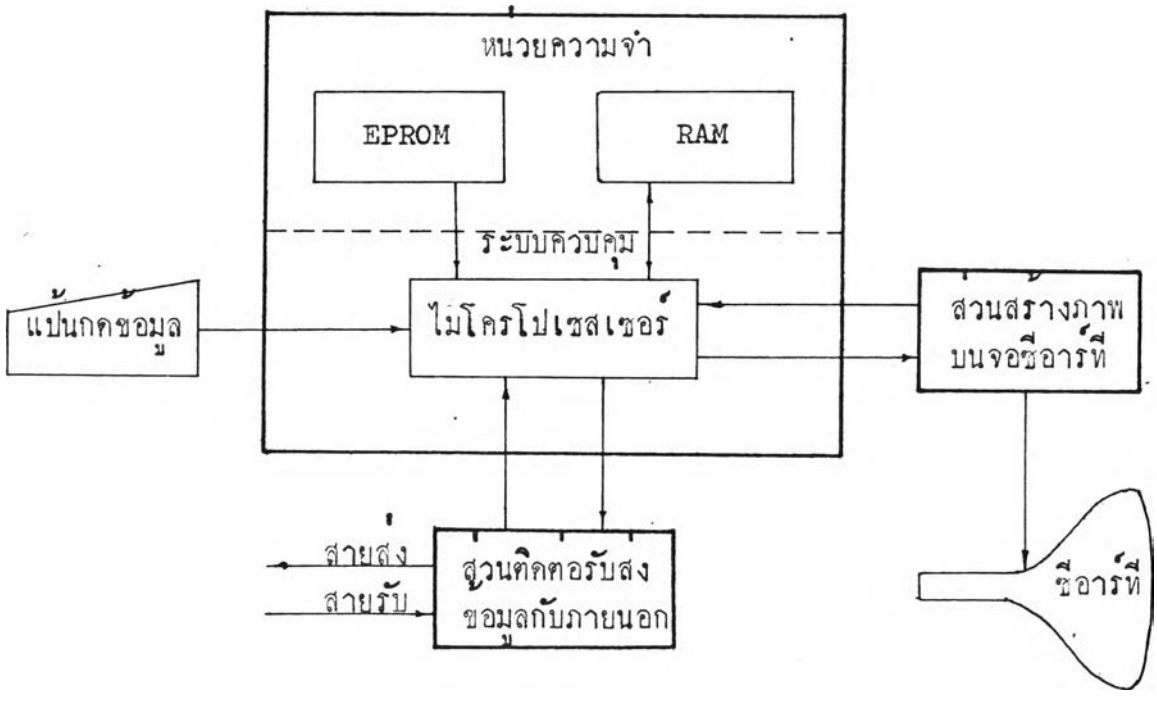
บทที่ 5

วิธีต่อวงจรเข้ากับระบบควบคุมและการทดสอบ

5.1 ส่วนประกอบของซีอาร์ทีเทอร์มินอลและระบบควบคุม

ซีอาร์ทีเทอร์มินอลเป็นอุปกรณ์ไอโอชนิดหนึ่ง ใช้สำหรับเป็นตัวส่งและแสดงผลข้อมูล มีซีอาร์ทีเป็นจอภาพแสดงผลและมีแป้นกดข้อมูลเป็นที่กดข้อมูลส่ง ข้อมูลรับส่งเป็นแบบต่อเนื่องอะซิงโครนัส ใช้สัญญาณติดต่อแบบอีไอเอ หรืออาร์เอส–232 ซี วิธีรับส่งใช้ได้ทั้งแบบ ฟูลล์ดูเพล็กและ ฮาล์ฟดูเพล็ก อัตราความเร็วรับส่งสามารถเลือกได้ ปกติจะรับส่งได้สูงถึง 9,600 บิท/วินาที หรือ 870 อักขระ/วินาที



รูปที่ 5.1 แผนภูมิแสดงส่วนประกอบของซีอาร์ทีเทอร์มินอล

ส่วนประกอบของซีอาร์ ทีเทอร์มินอล แบ่งออกเป็นส่วนใหญ่ ๆ ได้ดังนี้ คือ

1. ระบบควบคุม
2. ส่วนสร้างภาพบนซีอาร์ที
3. แป้นกดข้อมูล
4. ส่วนติดต่อรับส่งข้อมูลกับภายนอก

