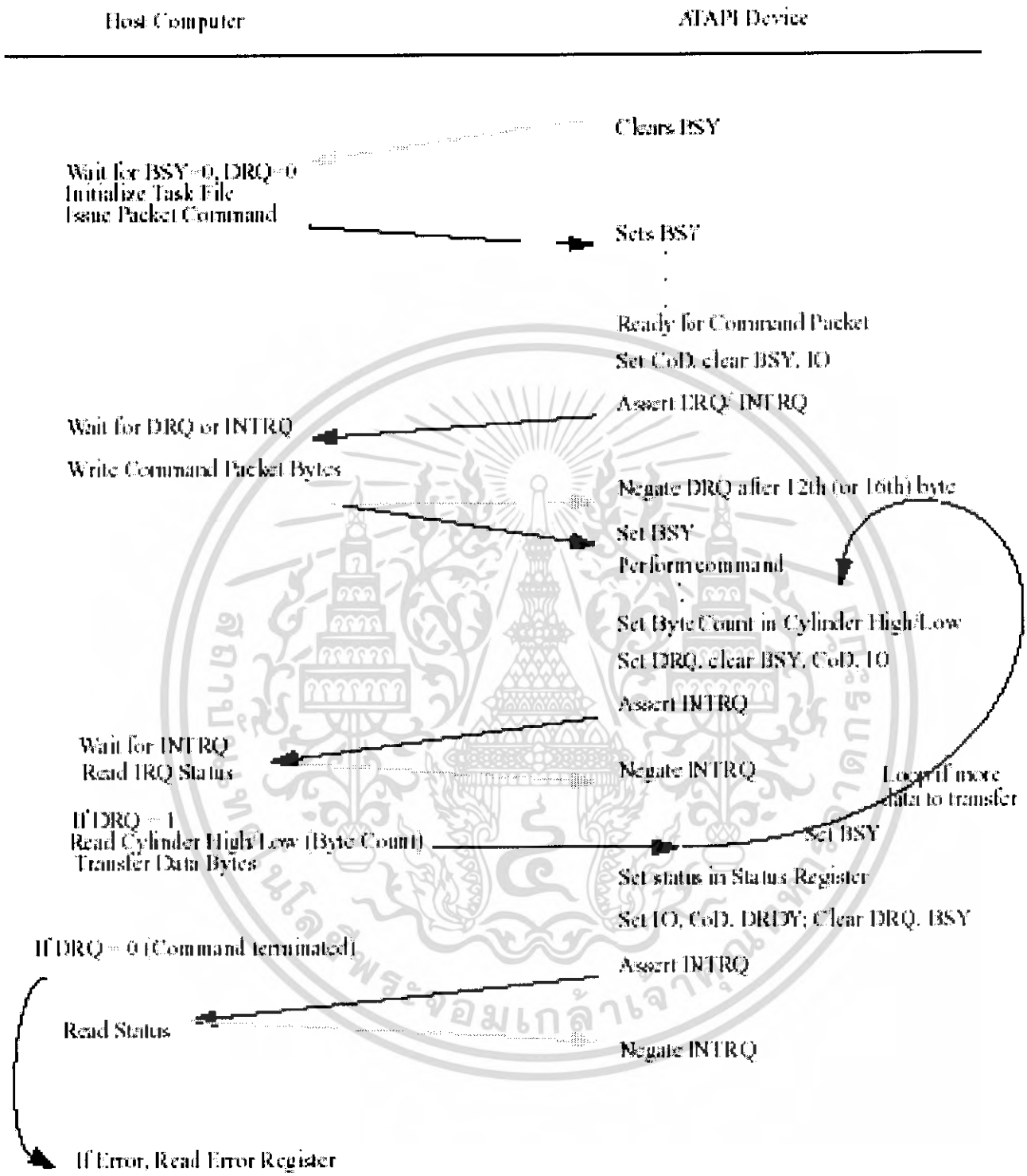
3.4 การกำหนดมาตรฐาน TRACK ของ CD AUDIO

การกำหนดมาตรฐาน Track นี้เราจะกำหนดขึ้นเองเพื่อให้สามารถบันทึกเนื้อหาและส่วนประกอบของหนังสือลงในแผ่น CD ได้ครบถ้วน เช่น ปกหน้า ปกหลัง คำนำ สารบัญ เป็นต้น โดยมีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3.4

Track ของ CD AUDIO	สิ่งที่บันทึกลงใน Track ของ CD AUDIO
Track 1	ปกหน้า รายละเอียดหนังสือ
Track 2	คำนำ
Track 3	สารบัญ
Track 4	อ้างอิง
Track 5 ↓ Track N	ตั้งแต่ Track 6 เป็นต้นไปจะเป็นเนื้อหาของหนังสือ โดยจะมีจำนวน Track เท่ากับจำนวนบทที่มีอยู่ในหนังสือ

ตารางที่ 3.4 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับกำหนดมาตรฐาน TRACK ของ CD AUDIO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 โฟลว์ชาร์ตขั้นตอนการส่งคำสั่งแบบ PIOที่มีข้อมูลเข้าสู่ Host และ
ขั้นตอนการส่งคำสั่งแบบ PIOที่มีข้อมูลออกจาก Host

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

A Fundamental Introduction to CD player

หลักการทำงานของเครื่องเล่นซีดี

4.1 A Fundamental Introduction to CD player

ในทุกวันนี้เครื่องเล่นซีดีเป็นอุปกรณ์ที่มีผู้บริโภคใช้กันอยู่ทั่วทุกหนทุกแห่งและด้วยเทคโนโลยีและการออกแบบที่ล้ำยุคล้ำสมัยและในเรื่องของราคาทำให้ผู้บริโภคมีสิทธิเลือกความพึงพอใจของสินค้าซึ่งมีให้เลือกมากมาย (เอกสารฉบับนี้พยายามที่จะทำให้ผู้อ่านได้ทราบถึงพื้นฐานและหลักการทำงานในเครื่องเล่นซีดีทั่วๆ ไป และถ้าผู้อ่านมีความรู้ทางด้านการประมวลผลสัญญาณ (Signal Processing) ก็จะทำให้ผู้อ่านนั้นสามารถเข้าใจมากขึ้น

<u>ความเสถียรของดิจิตอลโดเมน</u>

ในสมัยก่อนโทมัส เอดิสัน (Thomas Edison) ได้สร้างเครื่องบันทึกเสียงขึ้นมาในปี 1877 จึงได้เกิดการเจริญเติบโตเป็นอย่างมากในสาขาที่เกี่ยวข้องกับการบันทึกเสียง และไม่ว่าจะเป็นกระบวนการขั้นตอนของเอดิสันหรือของคนอื่นๆก็มีหลักการพื้นฐานกระบวนการเหมือนกัน การนำสัญญาณออดิโอจากระบบทางกายภาพหรือทางไฟฟ้าเพื่อให้สามารถติดต่อกับสื่อกลางการบันทึกเสียงเป็นตัวอุปสรรคในการพัฒนาอยู่ หลังจากนั้นประมาณ 100 ปี อนาลอกออดิโอก็ได้มาถึงจุดอิ่มตัวและข้อบกพร่องที่เกี่ยวกับระบบอนาลอกก็มีให้เห็นมากขึ้น ดังนั้นเรื่องของราคาก็จะสูงขึ้นตามความสามารถในการที่จะแก้ไขจุดอ่อนจุดด้อยต่างๆ

ในสัญญาณอนาลอกนั้นมีข้อบกพร่องต่างๆในตัว อย่างเช่น คลื่นแปลกปลอมปะปนอยู่กับสัญญาณต้นแบบดังนั้นในขณะที่ทำการเล่นก็จะไม่มีการแยกพวกสัญญาณ Noise หรือ สัญญาณ Distortions ออกไปจาก Original signal ในระบบอนาลอกทุกๆระบบจะมีผลข้างเคียงด้วยกันทั้งนั้นซึ่งได้แก่สัญญาณรบกวนของระบบซึ่งก็คือผลรวมของDistortionรวมกับ noise ที่เกิดจากอุปกรณ์แต่ละตัวในวงจร และท้ายที่สุดอุปกรณ์อนาลอกก็ค่อย ๆ ถูกลดบทบาทลงไป

ดังนั้นความจำเป็นที่จะต้องการรูปแบบออดิโอจึงมีปรากฏให้เห็นอย่างชัดเจนและเราก็ได้ตัวดิจิตอลออดิโอนี้มาช่วยแก้ไขจุดอ่อนจุดด้อยที่มีอยู่ในระบบของอนาลอกสิ่งสำคัญของสัญญาณดิจิตอลออดิโอคือมันสามารถแยก Noise กับ Distortion ออกจากสัญญาณอนาลอกออดิโอได้ คุณภาพของสัญญาณดิจิตอลออดิโอไม่ได้อยู่ที่กลไกการอ่านหรือตัวกลางในระบบ ส่วนตัวแปรเช่น Frequency response, linearity และnoiseเป็นตัวแปรตอนแปลงจากดิจิตอลไปเป็นอนาลอกเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(DAC) ส่วนปัจจัยที่เกี่ยวกับระบบดิจิตอลออดิโอประกอบด้วย Bandwidth ทางออดิโอที่ 5-22000 Hz, 90+ dB dynamic range และ felt Response ตลอดย่านความถี่

ก่อนที่จะมีการรู้จักเครื่องเล่นซีดีในปี 1982 นั้น เทคโนโลยีและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องได้มีมานานแล้วโดยเริ่มตั้งแต่ปี 1841 นักคณิตศาสตร์ที่ชื่อออกัสติน-หลุยส์ โคชี่ (Augustin-Louis Cauchy) ได้นำเสนอทฤษฎีการแซมปลิง (Sampling Theorem) หลังจากนั้นประมาณ 80 ปี นายเจ.อาร์ คาร์สัน (J.R Carson) ได้ตีพิมพ์บทความที่เกี่ยวข้องการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์เรื่อง Time Sampling in communications ในปี 1982 การบรรยายที่ American Institute of Electrical Engineers นาย แฮรี่ ไนควิสท์ (Harry Nyquist) ได้ทำการพิสูจน์ทฤษฎีในหัวข้อ "Certain Topics in Telegraph Transmission Theorem" ในปี1937 และในปี 1948 A. Reeve ได้นำเสนอเรื่อง Pulse Code Modulation (PCM) และ John Bordeen, William Shockley, และ Water Braltain ได้ประดิษฐ์ BJT Transistor muj Bell Labs 2ปีต่อมาในปี1950 Richard W. Hamming ได้ตีพิมพ์บทความเกี่ยวกับเรื่อง error correction and detetioncodes. ในปี1958 C.H. Tawnes และ A.L.Shonvlow ได้ทำการประดิษฐ์เลเซอร์ (Laser) ขึ้นมาในปีเดียวกัน I.S.Reed and G.Solomon ได้ตีพิมพ์บทความในเรื่องของ error correction and detetioncodes ที่ใช้ในเครื่องเล่นซีดี และก่อนหน้าที่เครื่องเล่นซีดีจะออกสู่ตลาดนั้น 15 ปี สถาบัน NHK Technical Research Institute ได้มีการทดลองในส่วนของ PMC Digital audio recorder ด้วยอัตรา แซมปลิงที่ 30 kHz และความละเอียดอยู่ที่ 12 บิต 2 ปีต่อมา บริษัทโซนีก็ทำขึ้นมาเหมือนกันที่อัตราแซมปลิง 47.25 kHz และความละเอียดอยู่ที่ 13 บิต ส่วนอีกทางซีกโลกหนึ่ง นักฟิสิกส์ชาวดัตช์ Klaas Compaan ได้ใช้แผ่นแก้วในการเก็บรูปขาวดำโดยใช้การ mod ทางความถี่ที่Philips Laboratories 4ปีให้หลังในปี1973วิศวกร Philips ได้เริ่มต้นทำการค้นคว้าประยุกต์งานเสียงในระบบที่เกี่ยวกับงานทางด้าน "Video" ดิสก์ต้นแบบใช้อัตราการแซมปลิงที่ 44 kHz และใช้ DAC 14 บิต แสดง S/N ได้ 80 dB และได้ไปแสดงผลงานในงาน Tokyo Audio Fair ในปี 1977 โดยมีบริษัท Mitsubishi,Sony,Hitachi ได้ร่วมกันในงานดังกล่าวอีก 1 ปี ต่อมา Philips ได้เข้าร่วมด้วยในเดือนมีนาคม 1979 Philips ได้เปิดตัวด้านเครื่องเล่นซีดีในยุโรป และSony ก็ตามมาทำร่วมกันกับ Philips หลังจากที่บริษัท Matsushita ได้ปฏิเสธไม่เข้าร่วมพอในเดือนมิถุนายนปี 1980ได้มีการร่วมมือกันอย่างเป็นทางการแล้วได้เสนอมาตรของ CD และอีก 1 ปีต่อมาในปี 1981 บริษัท Sharp ก็ประสบความสำเร็จกับการสร้าง Semiconductor laser ในปี 1982 หลังจากที่ดีมีการพัฒนากันมานานหลายปี Sony กับ Philips ก็ได้เปิดตัวเครื่องเล่นแก่ท้องตลาดในยุโรปต่อมาไม่นานก็ได้มีการเปิดตัวในสหรัฐอเมริกา 12 ปี ต่อมา การพัฒนาทางด้านดิจิตอลออดิโอเป็นไปอย่างต่อเนื่องและรุดหน้าไปอย่างรวดเร็วจนความเป็นอนาลอกได้ถูกบดบังและค่อยๆหายไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 สรุปเกี่ยวกับตัวระบบ

สเปคของเครื่องเล่นซีดีและแผ่นซีดีจะถูกกำหนดตามมาตรฐานที่เรียกว่า "Red Book" ซึ่งกำหนดการร่วมมือกันของบริษัท Sony, Philips, และ PolyGram รายละเอียดได้แสดงดังตารางข้างล่าง

Disc	**Specification**
เวลาในการเล่นแผ่น	74 นาที 33 วินาที (MAX)
ความเร็วในการหมุนแผ่น	1.2 – 1.4 เมตร/วินาที
ระยะห่างระหว่างแทรก	1.6 ไมครอน
เส้นผ่าศูนย์กลาง	120 มิลลิเมตร
ความหนาของแผ่น	1.2 มิลลิเมตร
เส้นผ่าศูนย์กลางรูของแผ่น	15 มิลลิเมตร
พื้นที่ในการบันทึก	46 – 117 มิลลิเมตร
พื้นที่ของสัญญาณ	50 – 116 มิลลิเมตร
วัสดุที่ใช้ผลิตแผ่น	วัสดุใดก็ได้ที่ค่าดัชนีหักเหอยู่ที่1.5
ความยาวน้อยที่สุดของแต่ละพิทช์	0.833 ไมครอน
ความยาวมากที่สุดของแต่ละพิทช์	3.05 ไมครอน
ความลึกในแต่ละพิทช์	ประมาณ 0.11 ไมครอน
ความกว้างในแต่ละพิทช์	ประมาณ 0.5 ไมครอน
ระบบ Optical	**Specification**
ความยาวคลื่น	λ = 780 นาโนเมตร (7800 อังสตรอม)
ความลึกการโฟกัส	+/- 2 ไมครอน

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดตามมาตรฐานของ "Red Book"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปแบบสัญญาณ	**Specification**
จำนวนของแชนแนล	2 แชนแนล
การควอนไตเซชั่น	16-บิต
ความถี่ในการแซมปลิ้ง	44.1 KHz
ความเร็วบิตของแชนแนล	4.3218 เมกะบิต/วินาที
ความเร็วบิตของข้อมูล	2.0338 เมกะบิต/วินาที
อัตราส่วนความเร็วบิตระหว่าง	8:17
รูปแบบสัญญาณ	**Specification**
ข้อมูลกับแชนแนล	
ระบบการมอดูเลชั่น	8-14 มอดูเลชั่น (EFM)

ตารางที่ 4.1(ต่อ) แสดงรายละเอียดตามมาตรฐานของ "Red Book

เครื่องเล่นซีดีจะประกอบด้วยระบบย่อยๆ 2 ส่วนด้วยกันคือ

1. ส่วนของประมวลผลสัญญาณทางออดิโอและ
2. ส่วนของระบบควบคุมและชุดเซอร์โว (servo)

โดยในส่วนของระบบควบคุม, เซอร์โว, ดิสเพลย์ และกระบวนการปฏิบัติการต่างๆเครื่องเล่นรวมไปถึงส่วนของ spindle motor, auto-tracking, lens focus และก็ส่วนของ user interfaee ในส่วนของการประมวลผลสัญญาณออดิโอนั้น จ ะครอบคลุมส่วนต่างๆอื่นทั้งหมดของตัวเครื่องเล่น บล็อกไดอะแกรมของเครื่องเล่นซีดีแสดงได้ดังตารางที่ 4.1

ตั้งแต่ได้มีการเปิดตัวเครื่องเล่นซีดีไปในปี 1982 ตลาดก็ได้มีการพัฒนาเครื่องเล่นเป็น 3 ยุค โดย

*ยุคแรก*เครื่องเล่นซีดีจะมีลักษณะพิเศษคือเป็น Multi bit DAC คู่กับ brick wall filter

ยุคที่ 2 เครื่องเล่นซีดีจะมีลักษณะพิเศษคือใช้ Multi bit DAC เหมือนในยุคแรกแต่ได้นำข้อดีของ Digital over sampling filter มาใช้ร่วมกับอนาลอกฟิลเตอร์

ยุคที่ 3 เครื่องเล่นซีดีจะมีลักษณะพิเศษคือ ใช้ส่วน low –bit ของ DAC ร่วมกับ over sampling filter

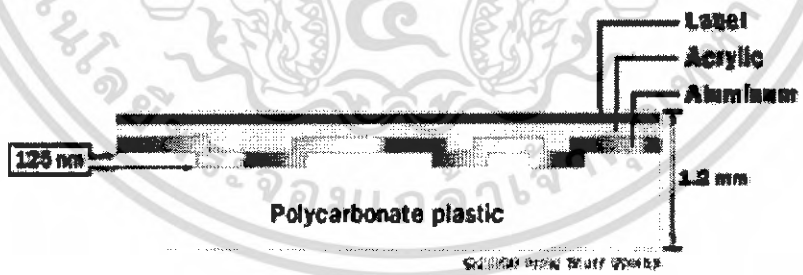
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 คุณสมบัติและหลักการทำงานของแผ่นซีดี

4.3.1 CD-ROM (Compact Discs Read Only Memory)

CD-ROM (Compact Discs Read Only Memory) เป็นอุปกรณ์บันทึกข้อมูลรูปแบบหนึ่งโดยเฉพาะข้อมูลทางด้าน Multimedia เนื่องจาก Multimedia ต้องใช้สื่อเป็นจำนวนมาก เช่น ภาพ และเสียง สิ่งเหล่านี้จัดว่าเป็น ข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ ถ้ามีการเก็บรูปภาพเป็นจำนวนมาก และเสียงที่มีความยาวนานๆ เช่น Music Video ที่มีความยาวประมาณ 3-4 นาที จะต้องใช้เนื้อที่ในการเก็บถึง 50 MB หรือบางไฟล์อาจจะเล็ก/ใหญ่ กว่าได้ ดังนั้นข้อมูลเหล่านี้โดยมาก จึงถูกเก็บไว้ใน CD-ROM ซึ่งมีความสามารถในการบันทึกข้อมูลได้มาก ซึ่งแผ่น CD-ROM จะมี 2 ขนาดความจุข้อมูล คือ 650 และ 700 เมกะไบต์แผ่น CD เป็นแผ่นพลาสติกเคลือบ ลักษณะวงกลม มีช่องตรงกลาง ขนาด 4.8 นิ้ว (12 cm.) หนา 1.2 มิลลิเมตร ประกอบด้วย

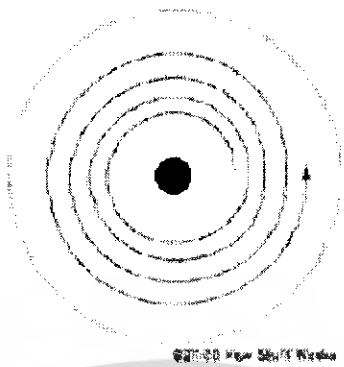
- แผ่นพลาสติกทำจากสาร polycarbonate
- สารอลูมิเนียม (aluminum) ซึ่งฉีดลงบนแผ่นพลาสติก polycarbonate ให้มีลักษณะเป็นร่องๆ
- สารอคีลิค (acrylic) เคลือบบน Aluminum เพื่อป้องกันผิว
- เลเบล (Label) ซึ่งมักจะเป็นสีเคลือบบน Acrylic อีกที เพื่อแสดงดราการค้า หรือรูปภาพต่างๆ



รูปที่ 4.1 แสดงส่วนประกอบภายในแผ่นซีดี

แผ่น CD มี Track เพียง Track เดียว ไม่เหมือนกับแผ่นดิสก์ที่ประกอบด้วยTrack หลาย Trackโดยจะหมุนจากซีดีด้านในออกสู่ด้านนอกทำให้แผ่น CDมีขนาดเล็กกว่า 12 cm. ได้ แผ่น CD ในปัจจุบันมีขนาดเล็ก เรียกว่า Mini CD-R มีความจุอย่างต่ำ 2 MB เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แสดงลายแทร็กของแผ่นซีดี

วงของ Track จะมีระยะห่างกัน 1.6 ไมครอน (Micron) โดย Track จะถูกแบ่งเป็นท่อนเล็กๆ (Bump) เรียงกันเป็นแถว แต่ละท่อนมีความกว้าง 0.5 ไมครอน ยาว 0.83 ไมครอน และสูง 125 นาโนเมตร (nanometers) ถ้านำ Bump แต่ละท่อน มาต่อเรียงกัน จะได้ความยาว 3 กิโลเมตรต่อแผ่น CD 1 แผ่น

4.3.2 Digital-to-analog Converters

เครื่องเล่นรุ่นแรกเลยที่สร้างโดย Sony, Philips และบริษัทอื่นๆจะใช้ 14 bit Converters ซึ่งในตอนนั้นได้มีการพัฒนาปรับปรุงอย่างกว้างขวางมากกว่าตัวอุปกรณ์ที่อนาลอก แต่ถึงกระนั้นทุกวันนี้ถือว่าคุณภาพต่ำเมื่อเทียบกับมาตรฐานของทุกวันนี้ ซึ่งตอนเปิดตัวแรกๆในปี 1982 ตอนนั้น Converter 16 บิตยังเป็นมาตรฐานอยู่แต่พอมาปี 1989 หลายๆโรงงานได้นิยมทำตัว converterออกมาเป็นแบบ 18 และ20 บิต

4.3.3 Multi-Bit Converter

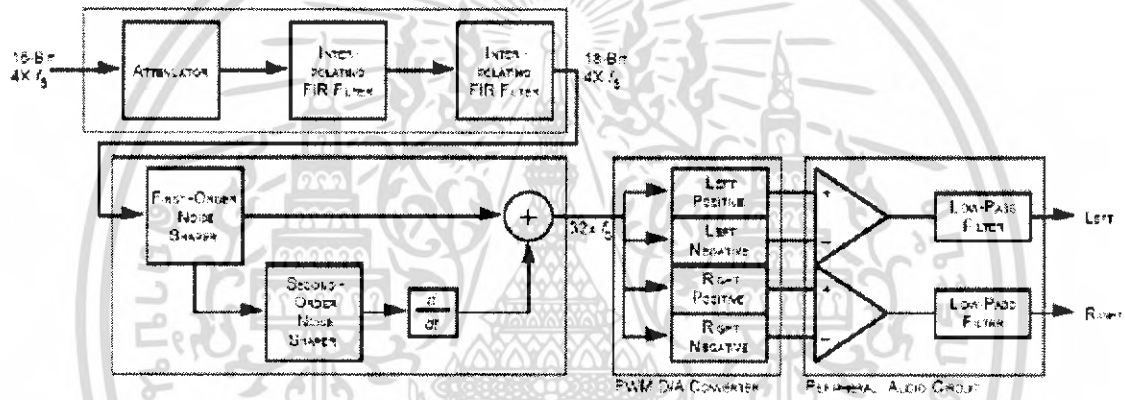
ถ้าพูดถึงตัว Multi-Bit Converter แล้วมันสามารถออกแบบได้หลายวิธีซึ่งที่ใช้กันบ่อยก็ได้แก่ladder network converter, integrating converter และ dynamic element matching converter แต่ยิ่งมีบิตมากก็จะมีปัญหาเกี่ยวกับ error สูงเช่นกัน

