บทที่ ๑

บทนำ

ความเป็นมาของปัญหา

ปัจจุบันนี้บัตรโฮเลอริท (Hollerith Card) ยังเป็นที่นิยมใช้กันอยู่ โดยใช้เป็นตัวกลางในการนำข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ ข้อมูลถูกบันทึกลงบนบัตรโดยใช้เครื่องเจาะบัตร เจาะรูตรงตำแหน่งเจาะ (punching position) ให้ตรงตามรหัสโฮเลอริท (Hollerith Card Code) ในขณะที่ทำการเจาะบัตรนั้น ถ้ามีเครื่องพิมพ์ดีดที่สามารถพิมพ์อักขระตรงตามรหัสที่ถูกบันทึกนั้นออกมาด้วยก็จะสะดวกในการตรวจสอบข้อมูลที่บันทึกอยู่บนบัตร โดยดูจากกระดาษพิมพ์ดีดไม่ต้องนำบัตรมาตรวจสอบทีละใบ ซึ่งจะล่าช้าและไม่สะดวก โดยเฉพาะเครื่องเจาะบัตรชนิดที่ไม่สามารถพิมพ์อักขระบนบัตรออกมาให้ขณะทำการเจาะบัตรก็จะลำบากในการตรวจว่าได้เจาะอะไรไว้บ้างแล้ว แต่ถ้ามีเครื่องพิมพ์ดีดดังกล่าวข้างต้นก็สามารถดูได้จากกระดาษพิมพ์ดีด และหลังจากเจาะบัตรเสร็จแล้วก็สามารถเห็นรายละเอียดตลอดทั้งโปรแกรมซึ่งจะสะดวกต่อการตรวจสอบ ถ้ามีอะไรผิดพลาดก็จะได้แก้ไขก่อนนำบัตรเข้าเครื่องอ่านบัตรเพื่อส่งข้อมูลเข้าเครื่องคอมพิวเตอร์ต่อไป ซึ่งจะเป็นการประหยัดเวลาในการตรวจบัตรมาก

โดยเฉพาะในการเจาะบัตรที่เป็นรหัสของอักขระภาษาไทย เครื่องเจาะบัตรไม่ได้พิมพ์อักขระออกมาให้ และถึงแม้ว่าจะมีเครื่องเจาะบัตรที่สามารถพิมพ์อักขระออกมาตรงตามรหัสที่เจาะอยู่บนบัตรก็ตามก็จะปรากฏว่าอักขระที่พิมพ์ออกมาบนบัตรนั้นทั้งสระ, พยัญชนะ, ตัวเลข และอักขระพิเศษอื่น ๆ อยู่บนบรรทัดเดียวกันหมดย่อมไม่สะดวกต่อการอ่าน ซึ่งถ้ามีเครื่องพิมพ์ดีดที่สามารถพิมพ์อักขระภาษาไทยออกมาให้ตรงกับรหัสอักขระที่เจาะอยู่บนบัตรขณะทำการเจาะบัตร ก็จะสะดวกต่อการตรวจสอบข้อมูลที่บันทึกอยู่บนบัตร

วัตถุประสงค์ของปัญหา

๑ ออกแบบวงจรแปลรหัสจากเครื่องเจาะบัตรเป็นรหัสเครื่องพิมพ์ดีด ไอ บี เอ็ม ไทย-อังกฤษ

๒ สร้างวงจรที่สมบูรณ์ขึ้นทดลองใช้งาน

ประโยชน์ที่จะได้จากการวิจัย

๑ เป็นการนำเอาความรู้ด้านดิจิทอลลอจิก (Digital Logic) มาทดลองใช้งานจริง ๆ

๒ เมื่อทำเสร็จแล้วจะอำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้เครื่องเจาะบัตรแบบที่ไม่สามารถพิมพ์อักขระบนหัวออกมาให้ โดยเครื่องพิมพ์ดีดจะพิมพ์ข้อมูลที่เจาะบนบัตรออกมาให้แทน โดยเฉพาะการเจาะบัตรรหัสอักขระภาษาไทยก็จะสามารถอ่านข้อมูลที่เจาะลงบนบัตรได้โดยง่ายจากกระดาษพิมพ์ดีด

๓ ทำให้ประหยัดเวลาการตรวจสอบข้อมูลที่เจาะบนบัตร เพราะหลังจากเจาะบัตรเสร็จแล้วก็สามารถดูรายละเอียดได้ตลอดทั้งโปรแกรมจากกระดาษพิมพ์ดีดโดยไม่ต้องนำบัตรมาตรวจทีละใบ

๔ เป็นแนวทางให้ผู้สนใจวิชาการทางด้านนี้ได้ใช้ศึกษาต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

๑ ศึกษาการทำงานของเครื่องเจาะบัตร

๒ ศึกษาการทำงานของเครื่องพิมพ์ดีดไอ บี เอ็ม ไทย-อังกฤษ แบบลูกกอล์ฟ

๓ ศึกษาการทำงานของลอจิกเกท (Logic gate) ต่าง ๆ

๔ ออกแบบวงจรที่เหมาะสม เพื่อแปลรหัสจากเครื่องเจาะบัตรเป็นรหัสเครื่องพิมพ์ดีด ไอ บี เอ็ม ไทย-อังกฤษ โดยวงจรที่ใช้จะใช้ ไอ ซี (IC) ที่มีขายในท้องตลาดเป็นส่วนใหญ่

๕ ออกแบบวงจรขยายสัญญาณไฟฟ้าจาก ทีทีแอล (TTL) เป็นสัญญาณกระแสไฟฟ้าให้กับขดลวดแม่เหล็ก

๖ สร้างวงจรตามแบบที่ออกไว้ แล้วนำไปทดลองใช้งาน

๗ สรุปผลการค้นคว้าวิจัย

นิยามของคำต่าง ๆ ที่ใช้เป็นภาษาเทคนิค

ลอจิกเกท (Logic gate) เป็นสวิทช์ไฟฟ้าทางตรรก ซึ่งให้กระแสไฟฟ้า, สัญญาณ หรือพัลซ์ไหลผ่านหรือหยุด โดยเกทจะให้เอาท์พุทอันหนึ่งออกมาซึ่งมีสภาวะเป็นไปตามกฎที่แน่นอน เช่น ๒ อินพุท AND GATE จะให้ผลจริงเมื่ออินพุททั้ง ๒ เป็นจริง

ไอ ซี (IC: Integrated Circuit) เป็นวงจรที่ต่อวงจรหลาย ๆ วงจรไว้เข้าด้วยกัน

บิท (BIT) เป็นคำย่อมาจาก Binary Information Digit เป็นหน่วยข่าวสารเล็กที่สุด ซึ่งสามารถเก็บในฟลิปฟลอป ๑ ตัวได้ จำนวน ๑ บิท คือตัวเลขเดี่ยว ๆ ของกลุ่มตัวเลขฐานสอง เช่น ๑๐๑๐๑ จะมี ๕ บิท ในคอมพิวเตอร์ ๑ บิท โดยทั่วไปใช้แทนหนึ่งพัลซ์

ทีทีแอล (TTL: Transistor Transistor Logic) เป็นตระกูลตรรกตระกูลหนึ่ง ซึ่งนิยมใช้มากที่สุดในปัจจุบัน

