

## บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

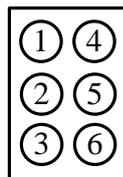
ในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัยการพัฒนอุปกรณ์แสดงผลอักษรเบรลล์ ดังนั้นในส่วนของทฤษฎีจะเป็นเรื่องของอักษรเบรลล์ ไมโครคอนโทรลเลอร์ หลักการทำงานของอุปกรณ์แสดงผลอักษรเบรลล์ และการใช้งานชุด อีที ยูเอสบี แฟลชไดรฟ์ (ET-USB FLASH DRIVE)

### 2.1 อักษรเบรลล์

#### 2.1.1 ลักษณะของอักษรเบรลล์

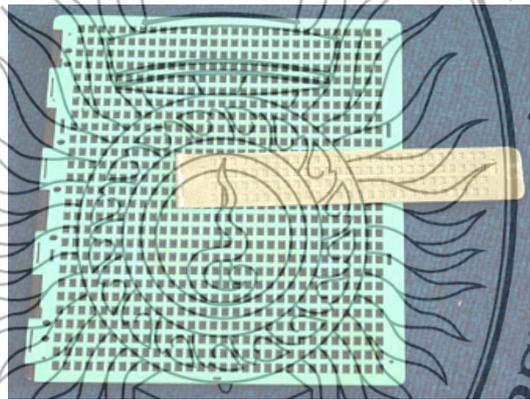
พยูหลักขณั้ แสงอินทรี [5] ลัญญ์ลัญญ์อักษรเบรลล์เกิดจากการคิดค้นระบบการอ่านด้วยปลายนิ้วบนความแตกต่างของจุดนูน 6 จุด โดยคนตาบอดชาวฝรั่งเศสชื่อนายหลุยส์ เบรลล์ ต่อมา ระบบการอ่าน เขียน พิมพ์ของเขาได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เพื่อเป็นการให้เกียรติแก่นักคิดค้นจึงเรียกชื่อระบบการสัมผัสจุดนูนดังกล่าวว่า “ลัญญ์ลัญญ์อักษรเบรลล์” ส่วนในประเทศไทย มีสจเวเนวีฟ คอลฟิลด์ (Miss Gevevive Caulfield) เป็นศูภาพสตรีอเมริกันตาบอดคนแรกที่น่าความรู้เรื่องลัญญ์ลัญญ์อักษรเบรลล์มาเผยแพร่ในปี พ.ศ.2482 พร้อมจัดตั้งโรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพ

งานพัฒนาสื่อ เทคโนโลยีและนวัตกรรมโรงเรียนสอนคนตาบอดภาคเหนือฯ [2] ได้กล่าวถึงอักษรเบรลล์ว่าเป็นอักษรสำหรับคนตาบอด มีลักษณะเป็นจุดนูนเล็กๆ ใน 1 ช่อง ประกอบด้วยจุดเล็กๆ 6 ตำแหน่ง ซึ่งนำมาจัดสลับตำแหน่งกันไปมาเป็นรหัสแทนอักษรปกติหรือลัญญ์ลัญญ์คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ดนตรี ฯลฯ การเขียนใช้เครื่องมือเฉพาะเรียกว่า สเลท (Slate) และสไตลัส (Stylus) สำหรับการพิมพ์ใช้เครื่องพิมพ์ดีดอักษรเบรลล์ เรียกว่า เบรลเลอร์ (Braille)



รูปที่ 2.1 ตำแหน่งจุดของลัญญ์ลัญญ์อักษรเบรลล์

สเลตดังรูปที่ 2.2 โดยทั่วไปจะเรียกว่า กระดาน ใช้สำหรับใส่กระดาษในการเขียนอักษรเบรลล์ กระดานนี้อาจจะเป็นแผ่นโลหะ หรือพลาสติกกรุสียุ่เหลี่ยมผืนผ้า 2 แผ่นประกบกัน แผ่นล่างจะมีหลุมเล็กๆ เรียงแถวกันตามแนวยาวของแผ่นกระดานเป็นกลุ่ม ๆ กลุ่มละ 6 หลุม จำนวน 4 แถว และแผ่นบนจะมีช่องสี่เหลี่ยมเล็กๆ ขนาดความกว้างเท่ากันและตรงกับกลุ่มหลุมของกระดานแผ่นล่าง ขอบภายในของสี่เหลี่ยมเล็กๆ นั้นจะมีรอยหยักสำหรับเป็นแนวให้ผู้ใช้เขียนจุดอักษรเบรลล์ได้ตรงกับหลุมของกระดานแผ่นล่าง นอกจากนี้กระดานแผ่นล่างยังมีปุ่มแหลมเล็กๆ สำหรับถือกระดาษให้แน่น โดยกระดานแผ่นบนจะมีช่องตรงกันพอดี การใช้สเลตจะต้องวาง สเลต ให้ด้านที่มีช่องสี่เหลี่ยมเล็กๆ ของสเลตไว้ด้านบน โดยหันด้านที่เปิดได้ไปทางขวามือ และวางสเลตให้ขนานกับลำตัวของผู้เขียน การปิดสเลตทุกครั้งจะต้องจัดให้แผ่นบนกับแผ่นล่างประกบกันให้สนิท และตรงกัน เพื่อรักษาปุ่มถือกระดาษไม่ให้งอหรือหัก



รูปที่ 2.2 สเลต (Slate)

สไตล์ดังรูปที่ 2.3 โดยทั่วไปเรียกว่า ดินสอ ใช้สำหรับเขียนอักษรเบรลล์ที่ต้องใช้ควบคู่กับ สเลต สไตล์ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนหัว มีลักษณะเป็นไม้ หรือพลาสติกกลมๆ พื้นผิวข้างบนค่อนข้างแบนเพื่อรองรับโคนนิ้วชี้เวลาเขียน ส่วนตัวออกแบบมาให้มีส่วนโค้งส่วนเว้าสำหรับให้ปลายนิ้วชี้ นิ้วหัวแม่มือ และนิ้วกลางช่วยกันประคองสไตล์เวลาเขียน ส่วนปลายเข็มของสไตล์จะเป็นโลหะที่มีความแข็งแรงมาก ถูกออกแบบมาให้สามารถแทงทะลุกระดาษให้ตกลงไปในหลุมเล็กๆ บนสเลต ที่มีความพอดีกับขนาดของรอยหยัก และขนาดของหลุม การใช้งานสไตล์จะต้องวางโคนนิ้วชี้ไว้บนส่วนหัวของสไตล์ ใช้ปลายนิ้วชี้มาประคองสเลตด้านหน้า ใช้นิ้วหัวแม่มือ และนิ้วนางประคองด้านข้างของสเลต จับสเลตให้ตั้งตรงและจับให้กระชับมือ การใส่กระดาษ ให้เปิดสเลตแผ่นบนขึ้น นำกระดาษขนาดเท่ากับกระดาษเอสี่ วางสเลตแผ่นล่าง โดยให้ขอบกระดาษขอบซ้ายชิดกับกระดานด้านซ้ายที่มีบานพับยึดกระดานทั้งสองแผ่นอยู่

ขอบกระดาษด้านบนให้ตรงกับขอบด้านบนของสเลท ใช้มือกดกระดาษลงตรงปุ่มล๊อคที่อยู่บน  
กระดานแผ่นล่างทั้ง 4 มุม แล้วจึงปิดกระดานแผ่นบนทับกระดาษอีกที



รูปที่ 2.3 สไตลัส (Stylus)

