

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินการวิจัย

เมื่อศึกษาถึงลักษณะและหลักการของรหัสแท่งชนิดต่าง ๆ แล้ว ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ โดยการศึกษาความเป็นไปได้ของรหัสเลขฐานสองและเงื่อนไขต่าง ๆ เพื่อหาจำนวนรหัสที่เหมาะสมที่สุดในการกำหนดรหัสแท่งภาษาไทย การจัดกลุ่มเพื่อเลือกรหัสที่ต้องการใช้ การสร้างและทดสอบการ์ดอินเตอร์เฟสตามต้นแบบเพื่อใช้ในการอ่านรหัสแท่ง และการถอดรหัสแท่งภาษาไทย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

#### การกำหนดวิธีการสร้างรหัสแท่งภาษาไทย

##### ศึกษาความเป็นไปได้ของรหัสเลขฐานสองจำนวนต่าง ๆ

เนื่องจากรหัสที่จะใช้ในการกำหนดเพื่อแทนค่าของแถบในรหัสแท่งจะต้องเป็นเลขฐานสอง ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ศึกษาว่าควรจะต้องใช้เลขฐานสองจำนวนกี่ตำแหน่งและจะต้องกำหนดเงื่อนไขอย่างไรจึงจะสามารถแทนค่าตัวอักษรภาษาอังกฤษ ตัวเลขอังกฤษ ตัวเลขไทย ตัวอักษรภาษาไทย และตัวอักษรพิเศษในรูปของรหัสแท่งได้ โดยค่าที่จะนำมาใช้เป็นรหัสแท่งได้นั้นจะต้องได้จากการแทนรหัสเลขฐานสอง "1" และ "0" ลงในตำแหน่งของแถบดำสลับกับแถบขาว ตัวอย่าง เช่น สมมติว่าต้องการใช้รหัสเลขฐานสองแทนแถบดำและหรือแถบขาวจำนวน 3 ตำแหน่ง ค่าความเป็นไปได้ของการแทนรหัสเลขฐานสองจะแสดงได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ค่าความเป็นไปได้ของการแทนรหัสเลขฐานสองจำนวน 3 ตำแหน่ง

ลำดับที่	ตำแหน่งที่ 1 (แถบดำ)	ตำแหน่งที่ 2 (แถบขาว)	ตำแหน่งที่ 3 (แถบดำ)
1	1	1	1
2	1	1	0
3	1	0	1
4	1	0	0
5	0	1	1
6	0	1	0
7	0	0	1
8	0	0	0

เนื่องจากค่าความเป็นไปได้ของบิต 1 สลับกับบิต 0 จำนวน  $n$  ตำแหน่ง คือ  $2^n$  ดังนั้นถ้าให้รหัสหนึ่งตัวประกอบไปด้วยบิต 1 หรือ บิต 0 จำนวน 11 ตำแหน่ง จะได้ค่าความเป็นไปได้ของรหัสทั้งหมดจำนวน คือ  $2^{11}$  ซึ่งเท่ากับ 2048 ตัว

แต่เพื่อให้รหัสแท่งมีความยาวคงที่จึงต้องกำหนดให้แถบกว้างและแถบแคบมีจำนวนคงที่สำหรับรหัสแท่งที่จะใช้แทนอักขระละตัว เนื่องจากเรากำหนดให้รหัสเลขฐานสอง 1 แทนแถบกว้าง และ 0 แทนแถบแคบ เมื่อพิจารณาจากค่าที่เป็นไปได้ดังตารางที่ 3.1 ถ้าต้องการให้มีแถบกว้าง 1 แถบ และแถบแคบ 2 แถบ จะต้องเลือกค่าที่มีบิต 1 จำนวน 1 ตัว และมีบิต 0 จำนวน 2 ตัว ซึ่งคือค่าที่อยู่ในลำดับที่ 4, 6 และ 7 แต่ถ้ากำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติมว่าต้องการรหัสแท่งที่มีแถบดำแคบ 1 แถบ, แถบดำกว้างหนึ่งแถบ และแถบขาวแคบหนึ่งแถบ ค่าในตารางที่ 3.1 ซึ่งตรงกับเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ ก็คือค่าที่อยู่ในลำดับที่ 7 ซึ่งมีรหัสเป็น 001 อย่างนี้เป็นต้น

