สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ชุดฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์ภาษาไทย

THAI BRAILLE TRAINING KIT

โดย

นายจักรพงษ์ ดำประภา

นายวัชรินทร์ ลี้เจริญ

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 72288
วัน,เดือน,ปี 13 มิ.ย. 2550

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมสารสนเทศ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THAI BRAILLE TRAINING KIT

BY

MR. JARKKARPONG DUMPRAPA

MR. WATCHARIN LEECHAROEN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF

THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR IN DEPARTMENT OF INFORMATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2006

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ชุดฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์ภาษาไทย	
	THAI BRAILLE TRAINING KIT	
ชื่อนักศึกษา	นายจักรพงษ์ คำประกา	รหัสประจำตัว 47015595
	นายวัชรินทร์ ลี้เจริญ	รหัสประจำตัว 47015612
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ วันวิสา ชัชวงษ์	
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ	
กาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
ปีการศึกษา	2549	

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับการอนุมัติให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

.....ชัชวงษ์.....

(อาจารย์ วันวิสา ชัชวงษ์)

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	ชุดฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์ภาษาไทย	
ชื่อนักศึกษา	นายจักรพงษ์ คำประภา	รหัสประจำตัว 47015595
	นายวัชรินทร์ ลี้เจริญ	รหัสประจำตัว 47015612
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์วันวิสา ชัชวงษ์	
ระดับการศึกษา	ปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต	
	สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ	
ภาควิชา	วิศวกรรมสารสนเทศ	
ปีการศึกษา	2549	

บทคัดย่อ

สำหรับผู้พิการทางสายตาที่ไม่สามารถมองเห็นได้ หรืออาจเห็นแต่เลือนราง ซึ่งไม่สามารถใช้ดวงตาในการเรียนรู้ ดังนั้นผู้พิการจึงต้องเรียนรู้อักษรเบรลล์เพื่อเป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนรู้ในการเรียนระดับสูงขึ้นไปเพื่อพัฒนาตนเอง แต่การเรียนอักษรเบรลล์ต้องอาศัยความอดทนสูงในการท่องจำความหมายของอักษรเบรลล์แต่ละตัว และต้องมีผู้สอนคอยบอกความหมายของอักษรเบรลล์ซึ่งทำให้ดำเนินการสอนได้ช้า ด้วยเหตุนี้จึงได้ดำเนินการออกแบบ และสร้างชุดฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์ภาษาไทยขึ้นโดยออกแบบให้ผู้พิการทางสายตาสัมผัส คลำ แป้นที่มีอักษรเบรลล์ภาษาไทย และกดลงเพื่ออธิบายความหมายของอักษรเบรลล์ตัวนั้น โดยใช้ IC บันทึกเสียง (ISD4002) และควบคุมการทำงานด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Thai Braille Training Kit	
Student	Mr. Jarkkarpong Dumprapa	ID. 47015595
	Mr. Watcharin Leecharoen	ID. 47015612
Advisor	Miss. Vanvisa Chutchavong	
Graduate Level	Bachelor Degree of Information Engineering	
Department	Information Engineering	
Academic Year	2006	

ABSTRACT

For the blind is not see or see but blear with can not use eye to learn. So the blind must learn Braille in order to basic learn for learn in high level for develop self. But Braille learning must be endure memories meaning of Braille each character and must be instructor be onto meaning Braille with proceed learn to slow thus it design and construct Thai Braille training kit. Designer to the blind touch Thai Braille board and press down for Braille meaning by use record IC (ISD4002), and control operation with microcontroller (AT89C4052).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จสมบูรณ์ได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก อาจารย์วันวิสา ชัชวงษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำให้ความเหลือ และช่วยตรวจสอบแก้ไข ตลอดปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ จนโครงงานสำเร็จสมบูรณ์ ผู้จัดทำโครงงานรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ วิโรจน์ กิจติศัพท์ ที่ให้คำแนะนำในการออกแบบโครงงาน และให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการปรับปรุงข้อบกพร่องจนโครงงานเสร็จสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพฯ ที่ให้ความรู้ และความกรุณาเครื่องมือทำตัวอักษรเบรลล์ภาษาไทย

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ และบุคคลที่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้ ที่สนับสนุนตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ และเป็นกำลังใจให้แก่ผู้จัดทำโครงงานเป็นอย่างดี

นายจักรพงษ์ ดำประภา

นายวัชรินทร์ ลี้เจริญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของโครงการ	3
1.4 ประโยชน์หรือผลที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ความหมาย และพัฒนาการของเด็กตาบอด	4
2.1.1 ลักษณะทั่วไปของเด็กตาบอด	4
2.1.2 พัฒนาการของเด็กตาบอด	4
2.1.3 ความเชื่อเกี่ยวกับเด็กตาบอด	7
2.2 หลักสูตร และการเรียนการสอนเด็กตาบอด	7
2.3 การใช้เทคโนโลยีช่วยในการอ่านสำหรับคนตาบอด	9
2.4 การสอนเขียนอ่านอักษรเบรลล์สำหรับเด็กตาบอด	14
2.4.1 ความหมาย และลักษณะของอักษรเบรลล์	14
2.4.2 ประวัติ และการพัฒนาอักษรเบรลล์	14
2.4.3 รูปแบบอักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษและภาษาไทย	18
2.4.3.1 รูปแบบอักษรเบรลล์ไทย	18
2.4.3.2 รูปแบบอักษรเบรลล์อังกฤษ	19
2.4.4 การเขียนอ่านอักษรเบรลล์	19
2.4.4.1 การเขียนอักษรเบรลล์	20
2.4.4.2 การอ่านอักษรเบรลล์	21

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 ทฤษฎีที่ใช้ในการออกแบบชุดฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์ภาษาไทย	22
2.5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์	22
2.5.2 หลักการใช้สี และจิตวิทยาของสี	25
บทที่ 3 การออกแบบ	28
3.1 หลักการทำงาน	28
3.2 ส่วนประกอบของ ชุดฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์	31
3.2.1 การทำงานในส่วนของแผงวงจรสวิตช์	31
3.2.2 หน่วยควบคุมประมวลผลกลาง	33
3.2.3 การทำงานในส่วนของชุดบันทึก/เล่นเสียงพูด	36
3.2.4 การทำงานในส่วนของวงจรขยายเสียง	44
บทที่ 4 ผลการทดลอง	45
4.1 การทดลองวงจรเวอร์ชันที่ 1	45
4.1.1 ทดลองการเล่นเสียงบอกความหมาย	45
4.1.2 ทดลองภาคขยายเสียง	46
4.2 การทดลองวงจรเวอร์ชันที่ 2	47
4.2.1 ทดลองการเล่นเสียงบอกความหมาย	47
4.2.2 ทดลองการเล่นเสียงบอกตำแหน่งจุดนูน	47
4.2.3 ทดลองภาคขยายเสียง	49
4.2.4 การทดลองโปรแกรม	50
บทที่ 5 สรุป	51
บรรณานุกรม	52
ภาคผนวก	53
ภาคผนวก ก ภาพส่วนประกอบของโครงงาน	54
ภาคผนวก ข ไอซีที่ใช้งาน	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ลักษณะของอักษรเบรลล์	14
2.2 ภาพแบบอักษรเบรลล์ไทย	18
2.3 ภาพแบบอักษรเบรลล์อังกฤษ	19
2.4 สเลท และสไตลัส หรือ ดินสอของคนตาบอด	20
3.1 Block Diagram การทำงาน	28
3.2 Flow Chart การทำงาน	29
3.3 วงจรรวมทั้งหมดในการทำงาน	30
3.4 แผ่นวงจรพิมพ์ชุดควบคุมการทำงาน	21
3.5 วงจรสวิตช์	31
3.6 แผ่นวงจรพิมพ์คีย์บอร์ด	32
3.7 แผงวงจรคีย์บอร์ดที่ประกอบเสร็จแล้ว	32
3.8 ตำแหน่งขาของ MCS-51	33
3.9 วงจรพิมพ์เมื่อลงอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว	35
3.10 วงจรการทำงานในส่วนของชุดบันทึก/เล่นเสียงพูด	36
3.11 Block Diagram การทำงานของ ISD 4002	36
3.12 ตำแหน่งขาของ ISD 4002	37
3.13 การรับส่ง SPI	39
3.14 Timing Diagram ของ ISD 4002	41
3.15 8-BIT COMMAND FORMAT	42
3.16 16-BIT COMMAND FORMAT	42
3.17 PLAYBACK/RECORD AND STOP CYCLE	43
3.18 รูป IC ISD4002	43
3.19 วงจรที่ออกแบบมีขนาด Gain 50	44
3.20 วงจรที่ออกแบบโดย Protel	44
4.1 วงจรเวอร์ชันที่ 1	46
4.2 วงจรเวอร์ชันที่ 2	50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1 ตารางรายละเอียดพอร์ต 3	34
3.2 หน้าที่และตำแหน่งขาของ ISD 4002	37
3.3 การเลือกใช้ ISD 4002	38
3.4 สรุปการส่งรหัสคำสั่ง	39
3.5 รีจิสเตอร์เอาต์พุต	40
3.6 รีจิสเตอร์ควบคุม	40
4.1 การทดลองเล่นเสียงบอกความหมายพยัญชนะ	45
4.2 การทดลองเล่นเสียงบอกความหมายสระ และวรรณยุกต์	45
4.3 การทดลองเล่นเสียงบอกความหมายตัวเลข	46
4.4 การทดลองเล่นเสียงบอกความหมายพยัญชนะ	47
4.5 การทดลองเล่นเสียงบอกความหมายสระ และวรรณยุกต์	47
4.6 การทดลองเล่นเสียงบอกความหมายตัวเลข	48
4.7 การทดลองเล่นเสียงบอกตำแหน่งจุดบันทึกพยัญชนะ	48
4.8 การทดลองเล่นเสียงบอกตำแหน่งจุดบันทึกสระ และวรรณยุกต์	49
4.9 การทดลองเล่นเสียงบอกตำแหน่งจุดบันทึกตัวเลข	49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เด็กตาบอดเป็นเด็กที่มีความบกพร่องทางกายภาพที่สูญเสียอวัยวะที่ช่วยในการเรียนรู้ที่สำคัญคือ ดวงตา พัฒนาการส่วนใหญ่ของเด็กตาบอดจะเหมือนกับเด็กปกติทั่วไป เด็กที่ตาบอดมาแต่กำเนิดจะมีพัฒนาการทางการพูดและการใช้ภาษาได้ช้า เพราะเด็กไม่เห็นริมฝีปากหรือ ท่าทางในการพูดจึงทำให้เด็กตอบโต้ได้ช้ากว่าเด็กปกติซึ่งมีลักษณะการพูดช้า เสียงดังมากกว่าเด็กปกติและมักไม่ใช้ท่าทางหรือสีหน้าประกอบ ในขณะที่พูดเด็กจะทำเพียงเผยอริมฝีปากเล็กน้อยเท่านั้น แต่อายุสมองของเด็กตาบอดจะต่ำกว่าอายุสมองของเด็กสายตาปกติที่มีอายุเท่ากันเพียงเล็กน้อย เห็นได้ว่าพัฒนาการทางด้านต่างๆของเด็กตาบอดเหมือนกับเด็กปกติทั่วไป แต่เป็นไปได้ช้ากว่า นอกจากนี้เด็กที่ตาบอดก่อนอายุ 5 ขวบ จะไม่มีมโนภาพในการเห็น แต่จะเกิดมโนภาพขึ้นได้ต่อเมื่อมีการรับรู้ด้วยการสัมผัสการเคลื่อนไหว และการได้ยิน เพื่อจะรู้ว่าวัตถุสิ่งของนั้นใหญ่ เล็ก หรือกลมได้ นอกจากนี้ คนตาบอดสามารถรับรู้เกี่ยวกับระยะทาง และทิศทางของวัตถุโดยอาศัยการฟังเสียง ดังนั้นการอธิบายสิ่งที่เด็กไม่สามารถสัมผัสได้ หรือ นามธรรม เช่น อักษรเบรลล์จึงต้องใช้วิธีเปรียบเทียบจากขอบเขตการสัมผัสอื่นๆที่เด็กสามารถรับได้

เด็กตาบอดมีพัฒนาการใกล้เคียงกับเด็กปกติ ความพิการทางสายตาไม่มีผลต่อระดับสติปัญญา ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมและประสบการณ์ของเด็กมากกว่า พัฒนาการการเรียนรู้ของเด็กตาบอดมีผลสัมฤทธิ์พอๆ กับเด็กปกติ มีบางวิชาเท่านั้นที่ไม่สามารถเรียนได้ดีเท่ากับเด็กปกติ คือ วิชาคณิตศาสตร์ เนื่องจากความจำกัดของอวัยวะในการเรียนรู้ซึ่งเด็กตาบอดจำเป็นต้องใช้วิธีการเรียนรู้อื่นทดแทนการมองเห็น เช่น การฟัง การดมกลิ่น การชิมรส และการสัมผัส เป็นต้น แต่เครื่องมือที่จะช่วยให้เด็กตาบอดสามารถพัฒนาความรู้ให้ทัดเทียมกับเด็กปกติ คือ ความสามารถในการอ่านออก เขียนได้

การอ่านออก เขียนได้ เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้เด็กสามารถเรียนรู้ตลอดชีวิต หากเครื่องมือในการเรียนรู้ของเด็กปกติ คือ ตัวอักษร หรือ ตัวหนังสือ แต่สำหรับเครื่องมือสำคัญที่ช่วยในการเรียนรู้ของเด็กตาบอด คือ อักษรเบรลล์ อักษรเบรลล์ คือ ตัวอักษรที่แบ่งเซลล์ ที่มีขนาด 0.5 x 0.8 เซนติเมตร แทนด้วยจุดนูน 6 ตำแหน่งแสดงเป็นตัวอักษร เครื่องหมายวรรคตอน และสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเด็กตาบอดก่อนวัยเรียนสามารถอ่านอักษรเบรลล์ได้โดยการสัมผัสด้วยนิ้ว และเขียนอักษรเบรลล์ด้วยสไตลัส (Stylus) บนแผ่นรองเขียนที่เรียกว่า สเลท (Slate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเรียนรู้ของเด็กตาบอดต้องมีการเรียนรู้อักษรเบรลล์ก่อนเพื่อเป็นเครื่องมือพื้นฐานในการเข้าเรียนระดับสูงต่อไป สอดคล้องกับแนวคิดเรื่องการนำเด็กเข้าสู่สภาวะปกติให้มากที่สุด แต่การเรียนรู้อักษรเบรลล์ของเด็กที่ตาบอดนั้นเป็นไปได้ยาก เนื่องจากตัวอักษรเบรลล์มาตรฐานที่มีขนาดเล็กมาก และวิธีการเรียนการสอนใช้การสัมผัส และท่องจำ เนื่องจากอักษรเบรลล์ผู้คิดค้นเป็นชาวฝรั่งเศส อักษรเบรลล์ภาษาไทยมีพื้นฐานมาจากอักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษ ซึ่งความถี่ในการใช้คำแต่ละภาษาย่อมมีความแตกต่างกัน พยัญชนะ และสระที่มีความถี่ในการใช้ของไทยที่มีมาก มีจุดมาก ส่วนพยัญชนะ สระที่มีความถี่ต่ำ กลับมีจุดน้อยทำให้เกิดความไม่สมดุล เพราะหากต้องสัมผัสจุดที่มีความถี่ในการใช้มากติดๆ กันทำให้เกิดความล่าช้าและเสียเวลามาก นอกจากนี้ยังพบว่าขณะที่คนตาปกติอ่านภาษาไทยได้นาทีละ 80-225 คำ คนตาบอดสามารถอ่านได้นาทีละ 40-60 คำ เท่านั้น ดังนั้นการอ่านหรือเขียนอักษรเบรลล์ต้องใช้เวลาและความอดทนมากพอสมควร จึงมีความจำเป็นในการจัดการสอนเขียนอ่านพยัญชนะ สระ อักษรเบรลล์แก่เด็กตาบอด เพื่อปูพื้นฐานการเรียนรู้ในระดับสูง และหากเด็กตาบอดมีความแม่นยำชำนาญในการเขียน และการอ่านพยัญชนะ สระ อักษรเบรลล์มากเท่าไร ก็จะสามารถช่วยให้เด็กตาบอดเรียนรู้ได้รวดเร็ว และเท่าเทียมกับเด็กปกติได้มากเท่านั้น

การเรียนการสอนเด็กที่มีความพิการทางการมองเห็นนั้น การใช้สื่อที่เป็นเสียง และการสัมผัสควบคู่กันจะทำให้การเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ในการเรียนรู้อักษรเบรลล์เป็นการเริ่มต้นการศึกษาเพื่อการอ่านออกเขียนได้เหมือนคนปกติทั่วไป ซึ่งครูผู้สอนต้องคอยบอกว่าอักษรเบรลล์ที่นักเรียนกำลังคลำอยู่นั้นเป็นอักษรเบรลล์ตัวใด เมื่อต้องการฝึกอ่านอักษรเบรลล์ตัวถัดไปก็ต้องเปลี่ยนแป้นคลำใหม่ไปเรื่อยๆ ในการใช้แป้นคลำนั้นจะช่วยในการจำตำแหน่งของจุดเท่านั้นซึ่งเป็นแป้นที่มีจุดขนาดใหญ่กว่ามาตรฐาน ถ้าจะอ่านจริงก็ต้องฝึกคลำกับอักษรเบรลล์ที่มีขนาดมาตรฐานอีกครั้งหนึ่ง ในการท่องจำของนักเรียนจะต้องคอยให้ครูสอนทบทวนว่าอักษรเบรลล์ตัวใดมีลักษณะอย่างไร เป็นการยุ่งยาก และเสียเวลามากในการจดจำอักษรเบรลล์

จากปัญหาหลายๆด้าน จึงได้ออกแบบและสร้าง ชุดฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์ภาษาไทยขึ้นเพื่อให้นักเรียนสามารถทบทวน และฝึกการอ่านอักษรเบรลล์ได้ด้วยตนเอง เนื่องจาก ชุดฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์ภาษาไทย มีขนาดตัวอักษรเบรลล์เท่ากับอักษรเบรลล์มาตรฐาน ทำให้การเรียนการสอนเด็กที่พิการทางการมองเห็นมีประสิทธิภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างชุดฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์ภาษาไทย
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนอักษรเบรลล์
3. เพื่อให้ผู้พิการทางสายตาสามารถฝึกการเรียนรู้ด้วยตนเอง
4. เพื่อช่วยลดภาระของผู้สอน

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

1. ชุดฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์ภาษาไทยจะมี พยัญชนะ 44 ตัว สระ และวรรณยุกต์ 40 ตัว ตัวเลข เครื่องหมายนำเลข 11 ตัว

2. ชุดฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์ภาษาไทยจะบอกความหมายของอักษรเบรลล์แต่ละตัวเท่านั้นไม่สามารถผสมคำได้

1.4 ประโยชน์หรือผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ผู้พิการทางสายสามารถเรียนรู้อักษรเบรลล์ภาษาไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ผู้สอนมีประสิทธิภาพในการสอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความหมาย และพัฒนาการของเด็กตาบอด

2.1.1 ลักษณะทั่วไปของเด็กตาบอด

เด็กตาบอด หมายถึง เด็กที่มีความบกพร่องทางการมองเห็น แบ่งเป็นความหมายทางการศึกษา และความหมายทางการแพทย์

ความหมายทางการศึกษา เด็กที่มีความบกพร่องทางการเห็นแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. เด็กตาบอด หมายถึง เด็กที่มองไม่เห็น หรือมองเห็นได้บ้างแต่ไม่มากนัก สามารถใช้สายตาข้างที่ดีที่สุดหลังจากปรับสภาพแล้วให้เป็นประโยชน์ในการเรียนการสอนได้ การเรียนการสอนสำหรับเด็กเหล่านี้ต้องเป็นวิธีที่ไม่อาศัยสายตาเป็นหลัก

2. เด็กตาบอดบางส่วน หมายถึง เด็กที่มีความบกพร่องทางสายตาสามารถมองเห็นบ้าง แต่ไม่เท่าเด็กปกติ มีปัญหาการเรียนรู้ด้วยวิธีการเรียนการสอนที่ใช้กับเด็กปกติ ฉะนั้นเด็กเหล่านี้ต้องการเครื่องมือและอุปกรณ์พิเศษบางอย่างที่ช่วยให้เด็กสามารถใช้สายตาได้ดีขึ้น

ความหมายทางการแพทย์ เด็กที่มีความบกพร่องทางการเห็น หมายถึง เด็กที่มีความบกพร่องทางสายตาเป็นเหตุให้การมองเห็นวัตถุต่างๆ ไม่ชัดเจน มี 2 ประเภท คือ

1. เด็กตาเห็นเลือนลาง หมายถึง เด็กซึ่งตาข้างที่ดีกว่าเมื่อใช้แว่นตาธรรมดาเห็นน้อยกว่า 6/30 ลงไปจนถึง 3/60 หรือ มีลานสายตาโดยเฉลี่ยแคบกว่า 30 องศา ลงไปจนถึง 10 องศา

2. เด็กตาบอด หมายถึง เด็กซึ่งตาข้างที่ดีกว่าภายหลังจากการที่ได้รับการแก้ไขแล้วเห็นได้น้อยกว่า 3/60 หรือ มีลานสายตาโดยเฉลี่ยแคบกว่า 10 องศา ไปจนถึงมองไม่เห็นแม้แสงสว่าง

2.1.2 พัฒนาการของเด็กตาบอด

ความพิการทางสายตามีผลต่อพัฒนาการของเด็กเพราะสายตาเป็นสิ่งที่ช่วยในการเรียนรู้ต่างๆ จากข้อจำกัดนี้อาจทำให้เด็กตาบอดมีลักษณะ และแสดงพฤติกรรม ดังนี้

1. พัฒนาการทางด้านร่างกาย

น้ำหนักและส่วนสูง เด็กตาบอดรับรู้โลกภายนอกได้โดยอาศัยการฟัง การสัมผัส และการดมกลิ่น ซึ่งมีผลกระทบต่อความเจริญเติบโต แต่ไม่ได้มีผลกระทบโดยตรง คือ เด็กตาบอดมีพัฒนาการทางด้านร่างกายเหมือนเด็กปกติทั่วไป เช่น ส่วนสูง และน้ำหนัก ส่วนการที่เด็กตาบอดบางคนเตี้ย และน้ำหนักเบากว่าเด็กปกตินั้น เกิดจากความไม่สมบูรณ์ของเด็กเนื่องมาจากการคลอดก่อนกำหนดมากกว่าการพิการทางสายตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเคลื่อนไหวเด็กตาบอดแต่กำเนิดมีพัฒนาการทางการเคลื่อนไหวช้ากว่าปกติ จำเป็นต้องมีการสอนและกระตุ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านความคิดรวบยอดเกี่ยวกับระยะทาง ทิศ ซ้าย ขวา ส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ตำแหน่งของร่างกาย ตำแหน่งที่ตั้งของสิ่งของ เครื่องใช้ที่อยู่รอบตัว เด็กบางคนเดินไม่ตรง อาจเดินซวนเซ ต้องใช้การได้ยินเพื่อหลบหลีกสิ่งกีดขวาง เด็กตาบอดมักจะพัฒนาวิธีของเขาขึ้นเองในการ "ทดสอบระยะห่าง" ขณะที่เด็กเดินอยู่ตามทางเดินในอาคารสถานที่ หรือเดินเลียบฝาผนัง เด็กจะตบมือ ดีดนิ้ว ดูดริมฝีปาก หรือเดาะลิ้น การกระทำดังกล่าวทำให้เกิดเสียงแหลมที่มีความถี่สูง เสียงนี้ช่วยให้เด็กตาบอดรับรู้เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมของเขาได้มากขึ้น เช่น บริเวณที่เดินใหญ่ หรือโล่งมากขนาดไหน แม้ว่าการกระทำดังกล่าวจะแปลกประหลาดแต่ก็ควรปล่อยให้เด็กฝึกทักษะเหล่านี้ เพราะเป็นวิธีที่เด็กใช้เพื่อทำความคุ้นเคยกับสิ่งแวดล้อมรอบตัว และเพื่อรู้ว่ากำลังอยู่ที่ไหนสอดคล้องกับการวิจัยของ สกาวรัตน์ คุณาวิศรุต (2531) เด็กตาบอดมักจะเอามือยื่นออกไปข้างหน้า เพราะกลัวจะชนสิ่งกีดขวาง ขณะที่เดินมีการแกว่งแขนไม่เหมือนคนปกติ เช่น ก้าวเท้าขวาก็จะแกว่งมือขวาไปข้างหน้า ขณะที่เด็กปกติก้าวเท้าขวามือซ้ายจะแกว่งเด็กตาบอดจึงต้องอาศัยการฝึก และเรียนในวิชาการปฐมนิเทศและการเคลื่อนไหวในสภาพแวดล้อม ซึ่งจัดไว้เฉพาะเด็กตาบอดโดยเฉพาะ

2. พัฒนาการทางสติปัญญา

ระดับสติปัญญา เด็กตาบอดทั่วไปจะมีผลการทดสอบเชาว์ปัญญาเฉลี่ยต่ำกว่าปกติเล็กน้อย มีการรับรู้ และการเรียนรู้ได้ยากกว่าเด็กปกติ เด็กปกติมีสิ่งเร้าใจการเห็นเป็นใหญ่ เมื่อพบเห็นสิ่งใดน่าสนใจก็จะศึกษาต่อทำให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ แต่เด็กตาบอดไม่มีโอกาสเช่นนั้น เด็กตาบอดไม่สามารถนำสิ่งที่จะเรียนใหม่ไปเปรียบเทียบกับสิ่งที่เคยเห็นแล้ว แต่เด็กตาบอดจะรับรู้และเรียนรู้โดยใช้ประสบการณ์ที่ได้รับจากประสาทส่วนอื่น และรับรู้ได้เพียงส่วนหนึ่งในขณะที่เด็กปกติรับรู้จากทั้งหมด ความพิการทางสายตาไม่มีผลต่อระดับสติปัญญาขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อม และประสบการณ์ของเด็กมากกว่า ยังพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของเด็กตาบอดขึ้นอยู่กับสิ่งต่อไปนี้ คือ สาเหตุของการตาบอด อายุขณะที่ตาบอด และอายุตอนเริ่มเข้าเรียน และพบว่าพัฒนาการทางการเรียนรู้ของเด็กตาบอดมีผลสัมฤทธิ์พอๆ กับเด็กปกติ มีบางวิชาเท่านั้นที่ไม่สามารถเรียนได้ดีเท่ากับเด็กปกติ คือ วิชาคณิตศาสตร์ และวาดเขียน สำหรับวิชาดนตรี เด็กตาบอดสามารถเรียนได้ดีกว่าเด็กปกติ เพราะดนตรีเป็นเรื่องของการฟังที่เด็กสามารถใช้โสตประสาทได้ดีเป็นพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. พัฒนาการทางภาษา

พัฒนาการทางการพูดของเด็กตาบอดช้ากว่าเด็กปกติเล็กน้อย แต่ทักษะทางภาษาไม่แตกต่างกัน เพราะใช้ประสาทหูเป็นส่วนใหญ่ การพูดอาจจะพูดเสียงเรียบ ไม่เปลี่ยนระดับเสียง ไม่ใช้สีหน้าท่าทางประกอบคำพูด ในกรณีที่ตาบอดมาแต่กำเนิดจะมีภาษาพูดช้า และพูดน้อยกว่าเด็กปกติ เวลาพูดไม่มองหน้าผู้ฟัง สร้างภาษาเฉพาะของตนเองเพื่อไม่ให้ผู้อื่นรู้ความลับเมื่อคุยกัน ชอบเลียนเสียง และฟังเสียงต่างๆ นอกจากนี้ยังมีปัญหาในการรวมคำเมื่อต้องการพูด หรือโต้ตอบกับผู้อื่น ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ทางภาษาของเด็กที่ได้รับจากการอบรมเลี้ยงดูจากครอบครัว

4. พัฒนาการทางอารมณ์และบุคลิกภาพ

4.1 อารมณ์ เด็กตาบอดมีลักษณะทางอารมณ์ไม่แน่นอนมักมีความแปรปรวนแปรทางอารมณ์ เนื่องจากความบีบคั้นทางอารมณ์ที่เกิดจากการเลี้ยงดูจากครอบครัวที่เข้มงวด หรือ ตามใจมากเกินไป แต่โดยทั่วไปลักษณะอารมณ์จะแตกต่างจากเด็กปกติไม่มากนัก

4.2 การปรับตัว จากการวิจับพบว่า เด็กตาบอดไม่ค่อยมีปัญหาในการปรับตัวมากนัก ลักษณะการปรับตัวจะคล้ายคลึงกับการปรับตัวของเด็กปกติ ทั้งนี้ผู้ที่มีปัญหาทางการมองเห็นไม่จำเป็นต้องมีปัญหาในการปรับตัว เพราะความสามารถในการปรับตัวไม่ได้เกิดจากการถ่ายทอดทางพันธุกรรม แต่ผู้ที่มองเห็นได้อย่างเลือนลาง จะมีความสามารถทางสังคมและการปรับตัวไม่ดีเท่าคนตาบอดสนิท

4.3 ลักษณะของเด็กตาบอดที่ชอบทำจนติดเป็นนิสัย (Mannerism หรือ Eandism) เด็กตาบอดชอบทำท่าทางบางอย่างที่เด็กปกติไม่ทำกัน ซึ่งคนทั่วไปมองดูว่าเป็นสิ่งผิดปกติคนตาบอดมักมีพฤติกรรมหรือกระทำอะไรที่รอบ ตาของตนเองเช่นเอานิ้วกดบริเวณลูกตาเด็กตาบอดแต่กำเนิดมักจะมีตาลึก บริเวณเปลือกตามีสีคล้ำ เด็กตาบอดบางคนชอบนั่งโยกตัวไปมาพยักหน้าบางคนทำท่าสูดดมกลิ่นอยู่ตลอดเวลา มือและศีรษะไม่อยู่นิ่ง หมุนตัว สะบัดนิ้ว ยังไม่มีใครอธิบายสาเหตุของพฤติกรรมแปลกๆ นั้นว่าเกิดจากอะไร เชื่อกันว่าความเหงาและความเบื่อทำให้เกิดพฤติกรรมเหล่านั้น หากให้เด็กออกสังคมบ้าง ได้พบผู้คนมากๆ ให้เด็กได้มีการเคลื่อนไหวกระตุ้นให้เด็กสนใจอยากรู้อยากเห็นโดยใช้ประสาทสัมผัสอื่นๆ จะให้ให้พฤติกรรมแปลกๆ นั้นหายไปได้ จะเห็นได้ว่าสิ่งเหล่านั้นแก้ไขได้ดังนั้นพ่อแม่ ครู และผู้ที่เกี่ยวข้องจึงควรช่วยเหลือเปลี่ยนแปลงแก้ไขเพื่อให้เด็กได้พัฒนาบุคลิกลักษณะให้เหมือนกับเด็กปกติให้มากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

เด็กตาบอดมีพัฒนาการโดยทั่วไปเหมือนเด็กปกติ โดยเฉพาะพัฒนาการทางร่างกาย และพัฒนาการทางด้านสติปัญญาส่วนพัฒนาการทางด้านภาษาจะช้ากว่าเด็กปกติเล็กน้อย แต่มีทักษะทางภาษาเหมือนกัน ส่วนพัฒนาการทางด้านอารมณ์จะมีความแตกต่างกันเนื่องจากเด็กตาบอดมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความบีบคั้นทางอารมณ์ เนื่องจากความบกพร่องของตนเองและมักมีพฤติกรรมที่แตกต่าง เช่น ชอบกดตาตนเอง นั่งก้มหน้า ทำจมูกดมกลิ่น เป็นต้น ทำให้เสียบุคลิกแต่ไม่เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้

