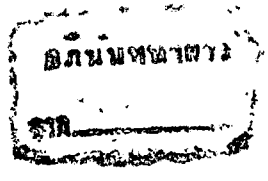
ปีการศึกษา 2531
เครื่องแปลงอักษรเบรลล์

โดย
นายเศวต ทรัพย์เจริญ 28-1076
นายธานี ชวศิริกุลชาติ 28-1103
นายธีระ ทิพยพรกุล 28-1106

อาจารย์ที่ปรึกษา
ดร.ชนิษฐา นวลตั้ง



ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2531

ภาควิชา อิเลคทรอนิคส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องแปลงอักษรเบรลล์

ผู้จัดทำ

1.นายเดชะ ทรัพย์เจริญ 28-1076

2.นายธานี ชวศิริกุลทล 28-1103

3.นายธีระ ทิพยพรกุล 28-1106

ขนิษฐา แซ่ตั้ง อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ขนิษฐา แซ่ตั้ง)

023123

เครื่องแปลงอักษรเบรลล์

(Braille Translator)

นายเดชะ ทรัพย์เจริญ 28-1076

นายธานี ชวศิริกุลชล 28-1103

นายธีระ ทิพยพรกุล 28-1106

อ.ขนิษฐา แซ่ตั้ง อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2531

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นโครงงานของการแปลงภาษาจากอักษรสำหรับคนปกติ มาเป็นอักษรเบรลล์สำหรับคนตาบอด โดยทำการแปลงเท็กซ์ไฟล์ (Text File) ให้แสดงออกมาในรูปของอักษรเบรลล์บนเครื่องแสดงผล ซึ่งทำมาเป็นพิเศษสามารถที่จะให้คนตาบอดสัมผัสได้โดยตรง โครงงานนี้แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนของซอฟแวร์ (Software) เป็นส่วนที่ใช้ในการควบคุมการแปลงเท็กซ์ไฟล์ โดยซอฟแวร์จะทำหน้าที่อ่านข้อมูลจากเท็กซ์ไฟล์ ที่เขียนขึ้นจากโปรแกรมเวิร์ดโปรเซสเซอร์ (Word Processor) เช่น ราชวิถีเวิร์ด พีซี เพื่อทำการแปลงเป็นรหัสอักษรเบรลล์รวมทั้งตรวจสอบรหัสที่มีลักษณะพิเศษของอักษรเบรลล์ เช่น เ-ะ เ-อ เ-ีย ฯลฯ และส่วนฮาร์ดแวร์ (Hardware) ที่จะนำมาเชื่อมต่อ (Interface) กับเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะประกอบไปด้วยวงจรถอดรหัส (Decoder) สำหรับทำการจัดลำดับการส่งข้อมูล และเลือกส่วนแสดงผล เพื่อแสดงผลออกมาเป็นรหัสอักษรเบรลล์ให้คนตาบอดสัมผัสได้ พร้อมทั้งจะแสดงผลโดยไดโอดเปล่งแสง (LED Display Monitor) ควบคู่กันไปด้วย เพื่อให้ง่ายต่อการตรวจเช็ค ในส่วนของภาคแสดงผลนี้จะใช้ฟลิปฟลอป (Flip Flop) ทำการคงค่า (Latch) ข้อมูลไว้จนกว่าข้อมูลของรหัสอักษรเบรลล์ชุดใหม่จะถูกส่งมา

BRAILLE TRANSLATOR

Decha Sapcharoen 28-1076

Teera Tippayapornkun 28-1103

Thanee Chavasirikultol 28-1106

ABSTRACT

This thesis is a translator from regular letters to Braille project by converting text file to display in Braille on the monitor specially for the blind. It can be divided into 2 parts.

- Software : It controls converting text file by reading data from that file which is written in Word Processor (Rajavithi word PC) , translated to Braille code. It also can examine special characteristic code of Braille eg. เ-ะ , เ-็ , เ-ีย etc.

- Hardware : It's interfaced with computer , consisting of Deceder Circuit which is used for ordering the transmission of data and selecting the Braille to display for the blind. It also displays by LED Display Monitor and makes it easier to examine. In display part , Flip Flop will latch data until the other set of data is transmitted.

สารบัญ

บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	ทฤษฎีและการออกแบบซอฟแวร์	3
2.1	ลักษณะการทำงานตามโฟวชาร์ต (Flow Chart)	3
2.2	การแปลงตัวอักษร	6
บทที่ 3	ทฤษฎีและการออกแบบฮาร์ดแวร์	12
3.1	ส่วนของวงจรถอดรหัส (Decoder Part)	12
3.2	ส่วนแสดงผล (Display Part)	13
บทที่ 4	หลักการทำงานในส่วนซอฟแวร์	20
4.1	หลักการทำงานโดยรวม	20
4.2	โปรแกรมแปลงอักษรเบรลล์ (Braille Translator Program)	23
4.3	สรุปการทำงานของรูทีน (Routine) ต่าง ๆ	36
บทที่ 5	หลักการทำงานในส่วนฮาร์ดแวร์	38
5.1	ส่วนของวงจรถอดรหัส	38
5.2	ส่วนแสดงผล	39
บทที่ 6	การทดลองและผลการทดลอง	40
6.1	การทดลอง	40
6.1.1	การทดลองส่วนซอฟแวร์	40
6.1.2	การทดลองส่วนฮาร์ดแวร์	40
6.1.3	การทดลองขั้นสุดท้าย	41

6.2 ผลการทดลอง 41
6.2.1 ผลการทดลองในส่วนซอฟแวร์ 41
6.2.2 ผลการทดลองในส่วนฮาร์ดแวร์ 42
6.2.3 ผลการทดลองขั้นสุดท้าย 43

บทที่ 7 บทวิจารณ์และสรุป 44

7.1 สรุปและวิจารณ์ส่วนซอฟแวร์ 44
7.2 สรุปและวิจารณ์ส่วนฮาร์ดแวร์ 44

ภาคผนวก 46

- ตัวอย่างอักษรเบรลล์ 47
- แผนภาพสลอทสำหรับการอินเตอร์เฟส 49
- ข้อมูลของไอซีเบอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในวงจร 50

กิตติกรรมประกาศ 58
หนังสืออ้างอิง 59

สารบัญรูปภาพและตาราง

รูปโฟว์ชาร์ต (รูปที่ 2.1) 5
รูปพยัญชนะ "ก" ของอักษรเบรลล์ (รูปที่ 2.2) 6
ตารางเทียบตัวอักษร (ตารางที่ 2.1) 7
รูปแสดงวงจรถอดรหัส (รูปที่ 3.1) 14
รูปแสดงวงจรแสดงผล (รูปที่ 3.2) 15
รูปแสดงวงจรขับรีเลย์ (รูปที่ 3.3) 16
รูปแสดงการติดเส้นลวดและสปริงเข้ากับรีเลย์ (รูปที่ 3.4) 17
รูปแสดงโครงสร้างของส่วนที่ให้คนตาบอดสัมผัส (รูปที่ 3.5) 18
รูปแสดงวงจรแหล่งจ่ายไฟ (รูปที่ 3.6) 19
ตารางการส่งข้อมูลการเลือกแสดงผล (ตารางที่ 4.1 และ 4.2) 20
รูปแสดงการเริ่มต้นของโปรแกรมทางจอภาพ (รูปที่ 6.1) 41
รูปแสดงการแสดงผลของโปรแกรมทางจอภาพ (รูปที่ 6.2) 42

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันมีคนตาบอดจำนวนหลายแสนคนในประเทศไทย ซึ่งในจำนวนนี้มีเป็นจำนวนมากที่ยังไม่รู้หนังสือ และไม่เคยรู้จักคอมพิวเตอร์มาก่อน ดังนั้นในการที่จะทำให้มีเครื่องมือที่สามารถใช้สอนคนตาบอดผ่านทางคอมพิวเตอร์ได้ จึงน่าจะมีประโยชน์ในการช่วยพัฒนาการศึกษาของคนตาบอด ทำให้มีโอกาสที่จะได้ศึกษาบทเรียน รับรู้ข้อความต่าง ๆ ผ่านสื่อทางคอมพิวเตอร์ ทำให้มีความคุ้นเคยกับคอมพิวเตอร์ และสามารถใช้มันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โครงงานนี้จึงเกิดขึ้นเพื่อมุ่งหวังในการช่วยส่งเสริมการเรียนการสอนของคนตาบอด โดยผ่านสื่อทางคอมพิวเตอร์นี้

ในชั้นแรก การใช้คอมพิวเตอร์ในการสอนหนังสือแก่เด็กนักเรียนตาบอดจะสามารถทำได้โดยการเขียนบทเรียนลงไปในโปรแกรมเวิร์ดโปรเซสเซอร์ (Word Processor) และนำเอาบทเรียนไปออกทางเครื่องแปลงเป็นอักษรเบรลล์ให้นักเรียนสัมผัสได้โดยตรง ซึ่งจะทำให้การเรียนการสอนทำได้ง่ายและสะดวกขึ้น โดยใช้เครื่องแปลงรหัสเบรลล์นี้แทนหนังสือทุกเล่มได้ ทำให้ไม่เปลืองพื้นที่สำหรับเก็บหนังสือ โดยอาจารย์จะมีเพียงดิสค์ข้อมูล (Data Disk) ของแบบเรียน และที่โต๊ะนักเรียนก็จะมีเครื่องแปลงอักษรเบรลล์อยู่ที่โต๊ะแทนหนังสือแบบเรียน

จากเหตุผลดังกล่าว ทางกลุ่มผู้จัดทำเห็นว่าจะเป็นประโยชน์สำหรับคนตาบอด ดังนั้นจึงได้ตัดสินใจที่จะทำโครงงานเกี่ยวกับการแปลงอักษรเบรลล์นี้ โครงงานทำปริญญานิพนธ์เรื่องเครื่องแปลงอักษรเบรลล์จึงกำเนิดขึ้นมา

สำหรับการสร้างเครื่องแปลงอักษรเบรลล์นี้ ได้แนวความคิดมาจากโครงงานปริญญานิพนธ์ของรุ่นพี่ ๆ ที่เคยทำโครงงานทำนองนี้มาก่อน โดยได้รับคำชี้แนะจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษาคือ อาจารย์ขนิษฐา แซ่ตั้ง ในขั้นแรกของงาน เรากำหนดไว้ว่าโครงงานนี้น่าจะได้ให้คนตาบอดใช้งานได้เลยเมื่อสำเร็จ จึงได้ไปทำการหาข้อมูลที่โรงเรียนสอนคนตาบอด กรุงเทพฯ เพื่อที่จะนำข้อมูลของอักษรเบรลล์มาเทียบกับอักษรปกติ มาใช้เป็นข้อมูลในการสร้างและออกแบบวงจรในการไปครั้งนี้ ทางผู้จัดทำได้รับคำชี้แนะเป็นอย่างดีจากท่านผู้รู้ซึ่งเป็นคนตาบอดด้วยท่านหนึ่ง คือคุณวีระแมน นิยมพล ซึ่งได้ให้ความช่วยเหลือและสละเวลาเป็นอย่างมากในการตอบคำถาม สำหรับเป็นข้อมูลในการวิจัย และวิเคราะห์ทำโครงงานนี้ ทั้งยังได้ให้คำแนะนำถึงชนิดของความต้องการและความเหมาะสมของโครงงาน . ซึ่งจะมีผลทำให้การใช้งานโดยคนตาบอดนั้นสะดวกและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

โดยวัตถุประสงค์ของโครงงานนี้ เป็นการนำเอาเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 16 บิท (16-Bit Microcomputer) มาใช้ในการช่วยแปลงอักษรปกติ มาเป็นอักษรเบรลล์สำหรับคนตาบอด

โดยการเขียนซอฟแวร์ (Software) ขึ้นเพื่อจัดการการใช้เครื่อง และเทียบข้อมูลจากเท็กซ์ไฟล์ (Textfile) ที่ต้องการแปลง กับข้อมูลที่มีอยู่ในตัวซอฟแวร์ และแปลงออกมาเป็นรหัสข้อมูลของตัวอักษรเบรลล์ด้วย เลข 0 และ 1 จำนวน 6 บิท (Bit) ซึ่งเป็นจำนวนของจุดในอักษรเบรลล์ จากนั้นจะถูกนำไปแสดงผลออกมาเป็นอักษรเบรลล์ เพื่อให้คนตาบอดสามารถสัมผัสได้โดยตรง (Touchable Braille Monitor) โดยผ่านทางวงจรเชื่อมต่อ (Interface) และส่วนควบคุมการแสดงผล (Display Controller)

ในการทำการแปลงตัวอักษรของซอฟแวร์นี้ ติดปัญหาอยู่บ้างที่ลักษณะของอักษรเบรลล์นั้น มีลักษณะพิเศษบางประการ ซึ่งเป็นลักษณะที่จะให้ความสะดวก กับคนตาบอดในการอ่านตัวอักษรเบรลล์ คือจะมีคำพิเศษของอักษรเบรลล์ที่ความหมายเท่ากับกลุ่มของคำบางคำ ทั้งในตัวอักษรภาษาไทยและอังกฤษ

โครงงานปริญญานิพนธ์ที่ทำขึ้นมานี้ หวังว่าคงจะเกิดประโยชน์สำหรับคนตาบอดบ้างไม่มากก็น้อย สามารถเป็นแนวทางที่จะนำไปช่วยในการสอนเด็กนักเรียนตาบอด และมีส่วนทำให้คนตาบอดสามารถพึ่งตนเอง และดำรงอยู่ในสังคมร่วมกับคนตาปกติได้ดีขึ้น อีกทั้งยังสนับสนุนการพัฒนาของคนตาบอดในประเทศให้ดีขึ้นตามลำดับ

บทที่ 2

ทฤษฎีและการออกแบบซอฟแวร์

ในการออกแบบซอฟแวร์นี้ เราจะทำการเขียนโฟว์ชาร์ต เพื่อทำการกำหนดขอบเขต และลักษณะการทำงานของโปรแกรมที่ต้องการออกมาก่อน โดยโปรแกรมที่เขียนขึ้นจะนำมาใช้กับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ 16 บิท ซึ่งจะใช้ภาษาเบสิคของไมโครซอฟท์ (Microsoft Quick Basic Version 4.0) เป็นคอมไพเลอร์ (Compiler) ภาษาเบสิคมีข้อดีคือสามารถเข้าใจได้ง่าย มีฟังก์ชันการทำงานมาก โดยเฉพาะไมโครซอฟท์ควิกเบสิคนี้จะทำงานได้เร็วกว่าอินเตอร์พรีเตอร์เบสิค (Basic Interpreter) มาก และสามารถที่จะคอมไพล์ (Compile) โปรแกรมที่เขียนในรูปของภาษาเบสิคให้เป็นไฟล์ .EXE (Execute File) ที่สามารถเรียกจากดอส (DOS) ได้โดยตรง

2.1 ลักษณะการทำงานตามโฟว์ชาร์ต

ลักษณะการทำงานตามโฟว์ชาร์ตจะเป็นดังนี้

- เริ่มแรกจะทำการถามผู้ใช้ให้ใส่ชื่อเท็กซ์ไฟล์ ซึ่งสร้างขึ้นโดยโปรแกรมเวิร์ด-โปรเซสเซอร์ รหัสภาษาไทยของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ (ในที่นี้จะใช้โปรแกรมราชวิถีเวิร์ด พีซี) ในการออกแบบ เราจะกำหนดให้มีการรับตัวอักษรจากคีย์บอร์ด (Keyboard) ทีละตัวเป็นลักษณะตัวแปรแบบสตริง (String) แล้วนำมาบวกรวมกันเป็นชื่อไฟล์ โดยมีการตรวจสอบขนาดของชื่อไฟล์ ซึ่งจะต้องมีมากกว่า 1 ตัวอักษรแต่ไม่เกิน 8 ตัวอักษร และถ้ารับคีย์เท่ากับ 8 ตัวอักษรแล้ว ซอฟ-แวร์ก็จะไม่รับตัวอักษรอีก แต่ชื่อไฟล์ไม่จำเป็นต้องมี 8 ตัวอักษรเสมอไป ในส่วนของส่วนขยายชื่อไฟล์ (Extension) ก็จะมีลักษณะการทำงานคล้าย ๆ กันโดยจะต้องมีตัวอักษรมากกว่า 1 ตัวอักษร แต่ไม่เกิน 3 ตัวอักษร

- เมื่อได้รับชื่อไฟล์พร้อมส่วนขยายแล้ว ก็จะทำการอ่านไฟล์เข้ามาในตัวแปรโดยจะจองเป็นอาร์เรย์ (Array) ไว้ แต่ละตัวแปรในอาร์เรย์ก็จะมีตัวอักษรเท่ากับ 1 บรรทัดของไฟล์ข้อมูลที่ถูกอ่านเข้ามา

- ทำการตรวจสอบว่าตัวอักษรนั้นมีลักษณะพิเศษในอักษรเบรลล์ เช่น เ-ะ เ-อ เ-ีย ฯลฯ หรือไม่ ถ้าใช่ก็จะทำการแปลงรหัสพิเศษสำหรับตัวอักษรเหล่านี้ ก่อนที่จะทำการแปลงอักษรต่อไป

- เปรียบเทียบตัวอักษรที่รับเข้ามา กับตารางที่เก็บค่ารหัสแอสกี้ (ASCII) ของตัวอักษรธรรมดาเทียบกับค่ารหัสของอักษรเบรลล์ ซึ่งจะถูกกำหนดขึ้นมาเพื่อให้สะดวกต่อการนำไปเข้าวงจรถอดรหัส เพื่อทำการแสดงผล

- ทำการตรวจสอบว่า ได้เทียบเป็นข้อมูลรหัสอักษรเบรลล์จนจบบรรทัดหรือยัง ถ้ายังไม่จบก็จะทำการเทียบต่อจนจบบรรทัด เมื่อจบบรรทัดแล้วก็จะส่งออกไปแสดงผล

- ในการแสดงผล เราจะส่งค่าของข้อมูลรหัสอักษรเบรลล์ ไปที่จอภาพ (Monitor) ของคอมพิวเตอร์ และจะส่งออกไปที่พอร์ต (Port) ข้อมูลด้วย โดยวงจรโลจิก (Logic) ทางส่วนฮาร์ดแวร์ (Hardware) จะคอยรับข้อมูลจากพอร์ตนั้น (ในที่นี้คือพอร์ต #0300) เนื่องจากส่วนเชื่อมต่อที่เป็นฮาร์ดแวร์ จะแสดงผลเป็นตัวอักษรเบรลล์จำนวน 20 ตัวอักษร จึงต้องมีการกำหนดพอร์ตที่ใช้สำหรับใช้เลือกตัวอักษรที่ต้องการแสดงผล (กำหนดให้เป็นพอร์ต #0301 และ 0302) ในภาษาเบสิคมีฟังก์ชั่นในการส่งข้อมูลไปยังพอร์ตคือ

OUT (PORT #) , (DATA)

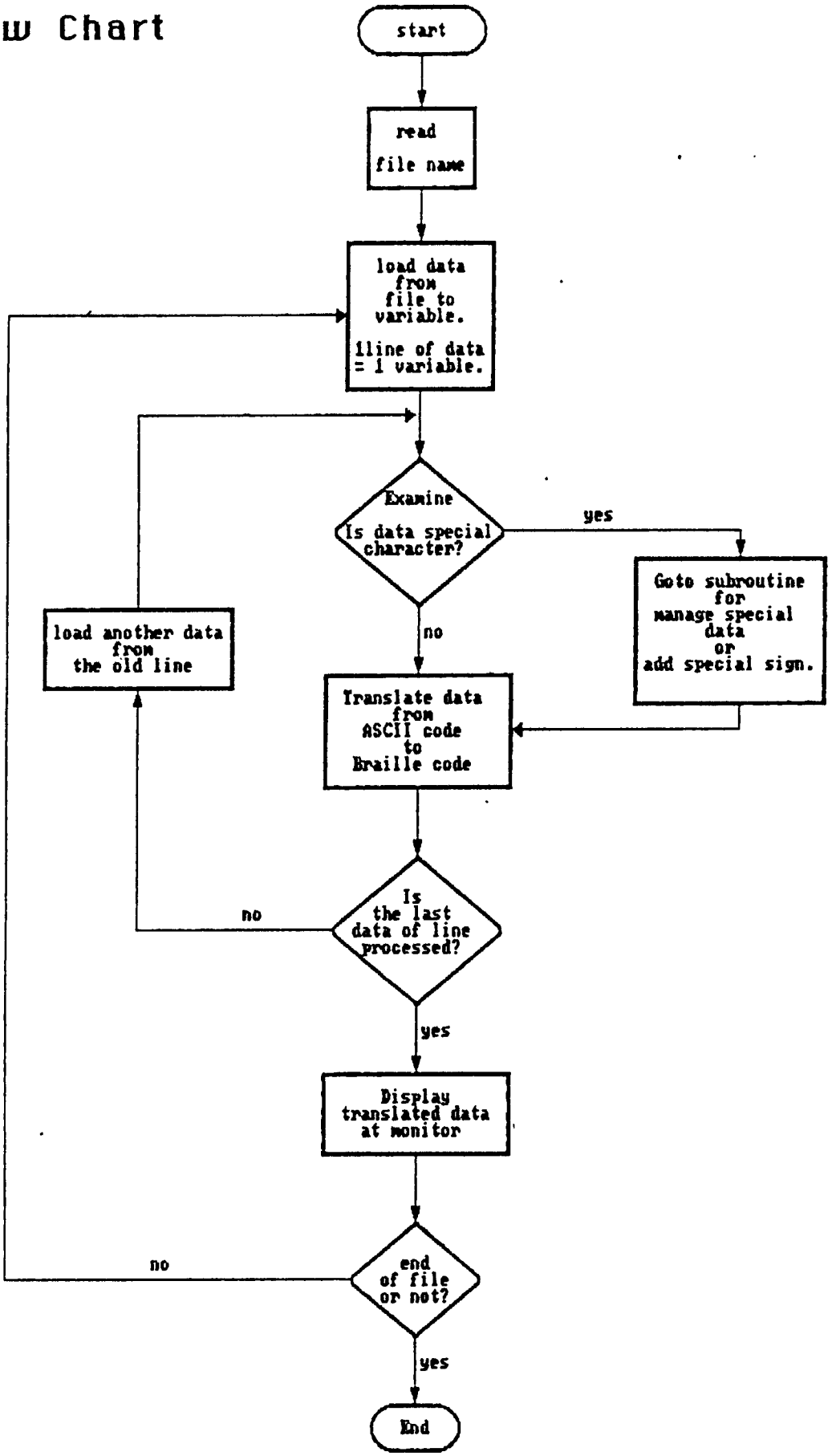
โดยหมายเลขพอร์ตนั้น จะเป็นตัวเลขฐานสิบหกมี "&H" นำหมายเลขพอร์ต ส่วนค่าของข้อมูลสามารถจะใช้เลขฐานสิบได้เลย