เนื่องจากค่าความเป็นไปได้ของรหัสที่ได้จากการกำหนดเงื่อนไขให้แต่ละรหัสมีจำนวน  $n$  แถบ และมีแถบกว้างจำนวน  $r$  แถบ คือ  $n!/(n-r)!$  ดังนั้นถ้ากำหนดให้มีแถบกว้างจำนวน 5 แถบ จากทั้งหมด 11 แถบ จะได้ค่าความเป็นไปได้ของรหัสทั้งสิ้น คือ  $11!/6!5!$  ซึ่งเท่ากับ 462 รหัส

และเงื่อนไขสุดท้ายคือการกำหนดจำนวนบิต 1 ในแถบดำและแถบขาว โดยถ้ากำหนดให้มีบิต 1 ในแถบดำได้ 3 บิต และมีบิต 1 ในแถบขาวได้ 2 บิต ดังนั้นจะได้รหัสทั้งสิ้นจำนวน  $(6!/3!3!)*(5!/3!2!)$  ซึ่งเท่ากับ 200 รหัส

จากการวิจัยพบว่าจะต้องใช้เลขฐานสองจำนวน 11 ตำแหน่ง ในการกำหนดรหัสเพื่อให้ได้รหัสแท่ง ซึ่งจะถูกรเรียกว่า "รหัสแท่งภาษาไทย" ที่สามารถใช้แทนตัวอักษรภาษาอังกฤษ ตัวเลข ตัวอักษรพิเศษ ตัวอักษรภาษาไทย สระ วรรณยุกต์ และตัวเลขไทยได้ทั้งหมด ดังนั้นรหัสแท่งภาษาไทยนั้นจะต้องใช้รหัสเลขฐานสองจำนวน 11 ตัวประกอบกันเป็นรหัสแท่งหนึ่งรหัส และในรหัสเลขฐานสอง 11 ตัวประกอบนี้นั้นจะต้องมีตัวประกอบที่เป็นบิต 1 อยู่ 5 ตัวประกอบ ซึ่งจะอยู่ในแถบดำ 3 ตัวและอยู่ในแถบขาว 2 ตัว นั่นคือจะต้องกำหนดให้รหัสแท่งภาษาไทยหนึ่งรหัสประกอบไปด้วยแถบดำ 6 แถบ และแถบขาว 5 แถบ รวมเป็น 11 แถบ โดยใน 11 แถบนี้จะประกอบไปด้วยแถบดำกว้าง 3 แถบ แถบดำแคบ 3 แถบ แถบขาวกว้าง 2 แถบ และแถบขาวแคบ 3 แถบ สำหรับชุดของรหัสเลขฐานสองทั้งหมดที่ประกอบไปด้วยบิต 1 จำนวน 5 ตัว และบิต 0 จำนวน 6 ตัว แสดงดังตาราง ก.1 ในภาคผนวก ก

### การจัดกลุ่มรหัสเลขฐานสองที่ต้องการใช้

จากข้อกำหนดที่ว่ารหัสเลขฐานสองที่จะกำหนดขึ้นเพื่อใช้แทนรหัสแท่งภาษาไทย จะต้องประกอบไปด้วยบิต 1 จำนวน 5 ตัว และบิต 0 จำนวน 6 ตัว ส่วนรูปแบบของรหัสแท่งนั้นจะต้องประกอบไปด้วยแถบดำกว้าง 3 แถบ แถบดำแคบ 3 แถบ แถบขาวกว้าง 2 แถบ และแถบขาวแคบ 3 แถบ นั่นคือ ในส่วนของแถบดำจะต้องประกอบไปด้วยบิต 1 จำนวน 3 ตัว และบิต 0 จำนวน 3 ตัว ส่วนในส่วนของแถบขาวจะต้องประกอบไปด้วยบิต 1 จำนวน 2 ตัว และบิต 0 จำนวน 3 ตัว ดังนั้นจากตาราง ก.1 จะแบ่งบิตประกอบออกเป็น 2 ส่วน คือบิตประกอบของแถบดำ และบิตประกอบของแถบขาว ซึ่งแสดงดังตาราง ก.2 ในภาคผนวก ก จากนั้นทำการเลือกรหัสที่ตรงกับเงื่อนไข คือ มีบิตประกอบในแถบดำเป็นบิต 1 จำนวน 3 ตัว และบิต 0 จำนวน 3 ตัว ส่วนในแถบขาวจะมีบิตประกอบเป็นบิต 1 จำนวน 2 ตัว และบิต 0 จำนวน 3 ตัว ซึ่งจะสามารถแทนตัวอักษร ตัวเลข และตัวอักษรพิเศษได้ทั้งหมด 200 ตัว จำแนกตามกลุ่มของบิตประกอบในแถบขาว ดังแสดงในตาราง ก.3 ในภาคผนวก ก