แผงวงจรอินเทอร์เฟสที่ออกแบบสร้าง สามารถใช้เป็นส่วนติดต่อรับส่งข้อมูลของซีอาร์ทีเทอร์มินอล ระบบควบคุมที่ใช้ต่อเพื่อทดสอบวงจร เป็นอุปกรณ์ซึ่งออกแบบสร้างในหัวข้อวิจัยเรื่อง การใช้ไมโครโปรเซสเซอร์บังคับการทำงานระหว่างแป้นพิมพ์กับหน่วยความจำของเทอร์มินอลและระหว่างอินเทอร์เฟสกับหน่วยความจำของเทอร์มินอล โดย นายเมธี ศรีสังวาล ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8080 เป็นตัวกลางควบคุม และส่วนสร้างภาพบนจอซีอาร์ที เป็นอุปกรณ์ซึ่งออกแบบสร้างในหัวข้อวิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องรับโทรทัศน์ให้เป็นหน่วยแสดงผล โดย นายสำนวน หิรัญวงษ์ อุปกรณ์ทั้งสองที่นำมาประกอบการทดสอบ เป็นส่วนหนึ่งของการทำวิทยานิพนธ์ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ระบบควบคุมใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8080 มีหน่วยความจำแบบ EPROM (ERASABLE PROM) สำหรับเก็บโปรแกรม ซึ่งใช้ควบคุมลำดับการทำงานของส่วนต่าง ๆ มีหน่วยความจำแบบ RAM สำหรับเก็บอักขระซึ่งจะนำไปแสดงบนจอซีอาร์ที ความถี่สัญญาณนาฬิกาที่ไมโครโปรเซสเซอร์ใช้มีความถี่ 2 MH_Z เวลาของสัญญาณนาฬิกาแต่ละรอบ (clock cycle) เป็น

$$T = \frac{1}{2} \text{ ไมโครวินาที}$$

สัญญาณนาฬิกา 1 รอบ = 0.5 ไมโครวินาที

ชุดคำสั่งของ 8080 ไมโครโปรเซสเซอร์ดูได้จากภาคผนวกท้ายบท แต่ละคำสั่งจะใช้จำนวนรอบสัญญาณนาฬิกำในการทำคำสั่ง แตกต่างกันไป

5.2 วิธีต่อวงจรเข้ากับระบบควบคุมของซีอาร์ทีเทอร์มินอล

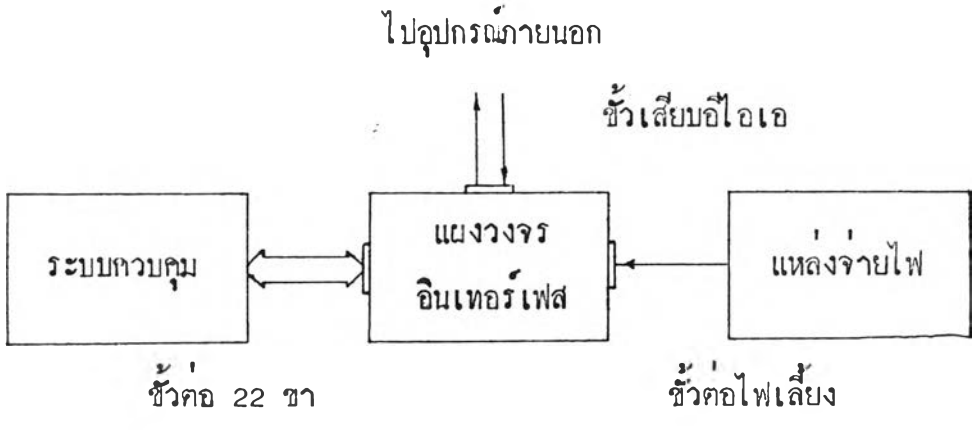
แผงวงจรที่ออกแบบสร้างมีขั้วต่อซึ่งทำหน้าที่ต่าง ๆ กันดังนี้คือ