การเลื่อนกระดาษ ให้เปิดแผ่นสเลทด้านบนขึ้น แล้วเลื่อนกระดาษด้านล่างขยับขึ้น ด้านบน  
โดยนำรอยที่ปุ่มล๊อคกระดาษด้านล่างขึ้นไปไขปุ่มล๊อคด้านบน 2 มุม แล้วปิดสเลทแผ่นบนที่เปิดไว้  
ล๊อคกระดาษให้มั่นคงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การล๊อคกระดาษ

วิธีการเขียนอักษรเบรลล์จะเขียนจากด้านขวามือไปด้านซ้ายมือ โดยใช้นิ้วชี้ซ้ายสัมผัสช่องของแผ่นสเลทจากขวาไปซ้าย เพื่อกำกับช่องที่จะเขียนจับสไตล์ด้วยมือขวา โดยให้ส่วนที่กลมเป็นด้านบนอยู่ตรงบริเวณโคนนิ้ว ปล่อยให้ปลายนิ้วชี้มาประกออสเลทด้านหน้า ใช้นิ้วหัวแม่มือและนิ้วกลางช่วยระกออสเลทด้านข้างตำแหน่งจุดในการเขียนอักษรเบรลล์ จุด 1, 2, 3 จะอยู่ทางขวามือ และจุด 4, 5, 6 จะอยู่ทางซ้ายมือ

วิธีการอ่านอักษรเบรลล์เหมือนกับการอ่านหนังสือทั่วไป คือ อ่านจากซ้ายมือไปขวาโดยใช้ นิ้วชี้ข้างซ้ายกำกับบรรทัดที่จะอ่าน นิ้วชี้ข้างขวาเริ่มต้นอ่านจากนิ้วชี้ข้างซ้ายกำกับบรรทัดเลื่อนไปทางขวามือ แล้วเลื่อนนิ้วชี้ข้างซ้ายลงมากำกับบรรทัดต่อไป โดยกำกับอยู่บนตัวอักษรตัวแรกของคำ การเขียน และพิมพ์ อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษและภาษาไทยขึ้นพื้นฐานดังแสดงในตารางที่

2.1 ถึง ตารางที่ 2.27

ตารางที่ 2.1 อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษ

อักษรปกติ	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j
อักษรเบรลล์	⠁	⠃	⠉	⠑	⠑	⠋	⠗	⠒	⠇	⠛
อักษรปกติ	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t
อักษรเบรลล์	⠅	⠇	⠍	⠎	⠕	⠏	⠒	⠗	⠎	⠞
อักษรปกติ	u	v	x	y	z					w
อักษรเบรลล์	⠥	⠧	⠭	⠮	⠵					⠯

ตารางที่ 2.2 เครื่องหมายวรรคตอนในภาษาอังกฤษ

เครื่องหมายปกติ	อักษรเบรลล์
Capital Sight, Single (jack)	ใช้จุด 6 (⠠) นำหน้า
Capital Sight, double (THAILAND)	ใช้จุด 6,6 (⠠⠠) นำหน้า
Full stop ( . )	⠚
Comma ( , )	⠗
Colon ( : )	⠒
Semicolon ( ; )	⠒
Exclamation ( ! )	⠗
Question Mark ( ? )	⠗
Apostrophe ( ' )	⠗
Hyphen ( - )	⠗
Dash ( -- )	⠒⠒⠒

ตารางที่ 2.2 เครื่องหมายวรรคตอนในภาษาอังกฤษ (ต่อ)

เครื่องหมายปกติ	อักษรเบรลล์
Letter Sign	⠠
วงเล็บเปิด – ปิด (.....)	⠠⠠⠠⠠⠠⠠
วงเล็บก้ามปู [.....]	⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠
เครื่องหมายคำพูดเปิด-ปิด คู่ “....”	⠠⠠⠠⠠⠠⠠
เครื่องหมายคำพูดเปิด-ปิด เดี่ยว ‘....’	⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠⠠
ตัวหนา ตัวเอียง	ใช้จุด 4,6 (⠠⠠) นำหน้า

ตารางที่ 2.3 อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษ a-j

อักษรปกติ	a	B	c	D	e	f	g	h	i	j
อักษรเบรลล์	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠

ตารางที่ 2.4 อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษ k-t ที่เพิ่มจุด 3 ในอักษรเบรลล์

อักษรปกติ	a	B	c	D	e	f	g	h	i	j
อักษรเบรลล์	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠
อักษรปกติ	k	L	m	N	o	p	q	r	s	t
อักษรเบรลล์	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠

ตารางที่ 2.5 อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษ u-z ที่เพิ่มจุด 6 ในอักษรเบรลล์

อักษรปกติ	A	B	C	D	e	f	g	h	i	j
อักษรเบรลล์	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠
อักษรปกติ	K	L	M	N	o	p	q	r	s	t
อักษรเบรลล์	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠
อักษรปกติ	U	V	X	Y	z					w
อักษรเบรลล์	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠					⠠

ตารางที่ 2.6 อักษรเบรลล์ภาษาอังกฤษระดับ 2 ที่ใช้ a-z แทนคำ

ตัวอักษร	คำเต็ม	ตัวย่อ	ตัวอักษร	คำเต็ม	ตัวย่อ
B	but	⠠	p	people	⠠
C	can	⠠	q	quite	⠠
D	Do	⠠	r	rather	⠠
E	every	⠠	s	so	⠠
F	from	⠠	t	that	⠠
G	Go	⠠	u	us	⠠
H	have	⠠	v	very	⠠
J	just	⠠	w	will	⠠
K	knowledge	⠠	X	it	⠠
L	Like	⠠	Y	you	⠠
M	More	⠠	Z	as	⠠
N	Not	⠠			

ตารางที่ 2.7 คำย่อพิเศษที่ใช้บ่อย

คำเต็ม	And	For	Of	the	with
คำย่อ	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠

ตารางที่ 2.8 คำย่อที่ต้องเขียนติดกันเสมอ

With the	⠠⠠	of the	⠠⠠
and for the	⠠⠠⠠	and a	⠠⠠
and with a	⠠⠠⠠		

ตารางที่ 2.9 Five upper contraction (with h)

ch, child	Gh	Sh, shall	th, this	wh, which
⠠	⠠	⠠	⠠	⠠



ตารางที่ 2.15 พยัญชนะที่มี 1 เซลล์ ส – ฮ

ม	ย	ร	ล	ส	ห	ว	อ	ฮ
⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠

ตารางที่ 2.16 สระเดี่ยวที่เขียนตามหลังพยัญชนะ

อะ	อา	อิ	อี	อึ	อือ	อุ	อู
⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠

ตารางที่ 2.17 พยัญชนะที่มี 2 เซลล์ และใช้ จุด 6 (⠠) นำข้างหน้า

ฌ	จ	ญ	ฎ	ฏ	ฐ
⠠⠠	⠠⠠	⠠⠠	⠠⠠	⠠⠠	⠠⠠
ฌ	จ	ฎ	ฏ	ฐ	
⠠⠠	⠠⠠	⠠⠠	⠠⠠	⠠⠠	

ตารางที่ 2.18 พยัญชนะที่มี 2 เซลล์ และใช้ จุด 3, 6 (⠠) นำข้างหน้า

ค	ฅ	ช
⠠⠠	⠠⠠	⠠⠠

ตารางที่ 2.19 พยัญชนะที่มี 2 เซลล์ และใช้ จุด 3,5,6 (⠠) นำข้างหน้า

ฌ	ฎ
⠠⠠	⠠⠠

ตารางที่ 2.20 สระเดี่ยวที่เขียนข้างหน้าพยัญชนะต้น

เอ	แ	โ	ไ	อ
⠠	⠠	⠠	⠠	⠠

ตารางที่ 2.21 สระประสม 1 เซลล์ ที่เขียนข้างหน้าพยัญชนะต้น

ออ	เออ	เอีย	เอือ	อัว	อำ	เอา
⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠

ตารางที่ 2.22 สระประสม 2 เซลล์ ที่เขียนข้างหลังพยัญชนะต้น

เอะ	แอะ	โอะ	เอะ	เออะ	อ้าวะ	เอ็ยะ	เอื้อะ
⠠⠠	⠠⠠	⠠⠠	⠠⠠	⠠⠠	⠠⠠	⠠⠠	⠠⠠

ตารางที่ 2.23 เครื่องหมายวรรคตอนและวรรณยุกต์

วรรณยุกต์			
เอก	โท	ตรี	จัตวา
⠠	⠠	⠠	⠠
สระเกิน			
ฤ	ฤา	ภา	ภา
⠠⠠	⠠⠠	⠠⠠	⠠⠠

ตารางที่ 2.24 เครื่องหมายต่างๆ

เครื่องหมายปกติ	อักษรเบรลล์	เครื่องหมายปกติ	อักษรเบรลล์
การ์นต์	⠠	เครื่องหมายทับ /	⠠⠠
ไม้ยมก ๑	⠠	จุดภาค ,	⠠
ไม้ไตคู่ ๒	⠠	สัญประกาศ -----	⠠⠠⠠⠠⠠⠠
ไม้หันอากาศ อี	⠠	ยติกึ่งค ˘	⠠
วงเล็บเปิด-ปิด (.....)	⠠⠠⠠⠠⠠⠠	เสมอภาค =	⠠⠠
คำพูดเปิด-ปิด “.....”	⠠⠠⠠⠠⠠⠠	อัศเจรีย์ !	⠠
ไปยาลน้อย ๑	⠠⠠	ปรัศนี ?	⠠⠠
ไปยาลใหญ่ ๑๒๑	⠠⠠	พินทุ (.)	⠠
จุด .	⠠⠠	นฤกहित (°)	⠠
จุดไข่ปลา .....	⠠⠠⠠⠠⠠⠠	บุพสัญญา ”	⠠⠠
จุดคู่ :	⠠⠠	เปอร์เซ็นต์ %	⠠⠠
อัฒภาค ;	⠠⠠		

ตารางที่ 2.25 อักษรเบรลล์พยัญชนะภาษาไทย

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

ตารางที่ 2.26 อักษรเบรลล์สระภาษาไทย

-ะ	-า	อี	อึ	อู	อู	อี	อึ
⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠
-ะ	-เ	-ะ	-เ	-ะ	-เ	-ะ	-อ
⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠
-เอะ	-เอ	เอียะ	เอีย	เอือะ	เอือ	อัวะ	อิว
⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠
อำ	-ไ	-ไ	-เ	ฤ	ฤา	ภ	ภา
⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠	⠠

ตารางที่ 2.27 เครื่องหมายที่ใช้ในการคำนวณ

เครื่องหมาย	คำอ่าน	สัญลักษณ์อักษรเบรลล์	วิธีการใช้
+	บวก	⠠	ติดหน้า - หลัง
-	ลบ	⠠	ติดหน้า - หลัง
×	คูณ	⠠	ติดหน้า - หลัง
÷	หาร	⠠	ติดหน้า - หลัง
=	เท่ากับ	⠠	เว้นวรรคหน้า - หลัง

การเขียนตัวเลขเป็นอักษรเบรลล์จะต้องมีเครื่องหมายนำเลขเขียนข้างหน้าตัวเลขเสมอ ว่าจะเป็นเลขไทยหรือเลขฮินดูอารบิก เครื่องหมายนำเลข ประกอบด้วย 3,4,5,6 ∴

การเขียนอักษรเบรลล์ตัวเลขไทย ให้เติมจุด 6 ข้างหน้าเครื่องหมายนำเลขก่อน แล้วจึงเขียนตัวเลขตาม โดยใช้จุดอักษรเบรลล์ตำแหน่งจุด 1, 2, 4, 5 เช่น

∴∴∴∴	∴∴∴∴	∴∴∴∴	∴∴∴∴	∴∴∴∴
๑	๒	๓	๔	๕
∴∴∴∴	∴∴∴∴	∴∴∴∴	∴∴∴∴	∴∴∴∴
๖	๗	๘	๙	๐

การเขียนอักษรเบรลล์ตัวเลขฮินดูอารบิก จะใช้เครื่องหมายนำเลข นำหน้าก่อนเสมอแล้วจึงเขียนตัวเลขตาม ซึ่งตัวเลขนี้เราจะใช้จุดอักษรเบรลล์ ตำแหน่ง 1, 2, 4, 5 ซึ่งโดยทั่วไปจะเรียกว่าเลขสูง เช่น

∴∴∴∴	∴∴∴∴	∴∴∴∴	∴∴∴∴	∴∴∴∴
1	2	3	4	5
∴∴∴∴	∴∴∴∴	∴∴∴∴	∴∴∴∴	∴∴∴∴
6	7	8	9	0

การเขียนอักษรเบรลล์ตัวเลขฮินดูอารบิกในทางคณิตศาสตร์ จะใช้เครื่องหมายนำเลข นำหน้าก่อนเสมอ แล้วจึงเขียนตัวเลขตาม ซึ่งตัวเลขในทางคณิตศาสตร์นี้เราจะใช้จุดอักษรเบรลล์ ตำแหน่ง 2, 3, 5, 6 ซึ่งโดยทั่วไปจะเรียกว่าเลขต่ำ เช่น

∴∴∴∴	∴∴∴∴	∴∴∴∴	∴∴∴∴	∴∴∴∴
1	2	3	4	5
∴∴∴∴	∴∴∴∴	∴∴∴∴	∴∴∴∴	∴∴∴∴
6	7	8	9	0

สรุปหลักการเขียนอักษรเบรลล์ภาษาไทย

- 1) อักษรเบรลล์มีการประสมคำเหมือนกับการประสมคำตามหลักวิชาภาษาไทยทั่วไป
- 2) การเขียนสระที่อยู่ข้างหน้าพยัญชนะ ได้แก่ สระ เอ แอ โอ ไอ ให้อ่านไว้ข้างหน้าพยัญชนะตามปกติ
- 3) การเขียนสระที่อยู่ข้างหลังพยัญชนะ ได้แก่ สระ อะ อา ออ อัวะ อัว อำ ให้อ่านไว้ข้างหลังพยัญชนะตามปกติ
- 4) การเขียนสระที่อยู่ข้างบน และข้างล่างพยัญชนะ ได้แก่ สระ อี อี้ อือ อู ให้อ่านไว้ข้างหลังพยัญชนะที่สระตัวนั้นกำกับอยู่

5) การเขียนสระประสม ได้แก่ สระ อะ แอะ โอะ เออะ เอียะ เอีย เอื้อะ เอื้อ เออ สระประสมเหล่านี้ในการเขียนอักษรเบรลล์จะมีรหัสอักษรเบรลล์เฉพาะแทนสระทั้งกลุ่ม เวลาเขียนให้เขียนไว้ข้างหลังพยัญชนะที่สระตัวนั้นกำกับอยู่

6) การเขียนสระเกิน ได้แก่ ฤ ฤา ฎ ฎา ให้เขียนไว้ข้างหลังพยัญชนะตามปกติ

7) การเขียนสระลดรูป และสระเปลี่ยนรูป

- สระ อะ ที่เปลี่ยนรูปเป็น ไม้หันอากาศ ให้เขียนไว้ข้างหลังพยัญชนะต้นก่อนวรรณยุกต์ และตัวสะกด