2.1.3 ความเชื่อเกี่ยวกับเด็กตาบอด

ความเชื่อที่ถูกต้องเกี่ยวกับเด็กตาบอดมีดังนี้

1. เด็กตาบอด มีเพียงจำนวนน้อยเท่านั้นที่ไม่มีการเห็นอยู่เลย ส่วนใหญ่ยังมีสายตาที่เหลืออยู่มาใช้ประโยชน์

2. เด็กตาบอดใช้สิ่งพิมพ์ที่มีขนาดโตเป็นเครื่องมือในการอ่าน แต่ปัจจุบันมีแนวโน้มใช้การฟังมากกว่า

3. เด็กตาบอดไม่มีสัมผัสพิเศษ ความสามารถเกิดจากประสบการณ์การใช้ประสาทสัมผัสมากกว่าเด็กปกติ

4. เด็กตาบอดแยกสิ่งที่สัมผัสรับรู้ได้ ความสามารถนี้ไม่ใช่พรสวรรค์ แต่เกิดขึ้นเพราะการใช้ประสาทสัมผัสที่เหลืออยู่เป็นประจำจนเกิดความชำนาญ

5. ด้วยเจตคติที่ดี และประสบการณ์การเรียนรู้ที่พึงพอใจทำให้เด็กตาบอดสามารถช่วยเหลือตนเองได้ และมีบุคลิกภาพที่เข้มแข็งเหมือนเด็กปกติ

6. เด็กตาบอดพัฒนาทักษะการฟังได้ดี เนื่องจากต้องใช้ทักษะการฟังเพื่อติดต่อสื่อสารหรือเก็บข้อมูลต่างๆ จากสิ่งแวดล้อมอยู่ตลอดเวลา

7. สุนัขนำทางไม่สามารถนำคนตาบอดไปได้ทุกแห่ง สุนัขเป็นเพียงผู้ป้องกันไม่ให้ไปในที่ที่มีอุปสรรคเท่านั้น

จากความเชื่อที่ผิดเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าว ทำให้เด็กตาบอดได้รับการปฏิบัติแตกต่างจากเด็กปกติ เช่นได้รับการช่วยเหลือมากจนเดินความจำเป็น เพราะไม่เชื่อในศักยภาพความสามารถ ทำให้เด็กไม่รู้จักวิธีการเรียนรู้ด้วยตนเอง หรือ ไม่สามารถช่วยเหลือตนเองในกิจวัตรประจำวันได้ หรือบางครั้งมีการปิดกั้นวิธีการเรียนรู้ด้านอื่นๆ เพราะเชื่อว่าเด็กมีพรสวรรค์ด้านการฟัง จึงเน้นไปที่รูปแบบการเรียนรู้จากการฟังเท่านั้น ความจริงเด็กตาบอดสามารถเรียนรู้ผ่านการใช้ความสามารถด้านอื่นๆ ได้

2.2 หลักสูตร และการเรียนการสอนเด็กตาบอด

เนื่องจากเด็กตาบอดมีข้อจำกัดทางการมองเห็นไม่สามารถใช้สายตาที่เหลืออยู่ให้เกิดการเรียนรู้ได้ ดังนั้นหลักสูตรจึงต้องปรับให้เหมาะสมกับเด็ก เช่น ปรับการเรียน วาดเขียน หรือ พลศึกษา เป็นต้น อย่างไรก็ตาม โดยภาพรวมหลักสูตรควรใช้เหมือนกับเด็กปกติมากที่สุด สิ่งจำเป็นสำหรับการเรียนรู้ของเด็กตาบอดมี 4 ประการคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. อักษรเบรลล์ การสอนอักษรเบรลล์กับเด็กตาบอดนั้น ต้องเป็นกลุ่มเด็กที่ตาบอดสนิท หรือมีการเห็นเหลืออยู่น้อยมากจนไม่สามารถใช้สายตาเรียนรู้ได้ อักษรเบรลล์สามารถเขียนได้ 2 วิธี คือ การเขียนด้วยเครื่องมือเขียนอักษรเบรลล์ ที่เรียกว่า สเลท และ สไตลัส ในระยะแรกควรสอนให้เด็กเขียนอักษรเบรลล์โดยใช้เครื่องมือเขียนก่อน เนื่องจากกล้ามเนื้อมือยังไม่แข็งแรงพอที่จะใช้เครื่องพิมพ์เบรลล์ ก่อนสอนต้องให้เด็กรู้วิธีคลำอักษรเบรลล์จากแบบฝึกหัดเสียก่อน ให้เด็กรู้ว่าจุดต่างๆ ของอักษรเบรลล์แต่ละตัวแตกต่างกันหรือเหมือนกันอย่างไร เด็กตาบอดต้องเรียนด้วยการสัมผัสจับต้องและการจำที่ยากกว่าเด็กปกติมาก เพราะเวลาเขียนอักษรเบรลล์ต้องเขียนจากทางขวาไปซ้าย และอ่านโดยใช้ปลายนิ้วมือสัมผัสปุ่มนูน เด็กตาบอดอ่านหนังสือเบรลล์ได้ช้ากว่าเด็กปกติประมาณหนึ่งในสาม หรือหนึ่งในสี่ของเวลาที่เด็กปกติใช้อ่าน ดังนั้นครูจึงต้องมีความอดทนและให้เวลากับการสอนเด็กตาบอดให้มากขึ้น

2. การใช้การเห็นที่เหลืออยู่ ด้วยปัญหาจากการอ่านอักษรเบรลล์ และด้วยความจริงที่ว่าเด็กตาบอดส่วนมากยังมีสายตาที่เหลืออยู่บ้างที่จะนำมาใช้ประโยชน์ได้ เด็กตาบอดในปัจจุบันจึงได้รับการสนับสนุนส่งเสริมการอ่านด้วยสายตาให้มากที่สุด เชื่อว่าเด็กตาบอดส่วนมากควรอ่านอักษรปกติมากกว่าใช้อักษรเบรลล์ เนื่องจากปัจจุบันความก้าวหน้าทางการพิมพ์สามารถปรับขยายให้ตัวอักษรมีขนาดโตเท่าใดก็ได้ เหมาะสมกับระดับการเห็นของเด็ก ประกอบกับสามารถใช้แว่นขยายหรือจอภาพโทรทัศน์ฉายอักษรตัวใด

3. การฝึกทักษะทางการฟัง ปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีสูงทำให้ทักษะการฟังของเด็กตาบอดมีมากขึ้น เนื่องจากมีแผ่นเสียงเทปบันทึกเสียงจำนวนมากที่มีการใช้แทนอักษรเบรลล์เป็นอย่างมาก ในปัจจุบันเด็กตาบอดเป็นจำนวนมากนิยมใช้การฟังมากขึ้นไม่พยายามใช้สายตาที่เหลืออยู่ของตน ประการต่อมาการบันทึกเสียงไม่มีบันทึกสำหรับทุกสิ่งทุกอย่างไปทั้งหมด ข้อมูลจำนวนมากยังใช้การพิมพ์เป็นตัวหนังสือและป้ายโฆษณาต่างๆ จำนวนมากเป็นตัวหนังสือทั้งสิ้น ให้ข้อสังเกตว่า การฟังต้องใช้สมาธิมากหากเด็กขาดความตั้งใจแม้เพียงเล็กน้อยจะทำให้สิ่งที่ฟังไม่สมบูรณ์ ดังนั้นการฟังแม้จะมีความจำเป็นสำหรับเด็กตาบอดก็ตาม เด็กเหล่านี้ก็จำเป็นต้องพยายามใช้สายตาที่เหลืออยู่ และใช้อักษรเบรลล์ด้วย

4. การฝึกการเคลื่อนไหว (orientation and mobility) ถือเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับเด็กตาบอดอย่างมาก เพราะต้องใช้ในการเดินทาง การเคลื่อนไหวด้วยตนเองไปในที่ต่างๆ โดยอิสระ การเคลื่อนไหวต้องฝึกในสองส่วนคือ การปฐมนิเทศเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมและการเคลื่อนไหวทางกายภาพ เพื่อให้เด็กคุ้นเคยกับสภาพแวดล้อม ว่ามีอะไร อยู่ที่ไหน และมีประโยชน์อย่างไร กล่าวคือให้รู้ว่าตนมีความสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมในลักษณะใดบ้าง ส่วนการเคลื่อนไหว เป็นการสอนให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เด็กสามารถเคลื่อนไหวไปยังสถานที่ต่างๆ ได้อย่างปลอดภัย การเคลื่อนไหวสามารถใช้คนนำทาง ให้สุนัขนำทาง ใช้ไม้เท้า และเครื่องมืออิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น

2.3 การใช้เทคโนโลยีช่วยในการอ่านสำหรับคนตาบอด

จากความก้าวหน้าทางอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ มีหน่วยงานและบริษัทหลายแห่งได้พัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์หลายประเภทเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกแก่คนตาบอดในด้านการเคลื่อนไหวร่างกายและการอ่าน เช่น การประดิษฐ์เครื่อง Optacon, Computer Automatic, MIT Braille Emboss และ Kurzweil Reading Machine เป็นต้น

I. ออพตาคอน (Optacon มาจาก OPtical-to Tactile-CONverter) เป็นเครื่องมืออ่านหนังสือของคนตาบอด คิดค้นโดย ดร.เลนวิล แห่งมหาวิทยาลัยสแตนฟอร์ดใช้อ่านหนังสือที่พิมพ์ด้วยหมึกสีเข้มทุกชนิด ทุกภาษา เครื่องอ่านหนังสือชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

I.1 กล้อง ทำหน้าที่เสมือนนัยน์ตา คล้ายกล้องถ่ายรูป ขนาดเล็กเท่ากับมีดตัดโฟมมีขนาดกระทัดรัด ที่กล้องจะมีดวงไฟเล็ก ๆ สองดวงสำหรับส่องตัวหนังสือที่จะอ่าน ภายในกล้องจะมีหลอดไฟทรานซิสเตอร์ที่ไวต่อแสงมากเรียกว่า light-sensitive photo อีก 144 ตัว ทำหน้าที่เสมือนเป็นเรตินาของนัยน์ตา หลอดไฟทรานซิสเตอร์ 144 ตัวนี้จะถ่ายทอดตัวหนังสือเป็นสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ไปยังตัวเครื่อง เมื่อสัญญาณเข้าไปที่เครื่องก็จะไปทำให้หมุดบนร่องสำหรับวางนิ้วชี้มือซ้ายบนเครื่องสั่นสะเทือน นูนขึ้นมาจากปกติ เป็นรูปร่างตามตัวอักษรที่กล้องถ่ายภาพได้ ดังนี้เมื่อผู้อ่านใช้นิ้วชี้มือซ้ายแตะบนร่องในเครื่องอ่านนี้ ก็จะทราบทันทีว่าตัวอักษรที่จะใช้อ่านนั้นเป็นตัวอะไร

1.2 ตัวเครื่องมีขนาดหนา 2 นิ้ว กว้าง 6 นิ้ว ยาว 8 นิ้ว ภายในบรรจุแบตเตอรี่นิกเกิลแคดเมียมเอาไว้ ในตอนกลางคืนเมื่อไม่ได้ใช้เครื่องก็เสียบไฟฟ้าบ้านขนาด 220 โวลท์ ให้ไฟเข้าไปเก็บไว้ในแบตเตอรี่ บรรจุไปหนึ่งคืนนำมาใช้อ่านหนังสือได้ประมาณ 4 ชั่วโมง ถ้ามีกำลังไฟมากหมุดที่ร่องสำหรับวางนิ้วชี้ก็จะนูนขึ้นมามากตัวเครื่องนี้จะมีกระเป๋าหนังหุ้มอยู่อีกทีหนึ่ง

การใช้ออพตาคอนในการอ่านหนังสือ ใช้มือซ้ายสอดเข้าไปในตัวเครื่อง ให้นิ้วชี้วางอยู่บนร่องหมุด ส่วนมือขวาจับกล้องนำไปวางให้ตรงกับบรรทัดหนังสือที่จะอ่านลองเปิดไฟที่กล้องก่อนเพื่อสำรวจดูว่าตัวหนังสือใหญ่มากน้อยแค่ไหน ตัวหนังสือใหญ่เกินไปนิ้วซ้ายที่แตะอยู่บนร่องหมุดจะทราบเพราะหมุดจะนูนออกมาล้นกรอบปรับกล้องโดยเลื่อนปุ่มบนกล้องเพื่อให้เลนส์ได้ขนาดกับตัวหนังสือที่จะอ่านจะมีเสียงดังหวี่ๆ อยู่ตลอดเวลาที่กล้องวางอยู่บนตัวอักษร เลื่อนกล้องไปช้าๆ นิ้วซ้ายก็คลำหมุดไปตามลำดับ พอเลื่อนไปสุดบรรทัดซึ่งไม่มีตัวอักษรเสียงหวี่ๆ ตอนแรกก็จะไม่ดังเลื่อนกล้องกลับมาตามแนวเดิมจนถึงจุดเริ่มต้นก่อนจากนั้นจึงเลื่อนลงมาขึ้นบรรทัดใหม่ทำเช่นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อยไปจนจบข้อความที่จะอ่านตัวหนังสือที่พิมพ์ด้วยสีอื่นที่ไม่ใช่สีดำหรือน้ำเงินหรือสีเข้มๆ จะอ่านไม่ได้ รูปภาพอ่านไม่ได้ เครื่องออพตาคอนนี้ราคาประมาณเครื่องละ 60,000 บาท

เด็กนักศึกษาระดับวิทยาลัยที่อ่านเก่งด้วยออพตาคอน จะสามารถอ่านได้ถึงนาทีละ 60 – 70 คำ การอ่านแบบนี้เด็กตาบอดสามารถอ่านหนังสือปกติได้โดยไม่ต้องอาศัยอักษรเบรลล์ อย่างไรก็ดี การเรียนอ่านด้วยออพตาคอนนั้นเด็กจะต้องมีเชาว์ปัญญาสูง มีการฝึกหัดนาน และต้องได้แรงเสริมอย่างมากด้วย กล่าวกว่าออพตาคอนเป็นงานประดิษฐ์ที่มีคุณค่าเพราะเด็กสามารถอ่านหนังสือได้โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องช่วยใดๆ อีก แต่ข้อเสียของออพตาคอนก็คือ เด็กตาบอดส่วนใหญ่ไม่สามารถซื้อมาใช้ได้เพราะมีราคาแพง

2. เครื่องแปลอักษรเบรลล์คอมพิวเตอร์(Computer automation)เป็นเครื่องแปลตัวอักษรปกติของหนังสือเรียนระดับประถมศึกษาปีที่ 2 เป็นอักษรเบรลล์โดยอาศัยคอมพิวเตอร์ จัดทำโดย Massachusetts Institute of Technology วิธีการนี้ American Printing House for the Blind ได้นำไปใช้และมีการพัฒนาให้ความก้าวหน้าขึ้นอีกโดยการใช้เครื่องแปลอักษรเบรลล์ ซึ่งเรียกว่า MIT Braille Emboss กับเครื่องโทรพิมพ์ ซึ่งครูผู้สอนเด็กตาบอดซึ่งอยู่ในโรงเรียนห่างไกลสามารถมีหนังสืออักษรเบรลล์ใหม่ๆ โดยใช้โทรศัพท์ติดต่อกับศูนย์คอมพิวเตอร์ส่วนกลาง เพื่อช่วยจัดส่งหนังสือใหม่ๆ ที่ต้องการโดยใช้เครื่องโทรพิมพ์

3. Kurzweil Reading Machine เป็นเครื่องช่วยอ่านอีกประเภทหนึ่งของคนตาบอด ผลิตโดยบริษัท Kurzweil Company Products, Inc., a Xerox Company เป็นเครื่องที่สามารถเปลี่ยนตัวหนังสือสำหรับคนสายตาปกติเป็นเสียงพูดภาษาอังกฤษในอัตราความเร็วปกติ โดยผู้ใช้เพียงแต่วางวัสดุการอ่านลงบนด้านหน้าของตัวอ่าน (scanner) เครื่องก็จะเริ่มอ่านหนังสือตั้งแต่บรรทัดแรกและอ่านไปเรื่อยๆ จนจบหน้า อุปกรณ์นี้มีประโยชน์มาก แต่คนตาบอดยังใช้กันน้อย เพราะราคาแพงและเคลื่อนย้ายลำบาก

4. หนังสือเทปได้รับการพัฒนาโดย The National Library Service for the Blind and Physically Handicapped (NLS) โดยเริ่มการบันทึกการอ่านหนังสือลงในจานเสียงมาตั้งแต่ ค.ศ. 1933 และมูลนิธิคนตาบอดอเมริกัน (The American Foundation for the Blind) ก็ได้พัฒนาอุปกรณ์บันทึกเสียงจานเสียง เรื่อยมาจนใน ค.ศ. 1934 วิศวกรภายใต้ความอุปถัมภ์ของมูลนิธิคนตาบอดอเมริกันสามารถผลิตจานเสียงมาตรฐานคือ ขนาดความเร็ว 33 I/3 rpm (revolutions per minute) ออกมาใช้บันทึกหนังสือได้ ซึ่ง 14 ปีต่อมาจานเสียงแบบนี้จึงเริ่มแพร่หลายในวงการธุรกิจ

จานเสียงมาตรฐานในปัจจุบันที่ใช้บันทึกหนังสือจะมีขนาด 8 1/3 rpm มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 นิ้ว เล่นได้ประมาณ 3 ชั่วโมง ซึ่งระยะเวลาในการเล่นนานของจานเสียง ทำให้ประหยัดจานเสียงและประหยัดเนื้อที่ในการจัดเก็บด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เทปคาสเซท ปัจจุบันเทปคาสเซทได้รับการพัฒนาไปมาก จากการเล่นได้ 1 7/8 ips 2 tracks ใช้เวลาเล่น 1 ½ ชั่วโมง (ips = inches per second) จนสามารถเล่นได้ 15/16 ips 4 tracks โดยสามารถเล่นได้นานถึง 6 ชั่วโมง ซึ่งจะบันทึกตัวหนังสือได้ถึง 200 หน้า ตั้งแต่ ค.ศ. 1977 เป็นต้นมา NLD นิยมใช้เทปคาสเซทแบบนี้มากเพราะมีขนาดเล็กกระทัดรัด น้ำหนักเบา เล่นได้นาน และจัดทำสำเนาได้ง่าย

6. เครื่องเล่นหนังสือเทป (Talking-book machine) ได้รับการพัฒนาโดยมูลนิธิคนตาบอดอเมริกัน รวมทั้งบริษัททางการค้า จนปัจจุบันเครื่องเล่นแผ่นเสียงสามารถเล่นกับแผ่นเสียงขนาด 33 1/3, 16 2/3 และ 8 1/3 rpm และเครื่องเล่นเทปคาสเซทสามารถใช้กับเทปขนาด 1 7/8 และ 15/16 ips

7. เครื่องอ่านหนังสือสำหรับคนตาบอดผลิตโดยทบวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมของประเทศญี่ปุ่น เป็นเครื่องช่วยอ่านหนังสือที่มีสมรรถนะในการจดจำตัวอักษร ค้นหาประโยคและอ่านออกมาด้วยเสียงคอมพิวเตอร์ (Computerized Speech Synthesizer) สามารถเปิดหน้าหนังสือได้เอง และอ่านได้ทั้งแผนผังและแผนภูมิ เครื่องอ่านนี้สามารถจำตัวหนังสือได้ 3,000 ตัวรวมทั้งตัวอักษรจีนหลักๆ ที่ใช้ในชีวิตประจำวันในประเทศญี่ปุ่น มีหน่วยความจำประมาณ 60,000 คำ หลังจากการจำตัวอักษรวิเคราะห์ประโยค และการเพิ่มเติมข้อมูลการออกเสียงและการให้เสียงสูงต่ำ เครื่องจะส่งข้อมูลต่างๆ ไปยังเครื่องทำเสียงพูด ซึ่งจะอ่านออกเสียงออกมา เครื่องนี้จะบันทึกข้อมูลได้ในเวลาเดียวกันด้วย

ผู้ฟังสามารถควบคุมหน้าหนังสือ หน่วยที่มา (เป็นคำหรือเป็นประโยค) และความเร็วในการอ่านด้วยแป้นกดตัวอักษร (Key board) นอกจากนี้ยังสามารถแก้ไขคำที่อ่านผิดได้ด้วยการใช้แป้นกดตัวอักษรนั้น จะมีเทปคำอธิบายการใช้มาพร้อมกับตัวเครื่อง

เครื่องอ่านหนังสือสำหรับคนตาบอดนี้ มีขนาดใหญ่โต และยังมีความเชื่องช้าในการทำงาน คือ มีความสามารถในการอ่านได้ 300 คำ (1 หน้าหนังสือ) ในระยะเวลา 25 นาที (ในขณะที่คนสายตาปกติจะใช้เวลาอ่านเพียง 3 นาที) ซึ่งผู้ผลิตจะได้ทำการปรับปรุงแก้ไขในโอกาสต่อไป

ทบวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรมพยากรณ์ว่า ราคาของเครื่องอ่านหนังสือสำหรับคนตาบอดขนาดที่ใช้ได้สะดวก ซึ่งจะหาซื้อได้ในปีงบประมาณ 2531 จะมีราคาประมาณ 30 ล้านเยน

นอกจากเครื่องมืออุปกรณ์พิเศษที่สามารถแทนสายตาของพวกเขาเช่นนี้แล้ว ยังกล่าวถึงงานจากความรู้ความสามารถของนักวิจัยไทยที่ให้ความสนใจในการพัฒนาเทคโนโลยีทางด้านนี้เพื่อคนพิการ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เครื่องบันทึกอักษรเบรลล์ แบ่งได้ 2 ชนิดคือ

1.1 เครื่องบันทึกอักษรเบรลล์ชนิดอ่านออกเสียงได้อย่างเดียว เป็นอุปกรณ์ที่คนตาบอดสามารถพกพาไปไหนมาไหน เพื่อการทำงานนอกสถานที่ได้เช่นเดียวกับบุคคลทั่วไปมีลักษณะพิเศษคือเป็นพิมพ์เป็นอักษรเบรลล์ และสามารถแปลงเบรลล์เป็นอักษรธรรมดาได้ มีความสามารถอ่านออกเสียงได้ และมีหน้าที่การทำงานเหมือนเครื่องบันทึกส่วนบุคคล (organizer) สามารถบันทึกการพิมพ์ได้เหมือนประมวลคำ (word processor) สามารถสั่งพิมพ์ข้อความได้

1.2 เครื่องบันทึกอักษรเบรลล์ชนิดอ่านออกเสียง และแสดงจุดอักษรเบรลล์มีขนาดเล็กสามารถใช้แบตเตอรี่ได้นานประมาณ 30 ชั่วโมง ใช้บันทึกข้อมูลแฟ้มต่างๆ ได้บันทึกเบอร์โทรศัพท์ คิดเลข บอกวันที่ เดือน ปี และเวลาได้ มีหน่วยความจำประมาณ 2 – 4 เมกกะไบต์ แล้วแต่รุ่น ใช้ได้ทั้งระบบอ่านออกเสียง และระบบแสดงผลเป็นอักษรเบรลล์ที่มีทั้งแบบ 18 และ 40 ตัวอักษรในระบบ 8 จุด ทำให้สามารถใช้ได้ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ สามารถเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ และเครื่องพิมพ์ได้และมีระบบค้นหาข้อมูลต่าง ๆ ที่ต้องการได้ ในกรณีที่พิมพ์อักษรผิดสามารถแก้ไขได้

2. โปรแกรมอ่านอักขระ (Optical character recognition) เครื่องนี้มีความสามารถในการอ่านอักขระ และกราฟิกของสิ่งพิมพ์ โดยสามารถแปลงข้อมูลที่ใส่เข้าไปและแสดงผลข้อมูลที่ได้ 3 อย่าง คือ

2.1 แฟ้มข้อมูลคอมพิวเตอร์ ผู้ใช้สามารถเก็บบันทึกได้ และอ่านได้ด้วยเครื่องอ่านอักขระ

2.2 เสียงพูด ผู้ใช้สามารถรับรู้สิ่งผ่านเครื่องนี้เป็นเสียงพูดได้ในเวลานั้น

2.3 อักษรเบรลล์ผู้ใช้สามารถต่ออุปกรณ์นี้กับอุปกรณ์อ่านอักษรเบรลล์และสามารถอ่านได้ในเวลานั้น

ความก้าวหน้าอีกประการหนึ่งของเครื่องมือนี้ คือการต่อเข้ากับเครื่องมือการอ่านหนังสือที่สามารถบอกรูปแบบ หน้า ลักษณะรูปภาพ ของหนังสือไปแต่ละหน้าเหมือนกับการได้มองเห็นหนังสือจริงๆได้

นอกจากนี้ยังจำแนกประเภทของเทคโนโลยีสารสนเทศ ไว้ดังนี้

เครื่องคอมพิวเตอร์ มีลักษณะไม่แตกต่างจากคนปกติโดยทั่วไปทั้งระบบปฏิบัติการที่เป็นดอสวินโดว์ แมคอินทอช และยูนิกส์ หรืออื่นๆ รวมทั้งคอมพิวเตอร์ที่ได้รับการออกแบบมาเป็นพิเศษ สำหรับที่ผู้ที่เคยชินกับการใช้เป็นพิเศษที่เป็นอักษรเบรลล์ ซึ่งมีลักษณะแตกต่างไปจากระบบแป้นพิมพ์สัมผัสทั่วไป

อุปกรณ์ที่ทำงานร่วมกับคอมพิวเตอร์ (ใช้แทนการมองเห็นหน้าจอของคนทั่วไป) แบ่งได้ 2 ประการได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การแสดงผลเป็นเสียง (speech output) อาศัยเสียงเป็นสื่อกลางในการทำงานกับคอมพิวเตอร์ โดยทั่วไปนิยมเรียกอุปกรณ์ชนิดนี้ว่าเครื่องสังเคราะห์เสียง หรือเครื่องประกอบเสียง (speech synthesizer) ถึงแม้ว่าที่มาของเสียงอาจเป็นได้ทั้งการสังเคราะห์เสียงขึ้น หรือจากการบันทึกเสียงมนุษย์ หรืออาจใช้กระบวนการทั้ง 2 อย่างลักษณะของเครื่องสังเคราะห์เสียง อาจเป็นการ์ดที่ติดตั้งไว้ หรือเป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ผ่านแบบอนุกรมหรือแบบขนาน โดยที่เครื่องสังเคราะห์เสียง จะทำหน้าที่เปล่งเสียงออกมาตามคำสั่งของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้รับการออกแบบให้ทำหน้าที่แปลงข้อความบนจอภาพให้เป็นเสียง

2. การแสดงผลเป็นอักษรเบรลล์ (Braille output) เป็นการใช้อักษรเบรลล์เป็นสื่อกลางในการใช้คอมพิวเตอร์ ซึ่งอาจทำได้ 2 วิธี คือ

การสั่งให้พิมพ์เอกสารโดยผ่านเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ (Braille output หรือ (Braille embosser) ซึ่งสามารถพิมพ์กระดาษต่อเนื่องและกระดาษไม่ต่อเนื่องได้ แต่ต้องแยกใช้อย่างละเครื่อง ซึ่งใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (software) ได้แก่

2.1 โปรแกรมอ่านหน้าจอ (screen reader) ทำหน้าที่แปลงข้อมูลบนจอภาพให้เป็นเสียง ซึ่งสามารถได้ยินจากเครื่องสังเคราะห์เสียง

2.2 โปรแกรมขยายหน้าจอ (Screen enlargement) ทำหน้าที่ขยายขนาดของตัวอักษร หรือรูปภาพบนจอคอมพิวเตอร์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น เพื่ออำนวยความสะดวกให้บุคคลที่สายตาเลือนลางสามารถอ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์ได้

2.3 โปรแกรมแปลอักษรเบรลล์ (Braille translation) ทำหน้าที่แปลงข้อมูลบนจอคอมพิวเตอร์ ทั้งที่เป็นตัวอักษร สิ่งตีพิมพ์ หรือที่เป็นรูปภาพ ให้เป็นอักษรเบรลล์ เพื่อการแสดงผลบนจอ หรือพิมพ์ออกมาเป็นเอกสารโดยผ่านเครื่องพิมพ์

2.4 โปรแกรมสั่งงานด้วยเสียง (Voice recognition) คือการพูดกับไมโครโฟนผ่านระบบข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์ โดยจะส่งคำสั่งไปยังตัวปรับที่เครื่องเหมือนแป้นพิมพ์ทั่วไป

เครื่องกวาดตรวจเอกสารด้วยแสดง (Braille scanner) ลักษณะเหมือนเครื่องสแกนโดยทั่วไป สามารถสแกนได้ทั้งอักษรปกติภาษาไทย ภาษาอังกฤษ อักษรเบรลล์ และภาพกราฟิกต่างๆ จะทำงานร่วมกับโปรแกรมอ่านอักขระ (optical character recognition) ทำให้สามารถแปลงข้อมูลออกมาเป็นข้อมูลภาษาไทย ภาษาอังกฤษ อักษรเบรลล์ และอ่านภาพกราฟิกได้

ปัญหาของการใช้อุปกรณ์ทางเทคโนโลยี

1. คนตาบอดจะต้องได้รับการอบรมเกี่ยวกับการใช้อุปกรณ์ต่างๆ อย่างชำนาญเสียก่อนจึงจะใช้ได้ดี

2. อุปกรณ์ดังกล่าวมักจะเสียบ่อย จึงต้องมีการตรวจสอบและซ่อมแซมอย่างสม่ำเสมอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. อุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาแพงมีขนาดใหญ่โต เคลื่อนย้ายได้ยาก จึงไม่สะดวกต่อการใช้ในชีวิตประจำวัน

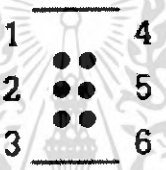
2.4 การสอนเขียนอ่านอักษรเบรลล์สำหรับเด็กตาบอด

2.4.1 ความหมาย และลักษณะของอักษรเบรลล์

อักษรเบรลล์เป็นอักษรนูน มีลักษณะเป็นจุดนูน 6 จุด ใน 1 กลุ่ม เซล ซึ่งนำมาจัดเรียงกันอย่างมีระบบเป็นรหัส หรือสัญลักษณ์แทนอักษรคนตาดี ตำแหน่งจุดต่างๆ นั้นเรียกดังนี้ คือ

ทางซ้ายมือ มีตำแหน่งจุดที่ 1, 2, 3 เรียงกันลงมาตามลำดับ

ทางขวามือ มีตำแหน่งจุดที่ 4, 5, 6 เรียงกันลงมาตามลำดับ ดังนี้



รูปที่ 2.1 ลักษณะของอักษรเบรลล์

2.4.2 ประวัติ และการพัฒนาอักษรเบรลล์

คนตาบอดเริ่มมีการอ่านหนังสือ ครั้งแรกตั้งแต่คริสต์ศตวรรษที่ 14 โดยใช้ปลายนิ้วมือสัมผัส รูปตัวอักษรโรมันที่แกะสลักจากไม้ อิฐ ดีบุก และ เหล็ก มีวิวัฒนาการเปลี่ยนแปลงมาเป็นเวลายาวนาน จนในคริสต์วรรษที่ 17 จึงกำเนิดอักษรเบรลล์เป็นลักษณะจุดนูน และได้ชื่อตามผู้คิดประดิษฐ์ คือ Louis Braille การพัฒนาอักษรเบรลล์ แบ่งเป็น 3 ช่วง ดังนี้