- ขั้วต่อไฟเลี้ยงวงจร
- ขั้วต่อสัญญาณกับบัสของระบบควบคุม
- ขั้วต่อสัญญาณกับอุปกรณ์ภายนอก

ขั้วต่อไฟเลี้ยงวงจรประกอบด้วย +5 โวลต์ +12 โวลต์ −12 โวลต์และกราวนด์

ขั้วต่อสัญญาณกับบัสของระบบควบคุมประกอบด้วยสายบัสข้อมูล สายแอดเดรสบัสและสายสัญญาณควบคุมต่าง ๆ

ขั้วต่อสัญญาณกับอุปกรณ์ภายนอก เป็นขั้วสัญญาณแบบอีไอเอ (25 ขา)



รูปที่ 5.2 แสดงการต่อวงจรกับระบบควบคุม

5.3 โปรแกรมควบคุมการทำงานของอินเทอร์เฟส

ในหน่วยความจำ EPROM ซึ่งใช้เก็บโปรแกรมควบคุมลำดับการทำงานของซีอาร์ทีเทอร์มินอล สามารถแบ่งเป็นส่วนโปรแกรมต่าง ๆ ดังนี้คือ

- โปรแกรมกำหนดค่าเริ่มต้นของฮาร์ดแวร์ในส่วนต่าง ๆ
- โปรแกรมอินเทอร์รัพท์ของส่วนแสดงภาพ
- โปรแกรมควบคุมการจัดอักขระในหน่วยความจำแสดงผลและควบคุมการกดข้อมูล
- โปรแกรมควบคุมการสื่อสารข้อมูลของอินเทอร์เฟส

โปรแกรมกำหนดค่าเริ่มต้นจะอยู่ในส่วนต้นของโปรแกรมในระบบใช้กำหนดการทำงานของไอซีต่าง ๆ เช่นกำหนดวิธีการแสดงภาพวิธีการรับส่ง รูปแบบสัญญาณต่อเนื่องความเร็วรับส่งและอื่น ๆ

โปรแกรมอินเทอร์รัพท์ของส่วนแสดงภาพใช้เพื่อเริ่มการทำ ดีเอ็มเอ (direct memory access) ให้อ่านอักขระที่จะนำแสดงที่จอจาก RAM โปรแกรมอินเทอร์รัพท์นี้เป็นชุดคำสั่งต่อเนื่องที่จะหยุดการทำคำสั่งส่วนอื่น ใช้เวลาประมาณ 105 รอบสัญญาณนาฬิกาเทียบเป็นเวลาได้ดังนี้