- สระ โอะ เมื่อลดรูปแล้วจะไม่มีรูปสระปรากฏอยู่ ให้เขียนเรียงตามพยัญชนะตามหลักภาษาไทยทั่วไป

- สระ เออ ที่เปลี่ยนรูปเป็น เ็ ให้เขียนอยู่ในรูปสระ เออ ตามรหัสอักษรเบรลล์ คือให้เขียนตามหลังพยัญชนะที่สระกำกับอยู่

- สระ เออ ที่สะกดด้วย ช ฌ ม เช่น เคย เคย เลย เทอญ เทอม ให้เขียนเรียงตามรูปที่ปรากฏเหมือนกับการเขียนอักษรปกติ

8) การเขียนวรรณยุกต์

- การเขียนวรรณยุกต์ กับสระ อา ออ และอัว ที่ลดรูปเป็นไม้หันอากาศ ให้เขียนวรรณยุกต์ก่อนสระเสมอ

- สระอื่นๆ รวมทั้งสระอะ ที่เปลี่ยนรูปเป็นไม้หันอากาศ ให้เขียนวรรณยุกต์ตามหลังสระก่อนตัวสะกดที่ตามมา

- การเขียนคำที่ประสมด้วยสระ อือ ถ้าคำนั้นไม่มีตัวสะกดให้เขียน อ ตามหลังมาด้วย แต่ถ้าคำนั้นมีตัวสะกดให้เขียนเรียงตามรูปที่ปรากฏเหมือนกับการเขียนอักษรปกติ

- การเขียนไม้หันอากาศ ตัวการ์นต์ ไม้ยมก และไม้ไต่คู้ ให้เขียนตามหลังพยัญชนะตามปกติ

9) การเขียนเครื่องหมายในภาษาบาลี และภาษาสันสกฤต

- พยัญชนะที่มีเครื่องหมายพิณฑุ ( ◡ ) กำกับอยู่ข้างล่างพยัญชนะ การเขียนให้ใช้จุด 3 เขียนตามหลังพยัญชนะที่มีเครื่องหมายพิณฑุ ( ◡ ) กำกับอยู่

- พยัญชนะที่มีเครื่องหมายนิคหิต ( ° ) กำกับอยู่ข้างหน้าบนพยัญชนะ การเขียนให้ใช้จุด 5 เขียนนำหน้าพยัญชนะที่มีเครื่องหมาย นิคหิต ( ° ) กำกับอยู่

## 2.1.2 โปรแกรมแปลภาษาเบรลล์ [9], [10]

ในปัจจุบันการพิมพ์เอกสารเบรลล์ภาษาไทยสำหรับผู้พิการทางสายตาต้องใช้เครื่องพิมพ์เบรลล์ซึ่งเป็นเครื่องพิมพ์เฉพาะทาง โดยก่อนการพิมพ์เอกสารลงในกระดาษผู้ใช้ต้องส่งข้อมูลที่ได้รับการแปลงเป็นไฟล์ภาษาเบรลล์แล้วให้กับเครื่องพิมพ์เบรลล์จึงจะสามารถพิมพ์เอกสารได้ ดังนั้นผู้ใช้งานจำเป็นต้องใช้โปรแกรมสำหรับแปลภาษาหรือแปลเอกสารจากตัวอักษรปกติให้เป็นภาษาเบรลล์ก่อนที่จะทำการส่งข้อมูลให้เครื่องพิมพ์เบรลล์

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรมไทยเบรลล์ทรานส์เลเตอร์ (Thai Braille Translator : TBT) เพื่อช่วยอำนวยความสะดวกในการผลิตสื่ออักษรเบรลล์สำหรับผู้พิการทางสายตาถูกพัฒนาขึ้นให้สามารถทำงานได้บนระบบปฏิบัติการ Windows ต่าง ๆ เช่น Windows 95, 98, 2000, Me, Xp และไม่ว่าจะ Version ของวินโดวส์ ส่วนทรัพยากรที่ใช้สำหรับรันโปรแกรมขึ้นอยู่กับทรัพยากรที่ใช้ในการติดตั้งระบบปฏิบัติการ ซึ่งโปรแกรมไทยเบรลล์ทรานส์เลเตอร์จะใช้ทรัพยากรร่วมกับระบบปฏิบัติการ Windows ที่ติดตั้งให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ เมื่อติดตั้งโปรแกรมเรียบร้อยแล้วผู้ใช้สามารถเรียกใช้โปรแกรมผ่านทาง Desktop โดยการเรียกผ่าน Icon ที่มีชื่อว่า Thai Braille Translate โดยผู้ใช้สามารถนำข้อมูลที่เป็นเอกสารประเภทไฟล์ข้อความ (Text File) เช่น ไฟล์เอกสารจากโปรแกรม Notepad เมื่อทำการแปลเป็นอักษรเบรลล์แล้วจะได้ไฟล์ที่มีนามสกุล .tbt ที่บีบอัดไฟล์นามสกุล .tbt ที่เข้าโปรแกรมดักเบอร์เบรลล์ทรานส์เลเตอร์ (Duxbury Braille Translator : DBT) เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการตัดคำโดยผู้เชี่ยวชาญด้านอักษรเบรลล์ และเตรียมไฟล์สำหรับการพิมพ์ออกเครื่องพิมพ์ วิธีการนี้จะได้ไฟล์ที่มีนามสกุลบีอาร์เอฟซึ่งเป็นรูปแบบมาตรฐานของไฟล์ที่ใช้ส่งไปยังเครื่องพิมพ์อักษรเบรลล์ เพื่อทำการพิมพ์เอกสารสำหรับผู้พิการทางสายตาต่อไป

จากการแปลงอักษรปกติเป็นอักษรเบรลล์ให้อยู่ในรูปแบบไฟล์บีอาร์เอฟนั้น ในงานวิจัยนี้จะใช้ข้อมูลนี้เป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับอุปกรณ์แสดงผลสื่ออิเล็กทรอนิกส์ด้วยอักษรเบรลล์โดยนำไฟล์นามสกุลบีอาร์เอฟบันทึกลงแฟลชไดรฟ์ และนำแฟลชไดรฟ์ต่อเข้ากับแฟลชรีดเดอร์ (Flash Reader) เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์อ่านไฟล์พร้อมแปลงข้อมูลในไฟล์ซึ่งเป็นรหัสแอสกี (American Standard Code for Information Interchange : ASCII) ไปเป็นสัญญาณดิจิทัลที่สามารถควบคุมการทำงานของอุปกรณ์แสดงผลอักษรเบรลล์ให้เป็นตามค่าของรหัสแอสกีที่อ่านได้จากไฟล์มาแสดงผลอักษรเบรลล์ยังเบรลล์เซลล์

### 2.1.3 รหัสแอสกีที่ใช้แทนค่าตัวอักษรเบรลล์ [12]

ตารางที่ 2.28 ค่าของรหัสแอสกีที่แทนด้วยตัวอักษรตามมาตรฐาน Formatted Braille,USA Encoding