### กำหนดกลุ่มของรหัสเพื่อแทนตัวอักษร ตัวเลข และตัวอักษรพิเศษ

จากกลุ่มของรหัสเลขฐานสองเพื่อใช้แทนรหัสแท่งที่ได้กำหนดขึ้นมาใหม่นี้ ซึ่งประกอบไปด้วยแถบดำที่มีบิต 1 จำนวน 3 ตัว และแถบขาวที่มีบิต 1 จำนวน 2 ตัว เมื่อพิจารณาจากกลุ่มรหัสเลขฐานสองของแถบขาว จะเห็นว่าเราสามารถจำแนกกลุ่มของรหัสเลขฐานสองของแถบขาวออกเป็น 4 กลุ่มด้วยกัน คือ

- 1) กลุ่มของรหัสเลขฐานสองที่มีบิต 1 ห่างกัน 3 ตำแหน่ง มีทั้งหมด 20 ตัว
- 2) กลุ่มของรหัสเลขฐานสองที่มีบิต 1 ห่างกัน 2 ตำแหน่ง มีทั้งหมด 40 ตัว
- 3) กลุ่มของรหัสเลขฐานสองที่มีบิต 1 ห่างกัน 1 ตำแหน่ง มีทั้งหมด 60 ตัว
- 4) กลุ่มของรหัสเลขฐานสองที่มีบิต 1 ติดกัน มีทั้งหมด 80 ตัว

จากกลุ่มของรหัสเลขฐานสองทั้ง 4 กลุ่มนี้ สามารถกำหนดกลุ่มของรหัสแท่งสำหรับตัวอักษร ตัวเลข และตัวอักษรพิเศษต่าง ๆ ดังนี้

- 1) ตัวเลขภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ถูกกำหนดให้อยู่ในกลุ่มของรหัสเลขฐานสองที่มีบิต 1 ห่างกัน 3 ตำแหน่ง (รหัสแท่งกลุ่มที่ 1) ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงอักขระของรหัสแท่งกลุ่มที่ 1

แถบดำ								แถบขาว					รูปแบบ	อักขระ
0	0	0	1	1	1		1	0	0	0	1		0	
0	0	1	0	1	1		1	0	0	0	1		1	
0	0	1	1	0	1		1	0	0	0	1		2	
0	0	1	1	1	0		1	0	0	0	1		3	
0	1	0	0	1	1		1	0	0	0	1		4	
0	1	0	1	0	1		1	0	0	0	1		5	
0	1	0	1	1	0		1	0	0	0	1		6	
0	1	1	0	0	1		1	0	0	0	1		7	
0	1	1	0	1	0		1	0	0	0	1		8	
0	1	1	1	0	0		1	0	0	0	1		9	
1	0	0	0	1	1		1	0	0	0	1		๐	
1	0	0	1	0	1		1	0	0	0	1		๑	
1	0	0	1	1	0		1	0	0	0	1		๒	
1	0	1	0	0	1		1	0	0	0	1		๓	
1	0	1	0	1	0		1	0	0	0	1		๔	
1	0	1	1	0	0		1	0	0	0	1		๕	
1	1	0	0	0	1		1	0	0	0	1		๖	
1	1	0	0	1	0		1	0	0	0	1		๗	
1	1	0	1	0	0		1	0	0	0	1		๘	
1	1	1	0	0	0		1	0	0	0	1		๙	