4.3.4 Low -Bit- Converter

ทำมาเพื่อแก้ปัญหาข้อบกพร่องต่างๆที่มีใน Multi-Bit Converter ซึ่งมีการพัฒนาและแข่งขันอยู่2 ที่ คือที่แรกบริษัท Matsushita กับ2บริษัท Sony โดยจะทำการ convert ข้อมูลทั้งหมดในแบบขนานที่ความถี่แซมปลิงวิธีการของทั้งคู่จะได้ความยาวข้อมูลที่สั้นกว่าและด้วยอัตราที่สูงกว่า ส่วนการ converts serial data จะอยู่ในกระบวนการทางดิจิตอลซึ่งทุกวันนี้มีความเป็นไปได้อย่างมากถ้าใช้เรื่องของ DSP เข้ามาเกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการของบริษัท Matsushita จะให้หลักการของ Pulse width Modulation (PWM) ในการออกแบบนี้ ความกว้างของสัญญาณพัลส์จะทำหน้าที่แทนข้อมูลค่าหนึ่งๆฉะนั้นในขั้นตอนของ PWM ก็จะมีความกว้างที่แน่นอน และมี Jitter น้อยซึ่งทำให้เกิดความแม่นยำสูงและความเป็นเชิงเส้นสูงที่เอาท์พุทชื่อทางการค้าของกระบวนการที่เรียกว่า MASH (Multi-stage noise Shaping) โดยกระบวนการจะเริ่มที่MASH Converter จะทำการ over sampling digital filter เป็นจำนวน 4ครั้งด้วนกันและตามด้วย first-order กับ second- order noise shaper ต่อขนานกันอยู่และเอาท์พุทที่ออกจาก noise shaper จะถูกป้อนเข้าไปใน PWM converter ซึ่งเอาท์พุทจะได้จากการ low-pass filter แล้วบล็อกไดอะแกรมของระบบMASHแสดงได้ดังรูปที่ 4.3

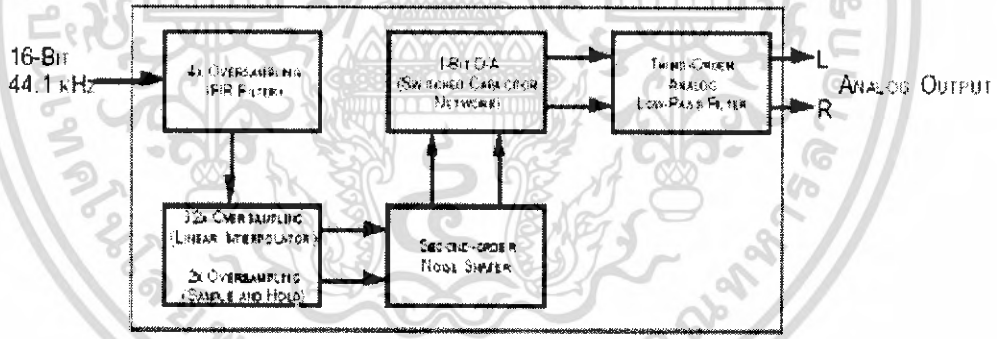


รูปที่ 4.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ PWM/MASH digital to analog converters

Digital finite impulse response (FIR) filter จะสร้างข้อมูล 18 บิต จาก 16 บิต อินพุทแซมปลิงหลังจากที่มีการคูณ over sampling ไป 4 ครั้งคราวนี้ the noise shaper จะแปลงข้อมูล 18 บิตนี้ไปเป็น 11-Step quantized format เพื่อ PWM หลังการคูณ 8ครั้ง over sampling ระบบ PWM จะถูกปฏิบัติการด้าย 768* original sampling frequency (33.868MHz)ถ้ามีการ convert ทีละบิตจากสัญญาณ 16 บิต จริงแล้วในการแสดงค่าแต่ละแอมปลิจูดต้องใช้ถึง 65,536 พัลส์ แต่การทำเช่นนี้จะต้องใช้ความเร็วเกินกว่า 2.98 GHz ซึ่งเร็วกว่าเทคโนโลยีทางด้าน Bipolar จะทำได้ ดังนั้นในการแปลง data 18 บิตไปเป็น 11-Step output ในการทำของ MASH converter สามารถเรียกได้ว่าเป็นแบบ “3.5-bit converter” วิธีการที่สองในเทคนิค Low-Bit Conversion โดยบริษัท Philips ซึ่งใช้วิธี Pulse-Density Modulation (PDM) หรือ Bit stream Conversion ในเทคนิคนี้อัตราส่วนความหนาแน่นของสัญญาณพัลส์จะสัมพันธ์กับข้อมูล 16 บิต PDM Converter เป็นเทคโนโลยีแบบ 1 บิต สัญญาณที่ทำหน้าที่แทนนั้นอาจจะไม่ปรากฏให้เห็นชัดแบบทันทีทันใด ตัวอย่างง่ายๆที่จะแสดงให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เห็นเพื่อให้เข้าใจง่ายขึ้น เช่น ถ้าไฟเปิดห้องก็จะสว่างแต่ถ้าไฟปิดห้องก็จะมืด แต่ถ้าเกิดเป็นการปิด-เปิดกลับไปกลับมาอย่างเร็วๆ ก็จะมีความสว่างลางๆเกิดขึ้นมา ข้อมูลที่ได้จากการ Sampling จากชิปถอดรหัสถูกส่งไปทำการคูณกับค่าความถี่ Over sampling ด้วยค่าเท่ากับ 4 และที่ตรงนี้ฟิลเตอร์แบบนี้จะทำให้ได้คุณภาพของเอาท์พุทสูงเพราะมันเป็น phase-linear ส่วน First-order noise shaping จะถูกกระทำโดย accumulator ของตัวคูณในฟิลเตอร์และส่งต่อมาที่Second filter ซึ่งจะประกอบด้วย Linear Interpolator และ Sample and Hold Circuit ณ ขั้นตอนนี้สัญญาณดิจิตอลฟิลเตอร์ความถี่ 352 KHz ที่ -20 dB จะถูกเพิ่มเข้าไปในสัญญาณ sampling เพื่อลดความไม่เป็นเชิงเส้นที่จะเกิดจาก Error ของการ Quantization และที่จุดนี้ผลรวมทั้งหมดของการOver sampling คือ 256 เท่า และจำนวนข้อมูลเพิ่มเป็น 17 บิต คราวนี้ข้อมูลจะป้อนเข้าไปยัง Second-Order noise shaper ด้วยความถี่ 11.2896 MHz noise shaper จะทำการลดข้อมูลจาก 17 บิตข้อมูลให้เหลือ 1 บิตแต่เป็นแบบสตรีม (bit stream) โดยใช้หลักการ ซิกม่า-เดลต้ามอดูเลชั่น (Σ-Δ Modulation) ในกระบวนการนี้ Quantization noise จะถูกสร้างขึ้นใหม่จากความถี่ออดิโอโดยมีค่าเป็นกำลังสองของmagnitude ส่วนบิตสตรีมจะถูกแปลงเป็นอนาลอกโดยใช้สวิทช์คาปาซิเตอร์ บล็อกไดอะแกรมของ PDM Converter แสดงได้ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 แสดงบล็อกไดอะแกรมของ PDM digital-to-analog converter

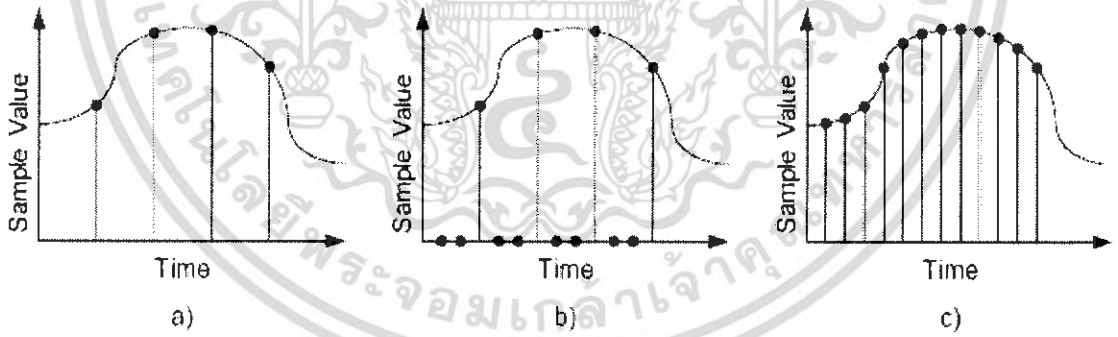
เพราะว่ามีแรงดันอ้างอิงเพียง 2 ค่าเท่านั้นใน PDM Converter และไม่มี Level Matching ไว้ในการปรับปรุงแก้ไขให้เที่ยงตรงตังนั้น Linearity error ที่ผสมมาจึงถูกกำจัดทิ้งไป เมื่อเปรียบเทียบกันกับ THD และ Linearity error สำหรับ converter 16, 18, 20 และ 1 บิด ได้ผลน่าสนใจดังนี้ ในส่วนของ PWM, PDM Converter จะได้ค่าที่ $< \pm 1$ dB ความเป็นเชิงเส้นของสัญญาณอินพุทจาก -100 ถึง -80 dB ซึ่งจะเท่ากันหลังจากผ่านช่วงเชิงเส้นไปแล้วและถ้าดูคุณสมบัติของเครื่องเล่นตามท้องตลาดถ้าเป็นแบบ converter 18, 20 บิต และใช้อัตราการคูณอยู่ที่ 4,8,16,32 จะได้ผลมากขึ้นเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

± 4 dB ส่วน linearity error จะสูงถึง -75 dB ในการทดสอบ THD ด้วยค่า -60 dB ที่เป็นสัญญาณรูปซายน์ ที่ความถี่ 1 KHz จะมีการเกิดฮาร์โมนิคสูงถึงอันดับที่ 13 ที่ระดับสูงกว่า -110 dB จะมีเพียงแค่ PDM Converter เท่านั้นที่จะสามารถจัดการฮาร์โมนิคได้ทั้งหมด

4.3.5 Over sampling and Noise Shaping

Over sampling ถ้าจะให้นิยามง่ายๆก็คือ การใช้ค่าความถี่ในการแซมปลิ้งให้สูงกว่าที่ได้กำหนดไว้ในทฤษฎีไนควิสท์ (Nyquist Theorem) ซึ่งการใช้ Over sampling จะทำให้เกิดผลดีคือเราจะได้อัตราส่วนสัญญาณของสัญญาณต่อสัญญาณรบกวน (Signal-to-noise ratio) สูงขึ้นและการลดลงของ Quantization noise ในย่านความถี่ออดิโอและจะสามารถลดลงได้อีกมากมายถ้าเกิดได้มีการใช้ Over sampling ควบคู่กับ Noise-Shapers การทำ Over sampling จะดีถ้าเกิดใช้หลักการทาง digital signal processing (DSP) เพราะในการจะทำการทดลองไม่ว่าจะเกี่ยวกับการปรับแต่งหรือวิธีอื่นใดก็จะกระทำการได้ง่ายอันเนื่องมาจากในการทำการทดลองใน DSP จะมีความเที่ยงตรงสูงและทำกระบวนการซ้ำไปซ้ำมาได้และผลที่ได้ก็ยังมีการ distortion และ noise น้อยซึ่งถ้าเราใช้วิธีการทางอนาลอกนั้นทำไม่ได้ ในกระบวนการทำ Over sampling สามารถทำได้ง่ายด้วยการแทรกบิต "0" ลงไประหว่างช่วงของสัญญาณ sampling ซึ่งจะได้ผลของการ sampling ออกมาใหม่ได้ดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 แสดงการลักษณะการทำ over sampling

โดยรูป a) คือสัญญาณที่ทำการ sampling ในตอนแรก

โดยรูป b) คือสัญญาณที่ทำการแทรกบิต "0" ลงไปในแต่ละการ

โดยรูป c) คือสัญญาณที่ทำการ Interpolate sampling ออกมาแล้ว

แต่จากผลของการทำ Over sampling ก็จะทำให้เกิดความยาวของ data word เพิ่มมากขึ้นและเพราะว่าความถี่ในการ sampling เพิ่มมากขึ้นสัญญาณรบกวนในส่วนของออดิโอก็จะเพิ่มมากขึ้นด้วยเราจึงต้องใช้เครื่องมือตัวหนึ่งเข้ามาจัดการกับส่วนเกินที่ว่านี้ซึ่งนั่นก็คือ Noise-Shaping

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Noise-Shaping เป็นเครื่องมือที่นำมาใช้แก้ปัญหาที่ได้กล่าวมาแล้วในเรื่องของการทำ over sampling โดยเราจำ Noise-Shaping มาเป็นตัวลดขนาดความยาวของ data word ซึ่งเกิดมามากเกินไปเมื่อขนาดของ data word ลดลงสัญญาณรบกวนที่อยู่ในช่วงของสัญญาณออดิโอก็จะถูกตัดออกไปด้วยและจากที่ได้กล่าวมาแล้วในช่วงต้นเกี่ยวกับเรื่องของ Noise-Shaper ซึ่ง Noise-Shaper ก็คือการแก้ไขดัดแปลงย่านความถี่ของสัญญาณ error ซึ่งทำได้โดยการตัดส่วนของ quantization error ออกไปจากย่านความถี่ออดิโอ Noise-Shaping จะทำการลดค่า quantization error ออกไปโดยการใช้เทคนิคเนกาตีฟฟีดแบ็ก (Negative Feedback)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

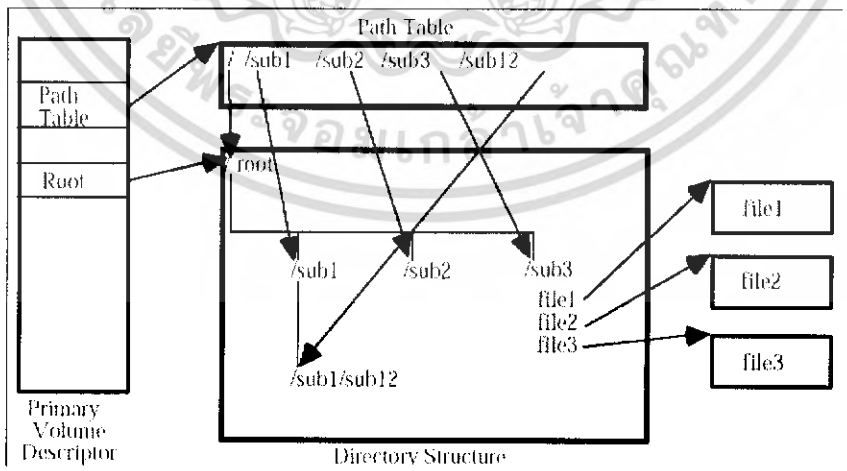
ISO 9660

5.1 บทนำ

คอมแพคดิสค์ (CD) ถูกเรียกได้ว่าเป็นผลิตภัณฑ์ที่ประสบความสำเร็จในตลาดผู้บริโภคอย่างสูงที่สุดเท่าที่เคยวางตลาดมา ตั้งแต่การแนะนำสินค้าชนิดนี้ในเดือนมิถุนายน 1980 ทำให้ CD มีอิทธิพลต่ออุตสาหกรรมดนตรีและเป็นทางเลือกสำหรับผู้ฟังดนตรีหลายล้านคน เนื่องจากความถูกต้องสูงเป็นพิเศษซึ่งเกิดจากเทคนิคการบันทึกแบบดิจิตอล และการแก้ไขข้อมูลนั้นสามารถทำได้ยากมากซึ่งเกิดจากการบันทึกแบบออบติคอล (Optical) คุณสมบัติเหล่านี้ทำให้ CD มีเสน่ห์น่าสนใจในการเป็นตัวกลางของข้อมูลดิจิตอล ลักษณะเด่นอื่นที่ทำให้ CD น่าสนใจ ก็คือการที่สามารถผลิตออกมาในประมาณมากๆได้อย่างรวดเร็ว

แต่ในระยะแรกของการเกิดนั้นยังไม่มีมาตรฐานใดๆ เข้ามารับรองรูปแบบของการเขียนข้อมูลในตัวแผ่น ทำให้เกิดปัญหาในด้านความเข้ากันได้ของแผ่นซีดี ซึ่งเป็นปัญหาอย่างมากในด้านการพัฒนา จึงมีการจับมือกันระหว่างผู้ผลิตซีดีรอมหลายรายในการสร้างมาตรฐานร่วมกันให้เป็นมาตรฐานอุตสาหกรรมที่นิยามโดย Red Book, Yellow Book และ ISO 9660 ทำให้ปัจจุบันสามารถใช้ CD กับฮาร์ดแวร์และซอฟท์แวร์ได้เกือบจะทุกรูปแบบ

5.2 ภาพรวมโครงสร้าง ISO9660



รูปที่ 5.1 โครงสร้าง ISO 9660

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

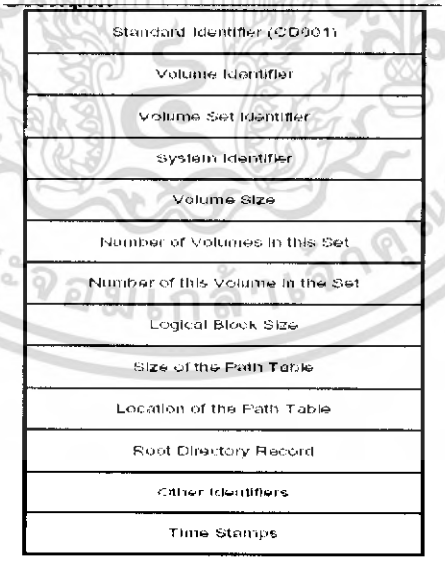
โครงสร้างทางข้อมูลของ ISO 9660 แบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลัก คือ Volume Descriptor, Directory Structure และ Path Table โครงสร้างเหล่านี้เกี่ยวข้องซึ่งกันและกันดังแสดงในรูปที่ 5.1Volume Descriptor จะบอกตำแหน่งของ Directory Structure และ Path Table ไดเรคทอรี่จะบอกตำแหน่งของไฟล์ และ Path Table จะเป็นวิธีลัดไปสู่แต่ละไดเรคทอรี

5.2.1 The Volume Descriptor

มี Volume Descriptor อยู่ 4 ชนิดที่นิยามใน ISO 9660 คือ Primary Volume Descriptor, Boot Record, Supplementary Volume Descriptor และ Volume Partition Descriptor โดย Primary Volume Descriptor ถูกใช้ทั่วไป Boot Record ใช้สำหรับระบบที่ต้องแสดงบางอย่างของการตั้งค่าเริ่มต้น(initialization) ก่อนที่ใช้จะสามารถเข้าถึง Volume ได้ แม้ว่า ISO 9660 จะไม่กำหนดว่าข้อมูลอะไรบ้างที่ต้องอยู่ใน Boot Record หรือวิธีที่จะใช้ข้อมูลเหล่านั้น Supplementary Volume Descriptor สามารถใช้ระบุ alternate character set สำหรับระบบที่ไม่สนับสนุน ISO 646 character set ส่วน Volume Partition Descriptor สามารถใช้แบ่ง Volume ออกเป็น Volume ให้มีขนาดเล็กลง

Volume Descriptor จะเริ่มการอัดที่ Logical Sector 16 (ซึ่งตอบสนองภายใน 2 วินาทีและ 16เซคเตอร์ใน CD หรือใน CD "Atime", 00:02:16)

5.2.1.1 Primary Volume Descriptor



รูปที่ 5.2 Primary Volume Descriptor

Primary Volume Descriptor เป็นจุดเริ่มต้นในการระบุ CD-ROM ประกอบด้วย Standard Identifier, Volume Identifier, Volume Set Identifier, System Identifier, Volume Size, Number of

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Volume in this set, Number of this Volume in the set, Size Logical Block, Size of the Path Table, Location of the Path Table, Root Directory Reeord, Other Identifiers และเวลาสำคัญที่เกี่ยวข้องกับ Volume

5.2.1.1.1 Standard Identifier เป็นกลุ่มของตัวอักษร และมีค่า CD001 ตามมาตรฐาน ISO 9660ซึ่งจะบอกระบบปฏิบัติการว่านี่คือดิสค์ตาม ISO 9660 เพื่อที่จะแบ่งแยก Volume ออกจากระบบไฟล์อื่นโดยใช้แบบแผนง่ายๆ เช่น High Sierra ซึ่งมี Standard Identifier คือ CD-ROM และ Compact Disc Interactive ซึ่งมี Standard Identifier คือ CD-I

5.2.1.1.2 Volume Identifier ตัวอักษรที่ใช้จะถูกกำหนดโดย ISO 9660 ซึ่งเรียกว่า d-characterและไม่สามารถยาวเกิน 31 ตัวอักษรได้

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R

S T U V W X Y Z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _

รูปที่ 5.3 d-characters

5.2.1.1.3 Volume Set Identifier เป็นการระบุชื่อของ Multiple Volume ที่ Volume นั้นอยู่ Volume Set Identifier จะเหมือนกับ Volume Identifier ตรงที่จะถูกระบุโดย d – character และไม่สามารถยาวเกิน 31 ตัวอักษรได้ ตัวอย่างเช่น ถ้า Volume นี้ชื่อ DICTIONARY_E_H ก็อาจจะมี Volume Set Identifier เป็น DICTIONARY ซึ่งหมายความว่า Volume นี้มีเวิร์ดเริ่มด้วยตัวอักษร E ถึง H และVolume Set จะเป็นกลุ่มของดิสค์สำหรับตัวอักษรทั้งหมด

5.2.1.1.4 System Identifier จะระบุว่าระบบนั้นสามารถยอมรับได้และสามารถทำให้เกิด logicบน เซคเตอร์ 0 -15 ได้ ตัวอักษรที่ถูกใช้ในระบบ ID คือสิ่งที่ ISO 9660 เรียกว่า a – character และมีความยาวจำกัดที่ 31 ตัวอักษร

5.2.1.1.5 Volume Size เป็นจำนวนซึ่งบอกระบบปฏิบัติการว่ามี Logical Block อยู่ใน Volume Set นั้นเท่าไหร่ Logical Block เป็นวิธีทั่วไปในการหาตำแหน่งของข้อมูลที่อยู่ใน Volume ซึ่งแต่ละตำแหน่งทั้งหมดนี้จะมี Logical Block Number

A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S

T U V W X Y Z 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 _ sp

! " % ' ( ) * + , - . / : ; < = > ?