หน่วยความจำ (Memory Cell) เป็นส่วนที่ใช้เก็บข้อมูลที่เป็นเลขฐานสอง ๑ หน่วยความจำสามารถเก็บข้อมูลที่เป็นเลขฐานสองได้ ๑ ตัว

ตำแหน่งที่อยู่ (Address) เป็นที่เฉพาะซึ่งสามารถแทนด้วยชื่อ หรือตัวเลขในทางคอมพิวเตอร์จะใช้กลุ่มของเลขฐานสองสำหรับบอกตำแหน่งที่เก็บข้อมูลหรือตำแหน่งที่อยู่ของข้อมูล

ดีโคดเดอร์ (Decoder) หรือวงจรถอดรหัส เป็นวงจรซึ่งจะทำให้เส้นเอาท์พุทเส้นหนึ่งที่ตรงกับแบบผสมของอินพุทที่มันแทนมีลอจิกเป็น ๑ เท่านั้น เส้นเอาท์พุทอื่นๆจะมีลอจิกเป็น ๐

ซิงโครไนซ์ (Synchronize) หมายถึงการทำงานที่มีจังหวะสอดคล้องกัน

รีเซ็ท (Reset) หมายถึงการทำให้ชิ้นส่วนความจำ ฟลิปฟลอป มีค่าอยู่ในสถานะปรกติของมัน โดยปรกติมักมีลอจิกเป็น "๐"

คีย์บอร์ดซโทรบ (Keyboard Strobe) เป็นสัญญาณร่วมของเครื่องเจาะบัตร คือจะมีสัญญาณนี้เกิดขึ้นทุกครั้งที่มีการกดแป้นอักขระอันใดอันหนึ่งบนคีย์บอร์ด

ไดรเวอร์ (Driver) เป็นชิ้นส่วนอีเลคทรอนิคส์ที่รับสัญญาณตรรกทั่วไป เช่น สำหรับทีทีแอล แล้วทำให้เอาท์พุทของมันสามารถรับหรือจ่ายกระแสจำนวนมากขึ้น ซึ่งสามารถทำให้ รีเลย์หรือหลอดไฟทำงานได้

ดิจิท (Digit) เป็นสัญญลักษณ์สำหรับแทนเลขจำนวนนับ ซึ่งรวมเลข ๐ ด้วยเช่นเลขฐานสิบก็คือ เลขจำนวนเต็มตัวใดตัวหนึ่งตั้งแต่ ๐ ถึง ๙

อินพุท (Input) เป็นขบวนการหรือช่องทางที่เกี่ยวข้องกับการป้อนข้อมูลหรือทำให้เป็นข้อมูล

เอาท์พุท (Output) เป็นขบวนการหรือช่องทางที่เกี่ยวกับผลลัพธ์ที่ได้

สดมภ์ (Column) คือการจัดตัวอยู่ในแนวตั้ง ในทางคอมพิวเตอร์สดมภ์หมายถึง แถวเดี่ยว ๆ ของตำแหน่งที่จะเจาะรูขนานกับด้านกว้างของบัตร

แถว (Row) คือการจัดตัวอยู่ในแนวราบ ในทางคอมพิวเตอร์แถวหมายถึง แถวเดี่ยว ๆ ของตำแหน่งที่จะเจาะรูขนานกับด้านยาวของบัตร

ตารางค่าความจริง (Truth table) ในทางคณิตศาสตร์เป็นตารางที่บอกความเป็นไปได้ทั้งหมด และแสดงค่าตามสมการบูลีน ในวงจรลอจิกตารางนี้ใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอินพุท และเอาท์พุทของวงจรลอจิก

รหัสของเครื่องเจาะบัตร (Keypunch Codes) ในทางคอมพิวเตอร์หมายถึง กลุ่มของตัวเลขฐานสองที่ใช้เป็นรหัสแทนอักขระ สำหรับรหัสของเครื่องเจาะบัตรจะเป็น ๑๒ บิท ซึ่งรหัสของอักขระแต่ละตัวดูได้จากรูบนบัตรตรงตำแหน่งเจาะของแต่ละสดมภ์ ถ้าเจาะรูให้หมายถึง ลอจิก "๑" ไม่เจาะหมายถึง ลอจิก "๐"

คำ (word) คือกลุ่มของตัวเลขฐานสองที่จัดเรียงกันในลักษณะต่าง ๆ กัน แต่ละลักษณะจะใช้แทนอักขระ ๑ ตัว หรือ ๑ คำ และสามารถเก็บอยู่ในตำแหน่งที่อยู่ ๑ แห่ง

รหัสของเครื่องพิมพ์ดีด (Typewriter Codes) อักขระต่าง ๆ ของเครื่องพิมพ์ดีดเขียนแทนได้ด้วยรหัส ๗ บิท โดยแต่ละบิทจะแทนแล็ชอินเทอโพเซอร์ (Latch Interposer) หรือคาน (Lever) ที่ทำหน้าที่ต่าง ๆ กัน ๑ อันของเครื่องพิมพ์ดีด ๒ บิทแรกจะแทนรหัสการเลือกแถวหรือวงแหวนหนึ่งในสี่ที่อยู่บนลูกกอล์ฟ ส่วนอีก ๕ บิทจะทำหน้าที่เลือกตำแหน่งของอักขระบนแต่ละแถว

โซน (Zone) รหัสของบัตรในแต่ละสดมภ์ประกอบด้วย ๑๒ บิท ๓ บิทแรกเรียกว่า โซนบิท จะอยู่บนแถวที่ ๑๒, ๑๑ และ ๐ ของบัตร

รอม (ROM: Read Only Memory) เป็นชิ้นส่วนความจำที่หลังจากทำให้มันเก็บข้อมูลแล้ว สามารถอ่านออกมาได้อย่างเดียว ไม่สามารถที่จะทำให้มันเก็บข้อมูลลับลงไปได้อีก

พรอม (PROM: Programmable Read Only Memory) เป็นชิ้นส่วนความจำที่สามารถทำให้มันเก็บข้อมูลตามที่เราต้องการได้ แต่หลังจากนั้นก็จะทำหน้าที่เป็นรอม

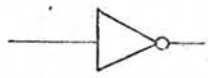
พัลซ (pulse) เป็นคลื่นสัญญาณที่ส่งรหัสหรือข้อมูล ๑ พัลซ หมายถึง ๑ ลูกคลื่น

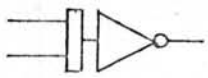
รหัสโฮเลอริท (Hollerith Card Codes) เป็นรหัสแบบหนึ่งซึ่งใช้วิธีการเจาะรูลงบนบัตรโฮเลอริท เป็นรหัสแทนอักขระแต่ละตัว บัตรโฮเลอริท ๑ ใบ จะมี ๘๐ สดมภ์ ในแต่ละสดมภ์จะมี ๑๒ แถว โดยแถวบนสุด ๓ แถว เรียกว่า Zone punches ประกอบด้วย โซน ๑๒, โซน ๑๑ และโซน ๐ ถัดลงมาจะเป็น Digit punches ประกอบด้วย ดิจิท ๑ ถึง ๙ รหัสของอักขระแต่ละตัวดูได้จากรูตรงตำแหน่งเจาะที่อยู่ใน ๑ สดมภ์ เช่น อักษร A จะแทนด้วย โซน ๑๒ และดิจิท ๑