1. การพัฒนาอักษรโรมันสำหรับคนตาบอด

การอ่านสัมผัสด้วยปลายนิ้วมือ หมายถึงการอ่านหนังสือของคนตาบอดโดยใช้ปลายนิ้วมือทั้งสองมือสัมผัสบนรูปตัวอักษรโรมันที่แกะสลักจากไม้ อิฐ ดีบุก และเหล็ก การตัดกระดาษเป็นรูปตัวอักษรโรมัน การปักเข็มหมุนบนหมอนเป็นภาษาเยอรมันนอกจากนี้ยังมีการใช้เชือกขดเป็นปมแทนตัวอักษร วิธีนี้ใช้ได้ผลดีเป็นเวลานาน และใช้แปลหนังสือพระคัมภีร์ไบเบิลให้คนตาบอดได้เรียนรู้เรื่องคริสต์ศาสนา ระบบนี้เป็นการสื่อสารติดต่อระหว่างคนตาบอดด้วยกันและระหว่างคนตาบอดกับคนตาดี

2. อักษรนูน 6 แบบ

การพัฒนาตัวหนังสือและวิธีการอ่านหนังสือสำหรับคนตาบอด ได้กระทำกันต่อมาเรื่อยๆ จนได้รับความคิดว่าคนตาบอดควรใช้ปลายนิ้วมือสัมผัสตัวอักษรนูนที่เป็นสัญลักษณ์ นับว่าเป็นการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อ่านที่ง่าย สะดวกรวดเร็ว และเหมาะสมที่สุด ดังนั้นจึงมีผู้คิดและดัดแปลงวิธีการอ่านเรื่อยมา ดังนี้คือ

2.1 อักษรนูนแบบฮิว (Hauy)

ผู้ให้กำเนิดการศึกษาแก่คนตาบอดคนแรกของโลก เป็นชาวฝรั่งเศส ชื่อ Valentine Hauy ได้ตั้งโรงเรียนสอนคนตาบอดแห่งแรกที่กรุงปารีสประเทศฝรั่งเศสในปี ค.ศ. 1784 และต่อมาจัดตั้งสมาคมวาเลนไทน์ ฮิว เมื่อสุภาพสตรีตาบอดชาวเวียนนาชื่อ มาเรีย เทเรซาวอน พาราติ มาเยือนกรุงปารีส เธอเชื่อว่าคนตาบอดสามารถอ่านหนังสือได้ด้วยวิธีการอ่านสัมผัสด้วยปลายนิ้วมือบนตัวอักษรใหญ่ๆ ที่พิมพ์เป็นตัวนูน แม้ว่า Hauy จะมิใช่บุคคลแรกที่ค้นพบวิธีการพิมพ์อักษรนูนแต่เขาก็ได้ให้แนวความคิด และทำหนังสือสำหรับคนตาบอดโดยพิมพ์เป็นอักษรโรมันตัวนูน

2.2 อักษรนูนแบบกอลล์ (Gall's type)

ค.ศ. 1826 Janes Gall ได้พิมพ์หนังสือสำหรับ คนตาบอดตามแบบวิธีของฮิว คือ พิมพ์ด้วยอักษรโรมันตัวนูนมีชื่อภาษาอังกฤษว่า "First Book for Teaching the Art of Reading To the Blind" ส่วนหนึ่งของหนังสือนี้พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ธรรมดา อีกส่วนหนึ่งพิมพ์เป็นอักษรโรมันตัวนูนขนาดใหญ่ใช้ระบบการอ่านสัมผัสและคำต่อเนื่องติดต่อกัน ไม่เว้นวรรคระยะระหว่างคำทำให้อ่านยาก

2.3 อักษรนูนแบบฟราย และออลสตัน (Fry and Alston)

ค.ศ. 1832 สมาคมช่างศิลป์แห่งเอดินเบอร์ก ได้ประกาศให้รางวัลเหรียญทองแก่ผู้ชนะเลิศแบบการพิมพ์หนังสือที่ดีที่สุดสำหรับคนตาบอด มีผู้เข้าแข่งขันทั้งหมด 19 แบบ ผู้ที่ได้รับรางวัล คือ Dr.Edmund Fry แห่งกรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ ท่านพิมพ์ด้วยอักษรโรมันธรรมดา และค่อยๆ เปลี่ยนแปลงจนเป็นที่นิยมแพร่หลายในประเทศต่อมา John Alston ซึ่งทำงานที่สถานสงเคราะห์คนตาบอดกลาสโก ได้นำแบบอย่างการพิมพ์มาดัดแปลงและสร้างเครื่องพิมพ์พิมพ์หนังสือ ชื่อเป็นภาษาอังกฤษว่า "Inter Alia" เป็นเรื่องเกี่ยวกับคริสต์ศาสนา ค.ศ. 1840 ได้พิมพ์หนังสือพระคัมภีร์ไบเบิลฉบับสมบูรณ์ 19 เล่มจบ เป็นหนังสือพระคัมภีร์ไบเบิลเล่มแรกที่พิมพ์เป็นอักษรนูน ตัวพิมพ์เด่นชัด และพิมพ์ทั้งสองหน้า จำหน่ายแพร่หลายมากในกรุงเอดินเบอร์ก และสหรัฐเมริกา

2.4 อักษรนูนแบบบอสตัน ลายน์ เลทเทอร์ (Boston Line Letter)

ขณะที่ John Alston มีชื่อเสียงการพิมพ์อักษรนูนสำหรับคนตาบอดในยุโรปทางสหรัฐอเมริกาได้มีผู้ริเริ่มการพิมพ์อักษรนูนคนแรกชื่อ Samuel Howe เป็นผู้อำนวยการคนแรกของสถาบันเพอร์กิ้น เมืองบอสตันอันเป็นสถาบันที่มีชื่อเสียงมากทางอบรมครูสอนคนตาบอดและให้การศึกษาระดับสูงแก่คนตาบอดของสหรัฐอเมริกา ท่านได้เดินทางท่องเที่ยวมายังประเทศต่างๆ ในทวีปยุโรปและได้พบวิธีการพิมพ์เพิ่มการพิมพ์อักษรขึ้นต้นด้วยตัวใหญ่ วิธีการพิมพ์นี้เป็นที่แพร่หลายและรู้จักดีในเมือง บอสตันจึงเรียกวิธีนี้ว่า แบบบอสตัน ลายน์ เลทเทอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 อักษรนูนระบบเชาวเลข (Shorthand Systems)

ระบบการใช้อักษรนูนแบบเชาวเลขเป็นความคิดของ Lucas และ Fere ซึ่งเป็นนักเขียนเชาวเลข ชาวเมืองบรอสทอล ประเทศอังกฤษท่านใช้วิธีเขียนแบบรหัสย่อเป็นรูปเส้นตรงเส้นโค้งเส้นงอและจุดเขียนอยู่บนเส้นตรงแนวเดียวกันหนังสือที่พิมพ์แบบเชาวเลขนี้แพร่หลายมากในประเทศอังกฤษ และประเทศใกล้เคียงนอกจากนี้ยังคิดประดิษฐ์การเขียนโน้ตดนตรีสำหรับคนตาบอดด้วย ส่วน Fere ได้คิดค้นระบบการอ่านออกเสียง (PhoneticSystem) สำหรับคนตาบอด และคงยึดแนวเขียนเป็นแถวอย่างแบบเชาวเลขของ Lucus

2.6 อักษรนูนแบบมูน (Moon)

การอ่านหนังสือของคนตาบอดตามระบบการอ่านสัมผัสด้วยปลายนิ้วมือ บนแถวเดียวกันยังคงใช้สืบต่อมาจนถึงสมัยของ William Moon ชาวอังกฤษใน ค.ศ. 1847 ท่านผู้นี้ตาบอดบางส่วนและต่อมาสายตาค่อย ๆ มืดลงจนกลายเป็นคนตาบอดสนิท จากประสบการณ์ของท่านเองได้พบว่าคนตาบอดสามารถอ่านหนังสือได้ทุกระบบตามที่กล่าวมาแล้วอย่างมีประสิทธิภาพ และท่านได้คิดวิธีตามแบบของท่านเรียกว่า อักษรนูนแบบมูน ใช้สัญลักษณ์ตัวนูน เป็นรูปเส้นโค้ง เส้นตรง เส้นงอสามเหลี่ยม วงกลม และจุดเขียนอยู่บนเส้นตรงแนวเดียวกันตามแบบของ Fere อักษรนูนแบบมูนใช้ได้ผลดีมากดังปรากฏในบันทึกว่านักเรียนตาบอดสามารถอ่านหนังสือนูนแบบของเขาได้คล่องแคล่วในเวลาเพียง 10 วัน แต่จะต้องใช้เวลาฝึกหัดอ่านอักษรนูนแบบอื่นๆ ถึง 5 ปีซึ่งเป็นการเปรียบเทียบความสะดวกรวดเร็วในการเรียนรู้อักษรนูนแบบมูน

3. อักษรเบรลล์ (Braille)

คิดค้นโดย Louis Braille ซึ่งเป็นชาวฝรั่งเศส เกิด ค.ศ. 1809 ที่เมืองคูเวร์ ประเทศฝรั่งเศส เป็นลูกชายนายช่างซ่อมรองเท้า และเครื่องหนัง ท่านตาบอดแต่เยาว์วัยเพราะอุบัติเหตุจากเครื่องมือของบิดาได้รับการศึกษาจากโรงเรียนสอนคนตาบอดแห่งแรกที่กรุงปารีสที่สร้างขึ้นโดย Hauy และเมื่อสำเร็จการศึกษาแล้วได้เข้าทำงานเป็นครูสอนคนตาบอดสืบต่อมา ณ ที่นั้น ท่านได้ศึกษาระบบการอ่านสระ – พยัญชนะสัมผัสด้วยปลายนิ้วมือตามแบบของ Hauy เขาได้รับความคิดมาจากการส่งข่าวสารทางทหารในเวลากลางคืนของกัปตันเรือซึ่งใช้กระดาษแข็งปั๊มเป็นรหัสจุด – ขีด ซึ่งได้พัฒนามาเป็นระบบ 6 จุด ซึ่งสามารถจัดกลุ่มของจุดได้ถึง 36 แบบใช้แทนอักษรคนตาดี และได้คิดสร้างโน้ตดนตรีเป็นอักษรเบรลล์สำหรับคนตาบอด

เมื่อเขาอายุ 26 ปี เขาได้ทดลองทำเอกสารสรุปย่อฉบับหนึ่งเกี่ยวกับการอ่าน – เขียนอักษรเบรลล์ แต่ยังไม่เป็นที่พอใจของเขานัก จนปีคริสต์ศักราช 1834 ได้คิดระบบการอ่านสัมผัสด้วยปลายนิ้วมือ นับเป็นผลงานที่สมบูรณ์แบบครบถ้วนยิ่งกว่าระบบใดๆ ทั้งสิ้น และเรียกตามชื่อเขาว่าอักษรเบรลล์ เป็นที่นิยมและยอมรับกันทั่วโลกว่าเป็นอักษรสำหรับคนตาบอดใช้อ่าน และเขียนตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบการอ่านสัมผัสด้วยปลายนิ้วมืออักษรเบรลล์ฝรั่งเศสได้แพร่หลายไปทั่วโลกมีผู้ดัดแปลงนำไปใช้ในกลุ่มประเทศที่ใช้ภาษาอังกฤษเป็นหลังทั่วยุโรป เช่น ประเทศอังกฤษ และสหรัฐอเมริกา

ค.ศ. 1918 กลุ่มประเทศดังกล่าวได้คิดปรับปรุงอักษรเบรลล์สำหรับคนตาบอดประจำชาติของตนโดยยึดหลักแบบอักษรเบรลล์ฝรั่งเศสของ Louis Braille และใน ค.ศ. 1932 ประเทศอังกฤษและสหรัฐอเมริกา ร่วมมือจัดทำ อักษรเบรลล์อังกฤษมาตรฐาน (Standard English Braille) สำหรับใช้ในกลุ่มประเทศที่พูดภาษาอังกฤษเป็นหลัก

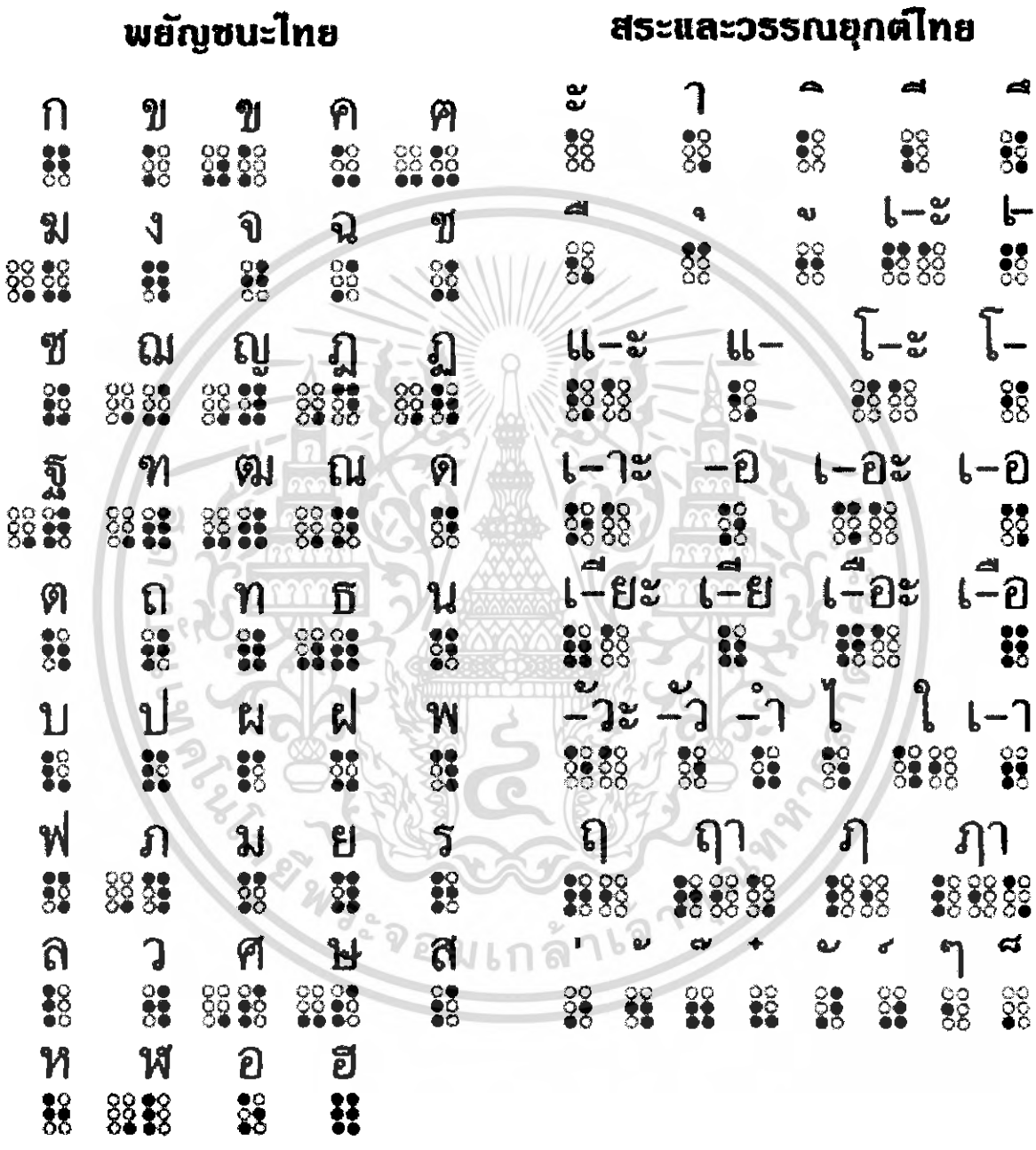
อักษรสำหรับคนตาบอดมีพัฒนาการเริ่มต้นในคริสต์ศตวรรษ ที่ 17 จากการพัฒนาอักษรโรมัน ด้วยการแกะสลักอักษรนูนบนแผ่นไม้ เหล็ก ดีบุก ฯลฯ หรือการขดเชือกเป็นสัญลักษณ์ เป็นต้น นำไปสู่การประดิษฐ์อักษรนูน 6 แบบ คือ อักษรนูนแบบฮิว อักษรนูนแบบกอลล์ อักษรนูนแบบฟราย และออลสตันอักษรนูนแบบบอสตัน ลายน์ เลทเทอร์ ต่อมามีการคิดเป็นสัญลักษณ์ เช่น เส้นโค้ง เส้นงอ เส้นวงกลม และจุด เป็น อักษรนูนแบบเชาวเลข และอักษรนูนแบบมูน ซึ่งนำไปสู่การคิดประดิษฐ์เป็นพยัญชนะอักษร โดยใช้จุดนูนแทนสัญลักษณ์อักษรของคนปกติที่คิดค้นโดย Louis Braille คนตาบอดชาวฝรั่งเศสแล้วใช้ตลอดมาจนถึงปัจจุบัน

72288

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 รูปแบบอักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษ และภาษาไทย

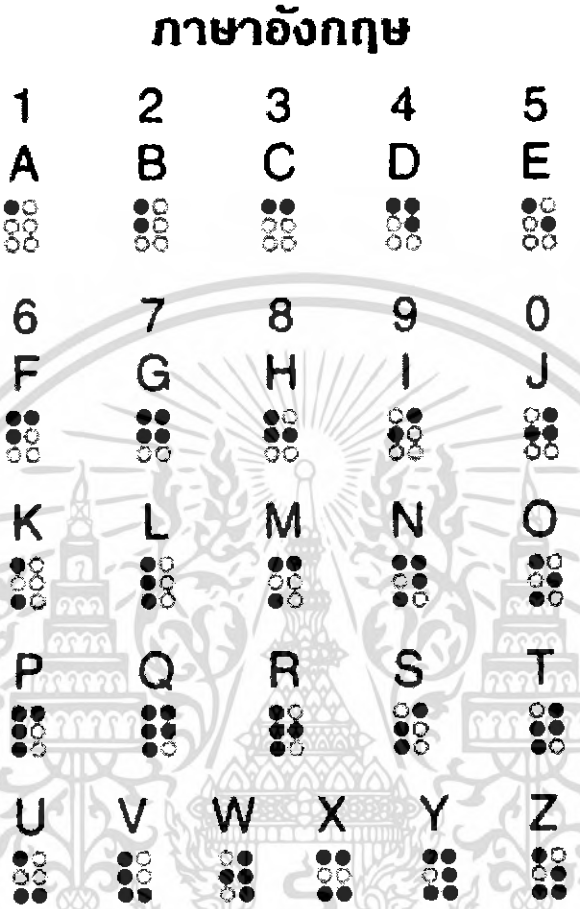
2.4.3.1 รูปแบบอักษรเบรลล์ไทย



รูปที่ 2.2 ภาพแบบอักษรเบรลล์ไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3.2 รูปแบบอักษรเบรลล์อังกฤษ



รูปที่ 2.3 ภาพแบบอักษรเบรลล์อังกฤษ

2.4.4 การเขียนอ่านอักษรเบรลล์

การสอนเขียนอ่านพยัญชนะอักษรเบรลล์แก่เด็กตาบอดระยะเริ่มเรียน หรือ เด็กตาบอดที่ไม่เคยเข้าเรียนมาก่อน ต้องฝึกเขียนและอ่านพยัญชนะไทยพื้นฐานก่อน เพื่อสะดวกในการจดจำ และป้องกันการสับสนโดยจำเพียง 28 ตัวก่อน คือ ก ข ค ง จ ฉ ช ซ ด ต ถ ท น บ ป ผ ฝ พ ฟ น ย ร ล ว ส ห อ ฮ แล้วจึงสอนพยัญชนะประเภท 2 เซลล์ จำนวน 16 ตัว ได้แก่ ข ค ฆ ฌ ฎ ฏ ฐ ฑ ฒ ณ ธ ภ ญ ศ ษ พ ภายหลัง ส่วนเด็กที่เคยเรียนเขียนอ่านในโรงเรียนปกติมาก่อนแล้วอาจสอนไปพร้อมกันทั้งหมด 44 ตัวก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุและความพร้อมของผู้เรียนเอง

การเขียนอักษรเบรลล์ไทย สระ และ วรรณยุกต์ จะเขียนบนบรรทัดเดียวกัน เช่นเดียวกับภาษาอังกฤษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการอ่านอักษรเบรลล์ไทยมีวิธีการอ่านโดยใช้ปลายนิ้วมือสัมผัสบนจุดนูน อ่านจากซ้ายมือไปขวามือ ตามอักขระวิธีการเรียนและการประสมคำภาษาไทย

2.4.4.1 การเขียนอักษรเบรลล์

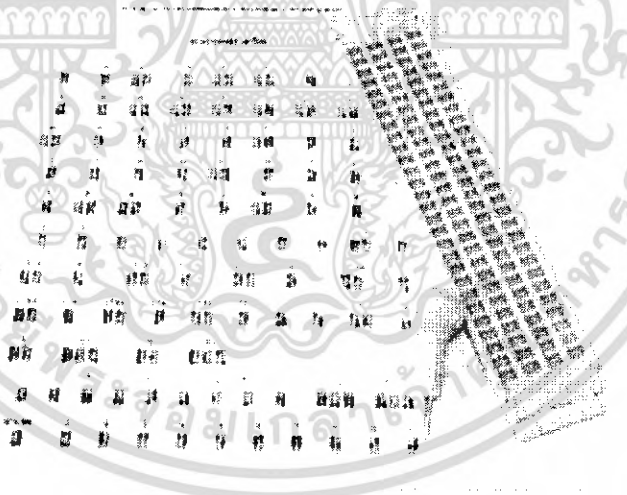
ในการเตรียมความพร้อมเด็กตาบอดที่จะหัดเขียนอักษรเบรลล์จะต้องเตรียมความพร้อมกล้ามเนื้อมือ ฝึกหัดประสาทสัมผัสการเรียนรู้กำหนดจุด ตำแหน่งต่างๆ ของอักษรเบรลล์แต่ละตัวก่อน การเตรียมความพร้อมในการเขียนอักษรเบรลล์ การฝึกสัมผัสทางมือ โดยเฉพาะด้านกล้ามเนื้อมือให้แข็งแรงมีกำลัง และสามารถจับเครื่องมือในการเขียนได้ โดยฝึกหัดด้วย กิจกรรมการปั้นดิน น้ำมัน เล่นทราย การขยำกระดาษ และหยิบจับสิ่งของ เป็นต้น

การฝึกท่านั่งในการเขียน การวางข้อศอก ข้อมือ และนิ้ว

การจับสไตลัส และสเลท ที่ถูกวิธี การวางมือในขณะเขียนและการเลื่อนมือไปบรรทัดใหม่

เครื่องมือสำหรับเขียนอักษรเบรลล์มี 4 ชนิด คือ

1. สเลท เป็นแผ่นโลหะ หรือ พลาสติก กว้าง 2 นิ้ว ยาวประมาณ 8 นิ้วครึ่ง 2 แผ่นประกบกันช่องเล็กๆ บนแผ่นสเลท เรียกว่า เซลล์ (Cell) แบ่งเป็น 4 แถว แถวละ 28 ช่อง



รูปที่ 2.4 สเลท และสไตลัส หรือ ดินสอของคนตาบอด

วิธีใช้

ก. การวางสเลทให้วางด้านที่มีช่องไว้ด้านบนโดย ให้บานพับอยู่ด้านซ้ายมือ และให้วางขนานกับลำตัวของผู้เขียน

ข. การเปิด – ปิด แผ่นสเลท ให้เปิดด้านขวา ด้านซ้ายจะลื่อกเปิดแผ่นบนขึ้นวางกระดาษลงบนแผ่นล่าง โดยให้ขอบซ้ายของกระดาษอยู่เกือบติดบานพับ และขอบบนของกระดาษอยู่พอดีกับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขอบบนของสเลท ค่อยๆ ปิดสเลทแผ่นบนลงมาพร้อมกับกดทั้ง 4 มุม กระดาษจะยึดกับหมุดทั้ง 4 ของสเลท เพื่อให้กระดาษทับอยู่ขณะที่เด็กเขียนจะได้ไม่เลื่อนไปมา และทำให้เขียนตรงบรรทัด

ค. การเลื่อนกระดาษ ให้เปิดสเลท แล้วเลื่อนแผ่นกระดาษด้านล่างขึ้นไปด้านบน โดยให้รอยปุ่มยึดกระดาษข้างล่างขึ้นไปทับปุ่มยึดกระดาษด้านบนแล้วปิดสเลท

2. สไตลัส (Stylus) หรือเรียกว่า "ดินสอของคนตาบอด" ลักษณะคล้ายๆ ลูกข่าง แต่เล็กกว่า ส่วนที่เราใช้จับมีรูปร่างลักษณะต่างๆ กันได้ ส่วนปลายของสไตลัสที่ไว้เขียนทำด้วยเหล็กซึ่งมีลักษณะคล้ายตะปูเปรียบได้กับปลายปากกา หรือดินสอนั้นเอง เมื่อเด็กกดลงบนแผ่นกระดาษแล้วจะปรากฏเป็นจุดนูนขึ้นมาเช่นเดียวกับการพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์

วิธีใช้

การจับสไตลัสที่ถูกต้อง โดยใช้นิ้วชี้มือขวาพาดลงบนตัวสไตลัส และยึดรหัสสไตลัสให้มั่นด้วยนิ้วหัวแม่มือและนิ้วกลาง โดยนิ้วหัวแม่มือชี้ออกไปข้างหน้า นิ้วกลางชี้เข้าหาตัวผู้เขียน จับสไตลัสลงตามช่องที่ต้องการ

3. เครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ (Braille) เป็นเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ที่ทำด้วยโลหะรูปสี่เหลี่ยมกะทัดรัดมีแท่นพิมพ์ มีคีย์สำหรับกด 6 อัน มีที่หมุนนำกระดาษเข้าเครื่อง ตำแหน่งการวางนิ้วมือพิมพ์สัมผัส คือ มือซ้าย: นิ้วชี้ นิ้วกลาง และนิ้วนาง แทนตำแหน่ง จุดที่ 1 – 2 – 3 ตามลำดับ มือขวา: นิ้วชี้นิ้วกลาง และนิ้วนาง แทนตำแหน่งที่จุดที่ 4 – 5 – 6 ตามลำดับ

การกดครั้งหนึ่ง หมายความว่า พิมพ์อักษรเบรลล์ได้ 1 ตัว การพิมพ์นี้สามารถพิมพ์ได้ทั้งหนังสือเบรลล์ไทยและอังกฤษ เช่น พิมพ์อักษรโรมัน A ซึ่งมีกำหนดจุดที่ 1 จะต้องใช้มือซ้าย – นิ้วชี้กด ถ้าพิมพ์อักษรโรมัน G ซึ่งมีกำหนดจุดที่ 1-2-4-5 จะต้องใช้ 2 มือ คือ มือซ้าย – นิ้วชี้ และนิ้วกลาง ส่วนมือขวา ใช้นิ้วชี้ และนิ้วกลาง เป็นต้น

4. เครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ระบบคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ทันสมัยที่สุดในยุคปัจจุบันสามารถผลิตได้หลายชุดในขณะเดียวกัน บางเครื่องยังมีเสียงพูดด้วยเพื่อความสะดวกแก่คนตาบอด ราคาเครื่องค่อนข้างสูงมาก หนังสือเบรลล์ที่ปรากฏบนกระดาษพิมพ์จะเริ่มเคลื่อนจากซ้ายมือไปขวามือ เป็นจุดนูนเด่นชัด และสามารถอ่านได้ทันที หนังสือเบรลล์ที่พิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์เบรลล์มีขนาดใหญ่กว่าหนังสือสำหรับคนตาดีที่พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ในเครื่องเดียวกัน และสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายการจัดพิมพ์มากกว่าการพิมพ์หนังสือธรรมดาถึง 10 เท่า

กระดาษใช้พิมพ์ และเขียนอักษรเบรลล์ ควรเลือกใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของอุปกรณ์ หากต้องใช้เครื่องพิมพ์ควรเลือกกระดาษที่มีความหนา 150 –180 แกรม

2.4.4.2 การอ่านอักษรเบรลล์

องค์ประกอบการอ่านของเด็กมี 4 ด้าน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะกับการใช้ในงานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา วงจรการสื่อสารอนุกรม เป็นต้น ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถจะทำงานได้เสมือนกับเป็นคอมพิวเตอร์เล็ก ๆ เครื่องหนึ่ง

กล่าวโดยสรุปคือ

Microcontroller = Microprocessor + Memory + I/O

ปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวาง โดยมักจะเป็นการนำไปใช้ฝังในระบบของอุปกรณ์อื่น ๆ (Embedded Systems) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์, เครื่องปรับอากาศ, เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้ในงานควบคุมหลายประการ เช่น

- ไอซี และระบบที่ได้มีขนาดเล็ก
- ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิปไมโครโพรเซสเซอร์
- วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร
- มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะซึ่งใช้งานได้ง่าย
-ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายยี่ห้อ หลายตระกูล และหลายเบอร์ด้วยกัน ซึ่งแต่ละเบอร์ก็จะมีโครงสร้างภายในและความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกัน ทำให้เลือกใช้งานได้อย่างเหมาะสม

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นกับโครงสร้างภายในของมัน บางเบอร์จะมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM บางเบอร์มี RAM ภายใน 128 ไบต์ บางเบอร์มี 256 ไบต์ เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดสามารถศึกษาได้จากคู่มือได้โดยตรง และลักษณะของขาต่าง ๆ จะเหมือนกัน

คุณสมบัติที่สำคัญของ MCS-51 มีดังนี้

- มีหน่วยความจำ ROM 4 Kbyte, 8 Kbyte, 20 Kbyte
- มีหน่วยความจำ RAM 128 byte
- มีพอร์ท I/O ขนาด 8 บิต 4 พอร์ท
- มี Timer 16 บิต 2 ตัว
- สามารถอินเทอร์รัพท์ได้ 5 แหล่ง
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรนาฬิกาบนชิพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหมาะกับการใช้ในงานควบคุม เช่น วงจรตั้งเวลา วงจรการสื่อสารอนุกรม เป็นต้น ดังนั้น ไมโครคอนโทรลเลอร์สามารถจะทำงานได้เสมือนกับเป็นคอมพิวเตอร์เล็ก ๆ เครื่องหนึ่ง

กล่าวโดยสรุปคือ

Microcontroller = Microprocessor + Memory + I/O

ปัจจุบันไมโครคอนโทรลเลอร์ถูกนำไปใช้อย่างกว้างขวาง โดยมักจะเป็นการนำไปใช้ฝังในระบบของอุปกรณ์อื่น ๆ (Embedded Systems) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานบางอย่าง เช่น ใช้ในรถยนต์, เครื่องปรับอากาศ, เครื่องซักผ้าอัตโนมัติ เป็นต้น เพราะว่าไมโครคอนโทรลเลอร์มีข้อดีเหมาะสมต่อการใช้ในงานควบคุมหลายประการ เช่น

- ไอซี และระบบที่ได้มีขนาดเล็ก
- ระบบที่ได้มีราคาถูกกว่าการใช้ชิปไมโครโพรเซสเซอร์
- วงจรที่ได้จะมีความซับซ้อนน้อย ช่วยลดข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในการต่อวงจร
- มีคุณสมบัติเพิ่มเติมสำหรับงานควบคุมโดยเฉพาะซึ่งใช้งานได้ง่าย
-ช่วยลดระยะเวลาในการพัฒนาระบบได้

ไมโครคอนโทรลเลอร์มีหลายยี่ห้อ หลายตระกูล และหลายเบอร์ด้วยกัน ซึ่งแต่ละเบอร์ก็จะมีโครงสร้างภายในและความสามารถในการทำงานที่แตกต่างกัน ทำให้เลือกใช้งานได้อย่างเหมาะสม