การส่งข้อมูลนั้น เราจะส่งไปโดยเริ่มตั้งแต่ตัวอักษรตัวที่ 1 จะทำการส่งข้อมูลที่จะแสดงผลและส่งข้อมูลการเลือกตัวอักษรลำดับที่ 1 ไปก่อน ส่วนตัวอักษรอื่น ๆ ก็จะส่งข้อมูลเรียงลำดับกับไป เพราะฉะนั้นในแต่ละตัวอักษรจะส่งข้อมูลออกไปสองครั้ง

- ทำการตรวจสอบว่าได้แปลงข้อมูลจนหมดไฟล์หรือยัง ถ้ายังไม่หมดก็จะไปทำการอ่านไฟล์ในบรรทัดต่อไป จนกว่าจะหมดไฟล์

เมื่อเราได้วางโครงร่างของลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมแล้ว ก็จะเริ่มทำการเขียนโปรแกรมทีละส่วนโดยจะเขียนแบ่งเป็นรูทีนย่อย ๆ ทำให้ง่ายต่อการแก้ไขเพิ่มเติมโปรแกรม

Flow Chart



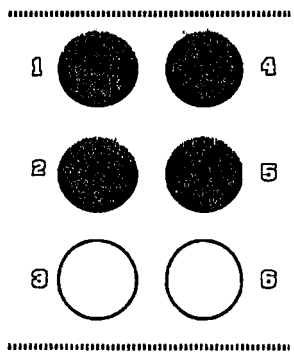
รูปที่ 2.1

ในการเขียนซอฟแวร์ สิ่งที่ควรคำนึงถึงก็คือการตัดคำ เพื่อให้มีความพอดีระหว่างจำนวนตัวอักษรในบรรทัดในเท็กไฟล์ กับจำนวนตัวอักษรเบรลล์ ที่จะให้คนตาบอดสัมผัสได้ในส่วนฮาร์ดแวร์ จำนวน 20 ตัวอักษรต่อหนึ่งบรรทัด ซึ่งในส่วนนี้การเขียนโปรแกรมขึ้นเองจะมีความยุ่งยากมาก ดังนั้นเราจะยกหน้าที่ตัดคำนี้ให้กับโปรแกรมเวิร์ดโปรเซสเซอร์จัดการ โดยเท็กซ์ไฟล์ที่สร้างขึ้น จะกำหนดให้มีตัวอักษรในแต่ละบรรทัดไม่เกิน 12 คอลัมน์ เพราะว่าจะต้องมีการเผื่อไว้สำหรับสระและวรรณยุกต์ด้วย

2.2 การแปลงตัวอักษร

ในการแปลงตัวอักษรจากอักษรธรรมดาเป็นอักษรเบรลล์ เราจะทำการเขียนตารางสำหรับเทียบค่าอักษร โดยใช้หลักการนับจุดในอักษรเบรลล์ เช่น พยัญชนะ "ก" จะมีค่ารหัสแอสกี้เท่ากับ 161 (รหัส ม.เกษตรฯ)

ลักษณะของพยัญ "ก" ของอักษรเบรลล์จะเป็นดังรูปที่ 2.2



พยัญชนะ ก.

รูปที่ 2.2

จุดสีดำในอักษรเบรลล์นั้นจะเป็นจุดที่นูนขึ้นมา ในการกำหนดรหัส เราจะให้จุดสีดำนี้มีค่าเท่ากับ 1 และจุดสีขาวจะให้มีค่าเท่ากับ 0 โดยจะนับจุดที่ 1 เป็นบิทที่ 1 , จุดที่ 2 เป็นบิทที่ 2 ตามลำดับ ดังนั้นค่าของรหัสอักษรเบรลล์ของตัวอักษร "ก" ที่เรากำหนดขึ้นมาจะมีค่าเท่ากับ 011011 ในเลขฐานสอง เมื่อทำการแปลงเป็นเลขฐานสิบ จะได้ค่ารหัสอักษรเบรลล์เท่ากับ 27

สำหรับค่ารหัสอักษรเบรลล์ของพยัญชนะตัวอื่น ๆ จะแสดงให้เห็นดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1

ALPHABET	ASCII (DECIMAL)	BRAILLE CODE	CODE (DECIMAL)
spc	32	000000	00
!	33	010110	22
"	34	100110 110100	38 52
#	35	111100	60
$	36	110010 111100	50 60
%	37	010010 001111	18 15
'	39	000100	04
(	40	110110	54
)	41	110110	54
*	42	100001	33
+	43	101100	44
,	44	000010	02
-	45	100100	36
.	46	110010	50
/	47	001100	12
0	48	011010	26
1	49	000001	01
2	50	000011	03
3	51	001001	09
4	52	011001	25
5	53	010001	17
6	54	001011	11
7	55	011011	27
8	56	010011	19
9	57	001010	10
:	58	010010	18
;	59	000110	06

=	61	000101 000101	05 05
?	63	100110	38
A	65	100000 000001	32 01
B	66	100000 000011	32 03
C	67	100000 001001	32 09
D	68	100000 011001	32 25
E	69	100000 010001	32 17
F	70	100000 001011	32 11
G	71	100000 011011	32 27
H	72	100000 010011	32 19
I	73	100000 001010	32 10
J	74	100000 011010	32 26
K	75	100000 000101	32 05
L	76	100000 000111	32 07
M	77	100000 001101	32 13
N	78	100000 011101	32 29
O	79	100000 010101	32 21
P	80	100000 001111	32 15
Q	81	100000 011111	32 31
R	82	100000 010111	32 23
S	83	100000 001110	32 14
T	84	100000 011110	32 30
U	85	100000 100101	32 37
V	86	100000 100111	32 39
W	87	100000 111010	32 58
X	88	100000 101101	32 45
Y	89	100000 111101	32 61
Z	90	100000 110101	32 53
[	91	001000 110111	08 55
]	93	001000 111110	08 62
a	97	000001	01

b	98	000011	03
c	99	001001	09
d	100	011001	25
e	101	010001	17
f	102	001011	11
g	103	011011	27
h	104	010011	19
i	105	001010	10
j	106	011010	26
k	107	000101	05
l	108	000111	07
m	109	001101	13
n	110	011101	29
o	111	010101	21
p	112	001111	15
q	113	011111	31
r	114	010111	23
s	115	001110	14
t	116	011110	30
u	117	100101	37
v	118	100111	39
w	119	111010	58
x	120	101101	45
y	121	111101	61
z	122	110101	53
{	123	101010 110111	40 55
}	125	101000 111110	40 62
ก	161	011011	27
ข	162	000101	05
ค	163	100101	37
ฆ	164	100000 100101	32 37

023123

ง	165	111011	59
จ	166	011010	26
ฉ	167	001100	12
ช	168	101100	44
ซ	169	101110	46
ฌ	170	100000 101100	32 44
ญ	171	100000 111101	32 61
ฎ	172	100000 011001	32 25
ฏ	173	100000 110011	32 51
ฐ	174	100000 011110	32 30
ฑ	175	100000 111110	32 62
ฒ	176	100100 111110	36 62
ณ	177	100000 011101	32 16
ด	178	011001	25
ต	179	110011	51
ถ	180	011110	30
ท	181	111110	62
ธ	182	110100 111110	52 62
น	183	011101	29
บ	184	100111	39
ป	185	101111	47
ผ	186	001111	15
ฝ	187	101101	45
พ	188	111001	57
ฟ	189	101011	43
ภ	190	100000 111001	32 57
ม	191	001101	13
ย	192	111101	61
ร	193	010111	23
ฤ	194	010111 000010	23 02
ล	195	000111	07

ว	196	111010	58
ศ	197	100000 001110	32 14
ษ	198	100100 001110	36 14
ส	199	001110	14
ห	200	010011	19
ฬ	201	100000 000111	32 07
อ	202	010101	21
ฮ	203	111111	63
ะ	204	000001	01
า	206	100001	33
ำ	207	110101	53
เ	208	001011	11
แ	209	100011	35
โ	210	001010	10
ใ	211	110001 000010	49 02
ไ	212	110001	49
ๅ	213	000010	02
ๆ	214	110000 000110	48 06
็	215	001001	09
่	216	010010	18
้	217	000011	03
๊	218	000110	06
๋	219	101010	42
์	220	100010	34
๎	221	011100	28
๏	223	000100	04
๐	224	010100	20
๑	225	110010	50
๒	226	110110	54
๓	227	100110	38
๔	228	110100	52

บทที่ 3

ทฤษฎีและการออกแบบฮาร์ดแวร์

จากการไปหาข้อมูลที่โรงเรียนสอนคนตาบอดกรุงเทพฯ ทำให้ทราบว่าในส่วนแสดงผลที่จะให้คนตาบอดสัมผัสโดยตรงนั้นควรจะแสดงผลเป็นอักษรเบรลล์ทีละ 20 ตัวอักษร เนื่องจากเป็นจำนวนที่ไม่มากไม่น้อยเกินไปที่จะให้คนตาบอดสัมผัสได้ในเวลาพอสมควร สามารถย่านได้ความต่อเนื่องดี และจะมีจำนวนตัวอักษรเท่ากับเครื่อง VersaBraille II+ System® ของบริษัท Telesensory System Inc. ด้วย

ในการออกแบบส่วนฮาร์ดแวร์นี้ จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

3.1 ส่วนของวงจรถอดรหัส ส่วนนี้จะรับสัญญาณต่าง ๆ จากคอมพิวเตอร์โดยจะต่อออกจากส่วนสลอท (Slot) ภายในเครื่องเลย ซึ่งจะเป็นการง่ายที่จะเปลี่ยนแปลงการควบคุมการต่อออกมาใช้งานก็จะสะดวกมาก

ในส่วนนี้เราจะต้องใช้แอดเดรส (Address) ของพอร์ตมาทำการถอดรหัส เพื่อที่จะแยกว่าข้อมูลที่ส่งมายังบัสข้อมูล (Data Bus) ขา D0-D5 นั้น เป็นข้อมูลการเลือกตัวอักษรที่จะแสดงผลหรือเป็นข้อมูลการแสดงผล ในการทำงานของฮาร์ดแวร์นั้น เราจะใช้แอดเดรสบัส (Address Bus) 10 เส้น คือ A0-A9 , ขา AEN 1 เส้น และขา IOW 1 เส้น

ขา AEN (Addresss Enable) จะเป็นขาที่บ่งบอกถึงว่าในขณะนั้นเป็นการทำงานในช่วง DMA (Direct Memory Access) หรือไม่ ถ้าขา AEN นี้เป็น 0 แสดงว่า แอดเดรสบัสจะสามารถใช้ในการติดต่อกับหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) ได้ แต่ถ้าเป็น 1 แสดงว่าขณะนี้แอดเดรสบัสถูกใช้ในการทำงานช่วง DMA ไม่สามารถจะใช้งานตามปกติได้

ขา IOW (Input/Output Write) จะเป็นขาที่บ่งบอกว่าการทำงานของโปรแกรมอยู่ในระหว่างการส่งข้อมูลมายังพอร์ต โดยจะแอคทีฟเมื่อขานี้มีสถานะต่ำ (Active Low)

แอดเดรสบัส A0-A9 เป็นค่าของพอร์ตในเลขฐานสอง ที่ส่งมาจากซอฟแวร์คือ พอร์ต #0300 พอร์ต #0301 หรือพอร์ต #0302 ในการเลือกพอร์ตที่จะใช้ในการทำงานนั้น เราจะต้องเลือกพอร์ตที่ไม่ได้ใช้ในการทำงานตามปกติของเครื่องคอมพิวเตอร์ เพราะว่าถ้าเราเลือกพอร์ตใช้งานร่วมกันกับพอร์ตที่ถูกใช้งานอยู่แล้ว จะทำให้เกิดการรบกวนการทำงานซึ่งกันและกัน การจะดูว่าพอร์ตที่เราจะเลือกนั้น จะไปตรงกับพอร์ตที่ถูกใช้งานอยู่แล้วหรือไม่ ทำได้โดยการอ่านค่าของพอร์ตนั้น ๆ เข้ามา ถ้าค่าที่อ่านได้เท่ากับ FFH แสดงว่าพอร์ตนั้นไม่ถูกใช้งาน แต่ถ้าอ่านพอร์ตแล้วได้ค่าไม่เท่ากับ FFH แล้ว แสดงว่าพอร์ตนั้น ๆ ถูกใช้งานอยู่ จึงไม่ควรนำมาใช้อีก

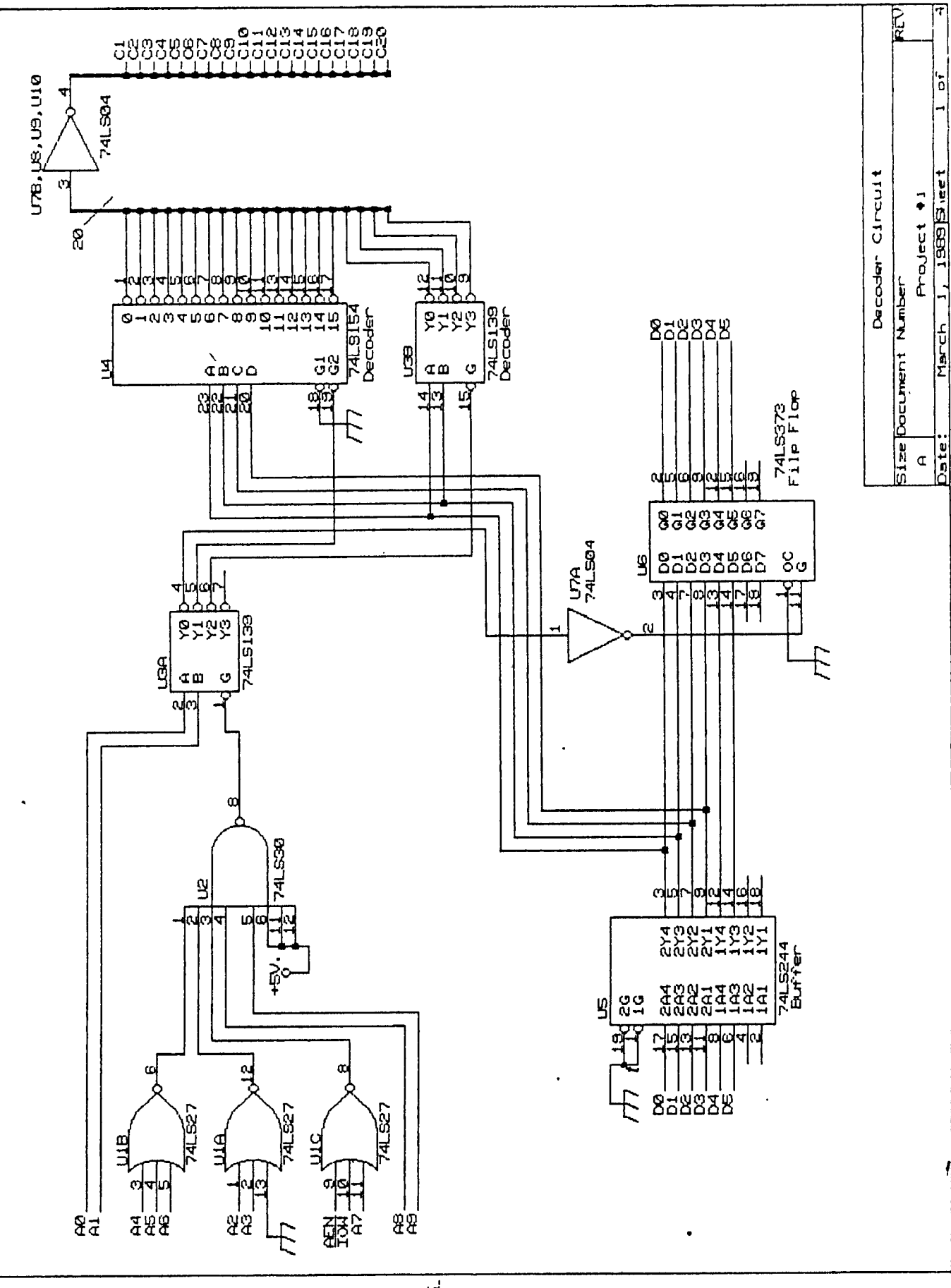
เราจะนำสัญญาณ A2-A7 , AEN และ IOW จากคอมพิวเตอร์มาเข้าวงจรนอร์เกตโดยจะใช้ไอซีเบอร์ 74LS27 (U1A , U1B , U1C) ดังรูปที่ 3.1 จากนั้นก็จะนำสัญญาณที่ออกจากนอร์เกตทั้ง 3 นี้ และ A8 , A9 ไปเข้าวงจรแนนเกตจะใช้ไอซีเบอร์ 74LS30 (U2)

ในการถอดรหัสเพื่อเลือกการเอนนาเบิ้ล (Enable) ของพอร์ต #0300 , 0301 และ 0302 นั้น เราจะใช้ไอซีเบอร์ 74LS139 (U3A) ทำการถอดรหัส โดยจะใช้ A0 และ A1 เป็นอินพุท (Input) เอาท์พุท (Output) ที่ได้จะมี 4 ขา แต่เราจะใช้เพียง 3 ขาแรกคือ Y0-Y2 ในการเอนนาเบิ้ลไอซี U3A จะนำเอาท์พุทที่ออกจากไอซี U2 มาทำการเอนนาเบิ้ล