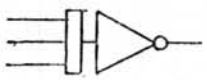
ตำแหน่งเจาะ (Punching position) เป็นตำแหน่งเฉพาะ ซึ่งจะอยู่ตรงจุดตัดกันของสดมภ์ และแถว บนบัตรโฮเลอริทจะมีตำแหน่งเจาะทั้งหมดอยู่ ๑๒x๘๐ ตำแหน่ง รูที่เจาะจะต้องครอบคลุมตำแหน่งตรงจุดตัดจึงจะถือว่าถูกต้อง

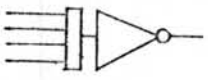
มิลลิวินาที (Millisecond) เป็นหน่วยของเวลาหน่วยหนึ่ง ซึ่ง ๑ มิลลิวินาที เท่ากับ ๑/๑๐๐๐ วินาที

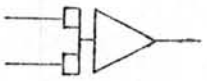
สัญญลักษณ์ที่ใช้เขียนอยู่ในวงจร

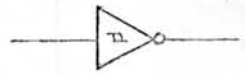

ให้หมายถึง INVETER


ให้หมายถึง NAND Gate ที่มี ๒ อินพุท

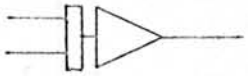

ให้หมายถึง NAND Gate ที่มี ๓ อินพุท


ให้หมายถึง NAND Gate ที่มี ๔ อินพุท


ให้หมายถึง OR Gate ที่มี ๒ อินพุท



ให้หมายถึง Schmitt Trigger Inverter



ให้หมายถึง AND Gate ที่มี ๒ อินพุท

รหัสของเครื่องเจาะบัตร (Keypunch Codes)

รหัสของเครื่องเจาะบัตรที่แทนอักขระภาษาอังกฤษ และอักขระภาษาไทยสามารถดูได้จากรูที่ปรากฏบนบัตรโฮเลอริทตรงตำแหน่งเจาะของแต่ละสดมภ์ (column) รูที่ปรากฏในหนึ่งสดมภ์จะแทนอักขระหนึ่งตัว

รหัสที่ใช้แทนอักขระภาษาอังกฤษและภาษาไทยของเครื่องเจาะบัตรดูได้จากรูที่ปรากฏบนบัตรโฮเลอริท จะได้รหัสออกมาตามตารางที่ ๑

ดิจิท / โซน		1	2	3	4	5	6	7	8	9
12	&	A	B	C	D	E	F	G	H	I
11	-	J	K	L	M	N	Ø	P	Q	R
0	0	/	S	T	U	V	W	X	Y	Z
Δ		1	2	3	4	5	6	7	8	9
12-8			¢	.	<	(	+			
11-8			!	$	*	)	;			
0-8				,	%	_	>	?		
8			:	#	@	'	=	"		
12-0		ข		ค	ต	ฆ	ง	จ	ฉ	ช
12-0-8		ก	ซ	ฌ	ญ	ฏ	ฏ	ฐ		
12-11		ฒ	ณ	ด	ต	ถ	ท	ธ	น	บ
12-11-8		ฑ	ป	ผ	ฝ	พ	ฟ	ภ		
11-0		ย	ร	ฤ	ล	ฦ	ว	ศ	ษ	ส
11-0-8		ม	ห	ฬ	อ	ฮ	ะ	ั		
12-11-0		ำ	ิ	ี	ึ	ื	ุ	ู	เ	แ
12-11-0-8		า	โ	ใ	ไ		่	้		
12-0-8-9			๙	๐	๘	๗	ๆ	ๆ		

ตารางที่ ๑ รหัสเครื่องเจาะบัตรที่แทนอักขระภาษาอังกฤษและอักขระภาษาไทย

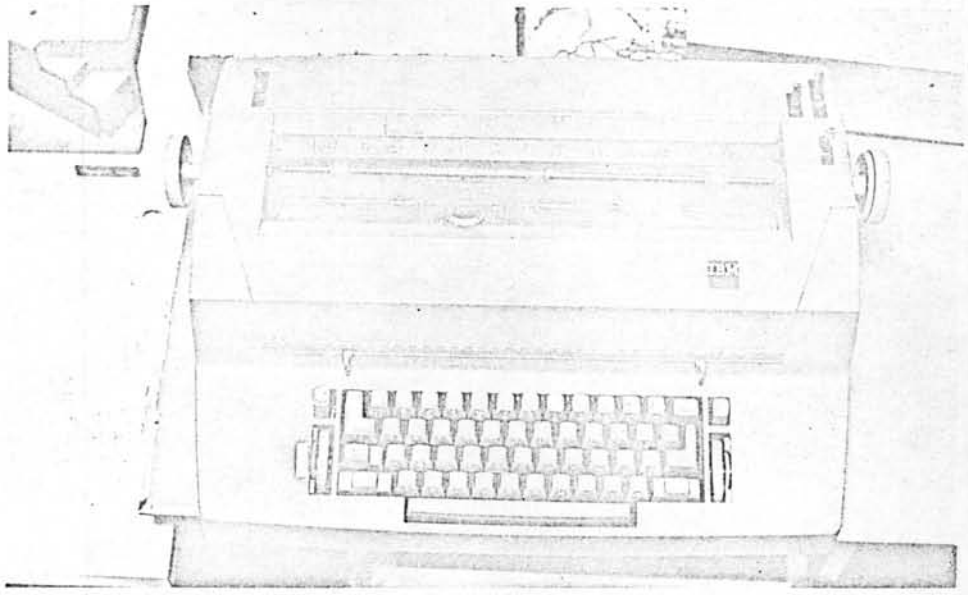
การควบคุมหน้าที่พิเศษของเครื่องเจาะบัตร

เครื่องเจาะบัตรมีแป้นไว้กดเพื่อส่งสัญญาณไปควบคุมหน้าที่พิเศษของเครื่องเจาะบัตรอยู่หลายหน้าที่ด้วยกันคือ เว้นวรรค (SPACE), ถอยหลัง (BACK SPACE), เจาะซ้ำสดมภ์เดิม (MULT PCH), เจาะเหมือน (DUP), เจาะเหมือน ๑ สดมภ์ (COL DUP), แก้ (CORR), บัดทิ้ง (EJECT), ป้อน (FEED), เจาะชิดย่อหน้าขวา (+RJ), เจาะชิดย่อหน้าซ้าย (−RJ), ลบทิ้ง (CLEAR), ตั้งย่อหน้า (SKIP), กลับตั้งต้นใหม่ (HOME), ตัวเลข (NUMERIC), ตัวอักษร (ALPHA)