2) ตัวอักษรพิเศษต่าง ๆ จะถูกกำหนดให้อยู่ในกลุ่มของรหัสเลขฐานสองที่มีบิต 1 ห่างกัน 2 ตำแหน่ง (รหัสแท่งกลุ่มที่ 2) ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงอักขระของรหัสแท่งกลุ่มที่ 2

แถบดำ							แถบขาว				รูปแบบ	อักขระ	
0	0	0	1	1	1		0	1	0	0	1		space
0	0	1	0	1	1		0	1	0	0	1		!
0	0	1	1	0	1		0	1	0	0	1		“
0	0	1	1	1	0		0	1	0	0	1		#
0	1	0	0	1	1		0	1	0	0	1		\$
0	1	0	1	0	1		0	1	0	0	1		%
0	1	0	1	1	0		0	1	0	0	1		&
0	1	1	0	0	1		0	1	0	0	1		'
0	1	1	0	1	0		0	1	0	0	1		(
0	1	1	1	0	0		0	1	0	0	1		)
1	0	0	0	1	1		0	1	0	0	1		*
1	0	0	1	0	1		0	1	0	0	1		+
1	0	0	1	1	0		0	1	0	0	1		,
1	0	1	0	0	1		0	1	0	0	1		-
1	0	1	0	1	0		0	1	0	0	1		.
1	0	1	1	0	0		0	1	0	0	1		/
1	1	0	0	0	1		0	1	0	0	1		:
1	1	0	0	1	0		0	1	0	0	1		;
1	1	0	1	0	0		0	1	0	0	1		<
1	1	1	0	0	0		0	1	0	0	1		=

ตารางที่ 3.3 แสดงอักขระของรหัสแท่งกลุ่มที่ 2 (ต่อ)

แถบดำ								แถบขาว					รูปแบบ	อักขระ
0	0	0	1	1	1			1	0	0	1	0		>
0	0	1	0	1	1			1	0	0	1	0		?
0	0	1	1	0	1			1	0	0	1	0		@
0	0	1	1	1	0			1	0	0	1	0		[
0	1	0	0	1	1			1	0	0	1	0		\
0	1	0	1	0	1			1	0	0	1	0		]
0	1	0	1	1	0			1	0	0	1	0		^
0	1	1	0	0	1			1	0	0	1	0		-
0	1	1	0	1	0			1	0	0	1	0		{
0	1	1	1	0	0			1	0	0	1	0		
1	0	0	0	1	1			1	0	0	1	0		}
1	0	0	1	0	1			1	0	0	1	0		~
1	0	0	1	1	0			1	0	0	1	0		<
1	0	1	0	0	1			1	0	0	1	0		>
1	0	1	0	1	0			1	0	0	1	0		<<
1	0	1	1	0	0			1	0	0	1	0		>>
1	1	0	0	0	1			1	0	0	1	0		•
1	1	0	0	1	0			1	0	0	1	0		-
1	0	0	1	0	1			1	0	0	1	0		~

3) ตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวใหญ่ และตัวเล็ก ถูกกำหนดให้อยู่ในกลุ่มของรหัสเลขฐานสองที่มีบิต 1 ห่างกัน 3 ตำแหน่ง (รหัสแท่งกลุ่มที่ 3) ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงอักขระของรหัสแท่งกลุ่มที่ 3