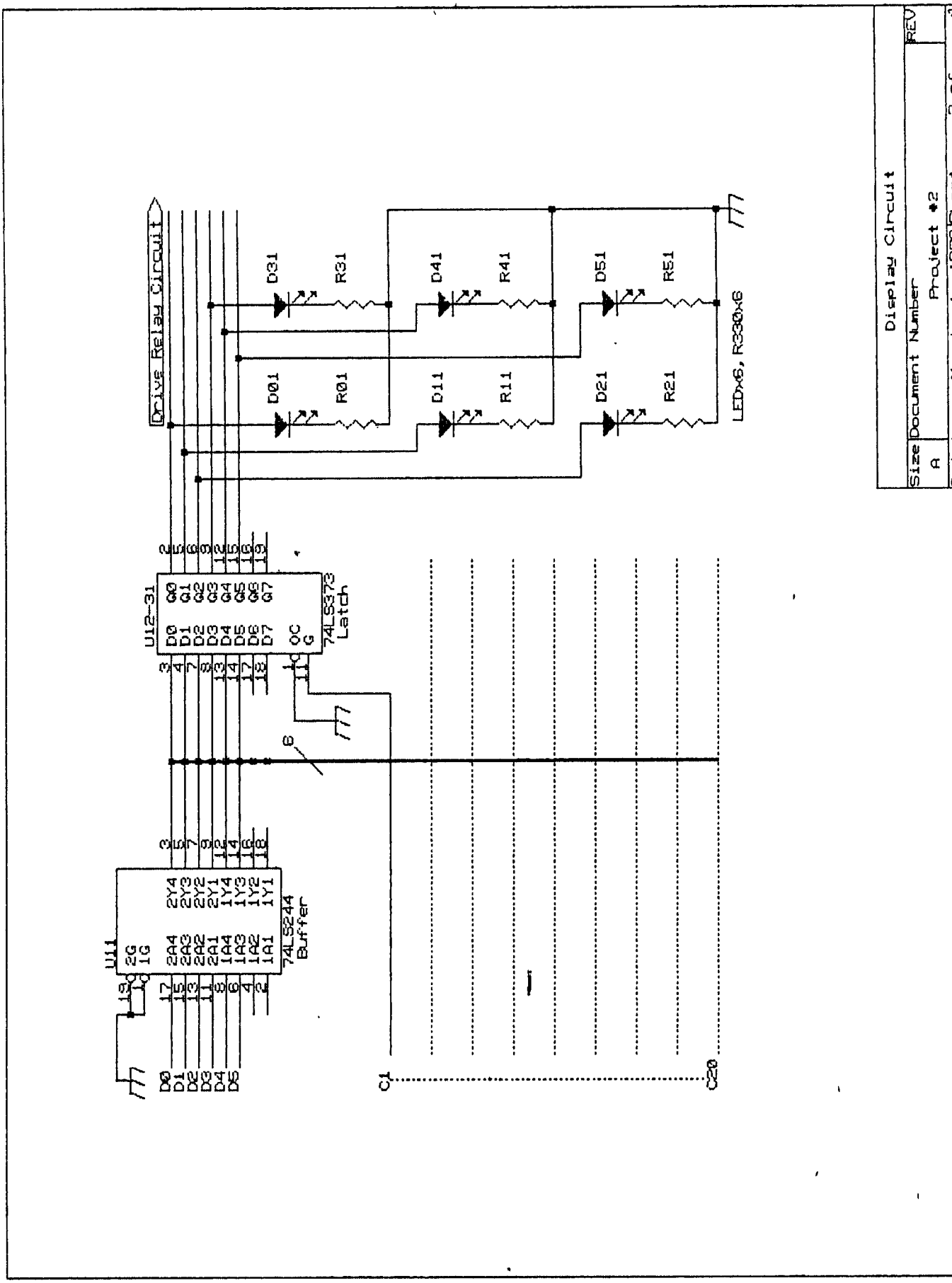
เอาท์พุทที่ออกจากไอซี U3A คือ Y0 จะนำไปใช้ในการเอนนาเบิ้ล ไอซีเบอร์ 74LS373 (U6) เพื่อให้ทำการคงค่า (Latch) ข้อมูลของรหัสอักษรเบรลล์ที่ส่งมาจากบัสข้อมูลผ่านบัฟเฟอร์ (Buffer) คือไอซีเบอร์ 74LS244 (U5) เป็นการป้องกันการดึงกระแสเกิน ซึ่งอาจทำให้ข้อมูลที่ได้รับมาจากบัสข้อมูลมีค่าไม่แน่นอน เนื่องจากแรงดันจะตกลงเมื่อมีการดึงกระแสมากขึ้น แต่ขา G ของไอซี U6 จะทำงานเมื่อมีสถานะสูง (Active High) แต่ Y0 ที่ออกมามีสถานะต่ำ จึงต้องนำไปเข้าอินเวอร์ทเตอร์ (Inverter) ในไอซี 74LS04 (U7A) ก่อน ส่วน Y1 จะใช้ในการเอนนาเบิ้ล ไอซี 74LS154 (U4) และ Y2 จะใช้เอนนาเบิ้ล ไอซี 74LS139 (U3B) ซึ่งทำหน้าที่ถอดรหัสในการเลือกแสดงผลตัวอักษรทั้งคู่ เหตุที่ต้องใช้ทั้ง 2 ตัว เพราะไอซี U4 เป็นไอซีถอดรหัสที่มีเอาท์พุท 16 ขา แต่เราต้องการแสดงผลถึง 20 ตัวอักษร จึงต้องใช้ไอซี U3B มาช่วยในการถอดรหัสให้ครบ 20 ขา เนื่องจากไอซีเบอร์ 74LS139 มีวงจรถอดรหัสอยู่ 2 วงจร เราจึงสามารถใช้เพียงแค่ตัวเดียวก็พอ (U3A และ U3B) เอาท์พุทที่ออกมา 20 ขา จะส่งไปยังส่วนแสดงผล แต่เอาท์พุททั้ง 20 ขานี้ อยู่ในสถานะต่ำ จึงจะนำไปเข้าอินเวอร์ทเตอร์ ไอซีเบอร์ 74LS04 ก่อน ในไอซี 74LS04 จะมีอินเวอร์ทเตอร์อยู่ 6 ตัว ดังนั้นจะใช้ 74LS04 จำนวน 4 ตัวด้วยกันคือ ไอซี U7-U10

3.2 ส่วนแสดงผล จะมีไอซี 74LS244 (U11) เป็นบัฟเฟอร์ที่รับข้อมูลจากไอซี U6 จากส่วนวงจรถอดรหัส เมื่อข้อมูลออกจากไอซี U11 แล้ว ก็จะต่อขาข้อมูลทั้งหมดเข้ากับอินพุทของฟลิปฟลอป (Flip Flop) ในไอซี 74LS373 (U12-U31) จำนวน 20 ตัว โดยเชื่อมต่อกันทั้งหมด ซึ่งจะใช้สัญญาณเอนนาเบิ้ลจากส่วนวงจรถอดรหัสต่อเข้ากับขา G ของฟลิปฟลอป เมื่อมีสัญญาณเอนนาเบิ้ลเข้ามาที่ฟลิปฟลอปตัวไหน ฟลิปฟลอปตัวนั้นก็จะรับข้อมูลเข้ามาคงค่าไว้และส่งไปแสดงผลเลย

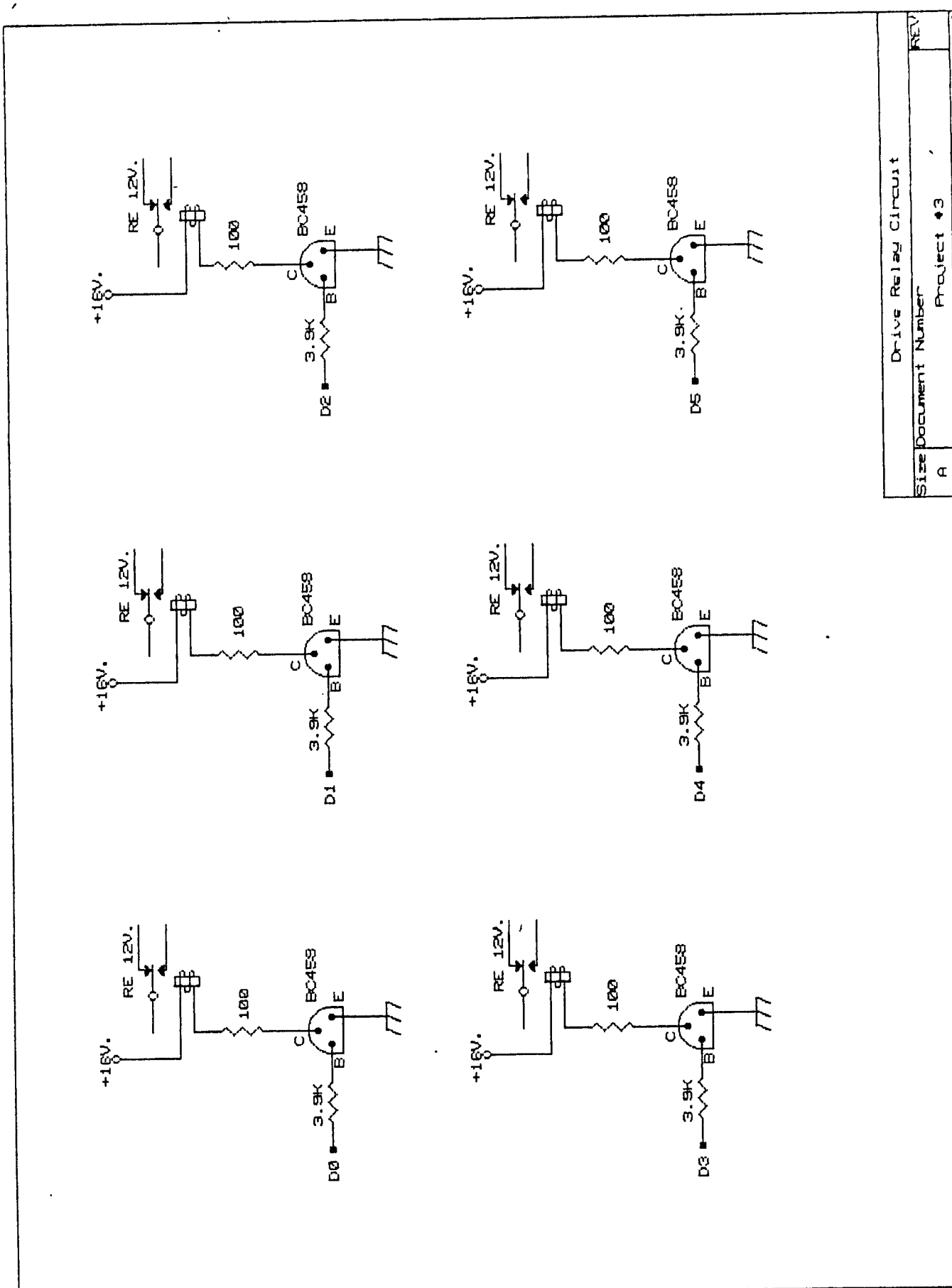
ในการแสดงผล จะแสดงผลออกมา 2 แบบคือ แสดงผลโดยไดโอดเปล่งแสง (LED Display Monitor) เพื่อใช้ในการตรวจเช็คในภาคการศึกษาที่แล้วและสำหรับการเรียนการสอน


Decoder Circuit
Size A
Document Number
Project #1
Date: March 1, 1989
Sheet 1 of 1
REV
U7B,U8,U9,U10
74LS04
U4
74LS154 Decoder
U3B
74LS139 Decoder
U3A
74LS139
U7A
74LS04
U6
74LS373 Flip Flop
U5
74LS244 Buffer
U2
74LS30
U1B
74LS27
U1A
74LS27
U1C
74LS27
+5V
A0
A1
A2
A3
A4
A5
A6
A7
A8
A9
IOW
AEN

รูปที่ 3.1


Drive Relay Circuit
D31
R31
D41
R41
D51
R51
D01
R01
D11
R11
D21
R21
LEDx6, R330x6
U12-31
74LS373
Latch
U11
74LS244
Buffer
6
C1
C20
Display Circuit
Size
A
Document Number
Project #2
REV

รูปที่ 3.2

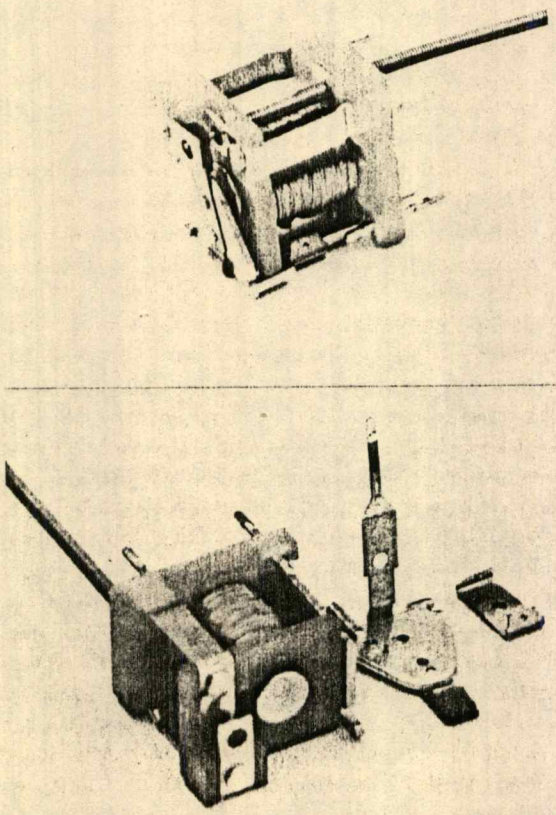

+16V.
RE 12V.
100
BC458
C
B
E
3.9K
D0
D1
D2
D3
D4
D5
Drive Relay Circuit
Size
Document Number
Project #3
REV
A

รูปที่ 3.3

ให้ครูผู้สอนซึ่งตาปกติสามารถตรวจเช็คอักษรเบรลล์ที่ต้องการสอนนักเรียนตาบอดได้ง่ายขึ้น กับการแสดงผลโดยส่วนที่ให้คนตาบอดสัมผัสได้

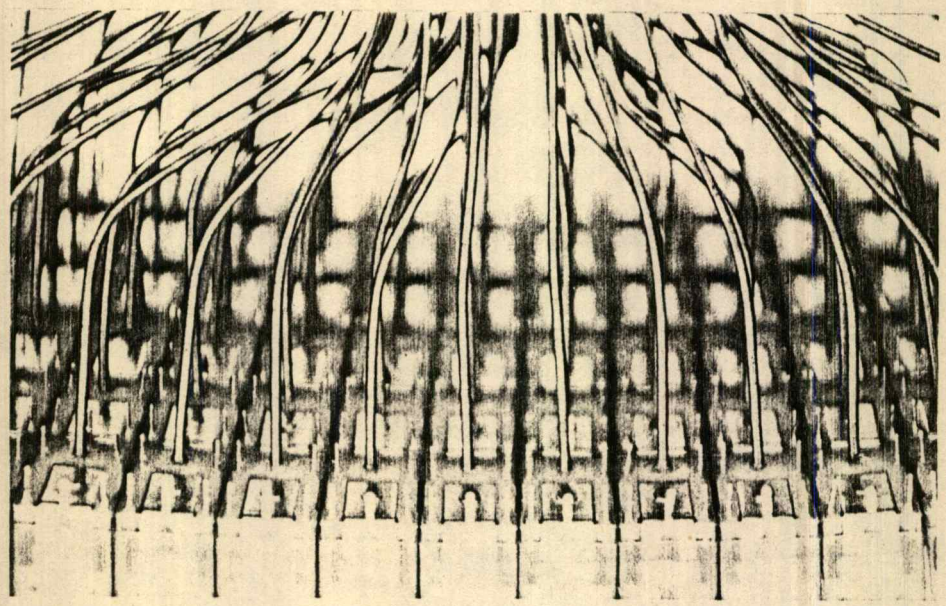
การแสดงผลด้วยไดโอดเปล่งแสง จะต่อไดโอดเปล่งแสงเข้ากับเอาท์พุทของฟลิป-ฟลอป โดยจะใส่ตัวต้านทานค่า 330 Ω ต่ออนุกรมกับไดโอดเปล่งแสง เพื่อลดกระแสที่ไหลผ่านไดโอดเปล่งแสง ทำให้มีกระแสไหลผ่านประมาณ 10 mA. ดังรูปที่ 3.2

การแสดงผลโดยส่วนที่ให้คนตาบอดสัมผัสได้ จะใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ BC458 ต่อเข้ากับเอาท์พุทของฟลิปฟลอปเช่นกัน โดยต่อขา B ของทรานซิสเตอร์ผ่านตัวต้านทานค่า 3.9 KΩ (เพื่อลดการดึงกระแส เพราะถ้าส่วนนี้ดึงกระแสมากไปไดโอดเปล่งแสงจะไม่ติด) เข้ากับเอาท์พุทของฟลิปฟลอป ขา E ต่อกับกราวน์ (Ground) และขา C ต่อเข้ารีเลย์ (Relay) โดยผ่านตัวต้านทานค่า 100 Ω ดังรูปที่ 3.3 รีเลย์จะถูกเจาะรูที่แกนเหล็กของคอนแทค (Contact) ที่เคลื่อนไหว เพื่อติดกับเส้นลวดและสปริง คือเราได้ออกแบบให้รีเลย์ทำหน้าที่เป็นตัวดันเส้นลวดให้ยื่นออกมาเพื่อให้คนตาบอดสัมผัส โดยมีสปริงเป็นตัวนำร่องของเส้นลวด ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4

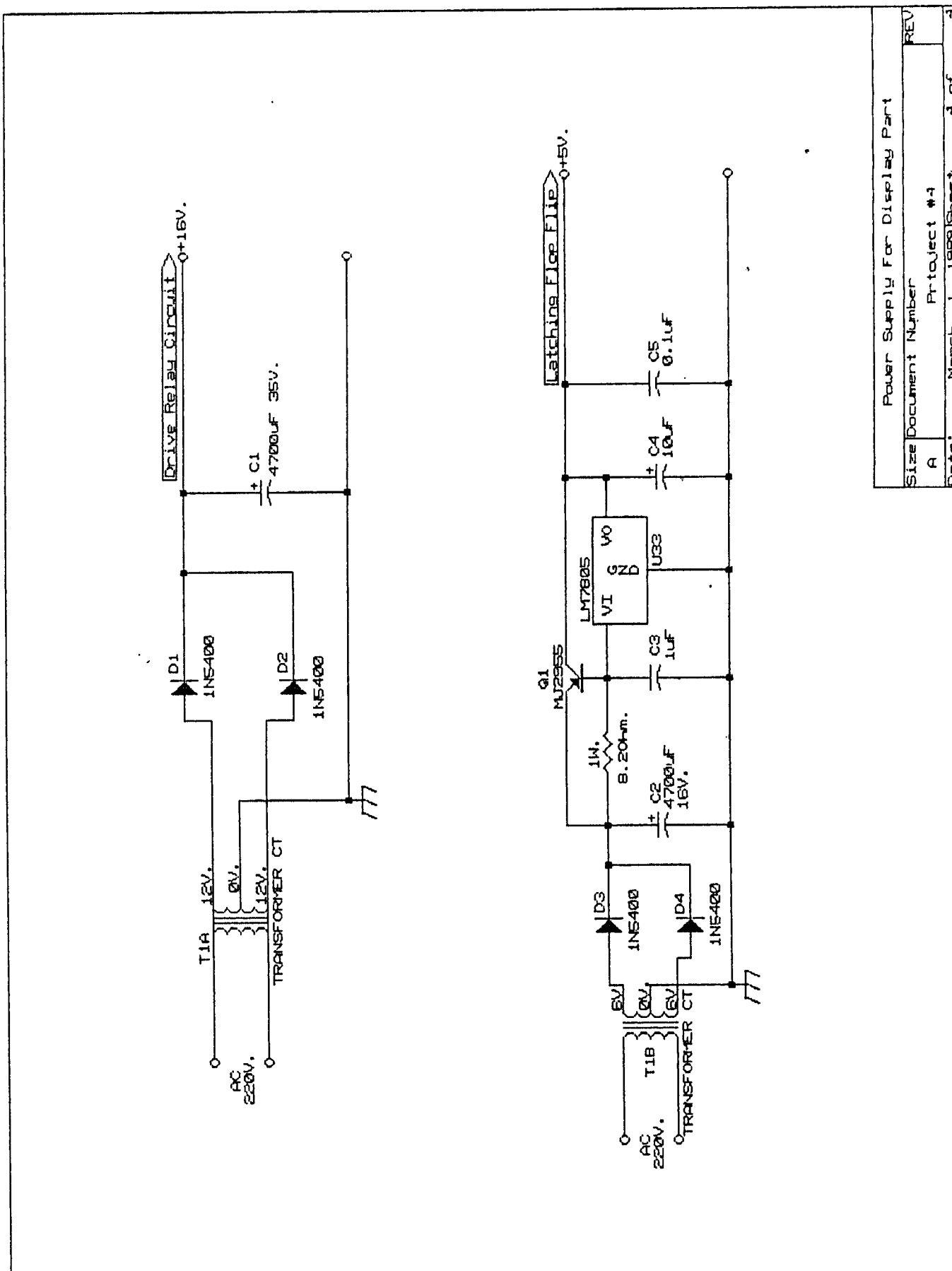
ชุดรีเลย์ที่ติดกับเส้นลวดและสปริงนี้ถือว่าเป็น 1 ชุดตัวอักษร ดังนั้นในการแสดงผลเป็นอักษรเบรลล์จำนวน 20 ตัวอักษรจะใช้ชุดของรีเลย์จำนวน 120 ชุด ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5

ในส่วนแสดงผลนี้เราจะใช้ไฟเลี้ยงจากแหล่งจ่ายไฟ (Power Supply) 2 ชุดคือ

- ชุดแรกจะใช้จ่ายไฟ +5V. ให้กับไอซี U12-U31 การจ่ายไฟให้กับไอซีจำเป็นจะต้องมีการเร็คกูเรต (Regulate) จะใช้ไอซีเรคกูเรตเบอร์ LM 7805 มาทำหน้าที่เรคกูเรต
- ชุดที่สองจะใช้จ่ายไฟ +16V. ให้กับวงจรรีเลย์ เนื่องจากเป็นการจ่ายไฟให้รีเลย์และทรานซิสเตอร์ ดังนั้นจึงไม่จำเป็นต้องใช้แรงดันไฟที่เรียบมากนัก เราจึงจะไม่มีการเรคกูเรตเพื่อความประหยัดและเหมาะสม วงจรก็จะเป็นการแปลงไฟโดยหม้อแปลงผ่านไดโอดและตัวเก็บประจุเพื่อลดริปเปิ้ล (Ripple) ดังรูปที่ 3.6


Drive Relay Circuit
+16V.
C1
4700uF 35V.
D1
1N5400
D2
1N5400
12V.
0V.
12V.
T1A
TRANSFORMER CT
AC
220V.
Latching Flip Flip
+5V.
C5
0.1uF
C4
10uF
LM7805
VI
GND
VO
U33
Q1
MJ2955
C3
1uF
1W.
8.20-m.
C2
4700uF
16V.
D3
1N5400
D4
1N5400
6V
0V
6V
T1B
TRANSFORMER CT
AC
220V.
Power Supply For Display Part
Size
A
Document Number
Prtoject #4
REV