เวลาทำอินเทอร์รัพท์รูทีน = 105 X 0.5 ไมโครวินาที

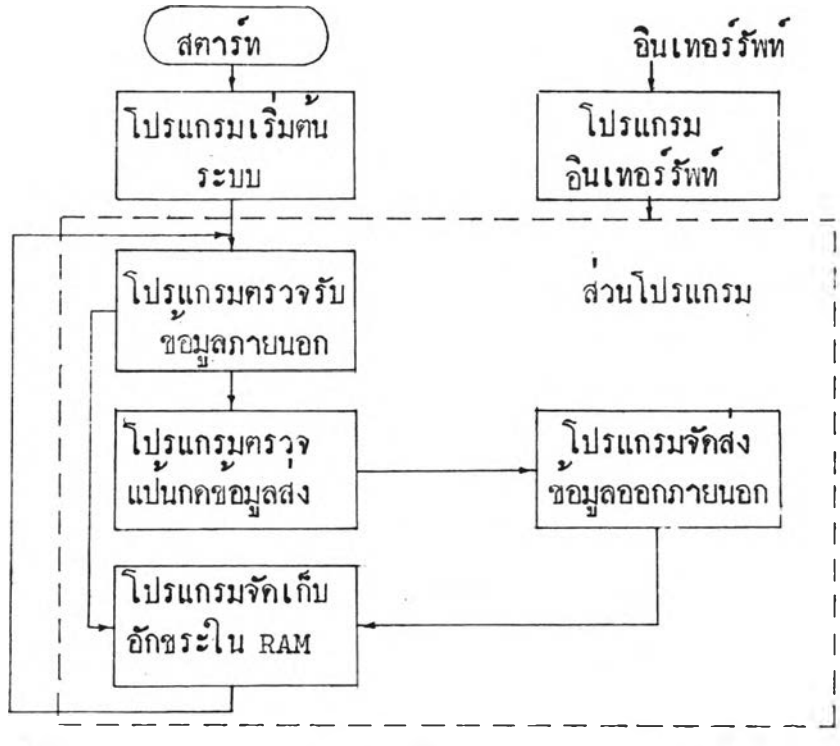
= 52.5 ไมโครวินาที

โปรแกรมควบคุมการจัดอักขระลงหน่วยความจำ RAM จะตรวจสอบอักขระจากแป้นกดข้อมูลหรืออินเทอร์เฟสที่ส่งเข้าว่าเป็นอักขระประเภทใด คือถ้าเป็นอักขระควบคุมก็จะไปทำยังส่วนโปรแกรมที่จัดการอักขระควบคุมนั้นถ้าเป็นอักษรหรือตัวเลขก็จะไปทำยังส่วนโปรแกรมควบคุมการเก็บค่าลง RAM นอกจากนี้ยังมีโปรแกรมที่จัดการเกี่ยวกับการปรับบรรทัดใหม่เมื่อแสดงอักษรถึงบรรทัดสุดท้ายและต้องการแสดงแถวอักษรต่อไป เรียกกันว่าการทำสโคลล์ (Scroll) โปรแกรมจัดอักขระจะใช้เวลาในส่วนของโปรแกรมแตกต่างกันออก

ไปขึ้นอยู่กับคำสั่งและรอบของการทำโปรแกรมนั้น ๆ

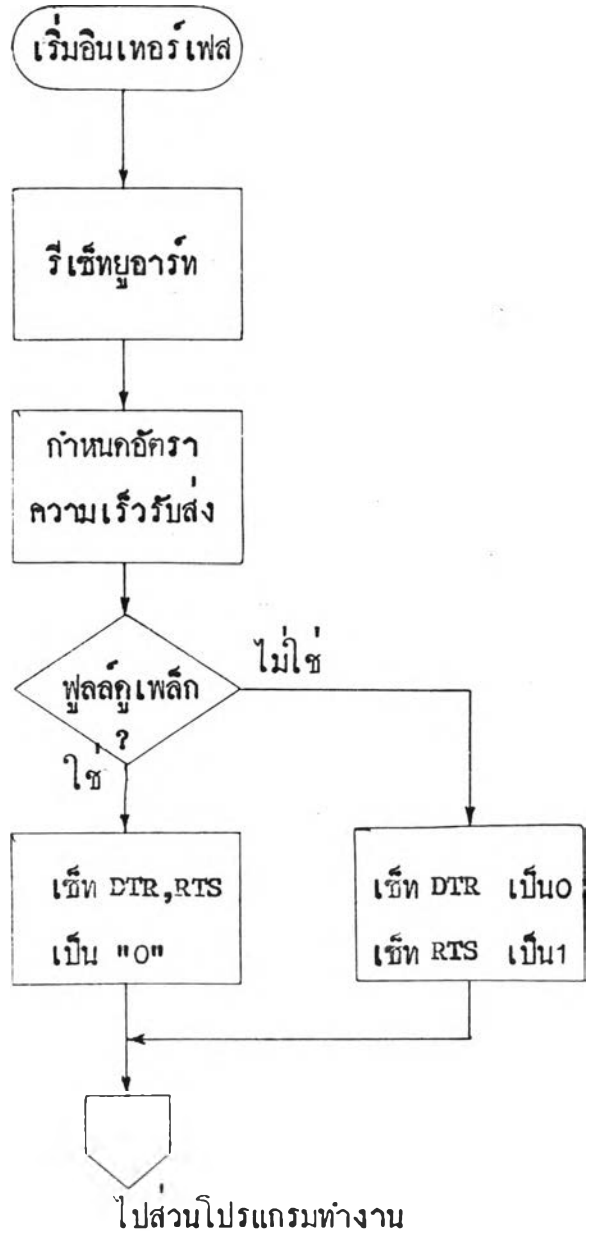
โปรแกรมควบคุมการสื่อสารข้อมูลของอินเทอร์เฟสมีส่วนของโปรแกรมควบคุมการส่งและส่วนโปรแกรมควบคุมการรับส่วนของโปรแกรมควบคุมการส่งทำหน้าที่รับข้อมูลจากแอคคูมูเลเตอร์ส่งออกไปภายนอกทางสายส่งและโปรแกรมควบคุมการรับทำหน้าที่รับข้อมูลภายนอกจากสายรับข้อมูลเพื่อส่งเข้าแอคคูมูเลเตอร์