แถบดำ							แถบขาว					รูปแบบ	อักขระ
0	0	0	1	1	1		0	0	1	0	1		A
0	0	1	0	1	1		0	0	1	0	1		B
0	0	1	1	0	1		0	0	1	0	1		C
0	0	1	1	1	0		0	0	1	0	1		D
0	1	0	0	1	1		0	0	1	0	1		E
0	1	0	1	0	1		0	0	1	0	1		F
0	1	0	1	1	0		0	0	1	0	1		G
0	1	1	0	0	1		0	0	1	0	1		H
0	1	1	0	1	0		0	0	1	0	1		I
0	1	1	1	0	0		0	0	1	0	1		J
1	0	0	0	1	1		0	0	1	0	1		K
1	0	0	1	0	1		0	0	1	0	1		L
1	0	0	1	1	0		0	0	1	0	1		M
1	0	1	0	0	1		0	0	1	0	1		N
1	0	1	0	1	0		0	0	1	0	1		O
1	0	1	1	0	0		0	0	1	0	1		P
1	1	0	0	0	1		0	0	1	0	1		Q
1	1	0	0	1	0		0	0	1	0	1		R
1	1	0	1	0	0		0	0	1	0	1		S
1	1	1	0	0	0		0	0	1	0	1		T
0	0	0	1	1	1		0	1	0	1	0		U

ตารางที่ 3.4 แสดงอักขระของรหัสแท่งกลุ่มที่ 3 (ต่อ)

แถบดำ							แถบขาว					รูปแบบ	อักขระ
0	0	1	0	1	1		0	1	0	1	0		V
0	0	1	1	0	1		0	1	0	1	0		W
0	0	1	1	1	0		0	1	0	1	0		X
0	1	0	0	1	1		0	1	0	1	0		Y
0	1	0	1	0	1		0	1	0	1	0		Z
0	1	0	1	1	0		0	1	0	1	0		a
0	1	1	0	0	1		0	1	0	1	0		b
0	1	1	0	1	0		0	1	0	1	0		c
0	1	1	1	0	0		0	1	0	1	0		d
1	0	0	0	1	1		0	1	0	1	0		e
1	0	0	1	0	1		0	1	0	1	0		f
1	0	0	1	1	0		0	1	0	1	0		g
1	0	1	0	0	1		0	1	0	1	0		h
1	0	1	0	1	0		0	1	0	1	0		i
1	0	1	1	0	0		0	1	0	1	0		j
1	1	0	0	0	1		0	1	0	1	0		k
1	1	0	0	1	0		0	1	0	1	0		l
1	1	0	1	0	0		0	1	0	1	0		m
1	1	1	0	0	0		0	1	0	1	0		n
0	0	0	1	1	1		1	0	1	0	0		o
0	0	1	0	1	1		1	0	1	0	0		p
0	0	1	1	0	1		1	0	1	0	0		q
0	0	1	1	1	0		1	0	1	0	0		r
0	1	0	0	1	1		1	0	1	0	0		s



ตารางที่ 3.4 แสดงอักขระของรหัสแท่งกลุ่มที่ 3 (ต่อ)

แถบดำ							แถบขาว					รูปแบบ	อักขระ
0	1	0	1	0	1		1	0	1	0	0		t
0	1	0	1	1	0		1	0	1	0	0		u
0	1	1	0	0	1		1	0	1	0	0		v
0	1	1	0	1	0		1	0	1	0	0		w
0	1	1	1	0	0		1	0	1	0	0		x
1	0	0	0	1	1		1	0	1	0	0		y
1	0	0	1	0	1		1	0	1	0	0		z
1	0	0	1	1	0		1	0	1	0	0		
1	0	1	0	0	1		1	0	1	0	0		
1	0	1	0	1	0		1	0	1	0	0		
1	0	1	1	0	0		1	0	1	0	0		
1	1	0	0	0	1		1	0	1	0	0		
1	1	0	0	1	0		1	0	1	0	0		
1	1	0	1	0	0		1	0	1	0	0		
1	1	1	0	0	0		1	0	1	0	0		

4) ตัวอักษรภาษาไทยทั้งสระ และพยัญชนะ ถูกกำหนดให้อยู่ในกลุ่มของรหัสเลขฐานสองที่มีบิต 1 ติดกัน (รหัสแท่งกลุ่มที่ 4) ดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงอักขระของรหัสแท่งกลุ่มที่ 4