รูปที่ 3.6

บทที่ 4

หลักการทำงานในส่วนซอฟแวร์

4.1 หลักการทำงานโดยรวม

ในส่วนของซอฟแวร์ที่เขียนขึ้นมานี้ เริ่มแรกจะทำการถาม ผู้.ชั.ห้.ส่ชื่อเท็กซ์ไฟล์ เพื่อทำการอ่านไฟล์นั้นเข้ามาใส่ในตัวแปรที่ถูกจองอาร์เรย์ไว้ โดยในแต่ละอาร์เรย์จะเท่ากับ 1 บรรทัดในเท็กซ์ไฟล์นั้น

จากนั้นซอฟแวร์จะจัดการนำตัวแปรในแต่ละบรรทัด ไปเปรียบเทียบกับตารางของซอฟแวร์เพื่อเปรียบเทียบกับค่าของรหัสตัวอักษรเบรลล์ โดยจะทำการเปรียบเทียบอักษรทีละตัวอักษร นอกจากพยัญชนะปกติแล้ว ยังมีกรณีพิเศษที่เป็นคำผสมในภาษาไทยบางคำ เช่น เ-ะ เ-อ เ-ีย ฯลฯ จะเท่ากับรหัสในตัวอักษรเบรลล์เพียง 1 ตัวเท่านั้น ซึ่งในส่วนนี้ซอฟแวร์ก็จะทำการเปรียบเทียบทุกครั้ง ที่มีค่าผสมของรหัสแอสกี้เช่นนี้ปรากฏ และจะได้ค่าของแต่ละรหัสแอสกี้ที่ถูกแปลงเป็นรหัสอักษรเบรลล์ แล้วเก็บในรูปของตัวแปร

เมื่อได้ตัวแปรต่าง ๆ แล้ว ซอฟแวร์ก็จะทำการส่งข้อมูลรหัสอักษรเบรลล์และข้อมูลการเลือกตัวอักษรลำดับที่ต้องการจะใช้แสดงผลออกไปที่พอร์ตด้วย ซึ่งจะใช้อยู่ 3 พอร์ตด้วยกันคือ พอร์ต #0300 พอร์ต #0301 พอร์ต #0302 โดยพอร์ต #0300 จะใช้เป็นพอร์ตสำหรับส่งข้อมูลรหัสอักษรเบรลล์ออกไปยังส่วนฮาร์ดแวร์ เพื่อทำการคงค่าไว้ ส่วนพอร์ต #0301 และพอร์ต #0302 ใช้สำหรับส่งข้อมูลการเลือกตัวอักษรลำดับที่ต้องการจะใช้แสดงผล พอร์ต #0301 จะใช้ในการเลือกแสดงผลที่ตัวอักษรลำดับที่ 1-16 พอร์ต #0302 จะใช้ในการเลือกแสดงผลที่ตัวอักษรลำดับที่ 17-20 ในการส่งข้อมูลของการเลือกแสดงผล เราจะส่งข้อมูลให้พอร์ต #0301 หรือพอร์ต #0302 ที่ต้องการเอนนาเบิ้ลดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1

PORT #0301

Character Number	D0	D1	D2	D3	D4	D5
1	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	0	0
3	0	1	0	0	0	0
4	1	1	0	0	0	0

5	0	0	1	0	0	0
6	1	0	1	0	0	0
7	0	1	1	0	0	0
8	1	1	1	0	0	0
9	0	0	0	1	0	0
10	1	0	0	1	0	0
11	0	1	0	1	0	0
12	1	1	0	1	0	0
13	0	0	1	1	0	0
14	1	0	1	1	0	0
15	0	1	1	1	0	0
16	1	1	1	1	0	0

ตารางที่ 4.2

PORT #0302

Character Number	D0	D1	D2	D3	D4	D5
17	0	0	0	0	0	0
18	1	0	0	0	0	0
19	0	1	0	0	0	0
20	1	1	0	0	0	0

ลำดับการทำงานของซอฟแวร์ จะส่งข้อมูลที่ถูกแปลงจากรหัสแอสกี้เป็นรหัสของอักษรเบรลล์ไปแสดงผลที่จอภาพของคอมพิวเตอร์พร้อมกับจะบอกเลขที่บรรทัด และก็จะส่งข้อมูลรหัสอักษรเบรลล์ดังกล่าวออกไปยังพอร์ต #0300 ด้วย เพื่อทำการคงค่าไว้ และจะส่งข้อมูลอีกครั้งหนึ่งซึ่งเป็นข้อมูลของลำดับของตัวอักษรที่ต้องการแสดงผลไปยังพอร์ต #0301 หรือพอร์ต #0302 ขึ้นอยู่กับว่า จะทำการแสดงผลที่ตัวอักษรลำดับที่เท่าไรบ้าง เพื่อทำการแสดงผลที่ส่วนแสดงผล เมื่อส่งข้อมูลของรหัสอักษรเบรลล์ไปยังส่วนแสดงผลครบหนึ่งบรรทัด ข้อมูลนั้นก็จะถูกคงค่าค้างไว้ จนกว่าข้อมูลบรรทัดต่อไปจะถูกแปลงและถูกส่งมา โดยการกดคีย์ "RETURN"

เมื่อทำการแปลงข้อมูลจนหมดไฟล์แล้ว ซอฟแวร์ก็จะทำการถามว่าต้องการที่จะให้แปลงใหม่อีกครั้งหรือไม่ ถ้าต้องการแปลงใหม่ ซอฟแวร์ก็จะเริ่มทำการแปลงโดยเริ่มจากบรรทัดที่หนึ่งใหม่อีกครั้ง แต่ถ้าไม่ต้องการก็สามารถที่จะใส่ชื่อไฟล์ใหม่ที่ต้องการแปลงต่อไปได้ ในกรณีที่ไม่ต้องการแปลงต่อ ก็ให้กดคีย์ "F10" จะเป็นการหยุดการทำงานทั้งหมด

4.2 โปรแกรมแปลงอักษรเบรลล์ *(Braille Translator Program)*

```
BEGIN : DEFINT A-Z
        OPTION BASE 1
        DIM data $ (1000)
        DIM port data (5000)
        DIM a$(5000)
        DIM cplstr(1000)                          'string character per line
        DIM cpltabledata(1000)                    'string tabledata per line
        DIM table1(256)
        DIM table2(256)
        ON ERROR GOTO ERROR 1

datasum : table1(32) = 0                          ' spc
          table1(33) = 22                         ' !
          table1(35) = 60                         ' #
          table1(36) = 50 : table2(36) = 60       ' $
          table1(37) = 18 : table2(37) = 15       ' %
          table1(39) = 4                          ' '
          table1(40) = 54                         ' )
          table1(41) = 54                         ' (
          table1(42) = 33                         ' *
          table1(43) = 44                         ' +
          table1(44) = 2                          ' ,
          table1(45) = 36                         ' -
          table1(46) = 50                         ' .
          table1(47) = 12                         ' /
          table1(48) = 26                         ' 0
          table1(49) = 1                          ' 1
          table1(50) = 3                          ' 2
          table1(51) = 9                          ' 3
          table1(52) = 25                         ' 4
          table1(53) = 17                         ' 5
          table1(54) = 11                         ' 6
          table1(55) = 27                         ' 7
          table1(56) = 19                         ' 8
          table1(57) = 10                         ' 9
          table1(58) = 18                         ' :
          table1(59) = 6                          ' ;
          table1(61) = 5 : table2(61) = 5         ' =
          table1(63) = 38                         ' ?
          table1(65) = 1 : table1(97) = 1         ' A or a
          table1(66) = 3 : table1(98) = 3         ' B or b
          table1(67) = 9 : table1(99) = 9         ' C or c
          table1(68) = 25 : table1(100) = 25      ' D or d
          table1(69) = 17 : table1(101) = 17      ' E or e
          table1(70) = 11 : table1(102) = 11      ' F or f
          table1(71) = 27 : table1(103) = 27      ' G or g
```

```
table1(72) = 19 : table1(104) = 19          ' H or h
table1(73) = 10 : table1(105) = 10          ' I or i
table1(74) = 26 : table1(106) = 26          ' J or j
table1(75) = 5 : table1(107) = 5            ' K pr k
table1(76) = 7 : table1(108) = 7            ' L or l
table1(77) = 13 : table1(109) = 13          ' M or m
table1(78) = 29 : table1(110) = 29          ' N or n
table1(79) = 21 : table1(111) = 21          ' O or o
table1(80) = 15 : table1(112) = 15          ' P or p
table1(81) = 31 : table1(113) = 31          ' Q or q
table1(82) = 23 : table1(114) = 23          ' R or r
table1(83) = 14 : table1(115) = 14          ' S or s
table1(84) = 30 : table1(116) = 30          ' T or t
table1(85) = 37 : table1(117) = 37          ' U or u
table1(86) = 39 : table1(118) = 39          ' V or v
table1(87) = 58 : table1(119) = 58          ' W or w
table1(88) = 45 : table1(120) = 45          ' X or x
table1(89) = 61 : table1(121) = 61          ' Y or y
table1(90) = 53 : table1(122) = 53          ' Z or z
table1(91) = 8  : table2(91) = 55           ' [
table1(93) = 8  : table2(93) = 62           ' ]
table1(123) = 40 : table2(123) = 55         ' {
table1(125) = 40 : table2(125) = 62         ' }
table1(161) = 27                            ' ก
table1(162) = 5                             ' ข
table1(163) = 37                            ' ค
table1(164) = 32 : table2 (164) = 37        ' ฆ
table1(165) = 59                            ' ง
table1(166) = 26                            ' จ
table1(167) = 12                            ' ฉ
table1(168) = 44                            ' ช
table1(169) = 46                            ' ซ
table1(170) = 32 : table2(170) = 44         ' ฌ
table1(171) = 32 : table2(171) = 61         ' ญ
table1(172) = 32 : table2(172) = 25         ' ฎ
table1(173) = 32 : table2(173) = 51         ' ฏ
table1(174) = 32 : table2(174) = 30         ' ฐ
table1(175) = 32 : table2(175) = 62         ' ฑ
table1(176) = 36 : table2(176) = 62         ' ฒ
table1(177) = 32 : table2(177) = 16         ' ณ
table1(178) = 25                            ' ด
table1(179) = 51                            ' ต
table1(180) = 30                            ' ถ
table1(181) = 62                            ' ท
table1(182) = 52 : table2(182) = 62         ' ธ
table1(183) = 29                            ' น
table1(184) = 39                            ' บ
table1(185) = 47                            ' ป
```

```
table1(186) = 15                                    'ผ
table1(187) = 45                                    'ฝ
table1(188) = 57                                    'พ
table1(189) = 43                                    'ฟ
table1(190) = 32 : table2(190) = 57                 'ภ
table1(191) = 13                                    'ม
table1(192) = 61                                    'ย
table1(193) = 23                                    'ร
table1(194) = 23 : table2(194) = 2                  'ฤ
table1(195) = 7                                     'ล
table1(196) = 58                                    'ว
table1(197) = 32 : table2(197) = 14                 'ศ
table1(198) = 36 : table2(198) = 14                 'ษ
table1(199) = 14                                    'ส
table1(200) = 19                                    'ห
table1(201) = 32 : table2(201) = 7                  'ฬ
table1(202) = 21                                    'อ
table1(203) = 63                                    'ฮ
table1(204) = 1                                     'ะ
table1(206) = 33                                    'า
table1(207) = 53                                    'ำ
table1(208) = 11                                    'เ
table1(209) = 35                                    'แ
table1(210) = 10                                    'โ
table1(211) = 49 : table2(211) = 2                  'ใ
table1(212) = 49                                    'ไ
table1(213) = 2                                     'ๆ
table1(214) = 48 : table2(214) = 6                  'ๅ
table1(215) = 9                                     '็
table1(216) = 18                                    '่
table1(217) = 3                                     '้
table1(218) = 6                                     '๊
table1(219) = 42                                    '๋
table1(220) = 34                                    '์
table1(221) = 28                                    'ั
table1(223) = 4                                     'ิ
table1(224) = 20                                    'ี
table1(225) = 50                                    'ึ
table1(226) = 54                                    'ื
table1(227) = 38                                    'ุ
table1(228) = 52                                    'ู
```

filename :

```
KEY(10) ON
ON KEY(10) GOSUB TERMINATE1
CLS
LOCATE 24 , 28 : PRINT " Press <F10> to quit "
name$ = " " : ext$ = " "
COLOR 0 , 7
```

```
          LOCATE 5 , 23 : PRINT " Welcome To Braille Translator "
          LOCATE 10 , 24 : PRINT " Input file name " " ;
          COLOR 7 , 0 : LOCATE 10 , 45
nloop1 :  a$ = INKEY$
              IF a$ = CHR$(13) AND LEN(name$) > 0 THEN GOTO ext
              IF a$ = " " THEN GOTO nloop1
              IF a$ > CHR$(47) AND a$ < CHR$(59) THEN
               GOTO nloop2
                ELSEIF a$ > CHR$(64) AND a$ < CHR$(91) THEN
                 GOTO nloop2
                  ELSEIF a$ > CHR$(96) AND a$ < CHR$(123) THEN
                   GOTO nloop2
                   ELSE GOTO nloop1
              END IF
nloop2 :  IF LEN(name$) > 7 THEN GOTO nloop1
              PRINT a$ ;
              name$ = name$ + a$
              GOTO nloop1

ext :         LOCATE 12 , 30 : COLOR 0 , 7 : PRINT " Extension : " ;
              COLOR 7 , 0 : LOCATE 12 , 45
nloop3 :  a$ = INKEY$
              IF a$ = CHR$(13) AND LEN(ext$) > 0 THEN GOTO out1
              IF a$ = " " THEN GOTO nloop3
              IF a$ > CHR$(47) AND a$ < CHR$(58) THEN
               GOTO nloop4
                ELSEIF a$ > CHR$(64) AND a$ < CHR$(91) THEN
                 GOTO nloop4
                  ELSEIF a$ > CHR$(96) AND a$ < CHR$(123) THEN
                   GOTO nloop4
                   ELSE GOTO nloop3
              END IF
nloop4 :  IF LEN(ext$) > 2 THEN GOTO nloop3
              PRINT a$ ;
              ext$ = ext$ + a$
              GOTO nloop3

out1 :        LOCATE 23 , 20 : PRINT " Is The File Name Corrected ? (Y/N) "
out2 :        a$ = INKEY$
              IF a$ = "Y" OR a$ = "y" THEN GOTO out3
              IF a$ = "N" OR a$ = "n" THEN
              name$ = " " : ext$ = " " : GOTO filename
              END IF
              GOTO out2

out3 :        COLOR 7 , 0
              filename$ = name$ + "." + ext$
```

```
KEY(10)OFF
LOCATE 23 , 20 : PRINT SPC(40);
LOCATE 23 , 60 : COLOR 16 , 7 : PRINT " NOW LOADING..... " : COLOR 7 , 0

OPENFILE : OPEN filename$ FOR INPUT AS #1
           i = 1
           WHILE NOT EOF(1)
           text$ = INPUT$(1 , #1)
           IF text$ = CHR$(13) THEN GOTO outloop
           IF text$ = CHR$(10) THEN i = i + 1 : GOTO outloop
           IF text$ = CHR$(160) OR text$ = CHR$(141) THEN text$ = " "
           data$(i) = data$(i) + text$
outloop : WEND
count = i - 2
CLOSE #1
CLS
LOCATE 25 , 13
COLOR 0 , 7 : PRINT " Press ENTER to the next line " ;
LOCATE 25 , 43 : PRINT " Press <F10> to MAIN MENU " ;
COLOR 7 , 0 : LOCATE 1 ,1
ON KEY (10) GOSUB TERMINATE2
KEY (10) ON

MAIN : k = 1                                                    'portdata amount
           n = 1                                                'a$ amount
           l = 1                                                'cpltabledata
           m = 0                                                'line number
           o = 1                                                'cplstr
           time = 0                                             'time of "
           q = 1 : p = 1                                        'end of line
           FOR i = 1 TO count
           m = m + 1
            FOR j = 1 TO 20
             a$ = MID$(data$(i) , j , 1)
             IF a$ = CHR$(13) OR a$ = CHR$(141) THEN GOTO outloop3
             IF LEN(a$) = 0 THEN GOTO outloop3
             IF a$ >= CHR$(65) AND a$ <=CHR$(90) THEN
             GOTO CAPITAL
             END IF                                             'CAPITAL
             IF a$ = CHR$(208) OR a$ = CHR$(209) OR a$ CHR$(210) THEN
             GOSUB SPECIAL1
             END IF                                                 'เ,แ,ไ
             IF a$ = CHR$(221) THEN GOSUB SPECIAL2                  ' ั
             IF a$ = CHR$(34) THEN GOTO SPECIAL3                    ' "
             IF a$ = CHR$(39) THEN GOSUB SPECIAL4                   ' '
             IF a$ = CHR$(46) THEN GOSUB SPECIAL5                   ' . ุ
             IF a$ = CHR$(214) THEN GOSUB SPECIAL6                  ' าๆๆ
```

```
main1 : GOSUB table
        GOSUB pdata

outloop2 : NEXT j
outloop3 : GOSUB clearport
        GOSUB OUTPORT
main2 : a$ = INKEY$
        IF a$ = " " THEN GOTO main2
        cplstr(m) = o - 1
        cpltabledata(m) = l - 1
        l = 1 : o = 1
        NEXT i

ENDFILE : KEY (10) STOP
        LOCATE 25 , 1 : PRINT SPC (75) ;
        PRINT
        PRINT
        BEEP
        LOCATE 23 , 33 : COLOR 16 , 7 : PRINT " End Of File " ;
        COLOR 7 , 0
        LOCATE 25 , 20 : PRINT " * Press Any Key To Return To Menu * "

endfile1 : a$ = INKEY$
        IF a$ = " " THEN GOTO endfile1
endfile2 : CLEAR
        GOSUB clearport
        GOTO datasum

OUTPORT : KEY (10) STOP
outport1 : FOR j = q TO n
        PRINT a$(j) ;
        NEXT j
        PRINT

        s = 0                                          'count no of chr$
        FOR j = p TO k
        PRINT portdata (j) ;
        IF s > 15 THEN GOTO outport2
        OUT &H300 , portdata(j)
        OUT &H301 , s
        s = s + 1
        GOTO outport3

outport2 :  OUT &H300 , portdata (j)
        OUT &H302 , s
        s = s + 1
```

```
                p = k                                          'portdata amount
                q = n                                          'a$ amount
                PRINT
                PRINT " LINE NUMBER " , i
                PRINT
                KEY (10) ON
                RETURN

clearport :  KEY (10) STOP
                FOR s = 0 TO 15
                OUT &H300 , o
                OUT &H301 , s
                NEXT s

                FOR s = 0 TO 3
                OUT &H0300 , o
                OUT &H0302 , s
                NEXT s
                KEY (10) ON
                RETURN

CAPITAL : b$ = a$
                j = j + 1
                a$ = MID$(data$(i) , j , 1)
                c$ = a$
                IF a$ >= CHR$(65) AND  a$ <= CHR$(90) THEN
                table1 = 32 : table2 = 32
                a$ = " "
                ELSE table1 = 32
                a$ =  " "
                END IF
                GOSUB pdata
                a$ =  b$
                GOSUB table
                GOSUB pdata
                a$ = c$
                GOSUB table
                GOSUB pdata
loop1 : j = j+ 1
                a$ = MID$(data$(i) , j ,1)
                IF a$ = CHR$(32) OR LEN(a$) = 0 THEN j = j - 1 : GOTO outloop2
                IF a$ = CHR$(34) AND time = 0 THEN
                table1 = 38 : time = 1 : GOSUB pdata : GOTO loop1
                END IF
                IF a$ = CHR$(34) AND time = 1 THEN
                table1 = 52 : time = 0 : GOSUB pdata : GOTO loop1
                END IF
                GOSUB table
```

```
                GOSUB table
                GOSUB pdata
                GOTO loop1

table : IF LEN(a$) = 0 THEN RETURN
                index = ASC(aS)
                table1 = table1(index)
                table2 = table2(index)
                RETURN

SPECIAL1 : b$ = a$
                j = j + 1
                a$ = MID$(data$(i) , j , 1)
                GOSUB table
                c$ = a$
                tempdata1 = table1
                tempdata2 = table2
                IF b$ = CHR$(208) THEN GOSUB a
                IF b$ = CHR$(209) THEN GOSUB b
                IF b$ = CHR$(210) THEN GOSUB c
                RETURN

a : j = j + 1
                a$ = MID$(data$(i) , j , 1)
                IF (a$ = CHR$(204)) THEN
                table1 = 11 : table2 = 1
                a$ = CHR$(208) + " " + CHR$(204)
                GOSUB TEMPDATA
                GOTO outloop2
                END IF
                IF a$ = CHR$(206) THEN GOTO A1
                IF a$ = CHR$(202) THEN GOTO A2
                IF a$ = CHR$(218) THEN GOTO A3
                IF a$ = CHR$(220) THEN GOTO A4
                IF (a$ < > CHR$(206) ) OR (a$ < > CHR$(204) ) THEN
                j = j - 2 : a$ = CHR$(208) : GOTO main1
                END IF
                IF (a$ < > CHR$(202) ) OR (a$ < > CHR$(218) ) THEN
                j = j - 2 : a$ = CHR$(208) : GOTO main1
                END IF
                IF (a$ < > CHR$(220) ) THEN
                j = j - 2 : a$ = CHR$(208) : GOTO main1
                END IF

A1 : j = j + 1
                a$ = MID$(data$(i) , j ,1)
                IF (a$ < > CHR$(204) ) THEN
                table1 = 22
```

```
                j = j - 1
                a$ = CHR$(208) + " " + CHR$(206)
                ELSE table1 = 21 : table2 = 1
                a$ = CHR$(208) + " " + CHR$(206) + " " + CHR$(204)
                END IF
                GOSUB TEMPDATA
                GOTO outloop2

A2 : j = j + 1
                a$ = MID$(data$(i) , j , 1)
                IF (a$ < > CHR$(204) ) THEN
                table1 = 41
                j = j - 1
                a$ = CHR$(208) + " " + CHR$(202)
                ELSE table1 = 41 : table2 = 1
                a$ = CHR$(208) + " " + CHR$(202) + " " + CHR$(204)
                END IF
                GOSUB TEMPDATA
                GOTO outloop2

A3 : j = j + 1
                a$ = MID$(data$(i) , j , 1)
                IF (a$ < > CHR$(192) ) THEN
                j = j - 3
                a$ = CHR$(208)
                GOTO main1
                END IF
                j = j + 1
                a$ = MID$(data$(i) , j , 1)
                IF (a$ < > CHR$(204) ) THEN
                table1 = 55
                j = j - 1
                a$ = CHR$(208) + " " + CHR$(218) + " " + CHR$(192)
                ELSE table1 = 55 : table2 = 1
                a$ = CHR$(208) + " " + CHR$(218) + " " + CHR$(192) + " " +  CHR$ (204)
                END IF
                GOSUB TEMPDATA
                GOTO outloop2

A4 : j = j + 1
                a$ = MID$(data$(i) , j , 1)
                IF (a$ < > CHR$(202) ) THEN
                j = j - 3
                a$ = CHR$(208)
                GOTO main1
                END IF
                j = j + 1
                a$ = MID$(data$(i) , j , 1 )
```

```
                IF (aS < > CHRS(204) ) THEN
                table1 = 31
                j = j - 1
                aS = CHRS(208) + " " + CHRS(220) + " ".+ CHRS(202)
                ELSE table1 = 31 : table2 = 31
                aS = CHRS(208) + " " + CHRS(220) + " " + CHRS(202) + " " +  CHRS (204)
                END IF
                GOSUB TEMPDATA
                GOTO outloop2

b : j = j + 1
                aS = MIDS(dataS(i) , j , 1)
                IF (a$ < > CHRS(204) ) THEN
                table1 = 35
                j = j - 2
                a$ = CHRS(209)
                GOSUB pdata
                GOTO outloop2
                ELSE table1 = 35 : table2 = 1
                a$ = CHR$(209) + " " + CHRS(204)
                END IF
                GOSUB TEMPDATA
                GOTO outloop2

c : j = j + 1
                a$ = MID$(data$(i) , j , 1)
                IF (a$ < > CHR$(204) ) THEN
                table1 = 10
                j = j - 2
                a$ = CHR$(210)
                GOSUB pdata
                GOTO outloop2
                ELSE table1 = 10 : table2 = 1
                a$ = CHR$(210) + " " + CHR$(204)
                END IF
                GOSUB TEMPDATA
                GOTO outloop2

SPECIAL2 : j = j + 1
                a$ = MID$(data$(i) , j , 1)
                IF (a$ < > CHR$(196) ) THEN
                a$ = CHR$(221)
                j = j - 1
                GOTO main1
                END IF
                j = j + 1
                a$ = MIDS(data$(i) , j , 1)
                IF (a$ < > CHR$(204) ) THEN
```

```
                table1 = 17
                j = j - 1
                a$ = CHR$(221) + " " + CHR$(196)
                GOSUB pdata
                GOTO outloop2
                ELSE table1 = 17 : table2 = 1
                a$ = CHR$(221) + " " + CHR$(196) + " " + CHR$(204)
                GOSUB pdata
                END IF
                GOTO outloop2

SPECIAL3 : IF time = 1 THEN table1 = 52 : time = 0 : goto loop2
           IF time = 0 THEN table1 = 38 : time = 1 : GOTO loop2

loop2 : GOSUB pdata
                GOTO outloop2

SPECIAL5 : j = j + 1
                a$ = MID$(data$(i) , j , 1 )
                IF a$ >= CHR$(48) AND a$ <= CHR$(57) THEN
                table1 = 40
                ELSE table1 = 50
                END IF
                IF LEN(a$) = 0 THEN
                table1 = 50
                END IF
                a$ = CHR$(46)
                j = j - 1
                GOSUB pdata
                GOTO outloop2

SPECIAL6 : j = j + 1
                a$ = MID$(data$(i) , j , 1)
                j = j + 1
                b$ = MID$(data$(i) , j , 1)
                IF a$ = CHR$(195) AND b$ = CHR$(214) THEN
                table1 = 48 : table2 = 7
                j = j + 1
                a$ = CHR$(214) + CHR$(195) + CHR$(214)
                ELSE table1 = 48 : table2 = 6
                j = j - 2
                a$ = CHR$(214)
                END IF
                GOSUB pdata
                GOTO outloop2

pdata : portdata (k) = table1
                IF (table2 = 0 ) THEN
```

```
                o = o + 1
                l = l + 1
                k = k + 1
                n = n + 1
                RETURN
                END IF

                k = k + 1 : portdata(k) = table2
                aS (n) = aS
                o = o + 1
                l = l + 2
                k = k + 1
                n = n + 1
                table1 = 0
                table2 = 0
                RETURN

TEMPDATA : dS = a$
                tempdata3 = table1
                tempdata4 = table2
                a$ = c$
                table1 = tempdata1
                table2 = tempdata2
                GOSUB pdata
                a$ = d$
                table1 = tempdata3
                table2 = tempdata4
                GOSUB pdata
                tempdata1 = 0
                tempdata2 = 0
                tempdata3 = 0
                tempdata4 = 0
                RETURN

ERROR1 : KEY (10) STOP
                LOCATE 23 , 19 : PRINT SPC(50) ;
                LOCATE 20 , 31 : COLOR 16 , 7 : PRINT " File Not Found "
                COLOR 0 , 7
                BEEP
                LOCATE 23 , 23 : PRINT SPC(3) ; " Press Any Key To Resume " ; SPC (3) ;
                COLOR 7 , 0
                KEY (10 ON
ERROR2 : a$ = INKEY$
                IF a$ = " " THEN GOTO ERROR2
                RESUME filename

TERMINATE : LOCATE 23 , 10 : PRINT SPC(50) ;
                LOCATE 23 , 14 : PRINT " Do you really want to leave ? (Y/N) "
```

```
                LOCATE 23 , 14 : PRINT " Do you really want to leave ? (Y/N) "
term : aS = INKEYS
                IF a$ = "Y" OR aS = "y" THEN END
                IF a$ = "N" OR aS = "n" THEN GOTO filename
                GOTO term

TERMINATE2 : RETURN  TERMINATE3

TERMINATE3 : CLEAR
                 GOSUB clearport
                 GOTO datasum
```