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีด้วยกันหลายเบอร์ขึ้นกับโครงสร้างภายในของมัน บางเบอร์จะมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบ ROM บางเบอร์เป็นแบบ EPROM บางเบอร์มี RAM ภายใน 128 ไบต์ บางเบอร์มี 256 ไบต์ เป็นต้น ซึ่งรายละเอียดสามารถศึกษาได้จากคู่มือได้โดยตรง และลักษณะของขาต่าง ๆ จะเหมือนกัน

คุณสมบัติที่สำคัญของ MCS-51 มีดังนี้

- มีหน่วยความจำ ROM 4 Kbyte, 8 Kbyte, 20 Kbyte
- มีหน่วยความจำ RAM 128 byte
- มีพอร์ท I/O ขนาด 8 บิต 4 พอร์ท
- มี Timer 16 บิต 2 ตัว
- สามารถอินเทอร์รัพท์ได้ 5 แหล่ง
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์และวงจรนาฬิกาบนชิพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- มีพอร์ทอนุกรมที่สามารถรับส่งข้อมูลแบบ Full Duplex ด้วยความเร็วสูง
- อ้างหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกได้ 64K
- อ้างหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ 64K
- สามารถประมวลผลทีละบิตได้
- สามารถอ้างหน่วยความจำแบบบิตได้ 210 ตำแหน่ง
- หนึ่งวัฏจักรคำสั่งกินเวลาประมาณ 1 ไมโครวินาที ขณะทำงานด้วย Clock 11.0592 MHz

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะมีชุดคำสั่ง (Instruction Set) อยู่จำนวนหนึ่ง สำหรับสั่งงานให้ทำงานต่าง ๆ และเนื่องจาก MCS-51 จะประมวลผลแบบ 8 บิต รหัสภาษาเครื่องจะมีขนาด 8 บิตด้วย ซึ่งชุดคำสั่งจะมีได้จำนวนสูงสุด $2^8 = 256$ ชุดคำสั่ง คำสั่งแต่ละคำสั่งอาจมีขนาด 1, 2 หรือ 3 ไบต์ MCS-51 มีโหมดการอ้างแอดเดรส (Addressing Modes) เพื่อติดต่อกับหน่วยความจำ ซึ่งอาจจะเป็นการอ่านข้อมูลออกมาหรือเขียนข้อมูลเข้าไปได้ทั้งหมด 8 โหมดคือ Register, Direct, Indirect, Immediate, Relative, Absolute และ Index

ใน MCS-51 จะแบ่งชุดของคำสั่งออกได้ 5 ประเภท ได้แก่

1. Arithmetic Instructions เป็นกลุ่มคำสั่งที่ทำงานด้านคณิตศาสตร์ เช่น ADD, SUBB, INC, DIV เป็นต้น

2. Logical Instructions มีลักษณะการทำงานคล้ายกับ Boolean Operation ซึ่งสามารถกระทำแบบไบต์ต่อไบต์ หรือ บิตต่อบิตได้ เช่น ANL, ORL เป็นต้น

3. Data Transfer Instructions เป็นกลุ่มคำสั่งที่ใช้ในการเคลื่อนย้าย คัดลอกข้อมูลซึ่งสามารถติดต่อกับหน่วยความจำได้หลายแบบ เช่น MOV, XCH, XCHD เป็นต้น

4. Boolean Instructions เช่น ANL, ORL, CLR, SETB เป็นต้น

5. Program Branching เป็นกลุ่มคำสั่งสำหรับสั่งให้โปรแกรมกระโดดไปทำงานในตำแหน่งที่ต้องการ แบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้ 2 กลุ่มคือ กระโดดแบบไม่มีเงื่อนไข เช่น AJMP, LJMP, SJMP กับ กระโดดแบบมีเงื่อนไข เช่น JZ, JNZ, CJNE, DJNZ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 หลักการใช้สี และจิตวิทยาของสี

สีย่อมมีอิทธิพลเหนือจิตในมนุษย์ทั่ว ๆ ไป เมื่อจักษุประสาทกระทบสี สีแดงและเหลืองให้อารมณ์ตื่นเต้น ส่วนสีเขียวและน้ำเงิน แสดงถึงความสงบจิตใจถูกน้อมลงสู่สันติสุข เพราะเหตุนี้การวางโครงสีในงานตกแต่งสถานที่ต่าง ๆ พึงควรจัดสรรสีให้ถูกกับเรื่องราวนั้น ๆ จึงจะให้ผลสมบูรณ์

สีแสดงอารมณ์โดยเฉพาะดังต่อไปนี้

เหลือง	แสดงความไพบูลย์
แดงเข้ม	บ่งถึงความสง่าผ่าเผย และความปีติอิ่มเอิบ
แดง	คือความตื่นเต้นเร้าใจ
สีดอกกุหลาบ	แสดงความอ่อนหวาน นุ่มนวล
สีสดและสีบาง ๆ ทุกชนิด	บ่งถึงความกระชุ่มกระชวย ความแจ่มใส
เขียวและน้ำเงิน	ความสงบเงียบ
เขียวแก่ผสมกับเทา	ก่อให้เกิดความสลดรันทดใจและความชรา
สีเทาปานกลาง	แสดงถึงความนิ่งเฉย ความสงบ
ดำกับขาวอยู่ด้วยกัน	แสดงอารมณ์ที่ถูกกดดัน
ขาว	คือสัญลักษณ์ของความบริสุทธิ์ ความเบิกบาน
สีทอง สีเงิน และสีที่เป็นมันแววววาว	แสดงถึงความมั่งคั่ง

อย่างไรก็ดี บุคคลหลายประเภทต่างก็มีอารมณ์เกี่ยวกับสีแตกต่างกันได้ ด้วยเหตุผลเฉพาะส่วนบุคคล การแต่งกายด้วยสีดำหรือสีหนัก ๆ จูงใจผู้ทัศนาให้เห็นถึงความสง่าผ่าเผยและความสุภาพเป็นผู้ดี สีบางสีเช่น สีม่วง แสดงถึงความเศร้าโศก

ในด้านการตกแต่งโดยเฉพาะอย่างยิ่งการตกแต่งภายนอกอาคาร จำเป็นจะต้องรู้ถึงอำนาจของสี ที่แสดงถึงระยะใกล้ไกลอีกด้วย ดังเช่น สีแดง เมื่ออยู่ระยะพอสมควรจะดูเสมือนพุ่งเด่นออกมา สีน้ำเงินอ่อนหรือเข้มปานกลาง กลับดูเหมือนว่าจะกระถดถอยออกไป ส่วนสีเขียวไม่แน่นอน บางครั้งก็ดูจะถอยห่าง บางครั้งก็ดูจะเข้ามาใกล้ดังตัวอย่างนี้จึงเห็นได้ว่า จำเป็นจะต้องรอบรู้ในอิทธิพลของสี เพราะถ้าวางสีผิดที่ อาจเป็นผลทำลายโครงสร้างของสถาปัตยกรรมให้รวนไปได้

การใช้สีที่ตัดกันแท้จริง

การใช้สีให้ผสานกลมกลืนกันโดยมิได้นำเอาสีที่ตัดกันแท้จริงปะปนเข้าไปด้วยบางทีก็ปรากฏผลน่าเบื่อไม่โลดโผน หากว่านำเอาสีที่ตัดกันแท้จริงเข้าไปใช้ด้วยย่อมทำให้ภาพเขียนมีชีวิตชีวาขึ้น อันที่จริงผู้ฝึกฝนใหม่มักจะมีส่วนโน้มเอียงชอบใช้สีมากสีอย่างฉูดฉาดอยู่แล้ว แต่การใช้สีหลายสี ถ้าไม่ระมัดระวัง ก็จะทำให้ไม่งามสมดังปรารถนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อเราระบายสีรูปภาพ โดยการใช้สีให้กลมกลืนกันจะเป็น 5 หรือ 6 สีก็ดี ถ้าต้องการจะให้ภาพนั้นดูมีชีวิตชีวายิ่งขึ้น ไม่จำเป็นจะต้องใส่สีคู่ของสีลำดับที่ 5 หรือที่ 6 ลงไปด้วย หากแต่เราอาจเลือกเอาสีใดสีหนึ่ง อาจจะเป็นหนึ่งหรือสองสีที่เกิดการตัดกันกับวรรณะของสีส่วนรวมในภาพนั้น ซึ่งไม่เจาะจงให้เกิดการตัดกันกับสีใดสีหนึ่งโดยเฉพาะ วิธีใช้สีตรงกันข้ามหรือสีตัดกันนั้น มีเคล็ดในการใช้ ดังนี้

1. ปริมาณของสีที่จะเกิดจากการตัดกับวรรณะของสีทั้งหมดในรูปภาพนั้น ต้องจำกัดอย่าให้เกิน 10% ของเนื้อที่ในภาพเขียนนั้น ๆ
2. ในวงการศิลปะการค้า หรือประยุกต์ศิลป์นั้น มักจะมีการใช้สีที่ตัดกันอยู่บ่อย ๆ ซึ่งผู้ใช้จำเป็นจะต้องระมัดระวังในการใช้สี โดยควรให้เป็นไปตามกฎเกณฑ์ดังนี้
   ก) การใช้สีตรงข้าม หรือสีที่ตัดกันกับในปริมาณเนื้อที่เท่ากันย่อมไม่งาม จำเป็นจะต้องให้สีใดสีหนึ่งมีจำนวน 80% อีกฝ่ายหนึ่งเป็น 20% จึงจะมีคุณค่าทางศิลปะ
   ข) ถ้าจำเป็นจะต้องใช้สีคู่ที่ตัดกัน มีจำนวนเท่ากัน จำเป็นจะต้องทำสีใดสีหนึ่งหรือทั้งสองสีให้ลดคู่ค่าความสดใสลง จึงจะได้ผลเป็นที่พอใจ
   ค) ถ้าในรูปภาพเต็มไปด้วยลวดลายเล็ก ๆ หรือเป็นเส้นริ้ว หรือเป็นภาพใบไม้แพรวพรายอยู่เต็ม แบบนี้ การใช้สีคู่ที่ตัดกันสลับกันไปอย่างสด ๆ ย่อมจะเกิดผลผสานกันงามไปเอง
   ง) บางโอกาส เราอาจมีความจำเป็นจะต้องใช้สีคู่อันตัดกันอย่างสด ๆ ในเนื้อที่ใหญ่โต ดังเช่น ภาพกระจกสี (stained glasses) หรือภาพเขียนโปสเตอร์ ฯลฯ สีสด ๆ ที่อยู่ในที่เดียวกัน มีปริมาณกว้างใหญ่ อาจดูบาดตา เราอาจแก้ไขด้วยการใช้เส้นสีดำหนักหรือสีเข้มอื่น ๆ มาเป็นเส้นคั่นระหว่างสีตัดกันนั้นเสีย ก็จะช่วยลดความตัดกันอย่างรุนแรงลงไปได้ ถ้าใช้อย่างถูกจังหวะก็จะเกิดผลงามมิใช่น้อย
   จ) สีคู่อันตัดกันนั้น ถ้าลดคุณค่าความสดใสลงหรือเอาแต่ละสีมาใส่ซึ่งกันและกันพอสมควร (neutralizing) จะทำให้ดูงามขึ้น

   กฎเกณฑ์เหล่านี้ ให้ไว้เพื่อเป็นคู่มือในการใช้สีคู่อันตัดกันอย่างกว้าง ๆ เท่านั้น เพราะในการประกอบงานศิลปะ เมื่อเขียนภาพจริง ๆ นั้น จะเคร่งครัดตามหลักเกณฑ์นักไม่ได้ ผู้ใช้จะต้องรู้จักพลิกแพลงเอาเอง แล้วแต่จะเห็นดีงามตามทัศนะของตน จึงจะเกิดผลสมบูรณ์ในงานศิลปะนั้น ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สีขัด (Discord)

สีขัดนี้ก็เช่นเดียวกับที่เรียกว่า ลูกขัด ในดนตรีนั่นเอง ในทางดนตรีก็ดีหรือในภาพเขียน เมื่อใช้เสียงหรือสีจนผสานกลมกลืนกันมากเข้า ย่อมจะทำให้เกิดความเบื่อหน่ายได้ง่าย จำเป็นจะต้องมีลูกขัดเกิดขึ้น เพื่อแก้ความเลี่ยน ดังเช่นในภาพเขียน ซึ่งใช้สีประเภทวรรณะร้อนเต็มไปทั้งภาพ ชวนให้ดูจืดตา ถ้าได้มีสีขัด ปะปนอยู่บ้าง ก็จะช่วยให้สีอันพวยพุ่งนั้น มีจุดยับยั้งเสียบ้าง ทำให้เกิดผลงามตาขึ้น

สีขัดเกิดจากการกลับคุณค่าของสีแก่มาเป็นสีอ่อน โดยระบายน้ำหนักของสีแก่ให้เบาบางกว่าสีอ่อน เช่น โครงของภาพเป็นสีเหลือง เราเอาสีม่วงซึ่งเป็นสีแก่มาระบายบาง ๆ มีน้ำหนักอ่อนกว่าสีเหลือง โดยมีปริมาณน้อยเป็นบางจุด ก็จะช่วยแก้ความเลี่ยนของสีเหลืองลงได้ ดังเช่นภาพดอกทานตะวันปักบนแจกัน เขียนเป็นสีเหลืองทั้งภาพ แต่การที่ภาพนั้นงดงาม มีชีวิตชีวา ก็เพราะว่าแวนก๊อกระบายจุดเล็ก ๆ ซึ่งเป็นแสงสว่างสะท้อนบนแจกันด้วยสีม่วงอ่อนบาง ๆ และสีม่วงอ่อนนี้มีไปแทรกตรงส่วนอื่นอีกเล็กน้อย จึงทำให้ภาพนั้นงดงามอย่างน่าอัศจรรย์ ข้อนี้แสดงให้เห็นว่าสีขัดมีอำนาจรุนแรง ถ้าใช้อย่างถูกจังหวะพอดี ก็สามารถเสริมสร้างภาพเขียนให้งามยิ่งขึ้น

เราจะเห็นความงามของสีขัดกันในธรรมชาติอยู่บ่อย ๆ เช่น บนกลุ่มใบไม้ จะเห็นแสงสะท้อนที่ผิวใบไม้เป็นสีน้ำเงินจาง ๆ ซึ่งสะท้อนจากท้องฟ้า ทำให้พุ่มไม้นั้นงามมีชีวิตชีวายิ่งนัก เพราะสีน้ำเงินเป็นสีแก่กว่าสีเขียวของใบไม้ เมื่อกลับคุณค่ามาเป็นสีบาง ๆ น้ำหนักน้อยกว่าสีเขียว ซึ่งเป็นสีอ่อนกว่า จึงกลายเป็นสีขัดช่วยให้งามขึ้นกว่าเดิม บางครั้งเราอาจจะพบสีขัดกันนี้แซมอยู่ในขนนก หรือดอกไม้ ข้อสำคัญก็คือสีขัดนี้จะให้ผลงามก็ต่อเมื่อใช้จำนวนน้อย มีปริมาณเพียงเป็นจุดหรือให้มีส่วนน้อยที่สุด

โครงสีบางชิ้นเมื่อวางสีให้ผสานกลมกลืนอย่างดีเยี่ยม ถ้าได้แทรกสีขัด (discord) ลงไปสักเล็กน้อย ก็จะช่วยให้ภาพนั้นดูกระชุ่มกระชวยขึ้นกว่าเดิม ดังเช่นเมื่อเราระบายสีเขียวอ่อน เขียวแก่ และสีคราม สร้างโครงสีผสานอย่างงาม โดยมิได้เอาสีตรงข้ามเข้าไปปะปนด้วย แต่ถ้าจะนำเอาสีตรงข้าม คือ สีแดง มาทำเป็นสีขัด คือ ระบายแทรกลงไปเป็นสีจางเหมือนสีดอกกุหลาบ สีอ่อน ๆ เฉพาะบางจุดก็จะเกิดผลเป็นภาพอันกระปรี้กระเปร่าขึ้นกว่าเดิมทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

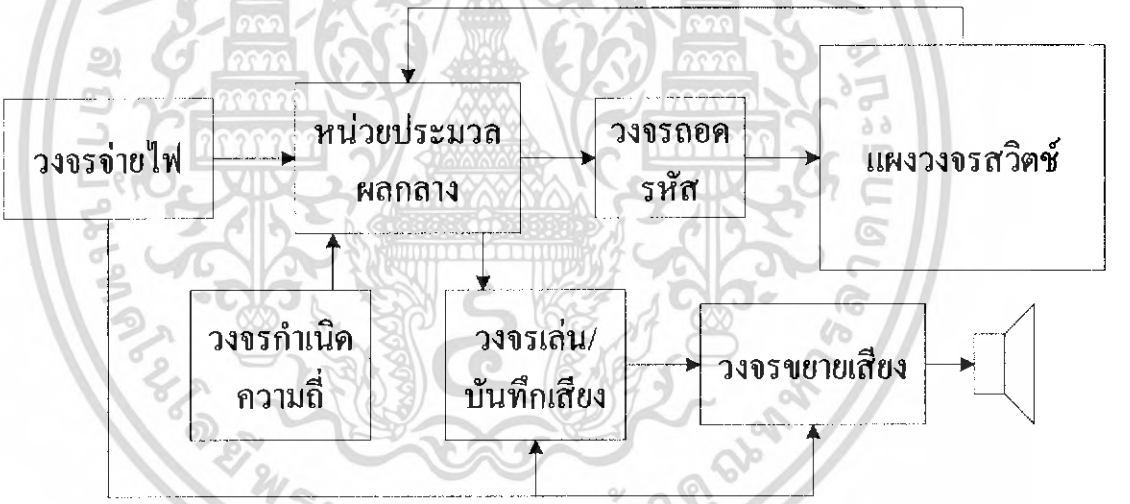
บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 หลักการทำงาน

หลักการทำงานของ ชุดฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์ จะแบ่งออกเป็น 4 ส่วนใหญ่ๆ คือ การทำงานในส่วนของแผงวงจรสวิตช์ หน่วยควบคุมประมวลผลกลาง การทำงานในส่วนของชุดบันทึก/เล่นเสียงพูด และการทำงานในส่วนของวงจรขยายเสียง

เริ่มต้นจากส่วนของแผงวงจรสวิตช์ เมื่อผู้พิการทางสายตาทำการกดปุ่มลงบนเซลล์อักษรเบรลล์เบาๆ สวิตช์จะทำการส่งข้อมูลผ่านหน่วยประมวลผลกลางเพื่อให้ไปแสดงเสียงของตัวอักษรเบรลล์ที่ถูกกดลงไป โดยแสดงเป็น Block Diagram และ Flow Chart ดังนี้

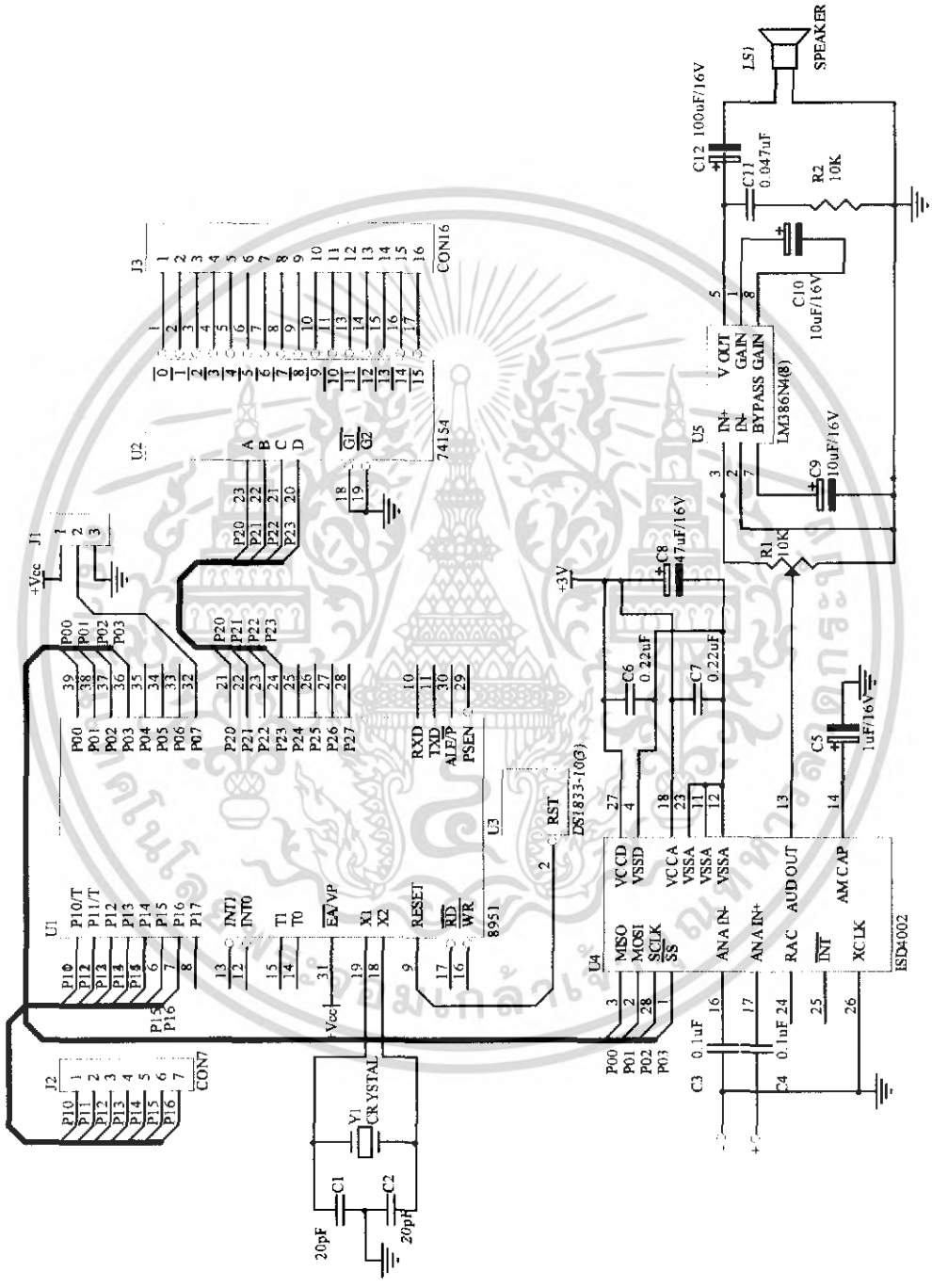


รูปที่ 3.1 Block Diagram การทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

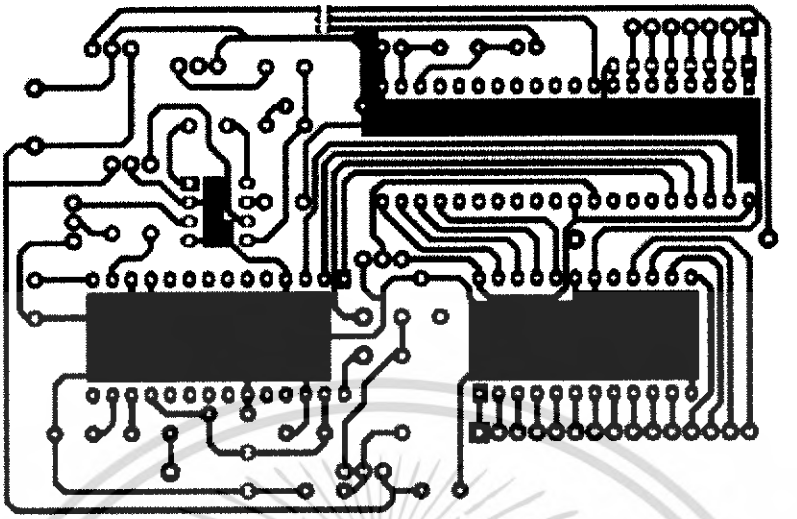
รูปที่ 3.2 Flow Chart การทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรรวมทั้งหมดในการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

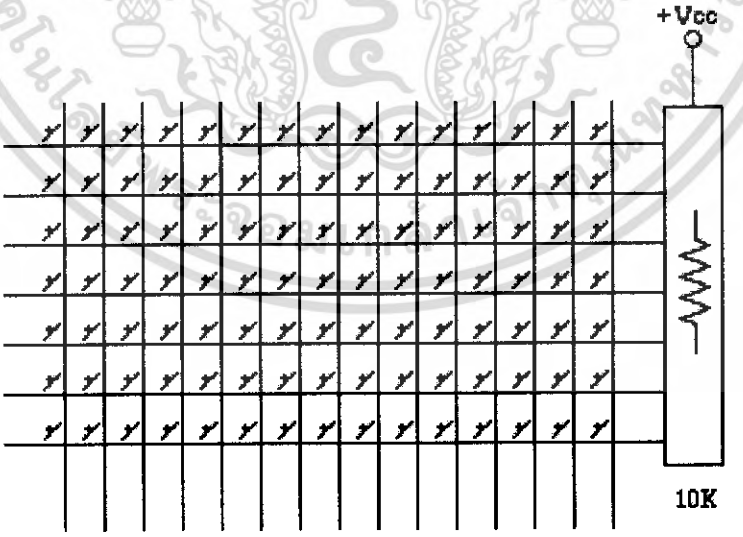


รูปที่ 3.4 แผ่นวงจรพิมพ์ชุดควบคุมการทำงาน

3.2 ส่วนประกอบของ ชุดฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์

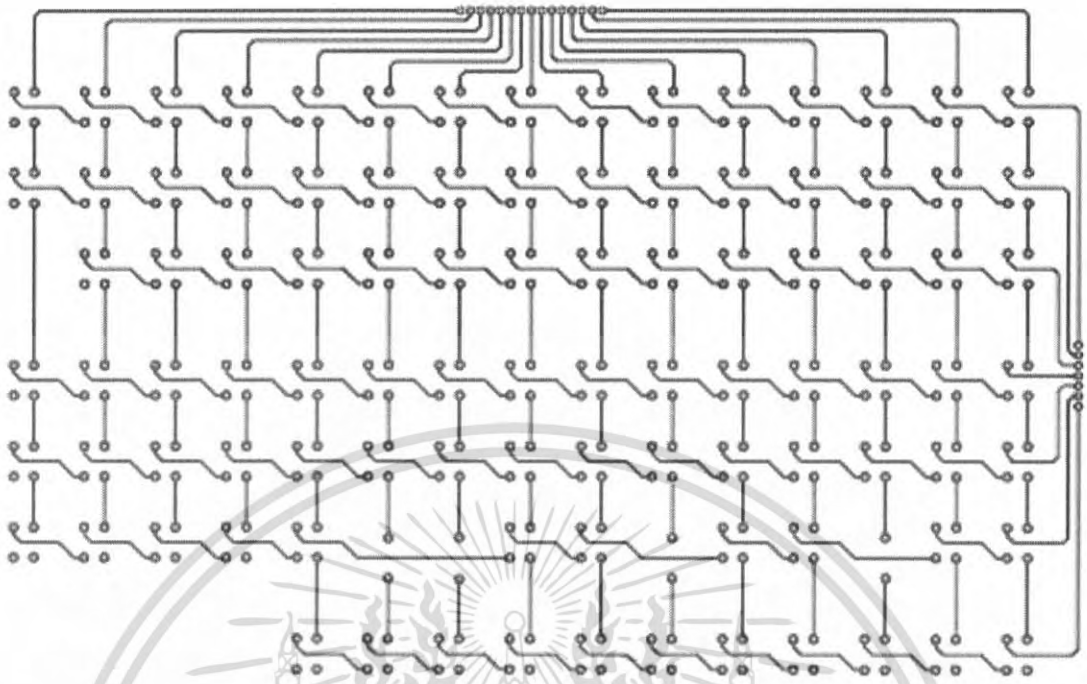
3.2.1 การทำงานในส่วนของแผงวงจรสวิตช์

ในส่วนนี้จะทำหน้าที่คอยรับคำสั่งจากผู้ที่กดปุ่ม จะเป็นการทำงานร่วมกันระหว่าง พอร์ต 1 และพอร์ต 2 ของไมโครคอนโทรลเลอร์

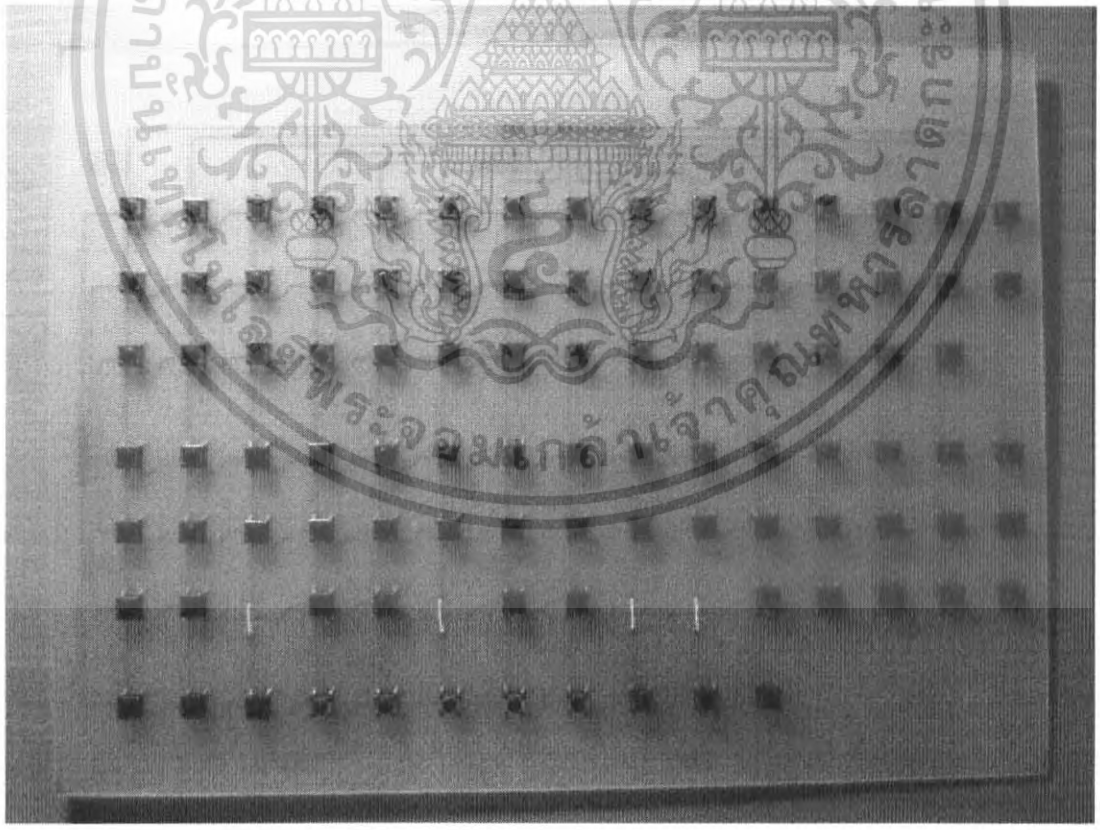


รูปที่ 3.5 วงจรสวิตช์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แผ่นวงจรพิมพ์คีย์บอร์ด