กลไกการเลือกอักขระของเครื่องพิมพ์ดีดแบบลูกกอล์ฟ

กลไกการทำงานของเครื่องพิมพ์ดีดนั้นส่วนที่ทำหน้าที่พิมพ์ก็คือ ลูกกอล์ฟ (golf ball) ซึ่งมีลักษณะเป็นลูกทรงกลมกลวงมีอักขระตัวนูนอยู่ทั้งหมด ๘๘ ตัว จัดเรียงกันเป็นวงแหวนตามแนวนอน ๔ วง แต่ละวงมีอักขระอยู่ ๒๒ ตัว ในรูปที่ ๑ แสดงตำแหน่งของลูกกอล์ฟที่ติดตั้งอยู่บนคันส่ง (carriage) ขณะหยุดนิ่ง อักขระตัวพิมพ์เล็ก (lower case) จะอยู่บนครึ่งทรงกลมด้านที่ใกล้กับกระดาษ ส่วนอักขระตัวพิมพ์ใหญ่ (upper case) อยู่บนครึ่งทรงกลมด้านตรงข้ามกับตัวพิมพ์เล็ก โดยอักขระตัวพิมพ์เล็กและตัวพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันจะอยู่ตรงข้ามกันพอดี ในการใช้เครื่องพิมพ์ดีดนั้นถ้าไม่มีการกดแป้นยกแคร่ (shift key) ลูกกอล์ฟจะอยู่ในตำแหน่งที่พร้อมจะพิมพ์อักขระตัวพิมพ์เล็ก แต่ถ้ามีการกดแป้นยกแคร่จะทำให้ลูกกอล์ฟหมุนทวนเข็มนาฬิกาไป ๑๘๐ องศา อยู่ในลักษณะที่จะพิมพ์อักขระตัวพิมพ์ใหญ่ การเลือกพิมพ์อักขระตัวใดตัวหนึ่งจาก ๔๔ ตัว (ซึ่งอยู่บน ๔ ครึ่งวงแหวน ครึ่งวงละ ๑๑ ตัว โดยอยู่ถัดจากตำแหน่งที่ลูกกอล์ฟหยุดนิ่งไปทางซ้าย ๕ ตัว และอยู่ถัดจากตำแหน่งที่ลูกกอล์ฟหยุดนิ่งไปทางขวาอีก ๕ ตัว) ทำได้โดยทำให้ลูกกอล์ฟยกเอียงขึ้นหรือกดเอียงลงและหมุนไปทางซ้ายหรือทางขวาแล้วลูกกอล์ฟก็ตีไปข้างหน้าชนกับริบบอน (ribbon) และกระดาษ โดยลูกกอล์ฟติดตั้งอยู่กับคันส่งซึ่งจะเคลื่อนที่ตั้งฉากกับหน้ากระดาษ

ลูกกอล์ฟทำงานได้โดยอาศัยระบบการทำงานของสลัก (latch) ลูกรอก (pulley) และคาน (lever) ซึ่งสิ่งเหล่านี้ทำงานได้โดยอาศัยคานยกแคร่ ๑ อัน ซึ่งทำหน้าที่เลือกตัวพิมพ์ใหญ่หรือพิมพ์เล็กและแล็ชอินเทอโพเซอร์ (Latch Interposer) อีก ๖ อัน แต่ละอันทำหน้าที่ต่างกัน คือ แล็ช อินเทอโพเซอร์ ๒ อันแรกในที่นี้แทนด้วย T1 และ T2 จะเคลื่อนที่หรือหยุดนิ่งเป็นไปได้ต่างกัน



รูปที่ ๑ ภาพของลูกกอล์ฟ ไอ บี เอ็ม Courier 12 ซึ่งติดตั้งอยู่บนแกนหันส่งในตำแหน่งหยุดนิ่ง

อยู่ ๔ แบบ (4 combinations) เพื่อที่จะเป็นตัวกำหนดองศาการเอียงตัวของลูกกอล์ฟเพื่อจะเลือกวงแหวนวงใดวงหนึ่งใน ๔ วง แล็ช อินเทอโพเซอร์อีก ๓ อันซึ่งจะเขียนแทนด้วย R1, R2 และ R2A เป็นตัวที่จะกำหนดให้ลูกกอล์ฟหมุนทวนเข็มนาฬิกาไปอยู่ที่ตำแหน่ง ๑, ๒, ๓, ๔ หรือ ๕ ถัดจากตำแหน่งหยุดนิ่ง และยังมีแล็ชอินเทอโพเซอร์อีกอันหนึ่งแทนด้วย R5 ซึ่งถ้าR5 เคลื่อนที่ลูกกอล์ฟจะหมุนตามเข็มนาฬิกาไป ๙๐ องศา แล้วจึงหมุนกลับทวนเข็มนาฬิกามายังตำแหน่งของอักขระ ๑ ใน ๕ ที่อยู่ทางซ้ายของตำแหน่งหยุดนิ่งเดิมโดยการกำหนดของ R1, R2 และ R2A เมื่อไรก็ตามที่ R1, R2 และ R2A เคลื่อนที่หรือทำงานพร้อมกันหมด แต่ R5 ไม่เคลื่อนที่หรือไม่ทำงาน อักขระที่อยู่ตรงตำแหน่งกึ่งกลางของแต่ละวงก็จะถูกเลือกพิมพ์

ในการเลือกพิมพ์อักขระที่ต้องการจำเป็นต้องทราบตำแหน่งของอักขระแต่ละตัวบนลูกกอล์ฟ และต้องทราบถึงการเคลื่อนที่ของแล็ช อินเทอโพเซอร์ T1, T2, R1, R2, R2A และ R5 เพื่อที่จะนำไปสู่ตำแหน่งของอักขระที่ต้องการนั้น การระบุตำแหน่งของอักขระโดยอาศัยการเคลื่อนที่หรือไม่เคลื่อนที่ของแล็ชอินเทอโพเซอร์ทั้ง ๖ อันนั้น แสดงอยู่ในรูปที่ ๒

		อักขระพิมพ์ใหญ่											อักขระพิมพ์เล็ก											รหัสการเอียง	
		-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	-5	-4	-3	-2	-1	0	+1	+2	+3	+4	+5	T2	T1
ลูกกอล์ฟ ภาษาอังกฤษ		!	#	&	*	$	Z	@	%	¢	)	(	1	3	7	8	4	z	2	5	6	0	9	1	1
		X	U	D	C	L	T	N	E	K	H	B	x	u	d	c	l	t	n	e	k	h	b	1	0
		M	V	R	A	O	½	.	"	I	S	W	m	v	r	a	o	½	.	'	i	s	w	0	1
		G	F	:	,	?	J	+	P	Q	Y	_	g	f	;	,	/	j	=	p	q	y	-	0	0
รหัสการหมุน	R 5	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0		
	R 2	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0		
	R 1	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	1	0		
	R 2A	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0		
ลูกกอล์ฟ ภาษาไทย		ฯ	๒	ั	๕	๓	(	๑	๔	ุ	๗	๖	ล	/	็	ค	ภ	ผ	-	ถ	ุ	จ	ต	1	1
		)	่	ฏ	ฉ	ศ	ธ	์	ฏ	ษ	๋	?	ป	๊	ก	แ	ส	ะ	๋	ำ	า	้	๊	1	0
		,	ย	ท	ฤ	ฯ	ฆ	ฟ	_	ฌ	ฆ	"	ท	อ	พ	ฟ	น	บ	ใ	ง	ร	ห	ไ	0	1
		ฌ	โ	ช	ฒ	ฦ	ฺ	๙	ญ	๐	%	๘	เ	ด	ว	ม	ฝ	'	ช	ย	ๆ	๊	ข	0	0
							ตำแหน่งหยุด											ตำแหน่งหยุด							