รูปที่ 5.4 a – character

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2.1.1.6 Volume Set Size เป็นจำนวนซึ่งบอกระบบปฏิบัติการว่ามี Volume อยู่ใน Volume Set นั้นเท่าไหร่ Volume Sequence Number เป็นตำแหน่งใน Multiple Volume Set ที่ Volume นั้นอยู่ยกตัวอย่างเช่น แผ่นดิสค์แผ่นหนึ่งมี Volume Set Size = 5 และ Volume Sequence Number = 3 แสดงว่าดิสค์แผ่นนี้เป็นดิสค์แผ่นที่ 3 ของดิสค์ชุดที่ 5

5.2.1.1.7 Logical Block Size เป็นจำนวนไบต์ที่จัดรูปแบบแล้วเกิดที่ว่างที่น้อยที่สุดซึ่งถูกจัดสรรใน Volume นั้นๆ จำนวนนี้สามารถเป็น 512, 1024 หรือ 2048 ไบต์ก็ได้ ส่วนมากดิสค์ ISO 9660 จะใช้ Logical Block Size ขนาด 2048 ไบต์ ซึ่งมีขนาดเดียวกันกับขนาดของเซคเตอร์

5.2.1.1.8 Path Table Size จะบอกระบบปฏิบัติการว่ามีจำนวนไบต์เท่าไหร่ที่อยู่ใน Path Tableระบบปฏิบัติการส่วนมากจะใช้ Path Table ใน fast memory, local memory (RAM) การใช้ Path Table Size เป็นวิธีที่รวดเร็วสำหรับระบบปฏิบัติการที่จะรู้ว่าจะต้องจัดสรรหน่วยความจำเท่าไหร่ก่อนที่มันจะอ่าน Path Table วิธีนี้ทำให้ระบบปฏิบัติการอ่าน Path Table เพียงครั้งเดียวเท่านั้น เป็นการประหยัดเวลา

5.2.1.1.9 Root Directory Record จะบรรจุข้อมูลที่ระบบปฏิบัติการต้องการในการระบุตำแหน่งและอ่านไดเรกทอรีที่อยู่ระดับบนสุด รูปแบบของ Root Directory Record จะเหมือนกับ Directory Record อื่นๆ

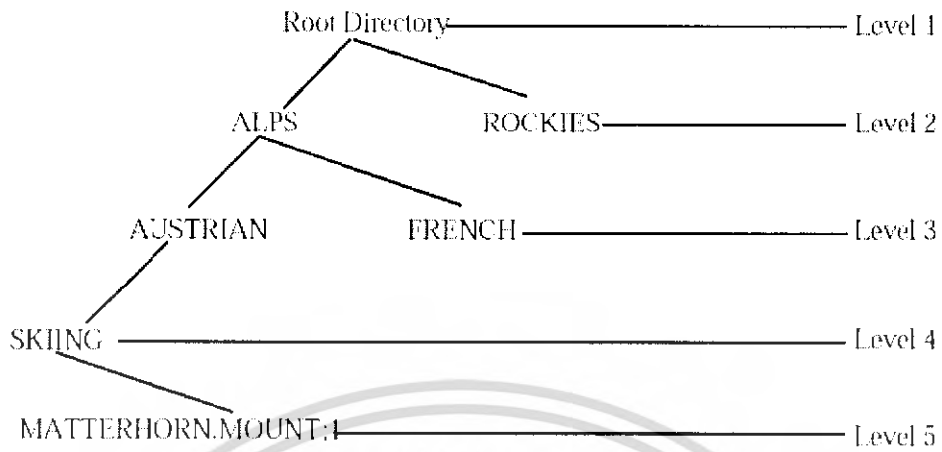
5.2.1.1.10 Identifier อื่นๆ ใน Primary Volume Descriptor นั้นจะบรรจุข้อมูลเกี่ยวกับว่าใครเป็นผู้ตีพิมพ์ Volume นี้, ใครเตรียมข้อมูล, การประยุกต์ใช้งาน และชื่อของไฟล์ซึ่งบรรจุ copyright notice, บทคัดย่อ และบรรณานุกรม

5.2.1.1.11 Time Stamps เป็นฟิลด์ (field) ใน Primary Volume Descriptor ซึ่งบรรจุข้อมูลเกี่ยวกับว่า Volume นั้น ถูกสร้างขึ้นเมื่อไหร่, ถูกปรับปรุงเมื่อไหร่, เมื่อไหร่ที่ข้อมูลนั้นใช้ได้และเมื่อไหร่ที่เลิกใช้ข้อมูล

5.2.2 โครงสร้างของไดเรกทอรี

โครงสร้างของไดเรกทอรีตาม ISO 9660 ได้ถูกจัดแบ่งเป็นระดับชั้นต่างๆคล้ายกับระบบไฟล์ส่วนใหญ่ ส่วนบนสุดของระดับชั้น คือ Root Directory ซึ่งจะระบุตำแหน่งอยู่ใน Primary Volume Descriptor

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 ระดับชั้นไดเรคทอรี

จากรูป Root Directory เป็นไดเรคทอรีที่อยู่ Level 1 เท่านั้น ไดเรคทอรีย่อย ALPS และ ROCKIES จะอยู่ Level 2, ไดเรคทอรีย่อย AUSTRAIN และ FRENCH จะอยู่ Level 3 ไดเรคทอรีย่อย SKIING จะอยู่ Level 4 และไฟล์ MATTERHORN.MOUNT; 1 จะอยู่ Level 5

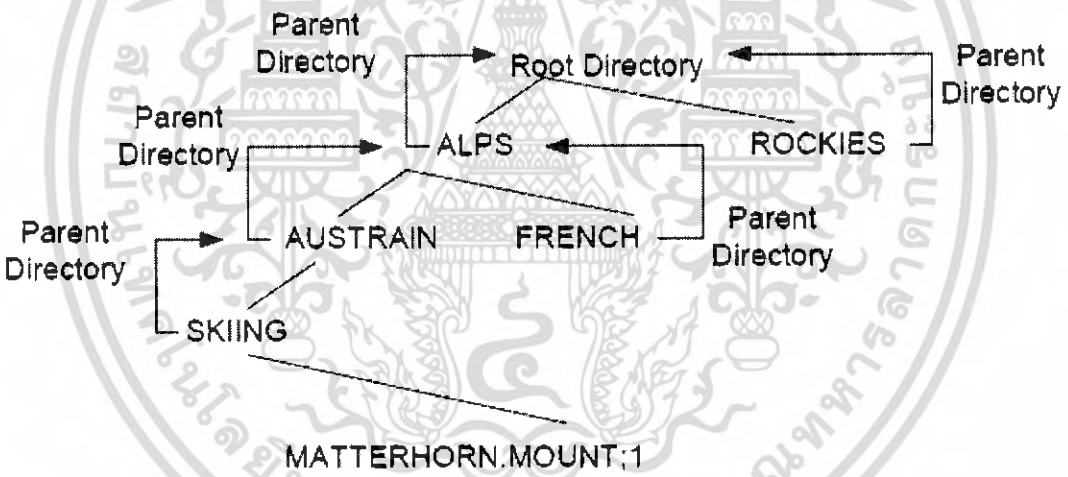
ISO 9660 ได้กำหนดให้สามารถมีความกว้างของ Directory Structure ได้สูงสุด คือ Level 8 นอกจากนี้ยังกำหนดความยาว path ของแต่ละไฟล์ ซึ่งหาได้จากผลรวมของความยาวไดเรคทอรีทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง, ความยาวของ File Identifier และจำนวนไดเรคทอรีที่เกี่ยวข้อง ความยาว path จะต้องไม่เกิน 225 จากรูปที่ 5.5 จะมีความยาว path คือ 39 ดังตารางที่ 5.1

ไดเรคทอรีใน ISO 9660 Volume จะถูกบันทึกอยู่ในรูปของไฟล์ซึ่งบรรจุกลุ่มของ Directory record ในแต่ละ directory record จะอธิบายถึงไฟล์หนึ่งหรือไดเรคทอรีอื่น แต่ละไดเรคทอรีจะมีไดเรคทอรีแม่ (parent directory) ในไดเรคทอรีแม่จะบรรจุ directory record ซึ่งใช้ระบุไดเรคทอรีนั้น แสดงดังรูปที่ 5.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Identifier	Length
ALPS	4
AUSTNRIA	8
SKIING	6
MATTERHORN.MOUNT;1	18
Number of directories	3
Sum of lengths and number of directories	39

ตารางที่ 5.1 ความยาวของ path



รูปที่ 5.6 ไดเรคทอรีแม่

ชื่อไฟล์

ตามาตรฐาน ISO 9660 ทุกๆไฟล์และทุกๆไดเรคทอรีจะต้องมีชื่อ และชื่อนั้นเรียกว่า File Identifier โดยที่ File Identifier จะประกอบไปด้วย 5 ส่วน ดังแสดงในตารางที่ 5.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	1) File Name	2) SEPARATOR 1	3) File Name Extension	4) SEPARATOR 2	5) File Version Number
contents	d-characters (see figure 3)	.	d-characters (see figure 3)	;	a number from 1 to 32767
file 1	MATTERHORN	.	MOUNT	;	1
file 2	PIKES_PEAK	.		;	1
file 3		.	HILLS	;	1
directory	SKIING				

ตารางที่ 5.2 File Identifier

File Identifier จะต้องเป็นไปตามเงื่อนไขดังนี้

- ถ้า File Name ไม่มีตัวอักษรแล้ว File Name Extension จะต้องมีอย่างน้อย 1 ตัวอักษรดังแสดงในตารางที่ 5.2 ไฟล์ 3

- ถ้า File Name Extension ไม่มีตัวอักษรแล้ว File Name จะต้องมีอย่างน้อย 1 ตัวอักษรดังแสดงในตารางที่ 5.2 ไฟล์ 2

- ผลรวมความยาวของจำนวนตัวอักษรของ File Name และ File Name Extension จะต้องไม่เกิน 30 ตัวอักษร

ส่วนไดเรคทอรี ตามมาตรฐาน ISO 9660 จะถูกกำหนดให้มีแค่ชื่อไฟล์เท่านั้น จะไม่มี SEPARATOR1 (.), SEPARATOR2 (.); File Name Extension หรือ File Version Number ดังแสดงในตารางที่ 5.2 ไดเรคทอรี

5.2.3 Path Table

Path Table เป็นวิธีลัดที่ระบบปฏิบัติการเลือกใช้ในการไปสู่แต่ละไดเรคทอรีบนดิสก์ เพื่อที่จะให้ได้ไฟล์ที่ต้องการ Path Table จะเก็บชื่อไดเรคทอรี, ชื่อไดเรคทอรีแม่ และที่อยู่สำหรับแต่ละไดเรคทอรียกเว้น Root Directory

ส่วนใหญ่ระบบปฏิบัติการจะอ่าน Path Table ก่อน 1 ครั้งและเก็บไว้ในหน่วยความจำมากกว่าที่จะอ่านหลายๆครั้ง ตัวอย่างดังรูปที่ 5.5 ถ้าระบบปฏิบัติการไม่ใช้ Path Table แล้วจะต้องอ่าน Root Directory เพื่อที่จะหาตำแหน่งของไดเรคทอรี ALPS จากนั้นอ่านไดเรคทอรีALPS เพื่อที่จะหาตำแหน่งของไดเรคทอรี AUSTRAIN แล้วอ่านไดเรคทอรี SKIING เพื่อที่จะหาตำแหน่งของไฟล์ MATTERHORN.MOUNT; 1 แต่ถ้าใช้ Path Table ระบบปฏิบัติการจะค้นหาตำแหน่งของไดเรคทอรี่ SKIING ใน Path Table, อ่านไดเรคทอรี SKIING และหาตำแหน่งของไฟล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตัวอย่างข้างต้นพบว่าการค้นหาตำแหน่งจองไฟล์โดยไม่ใช้ Path Table จะต้องอ่านข้อมูลจาก CD-ROM ถึง 4 ครั้ง แต่ถ้าใช้ Path Table จะอ่านข้อมูลเพียงแค่ครั้งเดียว ซึ่งใน CDROM ทั่ว ๆ ไป การขับ (Drive) จะใช้เวลาในการเข้าถึงข้อมูล (seek time) ประมาณ 0.25 วินาทีดังนั้น ช่วงเวลาที่แตกต่างกันในการค้นหาจะเท่ากับ 0.75 วินาที ในกรณีที่ต้องการเข้าถึงไฟล์จำนวนมาก ช่วงเวลาที่ต่างกันนี้จะมีผลต่อการทำงาน

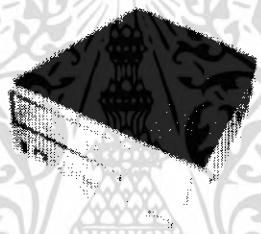
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับซีดีรอม (CD-Rom)

6.1 ความรู้เกี่ยวกับไดร์ฟซีดีรอม (CD-ROM Drive)

6.1.1ไดร์ฟ CD-ROM

เป็นไดร์ฟซีดีที่ใช้อ่านแผ่นซีดี แต่ไม่สามารถเขียนแผ่นซีดีได้ จะใช้ดูหนัง ฟังเพลง และอ่านข้อมูลที่บันทึกไว้ ราคาค่อนข้างถูกและสำหรับแผ่นที่ใช้กับแผ่นที่ใช้กับเครื่องชนิดนี้ให้สังเกตด้านหน้าของแผ่นเป็น CD-R หรือ CD-RW ที่บันทึกข้อมูลลงแผ่นซีดีได้



รูปที่ 6.1 ตัวอย่างไดร์ฟ CD-ROM

6.1.2 ไดร์ฟ CD-Writer หรือ CD-RW (Rewritable)

เป็นไดร์ฟซีดีที่ใช้ในการอ่านและเขียนแผ่นซีดีได้ ซึ่งสามารถเขียนแผ่นซีดีทั้งแบบ CD-RW ที่เขียนซ้ำได้หลายครั้ง หรือแบบ CD-R ที่เขียนได้เพียงครั้งเดียว

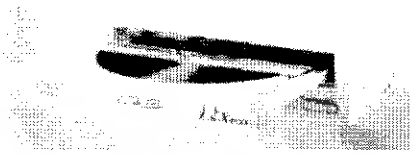
รูปที่ 6.2 ตัวอย่างไดร์ฟ CD-Writer

6.1.3 ไดร์ฟ DVD-ROM

เป็นไดร์ฟที่ใช้อ่าน แผ่นดีวีดี (DVD) และซีดีทั่วไป ซึ่งแผ่น DVD นี้จะเป็นแผ่นที่มีการเพิ่มพื้นที่ของแผ่นให้มีความจุสูงมากกว่าแผ่นซีดีหลายเท่า สมมติว่าหนังหนึ่งเรื่องถ้าบันทึกในแผ่นซีดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

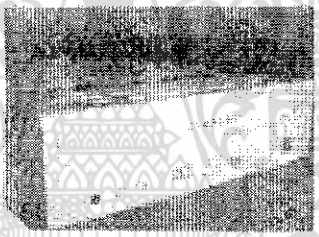
ปกติต้องใช้ 2-3 แผ่น แต่ DVD จะใช้เพียงแผ่นเดียวเท่านั้น อีกทั้งยังสามารถเลือกภาษาในการชมภาพยนตร์ได้ 8 ภาษา และให้ภาพที่คมชัดมากกว่าซีดีปกติถึง 8 เท่า พร้อมทั้งระบบเสียงที่มีคุณภาพที่ดีในแบบรอบทิศทาง (Dobly Digital) เสมือนมาจากห้องสตูดิโอเลยที่เดียว



รูปที่ 6.3 ตัวอย่างไดร์ฟ DVD-ROM

6.1.4 ไดร์ฟแบบ Combo (ลูกผสม)

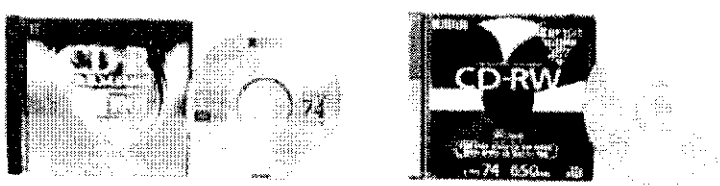
เป็นไดร์ฟที่สามารถเล่นแผ่น DVD และยังใช้เขียนและลบข้อมูลในแผ่นซีดีได้เช่นเดียวกับไดร์ฟ CD-Writer



รูปที่ 6.4 ตัวอย่างไดร์ฟแบบ Combo (ลูกผสม)

6.1.5 แผ่น CD-R และ CD-RW

แผ่น CD-R ที่ใช้ในการบันทึกได้ครั้งเดียวและไม่สามารถลบหรือแก้ไขข้อมูลได้ จะมีหลากหลายขนาดความจุให้เลือกซื้อ ตั้งแต่ขนาด 650 MB, 700 MB, 730 MB ซึ่งมีราคาตั้งแต่ 9-20 บาท สำหรับแผ่น CD-RW ที่สามารถเขียนข้อมูลลงได้หลายๆ ครั้ง และสามารถลบข้อมูลและทำการเขียนซ้ำไปซ้ำมาได้หลายรอบ ปัจจุบันจะมีขนาด 650 และ 700 MB มีราคาตั้งแต่ 60-150 บาท ตามแต่ขนาดของความจุและคุณภาพของแผ่นซีดี



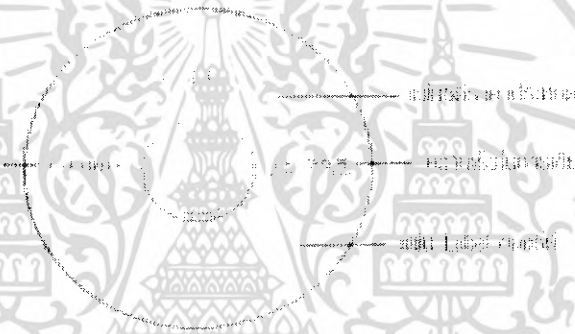
รูปที่ 6.5 แผ่น CD-R และ CD-RW

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. แผ่น CD-Recordable หรือ CD-R

โดยปกติแล้วแผ่นซีดีที่มีขายตามร้านซอฟท์แวร์ต่างๆ จะมีรูปแบบหลากหลายและมีสีสันมากมายให้เราได้เลือกซื้อเลือกหาตามขนาดความจุ ของที่เราต้องการ แผ่นซีดีไม่ว่าจะเป็นแผ่นซีดีที่ใช้ในการเขียนเพียงครั้งเดียว (CD-Recordable) ซึ่งจะมีราคาค่อนข้างถูกประมาณแผ่นละ 9-20 บาท โดยทั่วไปแล้วจะมีความจุประมาณ 80 นาที หรือ 700 MB และรองรับความเร็วในการเขียนซีดีตั้งแต่ 2X ไปจนถึง 56X ซึ่งเราสามารถสังเกตได้บนแผ่นซีดีนั่นเอง ควรเลือกซื้อแผ่นซีดีให้ตรงกับความเร็วของเครื่อง CD-Writer ซึ่งจะช่วยให้ไม่ทำให้เกิดปัญหาในการเขียนซีดี

ซีดีแบบราประหยัดมักจะทีข้อความ (Budget) ซึ่งเราสามารถสังเกตได้ที่ด้านหน้าของแผ่น



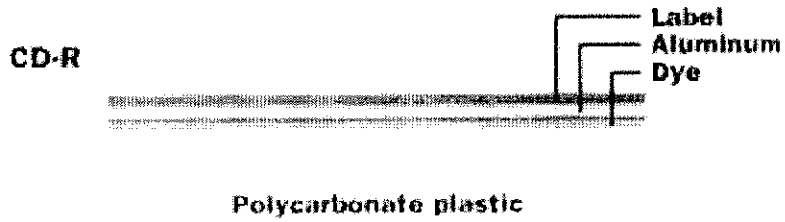
รูปที่ 6.6 ส่วนประกอบของแผ่นซีดี CD- R (Recordable)

โดยทั่วไปการเลือกซื้อแผ่นซีดีไม่ควรจะเลือกซื้อที่ราถูกแสนถูกมากไป เพราะโรงงานมี่ผลิตซีดีจะเคลือบสารฉาบแผ่นซีดี เพื่อบันทึกข้อมูลบางมาก เพื่อลดต้นทุนให้ถูกลง และส่วนมากก็จะเป็นแผ่นซีดี โนเนม ไม่มียี่ห้อ ไม่ควรซื้อหา แม้ว่าอาจะใช้บันทึกได้ แต่โดยส่วนมาแล้วมักจะเขียนแผ่นซีดีเสียบ่อยๆ และอายุของแผ่นซีดีจะค่อนข้างสั้น ใช้ได้ไม่ค่อยนาน

ส่วนประกอบของแผ่น CD-R

โดยทั่วไปแล้วแผ่น CD-R จะมีเนื้อของแผ่นถูกแบ่งออกเป็นชั้นๆซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และชั้นเหล่านี้จะถูกบีบอัดให้เป็นเนื้อเดียวกันตามกระบวนการผลิต ซึ่งจะมีอยู่ด้วยกัน 4 ชั้นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.7 ส่วนประกอบของแผ่น CD-R

ชั้นที่ 1

จะเป็นส่วนที่อยู่บนสุดของแผ่นซีดี ซึ่งเราจะเรียกชั้นนี้ว่า เลเบล (Lable) หรืออาจจะเรียกว่าเป็นป้ายฉลากก็ได้ และในด้านหน้าส่วนนี้ยังสามารถสกรีนลวดลายรูปภาพต่างๆลงบนซีดีได้ เช่นที่นิยมทำกับแผ่นซีดีหนังหรือซีดีเพลง และเรายังสามารถสัมผัสจับแตะต้องส่วนนี้ได้ โดยไม่มีผลทำให้แผ่นเสียแต่อย่างใด

ชั้นที่ 2

ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเก็บข้อมูล เป็นชั้นที่ทำมาจากโลหะบางๆที่เรียกว่าอลูมินัม (Aluminum) ซึ่งเป็นส่วนที่ใช้ในการสะท้อนแสงในการยิงลำแสงเลเซอร์จากเครื่องเล่นซีดีหรือไดร์ฟซีดีรอม เพื่ออ่านข้อมูล

ชั้นที่ 3

ส่วนนี้จะเป็นส่วนที่เกี่ยวข้องกับการเก็บข้อมูลโดยตรง โดยเป็นชั้นของสารเคลือบที่เรียกว่า ดายน์ (Dye) โดยเมื่อเริ่มต้นสารนี้จะโปร่งแสงตลอดทั้งแผ่น ทำให้แสงเลเซอร์สามารถส่องผ่านไปยังชั้นอลูมินัมและสะท้อนกลับได้ เมื่อมีการบันทึกข้อมูลที่เป็นรหัส 0 แสงเลเซอร์สำหรับเขียนจะทำให้สารในชั้นนี้ตรงจุดนั้นทึบแสงไม่สามารถสะท้อกลับได้ ซึ่งมีผลเช่นเดียวกับส่วนของหลุมในแผ่นซีดีปั๊มนั่นเอง

ชั้นที่ 4

ส่วนนี้เป็นส่วนที่เป็นเนื้อพลาสติกซึ่งเป็นส่วนที่หนาสุดและสารที่ทำมาจากโพลีคาร์บอนเนตพลาสติก (Polycarbonate plastic) ทำหน้าที่ในการป้องกันอันตรายกับส่วนที่เป็นข้อมูลในชั้นที่4 ด้วย และยังทำหน้าที่ในการจับจุดโฟกัสที่ลำสงเลเซอร์ยิงเข้ามา

2. แผ่น CD-Rewritable หรือ CD-RW

สำหรับแผ่นซีดีที่ใช้ในการเขียนซ้ำได้หลายๆครั้ง (CD-RW หรือ CD-Rewritable) เป็นแผ่นซีดีที่มีขายตามร้านซอฟท์แวร์ทั่วไป โดยแผ่นซีดีจะมีความจุตั้งแต่ 650 MB หรือประมาณ 74 นาที บางรุ่นอาจจะจุได้ถึง 700 MB หรือ ประมาณ 80 นาที ตามแต่รุ่นที่ผลิตความเร็วในการเขียนซีดีจะอยู่ประมาณ 4X ไปจนถึง 24X และเมื่อเราต้องการเขียนซีดีหลายๆครั้งๆจะต้องทำการลบข้อมูลใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่นซีดีก่อนการเขนข้อมูล ในครั้งต่อเสมอโดยปกติเราจะนิยมลบข้อมูลด้วยโปรแกรม Nero Express ทำให้เราสามารถเขียนได้หลายๆครั้ง ราของแผ่นCD-RW จะอยู่ที่ 40-120 บาท

รูปที่ 6.8 ส่วนประกอบของแผ่นซีดี CD-RW

ส่วนประกอบของแผ่นซีดี CD-RW

CD-RW เป็นอีกก้าวหนึ่งของแผ่นซีดีที่บันทึกได้ โดยทำการเพิ่มความสามารถในกาลบข้อมูลที่บันทึกแล้วออกได้ ทำให้เราสามารถบันทึก ลบ และแก้ไขข้อมูลที่บันทึกไว้แล้วได้ และสามารถบันทึกซ้ำได้หลายๆครั้ง ในการนี้ ในแผ่นจะมีการเพิ่มชั้นสารพิเศษขึ้นมา เรียกว่า Phase change compound ซึ่งเป็นสารประกอบทางเคมีที่เกิดจาก silver, antimony, tellurium และ indium โดยชั้นของสารประกอบนี้จะอยู่ได้ชั้นอลูมินัมสะท้อนแสง และทำหน้าที่เป็นตัวกรองแสงให้ยิงผ่านไปยังชั้นอลูมิเนียมไดหรือไม่ เพื่อสร้างรหัสดิจิตอลในแบแลนด์และบั๊มพ์เช่นเดียวกับในแผ่น CD-R

รูปที่ 6.9 ส่วนประกอบของแผ่นซีดี CD-RW

6.2 ประเภทของไดร์ฟ CD-ROM

สำหรับไดร์ฟซีดีรอมที่ใช้กันในปัจจุบันจะแบ่งตามชนิดของการเชื่อมต่อได้เป็น 2 ชนิดคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.ไดร์ฟแบบต่อภายนอก (External)

เป็นไดร์ฟซีดีที่อยู่ภายนอกซีพียู โดยจะแยกออกจากต่อเครื่องเหมาะสำหรับการพกพาที่ไหน ๆ ได้ตามอำเภอใจ แค่เสียบที่ช่อง USB Port ของคอมพิวเตอร์เครื่องไหนก็ได้ก็สามารถทำงานได้เลย ไม่ว่าจะเป็นการเล่นเพลงดูหนังเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างง่ายดาย แค่ราคาค่อนข้างแพง

2.ไดร์ฟแบบต่อภายใน (Internal)

เป็นไดร์ฟซีดีรอมที่อยู่ติดภายนอกในตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กับในปัจจุบัน แต่ประสิทธิภาพไม่ได้แตกต่างกันมากมาย ราคาค่อนข้างถูกกว่าแบบภายนอก

ความเร็วในการอ่านและเขียนของไดร์ฟซีดี (Speed)

การก๊อปปี้แผ่นซีดี (CopyCD) หรือเขียนข้อมูลลงแผ่นซีดีให้ได้รวดเร็วนั้น ให้สังเกตความเร็วของไดร์ฟซีดี ที่ปรากฏอยู่ทางด้านหน้าของเครื่อง เช่น 40X24X52X ตัว X ที่ต่อท้ายตัวเลขหมายถึง กี่เท่า (1X=150 กิโลไบต์ต่อวินาที) เช่น 40X จะหมายถึง เอา 40 X150=6000 กิโลไบต์ต่อวินาที (Kilobyte per Second) หรือเรียกย่อ ๆ ว่า Kbps โดยตัวเลขทั้งสามส่วนจะหมายถึงความเร็วดังต่อไปนี้

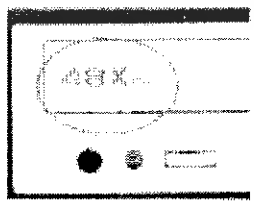
40X คือ ความเร็วในการเขียนข้อมูลลงแผ่นซีดี CD-R (40 X150=6000 Kbps)

24X คือ ความเร็วในการเขียนข้อมูลลงแผ่น CD-RW (24X150=3600 Kbps)

52X คือ ความเร็วในการอ่านข้อมูล เพลง และภาพยนตร์ (52X150=7800 Kbps)