DEC	Glyph	Braille Dots	Array Position	Value in Array
32	Space	-	1	0b0000 0000
33	!	2-3-4-6	2	0b00101110
34	"	5	3	0b00010000
35	#	3-4-5-6	4	0b00111100
36	\$	1-2-4-6	5	0b00101011
37	%	1-4-6	6	0b00101001
38	&	1-2-3-4-6	7	0b00101111
39	'	3	8	0b00000100
40	(	1-2-3-5-6	9	0b00110111
41	)	2-3-4-5-6	10	0b00111110
42	*	1-6	11	0b00100001
43	+	3-4-6	12	0b00101100
44	,	6	13	0b00100000
45	-	3-6	14	0b00100100
46	.	4-6	15	0b00101000
47	/	3-4	16	0b00001100
48	0	3-5-6	17	0b00110100
49	1	2	18	0b00000010
50	2	2-3	19	0b00000110
51	3	2-5	20	0b00010010
52	4	2-5-6	21	0b00110010
53	5	2-6	22	0b00100010
54	6	2-3-5	23	0b00010110

ตารางที่ 2.28 ค่าของรหัสแอสกีที่แทนด้วยตัวอักษรตามมาตรฐาน Formatted Braille,USA  
Encoding (ต่อ)

DEC	Glyph	Braille Dots	Array Position	Value in Array
55	7	2-3-5-6	24	0b00110110
56	8	2-3-6	25	0b00100110
57	9	3-5	26	0b00010100
58	:	1-5-6	27	0b00110001
59	;	5-6	28	0b00110000
60	<	1-2-6	29	0b00100011
61	=	1-2-3-4-5-6	30	0b00111111
62	>	3-4-5	31	0b00011100
63	?	1-4-5-6	32	0b00111001
64	@	4	33	0b00001000
65	A	1	34	0b00000001
66	B	1-2	35	0b00000011
67	C	1-4	36	0b00001001
68	D	1-4-5	37	0b00011001
69	E	1-5	38	0b00010001
70	F	1-2-4	39	0b00001011
71	G	1-2-4-5	40	0b00011011
72	H	1-2-5	41	0b00010011
73	I	2-4	42	0b00001010
74	J	2-4-5	43	0b00011010
75	K	1-3	44	0b00000101
76	L	1-2-3	45	0b00000111

ตารางที่ 2.28 ค่าของรหัสแอสกีที่แทนด้วยตัวอักษรตามมาตรฐาน Formatted Braille,USA  
Encoding (ต่อ)

DEC	Glyph	Braille Dots	Array Position	Value in Array
77	M	1-3-4	46	0b00001101
78	N	1-3-4-5	47	0b00011101
79	O	1-3-5	48	0b00010101
80	P	1-2-3-4	49	0b00001111
81	Q	1-2-3-4-5	50	0b00011111
82	R	1-2-3-5	51	0b00010111
83	S	2-3-4	52	0b00001110
84	T	2-3-4-5	53	0b00011110
85	U	1-3-6	54	0b00100101
86	V	1-2-3-6	55	0b00100111
87	W	2-4-5-6	56	0b00111010
88	X	1-3-4-6	57	0b00101101
89	Y	1-3-4-5-6	58	0b00111101
90	Z	1-3-5-6	59	0b00110101
91	[	2-4-6	60	0b00101010
92	\	1-2-5-6	61	0b00110011
93	]	1-2-4-5-6	62	0b00111011
94	^	4-5	63	0b00011000
95	_	4-5-6	64	0b00111000

## 2.2 อุปกรณ์แสดงผลอักษรเบรลล์

### 2.2.1 หลักการทำงานของโซลินอยด์ [7]

หลักการทำงานของโซลินอยด์ จะประกอบไปด้วยขดลวด และแกนเหล็กที่อยู่ในขดลวด ดังรูปที่ 2.5 เมื่อป้อนไฟฟ้ากระแสตรงเข้าสู่ขดลวดจะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำของขดลวดเกิดสนามแม่เหล็ก ทำให้แกนเหล็กที่อยู่ในขดลวดมีสถานะเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า ทำให้แกนเหล็กที่อยู่ตรงกลางของขดลวดจะถูกดูดเข้ามา เพื่อแสดงถึงสถานะที่เป็นปุ่มสัมผัสสำหรับการแสดงผลอักษรเบรลล์



รูปที่ 2.5 การทำงานของโซลินอยด์

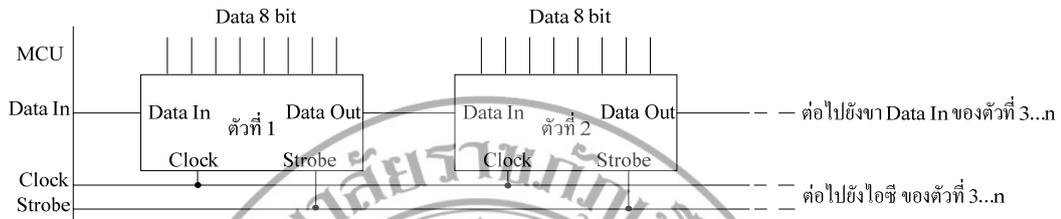
การใช้หลักการของโซลินอยด์ทำให้การแสดงผลอักษรเบรลล์สามารถแสดงผลครั้งละ 40 เซลล์ ต่อ 1 แแถว ที่เป็นไปตามมาตรฐานเครื่องแสดงผลอักษรเบรลล์ เหมาะสำหรับผู้พิการทางสายตาประเภทบอดสนิท รวมไปถึงประเภทเห็นเลือนราง และผู้สนใจทั่วไป

### 2.2.2 หลักการทำงานของไอซีเบอร์ 74HC595 [6]

การนำไอซีเบอร์ 74HC595 มาเชื่อมต่อกับช่องสัญญาณที่ทำการส่งสัญญาณแสดงผลโดยจะนำมาเชื่อมต่อกับโซลินอยด์ ทำให้สามารถคงสถานะของข้อมูลโดยจะต่อกันแบบอนุกรมไปเรื่อยๆ ซึ่งไอซี 1 ตัว จะเก็บข้อมูลและคงสถานะของข้อมูลได้จำนวน 8 บิต จำนวนที่ใช้เท่ากับจำนวนเบรลล์เซลล์ที่ใช้ในการแสดงผล 40 เซลล์ ดังนั้นงานวิจัยนี้ใช้ไอซีทั้งหมด 40 ตัว

ไอซีเบอร์ 74HC595 เป็น ไอซีที่ทำหน้าที่เลื่อนข้อมูลรับเข้า(Input) และทำการส่งผ่านข้อมูลของไอซีเบอร์ 74HC595 เป็นแบบอนุกรมและส่งข้อมูลออกเป็นแบบขนานขนาด 8 บิต โดยขาสัญญาณที่ต่อใช้งานกับไมโครคอนโทรลเลอร์มีทั้งหมดจำนวน 3 ขา คือขาสัญญาณ RCLK หรือ Clock เป็นขาที่ใช้รับสัญญาณนาฬิกาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้เลื่อนข้อมูลที่รับเข้ามา ส่วนขาสัญญาณ SRCLK หรือ Strobe เป็นขาที่ใช้รับสัญญาณนาฬิกาจากไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อทำการแลตช์ (Latch) หรือการคงสถานะของข้อมูลแล้วส่งออกข้อมูลขนาด 1 บิต จำนวน

8 ขาสัญญาณไปยังอุปกรณ์ที่ทำการเชื่อมต่อกับไอซี สำหรับขาสัญญาณ SER หรือ Data เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลจากไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งในที่นี้คือข้อมูลที่ได้อจากการอ่านไฟล์บิอาร์เอฟ ดังนั้นการใช้ไอซีเบอร์ 74HC595 มีหลักการดังรูปที่ 2.6