T คือรหัสการเอียงตัวของลูกกอล์ฟ

R คือรหัสการหมุนของลูกกอล์ฟ

รูปที่ ๒ แสดงตำแหน่งของอักขระบนลูกกอล์ฟ ทั้งภาษาอังกฤษและภาษาไทย ใช้รหัสการทำงานของแอ็ช อินเทอโพเซอร์ ๖ อัน อ้างถึงอักขระแต่ละตำแหน่ง โดยใช้ระบบเลขฐานสองจัดให้อยู่ในรูปของแมทริกซ์ (matrix) ตำแหน่งตามแถวดูได้จากรหัสการหมุน (R2A, R1, R2, R5) ตำแหน่งในสดมภ์ดูได้จากรหัสการเอียง (T2, T1) เช่นกล่าวถึงอักษร S ก็จะอยู่ที่ตำแหน่งรหัสการเอียงตัว 01 และรหัสการหมุน 0100 นั่นคือรหัสที่ใช้แทนเป็น 010100

การควบคุมหน้าที่พิเศษของเครื่องพิมพ์ดีด

จากหัวข้อกลไกการเลือกอักขระของเครื่องพิมพ์ดีดแบบลูกกอล์ฟ ได้กล่าวถึงแล็ชอินเทอโพเซอร์ ๖ อัน ซึ่งทำหน้าที่เลือกตำแหน่งอักขระแต่ละตัวบนลูกกอล์ฟ แต่เครื่องพิมพ์ดีดยังไม่ได้ทำการพิมพ์ ซึ่งถ้าต้องการให้เครื่องพิมพ์ดีดพิมพ์อักขระที่แล็ชอินเทอโพเซอร์ทั้ง ๖ อัน ระบุถึงออกมาก็จะต้องทำให้ ไซเคิลเบล (Cycle bail) ทำงานเครื่องพิมพ์ดีดจึงทำการพิมพ์ โดยปกติก่อนที่จะพิมพ์แคร่จะเลื่อนไป ๑ ช่องตัวพิมพ์แล้วจึงทำการพิมพ์ หลังจากนั้นทุกอย่างก็กลับสู่ปกติเพื่อรอพิมพ์ตัวต่อไป แต่ในการพิมพ์อักขระภาษาไทยจะมีอักขระพิเศษอยู่ ๑๓ ตัวคือ [illegible] ซึ่งทั้งก่อนและภายหลังพิมพ์แคร่ต้องคงอยู่ตำแหน่งเดิมไม่มีการเคลื่อนที่ ซึ่งสามารถทำได้โดยการดึงเด็ดคีย์เบลแคร็ง (Dead Key Bailcrank) ขณะที่มีคำสั่งให้พิมพ์แคร่ก็จะคงที่อยู่ตำแหน่งเดิม

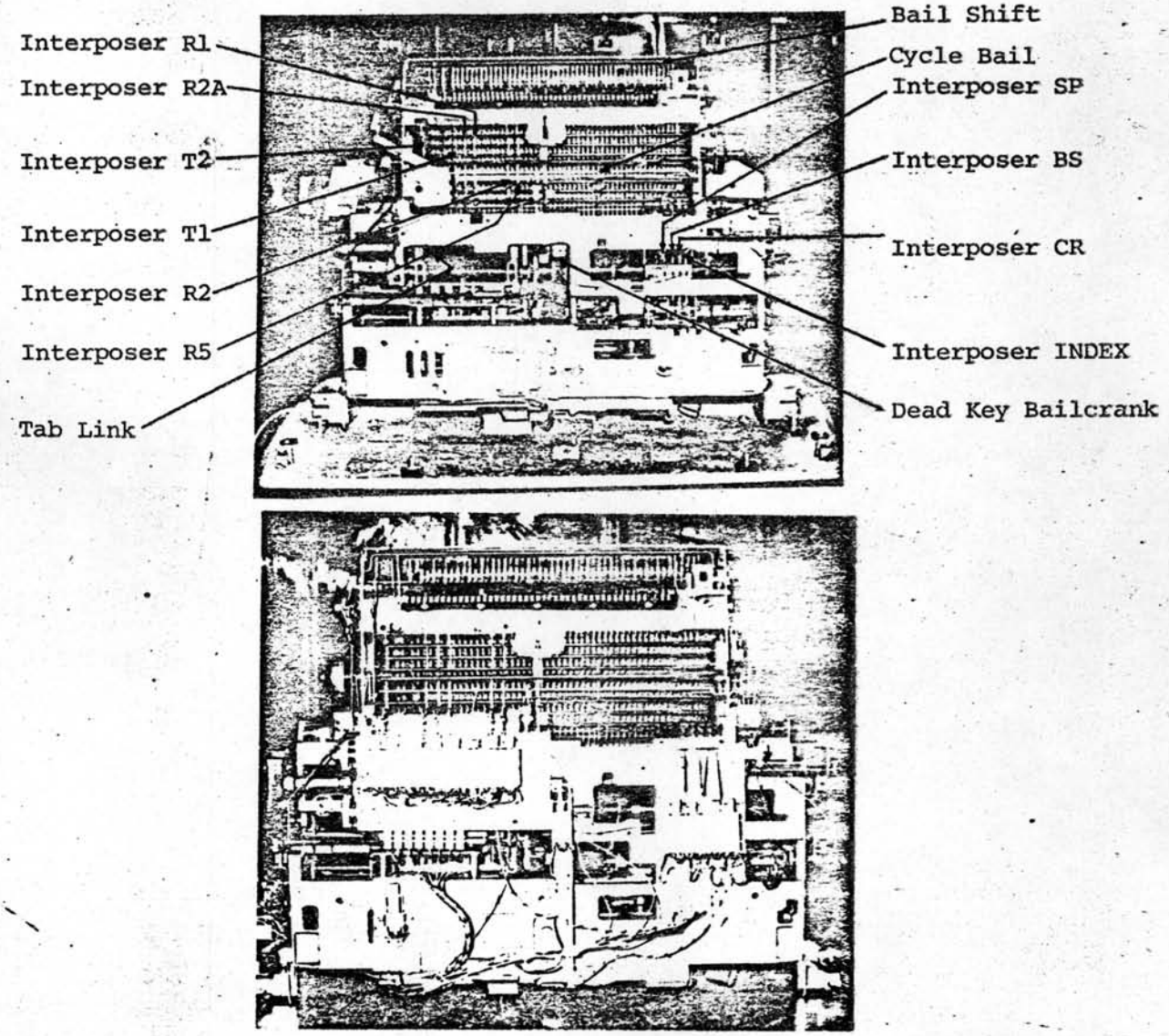
นอกจากนั้นยังมีกลไกที่ทำหน้าที่ควบคุมหน้าที่พิเศษอื่น ๆ ของเครื่องพิมพ์ดีดอีกคือ Interposer SP ควบคุมการเว้นวรรค (SPACE), Interposer BS ทำหน้าที่สั่งถอยหลัง (BACK SPACE), Interposer CR ทำหน้าที่ปัดแคร่ (CARRIAGE RETURN), Interposer Index ควบคุมการเลื่อนบรรทัดในแนวตั้ง (ADVANCE PAPER WITHOUT RETURN), TAB LINK ควบคุมการตั้งย่อหน้า (TAB) และ Dead Key Bailcrank ทำหน้าที่บังคับไม่ให้แคร่เลื่อน

ในการวิจัยจะนำสัญญาณที่ใช้ควบคุมหน้าที่พิเศษของเครื่องเจาะบัตรมาใช้ควบคุมหน้าที่พิเศษของเครื่องพิมพ์ดีด ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียดต่อไปในบทที่ ๒