แถบดำ								แถบขาว					รูปแบบ	อักขระ
0	0	0	1	1	1			0	0	0	1	1		ก
0	0	1	0	1	1			0	0	0	1	1		ข
0	0	1	1	0	1			0	0	0	1	1		ค
0	0	1	1	1	0			0	0	0	1	1		ง
0	1	0	0	1	1			0	0	0	1	1		จ
0	1	0	1	0	1			0	0	0	1	1		ฉ
0	1	0	1	1	0			0	0	0	1	1		ช
0	1	1	0	0	1			0	0	0	1	1		ซ
0	1	1	0	1	0			0	0	0	1	1		ฌ
0	1	1	1	0	0			0	0	0	1	1		ฎ
1	0	0	0	1	1			0	0	0	1	1		ฏ
1	0	0	1	0	1			0	0	0	1	1		ฐ
1	0	0	1	1	0			0	0	0	1	1		ฑ
1	0	1	0	0	1			0	0	0	1	1		ฒ
1	0	1	0	1	0			0	0	0	1	1		ณ
1	0	1	1	0	0			0	0	0	1	1		ด
1	0	1	1	1	0			0	0	0	1	1		ต
1	1	0	0	0	1			0	0	0	1	1		ก
1	1	0	0	1	0			0	0	0	1	1		ข
1	1	0	1	0	0			0	0	0	1	1		ค
1	1	1	0	0	0			0	0	0	1	1		ง
0	0	0	1	1	1			0	0	1	1	0		ก

ตารางที่ 3.5 แสดงอักขระของรหัสแท่งกลุ่มที่ 4 (ต่อ)

แถบดำ							แถบขาว				รูปแบบ	อักขระ	
0	0	1	0	1	1		0	0	1	1	0		ด
0	0	1	1	0	1		0	0	1	1	0		ต
0	0	1	1	1	0		0	0	1	1	0		ถ
0	1	0	0	1	1		0	0	1	1	0		น
0	1	0	1	0	1		0	0	1	1	0		บ
0	1	0	1	1	0		0	0	1	1	0		ป
0	1	1	0	0	1		0	0	1	1	0		ผ
0	1	1	0	1	0		0	0	1	1	0		ฝ
0	1	1	1	0	0		0	0	1	1	0		พ
1	0	0	0	1	1		0	0	1	1	0		ฟ
1	0	0	1	0	1		0	0	1	1	0		ภ
1	0	0	1	1	0		0	0	1	1	0		ม
1	0	1	0	0	1		0	0	1	1	0		ย
1	0	1	0	1	0		0	0	1	1	0		ร
1	0	1	1	0	0		0	0	1	1	0		ฤ
1	1	0	0	0	1		0	0	1	1	0		ล
1	1	0	0	1	0		0	0	1	1	0		ฬ
1	1	0	1	0	0		0	0	1	1	0		ว
1	1	1	0	0	0		0	0	1	1	0		ศ
0	0	0	1	1	1		0	1	1	0	0		ษ
0	0	1	0	1	1		0	1	1	0	0		ส
0	0	1	1	0	1		0	1	1	0	0		ห
0	0	1	1	1	0		0	1	1	0	0		ฬ
0	1	0	0	1	1		0	1	1	0	0		อ

ตารางที่ 3.5 แสดงอักขระของรหัสแท่งกลุ่มที่ 4 (ต่อ)

แถบดำ							แถบขาว				รูปแบบ	อักขระ	
0	1	0	1	0	1		0	1	1	0	0		๗
0	1	0	1	1	0		0	1	1	0	0		๘
0	1	1	0	0	1		0	1	1	0	0		๙
0	1	1	0	1	0		0	1	1	0	0		๐
0	1	1	1	0	0		0	1	1	0	0		๑
1	0	0	0	1	1		0	1	1	0	0		๒
1	0	0	1	0	1		0	1	1	0	0		๓
1	0	0	1	1	0		0	1	1	0	0		๔
1	0	1	0	0	1		0	1	1	0	0		๕
1	0	1	0	1	0		0	1	1	0	0		๖
1	0	1	1	0	0		0	1	1	0	0		๗
1	1	0	0	0	1		0	1	1	0	0		๘
1	1	0	0	1	0		0	1	1	0	0		๙
1	1	0	1	0	0		0	1	1	0	0		๐
1	1	1	0	0	0		0	1	1	0	0		๑
0	0	0	1	1	1		1	1	0	0	0		๒
0	0	1	0	1	1		1	1	0	0	0		๓
0	0	1	1	0	1		1	1	0	0	0		๔
0	0	1	1	1	0		1	1	0	0	0		๕
0	1	0	0	1	1		1	1	0	0	0		๖
0	1	0	1	0	1		1	1	0	0	0		๗
0	1	0	1	1	0		1	1	0	0	0		๘
0	1	1	0	0	1		1	1	0	0	0		๙
0	1	1	0	1	0		1	1	0	0	0		๐