X = ตัวบอกความเร็ว

ความเร็วของซีดีรอมไดร์ฟ จะระบุเป็นจำนวนเท่าของความเร็วปกติของซีดีรอมไดร์ฟรุ่นแรก โดยใช้ตัวเลขตามด้วยเครื่องหมายคูณ ซึ่งภายหลังนิยมเรียกว่า เอ็กซ์ แทน ตัวอย่างเช่นซีดีรอมไดร์ฟที่มีความเร็ว 48x จะหมายถึง ไดร์ฟซีดีรอมที่มีความเร็วเป็น 48 เท่าของความเร็วปกติ (150 กิโลไบต์ต่อวินาที) เป็นต้น แต่ความเร็วที่แจ้งไว้นั้นจะเป็นความเร็วสูงสุดที่ตัวไดร์ฟใช้ในการอ่านเท่านั้น จึงมักใส่คำว่า Max ไว้ต่อท้ายความเร็วที่ระบุด้วย



รูปที่ 6.10 ตัว X ที่ต่อท้ายตัวเลข

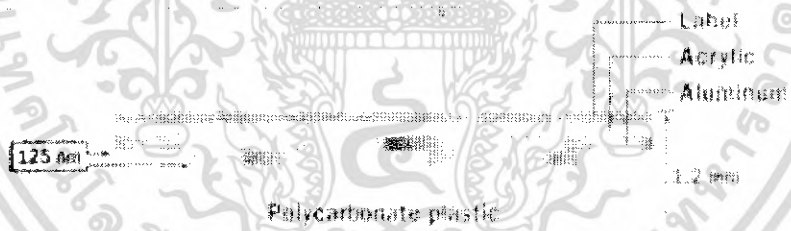
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 กระบวนการอ่านและเขียนซีดี

แผ่นซีดีเริ่มแรกที่รู้จักคุ่นเคย เห็นจะเป็นแผ่นซีดีเพลง (Audio CD) ที่ผลิตมาจากโรงงานนั่นเอง เมื่อเรานำแผ่นเพลงใส่ลงในเครื่องเล่นซีดีหรือไดร์ฟซีดีรอมและเริ่มเล่น เราก็ได้รับความสุขจากเสียงเพลงที่เราชื่นชอบ แต่เราจะรู้บ้างไหมว่ากว่าเสียงเพลงนั้นจะส่งเสียงออกมาให้เราฟังได้จะต้องผ่านกระบวนการอย่างไร ลักษณะการบันทึกข้อมูลถูกบันทึกอย่างไร การอ่านอ่านอย่างไร สิ่งเหล่านี้จะเป็นพื้นฐานที่จะช่วยให้เราเข้าใจหลักการ

6.3.1 กระบวนการอ่านข้อมูลในแผ่นซีดี

แผ่นซีดีเพลงหรือซีดีหนังที่ผลิตมาจากโรงงาน (หรือที่เรียกกันว่า แผ่นปั๊ม) ทั่วไปจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 เซนติเมตร (4.8 นิ้ว) และหนาเพียง 1.2 มิลลิเมตร ทำจากพลาสติกพลีคาร์บอเนตใส ในการผลิตจะบันทึกข้อมูลลงโดยการปั๊มให้เกิดเป็นหลุมเล็ก ๆ (เรียกว่าการ บั๊มพ์ (bump)) เรียงกันไปเป็นแนวเส้นต่อเนื่องกันไปเป็นวงวนเป็นก้นหอย เพื่อสร้างเป็นรหัสแทนข้อมูลแบบดิจิตอล โดยส่วนที่เป็นหลุมจะแทนรหัสที่เป็น 0 ในขณะที่ส่วนที่ยังราบเรียบอยู่ (เรียกว่าแลนด์ (land)) จะแทนรหัสที่เป็น 1 จากนั้นจะทำการฉาบชั้นของอลูมินัม (aluminum) สะท้อนแสงลงบนผิวที่ถูกปั๊ม แล้วเคลือบด้วยสารอะคะลิค (Acrylic) อีกชั้นก่อนที่จะนำไปพิมพ์ลายลงบนหน้าแผ่น (Label) ซึ่งภาพตัดขวางของแผ่นจะแสดงไว้ดังรูป



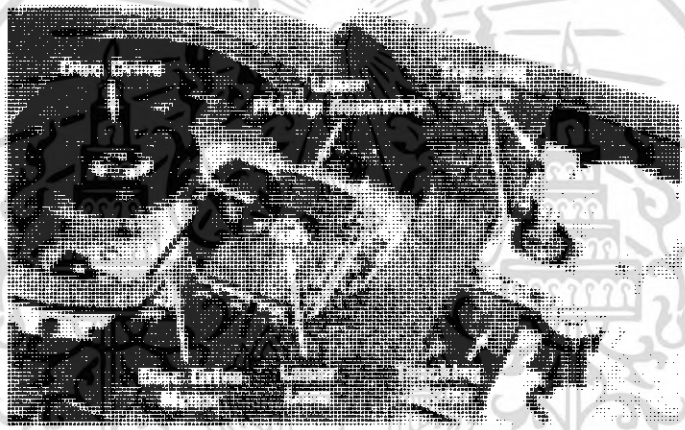
รูปที่ 6.11 แผ่นซีดีที่ถูกบันทึกมาแล้วจากโรงงาน

แนวข้อมูลที่ถูกบันทึกนี้ จะเรียกว่า แทร็ก (Track) ซึ่งจะมีขนาดเล็กมาก โดยมีความกว้างเพียง 0.5 ไครอน (Micron) และห่างกันเพียง 1.6 ไมครอน (1 ไมครอน = 1ในล้านของ 1 เมตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6.12 ลักษณะของผิวแผ่นที่ถูกปั๊มข้อมูลแล้ว

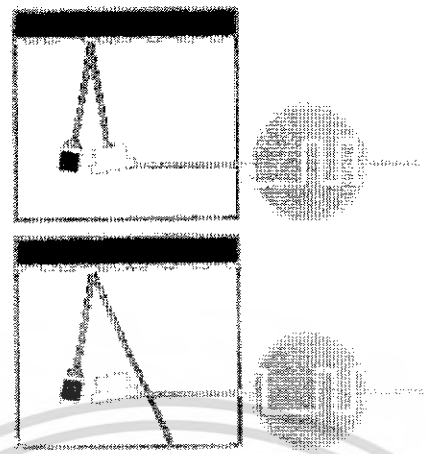
เนื่องจากแนวข้อมูลหรือแทร็กที่ถูกบันทึกไว้มีขนาดเล็กมาก เครื่องเล่นซีดีหรือไดร์ฟซีดีรอมจึงต้องมีระบบควบคุมการอ่านที่แม่นยำ ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนต่างๆดังรูป



รูปที่ 6.13 ส่วนประกอบภายในเครื่องเล่นซีดี

เมื่อเรานำแผ่นซีเพลงหรือซีดีหนังที่ผลิตมาจากโรงงานมาเปิดเล่นที่เครื่องเล่นซีดีหรือตัวไดร์ฟซีดีรอม เครื่องจะทำการอ่านข้อมูลจากแผ่นซีดีโดยอาศัยการยิงลำแสงเลเซอร์จากไดร์ฟซีดีรอม ไปตามแนวร่องข้อมูลที่ถูกบันทึกไว้ โดยแสงจะส่องผ่านชั้นพลาสติกใสไปกระทบกับพื้นผิวในชั้นอลูมินัมสะท้อนแสง ของแผ่น ซึ่งส่วนที่เป็นหลุม (Bump) กับส่วนที่ราบเรียบ (Land) จะให้มุมในการสะท้อนที่แตกต่างกัน ซึ่งตัวรับแสงสะท้อนจะรับแสงนี้ยังตัวแปลงข้อมูล เพื่อแปลงเป็นรหัสดิจิตอลต่อไป ในส่วนที่เป็นหลุมจะถูกแปลงรหัสให้เป็น 0 ในขณะที่ส่วนราบเรียบจะถูกแปลงให้เป็นรหัส 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.14 ลักษณะของสัญญาณที่อ่านได้จากแผ่นซีดี

6.3.2 กระบวนการเขียนข้อมูลลงในแผ่น CD-R

เครื่องเขียนแผ่นซีดีหรือ CD-Writer หรือ CD-Burner จะมีส่วนประกอบภายในเช่นเดียวกับเครื่องเล่นซีดี แต่นอกจากการใช่แสงเลเซอร์สำหรับอ่านข้อมูล (Read laser) แล้วยังมีแสงเลเซอร์สำหรับการเขียน (write laser) เพิ่มขึ้นมาอีก แสงเลเซอร์สำหรับการเขียนนี้จะมีความเข้มของแสงมากกว่าแสงสำหรับอ่าน ซึ่งจะทำให้ผิวของชั้นสารในแผ่นซีดีเกิดการเปลี่ยนแปลงได้ ในขณะที่แสงสำหรับอ่านจะไม่มีผลใด ๆ กับผิวของชั้นสาร เพียงแต่จะทำให้เกิดการสะท้อนกลับเพื่ออ่านข้อมูลเท่านั้น

รูปที่ 6.15 เครื่องเขียนแผ่นซีดี

ในการเขียนข้อมูลลงในแผ่น CD-R นั้น จะไม่มีการสร้างหลุมข้อมูลเหมือนกับการบันทึกในแผ่นปั๊มที่ผลิตจากโรงงานแต่อย่างใด แต่อาศัยเทคนิคบางประการที่ทำให้เกิดการสะท้อนที่แตกต่างกันไปเพื่อให้ผลเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แผ่น CD-R ใหม่ที่ยังไม่ได้บันทึกข้อมูลลงไป สารเคลือบในชั้นดายน์ของแผ่นจะมีความโปร่งแสงเหมือนกันตลอดทั้งแผ่น ส่วนที่เป็นพื้นผิวที่แสงผ่านได้นี้เราจะเรียกว่า แลนด์ (land) ซึ่งจะใช้รหัสเป็น 1 ในการเก็บข้อมูลในส่วนเนื้อพื้นผิวบริเวณนี้และเมื่อมีการบันทึกข้อมูลลงแผ่นซีดีด้วยไดร์ฟ CD-Writer ตัวไดร์ฟจะทำการยิงแสงเลเซอร์สำหรับเขียน (Write laser) ซึ่งมีความเข้มของแสงมากกว่าแสงที่ใช้ในการอ่าน (read laser) มากระทบยังพื้นผิวซีดี พื้นผิวในส่วนของดายน์ซึ่งโปร่งแสงอยู่เดิมก็จะถูกลำแสงเลเซอร์เผาไหม้จนทำให้บริเวณพื้นผิวนั้นทึบแสง ทำให้แสงสำหรับอ่านไม่สามารถผ่านและสะท้อนกลับได้ ซึ่งมีผลเช่นเดียวกับส่วนของหลุม บั๊มพ์ (Bump) ในแผ่นซีดีนั่นเอง โดยส่วนนี้ จะให้รหัสข้อมูลเป็น 0

รูปที่ 6.16 ลำแสงสำหรับเขียน

ด้วยความแตกต่างของส่วนของดายน์ในแผ่นดังกล่าว จะทำให้ลำแสงเลเซอร์ที่ยิงมาจากไดร์ฟซีดีรอมสามารถแยกแยะข้อมูลที่เขียนลงไปในแผ่นซีดีได้ และส่วนของ แลนด์ และบั๊มพ์ ก็จะมีผลทำให้ลำแสงเลเซอร์สะท้อนกลับแตกต่างกันออกไป ผลก็คือ ถ้าหากเราไปทำให้แผ่นซีดีบริเวณที่ใช้อ่านข้อมูลเป็นรอยขีดข่วน จะทำให้เครื่องเล่นซีดีหรือไดร์ฟซีดีรอมไม่สามารถแยกแยะแสงสะท้อนให้ถูกต้องได้ การสะท้อนแสงก็จะเกิดข้อผิวพลาด ผลสุดท้ายจะทำให้แผ่นนั้นอ่านสะดุดหรือไม่ก็ชำรุดเสียหายไปเลย

6.3.3 การบันทึกข้อมูลลงในแผ่น CD-RW

สารประกอบ Phase change compound นี้ จะเปลี่ยนแปลงถานะได้เมื่อถูกแสงเลเซอร์ที่มีความร้อนที่อุณหภูมิคงที่จุดหนึ่ง โดยเมื่อสารประกอบนี้ถูกความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 200 องศาเซนเซียส มันจะเปลี่ยนสถานะเป็นของแข็ง (Crystalline state) ซึ่งโปร่งแสง ให้แสงผ่านได้ และเมื่ออุณหภูมิเกิน 600 องศาเซนเซียสซึ่งเป็นจุดหลอมเหลว ซึ่งทึบแสง แผ่น CD-RW ใหม่ ๆ ที่ยังไม่ได้บันทึกข้อมูล ชั้นสารประกอบนี้จะอยู่ในสถานะ crystalline ทั้งแผ่น แสงจึงสามารถยิงผ่านและสะท้อนกลับได้ซึ่งจะให้รหัสข้อมูลเป็น 1 เช่นเดียวกับส่วนของแลนด์ เมื่อมีการเขียนข้อมูล CD-Writer ก็ยิงแสงเลเซอร์สำหรับเขียน (Write laser) ที่มีความเข้มและร้อนพอที่จะทำให้สารประกอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรงจุดนั้นหลอมเหลวและทำให้จุดนั้นทึบแสง เพื่อบันทึกแทนรหัส 0 เช่นเดียวกับส่วนของบั๊มพ์ในแผ่นซีดีปั๊มนั่นเอง

6.3.4 การลบข้อมูลในแผ่น CD-RW

ในการลบข้อมูลที่ถูกเขียนไว้แล้วนั้น ไดร์ฟ CD-Writer จะยิงแสงสำหรับลบ (Erase laser) ที่จะทำการเปลี่ยนสถานะของชั้นสารประกอบในจุดนั้นจากสถานะหลอมเหลวที่ทึบแสง ซึ่งมีรหัสเป็น 0 ให้กลับไปเป็นสถานะของแข็งที่โปร่งแสง เพื่อให้เขียนซ้ำได้ใหม่อีกครั้ง

รูปที่ 6.17 แสงเลเซอร์สำหรับการเขียน

6.4 แทร็ก (Track) และ เซสชั่น (Session)

โดยปกติแล้วเมื่อเราได้ทำการเขียนข้อมูลลงแผ่นซีดี ข้อมูลนั้นจะถูกบันทึกเป็นแนวเส้นที่เรียกว่า แทร็ก (Track) ซึ่งจะถูกบันทึกจากวงในสุดของแผ่นไล่ออกมายังวงนอกสุดคล้ายกับรูปก้นหอยวนออกมา จนเต็มแผ่นในขณะที่เซสชั่น (Session) จะเป็นส่วนที่บอกจุดเริ่มต้นและตำแหน่งสิ้นสุดในการเขียนข้อมูลแต่ละครั้งลงในแผ่นซีดี

รูปที่ 6.18 ลักษณะของแทร็กที่วนเป็นรูปก้นหอย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทของแทร็ก

แทร็กจะมีอยู่ 2 ประเภทตามชนิดของข้อมูลที่ถูกบันทึก คือ

1. แทร็กเพลง (Audio Track)

เป็นแทร็กที่ในการเก็บเพลงที่เล่นตามเครื่องเล่นทั่วๆไป(แต่ไม่รวมMP3) โดยจะเก็บแต่ละเพลงเป็นแทร็ก ถ้าบันทึกเพลงลงไปในแผ่นซีดีซัก10เพลง เครื่องจะทำการสร้างแทร็กเพลงทั้งหมด 10 แทร็ก ต่อ 1 เซสชั่น ซึ่งประโยชน์ของแทร็กนั้นจะช่วยให้สารถเล่นเพลงได้ก่อนหลังโดยไม่จำเป็นว่าต้องเล่นเพลงตามลำดับนั่นเอง

2. แทร็กข้อมูล (Data Track)

เป็นแทร็กที่ใช้ในการเก็บข้อมูล(Data) ทั่วๆไป ไม่ว่าจะเป็นไฟล์ของโปรแกรม Word (.doc), Excel (.xls), Text Document (.txt) และไฟล์งานต่างๆ ซึ่งโดยทั่วไปเมื่อเราบันทึกข้อมูลลงในแผ่นซีดีนั้นในครั้งแรก เครื่องจะบันทึกข้อมูลที่เราเลือกไว้ขณะนั้นลงในแทร็กเดียวกัน ซึ่งจะได้ 1 แทร็ก ต่อ 1 เซสชั่น

หากเราบันทึกเพลงและข้อมูลในแผ่นซีดีเดียวกันเครื่องจะสร้างเซสชั่นเป็น 2 เซสชั่นคือ เซสชั่นของเพลง (Audio Track) และเซสชั่นของข้อมูล (Data Track) นั่นเอง

6.5 มัลติเซสชั่น (Multi Sessions)

เซสชั่น (Session) เป็นส่วนที่บกจุดเริ่มต้นและตำแหน่งสิ้นสุดในการเขียนข้อมูล แต่ละครั้งลงในแผ่นซีดี ไม่ว่าจะเป็นแทร็กเพลง (Audio Track) หรือข้อมูล (Data Track) อย่างน้อยที่สุดถ้าเราได้บันทึกข้อมูลในแผ่นซีดีในครั้งแรกก็จะได้ 1 แทร็ก ต่อ 1 เซสชั่น (ซึ่งภายในเซสชั่นก็มีแทร็กอยู่ข้างในเสมอ) และในการบันทึกข้อมูลลงในแผ่นซีดีนั้นเราสามารถบันทึกได้หลายเซสชั่น ซึ่งเรียกว่า การบันทึกมัลติเซสชั่น (Multi Sessions) ซึ่งขึ้นอยู่กับว่าเราได้ทำการเปิด- ปิด เซสชั่น ทิ้งไว้หรือไม่ ส่วนจำนวนครั้งที่ได้ทำการบันทึกนั้น ถ้าเป็นแทร็กเพลงเราจะนิยมบันทึก ในครั้งเดียว(จะมีกี่เพลงก็ได้) ต่อ1เซสชั่น โดยแต่ละเพลงก็จะอยู่คนละแทร็กกัน ในขณะที่แทร็กข้อมูลจะสามารถบันทึกลงแผ่นซีดีแผ่นเดียวกันได้หลายๆครั้ง ผลก็คือจะได้แทร็กและเซสชั่นตามจำนวนครั้งที่ลงบันทึกที่ทำการบันทึก อาทิเช่น ถ้าเราได้บันทึกข้อมูลไป 4 ครั้ง ก็จะได้4 แทร็ก 4 เซสชั่นนั่นเอง แต่การบันทึกเพลงซ้ำหลายๆครั้งในแบบมัลติเซสชั่น (Multi Sessions) ไม่เป็นที่นิยมบันทึกกัน เพราะจะเป็นการเปิดเซสชั่นว่างทิ้งไว้ ซึ่งจะมีผลทำให้เครื่องเล่นเพลงค้นหาเพลงไม่เจอ เสมือนว่าเพลงนั้นไม่มีอยู่ในแผ่นเลย ดังนั้นการบันทึกเพลงจึงควรจะคำนวณเพลงให้พอเหมาะกับพื้นที่ในซีดีเพื่อไม่ให้เนื้อที่สูญเปล่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 7
การสร้างและการออกแบบ

หนังสือเล่า ประกอบขึ้นด้วยสองส่วนได้แก่ข้อมูลหรือเสียงอ่านที่อยู่บนแผ่นซีดีและเครื่องอ่าน เพื่อเป็นการทดสอบรูปแบบของการเก็บข้อมูลเสียง และการควบคุมฟังก์ชันของเครื่องเล่นซีดีในเบื้องต้นได้ ออกแบบหนังสือเล่าโดยใช้ซอฟต์แวร์บนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จากนั้นได้ออกแบบฮาร์ดแวร์ ที่สามารถควบคุมเครื่องเล่นซีดีได้โดยไม่ต้องใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

7.1 การสร้างและออกแบบการควบคุมซีดีรอมโดยใช้โปรแกรม Visual basic 6

ในการออกแบบโปรแกรมควบคุมซีดีรอมโดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์นั้น เราได้ใช้โปรแกรม Visual basic 6 ในการเขียนโปรแกรมทดลองควบคุมซีดีรอม เพราะง่ายต่อการเขียนโปรแกรมและควบคุม โดยใช้ความสามารถของ win32 API

สาเหตุที่ใช้ Visual basic 6 ในการเขียนโปรแกรม

1. ง่ายต่อการเรียนรู้เหมาะสมสำหรับผู้ที่เริ่มต้น ทั้งในเรื่องไวยากรณ์ของภาษาเองและเครื่องมือกรใช้งาน ดังชื่อที่บอกว่า Basic เหมาะสำหรับผู้ที่เริ่มต้น

2. ความนิยมของภาษา โดยอาจกล่าวได้ว่า ภาษา basic นั้นเป็นภาษาที่มีคนเรียนรู้และใช้งานมากที่สุด

3. การพัฒนาอย่างต่อเนื่อง การปรับปรุงประสิทธิภาพในด้านของตัวภาษาและความเร็วของการประมวลผล และในเรื่องของความสามารถใหม่ ๆ เช่น การติดต่อฐานข้อมูล การเชื่อมต่อเครือข่ายอินเตอร์เน็ต

4. ผู้พัฒนาสำคัญของ Visual basic คือบริษัทไมโครซอฟซึ่งจัดว่าเป็นยักษ์ใหญ่ เราจึงสามารถมั่นใจได้ว่า Visual basic จะยังมีการพัฒนาปรับปรุง

7.1.1 Win32 API

Win32 API ย่อมาจาก win 32 Application Programming Interface ซึ่งก็คือ Function ในการควบคุมการทำงานของระบบปฏิบัติการ win 32 จะถูกเก็บไว้ใน c:/window /system 32 ใน (xp) และใน c:/window/system (ใน win x 95,98,me)ซึ่งอยู่ในรูปแบบไฟล์ ".dll" Function เหล่านี้ จะถูกระบบปฏิบัติการเรียกใช้ขณะที่ระบบปฏิบัติการกำลังทำงานอยู่ เราสามารถดึง Function เหล่านี้มาใช้ในการพัฒนาโปรแกรมให้มีความสามารถเหมือนกับระบบปฏิบัติการได้ เช่นการเขียนโปรแกรมการควบคุมการปิดคอมพิวเตอร์โดยใช้ Visual Basic การควบคุม CD- ROM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การควบคุมซีดีรอม ด้วยฟังก์ชั่น MciSendString คุณสมบัติของฟังก์ชัน MciSendString สามารถจะกำหนดให้ควบคุมCD ROM ระบบปฏิบัติการที่สนับสนุน API function นี้: Windows NT 3.1 ขึ้นไป, Windows XP, Windows2000; ส่วน Win9x/ME ไม่สนับสนุนฟังก์ชั่นนี้

7.1.2 รูปแบบประกาศฟังก์ชั่น

Private Declare Function mciSendString Lib "winmm.dll" Alias "mciSendStringA" _ (ByVal lpstrCommand As String, ByVal lpstrRcturnString As String, _ ByVal uReturnLength As Long, ByVal hwndCallback As Long) As Long

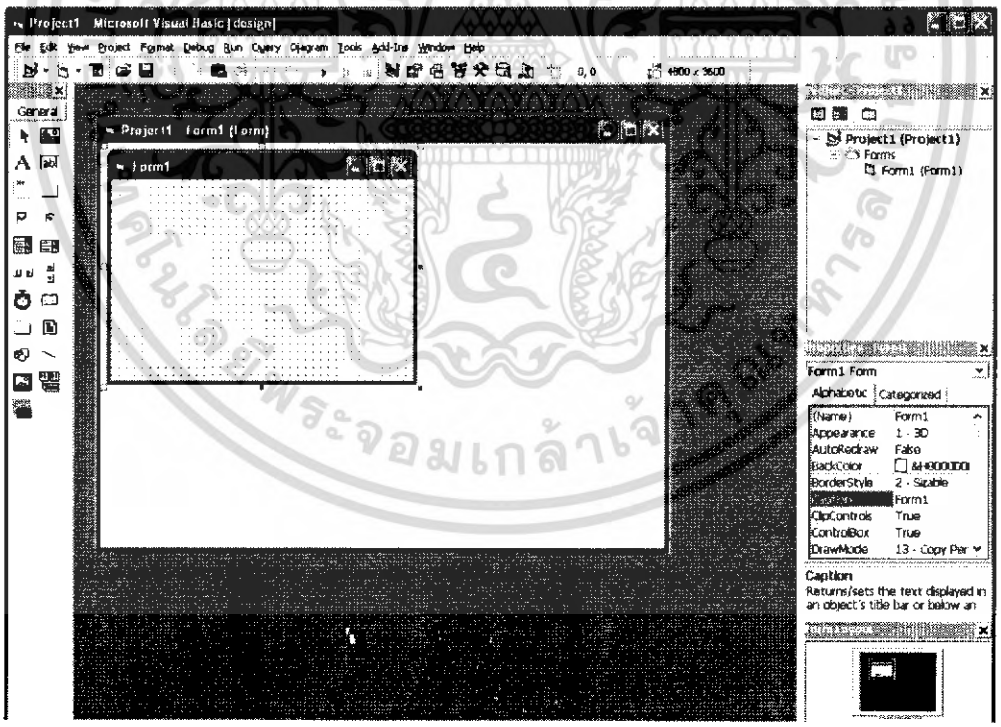
7.1.3 ความหมายและหน้าที่ของตัวแปรที่ใช้ใน Function