การควบคุมกลไกการทำงาน

ผลจากการศึกษาระบบการทำงานของเครื่องพิมพ์ดีด ทำให้ทราบว่าเครื่องพิมพ์ดีดสามารถทำงานได้ภายใต้การบังคับของกลไก ๑๔ อัน ซึ่งประกอบด้วย อินเทอโพเซอร์ ๑๐ อัน, คาน ๒ อัน, Tab Link ๑ อัน และ แคร็งอีก ๑ อัน จึงจำเป็นต้องติดตั้งแม่เหล็กไฟฟ้า ๑๔ ชุด พร้อมกับต่อกลไกบางอย่างเข้าไปเพื่อเชื่อมโยงแกนแม่เหล็กกับกลไกที่ใช้บังคับการทำงานของเครื่องพิมพ์ดีด ซึ่งกลไกที่ต่อเข้าไปประกอบด้วยคานงัด ๖ ชุด ต่อเข้ากับแล็ชอินเทอโพเซอร์ชุดละอัน ซึ่งแล็ชอินเทอโพเซอร์มีหน้าที่บังคับการหมุนของลูกกอล์ฟให้ไปอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการ, สายเคเบิ้ล ๖ เส้น ต่อเข้ากับ Interposer BS, Interposer SP, Interposer CR, Interposer Index , Bail Cycle และ Tab Link ชุดละเส้น

Link Crank ๑ ชุด ต่อเข้ากับคานยกแคร่ (Bail Shift) และขอเกี่ยวอีก ๑ ชุด เพื่อใช้บังคับเด็ดคีย์เบลแคร็ง ดังนั้นแม่เหล็กแต่ละชุดต้องติดตั้งไว้ตรงตำแหน่งที่สะดวกต่อการเชื่อมโยงแกนแม่เหล็กกับกลไกแต่ละอันที่ต่อเติมเข้าไปเพื่อให้แม่เหล็กแต่ละชุดควบคุมกลไกแต่ละอันให้ทำงานได้ตามต้องการ ซึ่งรูปที่ ๓ แสดงภาพด้านใต้เครื่องพิมพ์ดีดก่อนต่อเติมและภายหลังต่อเติมแม่เหล็กและกลไกบางอย่างเข้าไป



รูปที่ ๓ ภาพด้านใต้เครื่องพิมพ์ดีดก่อนต่อเติม (ภาพบน) และภายหลังต่อเติมแม่เหล็กและกลไกบางส่วน (ภาพล่าง)

การควบคุมกลไกแต่ละอันให้ทำงานนั้นต้องใช้แรงมากน้อยต่างกัน และระยะทางที่กลไกแต่ละอันต้องเคลื่อนที่ก็ต่างกันด้วย ซึ่งรายละเอียดแสดงอยู่ในตารางที่ ๒

ชื่อ	ระยะเคลื่อนที่น้อยที่สุด (มม)	หน้าที่	แรงน้อยที่สุดที่บังคับให้ทำงานได้ (นิวตัน)		ต้องใช้แรงมากขึ้น (นิวตัน)
			ก่อนติดตั้งแม่เหล็ก	หลังติดตั้งแม่เหล็ก	
Interposer T2	1	บังคับให้ลูกกอล์ฟหมุนไปอยู่ในตำแหน่งที่ต้องการพิมพ์	0.90	1.0	0.10
Interposer T1	1		0.60	0.70	0.10
Interposer R2A	1		0.95	1.0	0.05
Interposer R1	1		0.60	0.70	0.10
Interposer R2	1		0.80	0.90	0.10
Interposer R5	1		2.5	2.5	0
Bail Cycle	1.5	สั่งพิมพ์	1.1	1.1	0
Bail Shift	2.5	ยกแคร่	1.3	1.3	0
Bail Tab	8	ตั้งย่อหน้า	2.0	2.0	0
Interposer SP	1	เว้นวรรค	0.70	0.74	0.04
Interposer BS	1	ถอยหลัง	0.30	0.30	0
Interposer INDEX	1	เลื่อนบรรทัด	0.80	0.84	0.04
Interposer CR	1	ปัดแคร่	1.0	1.0	0
Dead Key Bailcrank	3	ทำให้แคร่หยุดนิ่ง	0.30	0.50	0.20

ตารางที่ ๒ แสดงรายละเอียดการทำงานของกลไกแต่ละอันทั้งก่อนและหลังติดตั้งแม่เหล็ก

เรียบร้อยแล้ว

อัตราการพิมพ์สูงสุดของเครื่องพิมพ์ดีด

จากการทดสอบหาความเร็วสูงสุดของเครื่องพิมพ์ดีดปรากฏว่า เครื่องพิมพ์ดีดสามารถพิมพ์ได้สูงสุดวินาทีละ ๑๔ ครั้ง หรือพิมพ์แต่ละครั้งกินเวลาประมาณ ๗๒ มิลลิวินาที

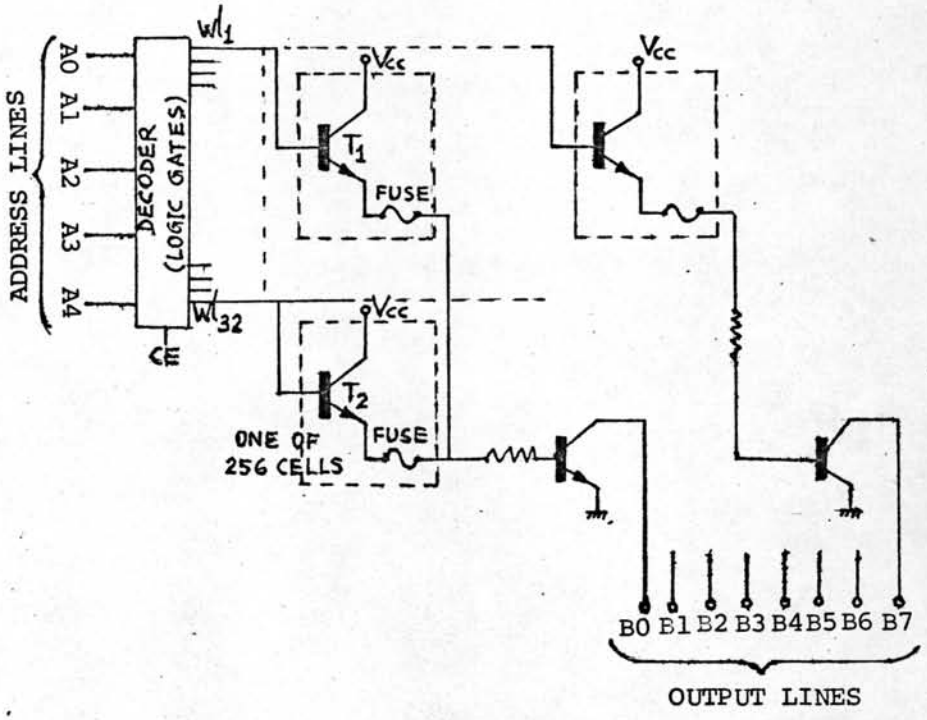
รอม (ROM: Read Only Memory)