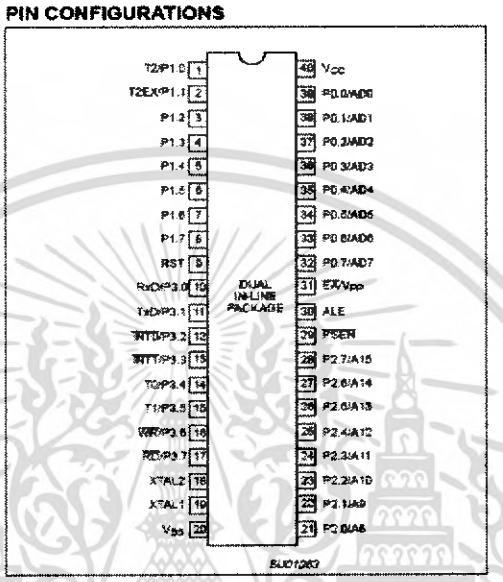


รูปที่ 3.7 แผงวงจรคีย์บอร์ดที่ประกอบเสร็จแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 หน่วยควบคุมประมวลผลกลาง

MCS-51 เป็นหัวใจหลักของโครงงานนี้ รูปที่แสดงด้านล่างนี้เป็นการจัดตำแหน่งขาของ MCS-51



รูปที่ 3.8 ตำแหน่งขาของ MCS-51

หน้าที่การใช้งานของแต่ละขา MCS-51 มีดังนี้

1. พอร์ต 0 ได้แก่ขาที่ 32-39 ของ MSC-51 สามารถใช้เป็นอินพุต เอาท์พุตได้ นอกจากนี้ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกยังใช้เป็นขา Address Bus และ Data Bus อีกด้วย

2. พอร์ต 1 ได้แก่ขาที่ 1-8 เป็นพอร์ต 8 บิต สามารถอ้างทีละบิตได้ คือ P1.0, P1.1, …

3. พอร์ต 2 ได้แก่ขาที่ 21-28 จะใช้งาน 2 หน้าที่ คือ ใช้เป็นพอร์ต 8 บิตกับใช้เป็นขาแอดเดรส 8 บิตในการอ้างหน่วยความจำภายนอก

4. พอร์ต 3 ได้แก่ขาที่ 10-17 จะใช้งาน 2 หน้าที่ คือ เป็นพอร์ตอินพุต และ เอาท์พุต และใช้เป็นขาควบคุมต่าง ๆดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 ตารางรายละเอียดพอร์ต 3

บิต	ชื่อ	หน้าที่พิเศษ
P3.0	RXD	ใช้รับข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม
P3.1	TXD	ใช้ส่งข้อมูลทางพอร์ตอนุกรม
P3.2	INT_0	อินเตอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข0
P3.3	INT_1	อินเตอร์รัพท์ภายนอกหมายเลข1
P3.4	T_0	ตัวจับเวลา/ตัวนับตัวที่ 0
P3.5	T_1	ตัวจับเวลา/ตัวนับตัวที่ 1
P3.6	WR	สัญญาณเขียนข้อมูลหน่วยความจำภายนอก
P3.7	RD	สัญญาณอ่านข้อมูลหน่วยความจำภายนอก

5. PSEN เป็นขาที่ส่งสัญญาณออกคือ ขา 29 ขานี้จะแอคทีฟเมื่อ MCS-51 ต้องการอ่าน Code โปรแกรมภายนอก โดยปกติถ้าหน่วยความจำภายนอกเป็น EPROM ขา PSEN จะต่อกับขาเอาท์พุต ENABLE ของ EPROM

6. ALE เนื่องจากพอร์ต 0 สามารถใช้เป็นขาอ้างตำแหน่ง และขาข้อมูล MCS-51 จะมีขา ALE ได้แก่ขา 30 ขานี้จะใช้ Multiplex signal ของ Port 0 ในการใช้งานระบบ MCS-51 นั้น จะต้องมีอุปกรณ์มาต่อกับพอร์ต 0 ที่ทำหน้าที่ latch signal Address Bus MCS-51 ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก MCS-51 จะส่งสัญญาณ Address Bus ออกมาก่อนทางพอร์ด 0 จากนั้นจะส่งสัญญาณ ALE มา latch อุปกรณ์ภายนอก ให้เก็บค่า Address Bus ของ Port 0 for use in Databus

7. RST ได้แก่ ขา 9 จะใช้ในการรีเซต MCS-51 โดยจะให้ขานี้เป็นลอจิก "1" อย่างน้อย 2 machine cycles จึงจะรีเซตระบบได้

8. EAได้แก่ขาที่ 31 ถ้าขานี้เป็นลอจิก 1 จะใช้กับเบอร์ 8051/8052 เพื่อบอกว่าให้อ่านโปรแกรมจากหน่วยความจำโปรแกรมภายใน แต่ถ้าเป็นลอจิก 0 จะบอกว่าให้ MCS-51 ทำโปรแกรมโดยอ่านจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก

9. XTAL1 และXTAL 2 เป็นขาสำหรับต่อคริสตอลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์

10. ขา *Vcc* และ GND

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานเวลาของ MCS-51

ตามที่ทราบมาแล้วว่าระบบคอมพิวเตอร์จะทำงานได้จะต้องมีฐานเวลา และ นาฬิกา เป็นตัวควบคุมการทำงาน

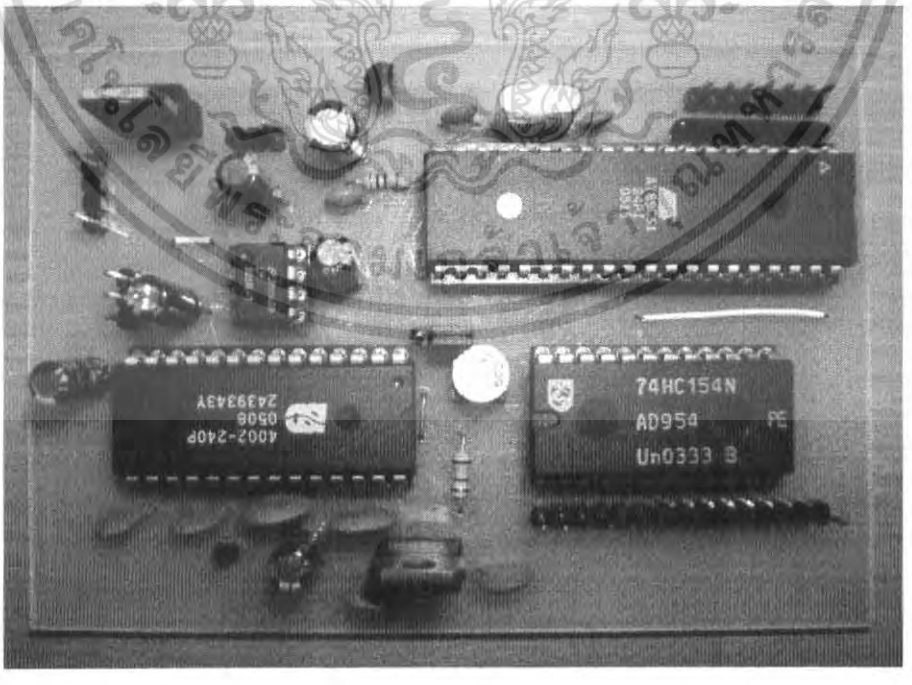
สำหรับคาบของสัญญาณนาฬิกาแต่ละลูกเรียกว่า คาบเวลาออสซิลเลเตอร์ ใน MCS-51 คาบเวลาสองคาบเวลาเรียกว่าสเตจ และช่วงเวลาหกสเตจจะเป็น 1 รอบคำสั่งที่เรียกว่าแมชชีนไซเคิล ค่าแมชชีนไซเคิลนี้ถือว่าเป็นเวลาน้อยที่สุดในการทำคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์ คำสั่งบางคำสั่งอาจใช้เวลาหนึ่ง หรือสอง หรือสามแมชชีนไซเคิล ขึ้นกับความซับซ้อนของการทำงานของคำสั่งนั้นๆ ถ้าหากเราป้อนความถี่สัญญาณนาฬิกาสูงขึ้นก็จะทำให้ MCS-51 ทำงานได้เร็วขึ้นด้วย

ความถี่สัญญาณนาฬิกาบนชิพ(On-chip Oscillator Inputs)

เป็นวงจร Oscillator บนชิพ ได้แก่ขา 18-19 โดยต่อ Crystal เข้ากับขานี้ โดยปกติมักจะใช้ Crystal ความถี่ 11.0592 MHz กับตัวเก็บประจุหรืออาจใช้สัญญาณนาฬิกาจาก TTL Clock Source ต่อกับ XTAL1 และ XTAL2

Power Connections

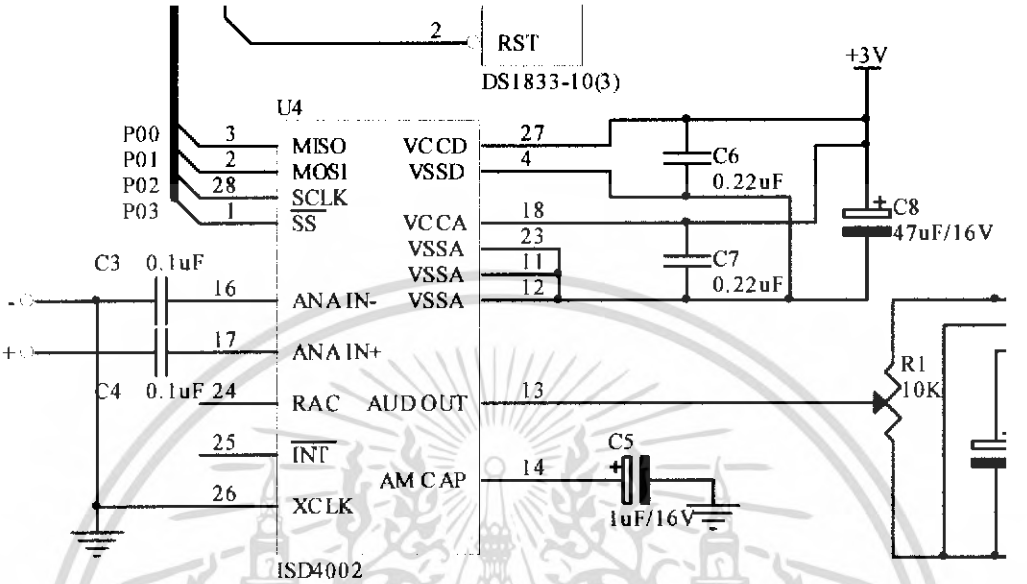
ใน MCS-51 จะใช้แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ ต่อเข้ากับขา Vcc(ขา 40) ส่วนขา Vss(ขา20) จะต่อลง Ground



รูปที่ 3.9 วงจรพิมพ์เมื่อลงอุปกรณ์เรียบร้อยแล้ว

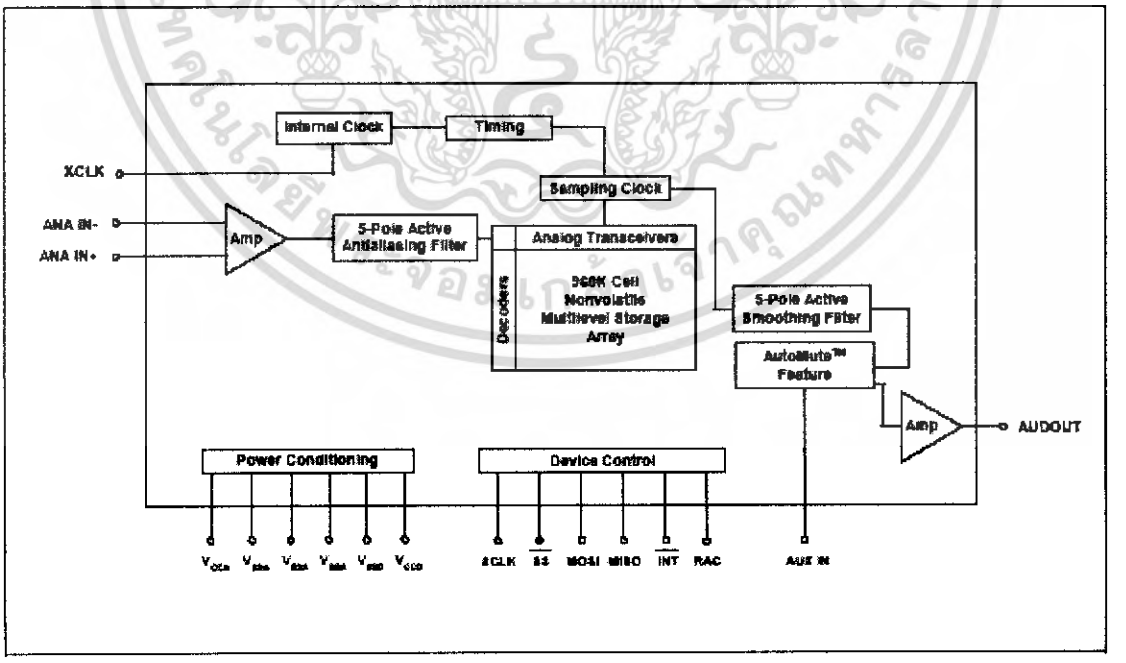
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.3 การทำงานในส่วนของชุดบันทึก/เล่นเสียงพูด



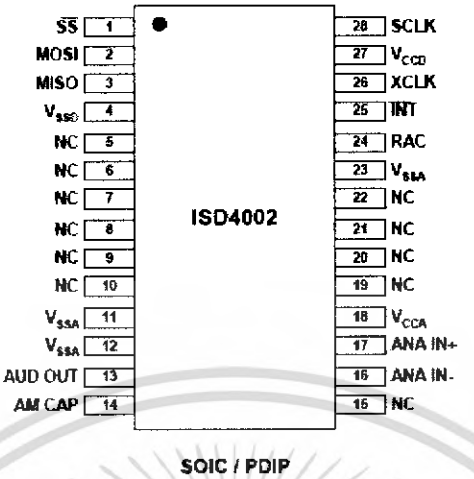
รูปที่ 3.10 วงจรการทำงานในส่วนของชุดบันทึก/เล่นเสียงพูด

ISD 4002 เป็นไอซีอัดเสียงชนิดหนึ่ง มี 28 ขาจากรูปข้างล่างเป็นรูป Block Diagram



รูปที่ 3.11 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของ ISD 4002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 ตำแหน่งขาของ ISD 4002

ตารางที่ 3.2 หน้าที่และตำแหน่งขาของ ISD 4002

PIN NAME	SOIC/PDIP	FUNCTION
$\overline{SS}$	1	เลือกให้รับอินพุตถ้าได้รับลอจิก"0"
MOSI	2	ขาสัญญาณข้อมูลเข้าของ ISD 4002
MISO	3	ขาสัญญาณข้อมูลออกของ ISD 4002
Vss/Vssd	11,12,23/4	ขา GND
NC	5-10, 15,19-22	ไม่ได้ใช้งาน
AUD OUT	13	ขาเอาต์พุตของสัญญาณเสียง
AM CAP	14	ขาที่ใช้สำหรับสั่งให้หยุดการทำงานอัตโนมัติถ้ามีสัญญาณรบกวนเข้ามามากเกิน 6 dB
ANA IN-	16	ขารับสัญญาณเสียงลบ
ANA IN+	17	ขารับสัญญาณเสียงบวก
Vcca/Vccd	18/27	ไฟเลี้ยง
RAC	24	ขาใช้สำหรับเลือกใช้งานความถี่ในการสุ่ม 8 kHz
$\overline{INT}$	25	จะเป็นลอจิก "0" เมื่อเกิด OVF หรือ EOM
XCLK	26	ขารับสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก
SCLK	28	ขาสัญญาณนาฬิกาของการส่งข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลโดยทั่วไป

ISD 4002 เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการบันทึก/เล่นเสียงได้นานถึง 2 - 4 นาที สามารถประยุกต์ใช้ได้ในโทรศัพท์หรืออุปกรณ์อื่น ๆ ใช้ไฟเลี้ยง 3 โวลต์ ทำจาก cmos มีออสซิลเลเตอร์ในตัว มี Filter ภาคขยายเสียง ใช้ติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยระบบบัส Serial Peripheral Interface (SPI)

คุณลักษณะพิเศษ

- เป็น IC ที่ใช้บันทึกเสียงเล่นเสียงได้
- ใช้ไฟเลี้ยง 3 โวลต์
- ใช้พลังงานต่ำ

  Icc ขณะเล่น 15 mA (โดยทั่วไป)

  Icc ขณะบันทึก 25 mA (โดยทั่วไป)

  Icc ขณะรอการทำงาน 1 µA (โดยทั่วไป)
- การติดต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ระบบ SPI
- เขียนและลบด้วยไฟฟ้า
- บันทึกความถี่ได้ถึง 100 kHz
- สามารถบันทึกเสียงไว้ได้นาน

ตารางที่ 3.3 การเลือกใช้ ISD 4002

Part Number	Duration (Seconds)	Sample Rate (kHz)	Typical Filter Pass Band (kHz) *
ISD4002-120	120	8.0	3.4
ISD4002-150	150	6.4	2.7
ISD4002-180	180	5.3	2.3
ISD4002-240	240	4.0	1.7

การส่งระบบ SPI

การทำงานส่งข้อมูลของระบบ SPI นี้มีขั้นตอนดังนี้

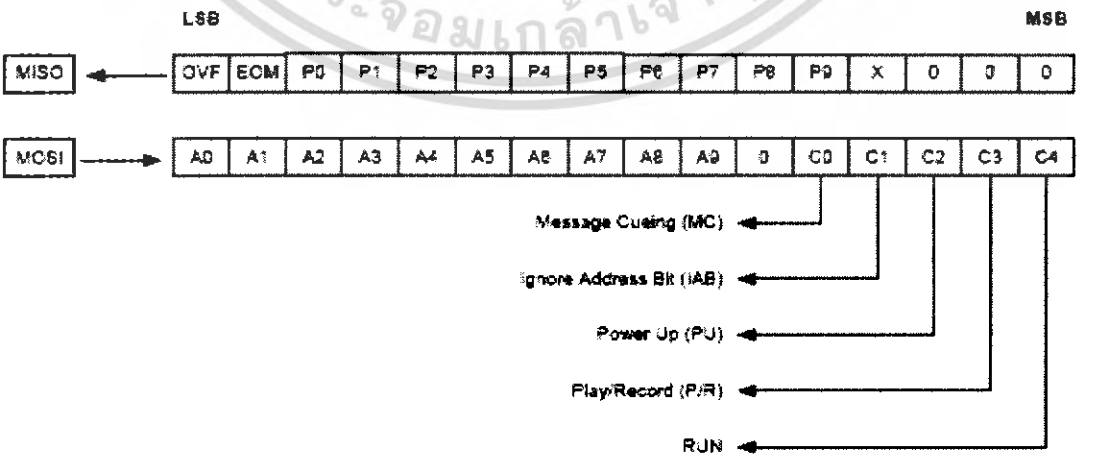
1. การส่งข้อมูลเริ่มที่ขา $\overline{SS}$ เป็นลอจิก “0”
2. ขา $\overline{SS}$ ต้องเป็นลอจิก “0” ขณะส่งข้อมูล และเป็นลอจิก “1” ขณะไม่มีการส่งข้อมูล
3. ข้อมูลจะถูกรับส่งในขณะขอบขาขึ้นของ SCLK
4. ส่งข้อมูล ตำแหน่งของการบันทึก/เล่น ในขณะที่ $\overline{SS}$ เป็นลอจิก “0”
5. ข้อมูลประกอบด้วย ตำแหน่ง 11 บิต และควบคุม 5 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เมื่อเกิด OVF หรือ EOM จะเกิดการอินเตอร์รัพท์ให้หยุดการส่งข้อมูล
7. การอินเตอร์รัพท์จะรับค่า จาก MISO ไปให้ MOSI
8. เริ่มต้นเซ็ตบิตและรีเซ็ตบิต
9. หยุดการส่งหลังจาก $\overline{SS}$ เป็นลอจิก "1

ตารางที่ 3.4 สรุปการส่งรหัสคำสั่ง

Instructions	Address(11bits) <A0-A9, 0>	Control bits(5bits) C0 C1 C2 C3 C4	Descriptions
POWERUP	<XXXXXXXXXXX>	0 0 1 0 0	เริ่มทำงาน
SETPLAY	<A0-A9, 0>	0 0 1 1 1	ระบุตำแหน่งการเล่น
PLAY		0 1 1 1 1	เล่น
SETREC	<A0-A9, 0>	0 0 1 0 1	ระบุตำแหน่งการบันทึก
REC		0 1 1 0 1	บันทึก
SETMC	<A0-A9, 0>	1 0 1 1 1	ระบุตำแหน่ง MC
MC		1 1 1 1 1	ทำ MC ที่กำหนด
STOP	<XXXXXXXXXXX>	0 1 1 X 0	หยุด
STOPPWRDN	<XXXXXXXXXXX>	X 1 0 X 0	หยุด(โหมดประหยัดพลังงาน)
RINT	<XXXXXXXXXXX>	0 1 1 X 0	อ่านค่าอินเตอร์รัพท์



รูปที่ 3.13 การรับส่ง SPI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.5 รีจิสเตอร์เอาต์พุต

Output Bits	Description
OVF	Overflow
EOM	End-of-Message
P0-P9	Output of the row pointer registor

ตารางที่ 3.6 รีจิสเตอร์ควบคุม

Control Bit	Control Register	Bit	Device Function
C0	MC		Message Cueing function
	=	1	Enable Message Cueing
	=	0	Disable Message Cueing
C1	IAB		Ignore Address bit
	=	1	Ignore input address register(A0-A9)
	=	0	Use the input address register(A0-A9)
C2	PU		Power Up bit
	=	1	Power-Up
	=	0	Power-Down
C3	P/R		Playback or Record bit
	=	1	Play
	=	0	Record
C4	RUN		Enable or Disable an operation
	=	1	Start
	=	0	Stop
Address Bit	A0-A9		Input Address Register

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการบันทึก

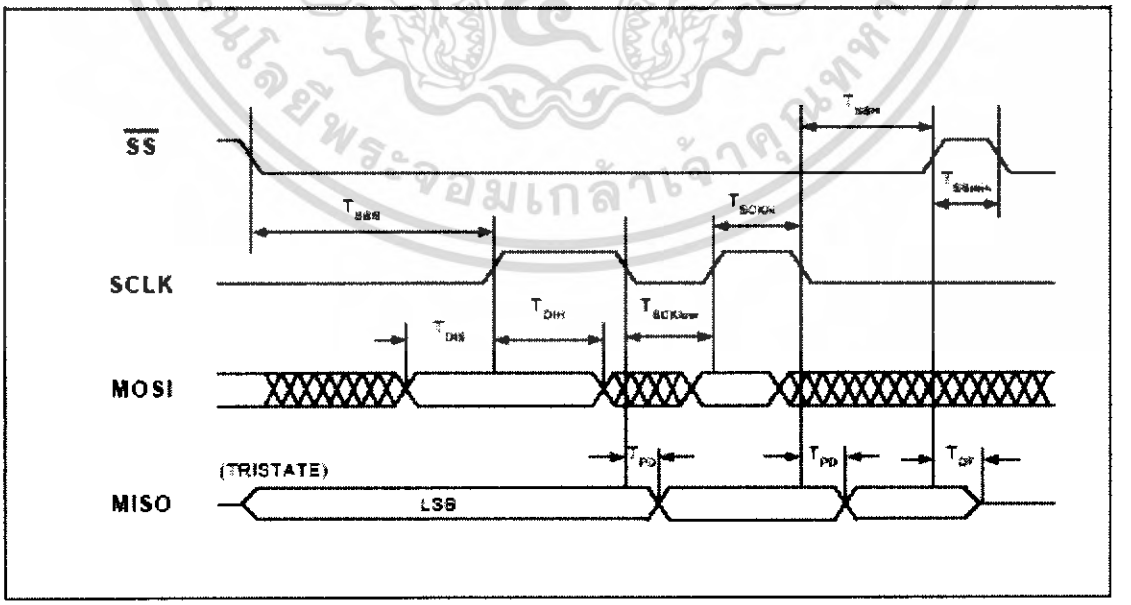
1. ส่ง POWERUP
2. รอ T_{PUD}
3. ส่ง POWERUP
4. รอ 2 เท่าของ T_{PUD}
5. ส่ง SETREC กับตำแหน่ง

   ส่ง REC
6. ส่ง STOP
7. รอ $T_{STOP/PAUSE}$

ขั้นตอนการเล่น

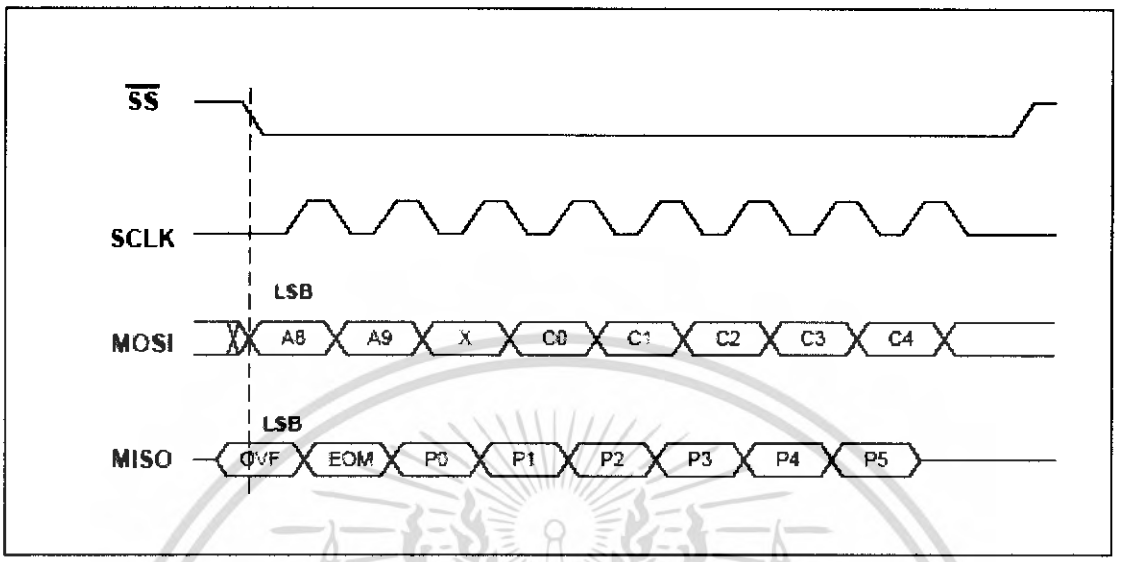
1. ส่ง POWERUP
2. รอ T_{PUD}
3. ส่ง SETPLAY กับตำแหน่ง

   ส่ง PLAY
4. ส่ง STOP หรือรอการหยุดเล่นอัตโนมัติของการเกิด EOM หรือ OVF
5. รอ $T_{STOP/PAUSE}$

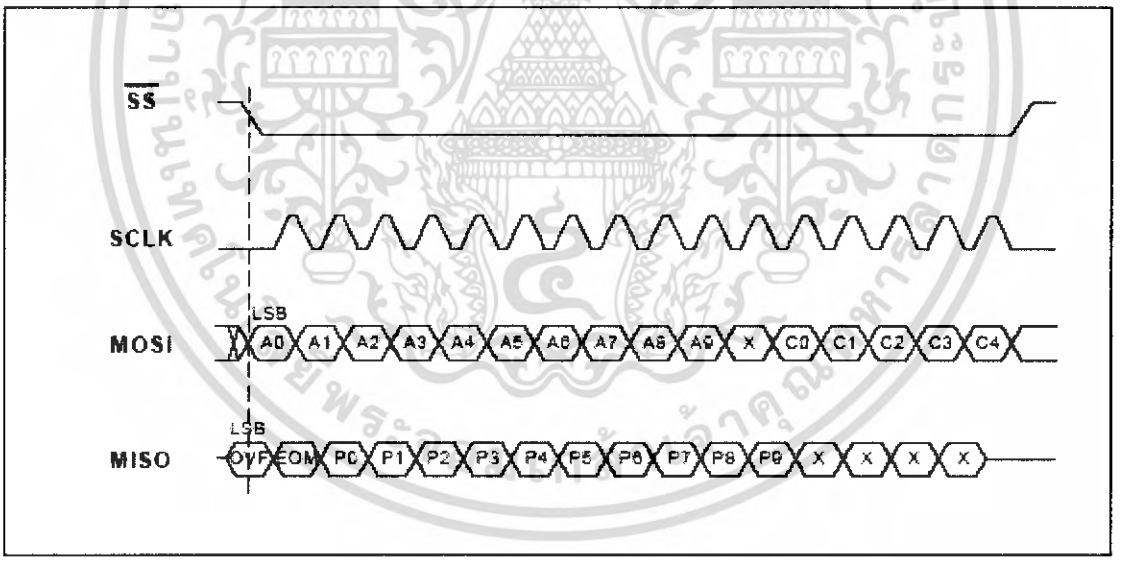


รูปที่ 3.14 Timing Diagram ของ ISD 4002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

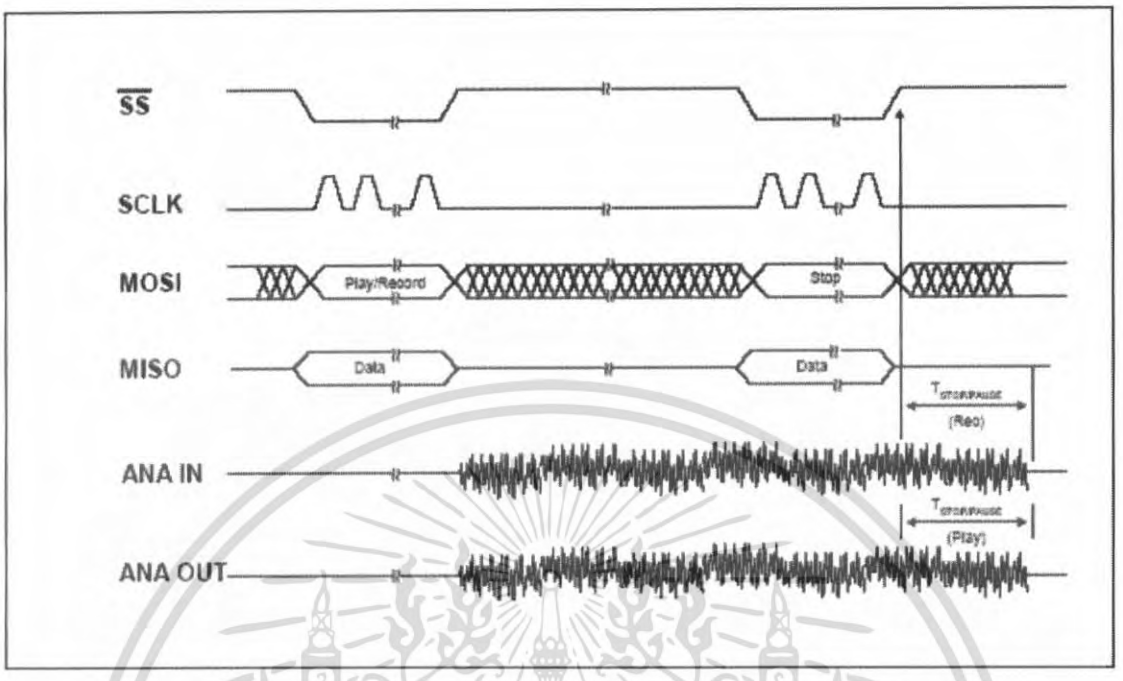


รูปที่ 3.15 8-BIT COMMAND FORMAT



รูปที่ 3.16 16-BIT COMMAND FORMAT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 PLAYBACK/RECORD AND STOP CYCLE