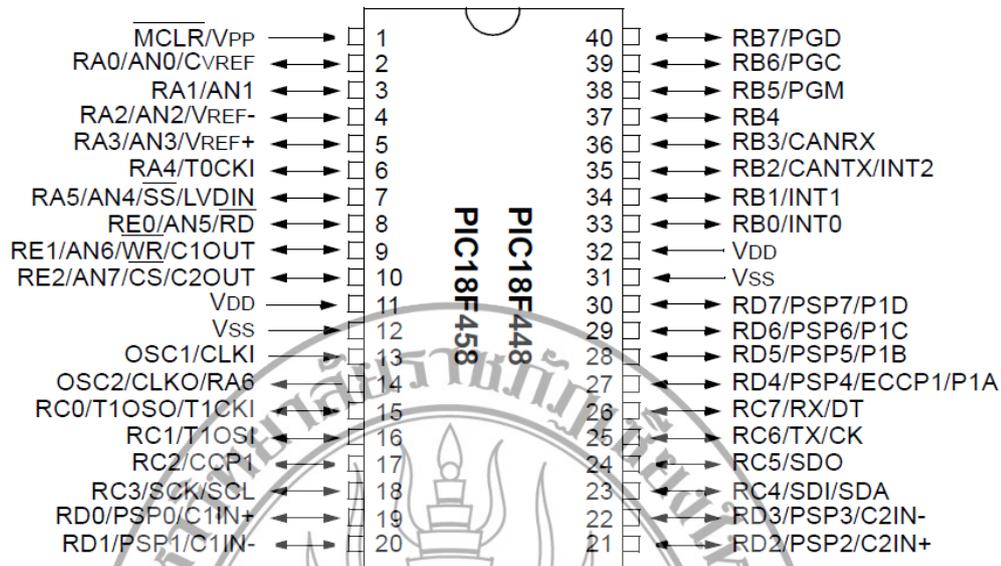


รูปที่ 2.6 หลักการทำงานของไอซีเบอร์ 74HC595

ดังนั้นการพัฒนาอุปกรณ์แสดงผลอักษรเบรลล์ในส่วนแสดงผลนั้นใช้โซลินอยด์ควบคุมการแสดงผลตัวอักษรเบรลล์ ซึ่งโซลินอยด์จะรับข้อมูลรูปแบบของบิตจากไอซีเบอร์ 74HC595 เพื่อทำการแสดงผล โดยโซลินอยด์ที่ใช้ทั้งหมดจะใช้ 240 ตัว แบ่งเป็น 6 ตัวต่อ 1 เซลล์ และมีการจัดเรียงตามรูปแบบของการแสดงผลอักษรเบรลล์แบบ 6 จุด

### 2.2.3 หลักการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ [13]

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) หมายถึงอุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ตซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกันโดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวเดียวกันและยังสามารถป้อนชุดคำสั่งให้สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติ ด้วยรูปแบบการเขียนโปรแกรมภาษาต่างๆ ตามความถนัด โดยงานวิจัยนี้ใช้ทฤษฎีเกี่ยวกับการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับมอเตอร์ (Motor) โซลินอยด์ ทรานซิสเตอร์ (Transistor) และคีย์แพด (Keypad) เพื่อรับค่าและสั่งงานให้อุปกรณ์ต่างๆ สามารถทำงานได้โดยมีลักษณะตำแหน่งขาไอซีดังรูปที่ 2.7



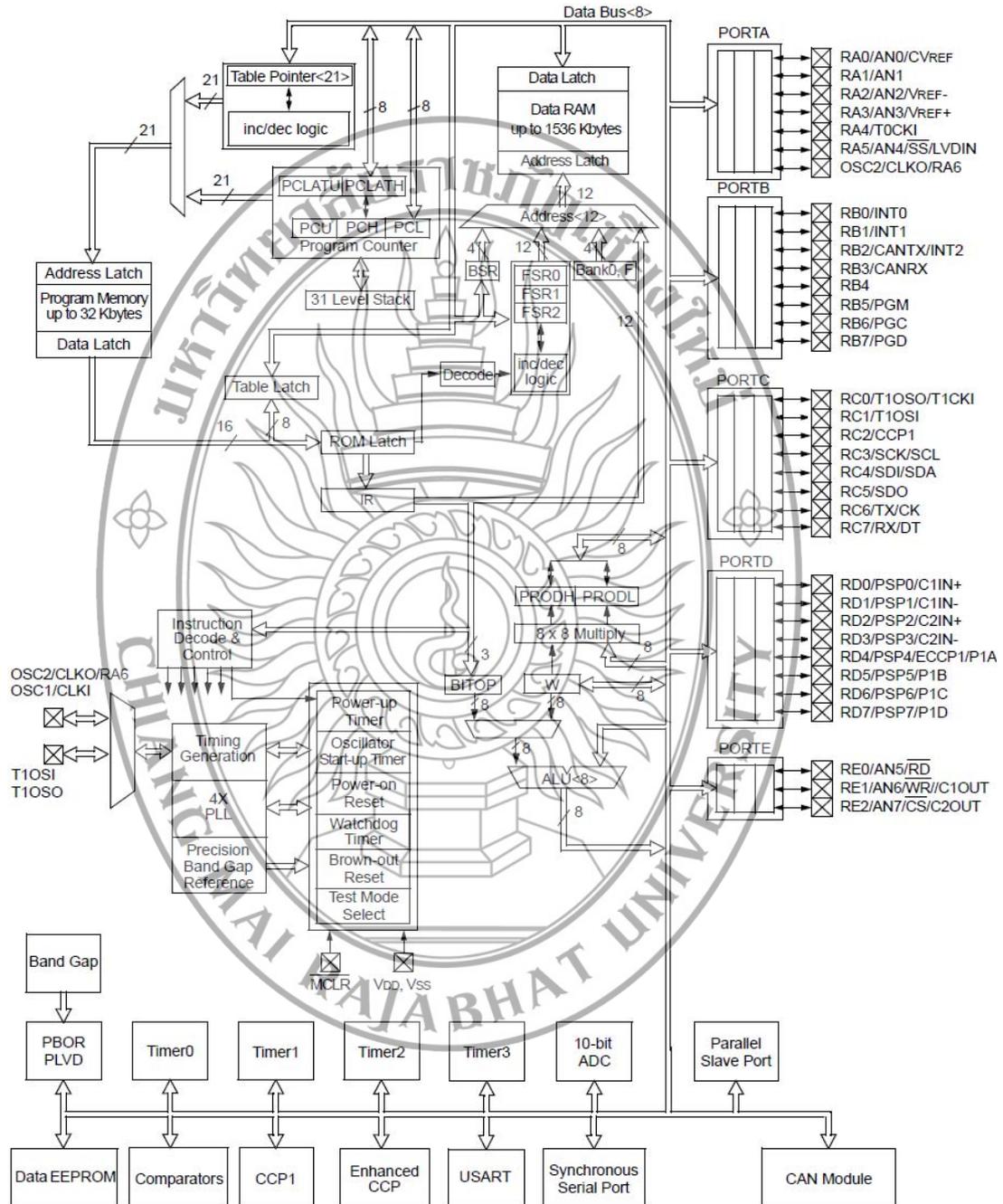
รูปที่ 2.7 ตำแหน่งขาไอซี [13]

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูลปิคเบอร์ PIC18F458 ซึ่งมีคุณสมบัติ