รอม เป็นวงจรดิจิทอลอินทิเกรตเตด (Digital Integrated Circuit) ซึ่งสามารถจำข้อมูลที่อยู่ในรูปของเลขฐานสอง คือ "๑" หรือ "๐" ได้ รอมแต่ละตัวสามารถจำข้อมูลได้มากน้อยต่างกัน เช่น จำได้ ๒๕๖ บิท, ๑๐๒๔ บิท หรือ ๔๐๙๖ บิท เป็นต้น

ไอ ซี (IC) แบบ SN 8223 เป็นรอมชนิดหนึ่ง แต่เป็นชนิดพรอม (PROM: Programmable Read Only Memory) สามารถจำข้อมูลได้ ๒๕๖ บิท โดยจัดให้อยู่ในรูปของคำ (word) แต่ละคำมี ๘ บิท ดังนั้นจึงมีทั้งหมด ๓๒ คำ (๓๒ × ๘ = ๒๕๖ บิท) แต่ละคำจะมีตำแหน่งที่อยู่ (address) กำหนดไว้ ดังในรูปที่ ๕ จะเห็นอักษร A0, A1, A2, A3 และ A4 ซึ่งเป็นอินพุท (input) ที่ใช้บอกที่อยู่ของแต่ละคำ ซึ่งถ้าเขียนอยู่ในรูปของเลขฐานสองที่อยู่ของคำที่ ๑ คือ ๐๐๐๐๐, คำที่ ๒ คือ ๐๐๐๐๑ คำที่ ๓ คือ ๐๐๐๑๐ เรื่อยไปจนถึงคำที่ ๓๒ จะเป็น ๑๑๑๑๑ อักษร B0, B1, B2, B3, B4, B5, B6 และ B7 เป็นเอาท์พุทที่ระบุตามตำแหน่งที่อยู่ ซึ่ง

แต่ละบิทจะมีเอาท์พุทเป็น "๑" หรือ "๐" ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ว่าในแต่ละคำจะให้บิทไหนจำ "๐" หรือ "๑" เอาไว้

รูปที่ ๔ แสดงหน่วย (cell) ที่ใช้จำข้อมูลซึ่งมีทั้งหมด ๓๒ คำ แต่ละคำมีเอาท์พุท ๘ บิท เส้นบอกตำแหน่งที่อยู่ (address line) ป้อนเข้าลอจิกเกท (logic gate) แล้ว ดีโคด



รูปที่ ๔ แผนภาพบางส่วนของพรอมที่มี ๒๕๖ บิท แต่แสดงหน่วยความจำ (memory cell) ไว้เพียง ๒ หน่วย

(decode) ออกมาเป็นไปได้ต่างกัน ๓๒ แบบ (32 combinations) ในรูปเขียนแทนโดยใช้ wl_1, wl_2, wl_3, ..., wl_{32} มีทรานซิสเตอร์ (transistor) เป็นเอาท์พุท ๘ ตัว ซึ่งเขียนคอลเล็คเตอร์ (collector) แทนด้วย B0, B1, ... ,B7 หน่วยความจำมีทั้งหมด ๒๕๖ หน่วย แต่แสดงไว้เพียง ๒ หน่วย คือ T_1 และ T_2

เอาท์พุทของพรอม (PROM) แต่ละเส้นจะมีลอจิก "๑" (high) หรือลอจิก "๐" (low) ขึ้นอยู่กับฟิวส์ (fuse) ที่ต่อระหว่างหน่วยความจำกับเอาท์พุททรานซิสเตอร์ถูกตัดขาดหรือไม่

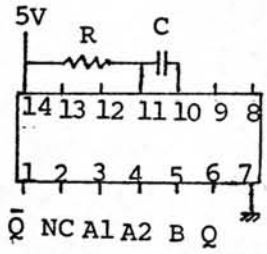
000714

เช่น B0 ของคำที่ ๓๒ จำ "๐" เอาไว้ ฟิวส์ของหน่วยความจำ T_2 จะเชื่อมติดอยู่ แต่ถ้า B0 ของคำที่ ๓๒ จำ "๑" เอาไว้ ฟิวส์ของหน่วยความจำ T_2 จะถูกตัดขาดออกไป

SN 8223 มีชิพเอะเนเบิล(Chip Enable=CE) ไว้ควบคุมเอาท์พุท ซึ่งถ้า CE มีลอจิก "๑" เอาท์พุทของพรอมจะเป็น ๑ หมดทุกบิทไม่ว่าอินพุทที่กำหนดที่อยู่จะเป็นอะไร แต่ถ้า ชิพเอะเนเบิล มีลอจิก "๐" เอาทพุทของพรอมจะออกมาตามที่ตำแหน่งที่อยู่กำหนด

<u>การสร้างพัลซ(pulse) สัญญาณ</u>

การสร้างพัลซสัญญาณจากสัญญาณอินพุทที่ส่งมากระตุ้นให้ได้พัลซกว้างมากน้อยตามต้องการนั้นทำได้หลายแบบขึ้นอยู่กับงานและความสะดวกของผู้ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ได้เลือก ไอ ซี แบบ SN 74121 ซึ่งเป็นโมโนซเทเบิ้ล มัลทิไวบเรเตอร์ มาใช้สร้างพัลซสัญญาณรายละเอียดแสดงอยู่ในรูปที่ ๕ และ



รูปที่ ๕ แสดงรายละเอียดของ SN 74121 ที่จะนำไปใช้งาน

รายละเอียดการทำงานแสดงอยู่ในตารางที่ ๓

อินพุท			เอาท์พุท	
A1	A2	B	Q	$\bar{Q}$
L	X	H	L	H
X	L	H	L	H
X	X	L	L	H
H	H	X	L	H
H	↓	H	⎍	⎎
↓	H	H	⎍	⎎
↓	↓	H	⎍	⎎
L	X	↑	⎍	⎎
X	L	↑	⎍	⎎

ตารางที่ ๓ แสดงค่าความจริงในการทำงานของวงจรรูปที่ ๕

X = Irrelevant

ความกว้างของพัลซสัญญาณที่ต้องการหาได้จากความสัมพันธ์

$$T = RC\ln 2$$

$$\approx 0.7\ RC$$

T = ความกว้างของพัลซ (วินาที)

R = ความต้านทาน (โอห์ม)

C = ความจุของแคปปาซิเตอร์ (ฟาราด)

การทดลองเพื่อหาแม่เหล็กมาใช้ควบคุมกลไกการทำงาน

แม่เหล็กที่จะนำมาใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ นอกจากจะมีกำลังมากพอที่จะใช้งานแล้ว ยังต้องหาแม่เหล็กที่มีขนาดเล็กด้วย ทั้งนี้ก็เพื่อสะดวกในการติดตั้ง ผลจากการทดลองใช้แม่เหล็กแบบต่าง ๆ กันหลายแบบ ปรากฏว่าแม่เหล็กแบบ R7 ซึ่งมีลักษณะภายนอกเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด ๑.๓ x ๑.๕ x ๓.๖ ซม. ขนาดแกน ๐.๔ x ๐.๘ x ๓.๕ ซม. เป็นแบบที่เหมาะสมที่สุดเท่าที่หาซื้อได้ คือมีกำลังพอที่จะนำมาทดลองใช้งาน และมีขนาดเล็กด้วย ตัวอย่างขดลวดแม่เหล็กมีความต้านทาน ๗.๕ โอห์ม สามารถใช้กับแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้สูงสุด ๑๒ โวลท์