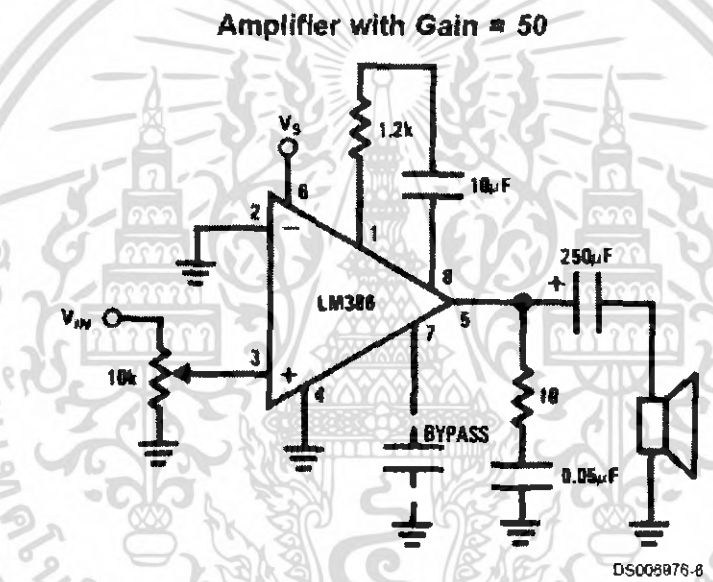
รูปที่ 3.18 รูป IC ISD4002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

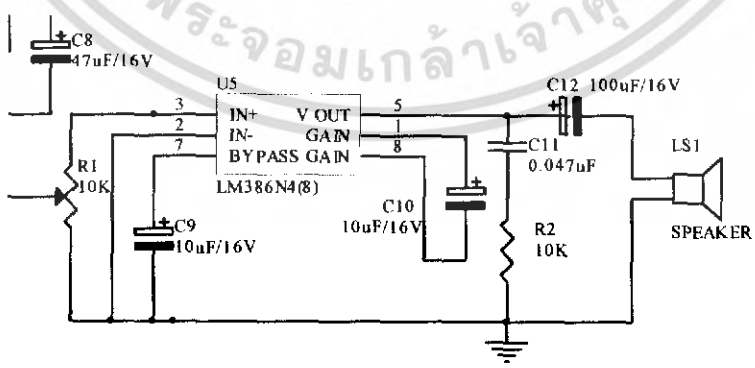
3.2.4 การทำงานในส่วนของวงจรขยายเสียง

Gain Control

ไอซี LM386 ทำหน้าที่เป็นภาคขยายเสียงได้หลายแบบ โดยใช้ขาของไอซี 2 ขา (ขา 1 กับขา 8) ในการควบคุม Gain Control ซึ่งขา 1 กับขา 8 เมื่อ Open ที่ตัวต้านทาน 1.35 kΩ เป็นการปรับที่ Gain 20 (26dB) ถ้าตัวเก็บประจุที่อยู่ระหว่างขา 1 กับขา 8 ผ่านตัวต้านทาน 1.35 kΩ จะได้ Gain 200 (46dB) ขึ้นไป ถ้าตัวต้านทานอยู่ในตำแหน่งต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุ Gain จะสามารถปรับจาก 20 – 200 Gain Control สามารถไม่จำเป็นต้องมีตัวเก็บประจุต่อพ่วงกับตัวต้านทาน (หรือ FET) แต่ขา 1 จะต้องต่อลง Ground



รูปที่ 3.19 วงจรที่ออกแบบมีขนาด Gain 50



รูปที่ 3.20 วงจรที่ออกแบบโดย Protel

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การทดลองวงจรเวอร์ชันที่ 1

4.1.1 ทดลองเล่นเสียงบอกความหมาย

ทดลองเล่นเสียงบอกความหมายโดยกดอักษรตัวนูนครั้งเดียวเรียงทีละตัวเริ่มจากพยัญชนะ สระ วรรณยุกต์ และตัวเลข

พยัญชนะ

ก	ข	ฃ	ค	ฅ	ฆ	ง	จ	ฉ	ช	ซ
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
ฌ	ญ	ฎ	ฏ	ฐ	ฑ	ฒ	ณ	ด	ต	ถ
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
ท	ธ	น	บ	ป	ผ	ฝ	พ	ฟ	ภ	ม
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
ย	ร	ล	ว	ศ	ษ	ส	ห	ฬ	อ	ฮ
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง

ตารางที่ 4.1 การทดลองเล่นเสียงบอกความหมายพยัญชนะ

สระ และวรรณยุกต์

ะ	-า	ิ	ี	ึ	ื	ุ	ู	เ-ะ	เ-	แ-ะ
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
แ-	โ-ะ	โ-	เ-าะ	-อ	เ-อะ	เ-อ	เ-ียะ	เ-ีย	เ-ือะ	เ-ือ
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
ัวะ	ัว	ำ	ไ-	ใ-	เ-า	ฤ	ฤา	ฦ	ฦา	ๆ
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
่	้	๊	๋	็	์	์				
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง				

ตารางที่ 4.2 การทดลองเล่นเสียงบอกความหมายสระ และวรรณยุกต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

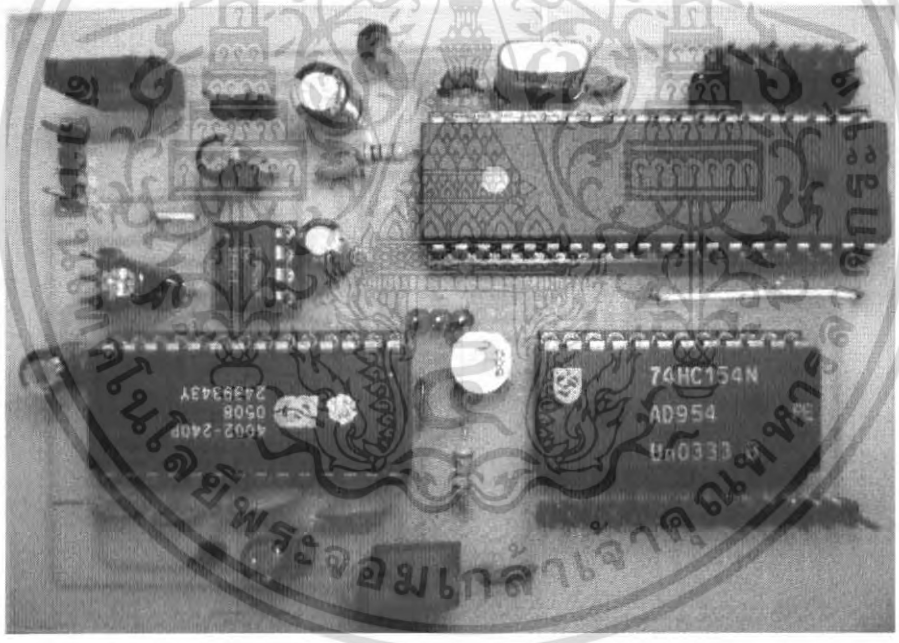
ตัวเลข

เครื่องหมายนำเลข	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง

ตารางที่ 4.3 การทดลองเล่นเสียงบอกความหมายตัวเลข

4.1.2 ทดลองภาคขยายเสียง

ส่วนภาคขยายเสียงออกแบบเพื่อให้ผู้พิการทางสายได้ยินเสียงบอกความหมายของอักษรเบรลล์ภาษาไทยใช้อัตราการขยายเสียง 200 เท่าซึ่งผลที่ได้คือเมื่อปรับความดังเสียงเพียงเล็กน้อยกลับทำให้เสียงมีความดังมากเกินไป ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้งาน



รูปที่ 4.1 วงจรเวอร์ชันที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การทดลองวงจรเวอร์ชันที่ 2

4.2.1 ทดลองเล่นเสียงบอกความหมาย

ทดลองเล่นเสียงบอกความหมายโดยกดอักษรตัวนูนครั้งเดียวเรียงทีละตัวเริ่มจากพยัญชนะ สระ วรรณยุกต์ และตัวเลข

พยัญชนะ

ก	ข	ฃ	ค	ฅ	ฆ	ง	จ	ฉ	ช	ซ
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
ฌ	ญ	ฎ	ฏ	ฐ	ฑ	ฒ	ณ	ด	ต	ถ
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
ท	ธ	น	บ	ป	ผ	ฝ	พ	ฟ	ภ	ม
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
ย	ร	ล	ว	ศ	ษ	ส	ห	ฬ	อ	ฮ
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง

ตารางที่ 4.4 การทดลองเล่นเสียงบอกความหมายพยัญชนะ

สระ และวรรณยุกต์

ะ	-า	ิ	ี	ึ	ื	ุ	ู	เ-ะ	เ-	แ-ะ
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
แ-	โ-ะ	โ-	เ-าะ	-อ	เ-อะ	เ-อ	เ-ียะ	เ-ีย	เ-ือะ	เ-ือ
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
ั-วะ	ั-ว	ั-า	ไ-	ใ-	เ-า	ฤ	ฤา	ฦ	ฦา	ๆ
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
่	้	๊	๋	็	์	๎				
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง				

ตารางที่ 4.5 การทดลองเล่นเสียงบอกความหมายสระ และวรรณยุกต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวเลข

เครื่องหมายนำเลข	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง

ตารางที่ 4.6 การทดลองเล่นเสียงบอกความหมายตัวเลข

4.2.2 ทดลองเล่นเสียงบอกตำแหน่งจุดนูน

ทดลองเล่นเสียงบอกตำแหน่งจุดนูนโดยกดอักษรตัวนูนครั้งที่สอง เครื่องจะบอกตำแหน่งของจุดนูนของอักษรตัวนูนที่กด

พยัญชนะ

ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง

ตารางที่ 4.7 การทดลองเล่นเสียงบอกตำแหน่งจุดนูนพยัญชนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สระ และวรรณยุกต์

ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง				

ตารางที่ 4.8 การทดลองเล่นเสียงบอกตำแหน่งจุดนูนสระ และวรรณยุกต์

ตัวเลข

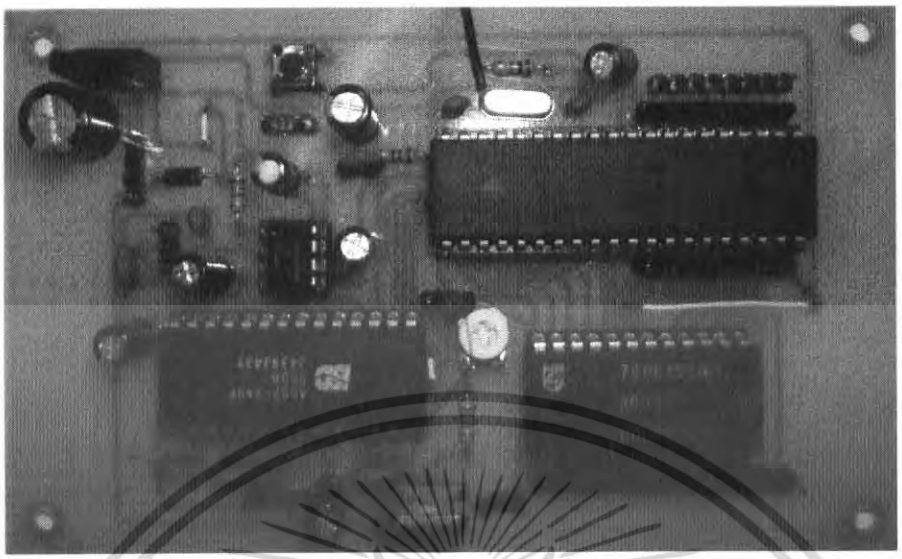
ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง	ดัง

ตารางที่ 4.9 การทดลองเล่นเสียงบอกตำแหน่งจุดนูนตัวเลข

4.2.3 ทดลองภาคขยายเสียง

วงจรเวอร์ชันที่ 2 ได้เปลี่ยนอัตราการขยายเสียงลดลงเป็น 50 เท่าผลที่ได้ คือมีความสัมพันธ์ในการปรับระดับเสียงกับความดังของเสียง และมีความชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 วงจรเวอร์ชันที่ 2

4.2.4 การทดลองโปรแกรม

แบ่งเป็น 3 โปรแกรม คือ

1. โปรแกรมเล่น/บันทึกเสียงยาว เมื่อนำโปรแกรมมาทดลองใช้กับวงจรผลปรากฏว่าสามารถเล่น/บันทึกเสียงได้นานสูงสุดถึง 4 นาที
2. โปรแกรมเล่น/บันทึกเสียง 2 วินาที โปรแกรมนี้จะทำหน้าที่เล่น/บันทึกเสียง เมื่อมีการกดคีย์สวิตช์แต่ละตัว ผลปรากฏว่าสามารถเล่น/บันทึกเสียงได้ 95 คีย์สวิตช์ คิดเป็นเวลาได้ประมาณ 3 นาทีครึ่ง เสียงของคีย์สวิตช์ที่ทดลองประกอบไปด้วย พยัญชนะ 44 ตัว สระและวรรณยุกต์ 40 ตัว ตัวเลข และเครื่องหมายนำเลข 11 ตัว
3. โปรแกรมเล่น/บันทึกเสียง 2 วินาที พร้อมบอกตำแหน่งจุดนูน โปรแกรมนี้ได้ทำการแก้ไขมาจากโปรแกรมที่แล้ว มีการเพิ่มเติมฟังก์ชั่นการใช้งาน โดยในการกดคีย์สวิตช์ครั้งแรกจะบอกความหมายของคีย์สวิตช์ที่กด และเมื่อทำการกดคีย์สวิตช์ซ้ำจะบอกตำแหน่งของจุดนูน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุป

จากการทดลองชุดฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์ภาษาไทยต้นแบบ ผลที่ได้ไม่เป็นที่น่าพอใจ เนื่องจาก วงจรภาคขยายเสียงมีอัตราขยายมากเกินไป ไม่เหมาะที่จะนำไปใช้งาน ส่วนจุดตัวนูนที่ออกแบบมีการยุบตัวได้ง่ายเมื่อเกิดการสัมผัส ตัวกล่องมีความคมอันเนื่องมาจากการเชื่อมต่อ และรูปร่างไม่น่าใช้งาน ชุดฝึกมีฟังก์ชั่นการใช้งานน้อยเกินไป คือสามารถบอกความหมายได้อย่างเดียว จึงทำให้เกิดการพัฒนาเพิ่มเติม

ชุดฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์ภาษาไทยที่ได้มีการพัฒนา ได้ทำการแก้ไขจุดอ่อนต่างๆ ของชุดฝึกต้นแบบ สิ่งที่แก้ไขคือ ลดอัตราขยายของวงจรภาคขยายเสียงลง จุดนูนได้ทำการอัดอีพรอคซี และเคลือบด้วยแลกเกอร์ทำให้จุดนูนมีความแข็งแรงสามารถทนต่อแรงกด ตัวกล่องที่ได้พัฒนาโดยการใช้วัสดุดัดขึ้นรูปมีความแข็งแรง และสวยงาม ที่สำคัญที่สุด ชุดฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์ภาษาไทยได้มีการเพิ่มฟังก์ชั่นการใช้งาน สามารถบอกความหมาย และบอกตำแหน่งจุดนูนได้ มีการเพิ่มแบตเตอรี่ และชุดหูฟังสำหรับผู้ที่ต้องการฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์ภาษาไทยเป็นการส่วนตัว

ดังนั้นชุดฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์ภาษาไทยที่ได้การพัฒนาแล้วเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในการเรียนการสอนให้กับผู้ที่ต้องการจะศึกษาอักษรเบรลล์ภาษาไทยได้เรียนรู้ และทราบความหมาย อันจะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในด้านการศึกษา การพัฒนาตนเอง และประเทศชาติ

แนวทางในการพัฒนาต่อ

1. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับบทเรียน ของการเรียนรู้อักษรเบรลล์ เพื่อที่จะได้นำเอาชุดฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์ภาษาไทย ไปใช้ควบคู่กับการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพ
2. ควรที่จะมีการปรับขนาดของกล่องให้มีขนาดเล็กลงกว่านี้เพื่อให้ง่ายต่อการพกพา
3. ควรมีอักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษควบคู่ด้วย
4. การเรียงตัวอักษรควรเรียงลำดับตัวอักษรเซลล์เดียวก่อนเพื่อความง่ายในการเรียนระยะแรกๆ แล้วจึงใช้ตัวอักษรที่ผสมด้วยเซลล์ 2 เซลล์
5. จุดอักษรเบรลล์ และตัวพยัญชนะกำกับอักษรเบรลล์ควรมีขนาดใหญ่กว่านี้สำหรับบุคคลที่มองเห็นเลือนลาง
6. ตัวกล่องของชุดฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์ภาษาไทย ควรจะมีฝาปิดด้านบนเพื่อป้องกันความเสียหายจากการเคลื่อนย้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ประกอบ อุลุชาฎะ,(น. ณ ปากน้ำ). 2527. **หลักการใช้สี** กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช

วีรชัย อำพรไพบูลย์.2542. "รหัสภาษาในกลุ่มคนตาบอด" วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. อักษรศาสตร์ (ภาษาศาสตร์) บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วันทนีย์ พันธชาติ และคณะ. 2544. "โครงการพัฒนาชุดเครื่องมือในการเข้าถึงข้อมูลข่าวสารของคนพิการประเภทต่างๆ" หน่วยงานวิจัย งานเทคโนโลยีเพื่อสนับสนุนคนพิการและคนด้อยโอกาส ผู้ให้ทุนศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ .

สมทรง พัทธุ์สุวรรณ. 2526 **"คนตาบอดอ่านหนังสืออย่างไร"** รวมบทความพิเศษ. คณะครุศาสตร์ วิทยาลัยครูสวนดุสิต.

สมสมัย มณีใส.2537. "การใช้คำกริยาที่อ้างถึงการรับรู้ด้วยตาในการสนทนาภาษาไทยของคนตาบอด" วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. อักษรศาสตร์ (ภาษาศาสตร์) บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุภรณ์เพ็ญ พันธุ์มณี. 2543. " การพัฒนาโปรแกรมการสอนพยัญชนะอักษรเบรลล์สำหรับเด็กตาบอดวัยอนุบาลโดยใช้ แนวคิดพหุปัญญา" วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. ครุศาสตร์ (การศึกษาปฐมวัย) บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุดม จีนประดับ. 2541. **ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.** กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าพระนครเหนือ

ปรเมษฐ์ ประนยานันทน์ และปิยพงศ์ เผ่าวนิช. 2536. **ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ภาพส่วนประกอบของโครงงาน

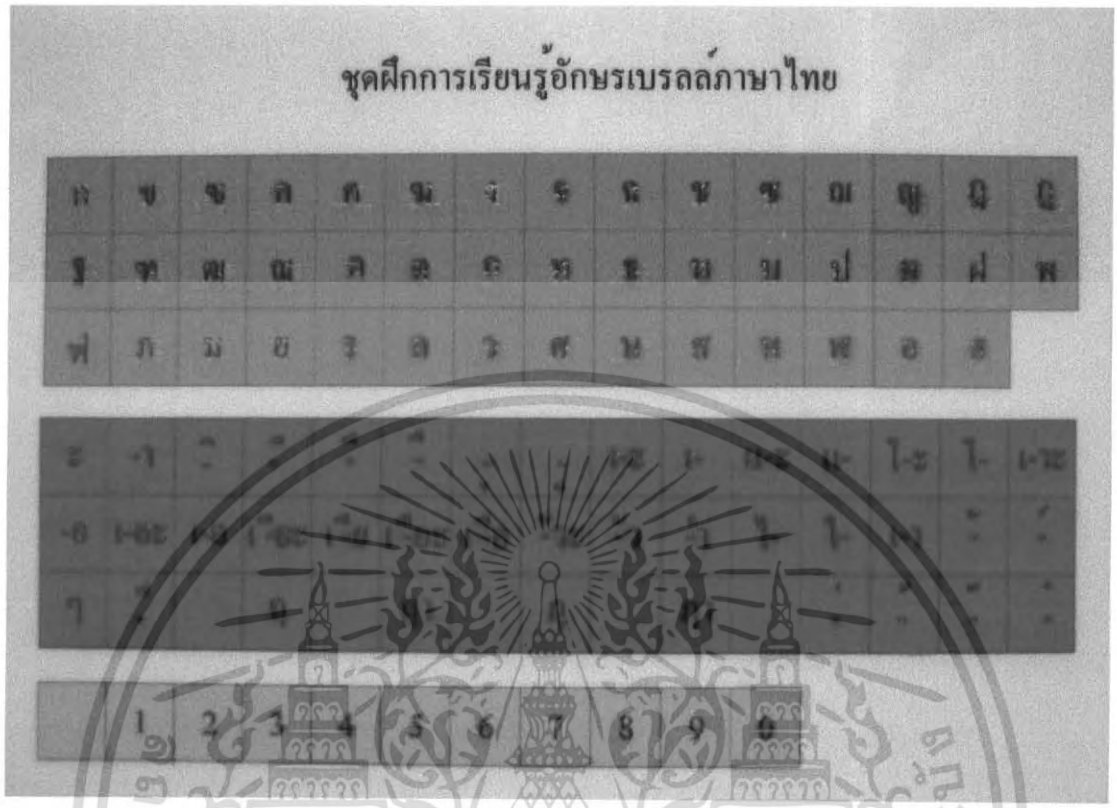
ภาคผนวก ข ไอซีที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

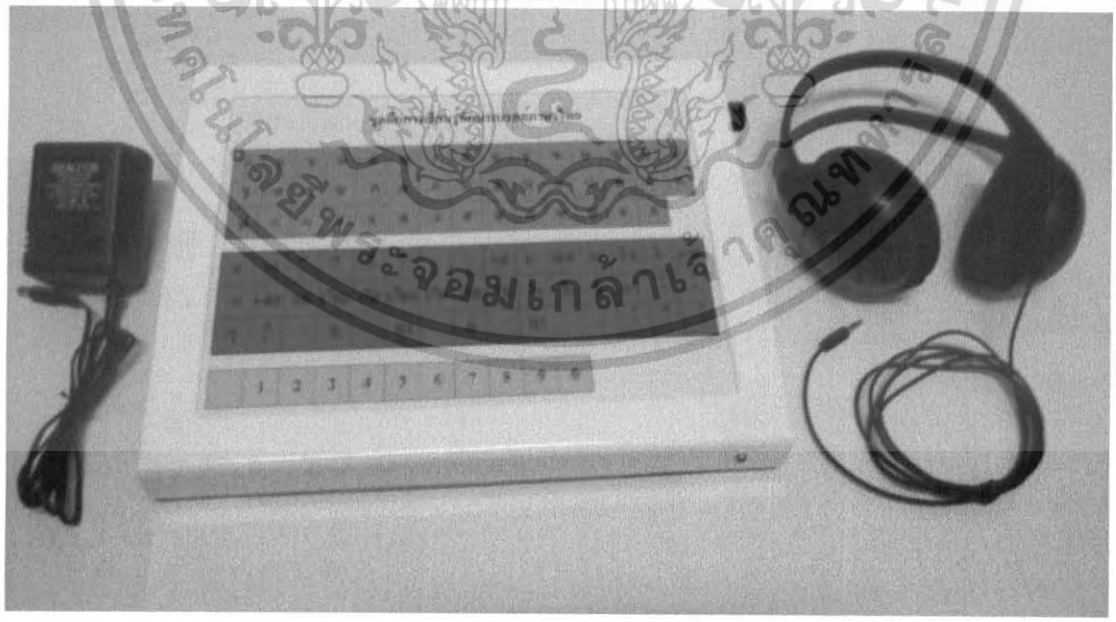
ภาคผนวก ก

ภาพส่วนประกอบของโครงงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 6.1 แผ่นตัวอักษรนูน



รูปที่ 6.2 ชุดฝึกการเรียนรู้อักษรเบรลล์ภาษาไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

ไอซีที่ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Winbond Electronics Corp.

ISD4002 SERIES

SINGLE-CHIP, MULTIPLE-MESSAGES VOICE RECORD/PLAYBACK DEVICES 120-, 150-, 180-, AND 240-SECOND DURATION

Publication Release Date: October 26, 2005
Revision 1.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Winbond Electronics Corp.

1. GENERAL DESCRIPTION

The ISD4002 ChipCorder® series provides high-quality, 3-volt, single-chip record/playback solutions for 2- to 4-minute messaging applications ideally for cellular phones and other portable products. The CMOS-based devices include an on-chip oscillator, anti-aliasing filter, smoothing filter, AutoMute® feature, audio amplifier, and high density multilevel Flash memory array. The ISD4002 series is designed to be used in a microprocessor- or microcontroller-based system. Address and control are accomplished through a Serial Peripheral Interface (SPI) or Microwire Serial Interface to minimize pin count.

Recordings are stored into the on-chip Flash memory cells, providing zero-power message storage. This unique single-chip solution utilizes Winbond's patented multilevel storage technology. Voice and audio signals are directly stored onto memory array in their natural form, providing high-quality voice reproduction.

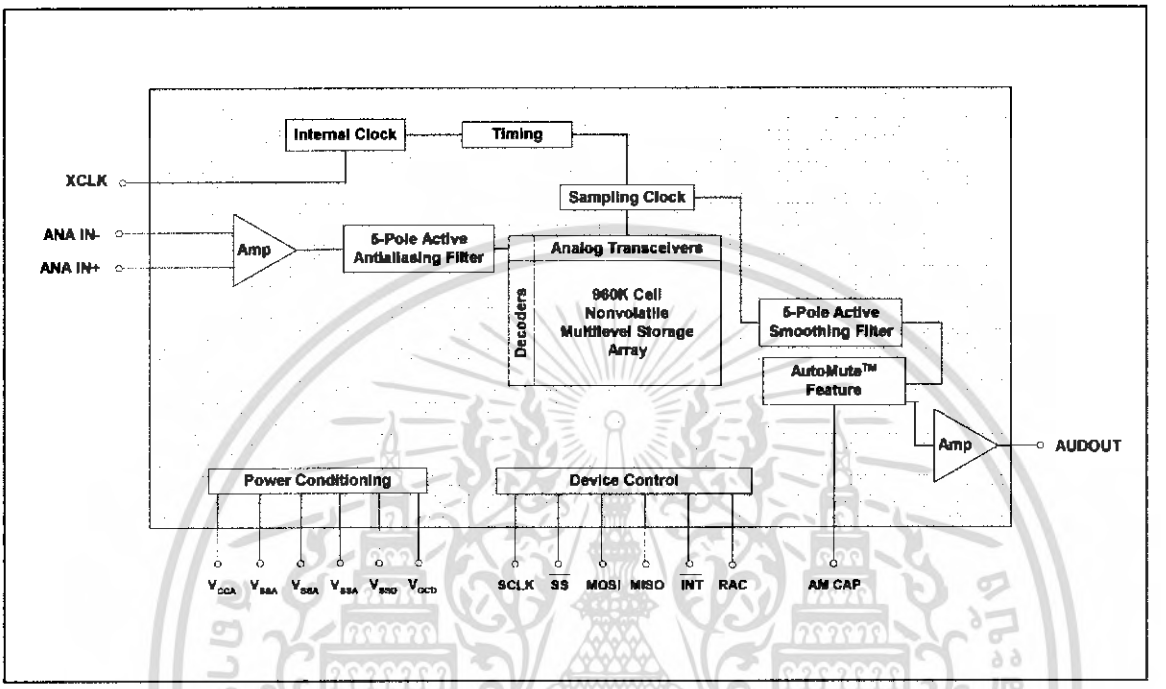
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. FEATURES

- Single-chip voice record/playback solution
- Single 3 volt supply
- Low-power consumption
  - Operating current:
    - I_{CC_Play} = 15 mA (typical)
    - I_{CC_Rec} = 25 mA (typical)
  - Standby current:
    - $I_{CC_Standby}$ = 1 µA (typical)
- Single-chip durations of 120, 150, 180, and 240 seconds
- High-quality, natural voice/audio reproduction
- AutoMute feature provides background noise attenuation
- No algorithm development required
- Micorcontroller SPI or Microwire™ Serial Interface
- Fully addressable to handle multiple messages
- Non-volatile message storage
- 100K record cycles (typical)
- 100-year message retention (typical)
- On-chip clock source
- Power consumption controlled by SPI or Microwire control register
- Available in die, PDIP, SOIC and TSOP
- Packaged types: Leaded and Lead-Free
- Temperature:
  - Commercial (die): 0°C to +50°C
  - Commercial (packaged units): 0°C to +70°C
  - Extended (packaged units): -20°C to +70°C
  - Industrial (packaged units): -40°C to +85°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. BLOCK DIAGRAM



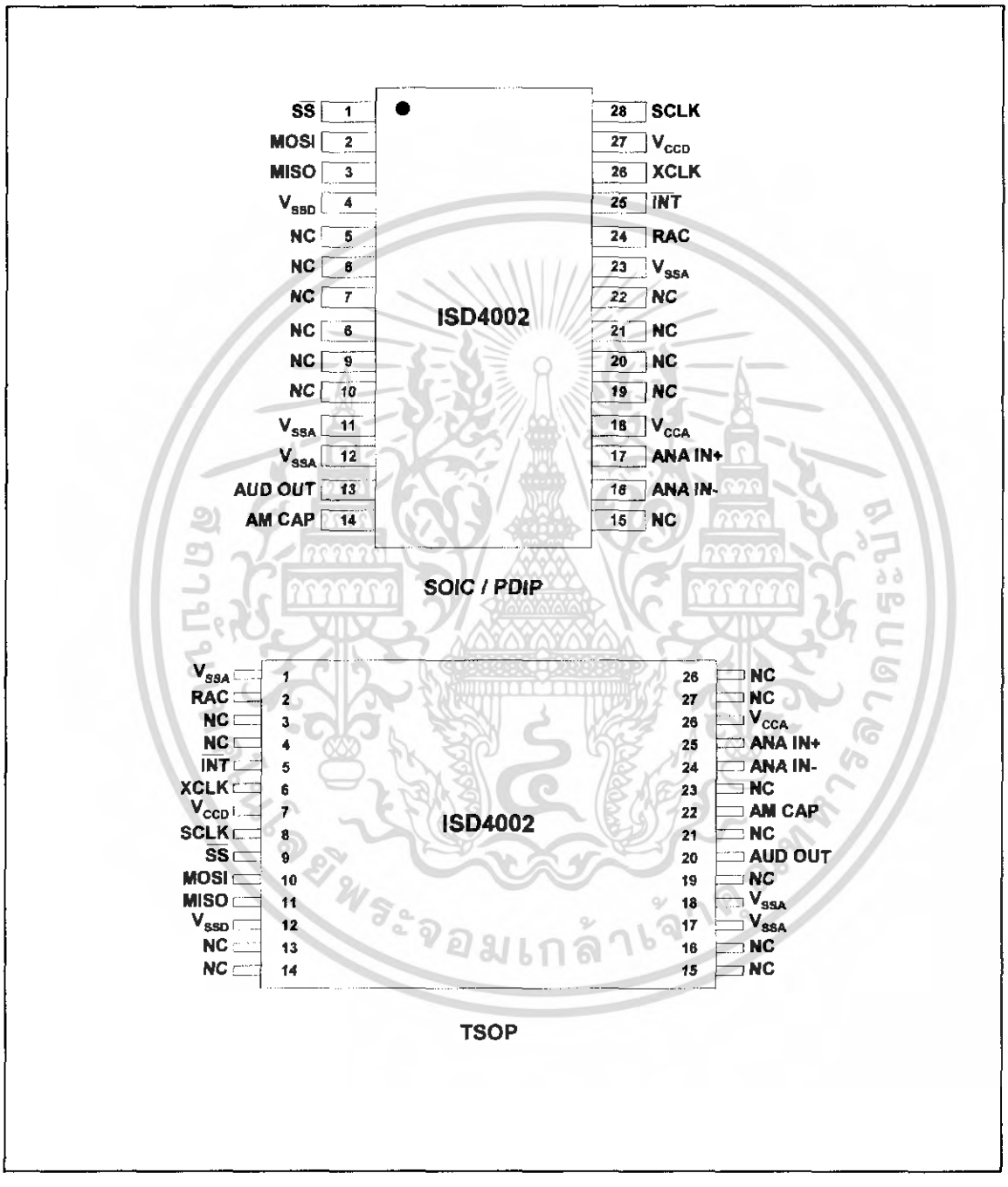
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. TABLE OF CONTENTS

1. GENERAL DESCRIPTION 2
2. FEATURES 3
3. BLOCK DIAGRAM 4
4. TABLE OF CONTENTS 5
5. PIN CONFIGURATION 6
6. PIN DESCRIPTION 7
7. FUNCTIONAL DESCRIPTION 12
7.1. Detailed Description 12
7.2. Serial Peripheral Interface (SPI) Description 13
7.2.1. OPCODES 14
7.2.2. SPI Diagrams 15
7.2.3. SPI Control and Output Registers 16
8. TIMING DIAGRAMS 18
9. ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS 20
9.1. Operating Conditions 21
10. ELECTRICAL CHARACTERISTICS 22
10.1. Parameters For Packaged Parts 22
10.2. Parameters For Die 25
10.3. SPI AC Parameters 26
11. TYPICAL APPLICATION CIRCUIT 27
12. PACKAGING AND DIE INFORMATION 30
12.1. 28-Lead 300-Mil Plastic Small Outline IC (SOIC) 30
12.2. 28-Lead 600-Mil Plastic Dual Inline Package (PDIP) 31
12.3. 28-Lead 8x13.4mm Plastic Thin Small Outline Package (TSOP) Type 1 - IQC 32
12.4. 28-Lead 8x13.4mm Plastic Thin Small Outline Package (TSOP) Type 1 33
12.5. Die Information 34
13. ORDERING INFORMATION 36
14. VERSION HISTORY 37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. PIN CONFIGURATION



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. PIN DESCRIPTION

PIN NAME	PIN NO.		FUNCTION
	SOIC / PDIP	TSOP	
$\overline{SS}$	1	9	**Slave Select**: This input, when LOW, will select the ISD4002 device.
MOSI	2	10	***Master Out Slave IN***: *This is the serial input to the* ISD4002 device when it is configured as slave. The master microcontroller places data on the MOSI line one half-cycle before the rising edge of SCLK for clocking into the device.
MISO	3	11	**Master In Slave Out**: This is the serial output (open drain) of the ISD4002 device. This output goes into a high-impedance state if the device is not selected.
V_{SSA} / V_{SSD}	11, 12, 23 / 4	1, 17, 18 / 12	**Ground**: The ISD4002 series utilizes separate analog and digital ground busses. The analog ground (V_{SSA}) pins should be tied together as close as possible and connected through a low-impedance path to power supply ground. The digital ground (V_{SSD}) pin should be connected through a separate low-impedance path to power supply ground. These ground paths should be large enough to ensure that the impedance between the V_{SSA} pins and the V_{SSD} pin is less than 3 Ω. The backside of the die is connected to V_{SS} through the substrate. For chip-on-board design, the die attach area must be connected to V_{SS} or left floating.
NC	5-10, 15, 19-22	3, 4, 13-16, 19, 21, 23, 27, 28	Not connected
AUD OUT [1]	13	20	**Audio Output**: This pin provides an audio output of the stored data and is recommended be AC coupled. It is capable of driving a 5 KΩ impedance R_{EXT}.