ดังนี้

- 1) มีคำสั่งให้ใช้งาน 35 คำสั่ง
- 2) คำสั่งหนึ่งๆ ใช้เวลาทำงาน 1 ถึง 2 Cycle
- 3) ทำงานได้สูงสุดที่ 20MHz
- 4) ทำงานแบบ Pipe-line ทำงาน 2 อย่างพร้อมๆ กันได้
- 5) หน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบ Flash มีขนาด 8 KWord
- 6) มี RAM ขนาด 368 ไบต์
- 7) มี EEPROM ขนาด 256 ไบต์
- 8) ตอบสนองกับอินเตอร์รัพได้ทั้งหมด 14 แหล่ง
- 9) มี Stack ให้ใช้ได้สูงสุด 8 ระดับ
- 10) มีระบบ Code Protection สำหรับป้องกันการคัดลอก
- 11) ทำงานที่ไฟเลี้ยง 2VDC ถึง 5.5VDC
- 12) Current Sink และ Current Source สูงสุดที่ 25 mA
- 13) มี Timer/Counter ทั้งหมด 3 ตัว
- 14) มีโมดูล Capture/Compare/PWM อีก 2 ชุด
- 15) มี A/D Converter แบบ 10 บิต จำนวน 8 ช่อง
- 16) มีระบบ USART สำหรับต่อกับ การสื่อสารแบบ RS232

- 17) มีระบบตรวจระดับไปเลี้ยง
- 18) มี I/O พอร์ตทั้งหมด 5 พอร์ต



รูปที่ 2.8 โครงสร้างภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ [13]

จากรูปที่ 2.8 มีรีจิสเตอร์ (Register) ที่สำคัญๆ คือ W ซึ่งเป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการทำเป็น Input ให้กับ ALU และเป็นตัวเก็บผลลัพธ์จากการทำงานของ ALU, STATUS เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้เก็บสถานะการทำงานของคำสั่ง มีประโยชน์ในการเขียนโปรแกรมแบบมีเงื่อนไข และในส่วนของ PC (Program Counter) เป็นรีจิสเตอร์อีกตัวหนึ่งที่มีความสำคัญเนื่องจากใช้สำหรับเป็นตัวชี้ว่า คำสั่งที่จะนำมาประมวลผลนั้นอยู่ ณ ตำแหน่งใดในหน่วยความจำ สำหรับการใช้งานของพอร์ตอินพุตและเอาต์พุตของไมโครคอนโทรลเลอร์ มีหน้าที่การทำงานของพอร์ตต่างๆ ดังนี้

- RA0-RA3 และ RA5 จะใช้งานเป็น I/O ปกติ และทำหน้าที่เป็นขาอินพุตของสัญญาณอนาล็อก (AN0-AN4) RA4 เป็นขา I/O

- RA6/OSC2/CLKO ทำหน้าที่ในหลายส่วน คือ เป็นขา OSC2 และ CLKO จะนำมาใช้เป็นขาสัญญาณ I/O ได้เมื่อใช้คริสตอลออสซิลเลเตอร์แบบที่เป็นโมดูลสำเร็จสามารถต่อเข้ากับขา OSC1/CLKIN โดยไม่ต่อกับขา RA6/OSC2 ทำให้ ขา RA6 ว่างและนำไปใช้เป็น I/O ได้

- RB0-RB7 สามารถใช้งานเป็น I/O แต่มีคุณสมบัติพิเศษคือมีวงจรพูลอัพ (Pull-Up) ภายในและเป็นแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเทอร์รัพท์ต่างๆ ดังนี้

- RB0/INT0 เป็นขาสัญญาณอินเทอร์รัพท์ภายนอก 0

- RB1/INT1 เป็นขาสัญญาณอินเทอร์รัพท์ภายนอก 1

- RB2/INT2 เป็นขาสัญญาณอินเทอร์รัพท์ภายนอก 2

- RB3/INT3 เป็นขาสัญญาณอินเทอร์รัพท์ภายนอก 3 (18F458)

- RB4-RB7 เป็นขาที่สามารถกำเนิดสัญญาณอินเทอร์รัพท์ได้

## 2.3 ชุดอิที ยูเอสบี แฟลชไดร์ฟ [14]

### 2.3.1 คุณสมบัติของชุดอิที ยูเอสบี แฟลชไดร์ฟ

ชุดอิที ยูเอสบี แฟลชไดร์ฟ คืออุปกรณ์ดังรูปที่ 2.9 ใช้สำหรับสร้าง อ่าน เขียน และลบไฟล์ข้อมูลที่เก็บอยู่ในแฟลชไดร์ฟ โดยใช้วิธีการส่งคำสั่ง (Command) ต่างๆ ผ่านทางพอร์ตอนุกรมไปให้ชุดอิที ยูเอสบี แฟลชไดร์ฟ เพื่อให้ติดต่อกับตัวเก็บข้อมูลในแฟลชไดร์ฟ โดยสามารถใช้งานร่วมกับพีซี (PC) ผ่านทางพอร์ตอาร์เอส-232 (Port RS-232) ใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล (Hyperterminal) หรือโปรแกรมอื่นๆที่สามารถสื่อสารผ่านทางพอร์ตอาร์เอส-232 ได้เป็นตัวกลางในการรับ-ส่งคำสั่งและข้อมูลต่างๆ รวมทั้งแสดงผลการอ่านหรือการเขียนข้อมูลให้กับผู้ใช้นอกจากนี้ก็ยังสามารถใช้งานร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์แทนพีซีโดยจะสื่อสารผ่านทางพอร์ตอนุกรม (UART Port) ของไมโครคอนโทรลเลอร์ยูนิต (MCU)



รูปที่ 2.9 ลักษณะของชุดอิมูเอสบี แฟลชไดร์ฟ

คุณสมบัติของชุดอิมูเอสบี แฟลชไดร์ฟ

- 1) สามารถติดต่อกับตัวเก็บข้อมูลแฟลชไดร์ฟที่มีโครงสร้างไฟล์แบบ FAT 12, FAT16 หรือ FAT32 ได้
- 2) รองรับชื่อไฟล์ในรูปแบบ 8.3 คือชื่อไฟล์ไม่เกิน 8 ตัวอักษร นามสกุล 3 ตัวอักษร เช่น A1234567.txt
- 3) ในระบบ FAT32 จะไม่รองรับชื่อไฟล์แบบยาว ถ้าชื่อไฟล์ยาวเกิน 8.3 จะแสดงชื่อไฟล์ให้เห็นเพียง 8.3
- 4) ควบคุมการอ่านและเขียนแฟลชไดร์ฟโดยใช้การส่งคำสั่งผ่านทางอาร์เอส232
- 5) สามารถเลือกอัตราบอด (Baud Rate) ในการติดต่อสื่อสารทางอาร์เอส232ได้
- 6) สามารถส่งคำสั่งโดยใช้พีซี หรือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ยูนิต ได้
- 7) สามารถ สร้างและลบ ไฟล์ หรือไดเรกทอรี (Directory) ในแฟลชไดร์ฟได้
- 8) สามารถกำหนดจำนวนไบต์ (Byte) ของข้อมูลที่จะทำการอ่านหรือเขียนจากไฟล์ที่อยู่ในแฟลชไดร์ฟได้
- 9) สามารถกำหนดตำแหน่งที่จะอ่านข้อมูลจากไฟล์ หรือเขียนข้อมูลลงไฟล์ ที่อยู่ในแฟลชไดร์ฟได้
- 10) สามารถอ่านข้อมูลออกมาทีเดียวจากไฟล์ที่อยู่ในแฟลชไดร์ฟได้
- 11) หลังจากปิดไฟล์แล้ว สามารถเปิดไฟล์เดิมขึ้นมาทำการเขียนข้อมูลต่อจากของเดิมได้ โดยข้อมูลเก่ายังอยู่
- 12) สามารถเปลี่ยนชื่อไฟล์หรือชื่อไดเรกทอรีใหม่ได้
- 13) สามารถเข้าไป อ่านเขียน สร้างหรือลบไฟล์ ที่อยู่ในไดเรกทอรีย่อยได้
- 14) สามารถเลือกรูปแบบการส่งคำสั่งได้ 2 แบบ คือส่งในรูปแบบอักขระแอสกี (Extended Mode) หรือส่งในรูปแบบเลขฐาน 16 (Short Mode)