4.3 สรุปการทำงานของรูทีนต่าง ๆ

จะเห็นว่าในโปรแกรมจะแบ่งรูทีนย่อย ๆ โดยแต่ละรูทีนจะทำหน้าที่ต่าง ๆ กัน สามารถอธิบายแยกเป็นรูทีนดังนี้

BEGIN : เป็นรูทีนที่ทำการจองเนื้อที่ของหน่วยความจำที่ใช้กับตัวแปรต่าง ๆ รวมทั้งกำหนดขนาดและชนิดของตัวแปรที่ใช้ในการเก็บข้อมูล และมีคำสั่งที่ให้โปรแกรมทราบว่าจะต้องไปยังรูทีนไหนเมื่อเกิดข้อผิดพลาดขึ้น

datasum : เป็นรูทีนที่กำหนดค่าของอักษรเบรลล์ให้กับตัวแปร table 1 และ ,table 2 เมื่อต้องการเทียบรหัส จากรหัสแอสกี้เป็นรหัสของอักษรเบรลล์

filename : เป็นรูทีนที่ใช้ในการรับชื่อของเท็กซ์ไฟล์ และชื่อส่วนขยายจากคีย์บอร์ด เพื่อทำการแปลงรหัส

OPENFILE : เป็นรูทีนที่ทำการอ่านข้อมูลจากเท็กซ์ไฟล์ ที่ถูกกำหนดโดยรูทีน filename เพื่อเก็บค่าของตัวอักษรลงในตัวแปร data$

MAIN : เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเทียบรหัสแอสกี้เป็นรหัสของอักษรเบรลล์ โดยจะทำการเทียบรหัสทีละบรรทัด และเมื่อพบรหัสของอักษรเบรลล์ที่มีลักษณะพิเศษ ก็จะเรียกรูทีน SPECIAL เพื่อทำการเปรียบเทียบกับรหัสอักษรเบรลล์

ENDFILE : เป็นรูทีนที่ใช้ในการปิดไฟล์ เมื่อถึงบรรทัดสุดท้ายของไฟล์ และจะกลับไปยังเมนูหลัก (Main Menu)

OUTPORT : เป็นรูทีนที่ทำการส่งข้อมูลที่ถูกเปรียบเทียบเป็นรหัสอักษรเบรลล์แล้ว ไปยังส่วนฮาร์ด-แวร์ คือวงจรถอดรหัส ซึ่งใช้พอร์ต #0300 เป็นพอร์ตที่ใช้ในการส่งข้อมูลไปทำการคงค่าไว้ก่อน และใช้พอร์ต #0301 เป็นพอร์ตซึ่งใช้ในการเลือกตัวอักษรที่ต้องการแสดงผลลำดับที่ 1-16 และใช้พอร์ต

#0302 ในการเลือกตัวอักษรลำดับที่ 17-20

clearport : เป็นรูทีนที่ใช้ในการล้างข้อมูลของตัวอักษร เพื่อไม่ให้แสดงผล

CAPITAL : เป็นรูทีนที่ใช้ในการกำหนดให้อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ในภาษาอังกฤษ ต้องมีอักษรนำหน้าในรหัสของอักษรเบรลล์ เนื่องจากในอักษรเบรลล์ ตัวภาษาอังกฤษตัวพิมพ์ใหญ่และตัวพิมพ์เล็กเหมือนกัน เพียงแต่ว่าตัวพิมพ์ใหญ่จะนำหน้าด้วยรหัสค่าหนึ่งก่อน

table : เป็นรูทีนที่จะเปลี่ยนรหัสจากรหัสแอสกี้ เป็นรหัสของอักษรเบรลล์ โดยการนำไปเทียบในรูทีน datasum

SPECIAL : เป็นรูทีนสำหรับตัวอักษรที่มีลักษณะพิเศษเช่น เ-ะ เ-อ เ-ีย ฯลฯ ซึ่งเป็นสระที่ผสมกันแต่ในอักษรเบรลล์จะรวมเป็นเพียงรหัสเดียว โดยรูทีนนี้จะทำการแปลงรหัสพิเศษนี้เป็นรหัสอักษรเบรลล์

pdata : เป็นรูทีนกำหนดค่าของข้อมูลของรหัสอักษรเบรลล์ไปยังตัวแปรที่จะถูกส่งไปยังพอร์ต เพื่อจะทำการแสดงผล

TEMPDATA : เป็นรูทีนที่ใช้ในการสำรองค่าข้อมูลเพื่อที่จะเรียกกลับมาใช้ใหม่ โดยจะทำงานร่วมกับรูทีน SPECIAL

ERROR : เป็นรูทีนที่จัดการเกี่ยวกับค่าผิดพลาดที่อาจจะเกิดขึ้นในระหว่างการทำงาน โดยจะจัดการตามค่าผิดพลาดที่เกิดขึ้น

TERMINATE : เป็นรูทีนที่ใช้สำหรับทำการออกจากโปรแกรม

บทที่ 5

หลักการทำงานในส่วนฮาร์ดแวร์

การทำงานของฮาร์ดแวร์นี้ จะกล่าวแยกเป็น 2 ส่วนเช่นกันคือ ส่วนของวงจรถอดรหัสและส่วนแสดงผล

5.1 ส่วนของวงจรถอดรหัส (ดูรูปที่ 3.1 ประกอบ) จะรับแอดเดรสบัส A0-A9 , บัสข้อมูล D0-D5 , AEN และ IOW จากสลอทในคอมพิวเตอร์ โดยแอดเดรสบัสจะมีค่าของพอร์ต ที่ส่งมาจากซอฟแวร์คือพอร์ต #0300 พอร์ต #0301 หรือพอร์ต #0302 เราจะใช้พอร์ต #0300 ในการส่งข้อมูลการเอนนาเบิ้ลให้กับไอซี U6 เพื่อทำการคงค่าของข้อมูลรหัสอักษรเบรลล์จากบัสข้อมูลไว้ พอร์ต #0301 ในการส่งข้อมูลการเอนนาเบิ้ลให้ไอซี U4 และใช้พอร์ต #0302 ในการส่งข้อมูลการเอนนาเบิ้ลให้ไอซี U3B เพื่อทำการถอดรหัสในการเลือกแสดงผลที่ตัวอักษรลำดับที่เท่าไรบ้าง

จะเห็นว่าแอดเดรสของพอร์ตทั้ง 3 จะต่างกันที่ 2 บิทสุดท้ายคือ A0 และ A1 เท่านั้น จึงใช้ A0 และ A1 ในการถอดรหัสโดยไอซี U3A ว่าจะให้เอนนาเบิ้ลไอซีตัวใด ส่วน A2-A9 IOW และ AEN จะนำไปเข้าวงจรนอร์เกต 3 ตัว (U1A , U1B , U1C) และวงจรแนนเกต 8 อินพุท (U2) เพื่อเช็คว่าพอร์ตที่ส่งมาจะต้องเป็น 0300 , 0301 , 0302 , 0303 เท่านั้น และขา AEN , IOW จะต้องมีสถานะต่ำคือเป็น 0 จึงจะเอนนาเบิ้ลให้ไอซี U3A ทำการถอดรหัสตามค่าของ A0 และ A1

ในตอนแรกจะทำการเอาท์พอร์ต #0300 (A0 และ A1 เป็น 0) ไอซี U3A ก็จะถอดรหัสให้ค่า Y0 ออกมามีสถานะต่ำ ผ่านอินเวอร์ทเตอร์ไปเอนนาเบิ้ลไอซี U6 ให้คงค่าข้อมูลของรหัสอักษรเบรลล์ที่ต้องการแสดงผล ซึ่งส่งมาจากบัสข้อมูลผ่านบัฟเฟอร์ (U5) ค้างไว้ ต่อจากนั้นก็จะสั่งเอาท์พอร์ต #0301 หรือพอร์ต #0302 เพื่อเลือกว่าจะแสดงผลข้อมูลรหัสอักษรเบรลล์ที่ถูกคงค่าไว้ที่ตัวอักษรลำดับที่เท่าไร ถ้าเป็นพอร์ต #0301 (A0 เป็น 1 และ A1 เป็น 0) ไอซี U3A ก็จะถอดรหัสให้ Y1 มีสถานะต่ำ ไปเอนนาเบิ้ลให้ไอซี U4 ทำการถอดรหัส ตามค่าของข้อมูลการเลือกตัวอักษรที่ถูกส่งออกมาหลังจากข้อมูลของรหัสอักษรเบรลล์ เพื่อเลือกแสดงผลที่ตัวอักษรลำดับที่ 1-16 แต่ถ้าเป็นพอร์ต #0302 (A0 เป็น 0 และ A1 เป็น 1) ไอซี U3A ก็จะถอดรหัสให้ Y2 มีสถานะต่ำ ไปเอนนาเบิ้ลให้ไอซี U3B ทำการถอดรหัส เพื่อเลือกแสดงผลที่ตัวอักษรลำดับที่ 17-20

การทำงานทั้งหมดถือเป็น 1 รอบการทำงาน ส่วนวงจรถอดรหัสนี้จะทำงานวนอยู่อย่างนี้จนกว่าจะหมดบรรทัดของข้อมูลในเท็กซ์ไฟล์

5.2 ส่วนแสดงผล ในกรณีที่ A0 และ A1 มีค่าเป็น 0 คือพอร์ต #0300 รับข้อมูลของรหัสอักษรเบรลล์แล้ว ส่วนการเลือกตัวอักษรที่จะแสดงผลก็จะดิสเอเบิ้ล (Disable) และจะเอนนาเบิ้ลส่วนการส่งข้อมูลรหัสอักษรเบรลล์ไปให้ไอซี U6 ซึ่งเป็นฟลิปฟลอปเพื่อคงค่าไว้ ทำให้มีข้อมูลมายังไอซี U11 ที่ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์อีกตัวในส่วนแสดงผล (ดูรูปที่ 3.2 ประกอบ) เมื่อได้รับการเลือกตัวอักษรที่จะแสดงผลจากพอร์ต #0301 หรือพอร์ต #0302 ก็จะส่งข้อมูลไปตำแหน่งตัวอักษรที่ได้รับการเอนนาเบิ้ลให้ฟลิปฟลอป (U12-U31) ในส่วนแสดงผลนี้ทำการคงค่า เพื่อขับไดโอดเปล่งแสงและส่วนที่ให้คนตาบอดสัมผัสได้ไว้

ในส่วนที่ให้คนตาบอดสัมผัส เราจะใช้รีเลย์ทำหน้าที่ดันแกนลวดให้ยื่นออกมา โดยมีทรานซิสเตอร์ (BC458) ทำหน้าที่เป็นสวิชท์ (Switch) สำหรับรีเลย์ คือเมื่อมีข้อมูลมายังตำแหน่งตัวอักษรที่ได้รับการเอนนาเบิ้ล ข้อมูลก็จะถูกทำการคงค่า และส่งไปแสดงผลโดยไดโอดเปล่งแสง พร้อมทั้งส่งไปไบอัส (Bias) ทรานซิสเตอร์ ทรานซิสเตอร์ก็จะทำงาน (ON) ทำให้กระแสจากแหล่งจ่ายไฟ (16V.) ไหลไปเข้ารีเลย์ (ดูรูปที่ 3.3 ประกอบ) เมื่อรีเลย์ได้รับสัญญาณไฟแล้ว ขดลวดในรีเลย์ก็จะเหนี่ยวนำให้แกนเหล็กที่เราติดเส้นลวดและสปริงไว้ เป็นแม่เหล็กดูดหน้าคอนแทคให้ติด แกนเหล็กของหน้าคอนแทคก็จะดันเส้นลวดให้ยื่นออกมาค้างไว้ให้คนตาบอดสัมผัสได้ เมื่อตัดสัญญาณไฟฟ้าแกนเหล็กก็จะหมดอำนาจแม่เหล็ก ทำให้คอนแทคดันกลับมาอยู่ในสภาพเดิม เส้นลวดก็จะยุบลงมา

บทที่ 6

การทดลองและผลการทดลอง

ปริญญานิพนธ์เรื่องเครื่องแปลงอักษรเบรลล์ จะประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วนคือ ส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟแวร์ ในการทดลองเราจะทำการทดลองแยกทีละส่วนก่อน เมื่อแต่ละส่วนไม่มีข้อผิดพลาดก็จะนำมาทดสอบร่วมกันอีกที

6.1 การทดลอง

6.1.1 การทดลองส่วนซอฟแวร์ เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จสิ้นแล้วเราจะทำการทดสอบซอฟแวร์ว่า สามารถแปลงตัวอักษรในแต่ละบรรทัดของเท็กซ์ไฟล์เป็นรหัสอักษรเบรลล์ได้ถูกต้องหรือไม่ เนื่องจากในส่วนซอฟแวร์ เราได้เขียนโปรแกรมให้แสดงผลของค่ารหัสอักษรเบรลล์ที่ถูกแปลงแล้วออกมาทางจอภาพด้วย ดังนั้นเราจึงสามารถตรวจสอบได้ว่าโปรแกรมจะแปลงข้อมูลได้ถูกต้องแน่นอนเพียงใด โดยให้ซอฟแวร์ทดลองทำการอ่านเท็กซ์ไฟล์ แล้วคอยตรวจสอบที่จอภาพว่าได้ รหัสที่ถูกต้องหรือไม่

6.1.2 การทดลองส่วนฮาร์ดแวร์ ในส่วนของวงจรถอดรหัสที่ได้ออกแบบไว้นั้น จะเห็นได้ว่า เป็นวงจรทางดิจิตอลทั้งสิ้น จึงเริ่มทำการทดลองโดยการต่อวงจรตามที่ออกแบบลงบนแผ่นเบรดบอร์ด (Breadboard) ก่อน ในการต่อจะต้องตรวจสอบทุกขั้นตอน เมื่อเราทำการต่อวงจรถอดรหัสเสร็จ เราก็จะนำมาต่อกับส่วนแสดงผลที่ให้คนตาบอดสัมผัสได้โดยตรง