LpszCommand: คำสั่งสำหรับให้ทำการ

LpszReturnString: ไว้รับค่า Output ส่งกลับจาก Command ที่ส่งไป แต่ถ้าไม่มีค่า ก็จะไม่สนใจ

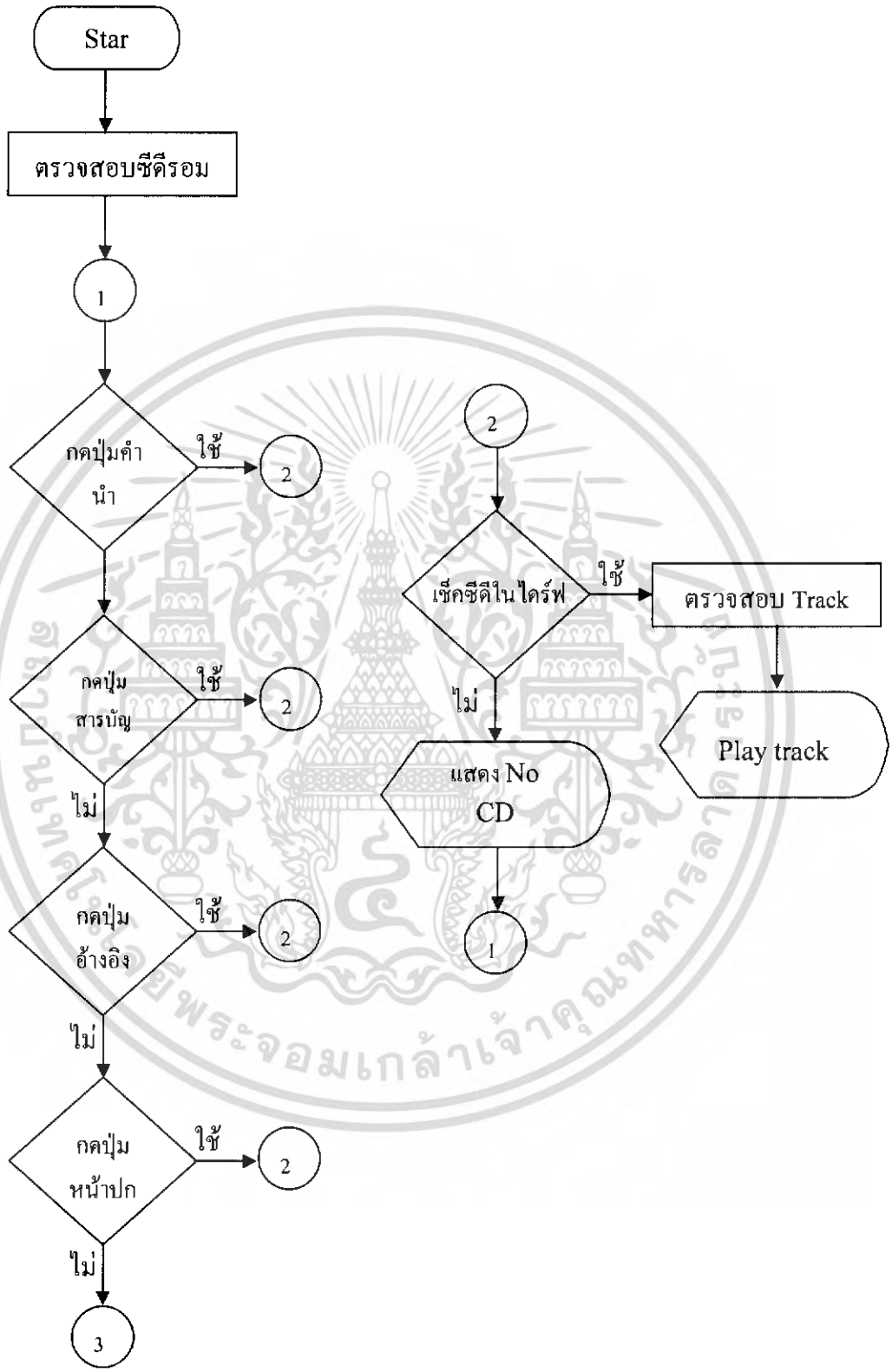
chetrum: ค่าความยาวของ String ตัวแปรชื่อ lpszReturnString.

HwndCallback: ค่า Handle หากมีการแจ้งค่าที่แฟกกำหนดไว้ ตัวนี้จะไปรับค่า MM_MCINOTIFY message แสดงว่าการทำงานสมบูรณ์แล้ว



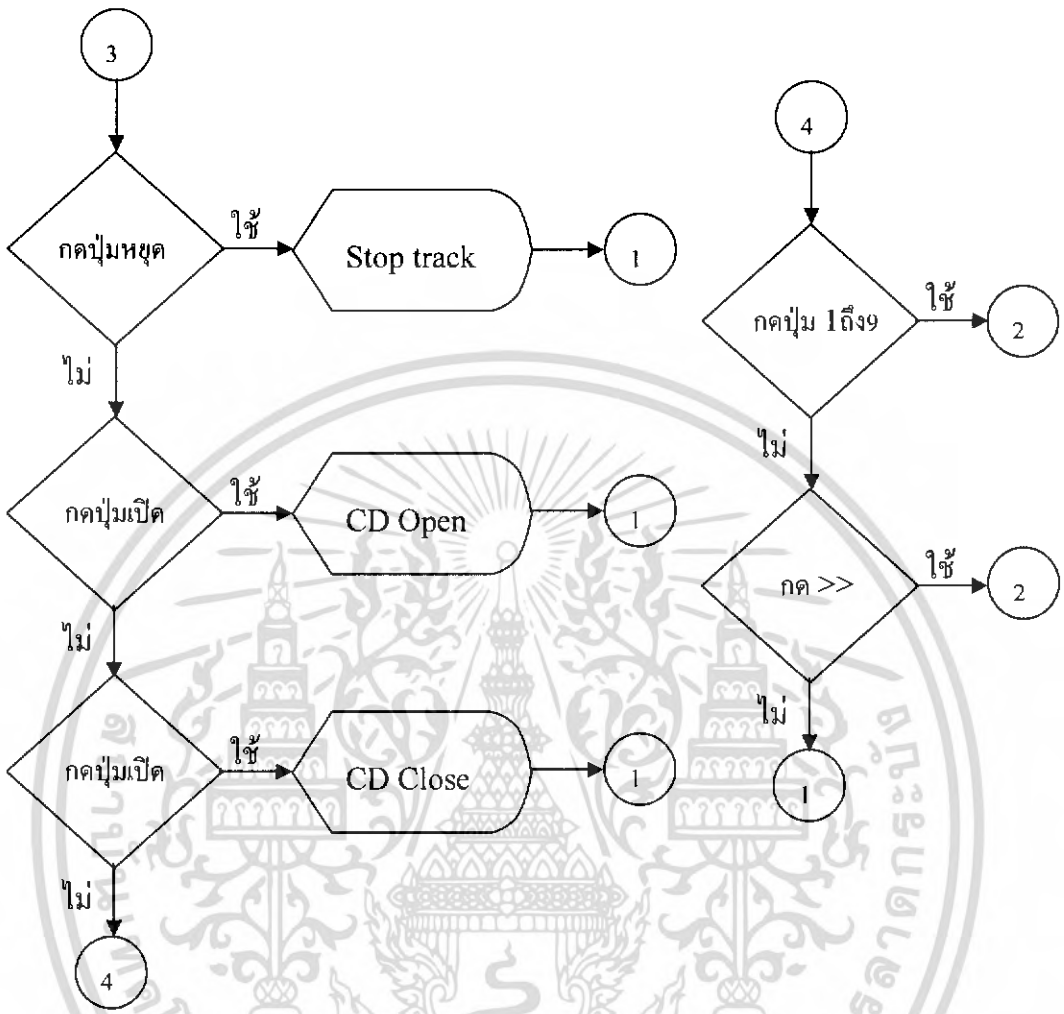
รูปที่ 7.1 ลักษณะของตัวโปรแกรม Visual basic 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 7.2 Flowchart ของกาควบคุม CD-Rom

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

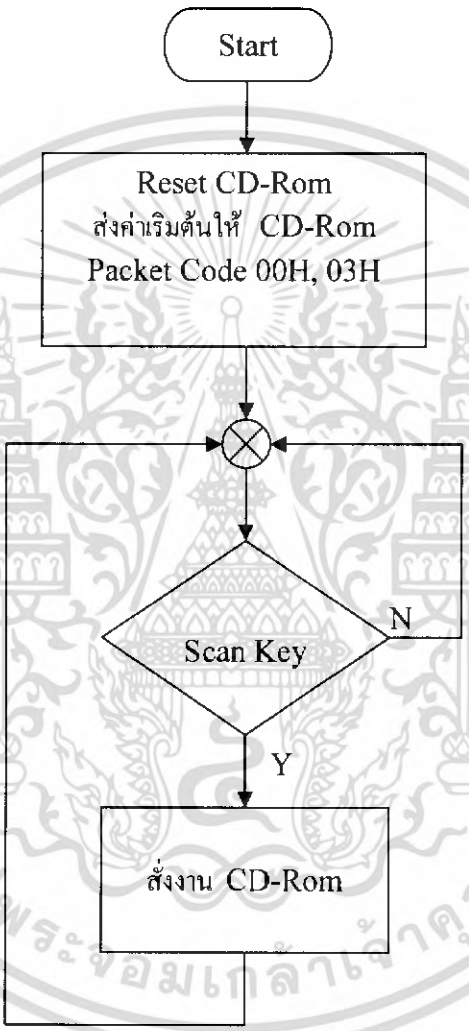


รูปที่ 7.3 Flowchart ของกาควบคุม CD-Rom (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2 การสร้างและออกแบบการควบคุมซีดีรอมโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

โครงงานจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ควบคุมการทำงาน ในการสแกนคีย์ ควบคุมภาคจ่ายไฟ และควบคุม CD-ROM ให้ทำงานเป็นเครื่องเล่น CD AUDIO โดยโฟลว์ชาร์ต การทำงานโปรแกรมหลักแสดงดังรูปที่ 8.4

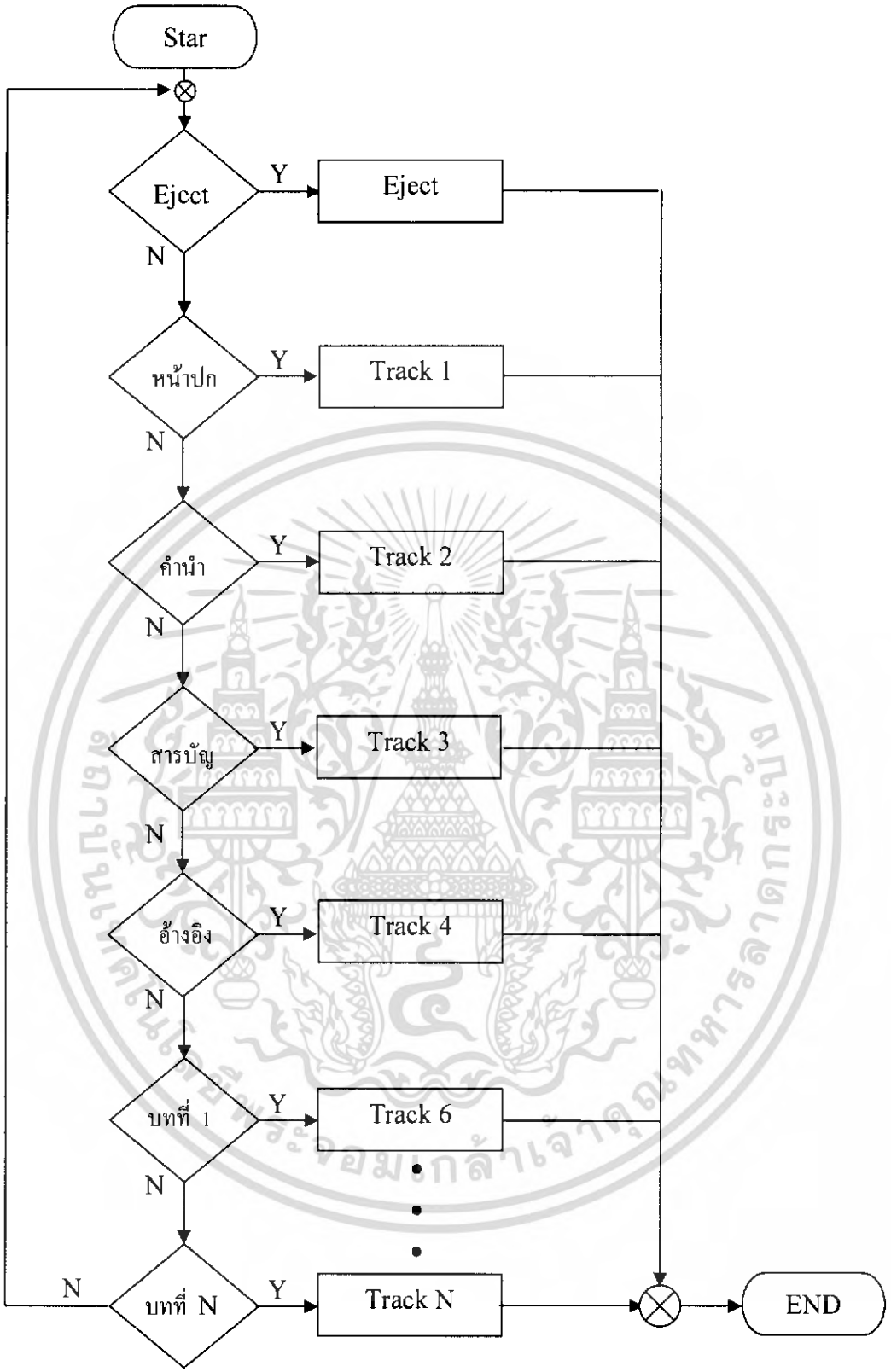


รูปที่ 7.4 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมหลัก

7.2.1 โฟลว์ชาร์ตของการ Scan Key

จะเป็นการตรวจสอบการทำงานของสวิตช์ว่ามีการกดปุ่มต่างๆ เข้ามาหรือไม่ ถ้ามีการกดก็จะกระโดดไปทำตามคำสั่งของปุ่มต่างๆที่กำหนดไว้แสดงดังรูปที่ 8.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

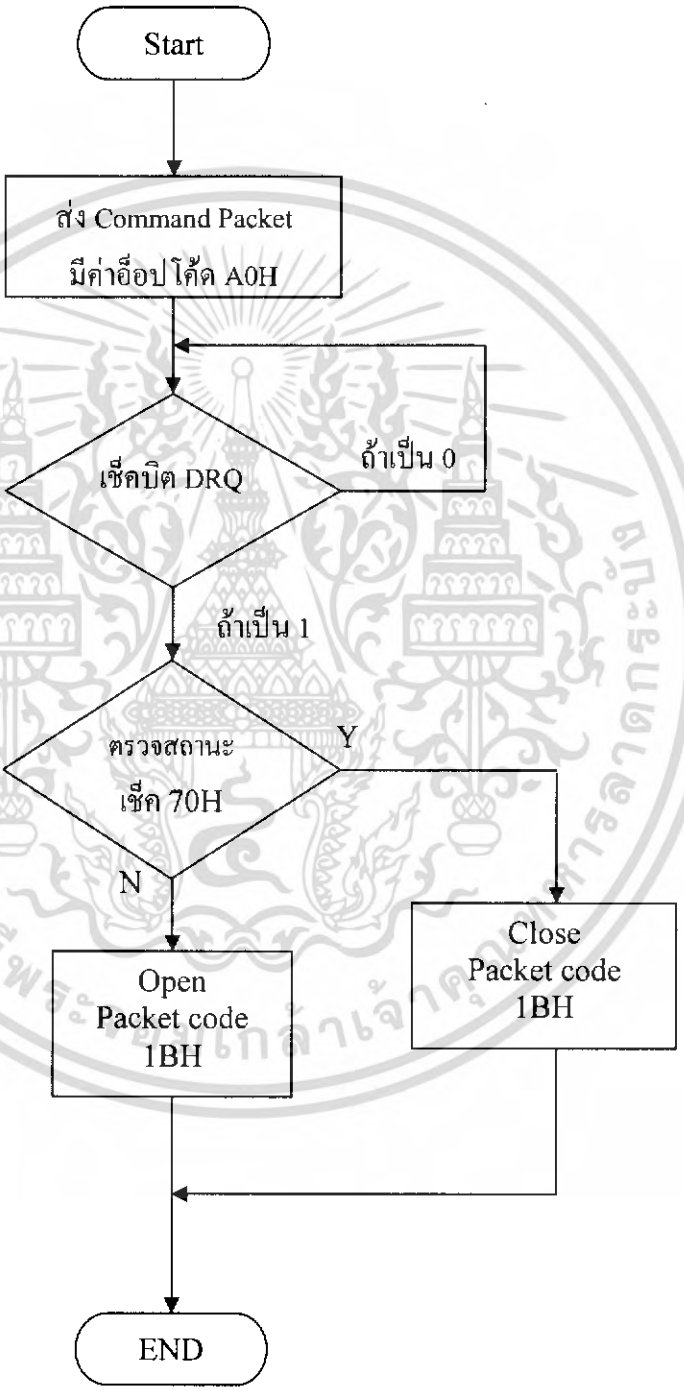


รูปที่ 7.5 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยส่วน Scan Key

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.2 โฟลว์ชาร์ตของการ Eject

ใช้สำหรับเลื่อนถาดเข้าออกเพื่อเปลี่ยนแผ่น CD โดยการส่ง Command Packet มีค่าอ็อปโค้ด A0H เพื่อบอกตัว CD-ROM ให้ติดต่อแบบ ATAPI แล้วจึงส่งค่าอ็อปโค้ด 1BH เป็นคำสั่งสำหรับ การ Eject

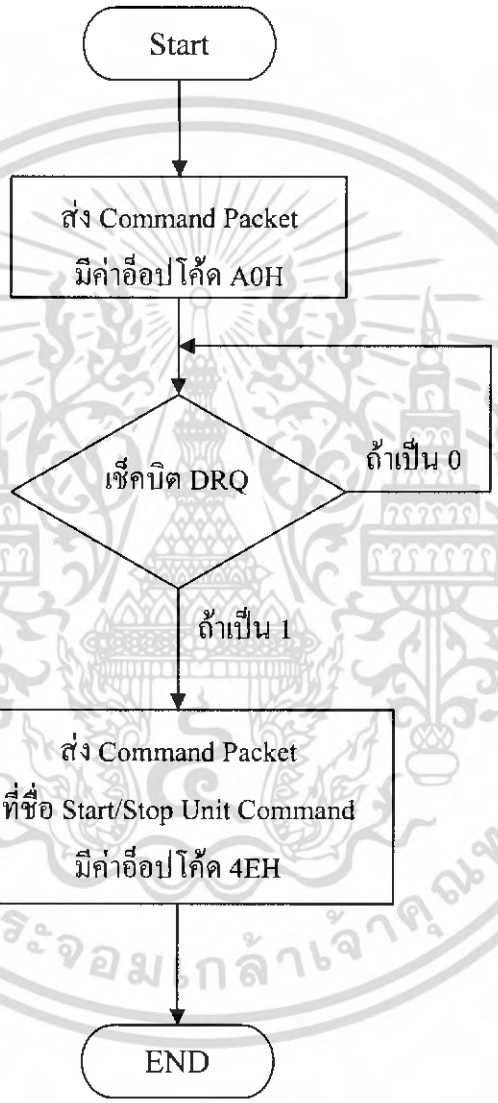


รูปที่ 7.6โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยส่วน Eject

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.3 โฟลว์ชาร์ตของการ Stop

ใช้สำหรับหยุดการเล่นแผ่น CD AUDIO โดยการส่ง Command Packet มีค่าอ็อปโค้ด A0H เพื่อบอกตัว CD-ROM ให้ติดต่อแบบ ATAPI แล้วจึงส่งค่าอ็อปโค้ด 4EH เป็นคำสั่งสำหรับ การ Stop



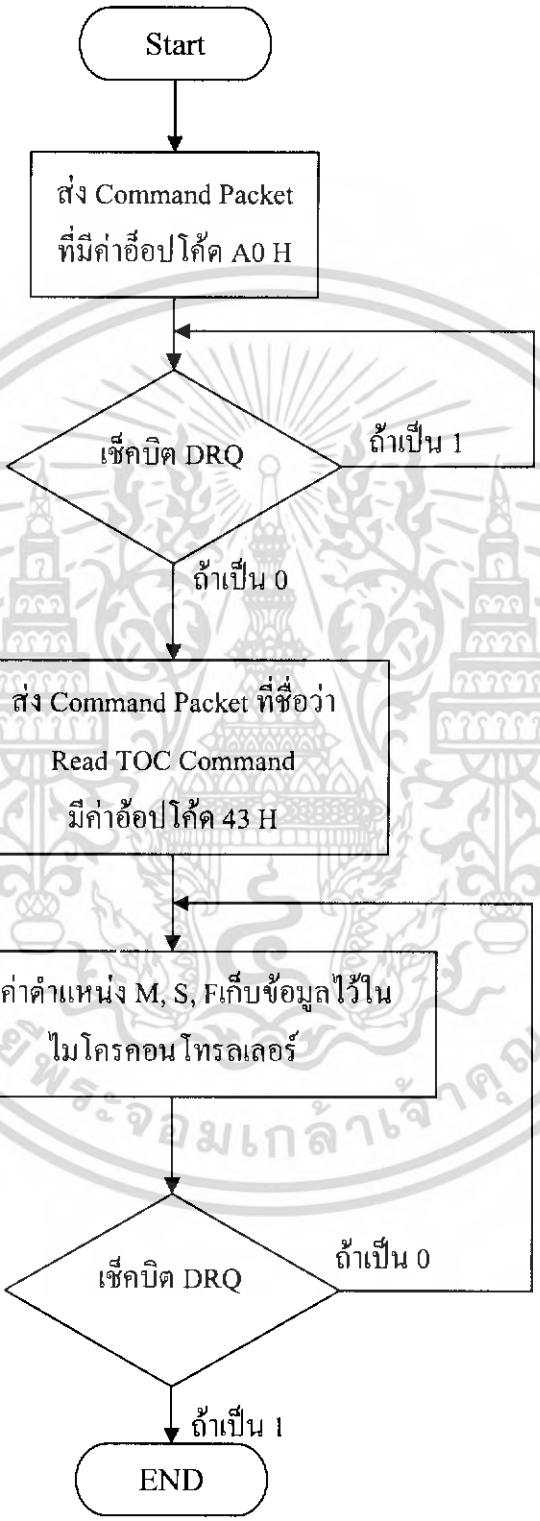
รูปที่ 7.7 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยส่วน Stop

7.2.4 โฟลว์ชาร์ตของการ Read TOC

การ Read TOC เป็นการอ่านหาตำแหน่งที่อยู่ของแต่ละแทร็กเพื่อนำมาใช้ในการเล่นเพลง โดยใช้คำสั่ง READ TOC ซึ่งมีค่าอ็อปโค้ด 43H จากนั้นจะนำข้อมูลที่จำเป็นในที่นี้ ได้แก่ First

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Track Number, Last Track Number M, S, F มาใช้เพื่อการเลื่อน Track ต่อไป การทำงานในส่วนนี้อธิบายได้ดังโฟลร์ชาร์ท รูปที่ 7.8

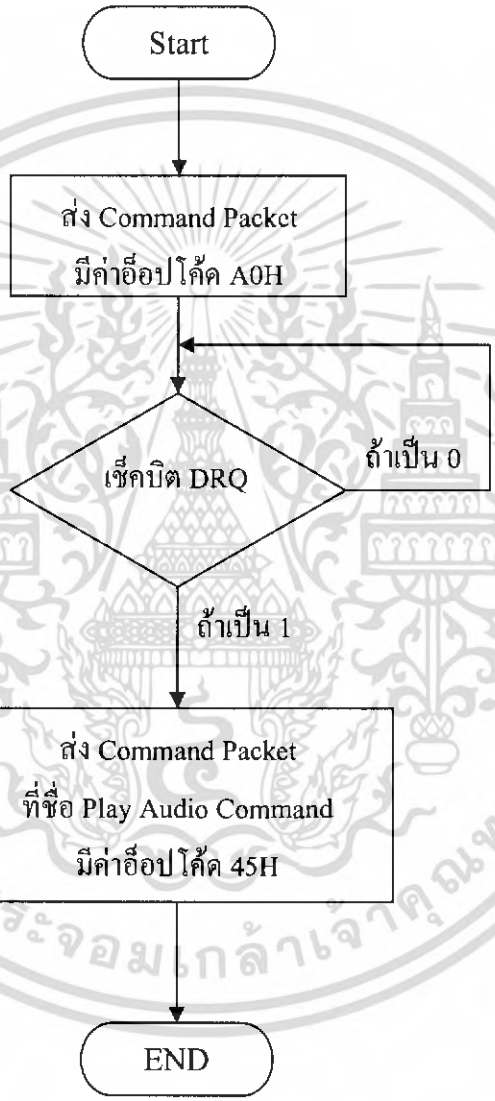


รูปที่ 7.8 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยส่วน Read TOC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.5 โฟลว์ชาร์ตของการ Play