### 2.3.2 การต่อใช้งานชุดอิที ยูเอสบี แฟลชไดร์ฟ

การใช้งานชุดอิที ยูเอสบี แฟลชไดร์ฟ จะใช้การติดต่อผ่านทางพอร์ตอนุกรมโดยจะต้องกำหนดคุณสมบัติในการติดต่อสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม ดังนี้

1) Baud Rate จะต้องกำหนดเริ่มต้นไว้ที่ 9600 บิตต่อวินาที และสามารถส่งคำสั่งเปลี่ยนแปลงได้ในภายหลัง

2) รูปแบบข้อมูลประกอบด้วย 8 Data bit , 1 stop bit และ No parity

3) Flow Control ให้กำหนดที่ฮาร์ดแวร์ซึ่ง RTS/CTS จะถูกเปิดใช้งาน(Enable) เพื่อใช้เป็นแฮนด์เช็ก (Handshake)

4) ในกรณีที่ไม่ต้องการใช้แฮนด์เช็กใช้เพียงขา3 (Rx) และขา2 (Tx) และขา5 (กราวด์) ในการติดต่อสื่อสารเท่านั้นจะต้องทำการเชื่อม (Jump) ขา7 (RTS) และ ขา8 (CTS) ที่พอร์ตดีบี9 (Port DB9) ของชุดอิที ยูเอสบี แฟลชไดร์ฟเข้าด้วยกัน จากนั้นต่อขา3 และขา2 ของชุดอิที ยูเอสบี แฟลชไดร์ฟไปยังขา 3 และขา 2 ของอุปกรณ์ที่นำมาควบคุม โดยจะต้องต่อแบบไขว้ขาเข้าด้วยกันคือต่อขา 3 เข้ากับ ขา2 และต่อขา2 เข้ากับ ขา3 ของอีกฝั่งหนึ่งส่วนกราวด์ให้ต่อเข้าด้วยกัน

### 2.3.3 ชุดคำสั่งควบคุมการทำงานของชุดอิที ยูเอสบี แฟลชไดร์ฟ

ตารางที่ 2.29 ตารางคำสั่ง (Disk Command)

Extended Command Set (ASCII Code)	Short Command Set (Hexadecimal Code)	Function
DIR	01 0D	ใช้สำหรับดูรายชื่อไฟล์ในไดเรกทอรี
DIR file	01 20 file 0D	เรียกดูไฟล์ตามชื่อที่ระบุและแสดงขนาดไฟล์
CD file	02 20 file 0D	ใช้สำหรับเปลี่ยนไปยังไดเรกทอรีตามชื่อที่ระบุ
CD ..	02 20 2E 0D	ใช้สำหรับออกจากไดเรกทอรีที่เข้าไป 1 ชั้น
RD file	04 20 file 0D	ใช้สำหรับอ่านชื่อไฟล์ที่กำหนด
DLD file	05 20 file 0D	ใช้สำหรับลบไดเรกทอรีย่อยจากไดเรกทอรีปัจจุบัน

ตารางที่ 2.29 ตารางคำสั่ง (Disk Command) (ต่อ)

Extended Command Set (ASCII Code)	Short Command Set (Hexadecimal Code)	Function
MKD <i>file</i>	06 20 <i>file</i> 0D	สร้างไดเรกทอรีย่อยใหม่ในไดเรกทอรีปัจจุบัน
MKD <i>file datetime</i>	06 20 <i>file</i> 20 <i>datetime</i> 0D	สร้างไดเรกทอรีย่อยใหม่ในไดเรกทอรีปัจจุบันพร้อมทั้งระบุวันเวลาให้กับไดเรกทอรีที่สร้างได้
DLF <i>file</i>	07 20 <i>file</i> 0D	ใช้ลบไฟล์ตามชื่อที่กำหนด
WRF <i>dword data</i>	08 20 <i>dword</i> 0D <i>Data</i>	ใช้สำหรับเขียนข้อมูลลงในไฟล์ที่เปิดอยู่โดยต้องระบุจำนวนไบต์ที่จะเขียนด้วย
OPW <i>file</i>	09 20 <i>file</i> 0D	ใช้สำหรับเปิดไฟล์ที่จะเขียนหรือสร้างไฟล์ใหม่
OPW <i>file datetime</i>	09 20 <i>file</i> 20 <i>datetime</i> 0D	ใช้สำหรับเปิดไฟล์ที่จะเขียน หรือสร้างไฟล์ใหม่ และระบุเวลาของไฟล์ที่เขียนได้
CLF <i>file</i>	0A 20 <i>file</i> 0D	ใช้สำหรับปิดไฟล์
RDF <i>dword</i>	0B 20 <i>dword</i> 0D	อ่านข้อมูลของไฟล์ที่เปิดอยู่ตามจำนวนไบต์ที่กำหนด
OPR <i>file</i>	0E 20 <i>file</i> 0D	ใช้เปิดไฟล์เพื่ออ่านเท่านั้น
OPR <i>file date</i>	0E 20 <i>file</i> 20 <i>date</i> 0D	ใช้เปิดไฟล์เพื่ออ่านโดยระบุวันที่เข้ามาอ่านไฟล์ได้
SEK <i>dword</i>	28 20 <i>dword</i> 0D	เข้าไปยังตำแหน่งไบต์ที่กำหนดของไฟล์ที่เปิดอยู่
REN <i>file file</i>	0C 20 <i>file</i> 20 <i>file</i> 0D	เปลี่ยนชื่อไฟล์หรือไดเรกทอรี
FS	12 0D	ใช้เรียกดูพื้นที่ว่างที่ใช้งานได้บนดิสก์แสดงขนาดของพื้นที่ว่าง

ตารางที่ 2.29 ตารางคำสั่ง (Disk Command) (ต่อ)

Extended Command Set (ASCII Code)	Short Command Set (Hexadecimal Code)	Function
FSE	93 0D	ใช้เรียกดูพื้นที่ว่างที่ใช้งานได้บนดิสก์และแสดงขนาดของพื้นที่ว่างบนดิสก์ได้มากกว่า 4 จิกะไบต์
IDD	0F 0D	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับดิสก์ที่ใช้ต่ออยู่โดยยอมให้ดิสก์ที่นำมาต่อต้องมีความจุน้อยกว่า 4 จิกะไบต์
IDDE	94 0D	แสดงข้อมูลเกี่ยวกับดิสก์ที่ใช้ต่ออยู่โดยยอมให้ดิสก์ที่นำมาต่อต้องมีความจุไม่เกิน 2 เทอราไบต์
DSN	2D 0D	แสดงหมายเลข (Serial Number) ของดิสก์
DVL	2E 0D	แสดงชื่อระดับ (volume) ของดิสก์
DIRT <i>file</i>	2F 20 <i>file</i> 0D	แสดงข้อมูลของไฟล์ที่กำหนดได้แก่ ชื่อและนามสกุลของไฟล์ วันและเวลาที่สร้างไฟล์วันและเวลาที่ปรับปรุงไฟล์ และวันที่เข้ามาดูไฟล์