ในขั้นแรกจะยังไม่ต่อเข้ากับสลอทของคอมพิวเตอร์ แต่จะทำการทดสอบโดยการต่อไฟเลี้ยงให้กับฮาร์ดแวร์ทั้งหมด แล้วจึงป้อนไฟ +5V. และ กราวน์ ซึ่งจะแทน ด้วยโลจิก 0 และ 1 เข้าที่ขาของไอซีในวงจรถอดรหัส ที่จะต้องได้รับสัญญาณจากคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการจำลอง (Simulate) การทำงานแทนค่าของข้อมูลอักษรเบรลล์ และข้อมูลการเลือกแสดงผลที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์ ผลที่ออกมาทางไดโอดเปล่งแสงและส่วนที่ให้คนตาบอดสัมผัสได้ จะต้องมีตัวอักษรลำดับที่เราเลือกและรหัสอักษรเบรลล์ต้องถูกต้องตามที่สมมติขึ้นมา

เมื่อทำการทดสอบขั้นต้นแล้วเราก็จะนำไปเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการทดสอบลำดับการแสดงผลโดยรวมอีกทีหนึ่ง โดยจะเขียนโปรแกรมภาษาเบสิคง่าย ๆ เพื่อทำการทดสอบดังนี้

```
FOR I = 0 TO 63
FOR J = 0 TO 19
OUT &0300 , I
```

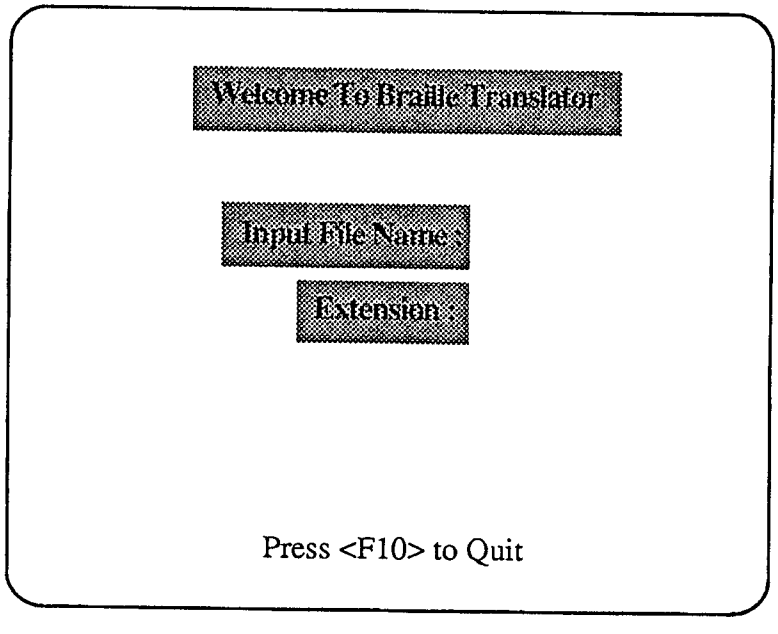
```
OUT &0301 , J
OUT &0302 , J
NEXT J
NEXT I
```

โดยผลที่ได้ในส่วนแสดงผล จะต้องเป็นลักษณะการนับตามเลขฐานสองและจะเริ่มนับทีละจุดจากจุดที่ 1 ไป เมื่อโปรแกรมจบการทำงานจะเห็นไดโอดเปล่งแสงติดสว่างหมดทุกดวง และส่วนที่ให้คนตาบอดสัมผัสได้จะต้องนูนขึ้นมาหมดทุกจุดจึงจะแสดงว่าส่วนฮาร์ดแวร์ถูกต้อง

6.1.3 การทดลองขั้นสุดท้าย เป็นการทดสอบรวมทั้ง 2 ส่วนเข้าด้วยกัน คือนำเอาส่วนฮาร์ดแวร์มาต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ แล้วใช้ซอฟแวร์ที่เขียนขึ้นมาทำการอ่านข้อมูลจากเท็กซ์ไฟล์เพื่อทำการแปลงและส่งข้อมูลไปยังส่วนฮาร์ดแวร์ จากนั้นก็คอยตรวจสอบที่ส่วนแสดงผลว่าจะออกมาเป็นอักษรเบรลล์ตามข้อความในเท็กซ์ไฟล์อย่างถูกต้องหรือไม่

6.2 ผลการทดลอง

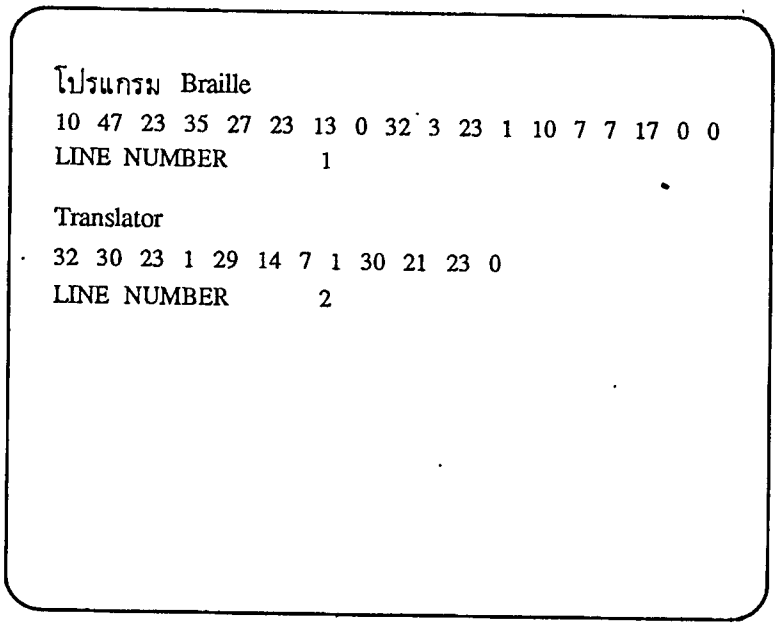
6.2.1 ผลการทดลองในส่วนซอฟแวร์ เมื่อทำการทดสอบซอฟแวร์ โดยการรัน (Run) โปรแกรม ที่จะภาพจะปรากฏคำถามให้ป้อนชื่อไฟล์และส่วนขยายของไฟล์ที่ต้องการแปลง ดังรูปที่ 6.1



รูปที่ 6.1

เมื่อได้รับชื่อไฟล์และส่วนขยายที่ถูกต้องแล้ว ก็จะทำการอ่านข้อมูลจากเท็กซ์ไฟล์นั้นทีละบรรทัด หน้าจอจะปรากฏออกมาเป็น ดังรูปที่ 6.2

- ข้อมูลที่เป็นภาษาปกติ (แถวเรียงเดี่ยว)
- ข้อมูลที่ถูกแปลงอยู่ในรูปรหัสอักษรเบรลล์แล้ว
- บอกถึงลำดับของบรรทัดที่อ่านจากเท็กซ์ไฟล์



รูปที่ 6.2

จากการตรวจสอบ การแปลงข้อมูลบนจอภาพมีความถูกต้องดี แสดงว่าโปรแกรมสามารถทำงานได้ถูกต้อง

6.2.2 ผลการทดลองในส่วนฮาร์ดแวร์ เป็นการจำลองการทำงานโดยการป้อนโลจิก 0 และ 1 ให้แก่วงจรถอดรหัส ได้ทดลองทำการป้อนค่า 11 0000 0000 ซึ่งก็คือค่าของพอร์ต #0300 เข้าที่ขาของไอซีที่ต้องต่อกับแอดเดรสบัส A0-A9 ตามลำดับ พร้อมกับป้อนข้อมูลตัวอย่างอักษรเบรลล์ที่สมมติขึ้น แทนค่าของรหัสอักษรเบรลล์ให้กับขาของไอซีที่ต้องต่อกับบัสข้อมูล D0-D6 แล้วจึงป้อนค่า 11 0000 0001 คือพอร์ต #0301 พร้อมกับข้อมูลสมมติของการเลือกแสดงผลที่ตัวอักษรลำดับที่ต้องการให้ไปแสดงผล เข้ากับขาไอซีที่ต้องต่อกับแอดเดรสบัสและบัสข้อมูล ผลปรากฏว่าที่ส่วนแสดงผลตัวอักษรลำดับที่ 1-16 จะแสดงผลออกมาตรงกับข้อมูลที่ถูกสมมติขึ้น ต่อจากนั้นก็เริ่มทำการทดลองดังกล่าวอีกโดยเปลี่ยนค่าของพอร์ต #0301 เป็นพอร์ต #0302 คือป้อนค่า 11 0000 0010

ออกไปเพื่อทดสอบการแสดงผลของตัวอักษรลำดับที่ 17-20 ผลปรากฏออกมาถูกต้องดีมาก

6.2.3 ผลการทดลองขั้นสุดท้าย เมื่อทำการทดสอบส่วนฮาร์ดแวร์ และส่วนซอฟ-แวร์ดีแล้ว ได้นำทั้ง 2 ส่วนมาทดสอบร่วมกัน โดยทำการรันโปรแกรมแล้วตรวจตอบที่ส่วนแสดงผลที่เป็นไดโอดเปล่งแสงกับส่วนที่ให้คนตาบอดสัมผัส ผลที่ได้คือจะได้อักษรเบรลล์ออกมาตรงกับข้อมูลในเท็กซ์ไฟล์ที่ถูกอ่านเข้ามา

บทที่ 7

บทวิจารณ์และสรุป

สำหรับโครงงานเครื่องแปลงอักษรเบรลล์นี้ ได้รับผลสำเร็จตามสมควรคือ ในส่วนของซอฟแวร์ ได้ทำการพัฒนาจนสามารถทำการแปลงข้อมูลได้ดี และฮาร์ดแวร์ทำการพัฒนาจนสมบูรณ์ยกเว้นแต่ในส่วนที่จะให้คนตาบอดได้สัมผัสโดยตรงเท่านั้นประสบปัญหาบางประการ

7.1 สรุปและวิจารณ์ส่วนซอฟแวร์

สำหรับซอฟแวร์นี้จะสรุปเป็น 2 ส่วนคือ

- ส่วนแรกเป็นส่วนที่ใช้ในการจัดการการส่งข้อมูลเข้าและออก ซึ่งจะมีหน้าที่อ่านข้อมูลจากเท็กซ์ไฟล์ที่ต้องการ และส่งข้อมูลที่จัดการแล้วไปยังพอร์ตเอาท์พุท เพื่อส่งต่อไปให้วงจรถอดรหัสและส่วนแสดงผลนั้น เนื่องจากซอฟแวร์ถูกเขียนขึ้นโดยไมโครซอฟท์ควิกเบสิคซึ่งสมารถติดต่อพอร์ตได้ดีพอสมควร จึงไม่มีปัญหาในการติดต่อกับพอร์ต

- ส่วนที่สองเป็นส่วนของการจัดการข้อมูลที่ได้รับมา คือการนำเอาข้อมูลจากเท็กซ์ไฟล์ที่อ่านเข้ามา นำมาแปลงเป็นรหัสอักษรเบรลล์โดยการเทียบกับตารางเทียบตัวอักษรที่เขียนขึ้น ดังนั้นในโปรแกรมจะแบ่งเป็นรูทีนต่าง ๆ ลักษณะการทำโปรแกรมเช่นนี้ จะมีข้อดีคือสามารถต่อเติมแก้ไขตารางข้อมูลได้ง่าย และทำให้การทำงานของโปรแกรมทำได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงส่วนเดิมมากนัก หรืออาจจะไม่ต้องเปลี่ยนเลยก็ได้ การทำซอฟแวร์ในลักษณะเช่นนี้จะทำให้การทำงานล่าช้าไปบ้าง แต่จะให้ผลที่ง่ายต่อการพัฒนาในโอกาสต่อไป การเขียนโปรแกรมโดยวิธีนี้จึงมีทั้งข้อดีและข้อเสีย แต่เมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นว่ามีข้อดีมากกว่าคือมีจะความยืดหยุ่นของโปรแกรมมาก

7.2 สรุปและวิจารณ์ส่วนฮาร์ดแวร์

สำหรับฮาร์ดแวร์นี้ก็จะกล่าวสรุปเป็น 2 ส่วนเช่นกันคือ ส่วนที่เป็นวงจรถอดรหัสและส่วนแสดงผล

- สำหรับวงจรถอดรหัสที่รับข้อมูลต่าง ๆ จากสลอทของคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะประกอบไปด้วย แอดเดรสบัส , บัสข้อมูล , อินพุทเอาท์พุท รีเควส (I/O Request) และอื่น ๆ นำไปเข้าวงจรทางโลจิก เพื่อให้ได้เอาท์พุทเป็นสัญญาณที่ใช้ใน การควบคุมการเลือกตัวอักษรลำดับที่จะแสดงผล (Chip select) และเป็นส่วนส่งผ่านเชื่อมต่อข้อมูล ระหว่างหน่วยประมวลผลกลางของคอมพิวเตอร์กับส่วนแสดงผลนั้น สามารถทำการถอดรหัสและส่งผ่านข้อมูลได้สมบูรณ์ดีมาก

- สำหรับส่วนแสดงผลนั้นจะประกอบไปด้วยไดโอดเปล่งแสง ซึ่งเป็นส่วนเอาท์-พุทเป็นลักษณะ 6 จุดของอักษรเบรลล์ จำนวน 20 ชุด พร้อมด้วยฟลิปฟลอป ซึ่งจะทำการคงค่า

เป็นสัญญาณเอาท์พุทเดิมไว้ได้ โดยไม่หายไปเมื่อสัญญาณที่ส่งมาจากคอมพิวเตอร์หยุดลง (ในขณะที่รอคำสั่งเพื่อที่จะส่งข้อมูลชุดใหม่มา) การทำงานเป็นที่น่าพอใจ แต่ในส่วนที่ให้คนตาบอดสัมผัสได้จะประสบปัญหาบ้าง เนื่องจากเราใช้รีเลย์เป็นตัวดันเส้นลวดให้ยื่นออกมา ซึ่งจำเป็นจะต้องมีการดัดเส้นลวดให้โค้งเข้าหากัน เพื่อให้แสดงผลได้ใกล้เคียงกับอักษรเบรลล์มากที่สุด ทำให้เกิดความฝืดขึ้นระหว่างสปริงนำร่องกับเส้นลวด ในบางครั้งถ้าเราทำการดัดเส้นลวดไม่ดีก็จะทำให้มีความฝืดมาก ทำให้แกนเหล็กของหน้าคอนแทคในรีเลย์ไม่มีแรงพอที่จะดันเส้นลวดขึ้นมา ดังนั้นในการปรับแต่งจะมีความยากพอสมควร แต่ทางผู้จัดทำก็ได้พยายามปรับแต่งเส้นลวดให้มีความฝืดน้อยและปรับแต่งสปริงในรีเลย์ให้มีแรงดีดที่เหมาะสม ทำให้สามารถใช้งานในส่วนนี้ได้ดีพอสมควร ตรงตามวัตถุ-ประสงค์ที่ได้วางไว้แต่แรกเริ่มทุกอย่าง

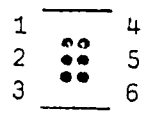
ภาคผนวก

ตัวอย่างอักษรเบรลล์

แผนภาพสลอทสำหรับการอินเตอร์เฟส

ข้อมูลของไอซีเบอร์ต่าง ๆ ที่ใช้ในวงจร

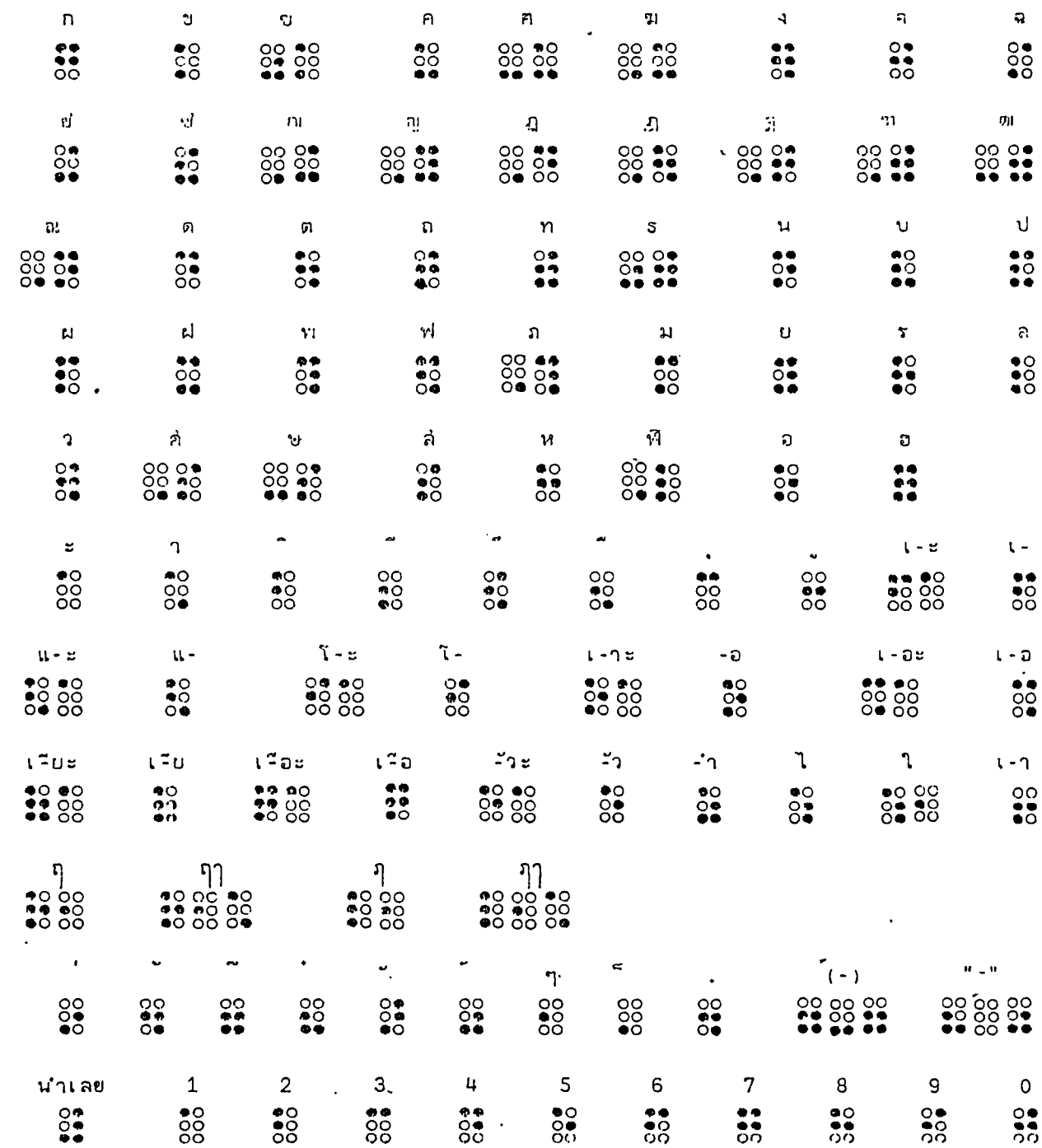
อักษรเบรลล์



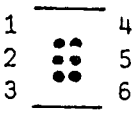
เป็นอักษรสำหรับคนตาบอด มีลักษณะเป็นจุดนูนเล็ก ๆ ใน 1 ช่องประกอบด้วยจุด 6 ตำแหน่ง ซึ่งนำมาจัดสลับกันไปมาเป็นรหัสแทนอักษรภาษา หรือสัญญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ โน้ตดนตรี ฯลฯ ได้ การเขียนใช้เครื่องมือเฉพาะเรียก สเลท (Slate) และดินสอ (Stylus) การพิมพ์ใช้เครื่องพิมพ์เรียก เบรลเล่อร์ (Brailler) ใช้กระดาษหนาขนาดกระดาษวาดรูป