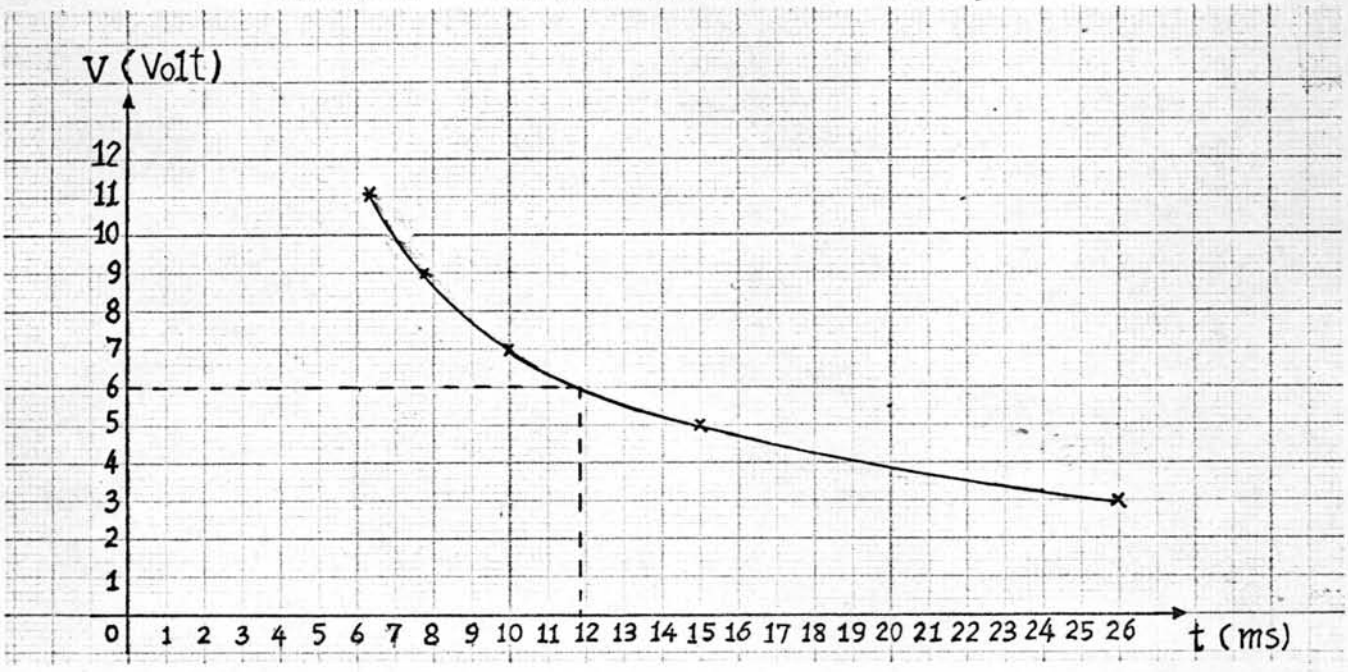
พิจารณาดูตารางที่ ๒ ในช่องรายละเอียดเกี่ยวกับแรงน้อยที่สุดที่สามารถบังคับให้กลไกแต่ละอันทำงานได้หลังจากติดตั้งแม่เหล็กแล้ว จะเห็นว่าเราอาจแบ่งกลไกออกเป็นสองพวก คือพวกที่ ๑ กลไกที่จะต้องใช้แรงบังคับน้อยที่สุด มากกว่า ๑ นิวตันขึ้นไป จึงจะสามารถทำงานได้ พวกที่ ๒ กลไกที่จะต้องใช้แรงบังคับน้อยที่สุด ต่ำกว่า ๑ นิวตันลงมา จึงจะสามารถทำงานได้ เหตุที่แบ่งกลไกเป็น ๒ พวก ก็เพื่อความสะดวกในการออกแบบแหล่งจ่ายไฟ สำหรับใช้กับวงจรขยายสัญญาณป้อนให้กับขดลวดแม่เหล็ก ได้ทดลองใช้แม่เหล็กบังคับกลไกที่แข็งที่สุดของพวกที่ ๑ คือ Latch Interposer R5 ปรากฏว่าขณะที่ใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า ๑๒ โวลท์ (กระแสไหลผ่านขดลวดแม่เหล็ก ๑.๖ แอมแปร์) แม่เหล็กสามารถดึง Latch Interposer R5 ให้เคลื่อนที่จากตำแหน่งหยุดนิ่ง ถึงจุดที่ทำงานได้ในเวลา ๑๒ มิลลิวินาทีซึ่งตัวเลขนี้จะถือเป็นหลักสำหรับการทดลองหาแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เหมาะสม เพื่อที่จะนำมาใช้กับขดลวดแม่เหล็ก สำหรับบังคับแล็ชอินเทอโพเซอร์ที่จัดอยู่ในกลไกพวกที่ ๑ เพราะการเลือกอักขระพิมพ์แต่ละครั้ง แล็ชอินเทอโพเซอร์ทุกอันต้องทำงานซิงโครไนซ์กันหมด อันหนึ่งอันใดทำงานก่อนก็ไม่เกิดประโยชน์ เพราะจะต้องรออันอื่น ๆ ให้เคลื่อนที่ถึงจุดทำงานพร้อมกันหมดก่อน จึงสั่งให้พิมพ์ได้

ได้ทดลองใช้แม่เหล็กไฟฟ้าบังคับ Latch Interposer R2A ซึ่งเป็นกลไกอันที่แข็งที่สุดของพวกที่ ๑ โดยได้ทดลองวัดระยะเวลาที่ Latch Interposer R2A เคลื่อนที่จากจุดหยุดนิ่งเดิมมาถึงจุดที่ทำงานในขณะที่ใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าค่าหนึ่ง ๆ ปรากฏว่าได้รายละเอียดออกมาตามตารางที่ ๔

แรงเคลื่อนไฟฟ้า (โวลท์)	เวลาที่ใช้เคลื่อนที่ (มิลลิวินาที)
๓	๒๖
๕	๑๕
๗	๑๐
๙	๗.๘
๑๑	๖.๔

ตารางที่ ๔ แสดงความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้ากับเวลาที่ Latch Interposer R2A ใช้เคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้น ถึงจุดที่ทำงาน

จากตารางที่ ๔ เมื่อเขียนกราฟความสัมพันธ์แล้ว จะได้ดังรูปที่ ๖



รูปที่ ๖ กราฟความสัมพันธ์ของแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้กับขดลวดแม่เหล็ก กับเวลาที่กลไกใช้เคลื่อนที่จากจุดเริ่มต้นถึงจุดที่ทำงาน

เมื่อพิจารณาดูจากกราฟ จะเห็นว่า ถ้าใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าประมาณ ๖ โวลท์ กับแม่เหล็กไฟฟ้าที่ใช้บังคับ Latch Interposer R2A จะทำให้ Latch Interposer R2A เคลื่อนถึงจุดที่ทำงานในเวลาใกล้เคียงกับ Latch Interposer R5 นั่นแสดงว่า ขณะที่ใช้งาน แม่เหล็กที่ใช้บังคับกลไกพวกที่ ๑ ต้องการกระแสชุดละประมาณ ๐.๘ แอมแปร์