ใช้สำหรับเล่นแผ่น CD AUDIO โดยการส่ง Command Packet มีค่าอ็อปโค้ด A0H เพื่อบอกตัว CD-ROM ให้ติดต่อแบบ ATAPI แล้วจึงส่งค่าอ็อปโค้ด 45H เป็นคำสั่งสำหรับการ Play

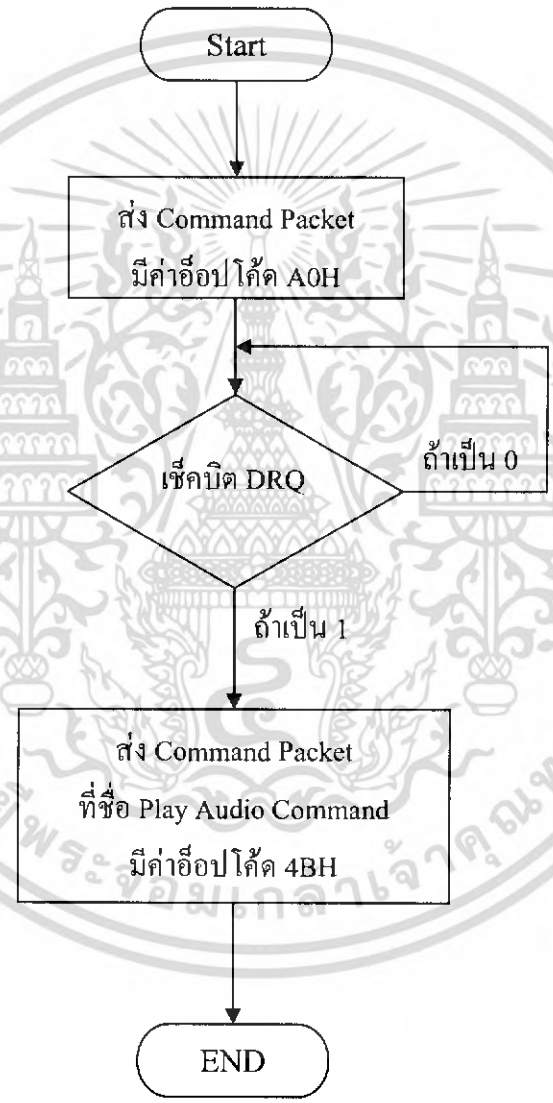


รูปที่ 7.9 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยส่วน Play

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.6 โฟลว์ชาร์ตของการ Pause

ใช้สำหรับหยุดเล่นแผ่น CD AUDIO ชั่วขณะโดยการส่ง Command Packet มีค่าอ็อปโค้ด A0H เพื่อบอกตัว CD-ROM ให้ติดต่อแบบ ATAPI แล้วจึงส่งค่าอ็อปโค้ด 4BH เป็นคำสั่งสำหรับการ Pause



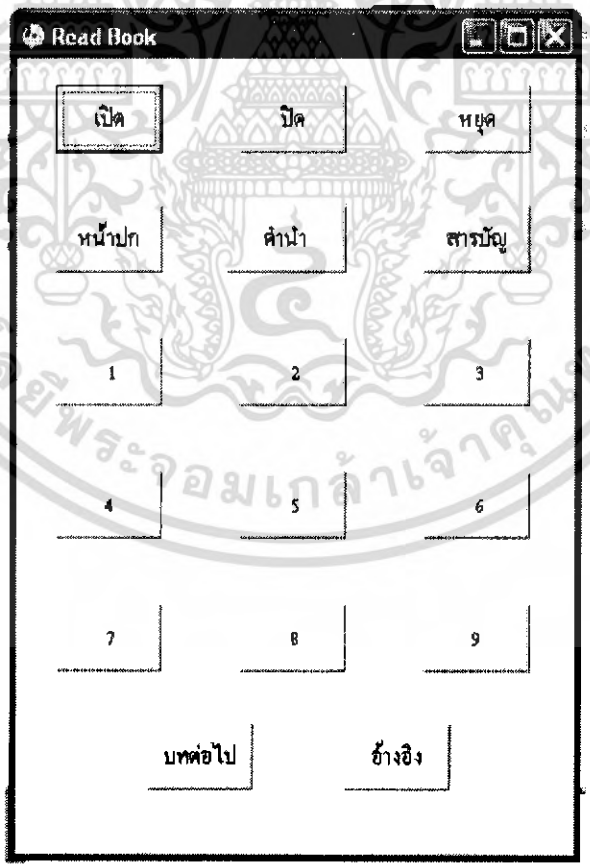
รูปที่ 7.10 โฟลว์ชาร์ตโปรแกรมย่อยส่วน Pause

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 8
การทดลองและผลการทดลอง

8.1 การทดลองและผลการทดลองของการเขียนโปรแกรมควบคุม CD-ROM โดยใช้ Visual basic 6

จากการทดลองเขียนโปรแกรมควบการทำงานของ CD-ROM โดยใช้ภาษา Visual basic 6 และใช้ฟังก์ชัน Mcisendstring สามารถทำงานตามฟังก์ชันทั่วไปของเครื่องเล่น CD เช่น การกด Play, Stop, Eject เป็นต้น จากนั้นได้ทดลองจำลองหน้าตาของงานจริงที่คิดว่าจะนำไปใช้งานจริง โดยการใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 โดยจำลองตัวหน้าตาดังรูปที่ 9.1 โดยถ้ากดปุ่มไหนก็ให้ไปเล่นแผ่น CD ใน CD-ROM ตาม Track ที่กำหนดไว้ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 จากการทดลองสามารถตัวโปรแกรมสามารถควบคุม CD-ROM ได้และเมื่อกดปุ่มก็สามารถเล่นแผ่น CD ตาม Track ที่เราต้องการได้ แต่ฟังก์ชัน Mcisendstring สนับสนุนเฉพาะ Windows XP, Windows 2000 เท่านั้น



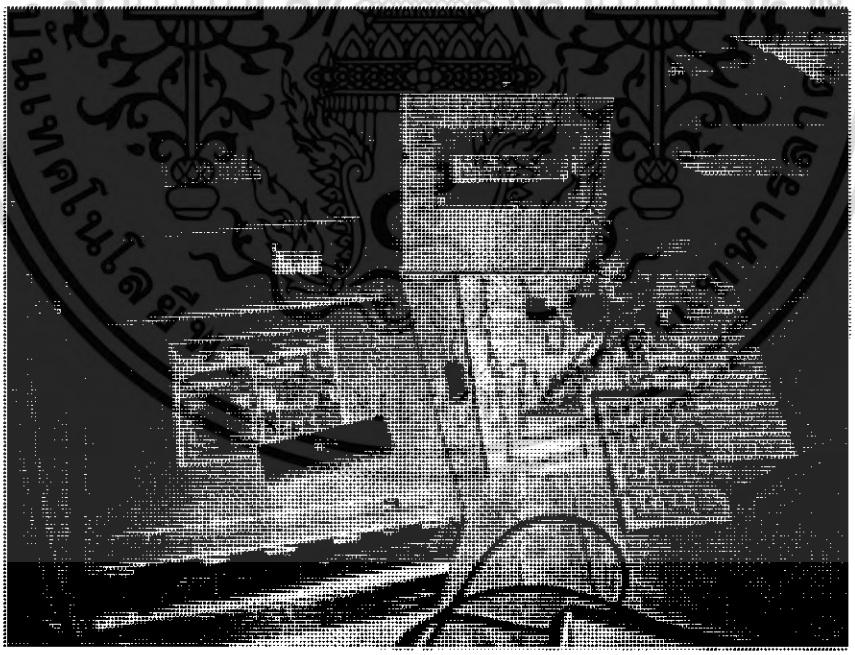
รูปที่ 8.1 ลักษณะของตัวโปรแกรมทดลองควบคุม CD-ROM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.2 การทดลองและผลการทดลองของชิ้นงานจริงโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51

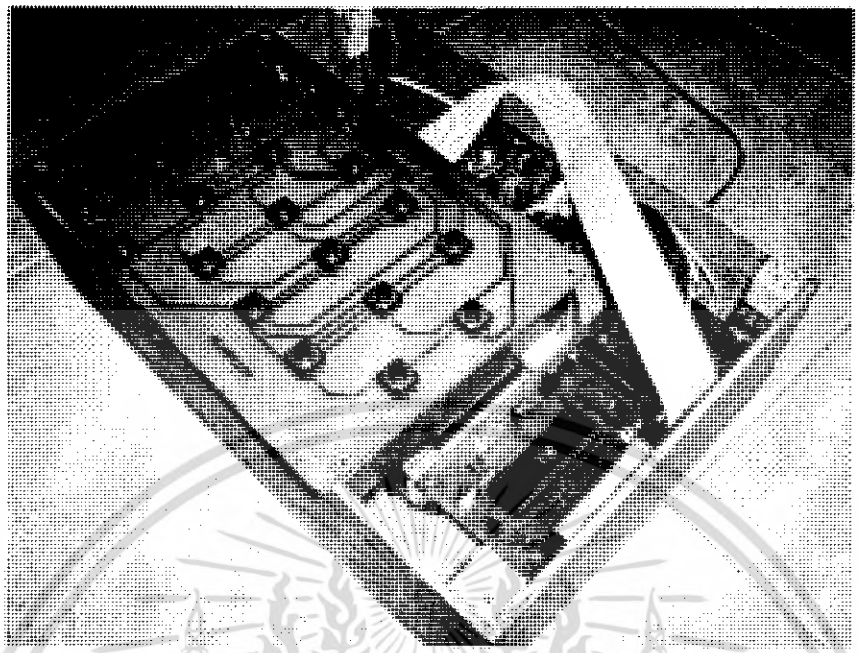
ในการทำชิ้นงานจริงสิ่งที่เป็นปัญหาของโครงงานคือ การเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของตัว CD-ROM ให้สามารถทำงานตามฟังก์ชันทั่วไปของเครื่องเล่น CD AUDIO ให้ได้เสียก่อนแล้วหลังจากนั้นจะเขียนโปรแกรมรับคำสั่งจากปุ่มกด โดยแต่ละปุ่มจะกำหนดเป็น Track ไว้แน่นอน (ยกเว้นปุ่มฟังก์ชันทั่วไปของเครื่องเล่น CD AUDIO) ซึ่งได้กำหนดเป็นมาตรฐานไว้โดยได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 ซึ่งมีวงจรใช้งานดังรูปในภาคผนวก ได้ทำการทดลองต่อกับ CD-ROM หลายรุ่นเพื่อทดสอบการทำงานได้ผลเป็นดังนี้

ASUS 52X	สามารถทำงานได้ดี
ASUS RW	สามารถทำงานได้ดี
LITE ON DVD 16X	สามารถทำงานได้ทุกฟังก์ชัน ยกเว้นการเลื่อน track
LITE ON RW	สามารถทำงานได้ดี
LG DVD 16X	สามารถทำงานได้ทุกฟังก์ชัน ยกเว้นการเลื่อน track



ก.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ข.

รูปที่ 8.2 (ก,ข) แสดงการทดลองการทำงานของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 9
บทสรุป

ในปริญญานิพนธ์ได้รายงานการออกแบบสร้างหนังสือเล่า ซึ่งสามารถใช้ได้กับ ผู้พิการทางสายตา ผู้สูงอายุ หรือเด็กเล็กที่ยังไม่สามารถอ่านหนังสือได้ โดยการบันทึกเสียงอ่านในแต่ละส่วนของหนังสือ ไว้ในรูปแบบไฟล์ของระบบปฏิบัติการวินโดว์ การพัฒนาเป็นสองส่วน คือส่วนแรกใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องอ่านโดยการเขียนโปรแกรมควบคุม CD-ROM โดยใช้ Visual basic 6 แสดงภาพเมนูหน้าจอ ที่สามารถควบคุมฟังก์ชันการใช้งาน CD-ROM เลือกบทหนังสือที่อ่านได้ ซึ่งก็สามารถใช้งานได้ดี สามารถพัฒนาต่อทางด้านกราฟฟิคส์ให้เป็นลักษณะที่ใกล้เคียงกับการใช้หนังสือจริงได้ และสามารถติดต่อกับฮาร์ดดิสค์ได้ และสามารถเล่นไฟล์ได้หลายรูปแบบ

แต่ปัญหาของตัวโปรแกรมไม่สามารถรองรับระบบปฏิบัติการ ME ได้ และตัวของฟังก์ชันที่ใช้ยังไม่สามารถใช้กับเครื่องเล่น CD-ROM บางยี่ห้อเท่านั้น

ในส่วนที่สองของโครงงานนี้ ได้ออกแบบฮาร์แวร์ควบคุมฟังก์ชัน ของ CD-ROM โดยตรงโดยใช้ไมโครคอนโทรเลอร์ MCS-51 เพื่อไม่ต้องพึ่งพาไมโครคอมพิวเตอร์ และใช้งานหรือเคลื่อนย้ายโดยสะดวก จากผลการทดสอบ ปรากฏว่าใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์

ปัญหาของระบบคือยังไม่สามารถใช้กับเครื่องเล่น CD-ROM บางยี่ห้อเท่านั้น และปัญหาอีกจุดหนึ่งคือ Power Supply เนื่องจากตัว CD-ROM จะใช้พลังงานสูง อยู่ระหว่าง 20 ถึง 25 W ทำให้ยังไม่สามารถใช้กับแบตเตอรี่ขนาดเล็กได้ และต้องหาวิธีให้ประหยัดพลังงานมากที่สุดด้วย

นอกจากนี้ รูปแบบการเก็บข้อมูลเสียงยังไม่ได้มีการบีบอัดให้คือเป็นไฟล์ Audio ที่ CD-ROM สามารถอ่านได้เลยโดยไม่ต้องถอดรหัสของไฟล์ จึงทำการเก็บข้อมูลต่อแผ่นซีดีมีจำกัด

จากโครงงานนี้ทางคณะผู้จัดทำเล็งเห็นว่าได้ประโยชน์ในการปรับปรุงพัฒนาต่อไปได้ในอนาคตในเรื่องของการอินเทอร์เฟสที่ต้องใช้มาตรฐาน ATA หรือ ATAPI ที่ใช้กันในฮาร์ดดิสก์หรือซีดีรอมไดร์ฟ ในไฟล์รูปแบบอื่นๆ เช่น MP3, WMA โดยต้องใช้ตัวของการ์ดถอดรหัสเพิ่มเติมขึ้นมาและพัฒนาให้เล่นได้ทั้งภาพและเสียงเสมือนเครื่องเล่น VCD ทำให้เกิดความน่าสนใจมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

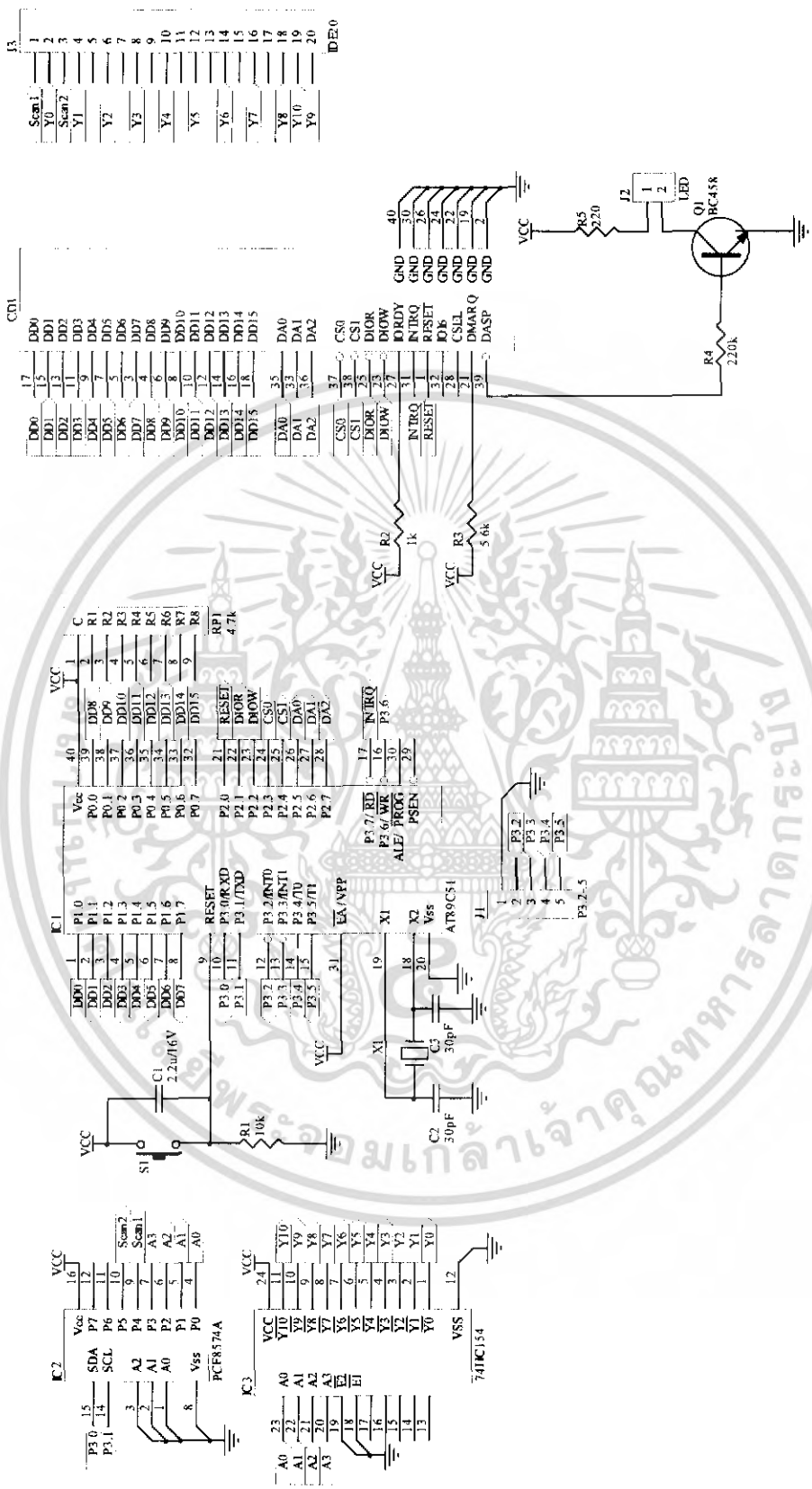
บรรณานุกรม

1. อุดม จีนประดับ,"ไมโครคอลโทรลเลอร์ MCS-51 Microcontroller MCS-51", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 249 หน้า
2. ฉันทวุฒิ พืชผล และ พิชิต สันติกุลานนท์, "คู่มือเรียน Visual Basic 6", กรุงเทพฯ: โปรวิชั่น, 2542,272 หน้า
3. สมศักดิ์ เลอยุกต์, "เทคนิคสารพันสร้างสรรค์งาน CD", กรุงเทพฯ: ซอฟท์เพรส, 2546, 296 หน้า
4. อภิรักษ์ นามแถ่ง, เครื่องแปลง CD-ROM เป็นเครื่องเล่น CD สำหรับฟังเพลง, "วารสารเซมิคอนดักเตอร์-อิเล็กทรอนิกส์", ฉบับที่ 265, 2547, หน้า 161-168
5. อารัมภีย์ จันทร์ใย, เครื่องแปลง CD-ROM เป็นเครื่องเล่น VCD, "วารสารเซมิคอนดักเตอร์-อิเล็กทรอนิกส์", ฉบับที่ 271, 2548, หน้า 149-155
6. ข้อมูล ATAPI จาก http://www.t13.org/
7. Darren Hill, "Standalone CD-ROM Audio Controller", Loughborough University, 16 Pages
8. Ken Bromham, Pandora's Sound & Music Box, "elector electronics", Vol. 4, 2004, pp 52-57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

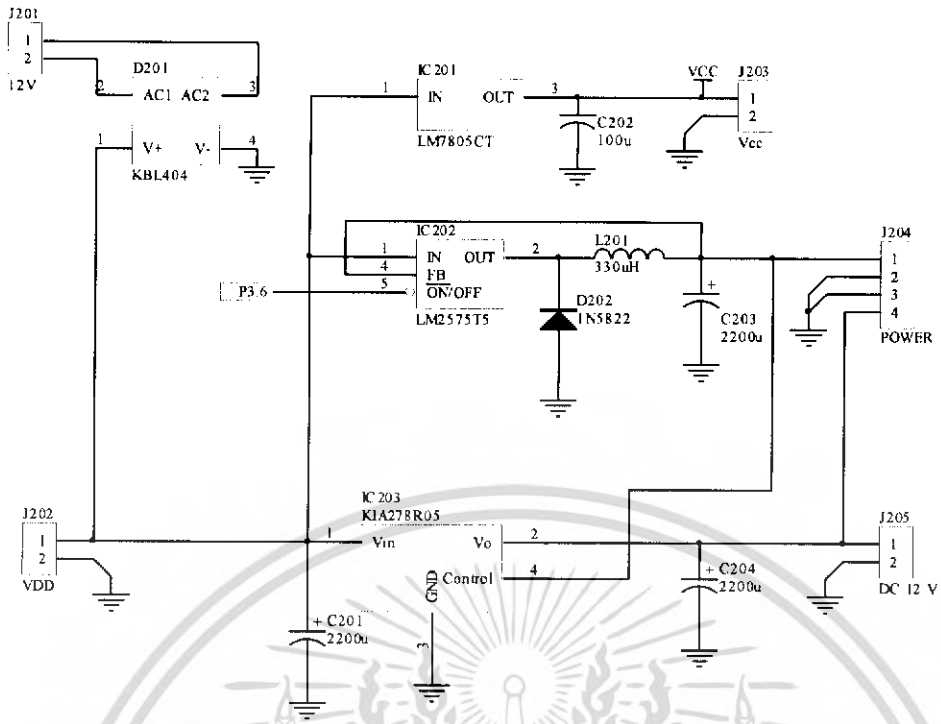
ภาคผนวก ก
วงจรใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