หมายเหตุ ในภาพอักษรเบรลล์ที่แสดงนี้ • หมายถึงจุดนูน ○ คือ จุดที่ไม่ใช้ในช่องนั้น

อักษรเบรลล์ภาษาไทย



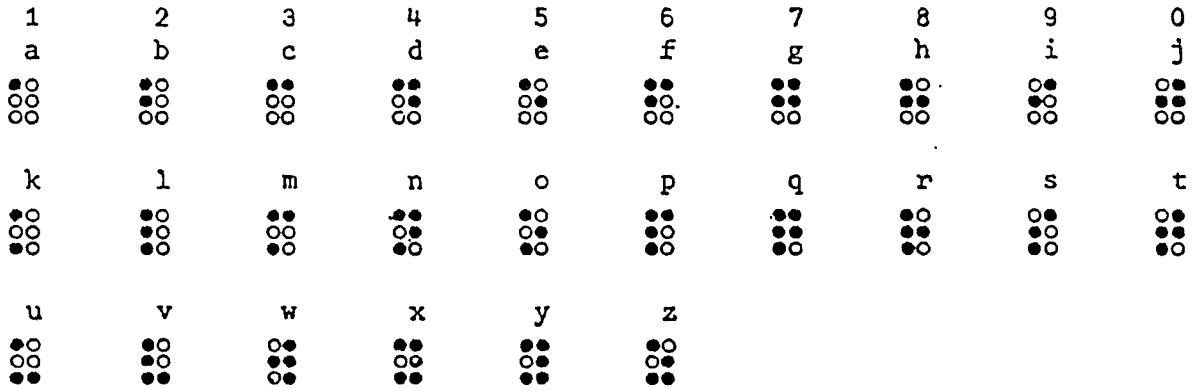
The Braille Alphabet



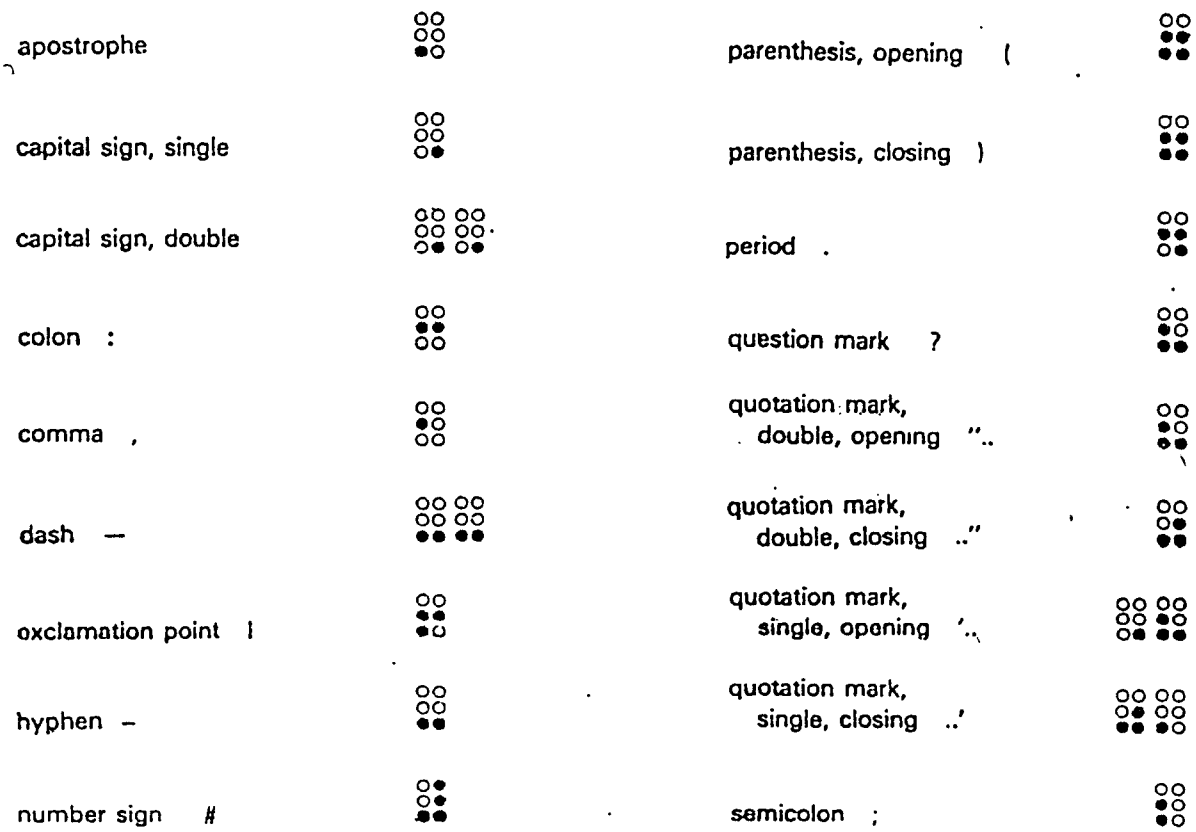
Braille is a system of embossed characters formed by using combinations of six dots consisting of two vertical columns of three dots each and known as the braille cell. These characters can be used to represent mathematical or scientific symbols, musical notes, etc. To write braille one needs a brailler or a slate and stylus and heavy paper called Jute Manila Tag or any paper of similar quality.

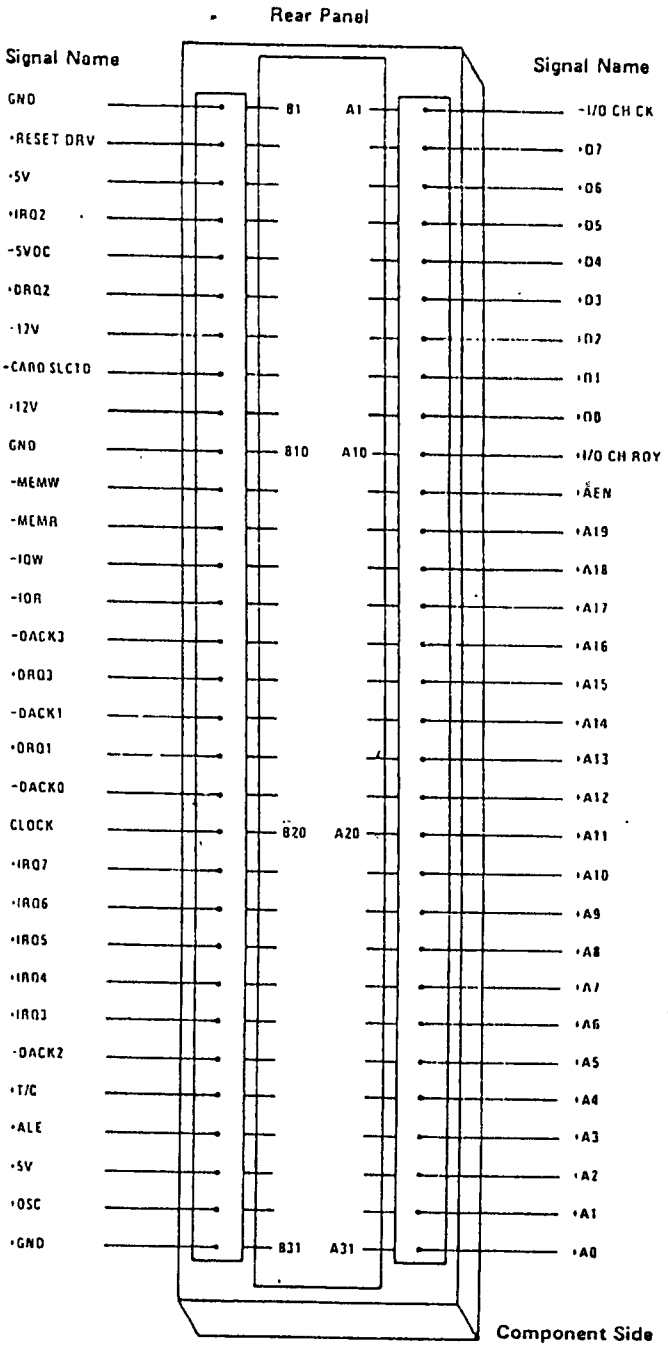
Note . • = embossed dot; o = unused dot in that character

ALPHABET AND NUMBERS



PUNCTUATION AND COMPOSITION SIGNS





I/O Channel Diagram

5404/7404 Hex Inverter

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package			
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF
T. I.	SN54S04	J(D)			W(L)	SN54H04	J(D)			W(L)	SN54LS04	J(D)			W(L)	SN5404	J(D)			W(L)	SN54L04	J(L)	N(L)	T(L)	
	SN74S04	J(D)	N(D)			SN74H04	J(L)	N(L)			SN74LS04	J(D)	N(D)			SN7404	J(D)	N(D)			SN74L04	J(D)	N(L)	T(L)	
FAIRCHILD	FM54S04/FM9S04	D(D)				FM54H04/FM9H04	D(D)			F(L)	FJ54LS04/FJ9LS04	D(D)			F(D)	FM5404/FM9N04	D(D)			F(L)					
	FC74S04/FC9S04	D(D)	P(D)			FC74H04/FC9H04	D(D)	P(D)		F(D)	FC74LS04/FC9LS04	D(D)	P(D)		F(D)	FM7404/FC9N04	D(D)	P(D)		F(D)					
MOTOROLA						MC3108	L(D)			F(L)						MC5404	L(D)			F(L)					
						MC3008	L(L)	P(D)		F(L)	SN74LS04		P(D)			MC7404	L(L)	P(D)							
N. S. C.						DM54H04	J(D)	N(L)			DM54LS04					DM5404	J(D)	N(L)		W(L)	DM54L04	J(D)	N(L)		F(L)
	DM74S04		N(D)			DM74H04	J(D)	N(D)			DM74LS04					DM7404	J(D)	N(D)			DM74L04	J(D)	N(D)		F(L)
PHILIPS																									
	N74S04		(D)			N74H04		(D)			N74LS04		(D)			FJH241/7404		(D)							
SIGNETICS	S54S04	F(D)	A(D)		W(L)	S54H04	F(D)	A(D)		W(L)						S5404	F(D)	A(D)		W(L)					
	N74S04	F(D)	A(D)		W(L)	N74H04	F(D)	A(D)			N74LS04		A(D)			N7404	F(D)	A(D)							
SIEMENS																									
																FLH211		(D)							
FUJITSU																									
											74LS04		M(D)			MB418	(D)	M(D)							
HITACHI																									
	HD74S04		(D)	P(D)							HD74LS04		P(D)			HD7404/HD2522	(D)	P(D)							
MITSUBISHI																									
	M55004			P(D)							M74LS04		P(D)			M53204		P(D)							
NEC																									
	74S04		C(D)								74LS04		C(D)			μPB235	D(D)								
TOSHIBA																									
																TD3404A		P(D)							

Electrical Characteristics SN54LS04/SN74LS04

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C
		Storage temperature range		−65°C to 150°C

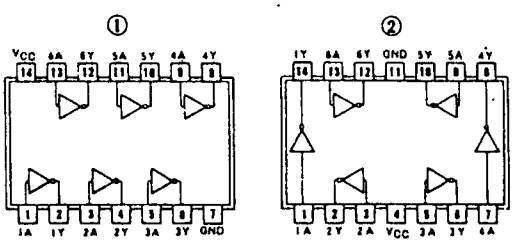
recommended operating conditions

	SN54LS04			SN74LS04			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−400			−400	μA
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

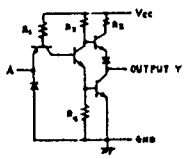
PARAMETER		TEST CONDITIONS †		MIN	TYP ‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC}=MIN,	I_I=−18mA			−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC}=MIN, I_{OH}=MAX	V_{IL}=V_{IL} max,	2.7	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC}=MIN, I_{OL}=4mA	V_{IH}=2V,			0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC}=MAX,	V_I=7V			0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC}=MAX,	V_{IH}=2.7V			20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC}=MAX,	V_{IL}=0.4V			−0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current *	V_{CC}=MAX	54LS Family	−20		−100	mA
			74LS Family	−20		−100	
I_{CCH}	Supply current	V_{CC}=MAX	Total, outputs high		1.2	2.4	mA
I_{CCL}	Supply current		Total, outputs low		3.6	6.6	mA
I_{CC}	Supply current	V_{CC}=5V	Average per gate (50% duty cycle)		0.4		mA
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V_{CC}=5V, C_L=15PF,	T_A=25°C, R_L=2KΩ		9	15	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output				10	15	ns

Pin Assignments (Top View)



positive logic :
$Y = \overline{A}$

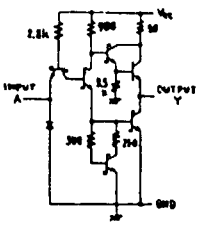
Schematics (each gate)



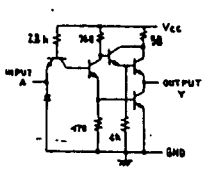
CIRCUIT	R1	R2	R3	R4
'04	4K	1.6K	130	1K
'L04	40K	20K	300	12K

Input clamp diodes not on SN54L7SN74L' circuits.

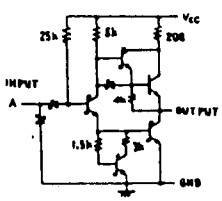
'04, 'L04 CIRCUITS



'S04 CIRCUIT



'H04 CIRCUIT



'LS04 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at V_{CC}=5V, T_A=25°C.
* Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54H'/SN74H' and SN54S'/SN74S', duration of short-circuit should not exceed 1 second.

5427/7427 Triple 3-Input Positive-NOR Gate

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package			
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF
T. I.											SN54LS27	J⑦			W⑦	SN5427	J⑦			W⑦					
											SN74LS27	J⑦	N⑭			SN7427	J⑦	N⑭							
FAIRCHILD											[illegible]	X⑭			F⑭	FM5427/FM9N27	D⑦							
											[illegible]	X⑭	P⑭		F⑭	FC7427/FC9N27	D⑦	P⑭						
MOTOROLA											SN74LS27		P⑭			SN7427		P⑭						
N. S. C.											DM54LS27		J⑭			DM5427	J⑭	N⑭		W⑭				
											DM74LS27		J⑭			DM7427	J⑭	N⑭		W⑭				
PHILIPS											N74LS27		⑭			N7427		⑭						
SIGNETICS											N74LS27		A⑭			N7427		A⑭						
SIEMENS																FLH621		⑭						
FUJITSU																								
HITACHI											HD74LS27		P⑭			HD7427	⑭	P⑭						
MITSUBISHI											M53LS27		P⑭			M53227		P⑭						
NEC											74LS27		C⑭											
TOSHIBA																								

Electrical Characteristics SN54LS27/SN74LS27

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C
Interemitter voltage	5.5V	Storage temperature range		−65°C to 150°C

recommended operating conditions

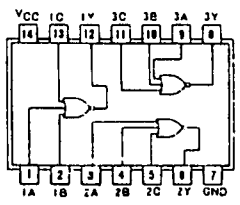
	SN54LS27			SN74LS27			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−400			−400	μA
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER			TEST CONDITIONS†		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage				2			V
V_{IL}	Low-level input voltage						0.8	V
V_I	Input clamp voltage		V_{CC} = MIN, I_I = −18mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage		V_{CC} = MIN, V_{IL} = V_{IL} max, I_{OH} = MAX		2.7	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage		V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, I_{OL} = 4mA			0.25	0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage		V_{CC} = MAX, V_I = 7V				0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	Data inputs	V_{CC} = MAX, V_{IH} = 2.7V				20	μA
I_{IL}	Low-level input current	Data inputs	V_{CC} = MAX, V_{IL} = 0.4V				−0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current*		V_{CC} = MAX	54LS Family	−20		−100	mA
				74LS Family	−20		−100	
I_{CCH}	Supply current		V_{CC} = MAX	Total, outputs high		2.0	4	mA
I_{CCL}	Supply current			Total, outputs low		3.4	6.8	mA
I_{CC}	Supply current		V_{CC} = 5V	Average per gate (50% duty cycle)		0.9		mA
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output		V_{CC} = 5V, T_A = 25°C			10	15	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output		C_L = 15pF, R_L = 2kΩ			10	15	ns

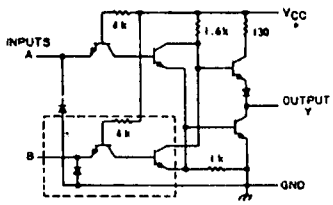
Pin Assignment (Top View)

①



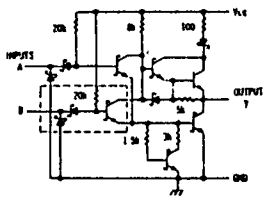
positive logic:
$Y = \overline{A + B + C}$

Schematics (each gate)



The portion of the schematic within the dashed lines is repeated for the C input of the '27.

'27 CIRCUIT



The portion of the schematic within the dashed lines is repeated for the C input of the 'LS27.

'LS27 CIRCUIT'

Resistor values shown are nominal and in ohms.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
* Not more than one output should be shorted at a time.

5430/7430 8-Input Positive-NAND Gate

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package			
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF
T. I.	SN54S30	J(L)			W(L)	SN54H30	J(L)			W(L)	SN54LS30	J(L)			W(L)	SN5430	J(L)			W(2)	SN54L30	J(L)	N(L)	T(2)	
	SN74S30	J(L)	N(L)			SN74H30	J(L)	N(L)			SN74LS30	J(D)	N(L)			SN7430	J(L)	N(L)			SN74L30	J(L)	N(L)	T(2)	
FAIRCHILD	[illegible]	P(D)			F(D)	FM54H30/FM94H30	D(L)			F(2)	[illegible]	P(D)			F(D)	FM5430/FM9H30	D(L)			F(2)					
	FC74S30/FC9S30	P(D)	P(D)		F(D)	FC74H30/FC9H30	D(L)	P(L)			[illegible]	P(D)	P(D)		F(D)	FC7430/FC9H30	D(L)	P(L)							
MOTOROLA						MC3116	L(L)			F(L)						MC5430	L(L)			F(2)					
						MC3016	L(L)	P(L)		F(L)	SN74LS30		P(L)			MC7430	L(L)	P(L)		F(2)					
N. S. C.						DM54H30	J(L)	N(L)			DM54LS30					DM5430	J(L)	N(L)		W(2)	DM54L30	J(L)	N(L)		F(2)
	DM74S30					DM74H30	J(D)	N(L)			DM74LS30					DM7430	J(D)	N(L)			DM74L30	J(L)	N(L)		F(2)
PHILIPS						0JH101/74H30		T(L)			N74LS30		T(L)			FJH101/7430		T(L)							
SIGNETICS						S54H30	F(L)	A(L)		W(2)						S5430	F(L)	A(L)		W(2)					
	N74S30		A(L)			N74H30	F(L)	A(L)		W(2)	N74LS30		A(L)			N7430	F(L)	A(L)							
SIEMENS																									
																FLH131		T(D)							
FUJITSU																									
						MB604	T(L)	M(L)			74LS30		M(L)			MB403	T(D)	M(D)							
HITACHI																									
											HD74LS30		P(D)			HD7430/HD2508	T(D)	P(D)							
MITSUBISHI	M5S030		P(D)								M74LS30		P(L)			M53230/M5310		P(D)							
NEC																									
											74LS30		C(D)			μPB204	D(D)	C(D)							
TOSHIBA																									
																TD3430A		P(D)							

Electrical Characteristics SN54LS30/SN74LS30

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C
Interemitter voltage	5.5V	Storage temperature range		−65°C to 150°C

recommended operating conditions

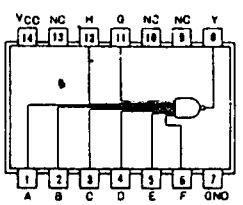
	SN54LS30			SN74LS30			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−400			−400	μA
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

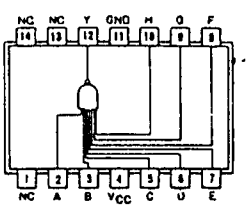
PARAMETER		TEST CONDITIONS†		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC} = MIN, I_I = −18mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IL} = V_{IL} max, I_{OH} = MAX		2.7	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, I_{OL} = 4mA				0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC} = MAX, V_I = 7V				0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC} = MAX, V_{IH} = 2.7V				20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC} = MAX, V_{IL} = 0.4V				−0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current*	V_{CC} = MAX	54LS Family	20		−100	mA
			74LS Family	20		−100	
I_{CCH}	Supply current	V_{CC} = MAX	Total, outputs high		0.35	0.5	mA
I_{CCL}	Supply current	V_{CC} = MAX	Total, outputs low		0.6	1.1	mA
I_{CC}	Supply current	V_{CC} = 5V	Average per gate (50% duty cycle)		0.48		mA
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V_{CC} = 5V, C_L = 15pF,	T_A = 25°C, R_L = 2kΩ		8	15	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output				13	20	ns

Pin Assignments (Top View)

①

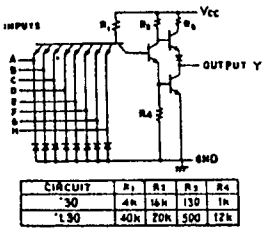


②



positive logic:
$Y = \overline{ABCDEFGH}$
NC – No internal connection

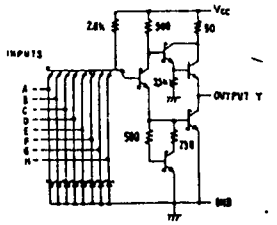
Schematics (each gate)



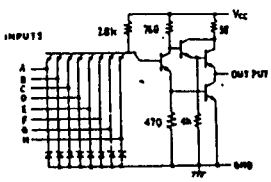
CIRCUIT	R_1	R_2	R_3	R_4
'30	4k	16k	130	1k
'L30	40k	20k	500	12k

Input clamp diodes not on SN54L'/SN74L' circuits.

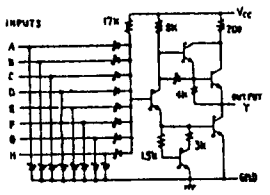
'30 'L30 CIRCUITS



'S30 CIRCUIT



'H30 CIRCUIT



'L330 CIRCUIT

Resister values shown are nominal and in ohms.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
* Not more than one output should be shorted at a time, and for SN54H'/SN74H' and SN54S/SN74S', duration of short-circuit should not exceed 1 second.