[1] The AUD OUT pin is always at 1.2 volts when the device is powered up. When in playback, the output buffer *connected to this pin can drive a load as small as* 5 KΩ. When in record, a resistor connects AUD OUT to the internal 1.2-volt analog ground supply. This resistor is approximately 850 KΩ, but will vary somewhat according to the sample rate of the device. This relatively high impedance allows this pin to be connected to an audio bus without loading it down.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN NAME	PIN NO.		FUNCTION
	SOIC / PDIP	TSOP	
AM CAP	14	22	**AutoMute™ Feature**: The AutoMute feature only applies for playback operation and helps to minimize noise (with 6 dB of attenuation) when there is no signal (i.e. during periods of silence). A 1 µF capacitor to ground is recommended to connect to the AM CAP pin. This capacitor becomes a part of an internal peak detector which senses the signal amplitude. This peak level is compared to an internally set threshold to determine the AutoMute trip point. For large signals, the AutoMute attenuation is set to 0 dB automatically but 6 dB of attenuation occurs for silence. The 1 µF capacitor also affects the rate at which the AutoMute feature changes with the signal amplitude (or the attack time). The AutoMute feature can be disabled by connecting the AM CAP pin directly to V_{CCA}..
ANA IN-	16	24	**Inverting Analog Input**: This pin transfers the signal into the device during recording via differential-input mode. In this differential-input mode, a 16 mVp-p maximum input signal should be capacitively coupled to ANA IN- for optimal signal quality, as shown in Figure 1: ANA IN Modes. This capacitor value should be equal to that used on ANA IN+ pin. The input impedance at ANA IN- is *normally* 56 KΩ. In the single-ended mode, ANA IN- should be capacitively coupled to V_{SSA} through a capacitor equal to that used on the ANA IN+ pin.
ANA IN+	17	25	**Non-Inverting Analog Input**: This pin is the non-inverting analog input that transfers the signal to the device for recording. The analog input amplifier can be driven single ended or differentially. In the single-ended input mode, a 32 mVp-p (peak-to-peak) maximum signal should be capacitively connected to this pin for optimal signal quality. The external capacitor associated with ANA IN+ together with the 3 KΩ input impedance are selected to give cutoff at the low frequency end of the voice passband. In the differential-input mode, the maximum input signal at ANA IN+ should be 16 mVp-p capacitively coupled for optimal signal quality. The circuit connections for the two modes are shown in Figure 1.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PIN NAME	PIN NO.		FUNCTION
	SOIC / PDIP	TSOP	
V_{CCA} / V_{CCD}	18 / 27	26 / 7	**Supply Voltage**: To minimize noises, the analog and digital circuits in the ISD4002 devices use separate power busses. These +3V busses are brought out to separate pins and should be tied together as close to the supply as possible. In addition, these supplies should be decoupled as close to the package as possible.
RAC	24	2	**Row Address Clock**: This is an open drain output that provides the signal of a ROW with a 200 ms period for 8 KHz sampling frequency. (This represents a single row of memory) This signal stays HIGH for 175 ms and stays LOW for 25 ms when it reaches the end of a row. The RAC pin stays HIGH for 109.37 µsec and stays LOW for 15.63 µsec in Message Cueing mode (see Message Cueing section for detailed description). Refer to the AC Parameters table for RAC timing information at other sample rates. When a record command is first initiated, the RAC pin remains HIGH for an extra T_{RACL} period. This is due to the need of loading the internal sample and hold circuits in the device. This pin can be used for message management techniques. A pull-up resistor is required to connect to other device.
$\overline{INT}$	25	5	**Interrupt**: This is an open drain output pin. This pin goes LOW and stays LOW when an Overflow (OVF) or End of Message (EOM) marker is detected. Each operation that ends with an EOM or OVF will generate an interrupt. The interrupt will be cleared the next time an SPI cycle is initiated. The interrupt status can also be read by an R_{INT} instruction. A pull-up resistor is required to connect to other device. *Overflow Flag (OVF)* – The Overflow flag indicates that the end of memory has been reached during a record or playback operation. *End of Message (EOM)* – The End of Message flag is set only during playback operation when an EOM is found. There are eight EOM flag position options per row.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<table>
<tr><th rowspan="2">PIN NAME</th><th colspan="2">PIN NO.</th><th rowspan="2">FUNCTION</th></tr>
<tr><th>SOIC / PDIP</th><th>TSOP</th></tr>
<tr><td>XCLK</td><td>26</td><td>6</td><td>External Clock Input: The pin has an internal pull-down device. The ISD4002 series is configured at the factory with an internal sampling clock frequency centered to ±1 percent of specification. The frequency is then maintained to a variation of ±2.25 percent over the entire commercial temperature and operating voltage ranges. The internal clock has a –6/+4 percent tolerance over the extended temperature, industrial temperature and voltage ranges. A regulated power supply is recommended for industrial temperature range parts. If greater precision is required, the device can be clocked through the XCLK pin as follows:
<table>
<tr><th>Part Number</th><th>Sample Rate</th><th>Required Clock</th></tr>
<tr><td>ISD4002-120</td><td>8.0 kHz</td><td>1024 kHz</td></tr>
<tr><td>ISD4002-150</td><td>6.4 kHz</td><td>819.2 kHz</td></tr>
<tr><td>ISD4002-180</td><td>5.3 kHz</td><td>682.7 kHz</td></tr>
<tr><td>ISD4002-240</td><td>4.0 kHz</td><td>512 kHz</td></tr>
</table>
These recommended clock rates should not be varied because the anti-aliasing and smoothing filters are fixed. Otherwise, aliasing problems can occur if the sample rate differs from the one recommended. The duty cycle on the input clock is not critical, as the clock is immediately divided by two. If the XCLK is not used, this input must be connected to ground.</td></tr>
<tr><td>SCLK</td><td>28</td><td>8</td><td>Serial Clock: This is the input clock to the ISD4002 device. It is generated by the master device (typically microcontoller) and is used to synchronize the data transfer in and out of the device through the MOSI and MISO lines, respectively. Data is latched into the ISD4002 on the rising edge of SCLK and shifted out of the device on the falling edge of SCLK.</td></tr>
</table>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

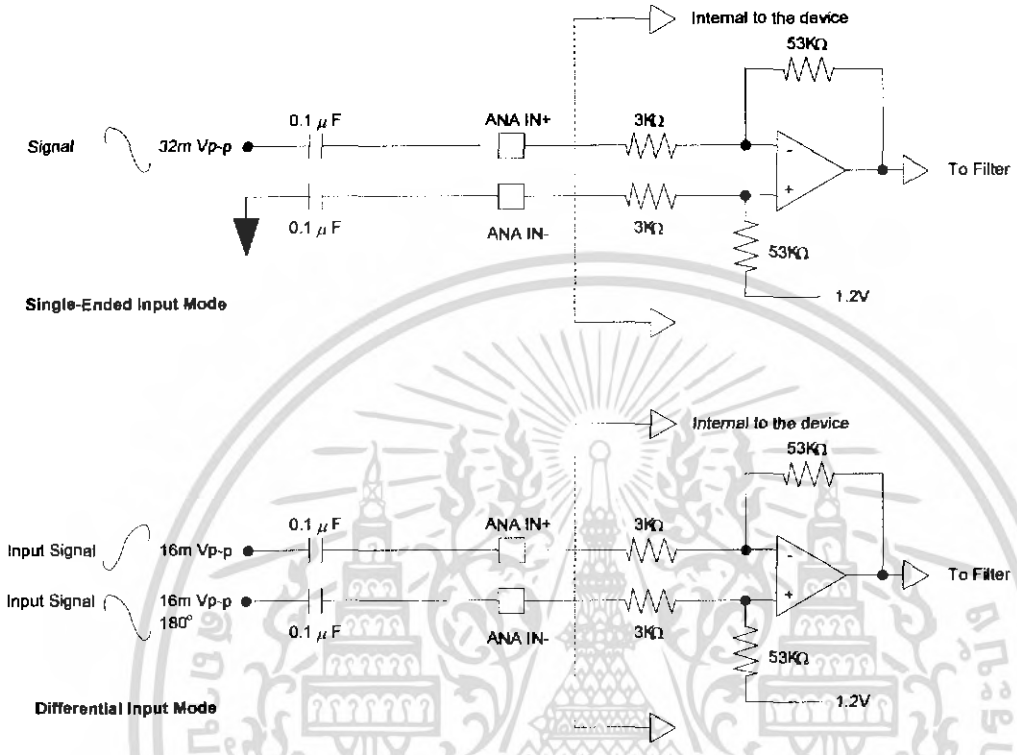


FIGURE 1: ISD4002 SERIES ANA IN MODES

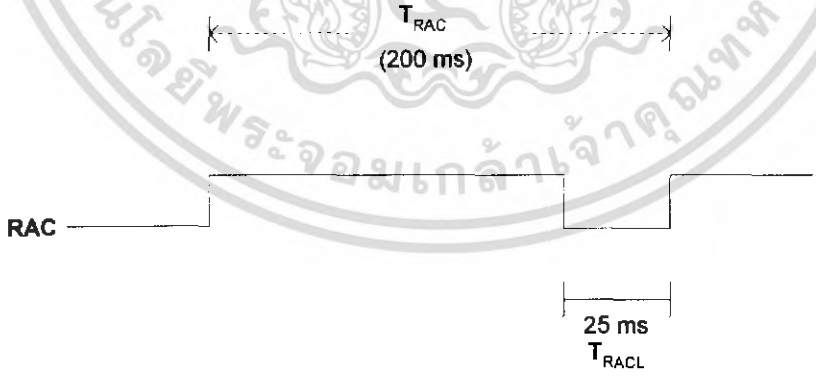


FIGURE 2: RAC TIMING WAVEFORM DURING NORMAL OPERATION

(example of 8KHz sampling rate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. FUNCTIONAL DESCRIPTION

7.1. DETAILED DESCRIPTION

Audio Quality

The Winbond's ISD4002 ChipCorder® series is offered at 8.0, 6.4, 5.3 and 4.0 kHz sampling frequencies, allowing the user a choice of speech quality options. Increasing the sampling frequency will produce better sound quality, but affects duration. Please refer to Table 1: Product Summary for details.

Analog speech samples are stored directly into on-chip non-volatile memory without the digitization and compression associated with other solutions. Direct analog storage provides higher quality reproduction of voice, music, tones, and sound effects than other solid-state solutions.

Duration

The ISD4002 Series is a single-chip solution with 120, 150, 180, and 240 seconds duration.

TABLE 1: PRODUCT SUMMARY OF ISD4002 SERIES

Part Number	Duration (Seconds)	Sample Rate (kHz)	Typical Filter Pass Band (kHz) *
ISD4002-120	120	8.0	3.4
ISD4002-150	150	6.4	2.7
ISD4002-180	180	5.3	2.3
ISD4002-240	240	4.0	1.7

* This is the –3dB point. This parameter is not checked during production testing and may vary due to process variations and other factors. Therefore, the customer should not rely upon this value for testing purposes.

Flash Storage

The ISD4002 series utilizes on-chip Flash memory, providing zero-power message storage. The message is retained for up to 100 years typically without power. In addition, the device can be re-recorded typically over 100,000 times.

Memory Architecture

The ISD4002 series contains a total of 960K Flash memory cells, which is organized as 600 rows of 1,600 cells each.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Microcontroller Interface

A four-wire (SCLK, MOSI, MISO & $\overline{SS}$) SPI interface is provided for controlling and addressing functions. The ISD4002 is configured to operate as a peripheral slave device, with a microcontroller-based SPI bus interface. Read and write operations are controlled through this SPI interface. An interrupt signal ($\overline{INT}$) and internal read only Status Register are provided for handshake purposes.

Programming

The ISD4002 series is also ideal for playback-only applications, where single- or multiple-messages playback is controlled through the SPI port. Once the desired message configuration is created, duplicates can easily be generated via a programmer.

7.2. Serial Peripheral Interface (SPI) Description

The ISD4002 series operates via SPI serial interface with the following protocol.

First, the data transfer protocol assumes that the microcontroller's SPI shift registers are clocked on the falling edge of the SCLK. However, for the ISD4002, the protocols are as follows:

1. All serial data transfers begin with the falling edge of $\overline{SS}$ pin.
2. $\overline{SS}$ is held LOW during all serial communications and held HIGH between instructions.
3. Data is clocked in on the rising edge of the SCLK signal and clocked out on the falling edge of the SCLK signal, with LSB first.
4. Playback and record operations are initiated when the device is enabled by asserting the $\overline{SS}$ pin LOW, shifting in an opcode and an address data to the ISD4002 device (refer to the Opcode Summary in the following page).
5. The opcodes contain <11 address bits> and <5 control bits>.
6. Each operation that ends with an EOM or Overflow will generate an interrupt. The interrupt will be cleared the next time a SPI cycle is initiated.
7. As Interrupt data is shifted out of the MISO pin, control and address data are simultaneously shifted into the MOSI pin. Care should be taken such that the data shifted in is compatible with current system operation. Because it is possible to read an interrupt data and start a new operation within the same SPI cycle.
8. An operation begins with the RUN bit set and ends with the RUN bit reset.
9. All operations begin after the rising edge of $\overline{SS}$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.1. OPCODES

The available Opcodes are summarized as follows:

TABLE 2: OPCODE SUMMARY

Instructions	OpCodes		Descriptions
	Address (11 bits) <A0 – A9, 0>	Control bits (5 bits) C0 C1 C2 C3 C4	
POWERUP	<XXXXXXXXXXX>	0 0 1 0 0	Power-Up: Device will be ready for an operation after T_{PUD}.
SETPLAY	<A0 – A9, 0>	0 0 1 1 1	Initiates playback from address <A0-A9>.
PLAY		0 1 1 1 1	Playback from the current address (until EOM or OVF).
SETREC	<A0 – A9, 0>	0 0 1 0 1	Initiates a record operation from address <A0-A9>.
REC		0 1 1 0 1	Records from current address until OVF is reached or Stop command is sent.
SETMC	<A0 – A9, 0>	1 0 1 1 1	Initiates Message Cueing (MC) from address <A0-A9>.
MC [2]		1 1 1 1 1	Performs a Message Cueing from current location. Proceeds to the end of message (EOM) or enters OVF condition if no more messages are present.
STOP	<XXXXXXXXXXX>	0 1 1 X 0	Stops the current operation.
STOPPWRDN	<XXXXXXXXXXX>	X 1 0 X 0	Stops the current operation and enters into standby (power-down) mode.
RINT [3]	<XXXXXXXXXXX>	0 1 1 X 0	Read Interrupt status bits: Overflow and EOM.

Notes:

C0 = Message cueing

C1 = Ignore address bit

C2 = Master power control

C3 = Record or playback operation

C4 = Enable or disable an operation

[2] Message Cueing can be selected only at the beginning of a playback operation.

[3] As the Interrupt data is shifted out of the ISD4002, control and address data are being shifted in. Care should be taken such that the data shifted in is compatible with current system operation. It is possible to read interrupt data and start a new operation at the same time. See Figures 5 - 8 for references.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.2. SPI Diagrams

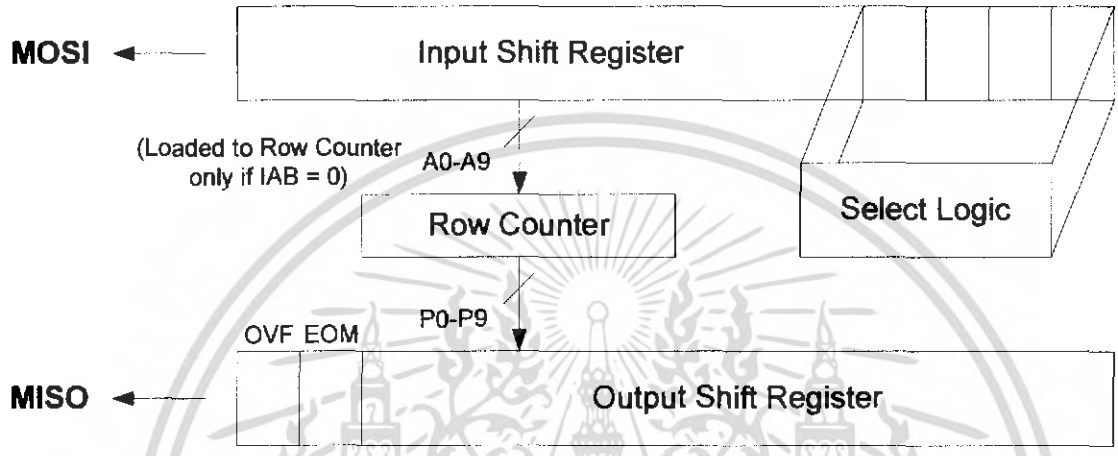


FIGURE 3: SPI INTERFACE SIMPLIFIED BLOCK DIAGRAM

The following diagram describes the SPI port and the control bits associated with it.

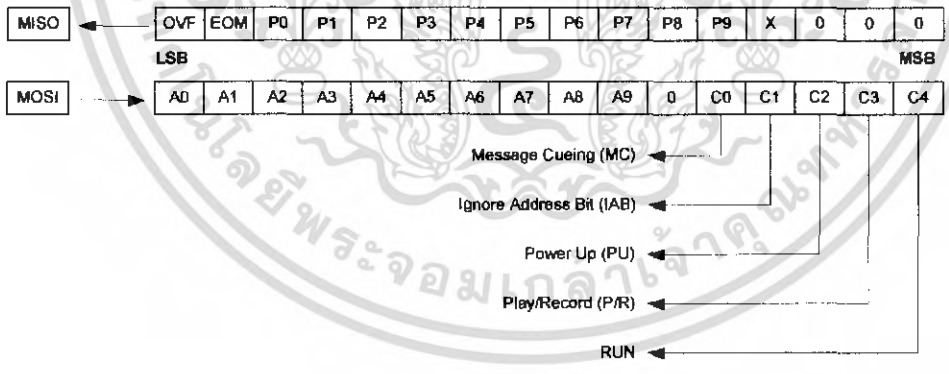


FIGURE 4: SPI PORT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.2.3. SPI Control and Output Registers

The SPI control register provides control of individual device functions such as play, record, message cueing, power-up and power-down, start and stop operations, and ignore address pointers.

TABLE 3: SPI CONTROL REGISTERS

Control Bit	Control Register	Bit	Device Function
C0	MC		Message Cueing function
	=	1	Enable Message Cueing
	=	0	Disable Message Cueing
C1	IAB [4]		Ignore Address bit
	=	1	Ignore input address register (A0-A9)
	=	0	Use the input address register (A0-A9)
C2	PU		Power Up bit
	=	1	Power-Up
	=	0	Power-Down
C3	$P/\overline{R}$		Playback or Record bit
	=	1	Play
	=	0	Record
C4	RUN		Enable or Disable an operation
	=	1	Start
	=	0	Stop
Address Bits	A0-A9		Input address register

TABLE 4: SPI OUTPUT REGISTERS

Output Bits	Description
OVF	*Overflow*
EOM	End-of-Message
P0-P9	Output of the row pointer register

[4] When IAB (Ignore Address Bit) is set to 0, a playback or record operation starts from address (A0-A9). For consecutive playback or record, IAB should be changed to a 1 before the end of that row (see RAC timing). Otherwise the ISD4002 will repeat the operation from the same row address. For memory management, the Row Address Clock (RAC) signal and IAB can be used to move around the memory segments.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Message Cueing

Message cueing (MC) allows the user to skip through messages, without knowing the actual physical location of the messages. It will stop when an EOM marker is reached. Then, the internal address counter will point to the next message. Also, it will enter into OVF condition when it reaches the end of memory. In this mode, the messages are skipped 1,600 times faster than the normal playback mode.

Power-Up Sequence

The ISD4002 will be ready for an operation after power-up command is sent and followed by the T_{PUD} timing (25 ms for 8 KHz sampling rate). Refer to the AC timing table for other T_{PUD} values with respect to different sampling rates.

The following sequences are recommended for optimized Record and Playback operations.

Record Mode

1. Send POWERUP command.
2. Wait T_{PUD} (power-up delay).
3. Send POWERUP command.
4. Wait 2 x T_{PUD} (power-up delay).
5. a). Send SETREC command with address xx, or
   b). Send REC command (recording from current location).
6. Send STOP command to stop recording.
7. Wait $T_{STOP/PAUSE}$.

For 5.a), the device will start recording at address xx and will generate an interrupt when an overflow (end of memory array) is reached, if no STOP command is sent before that. Then, it will automatic stop recording operation.

Playback Mode

1. Send POWERUP command
2. Wait T_{PUD} (power-up delay)
3. a). Send SETPLAY command with address xx, or
   b). Send PLAY command (playback from current location).
4. a). Send STOP command to halt the playback operation, or
   b). Wait for playback operation to stop automatically, when an EOM or OVF is reached.
5. Wait $T_{STOP/PAUSE}$.

For 3.a), the device will start playback at address xx and it will generate an interrupt when an EOM or OVF is reached. It will then stop playback operation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. TIMING DIAGRAMS

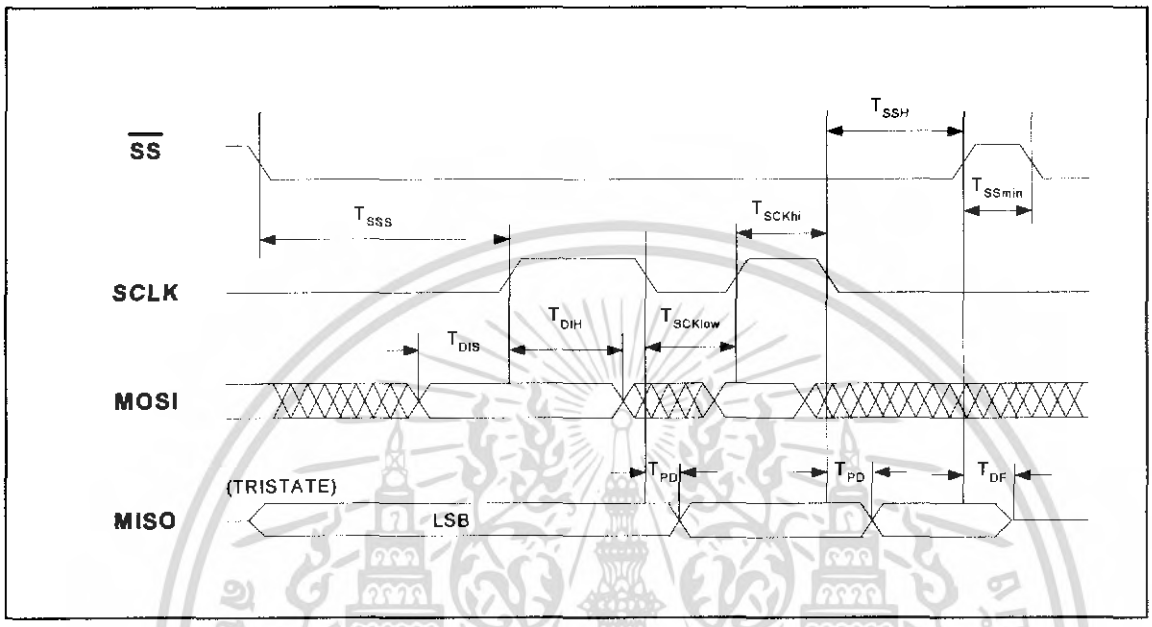


FIGURE 5: TIMING DIAGRAM

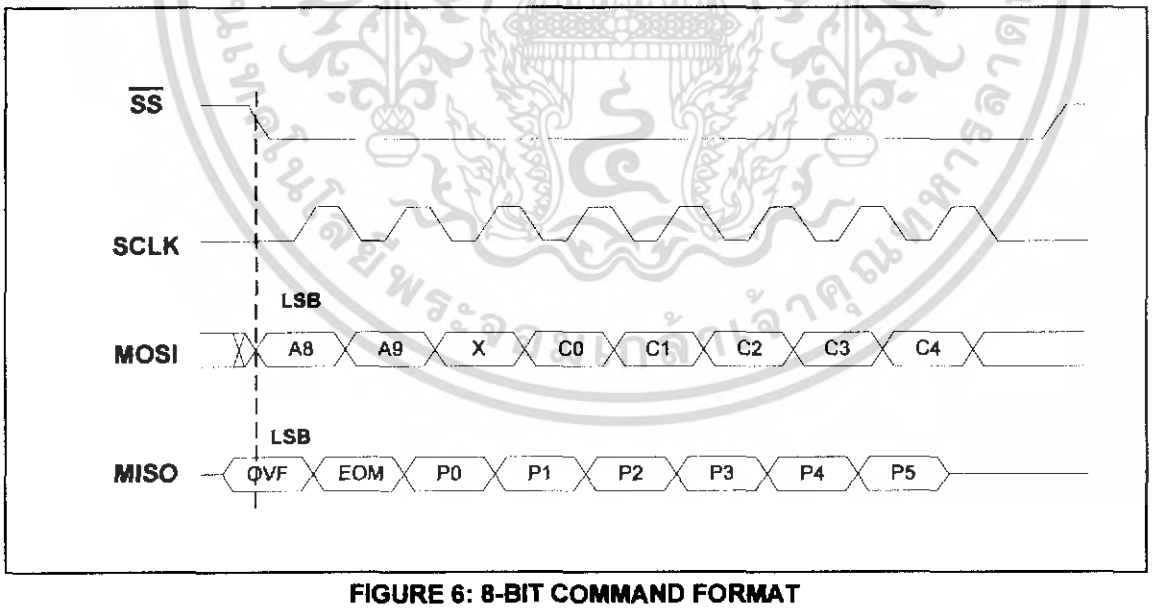


FIGURE 6: 8-BIT COMMAND FORMAT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

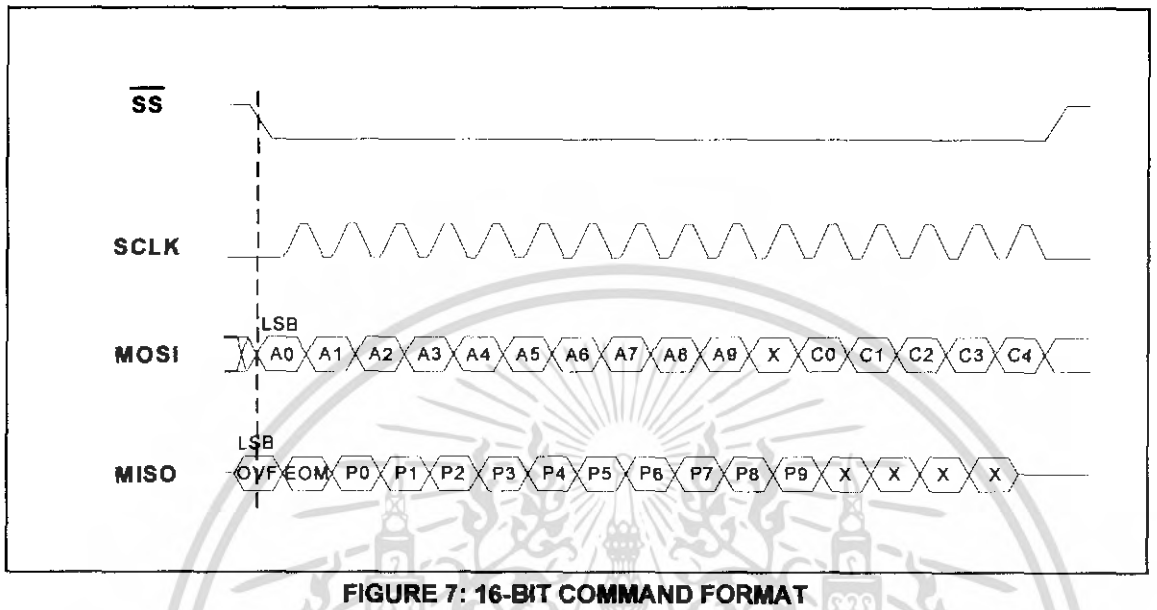


FIGURE 7: 16-BIT COMMAND FORMAT

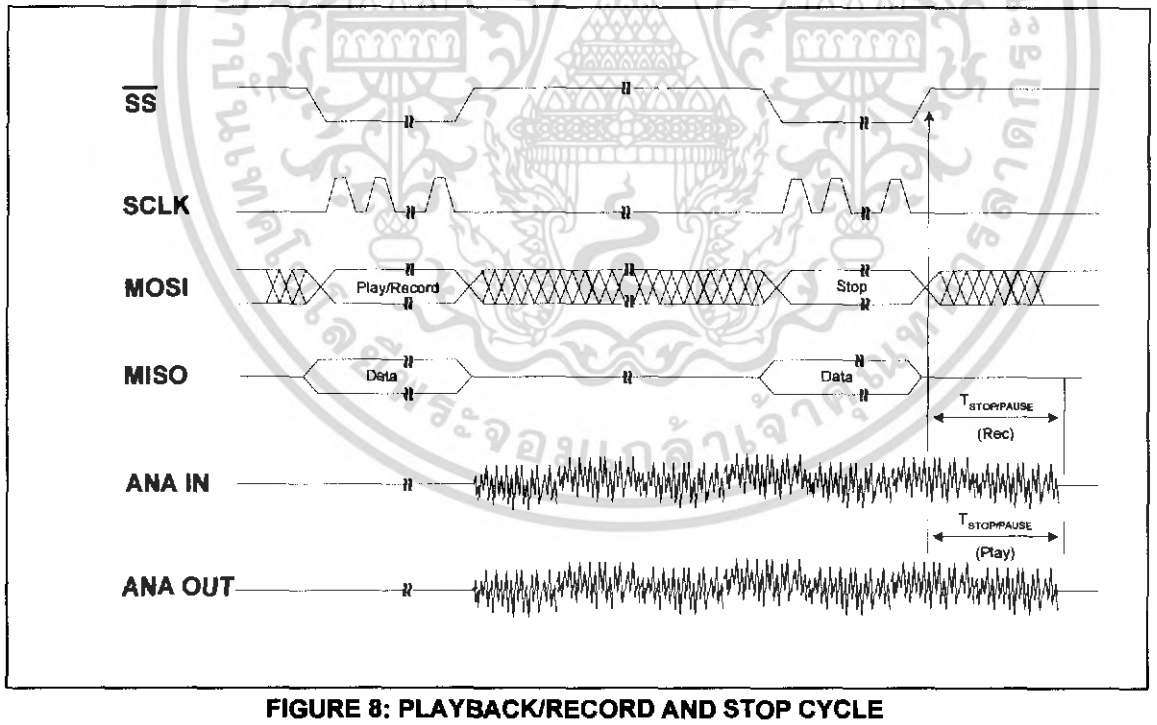


FIGURE 8: PLAYBACK/RECORD AND STOP CYCLE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