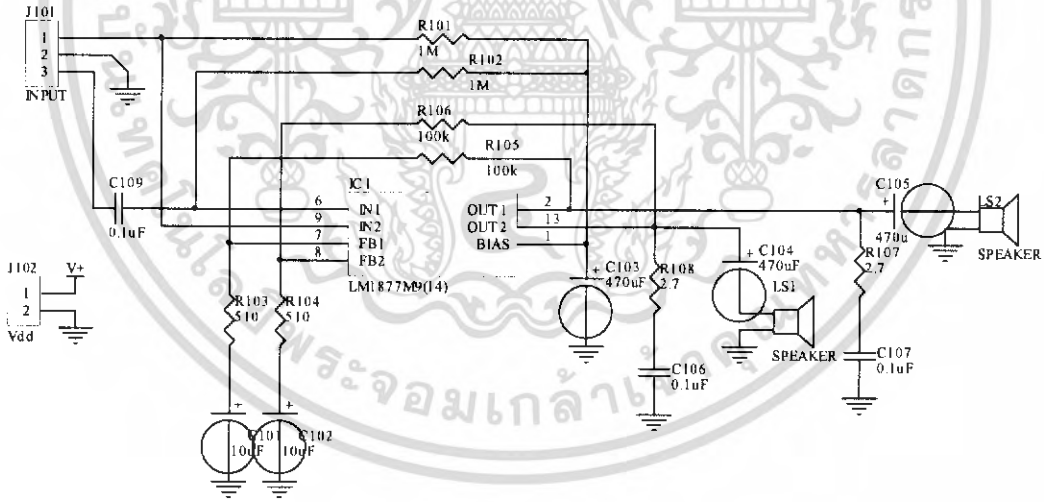


วงจรใช้งานควบคุม CD-ROM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

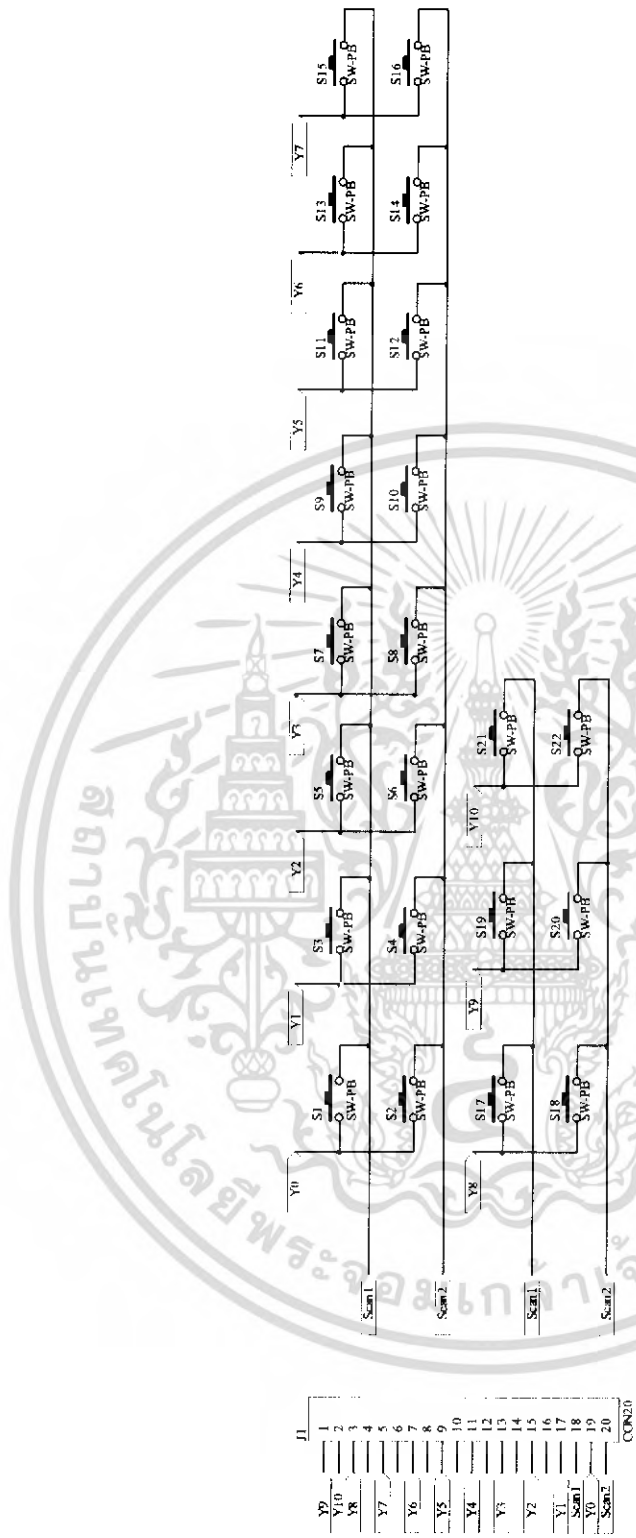


Power Supply



Amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



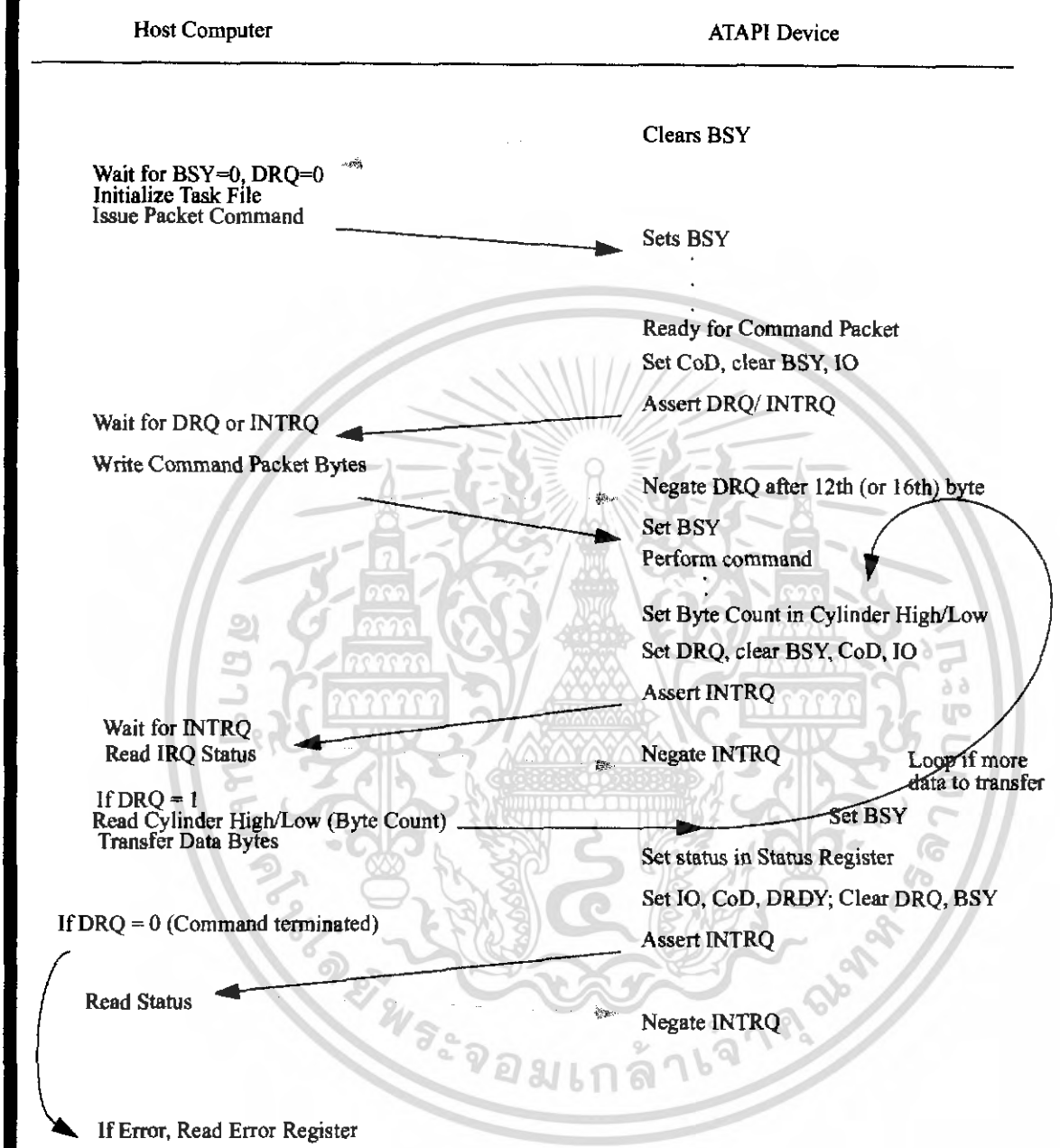
Key Switch

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ATAPI CD-ROM specification READ TOC Command

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Solid Lines indicate control flow, and dotted lines are actions taken but without direct control flow change occurring.
This Diagram is for Visualization only, design to text.

Figure 4 - Packet Command with PIO Data Out from Host

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8.5.1 Packet Command Not Ready Status Utilization

Table 26 - Not Ready Error Reporting (by Command)

Command	Opcode	May Return Not Ready Error
INQUIRY	12h	No
LOAD / UNLOAD CD	A6h	Yes
MECHANISM STATUS	BDh	No
MODE SELECT(10)	55h	No
MODE SENSE(10)	5Ah	No
PAUSE/RESUME	4Bh	Yes
PLAY AUDIO	45h	Yes
PLAY AUDIO MSF	47h	Yes
PLAY CD	BCh	Yes
PREVENT/ALLOW MEDIUM REMOVAL	1Eh	See Actions for Lock / Unlock / Eject on page 136 for Actions allowed
READ(10)	28h	Yes
READ(12)	A8h	Yes
READ CD-ROM CAPACITY	25h	Yes
READ CD	BEh	Yes
READ CD MSF	B9h	Yes
READ HEADER	44h	Yes
READ SUB-CHANNEL	42h	Yes
READ TOC	43h	Yes
REQUEST SENSE	03h	No
SCAN	BAh	Yes
SEEK	2Bh	Yes
SET CD SPEED	BBh	No
STOP PLAY / SCAN	4Eh	Yes
START STOP UNIT	1Bh	Yes
TEST UNIT READY	00h	Yes

8.6 CD-ROM Address Reporting Formats (MSF bit)

Several CD-ROM specific commands can return addresses either in logical or in MSF format. The READ HEADER, READ SUB-CHANNEL and READ TABLE OF CONTENTS commands have this feature.

Table 27 - MSF Address Format

Bit Byte	7	6	5	4	3	2	1	0
0	Reserved							
1	M Field							
2	S Field							
3	F Field							

An MSF bit of zero requests that the logical block address format be used for the CD-ROM absolute address field or for the offset from the beginning of the current track expressed as a number of logical blocks in a CD-ROM track relative address field.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.8.7 PAUSE/RESUME Command

The PAUSE/RESUME command requests that the device stop or start an audio play operation. This command is used with PLAY AUDIO commands that are currently executing.

Table 70 - PAUSE/RESUME Command

Bit Byte	7	6	5	4	3	2	1	0
0	Operation Code (4Bh)							
1	Reserved							
2	Reserved							
3	Reserved							
4	Reserved							
5	Reserved							
6	Reserved							
7	Reserved							
8	Reserved							Resume
9	Reserved							
10	Reserved							
11	Reserved							

A Resume bit of zero causes the drive to enter the hold track state with the audio output muted after the current block is played. A Resume bit of one causes the drive to release the pause/scan and begin play at the block following the last block played/scanned.

If an audio play operation cannot be resumed and the resume bit is one, the command is terminated with CHECK CONDITION status. If the resume bit is zero and an audio play operation cannot be paused, (no audio play operation has been requested, or the requested audio play operation has been completed), the command is terminated with CHECK CONDITION status. See *"Figure 15 - Stop Play/Play Audio/Audio Scan/Pause/Resume Sequencing"* on page 196 for additional information.

It ***shall not*** be considered an error to request a PAUSE when a pause is already in effect or to request a RESUME when a play operation is in progress.

Table 71 - Recommended Sense Key, ASC and ASCQ for Pause/Resume Command Errors

Sense Key	ASC	ASCQ	Description of Error
05	20		INVALID COMMAND OPERATION CODE
05	24		INVALID FIELD IN COMMAND PACKET
06	28		NOT READY TO READY TRANSITION
06	29		POWER ON, RESET OR BUS DEVICE RESET OCCURRED
02	04	00	LOGICAL DRIVE NOT READY - CAUSE NOT REPORTABLE
02	04	01	LOGICAL DRIVE NOT READY - IN PROGRESS OF BECOMING READY
02	04	02	LOGICAL DRIVE NOT READY - INITIALIZING COMMAND REQUIRED
02	04	03	LOGICAL DRIVE NOT READY - MANUAL INTERVENTION REQUIRED
02	3A		MEDIUM NOT PRESENT
0B	B9		PLAY OPERATION ABORTED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.8.9 PLAY AUDIO MSF Command

The PLAY AUDIO MSF command requests that the ATAPI CD-ROM Drive begin an audio playback operation. The command function and the output of audio signals ***shall*** be as specified by the settings of the mode parameters including the SOTC bit described on page 111.

Table 76 - PLAY AUDIO MSF Command

Bit Byte	7	6	5	4	3	2	1	0
0	Operation Code (47h)							
1	Reserved							
2	Reserved							
3	Starting M Field							
4	Starting S Field							
5	Starting F Field							
6	Ending M Field							
7	Ending S Field							
8	Ending F Field							
9	Reserved							
10	Reserved							
11	Reserved							

This command responds with immediate status, allowing overlapped commands. This command ***shall*** set the DSC bit upon command completion. See also *"10.4 Immediate Command Processing Considerations"* on page 90.

The Starting M field, the Starting S field, and the Starting F field specify the absolute MSF address at which the audio play operation ***shall*** begin. The Ending M field, the Ending S field, and the Ending F field specify the absolute MSF address where the audio play operation ***shall*** end. All contiguous audio sectors between the starting and the ending MSF address ***shall*** be played.

If the Starting Minutes, Seconds and Frame Fields are set to FFh, the Starting address is taken from the Current Optical Head location. This allows the Audio Ending address to be changed without interrupting the current playback operation.

A Starting MSF address equal to an ending MSF address causes no audio play operation to occur. This ***shall not*** be considered an error. If the Starting MSF address is greater than the Ending MSF address, the command ***shall*** be terminated with CHECK CONDITION status. The sense key ***shall*** be set to ILLEGAL REQUEST.

If the starting address is not found, if the address is not within an audio track, or if a not ready condition exists, the command ***shall*** be terminated with CHECK CONDITION status.

See *"10.8.8.1 Play Audio with Immediate Packet Commands"* on page 126 for information on overlapped commands during an Audio Playback.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.8.18 READ SUB-CHANNEL Command

The READ SUB-CHANNEL command requests that the ATAPI CD-ROM Drive return the requested sub-channel data plus the state of play operations.

Table 112 - READ SUB-CHANNEL Command

Bit / Byte	7	6	5	4	3	2	1	0
0	Operation code (42h)							
1	Reserved						MSF (Mandatory)	Reserved
2	Reserved	SubQ (Mandatory)	Reserved					
3	Sub-channel Data Format							
4	Reserved							
5	Reserved							
6	Track Number							
7	MSB	Allocation Length						
8								LSB
9	Reserved							
10	Reserved							
11	Reserved							

Sub-channel data returned by this command may be from the last appropriate sector encountered by a current or previous media accessing operation. When there is no current play operation, the ATAPI CD-ROM Drive may access the media to read the sub-channel data. The ATAPI CD-ROM Drive is responsible for ensuring that the data returned are current and consistent.

See *"8.6 CD-ROM Address Reporting Formats (MSF bit)"* on page 78 for a description of the MSF bit. Support for the MSF bit is mandatory.

The sub Q bit set to one requests that the ATAPI CD-ROM Drive return the Q sub-channel data. The sub Q bit set to zero requests that no sub-channel data be returned. This ***shall*** not be considered an error. Support for the SubQ bit is mandatory. When the sub Q bit is Zero, only the Sub-Channel data header is returned.

Table 113 - Sub-channel Data Header Format

Bit / Byte	7	6	5	4	3	2	1	0
Sub Channel Data Header								
0	Reserved							
1	Audio Status							
2	Sub-channel Data Length							
3								

The sub-channel data format field specifies the returned sub channel data. If this field is 01h, 02h or 03h, the requested sub-Q data item is returned.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 114 - Sub-channel Data Format Codes

Format Code	Format	Support Requirements
00h	Reserved	Reserved
01h	CD-ROM current position	Mandatory
02h	Media catalogue number (UPC/bar code)	Mandatory
03h	Track international standard recording code (ISRC)	Mandatory
04h - EFh	Reserved	
F0h - FFh	Vendor-specific	Optional

The track number field specifies the track number from which the ISRC code is transferred. This field ***shall*** have a value from 01h to 63h (99d), and is valid only when the sub-channel data format is 03h. If this field is nonzero for all sub-channel data formats other than 03h the drive will terminate the command with a check condition (INVALID REQUEST / INVALID FIELD IN COMMAND PACKET).

10.8.18.1 CD-ROM Current Position Data Format

Table 115 - CD-ROM Current Position Data Format (Format Code 01h)

Bit / Byte	7	6	5	4	3	2	1	0
Sub Channel Data Header								
0	Reserved							
1	Audio Status							
2	MSB Sub-channel Data Length							
3								LSB
CD-ROM Current Position Data Block								
4	Sub Channel Data Format Code (01h)							
5	ADR				Control			
6	Track Number							
7	Index Number							
8	MSB Absolute CD-ROM Address							
9								
10	See *"Table 27 - MSF Address Format"* on page 78							
11								LSB
12	MSB Track Relative CD-ROM Address							
13								
14								
15								LSB

The Audio Status field indicates the status of play operations. The audio status values are defined in *"Table 116 - Audio Status Codes"* on page 163. Audio status values 13h and 14h return information on previous audio operations; they are returned only once after the condition has occurred. If another play operation is not requested, the audio status returned for subsequent READ SUB-CHANNEL commands is 15h.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.8.19 READ TOC Command

The READ TOC command requests that the ATAPI CD-ROM Drive transfer data from the table of contents to the Host Computer. Some drives will cache the TOC data and will be able to return it during an Play command. Drives that do not cache the data will generate an error and not complete the command.

Table 125 - READ TOC Command

Bit / Byte	7	6	5	4	3	2	1	0
0	Operation code (43h)							
1	Reserved						MSF (Mandatory)	Reserved
2	Reserved					Format		
3	Reserved							
4	Reserved							
5	Reserved							
6	Starting Track / Session Number							
7	MSB Allocation Length							
8								LSB
9	Format		Reserved					
10	Reserved							
11	Reserved							

See *"8.6 CD-ROM Address Reporting Formats (MSF bit)"* on page 78 for a description of the MSF bit. Support for the MSF bit is mandatory.

To identify the multi-session CD TOC, the most significant 2 bits of the byte at offset 9 (Format) have been assigned to identify this information. For handling multi-session and/or the Kodak PhotoCD, format 01b can be used. For drives that do not support multi-session, the First session number should be equal to the Last session number in the returned TOC information. Format field definition: When Format in Byte 2 is zero, then Byte 9 is used. Other values for this field are reserved for definition in MMC.

Note: The Format field in Byte 9 is a vendor-specific area and will be removed in subsequent versions of this specification. Functionality is moving to Byte 2.

00b Mandatory	This mode is a backward compatible mode where the starting track field specifies the starting track number for which the data ***shall*** be returned. If this value is zero, the table of contents data ***shall*** begin with the first track on the medium. The data are returned in contiguous ascending track number order.
01b Mandatory	Multi-session mode and returns the first session number, last session number and last session address. In this format the Starting Track is reserved.
10b Mandatory	Returns all Sub-channel Q data in the lead in (TOC) area, starting from a specified session number as specified in the Session Number Field. In this mode, the drive will support Q Subcode Point field values of A0h, A1h, A2h; Track Numbers of B0h, B1h, B2h, B3h, B4h and C0h.
11b	Reserved

The Starting Track Field specifies the starting track number for which the TOC data will be returned. The data is re-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

turned in contiguous ascending order. Valid values for the starting track field are 0h to 63h. A value of AAh requests that the starting address of the lead out area be returned. If this value is zero, the table of contents data will begin with the first track on the disc.

If the starting track field is not valid for the currently installed medium, the command ***shall*** be terminated with CHECK CONDITION status. The sense key ***shall*** be set to ILLEGAL REQUEST and the additional sense code set to INVALID FIELD IN COMMAND PACKET.

NOTE The maximum TOC data length possible on currently available CD-ROM media is 804 bytes, or 100 TOC track descriptors.

Table 126 - Read TOC Data Format (With Format Field = 00b)

Bit / Byte	7	6	5	4	3	2	1	0
0	MSB			TOC Data Length				
1								LSB
2	First Track Number							
3	Last Track Number							
	TOC Track Descriptors							
0	Reserved							
1	ADR				Control			
2	Track Number							
3	Reserved							
4	MSB			Absolute CD-ROM Address				
5	See *"Table 27 - MSF Address Format"* on page 78							
6								
7								LSB

The TOC Data Block contains a four-byte header followed by zero or more TOC track descriptors.

The TOC Data Length specifies the length in bytes of the following TOC data that is available to be transferred to the Host. The TOC Data Length Value does not include the TOC Data Length field itself.

The First Track Number field indicates the first track number in the table of contents. Valid track numbers are from 01d to 99d (63h).

The Last Track Number field indicates the last track number in the table of contents before the lead-out track number.

The First Track Number is not required to be one. A disc may start at any valid track number. The track numbers between the First Track Number and the Last Track Number are required to be in contiguous ascending order, except for the lead-out track.

The ADR field gives the type of information encoded in the Q sub-channel of the block where this TOC entry was found. The possible ADR values are defined in *"Table 117 - ADR Sub-channel Q Field"* on page 163.

The Control field indicates the attributes of the track. The possible Control field values are defined in *"Table 133 - Values for Control Field in Sub-channel Q"* on page 176.

The Track Number field indicates the track number for which the data in the TOC track descriptor is valid. A track number of 0AAh indicates that the track descriptor is for the start of the lead-out area.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10.8.25 START/STOP UNIT Command

The START/STOP UNIT command requests that the ATAPI CD-ROM Drive enable or disable media access operations.

Table 154 - START/STOP UNIT Command

Bit Byte	7	6	5	4	3	2	1	0
0	Operation code (1Bh)							
1	Reserved							Immed
2	Reserved							
3	Reserved							
4	Reserved						LoEj	Start
5								
6	Reserved							
7	Reserved							
8	Reserved							
9	Reserved							
10	Reserved							
11	Reserved							

An immediate (Immed) bit of one indicates that status ***shall*** be returned as soon as the Command Packet has been validated. An Immed bit of zero indicates that status ***shall*** be returned after the operation is completed.

A start bit of one requests the Device be made ready for use. A start bit of zero requests that the Device be stopped (media cannot be accessed by the Host Computer).

Table 155 - Start/Stop and Eject Operations

LoEj	Start	Description
0	0	Stop the Disc
0	1	Start the Disc and read the TOC
1	0	Eject the Disc if possible (See *"Table 84 - Actions for Lock / Unlock / Eject"* on page 136)
1	1	Load the Disc (Close Tray)

Any attempt to Eject or Load a Disc when the Drive does not support that capability ***shall*** result in an error condition being reported to the Host (Sense key 05 ILLEGAL REQUEST, Sense Code 24 INVALID FIELD IN COMMAND PACKET.)

A load eject (LoEj) bit of zero requests that no action be taken regarding loading or ejecting the medium. A LoEj bit of one requests that the medium be unloaded if the start bit is zero. A LoEj bit of one requests that the medium be loaded if the start bit is one.

When the Loading Mechanism Type is a Changer utilizing individual disc change capability (4h), the Eject operation ***shall*** only eject the disc that is currently in the Play Position. If the Loading Mechanism is a changer utilizing a Cartridge (5h), then the Cartridge ***shall*** only be ejected when no media is in the play position.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

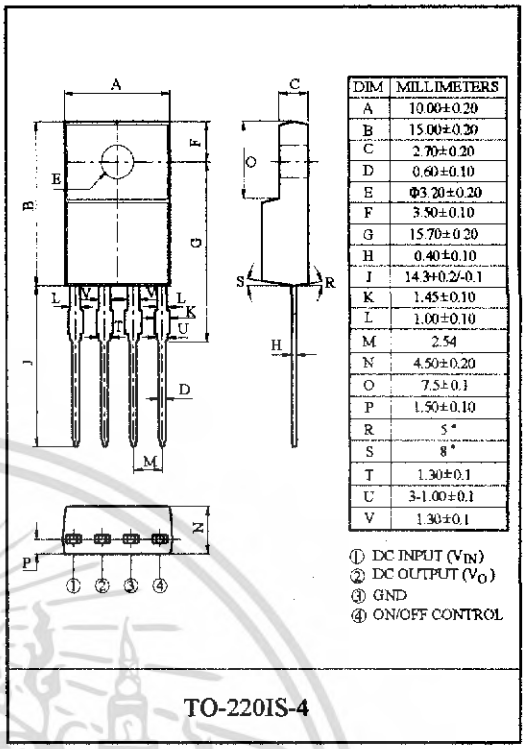
ภาคผนวก ค

DATA Sheet

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 TERMINAL 2A OUTPUT LOW DROP VOLTAGE REGULATOR

The KIA278R×× Series are Low Drop Voltage Regulator suitable for various electronic equipments.
It provides constant voltage power source with TO-220 4 terminal lead full molded PKG. The Regulator has multi function such as over current protection, overheat protection and ON/OFF control.



DIM	MILLIMETERS
A	10.00±0.20
B	15.00±0.20
C	2.70±0.20
D	0.60±0.10
E	Φ3.20±0.20
F	3.50±0.10
G	15.70±0.20
H	0.40±0.10
J	14.3+0.2/-0.1
K	1.45±0.10
L	1.00±0.10
M	2.54
N	4.50±0.20
O	7.5±0.1
P	1.50±0.10
R	5°
S	8°
T	1.30±0.1
U	3-1.00±0.1
V	1.30±0.1

TO-220IS-4

FEATURES

- 2.0A Output Low Drop Voltage Regulator.
- Built in ON/OFF Control Terminal.
- Built in Over Current Protection, Over Heat Protection Function.

LINE UP

ITEM	OUTPUT VOLTAGE (Typ.)	UNIT
KIA278R05PI	5	V
KIA278R06PI	6	
KIA278R08PI	8	
KIA278R09PI	9	
KIA278R10PI	10	
KIA278R12PI	12	
* KIA278R15PI	15	

* Note) * : Under Development.

MAXIMUM RATING (Ta=25℃)

CHARACTERISTIC	SYMBOL	RATING	UNIT	Remark
Input Voltage	V_{IN}	35	V	-
ON/OFF Control Voltage	V_C	35	V	-
Output Current	I_O	2	A	-
Power Dissipation 1	P_{d1}	1.5	W	No heatsink
Power Dissipation 2	P_{d2}	15	W	with heatsink
Junction Temperature	T_j	125	℃	-
Operating Temperature	T_{opr}	-20~80	℃	-
Storage Temperature	T_{stg}	-30~125	℃	-
Soldering Temperature (10sec)	T_{sol}	260	℃	-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Ta=25℃)

(Unless otherwise specified, I_O=1.0A, Ta=25℃, Note1.)