5432/7432 Quadruple 2-Input Positive-OR Gate

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package			
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF
T.I.	SN54S32	J①			W①						SN54LS32	J①			W①	SN5432	J①			W①					
	SN74S32	J①	N①								SN74LS32	J①	N①			SN7432	J①	N①							
FAIRCHILD	FM5432/FM7432	R①			F①						FM54LS32/FM74LS32	R①			F①	FM5432/FM9N32	D①			F①					
	FC7432/FC8632	R①	P①		F①						FC74LS32/FC84LS32	R①	P①		F①	FC7432/FC9N32	D①	P①							
MOTOROLA																									
N.S.C.											SN74LS32		P①												
											DM74LS32		①			DM5432	J①	N①		W①	DM54L32				
											DM54LS32		①			DM74232	J①	N①			DM74L32				
PHILIPS	N74S32		①								N74LS32		①			N7432		①							
SIGNETICS																5432	F①	A①		W①					
											N74LS32		A①			7432	F①	A①							
SIEMENS																									
																FLH631		①							
FUJITSU																									
											74LS32		M①												
HITACHI																									
											HD74LS32		P①			HD7432	①	P①							
MITSUBISHI																									
											M53LS32		P①												
NEC																									
											74LS32		C①												
TOSHIBA																									

Electrical Characteristics SN54LS32/SN74LS32

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C
		Storage temperature range		−65°C to 150°C

recommended operating conditions

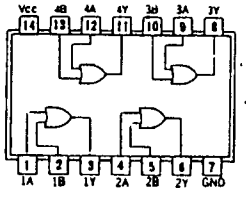
	SN54LS32			SN74LS32			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−400			−400	μA
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER		TEST CONDITIONS †		MIN	TYP ‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC}=MIN, I_I=−18mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IH}=2V, I_{OH}=MAX		2.7	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IL}=V_{IL} max, I_{OL}=4mA			0.25	0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC}=MAX, V_I=7V				0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC}=MAX, V_{IH}=2.7V				20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC}=MAX, V_{IL}=0.4V				−0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current *	V_{CC}=MAX	54LS Family	−20		−100	mA
			74LS Family	−20		−100	
I_{CCH}	Supply current	V_{CC}=MAX	Total, outputs high		3.1	6.2	mA
I_{CCL}	Supply current		Total, outputs low		4.9	9.8	mA
I_{CC}	Supply current	V_{CC}=5V	Average per gate (50% duty cycle)		1.0		mA
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V_{CC}=5V, C_L=15pF,	T_A=25°C, R_L=2kΩ		14	22	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output				14	22	ns

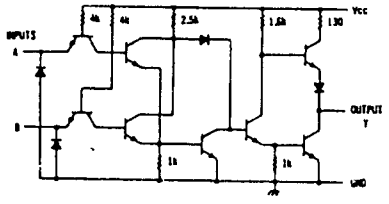
Pin Assignment (Top View)

①

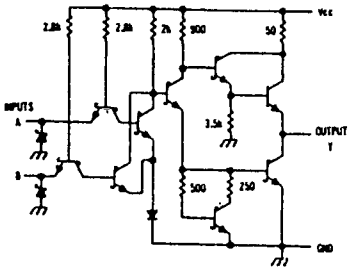


positive logic:
Y=A+B

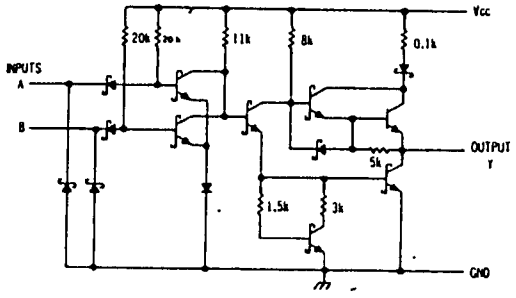
Schematics(each gate)



'32 CIRCUIT



'S32 CIRCUIT



'L832 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at V_{CC}=5V, T_A=25°C.
* Not more than one output should be shorted at a time.

54139/74139 Dual 2-Line-to-4-Line Decoder/Demultiplexer

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package			
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF
T.I.	SN54S139	J			W						SN54LS139	J	D		W										
	SN74S139	J	N								SN74LS139	J	N	D											
FAIRCHILD	[illegible]	D									[illegible]	D			F										
	[illegible]	D									[illegible]	D		D	F										
MOTOROLA																									
											SN74LS139		P												
N.S.C.											DM54LS139														
	DM74S139										DM74LS139														
PHILIPS																									
	N74S139		D								N74LS139														
SIGNETICS	S54S139	F	B		W																				
	N74S139	F	B		W						N74LS139		A												
SIEMENS																									
FUJITSU																									
											74LS139		M												
HITACHI																									
											HD74LS139		P												
MITSUBISHI																									
											M74LS139		P												
NEC																									
											74LS139		C												
AMD																									

Electrical Characteristics SN54LS139/SN74LS139

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7 V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C
		Storage temperature range		−65°C to 150°C

recommended opering conditions

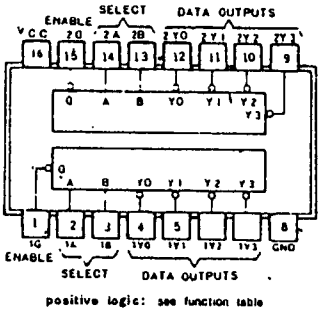
	SN54LS139			SN74LS139			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−400			−400	μA
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER*		TEST CONDITIONS†			MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage				2			V
V_{IL}	Low-level input voltage						0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC} = MIN, I_I = −18mA					−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2 V, V_{IL} = 0.8V, I_{OH} = −1mA	SN54LS		2.5	3.4		V
			SN74LS		2.7	3.4		
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2 V, V_{IL} = 0.8V, I_{OL} = 8mA				0.35	0.5	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC} = MAX, V_I = 7V					0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 2.7V					20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 0.5V					−0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current*	V_{CC} = MAX			−20		−100	mA
I_{CC}	Supply current	V_{CC} = MAX, Outputs enabled and open				6.8	11	mA
t_{PLH}	from Binary select	V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C, C_L = 15pF, R_L = 2kΩ	levels of delay	2		13	20	ns
t_{PHL}	to Any output					22	33	
t_{PLH}	to Any output			1.3		18	29	ns
t_{PHL}						25	38	
t_{PLH}	from Enable			2		16	24	ns
t_{PHL}	to Any output					21	32	

Pin Assignment (Top View)

①



positive logic: see function table

Function Table

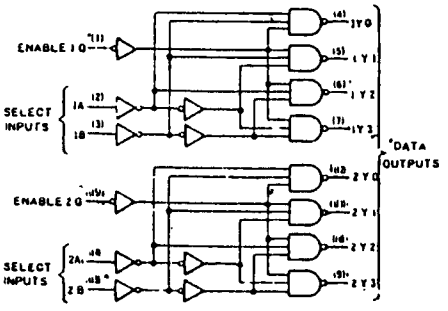
'S139 'LS139

(EACH DECODER/DEMULTIPLEXER)

INPUTS			OUTPUTS			
ENABLE	SELECT					
G	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3
H	X	X	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H
L	H	L	H	H	L	H
L	H	H	H	H	H	L

H = high level, L = low level, X = irrelevant

Functional Block Diagram



'S139 'LS139 DECODER/DEMUTIPLEXER

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable device type.

‡ All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

* Not more than output should be shorted at a time

* t_{PLH} = propagation delay time, low-to-high-level output, t_{PHL} = propagation delay time, high-to-low-level output.

54154/74154 4-Line-to-16-Line Decoder/Demultiplexer

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF
T.I.																SN54154	J(D)			W(D)	SN54L154	J(D)			
																SN74154	J(D)	N(D)			SN74L154	J(D)	N(D)		
FAIRCHILD																	M(D)								
																FC74154	M(D)	M(D)							
MOTOROLA																									
																SN74154		P(D)							
N.S.C.											DM54LS154		(D)			DM54154	J(D)			F(D)	DM54L154A	D(D)	N(D)		F(D)
											DM74LS154		(D)			DM74154	J(D)	N(D)		F(D)	DM74L154A	D(D)	N(D)		F(D)
PHILIPS											N74LS154		(D)			N74154									
SIGNETICS																S54154	F(D)	N(D)		Q(D)					
																N74154		N(D)							
SIEMENS																									
																FLY141		(D)							
FUJITSU																									
HITACHI											HD74LS154		P(D)			HD74154/HD2580	(D)	P(D)							
MITSUBISHI																M53354		P(D)							
NEC																									
																μPB2154	D(D)								
TOSHIBA																									

Electrical Characteristics SN54154/SN74154

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54'	−55℃ to 125℃
Input voltage	5.5V		SN74'	0℃ to 70℃
		Storage temperature range		−65℃ to 150℃

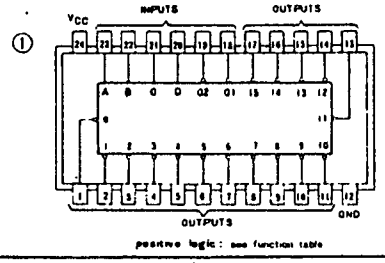
recommended operating conditions

	SN54154			SN74154			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−800			−800	μA
Low-level output current, I_{OL}			16			16	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	℃

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARMETER*		TEST CONDITIONS†		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC}=MIN, I_I=−12mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IH}=2V, V_{IL}=0.8V, I_{OH}=−800μA		2.4	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IH}=2V, V_{IL}=0.8V, I_{OL}=16mA			0.2	0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC}=MAX, V_I=5.5V				1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC}=MAX, V_I=2.4V				40	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC}=MAX, V_I=0.4V				−1.6	mA
I_{OS}	Short-circuit output current*	V_{CC}=MAX,	SN54'	−20		−55	mA
			SN74'	−18		−57	
I_{CC}	Supply current	V_{CC}=MAX, See Note	SN54'		34	49	mA
			SN74'		34	56	
t_{PLH}	from A, B, C, or D inputs through 3 levels of logic	V_{CC}=5V, T_A=25℃, C_L=15pF, R_L=400Ω			24	36	ns
t_{PHL}	from A, B, C, or D inputs through 3 levels of logic				22	33	ns
t_{PLH}	from either strobe input				20	30	ns
t_{PHL}	from either strobe input				18	27	ns

Pin Assignment (Top View)



positive logic: see function table

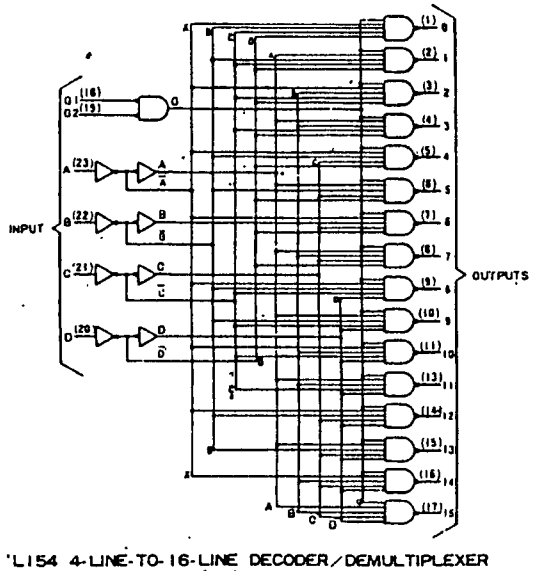
Function Table

154, 'L154

INPUTS					OUTPUTS															
G1	G2	D	C	B	A	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
L	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
L	L	H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
L	L	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
L	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

H = high level, L = low level, X = irrelevant

Functional Block Diagram



154, 'L154 4-LINE-TO-16-LINE DECODER/DEMULTIPLEXER

NOTE: I_{CC} is measured with all inputs grounded and all outputs open.

†For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable type.
‡All typical values are at V_{CC}=5V, T_A=25℃.
*Not more than one output should be shorted at a time.
*t_{PLH}=propagation delay time, low-to-high-level output
t_{PHL}=propagation delay time, high-to-low-level output

54244/74244 Octal Buffers/Line Drivers/Line Receivers

	Schttky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package			
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF
T. I.											SN54LS244	J (T)													
											SN74LS244	J (C,N,D)													
FAIRCHILD																									
MOTOROLA																									
N. S. C.																									
PHILIPS																									
SIGNETICS																									
SIEMENS																									
FUJITSU																									
HITACHI																									
MITSUBISHI																									
NEC																									
TOSHIBA																									

Electrical Characteristics SN54LS244/SN74LS244

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	55°C to 125°C
Input voltage	5.5V		SN74LS	0°C to 70°C
Interemitter voltage	5.5V	Storage temperature range		65°C to 150°C

recommended operating conditions

	LS54LS244			SN74LS244			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			-12			-15	mA
Low-level output current, I_{OL}			12			24	mA
Operating free-air temperature, T_A	55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

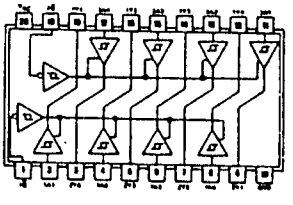
PARAMETER			TEST CONDITIONS †		SN74LS MIN	SN74LS TYP‡	SN74LS MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage				2			V
V_{IL}	Low-level input voltage						0.8	V
V_{IK}	Input clamp voltage		V_{CC} = MIN, I_I = -18mA				-1.5	V
	Hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$)		V_{CC} = MIN		0.2	0.4		V
V_{OH}	High-level output voltage		V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, V_{IL} = V_{IL} max, I_{OH} = -3mA		2.4	3.4		V
			V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, V_{IL} = 0.5V, I_{OH} = MAX		2			
V_{OL}	Low-level output voltage		V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, V_{IL} = V_{IL} max	I_{OL} = 12mA			0.4	V
				I_{OL} = 24mA			0.5	
I_{OZH}	Off-state output current, high-level voltage applied		V_{CC} = MAX, V_{IH} = 2V, V_{IL} = V_{IL} max	V_O = 2.7V			20	μA
I_{OZL}	Off-state output current, low-level voltage applied			V_O = 0.4V			-20	
I_I	Input current at maximum input voltage		V_{CC} = MAX,	V_I = 7V			0.1	mA
I_{IH}	High-level input current, any input		V_{CC} = MAX,	V_I = 2.7V			20	μA
I_{IL}	Low-level input current		V_{CC} = MAX,	V_{IL} = 0.4V			-0.2	mA
I_{OS}	Short-circuit output current ◆		V_{CC} = MAX		-40		-225	mA
I_{CC}	Supply current	Outputs high	V_{CC} = MAX, Outputs open	All		13	23	mA
		Outputs low		'LS244		27	46	
		All outputs disabled		'LS244		32	54	

switching characteristics, V_{CC} 5V, T_A 25°C

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	C_L = 45pF, R_L = 667Ω, See Note 2		9	14	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output			12	18	ns
t_{PZL}	Output enable time to low level	C_L = 5pF, R_L = 667Ω, See Note 2		20	30	ns
t_{PZH}	Output enable time to high level			15	23	ns
t_{PLZ}	Output disable time from low level			15	25	ns
t_{PHZ}	Output disable time from high level			10	18	ns

Pin Assignment (Top View)

①



SN54LS244 (J) SN74LS244 (J, N)

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C
◆ Not more than one output should be shorted at a time, and duration of the short-circuit should not exceed one second.
NOTE 2. Load circuit and voltage wave forms are shown on page 3-11.

54373/74373 Octal D-Type Transparent Latches and Edge-Triggered Flip-Flops

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF
T.I	SN54S373	J									SN54LS373	J												
	SN74S373	J	D	N	D						SN74LS373	J	D	N	D									
FAIRCHILD																								
MOTOROLA																								
N.S.C.																								
PHILIPS																								
SIGNETICS																								
SIEMENS																								
FUJITSU																								
HITACHI																								
MITSUBISHI																								
NEC																								
TOSHIBA																								

Electrical Characteristics SN54LS373/SN74LS373

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to 70°C
		Storage temperature range		−65°C to 150°C

recommend operating conditions

		SN54LS373 MIN	NOM	MAX	SN74LS373 MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}		4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}				−1			−2.6	mA
High-level output voltage, V_{OH}				5.5			5.5	V
Pulse width, t_w	Clock enable high	15			15			ns
	Clock enable high	15			15			
Setup time, t_{SUTUP}		0↓			0↓			ns
Hold time, t_{hold}		10↓			10↓			ns
Operating free-air temperature, T_A		−55		125	0		70	°C

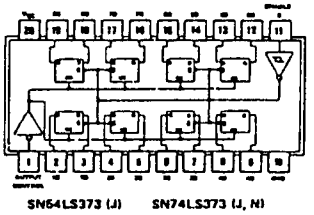
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST CONDITIONS‡		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_{IK}	Input clamp voltage	V_{CC}=MIN, I_I=−18mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IH}=2V, V_{IL}=V_{IL} max, I_{OH}=MAX		2.4	3.1		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_{IH}=2V, V_{IL}=V_{IL} max	I_{OL}=24mA		0.35	0.5	V
I_{OZH}	Off-state output current, high-level voltage applied	V_{CC}=MAX, V_{IH}=2V, V_O=2.7V				20	μA
I_{OZL}	Off-state output current, low-level voltage applied	V_{CC}=MAX, V_{IH}=2V, V_O=0.4V				−20	μA
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC}=MAX, V_I=7V				0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC}=MAX, V_I=2.7V				20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC}=MAX, V_I=0.4V				−0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current §	V_{CC}=MAX		−30		−130	mA
I_{CC}	Supply current	V_{CC}=MAX, Output control at 4.5V	'LS373		24	40	mA

switching characteristics, V_{CC}=5V, T_A=25°C

PARAMETER	FROM (INPUT)	TO (OUTPUT)	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
f_{max}			C_L=45pF, R_L=667Ω, See Notes 2 and 3				MHz
t_{PLH}	Data	Any Q			12	18	ns
t_{PHL}					12	18	
t_{PLH}	Clock or enable	Any Q			20	30	ns
t_{PHL}					18	30	
t_{PZH}	Output Control	Any Q			15	28	ns
t_{PZL}					25	36	
t_{PHZ}	Output Control	Any Q	C_L=5pF, R_L=667Ω, See Note 3		12	20	ns
t_{PLZ}					15	25	

Pin Assignments (Top View)



SN54LS373 (J)
SN54S373 (J)

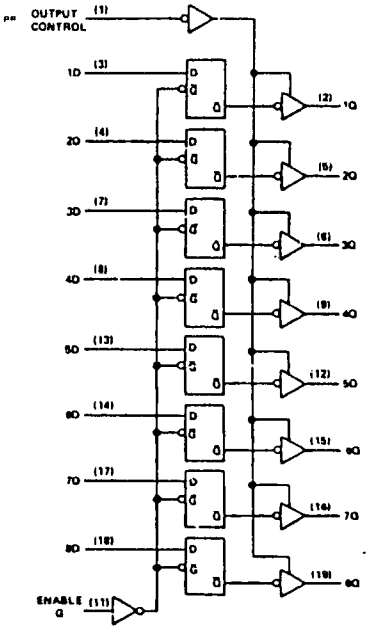
SN74LS373 (J, N)
SN74S373 (J, N)

'LS373 'S373
FUNCTION TABLE

OUTPUT CONTROL	ENABLE G	D	OUTPUT
L	H	H	H
L	H	L	L
L	L	X	Q_0
H	X	X	Z

'LS373, 'S373
TRANSPARENT LATCHES

'LS373, 'S373
TRANSPARENT LATCHES



† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at V_{CC}=5V, T_A=25°C.

§ Not more than one output should be shorted at a time and duration of the short circuit should not exceed one second.

NOTES: 2. Maximum clock frequency is tested with all outputs loaded.
3. See load circuits and waveforms on page 3-11.

f_{max} = maximum clock frequency
t_{PLH} = propagation delay time, low-to-high-level output
t_{PHL} = propagation delay time, high-to-low-level output
t_{PZH} = output enable time to high level
t_{PZL} = output enable time to low level
t_{PHZ} = output disable time from high level
t_{PLZ} = output disable time from low level

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี ทางเราคณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณอย่างสูงต่ออาจารย์ที่ปรึกษาคือ **อาจารย์ขนิษฐา แซ่ตั้ง** ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำต่าง ๆ ในการทำวิจัยโครงงานนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบคุณ **คุณวีระแมน นิยมพล** ในการให้ข้อมูลเกี่ยวกับอักษรเบรลล์และเครื่อง VersaBraille II+ System® ของบริษัท Telesensory System Inc. ซึ่งเป็นเครื่องที่ใช้เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ สำหรับแสดงผลออกมาเป็นอักษรเบรลล์ให้คนตาบอดสัมผัสได้โดยตรงเช่นกัน

ขอขอบคุณ **คุณพัฒนิฐ สัณห์พิทักษ์** รุ่นพี่ซึ่งเคยทำโครงงานในลักษณะนี้มาก่อน สำหรับแนะคิดและวิธีการสร้างส่วนที่ให้คนตาบอดสัมผัส

ขอขอบคุณ **คุณธงชัย อมตานนท์** รุ่นพี่อีกท่านหนึ่งที่ได้ให้คำแนะนำและแนวคิดในออกแบบส่วนซอฟแวร์

และสุดท้ายนี้ขอขอบคุณ **อาจารย์วัชระ ฉัตรวิริยะ** ที่ได้ให้ความกรุณาให้ยืมเครื่องมือต่าง ๆ สำหรับการทดลองโครงงานนี้

หนังสืออ้างอิง

เอกสารอ้างอิงที่เป็นหนังสือภาษาไทยและภาษาอังกฤษ

1. " IBM Technical Reference ", Revised Editor (April 1983) , International Business Machines Corporation , p. 1-14 - 1-19 , 1981 , 1982 , 1983

2. " Microsoft Quick Basic Compiler Version 4.0 " , Microsoft Corporation , 1987

3. Lewis C. Eggebrecht , " Interfacing to the IBM Personal Computer ", Copyright 1983 , First Edition , Howard W. Sams & Co., Inc.

4. คู่มือเทียบเบอร์ไอซี TTL , บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , หน้า 39-395 , พิมพ์ครั้งที่ 2 พศ. 2527