ตารางที่ 3.5 แสดงอักขระของรหัสแท่งกลุ่มที่ 4 (ต่อ)

แถบดำ						แถบขาว						รูปแบบ	อักขระ
0	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0		-	
1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0		+	
1	0	0	1	0	1	1	1	0	0	0		°	
1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0		°	
1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0		°	
1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0		°	
1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0		°	
1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0		°	
1	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0		°	
1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0		°	
1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0		°	

### การสร้างและทดสอบการ์ดอินเตอร์เฟสเพื่อใช้ในการอ่านรหัสแท่ง

ในการทดสอบอุปกรณ์ที่จะใช้ในการอ่านรหัสแท่งนั้น ขั้นแรกได้ทำการทดสอบหัวอ่าน โดยการจ่ายไฟ 5V ให้กับหัวอ่านตามขาที่มีในวงจร หลังจากนั้นนำหัวอ่านนี้ไปจ่อกับกระดาษสี ขาวหรือแถบขาวแล้วทำการลากหัวอ่าน เมื่อวัดแรงดันที่ขาเอาต์พุตของหัวอ่านปรากฏว่ามีแรงดัน ประมาณ 0.1V แต่เมื่อนำไปจ่อกับแถบดำปรากฏว่าวัดแรงดันได้ประมาณ 4.5V แสดงว่าแถบสีดำ จะให้สัญญาณเอาต์พุตจากหัวอ่านเป็นลอจิก 1 และแถบสีขาวจะให้สัญญาณเอาต์พุตจากหัวอ่าน เป็นลอจิก 0

ขั้นต่อมาคือการสร้างการ์ดอินเตอร์เฟสสำหรับอ่านรหัสแท่ง ตามวงจรที่ได้กล่าวถึงในบท ที่ 2 และทำการทดสอบการ์ดอินเตอร์เฟสร่วมกับหัวอ่าน โดยการนำการ์ดอินเตอร์เฟสเสียบใน สล็อตของคอมพิวเตอร์และต่อหัวอ่านเข้ากับการ์ดอินเตอร์เฟสแล้วทดสอบหัวอ่านด้วยโปรแกรม ทดสอบหัวอ่านที่เขียนโดยภาษาแอสเซมบลี ดังต่อไปนี้

```

code_segment
    assume cs:code_seg
main    proc    near
        mov    dx, 140h
        mov    ah, 02h
        in     al, dx
        mov    cx, 7h
        shr   al, cl
        and   al, 0001h
        add   al, 0030h
        mov   dl, al
        int   21h
        mov   cx, 2
        loop  main
main    endp
code_seg    ends
end

```

เมื่อสั่งให้โปรแกรมนี้ทำงานจะสามารถทดสอบกับหัวอ่านได้โดยการนำหัวอ่านไปลากผ่านแถบสีขาวและแถบสีดำสลับกันไป เมื่อสังเกตผลที่ได้บนจอภาพจะเห็นว่ามิต 0 และมิต 1 ปรากฏขึ้นมาสลับกันไปตามความแตกต่างของแถบ คือ ถ้าลากหัวอ่านผ่านแถบสีขาวจะมีการสะท้อนแสงเกิดขึ้นจะได้ผลที่ปรากฏบนจอภาพเป็นมิต 0 แต่ถ้าลากหัวอ่านผ่านแถบสีดำผลที่ปรากฏบนจอภาพจะเป็นมิต 1 ซึ่งหมายความว่าทั้งหัวอ่านและการ์คอินเตอร์เฟสใช้งานได้ดี