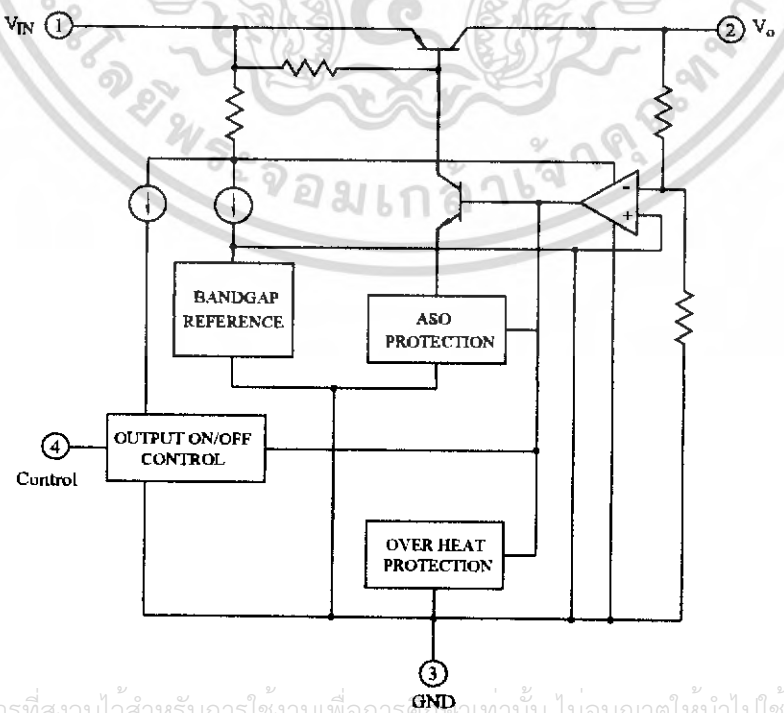
CHARACTERISTIC		SYMBOL	CONDITIONS	MIN.	TYP.	MAX.	UNIT
Output Voltage	KIA278R05	V_O	-	4.88	5.0	5.12	V
	KIA278R06		-	5.85	6.0	6.15	
	KIA278R08		-	7.80	8.0	8.2	
	KIA278R09		-	8.78	9.0	9.22	
	KIA278R10		-	9.75	10.0	10.25	
	KIA278R12		-	11.70	12.0	12.30	
	KIA278R15		-	14.70	15.0	15.30	
Load Regulation		Reg Load	I_O=5mA~2A	-	0.1	2.0	%
Line Regulation		Reg Line	(Note 2)	-	0.5	2.5	%
Temperature Coefficient of Output Voltage		T_CV_O	Tj=0~125℃	-	±0.02	±0.05	%/℃
Ripple Rejection		R · R	-	45	55	-	dB
Drop Out Voltage		V_D	I_O=2A	-	-	0.5	V
Output ON state for control Voltage		$V_{C(ON)}$	-	2.0	-	-	V
Output ON state for control Current		$I_{C(ON)}$	V_C=2.7V	-	-	20	μA
Output OFF state for control Voltage		$V_{C(OFF)}$	-	-	-	0.8	V
Output OFF state for control Current		$I_{C(OFF)}$	V_C=0.4V0	-	-	-0.4	mA
Quiescent Current		I_Q	I_O=0	-	-	10	mA

Note1) V_{IN} of KIA278R05=7V
" KIA278R06=8V
" KIA278R08=10V
" KIA278R09=15V
" KIA278R10=16V
" KIA278R12=18V
" KIA278R15=21V

Note2) V_{IN} of KIA278R05=6~12V
" KIA278R06=7~15V
" KIA278R08=9~25V
" KIA278R09=10~25V
" KIA278R10=11~26V
" KIA278R12=13~29V
" KIA278R15=16~32V

Note3) At V_{IN}=0.95V_O

BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

February 1995

LM1877
Dual Audio Power Amplifier

General Description

The LM1877 is a monolithic dual power amplifier designed to deliver 2W/channel continuous into 8Ω loads. The LM1877 is designed to operate with a low number of external components, and still provide flexibility for use in stereo phonographs, tape recorders and AM-FM stereo receivers, etc. Each power amplifier is biased from a common internal regulator to provide high power supply rejection, and output Q point centering. The LM1877 is internally compensated for all gains greater than 10.

Features

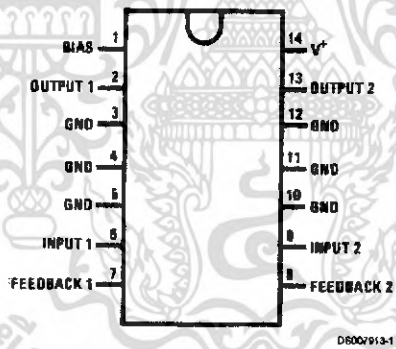
- 2W/channel
- −65 dB ripple rejection, output referred
- −65 dB channel separation, output referred
- Wide supply range, 6V–24V
- Very low cross-over distortion
- Low audio band noise
- AC short circuit protected
- Internal thermal shutdown

Applications

- Multi-channel audio systems
- Stereo phonographs
- Tape recorders and players
- AM-FM radio receivers
- Servo amplifiers
- Intercom systems
- Automotive products

Connection Diagram

Dual-In-Line Package
or Surface Mount Package



Top View
Order Number LM1877M-9 or LM1877N-9
See NS Package Number M14B or N14A

© 1999 National Semiconductor Corporation DS007913

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

May 1999

LM1575/LM2575/LM2575HV Series SIMPLE SWITCHER® 1A Step-Down Voltage Regulator

General Description

The LM2575 series of regulators are monolithic integrated circuits that provide all the active functions for a step-down (buck) switching regulator, capable of driving a 1A load with excellent line and load regulation. These devices are available in fixed output voltages of 3.3V, 5V, 12V, 15V, and an adjustable output version.

Requiring a minimum number of external components, these regulators are simple to use and include internal frequency compensation and a fixed-frequency oscillator.

The LM2575 series offers a high-efficiency replacement for popular three-terminal linear regulators. It substantially reduces the size of the heat sink, and in many cases no heat sink is required.

A standard series of inductors optimized for use with the LM2575 are available from several different manufacturers. This feature greatly simplifies the design of switch-mode power supplies.

Other features include a guaranteed ±4% tolerance on output voltage within specified input voltages and output load conditions, and ±10% on the oscillator frequency. External shutdown is included, featuring 50 µA (typical) standby current. The output switch includes cycle-by-cycle current limiting, as well as thermal shutdown for full protection under fault conditions.

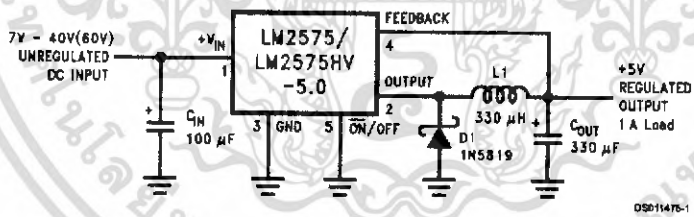
Features

- 3.3V, 5V, 12V, 15V, and adjustable output versions
- Adjustable version output voltage range, 1.23V to 37V (57V for HV version) ±4% max over line and load conditions
- Guaranteed 1A output current
- Wide input voltage range, 40V up to 60V for HV version
- Requires only 4 external components
- 52 kHz fixed frequency internal oscillator
- TTL shutdown capability, low power standby mode
- High efficiency
- Uses readily available standard inductors
- Thermal shutdown and current limit protection
- P+ Product Enhancement tested

Applications

- Simple high-efficiency step-down (buck) regulator
- Efficient pre-regualtor for linear regulators
- On-card switching regulators
- Positive to negative converter (Buck-Boost)

Typical Application (Fixed Output Voltage Versions)



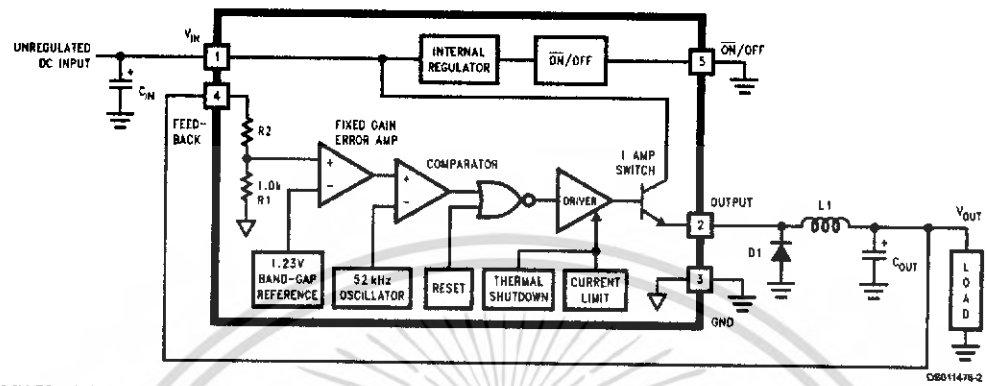
Note: Pin numbers are for the TO-220 package.

SIMPLE SWITCHER® is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.

© 1999 National Semiconductor Corporation

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram and Typical Application



3.3V, R2 = 1.7k
5V, R2 = 3.1k
12V, R2 = 8.84k
15V, R2 = 11.3k
For ADJ. Version
R1 = Open, R2 = 0Ω
Note: Pin numbers are for the TO-220 package.

FIGURE 1.

Connection Diagrams (XX indicates output voltage option. See Ordering Information table for complete part number.)

Straight Leads
5-Lead TO-22 (T)

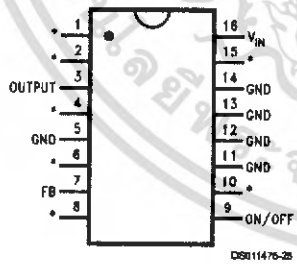
Top View
LM2575T-XX or LM2575HVT-XX
See NS Package Number T05A

Bent, Staggered Leads
5-Lead TO-220 (T)

Top View

Side View
LM2575T-XX Flow LB03 or
LM2575HVT-XX Flow LB03
See NS Package Number T05D

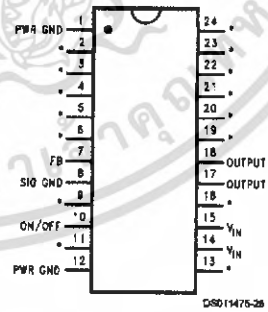
16-Lead DIP (N or J)



*No Internal Connection

Top View
LM2575N-XX or LM2575HVN-XX
See NS Package Number N16A
LM1575J-XX-QML
See NS Package Number J16A

24-Lead Surface Mount (M)



*No Internal Connection

Top View
LM2575M-XX or LM2575HVM-XX
See NS Package Number M24B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4 BLOCK DIAGRAM

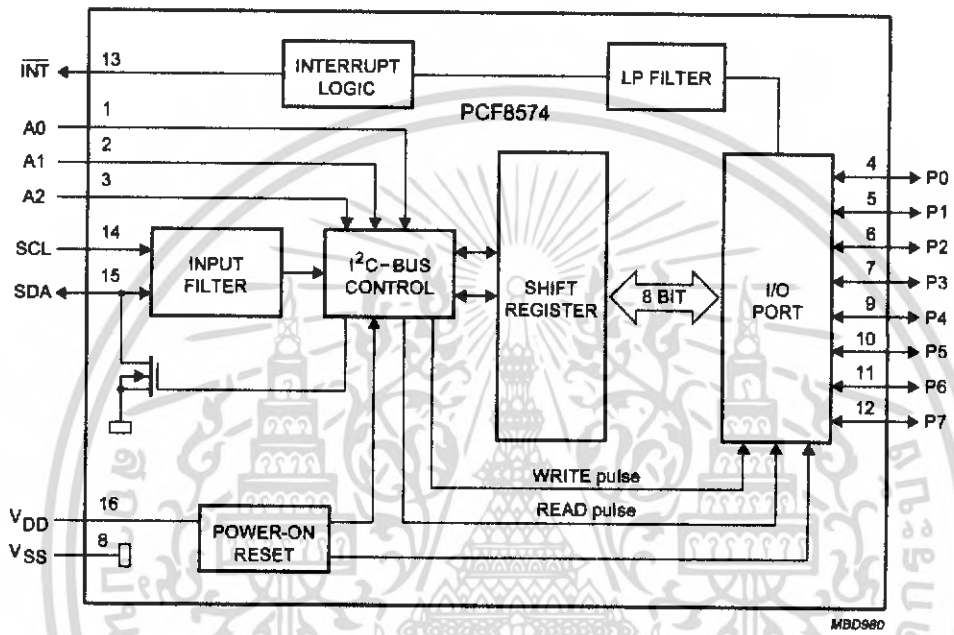


Fig.1 Block diagram (pin numbers apply to DIP16 and SO16 packages).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5 PINNING

5.1 DIP16 and SO16 packages

SYMBOL	PIN	DESCRIPTION
A0	1	address input 0
A1	2	address input 1
A2	3	address input 2
P0	4	quasi-bidirectional I/O 0
P1	5	quasi-bidirectional I/O 1
P2	6	quasi-bidirectional I/O 2
P3	7	quasi-bidirectional I/O 3
V_{SS}	8	supply ground
P4	9	quasi-bidirectional I/O 4
P5	10	quasi-bidirectional I/O 5
P6	11	quasi-bidirectional I/O 6
P7	12	quasi-bidirectional I/O 7
$\overline{INT}$	13	interrupt output (active LOW)
SCL	14	serial clock line
SDA	15	serial data line
V_{DD}	16	supply voltage

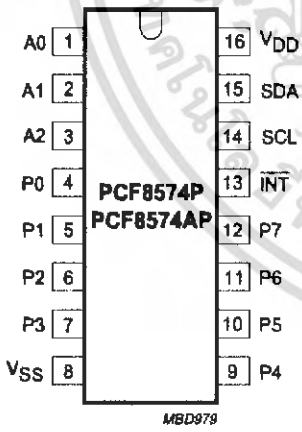


Fig.2 Pin configuration (DIP16).

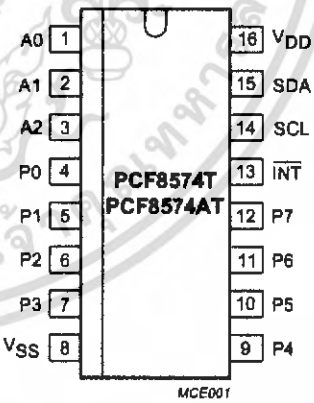


Fig.3 Pin configuration (SO16).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

CD54HC154, CD74HC154, CD54HCT154, CD74HCT154

Data sheet acquired from Harris Semiconductor
SCHS152C

High-Speed CMOS Logic 4- to 16-Line Decoder/Demultiplexer

September 1997 - Revised May 2003

Features

- **Two Enable Inputs to Facilitate Demultiplexing and Cascading Functions**
- **Fanout (Over Temperature Range)**
  - **Standard Outputs . . . . . 10 LSTTL Loads**
  - **Bus Driver Outputs . . . . . 15 LSTTL Loads**
- **Wide Operating Temperature Range . . . -55°C to 125°C**
- **Balanced Propagation Delay and Transition Times**
- **Significant Power Reduction Compared to LSTTL Logic ICs**
- **HC Types**
  - **2V to 6V Operation**
  - **High Noise Immunity: N_{IL} = 30%, N_{IH} = 30% of V_{CC} at V_{CC} = 5V**
- **HCT Types**
  - **4.5V to 5.5V Operation**
  - **Direct LSTTL Input Logic Compatibility, V_{IL} = 0.8V (Max), V_{IH} = 2V (Min)**
  - **CMOS Input Compatibility, $I_I \leq 1\mu A$ at V_{OL}, V_{OH}**

Description

The 'HC154 and 'HCT154 are 4- to 16-line decoders/demultiplexers with two enable inputs, E1 and E2. A High on either enable input forces the output into the High state. The demultiplexing function is performed by using the four input lines, A0 to A3, to select the output lines $\overline{Y0}$ to $\overline{Y15}$, and using one enable as the data input while holding the other enable low.

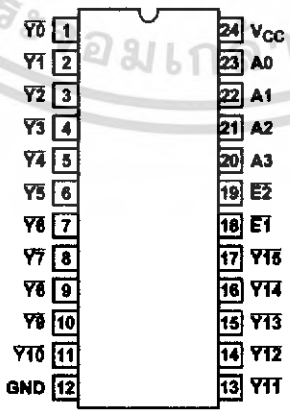
Ordering Information

PART NUMBER	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE
CD54HC154F3A	-55 to 125	24 Ld CERDIP
CD54HCT154F3A	-55 to 125	24 Ld CERDIP
CD74HC154E	-55 to 125	24 Ld PDIP
CD74HC154EN	-55 to 125	24 Ld PDIP
CD74HC154M	-55 to 125	24 Ld SOIC
CD74HC154M96	-55 to 125	24 Ld SOIC
CD74HCT154E	-55 to 125	24 Ld PDIP
CD74HCT154EN	-55 to 125	24 Ld PDIP
CD74HCT154M	-55 to 125	24 Ld SOIC

NOTE: When ordering, use the entire part number. The suffix 96 denotes tape and reel.

Pinout

CD54HC154, CD54HCT154
(CERDIP)
CD74HC154, CD74HCT154
(PDIP, SOIC)
TOP VIEW

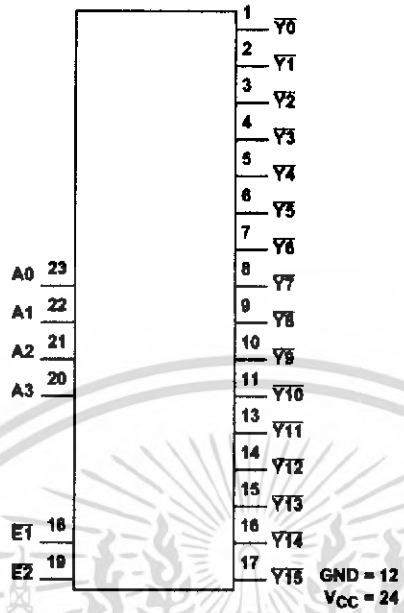


CAUTION: These devices are sensitive to electrostatic discharge. Users should follow proper IC Handling Procedures.

Copyright © 2003, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Diagram



TRUTH TABLE

INPUTS						OUTPUTS														
$\overline{E1}$	$\overline{E2}$	A3	A2	A1	A0	$\overline{Y0}$	$\overline{Y1}$	$\overline{Y2}$	$\overline{Y3}$	$\overline{Y4}$	$\overline{Y5}$	$\overline{Y6}$	$\overline{Y7}$	$\overline{Y8}$	$\overline{Y9}$	$\overline{Y10}$	$\overline{Y11}$	$\overline{Y12}$	$\overline{Y13}$	$\overline{Y14}$	$\overline{Y15}$
L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
L	L	H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
L	L	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
L	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

H = High Voltage Level, L = Low Voltage Level, X = Don't Care

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

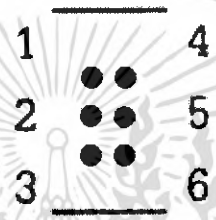
ภาคผนวก ง

อักษรเบรลล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อักษรเบรลล์

เป็นอักษรสำหรับคนตาบอด มีลักษณะเป็นจุดนูนเล็กๆ ใน 1 ช่องประกอบด้วยจุด 6 ตำแหน่ง ซึ่งนำมาจัดสลับกันไปมาเป็นรหัสแทนอักษรตาดีหรือสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ โน้ตดนตรี ฯลฯ การเขียนใช้เครื่องมือเฉพาะเรียก สเลท (Slate) และดินสอ (Stylus) การพิมพ์ใช้เครื่องพิมพ์เรียก เบรลเล่อร์ (Brailler) ใช้กระดาษหนาขนาดกระดาษวาดรูป



รูปที่ 7.1 ภาพอักษรเบรลล์ใน 1ช่อง

● หมายเหตุ ในภาพอักษรเบรลล์ที่แสดงนี้ " ● " หมายถึงจุดนูน
" ○ " หมายถึงจุดที่ไม่ใช้ในช่องนั้น

หลุยส์เบรลล์ ครูตาบอดชาวฝรั่งเศส ผู้ประดิษฐ์อักษรสำหรับคนตาบอดอ่าน โดยใช้นิ้วมือสัมผัส เขาได้ความคิดมาจากการส่งข่าวสารทางทหาร ในเวลากลางคืนของกัปตันชาร์ลส์ บาร์บิเอร์ ซึ่งใช้กระดาษแข็งปั๊มเป็นรหัสจุด-ขีด โดยพัฒนามาเป็นระบบ 6 จุด ซึ่งสามารถจัดกลุ่มของจุดได้ถึง 63 แบบ ใช้แทนอักษรตาดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลุยส์เบรลล์

มิสเจนีวีฟ คอล์ฟิลด์

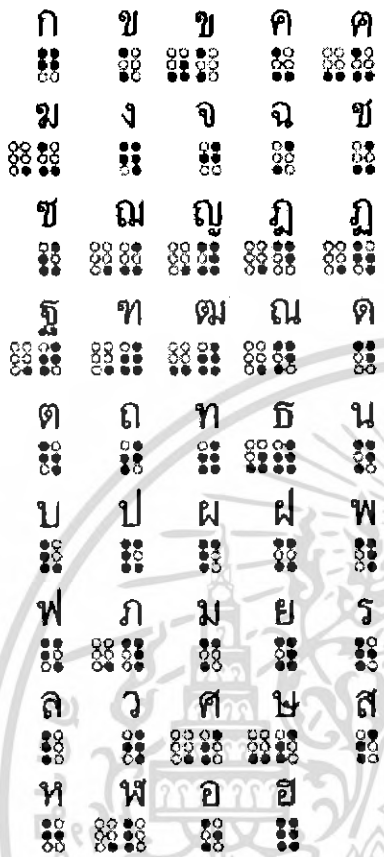
(Miss Genevive Caufield)

สุภาพสตรีชาวอเมริกันตาบอด ผู้นำอักษรเบรลล์มาเผยแพร่แก่คนตาบอดในประเทศไทยเป็นครั้งแรก เป็นการเปิดศักราชแห่งการเรียนรู้หนังสือของคนตาบอดไทยตั้งแต่นั้นมา ในปี พ.ศ.2482 ได้ริเริ่มตั้งโรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ และมูลนิธิตาบอดแห่งประเทศไทยฯ ช่วยงานของมูลนิธิตลอดมา ตราบจนวาระสุดท้ายของชีวิตในประเทศไทยเมื่อ พ.ศ. 2515

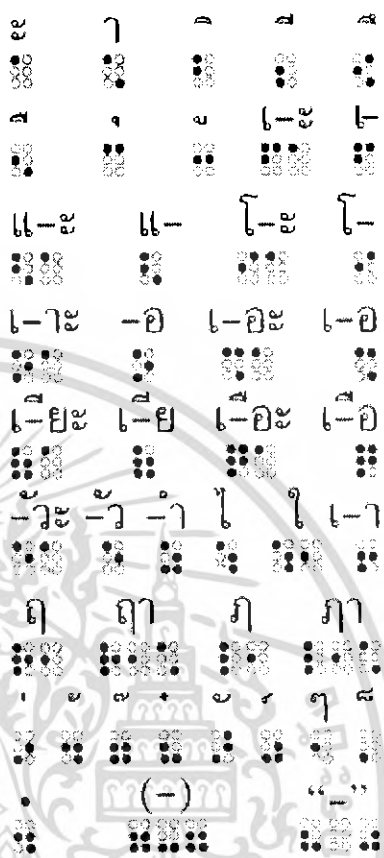
มิสเจนีวีฟ คอล์ฟิลด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พยัญชนะไทย



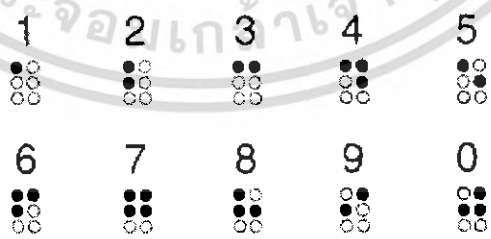
สระและวรรณยุกต์ไทย



อักษรเบรลล์ภาษาไทยและพยัญชนะไทย

ตัวเลข

เครื่องหมายนำเลข



ตัวเลข (ในการเขียนตัวเลข จะต้องมีเครื่องหมายนำเลขเสมอ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาษาอังกฤษ

1	2	3	4	5
A	B	C	D	E
6	7	8	9	0
F	G	H	I	J
K	L	M	N	O
P	Q	R	S	T
U	V	W	X	Y	Z

เครื่องหมายต่าง ๆ

Colon :

Comma ,

Dash

Exclamation point !

Apostrophe '

Capital sign .

Semicolon ;

Question mark ?

เครื่องหมายบวก

เครื่องหมาอลบ

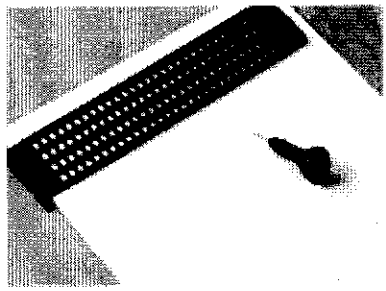
เครื่องหมายคูณ

เครื่องหมายหาร

เครื่องหมายเท่ากับ

อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษและสัญลักษณ์ต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



สเลท (Slate) และดินสอ (Stylus) และเครื่องพิมพ์ เบรลเล่อร์ (Brailler)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้