TABLE 5: ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (PACKAGED PARTS)

CONDITIONS	VALUES
Junction temperature	150°C
Storage temperature range	-65°C to +150°C
Voltage applied to any pin	(V_{SS} –0.3V) to (V_{CC} +0.3V)
Voltage applied to any pin (Input current limited to ±20mA)	(V_{SS} –1.0V) to (V_{CC} +1.0V)
Voltage applied to MOSI, SCLK, and $\overline{SS}$ pins (Input current limited to ±20mA)	(V_{SS} –1.0V) to 5.5V
Lead temperature (soldering – 10 seconds)	300°C
$V_{CC} - V_{SS}$	-0.3V to +7.0V

TABLE 6: ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (DIE)

CONDITIONS	VALUES
Junction temperature	150°C
Storage temperature range	-65°C to +150°C
Voltage applied to any pad	(V_{SS} –0.3V) to (V_{CC} +0.3V)
Voltage applied to any pad (Input current limited to ±20 mA)	(V_{SS} –1.0V) to (V_{CC} +1.0V)
Voltage applied to MOSI, SCLK, and $\overline{SS}$ pins (Input current limited to ±20mA)	(V_{SS} –1.0V) to 5.5V
$V_{CC} - V_{SS}$	-0.3V to +7.0V

Note: Stresses above those listed may cause permanent damage to the device. Exposure to the absolute maximum ratings may affect device reliability and performance. Functional operation is not implied at these conditions.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

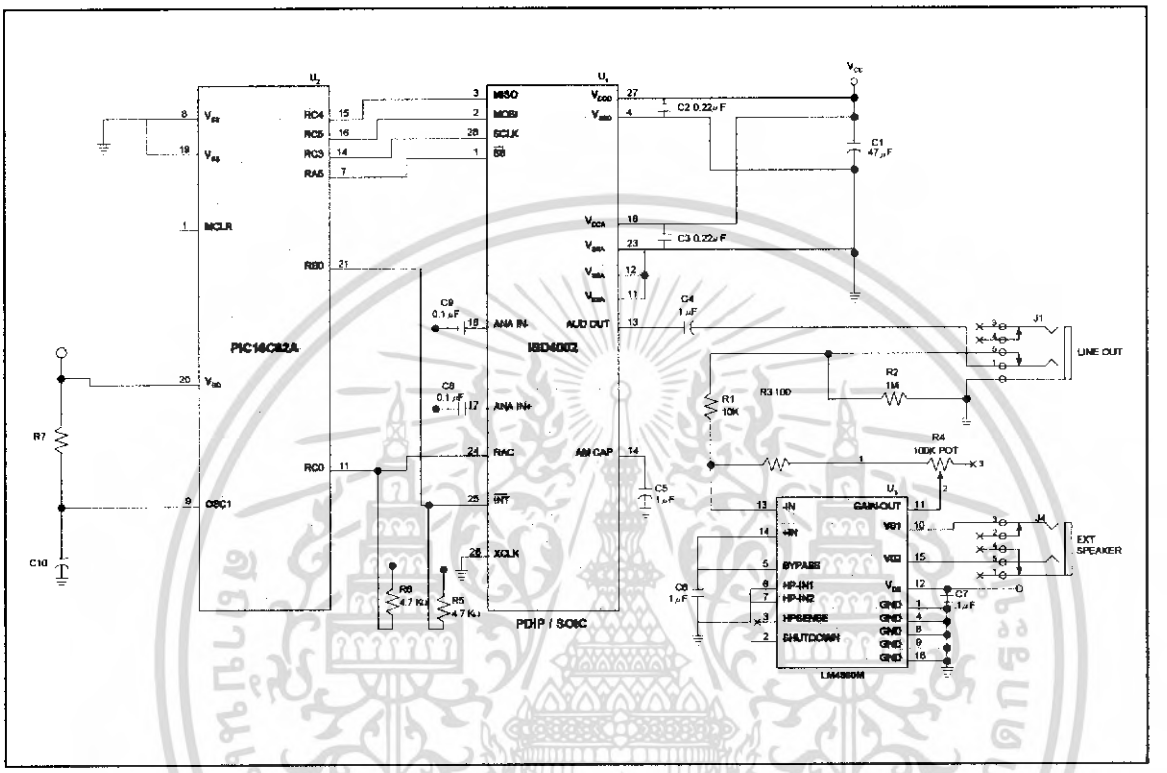


FIGURE 10: APPLICATION EXAMPLE USING MICROWIRE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

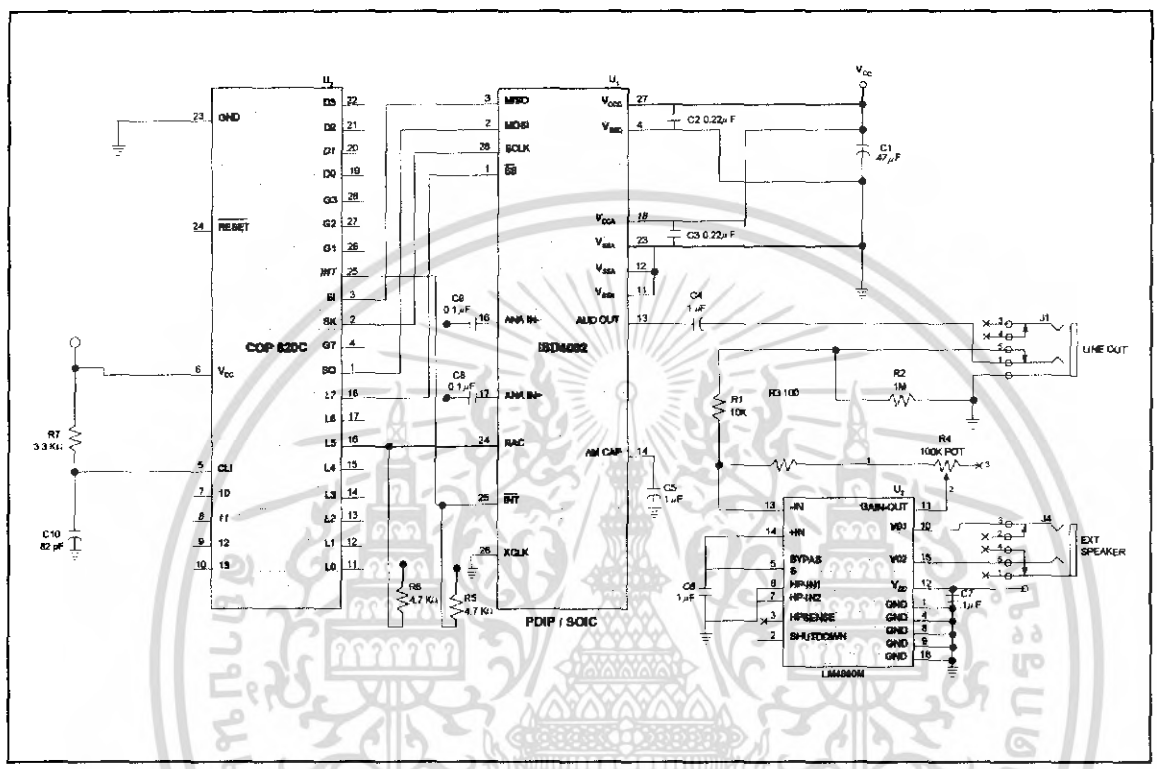
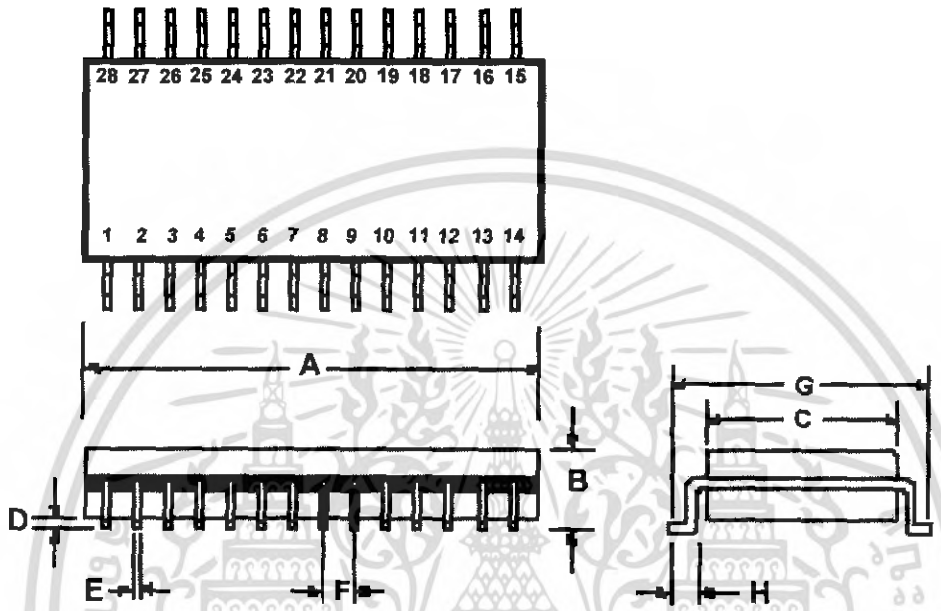


FIGURE 11: APPLICATION EXAMPLE USING SPI PORT ON MICROCONTROLLER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. PACKAGING AND DIE INFORMATION

12.1. 28-LEAD 300-MIL PLASTIC SMALL OUTLINE IC (SOIC)

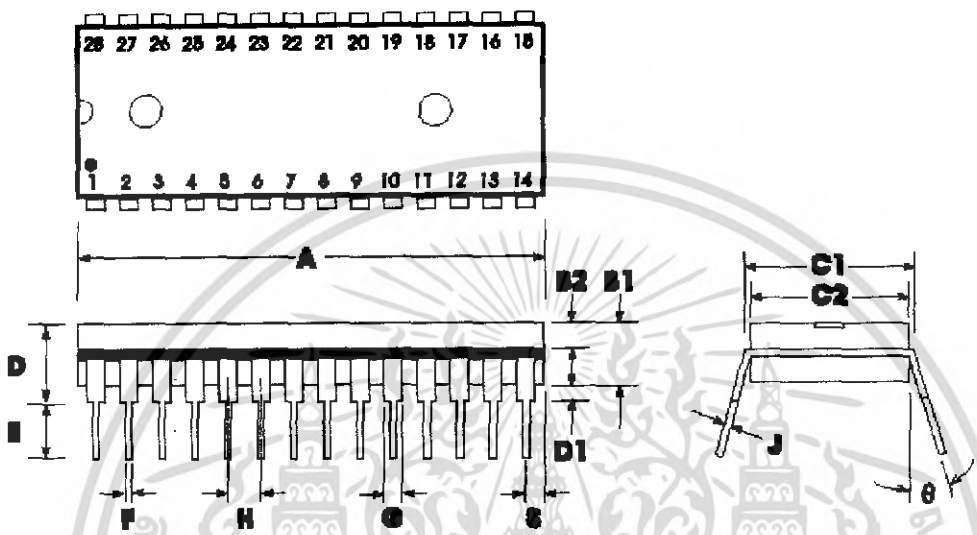


	INCHES			MILLIMETERS		
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max
A	0.701	0.706	0.711	17.81	17.93	18.06
B	0.097	0.101	0.104	2.46	2.56	2.64
C	0.292	0.296	0.299	7.42	7.52	7.59
D	0.005	0.009	0.0115	0.127	0.22	0.29
E	0.014	0.016	0.019	0.35	0.41	0.48
F		0.050			1.27	
G	0.400	0.406	0.410	10.16	10.31	10.41
H	0.024	0.032	0.040	0.61	0.81	1.02

Note: Lead coplanarity to be within 0.004 inches.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

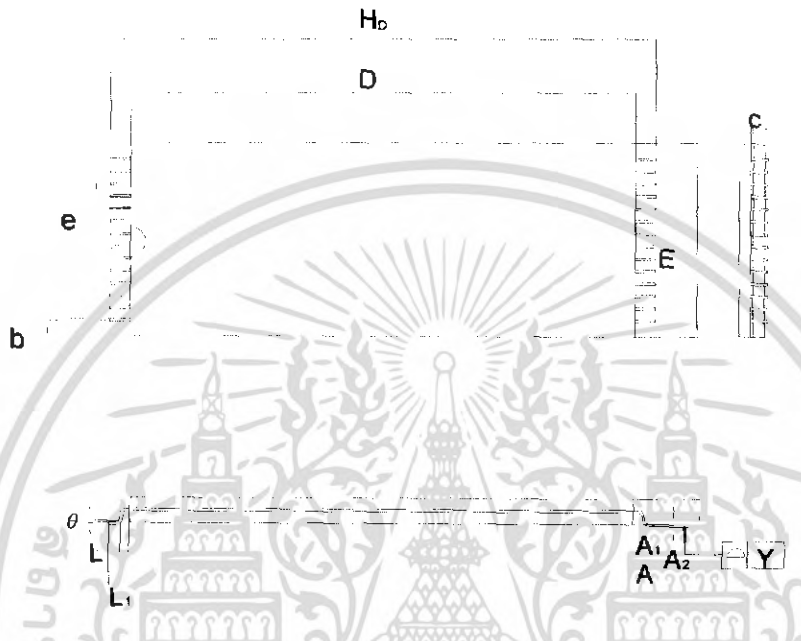
12.2. 28-LEAD 600-MIL PLASTIC DUAL INLINE PACKAGE (PDIP)



	INCHES			MILLIMETERS		
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max
A	1.445	1.450	1.455	36.70	36.83	36.96
B1		0.150			3.81	
B2	0.065	0.070	0.075	1.65	1.78	1.91
C1	0.600		0.625	15.24		15.88
C2	0.530	0.540	0.550	13.46	13.72	13.97
D			0.19			4.83
D1	0.015			0.38		
E	0.125		0.135	3.18		3.43
F	0.015	0.018	0.022	0.38	0.46	0.56
G	0.055	0.060	0.065	1.40	1.52	1.62
H		0.100			2.54	
J	0.008	0.010	0.012	0.20	0.25	0.30
S	0.070	0.075	0.080	1.78	1.91	2.03
q	0°		15°	0°		15°

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

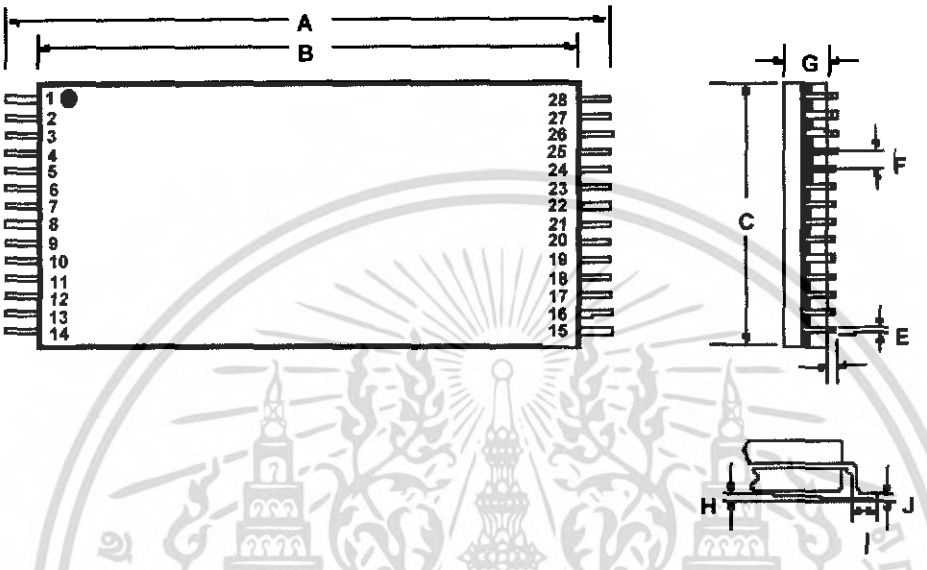
12.3. 28-LEAD 8X13.4MM PLASTIC THIN SMALL OUTLINE PACKAGE (TSOP) TYPE 1 - IQC



Symbol	Dimension in Inches			Dimension in mm		
	Min.	Nom.	Max.	Min.	Nom.	Max.
A			0.047			1.20
A_1	0.002		0.006	0.05		0.15
A_2	0.035	0.040	0.041	0.95	1.00	1.05
b	0.007	0.008	0.011	0.17	0.20	0.27
c	0.004	0.006	0.008	0.10	0.15	0.21
D	0.461	0.465	0.469	11.70	11.80	11.90
E	0.311	0.315	0.319	7.90	8.00	8.10
H_D	0.520	0.528	0.536	13.20	13.40	13.60
e		0.022			0.55	
L	0.020	0.024	0.028	0.50	0.60	0.70
L_1		0.031			0.80	
Y	0.000		0.004	0.00	-	0.10
θ	0	3	5	0	3	5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12.4. 28-LEAD 8X13.4MM PLASTIC THIN SMALL OUTLINE PACKAGE (TSOP) TYPE 1



	INCHES			MILLIMETERS		
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max
A	0.520	0.528	0.535	13.20	13.40	13.60
B	0.461	0.465	0.469	11.70	11.80	11.90
C	0.311	0.315	0.319	7.90	8.00	8.10
D	0.002		0.006	0.05		0.15
E	0.007	0.009	0.011	0.17	0.22	0.27
F		0.0217			0.55	
G	0.037	0.039	0.041	0.95	1.00	1.05
H	0°	3°	6°	0°	3°	6°
I	0.020	0.022	0.028	0.50	0.55	0.70
J	0.004		0.008	0.10		0.21

Note: Lead coplanarity to be within 0.004 inches.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Winbond Electronics Corp.

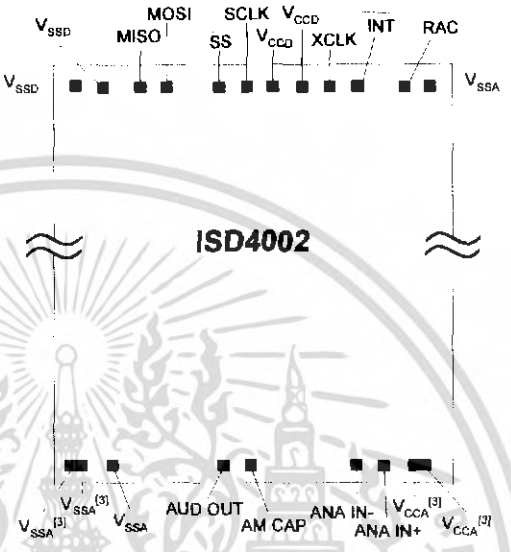
12.5. DIE INFORMATION

ISD4002 Series

- *Die Dimensions* [1]
  X: 166.6 ± 1 mils
  Y: 222.5 ± 1 mils

- Die Thickness [2]
  11.5 ± 0.5 mils

- Pad Opening
  Single pad opening: 90 x 90 µm
  Double pad opening: 180 x 90 µm



Notes:

[1] The backside of die is internally connected to V_{SS}. It **MUST NOT** be connected to any other potential or damage may occur.

[2] Die thickness is subject to change, please contact Winbond as this thickness may change in the future.

[3] Double bond is recommended if treated as one single pad.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Winbond Electronics Corp.

ISD4002 SERIES PAD COORDINATIONS

(with respect to die center)

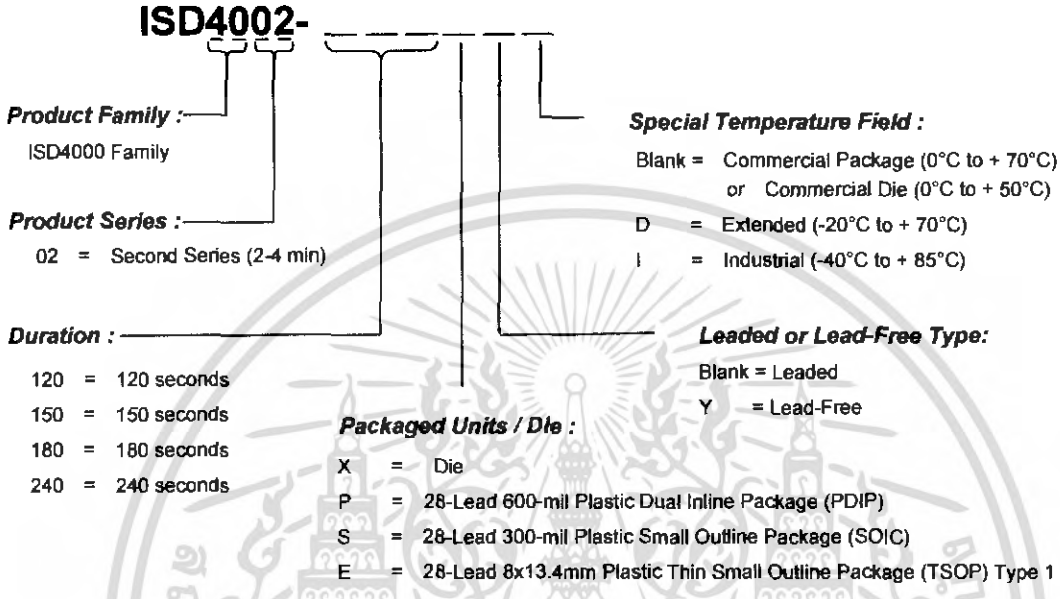
Pad	Pad Description	X Axis (μm)	Y Axis (μm)
V_{SSA}	Analog Ground	1885.7	2606.7
RAC	Row Address Clock	1483.8	2606.7
$\overline{INT}$	Interrupt	794.8	2606.7
XCLK	External Clock Input	564.8	2606.7
V_{CCD}	Digital Power Supply	384.9	2606.7
V_{CCD}	Digital Power Supply	169.5	2606.7
SCLK	Slave Clock	-14.7	2606.7
$\overline{SS}$	Slave Select	-198.1	2606.7
MOSI	Master Out Slave In	-1063.7	2606.7
MISO	Master In Slave Out	-1325.6	2606.7
V_{SSD}	Digital Ground	-1665.3	2606.7
V_{SSD}	Digital Ground	-1836.9	2606.7
V_{SSA} [1]	Analog Ground	-1943.1	-2607.4
V_{SSA} [1]	Analog Ground	-1853.1	-2607.4
V_{SSA}	Analog Ground	-1599.9	-2607.4
AUD OUT	Audio Output	281.9	-2607.4
AM CAP	AutoMute	577.3	-2607.4
ANA IN-	Inverting Analog Input	1449.3	-2607.4
ANA IN+	Noninverting Analog Input	1603.5	-2607.4
V_{CCA} [1]	Analog Power Supply	1853.5	-2607.4
V_{CCA} [1]	Analog Power Supply	1943.8	-2607.4

Note:

[1] Double bond recommended if treated as one pad.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. ORDERING INFORMATION



When ordering the devices, please refer to the following valid ordering numbers. For the shaded part numbers, please contact the local Winbond Sales Representatives for availability information.

Type	Duration	120 seconds		150 seconds		180 seconds		240 seconds	
	Package	Part #	Order #	Part #	Order #	Part #	Order #	Part #	Order #
Leaded	Die	ISD4002-120X	I4212X	ISD4002-150X	I4215X	ISD4002-180X	I4218X	ISD4002-240X	I4224X
	PDIP	ISD4002-120P	I4212P	ISD4002-150P	I4215P	ISD4002-180P	I4218P	ISD4002-240P	I4224P
	SOIC	ISD4002-120S	I4212S	ISD4002-150S	I4215S	ISD4002-180S	I4218S	ISD4002-240S	I4224S
		ISD4002-120SI	I4212SI	ISD4002-150SI	I4215SI	ISD4002-180SI	I4218SI	ISD4002-240SI	I4224SI
	TSOP	ISD4002-120E	I4212E	ISD4002-150E	I4215E	ISD4002-180E	I4218E	ISD4002-240E	I4224E
		ISD4002-120ED	I4212ED	ISD4002-150ED	I4215ED	ISD4002-180ED	I4218ED	ISD4002-240ED	I4224ED
		ISD4002-120EI	I4212EI	ISD4002-150EI	I4215EI	ISD4002-180EI	I4218EI	ISD4002-240EI	I4224EI
Lead-Free	PDIP	ISD4002-120PY	I4212PY	ISD4002-150PY	I4215PY	ISD4002-180PY	I4218PY	ISD4002-240PY	I4224PY
	SOIC	ISD4002-120SY	I4212SY	ISD4002-150SY	I4215SY	ISD4002-180SY	I4218SY	ISD4002-240SY	I4224SY
		ISD4002-120SYI	I4212SYI	ISD4002-150SYI	I4215SYI	ISD4002-180SYI	I4218SYI	ISD4002-240SYI	I4224SYI
	TSOP	ISD4002-120EY	I4212EY	ISD4002-150EY	I4215EY	ISD4002-180EY	I4218EY	ISD4002-240EY	I4224EY
		ISD4002-120EYI	I4212EYI	ISD4002-150EYI	I4215EYI	ISD4002-180EYI	I4218EYI	ISD4002-240EYI	I4224EYI

For the latest product information, access Winbond worldwide website at http://www.winbond-usa.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

14. VERSION HISTORY

VERSION	DATE	DESCRIPTION
0	June 2000	Initial version
1	Sep. 2003	Reformat the document. Add note for typical filter pass band. Add memory architecture description. Remove all CSP info. Revise RAC timing parameter for MC. Revise AutoMute: playback only. Revise SPI, opcodes sections, record & playback steps. Rename T_{RACLO} to T_{RACL}. Revise A_{ARP} parameter. Revise DC & AC parameters tables for die. Revise die information: pad opening and (x,y) coordinates. Figures 9-11: revise V_{CCA} and V_{CCD} pin #.
1.1	Mar. 2005	Add lead-free parts. Revise AM CAP name in block diagram. Update table no. for AC parameter. Revise the Ordering information. Revise disclaim section.
1.2	Apr. 2005	Standardize disclaim section.
1.3	Oct. 2005	Revise Packaging information.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Winbond products are not designed, intended, authorized or warranted for use as components in systems or equipment intended for surgical implantation, atomic energy control instruments, airplane or spaceship instruments, transportation instruments, traffic signal instruments, combustion control instruments, or for other applications intended to support or sustain life. Furthermore, Winbond products are not intended for applications wherein failure of Winbond products could result or lead to a situation wherein personal injury, death or severe property or environmental damage could occur.

Winbond customers using or selling these products for use in such applications do so at their own risk and agree to fully indemnify Winbond for any damages resulting from such improper use or sales.

The contents of this document are provided only as a guide for the applications of Winbond products. Winbond makes no representation or warranties with respect to the accuracy or completeness of the contents of this publication and reserves the right to discontinue or make changes to specifications and product descriptions at any time without notice. No license, whether express or implied, to any intellectual property or other right of Winbond or others is granted by this publication. Except as set forth in Winbond's Standard Terms and Conditions of Sale, Winbond assumes no liability whatsoever and disclaims any express or implied warranty of merchantability, fitness for a particular purpose or infringement of any Intellectual property.

The contents of this document are provided "AS IS", and Winbond assumes no liability whatsoever and disclaims any express or implied warranty of merchantability, fitness for a particular purpose or infringement of any Intellectual property. In no event, shall Winbond be liable for any damages whatsoever (including, without limitation, damages for loss of profits, business interruption, loss of information) arising out of the use of or inability to use the contents of this documents, even if Winbond has been advised of the possibility of such damages.

Application examples and alternative uses of any integrated circuit contained in this publication are for illustration only and Winbond makes no representation or warranty that such applications shall be suitable for the use specified.

The 100-year retention and 100K record cycle projections are based upon accelerated reliability tests, as published in the Winbond Reliability Report, and are neither warranted nor guaranteed by Winbond. This product incorporates SuperFlash®.

Information contained in this ISD® ChipCorder® datasheet supersedes all data for the ISD ChipCorder products published by ISD® prior to August, 1998.

This datasheet and any future addendum to this datasheet is(are) the complete and controlling ISD® ChipCorder® product specifications. In the event any inconsistencies exist between the information in this and other product documentation, or in the event that other product documentation contains information in addition to the information in this, the information contained herein supersedes and governs such other information in its entirety. This datasheet is subject to change without notice.

Copyright© 2005, Winbond Electronics Corporation. All rights reserved. ChipCorder® and ISD® are trademarks of Winbond Electronics Corporation. SuperFlash® is the trademark of Silicon Storage Technology, Inc. All other trademarks are properties of their respective owners.

Headquarters
No. 4, Creation Rd. III
Science-Based Industrial Park,
Hsinchu, Taiwan
TEL: 886-3-5770066
FAX: 886-3-5665577
http://www.winbond.com.tw/

Winbond Electronics Corporation America
2727 North First Street, San Jose,
CA 95134, U.S.A.
TEL: 1-408-9436666
FAX: 1-408-5441797
http://www.winbond-usa.com/

Winbond Electronics (Shanghai) Ltd.
27F, 299 Yan An W. Rd. Shanghai,
200336 China
TEL: 86-21-62365999
FAX: 86-21-62356998

Taipei Office
9F, No. 480, Pueiguang Rd.
Neihu District
Taipei, 114 Taiwan
TEL: 886-2-81777168
FAX: 886-2-87153579

Winbond Electronics Corporation Japan
7F Daini-ueno BLDG. 3-7-18
Shinyokohama Kohokuku,
Yokohama, 222-0033
TEL: 81-45-4781881
FAX: 81-45-4781800

Winbond Electronics (H.K.) Ltd.
Unit 9-15, 22F, Millennium City,
No. 378 Kwun Tong Rd.,
Kowloon, Hong Kong
TEL: 852-27513100
FAX: 852-27552064

Please note that all data and specifications are subject to change without notice.
All the trademarks of products and companies mentioned in this datasheet belong to their respective owners.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้