ในโปรแกรมควบคุมการรับส่ง จะต้องมีการตรวจสอบสถานะของบัฟเฟอร์ และตรวจสอบสายส่งว่าพร้อมหรือว่างสามารถส่งข้อมูลได้หรือยัง ซึ่งจะต้องตรวจสอบทุกครั้งของการส่งอักขระ

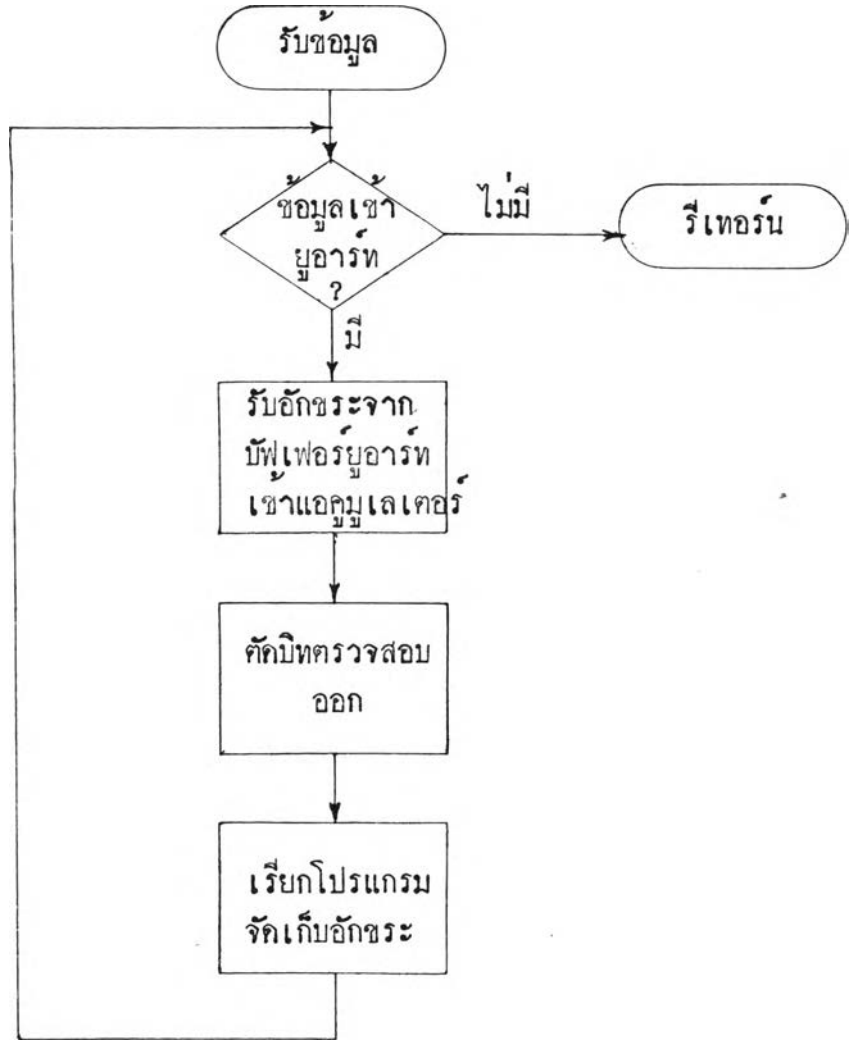


รูปที่ 5.3 แผนภูมิแสดงลำดับการทำงานภายในซีอาร์ทีเทอร์มินอล

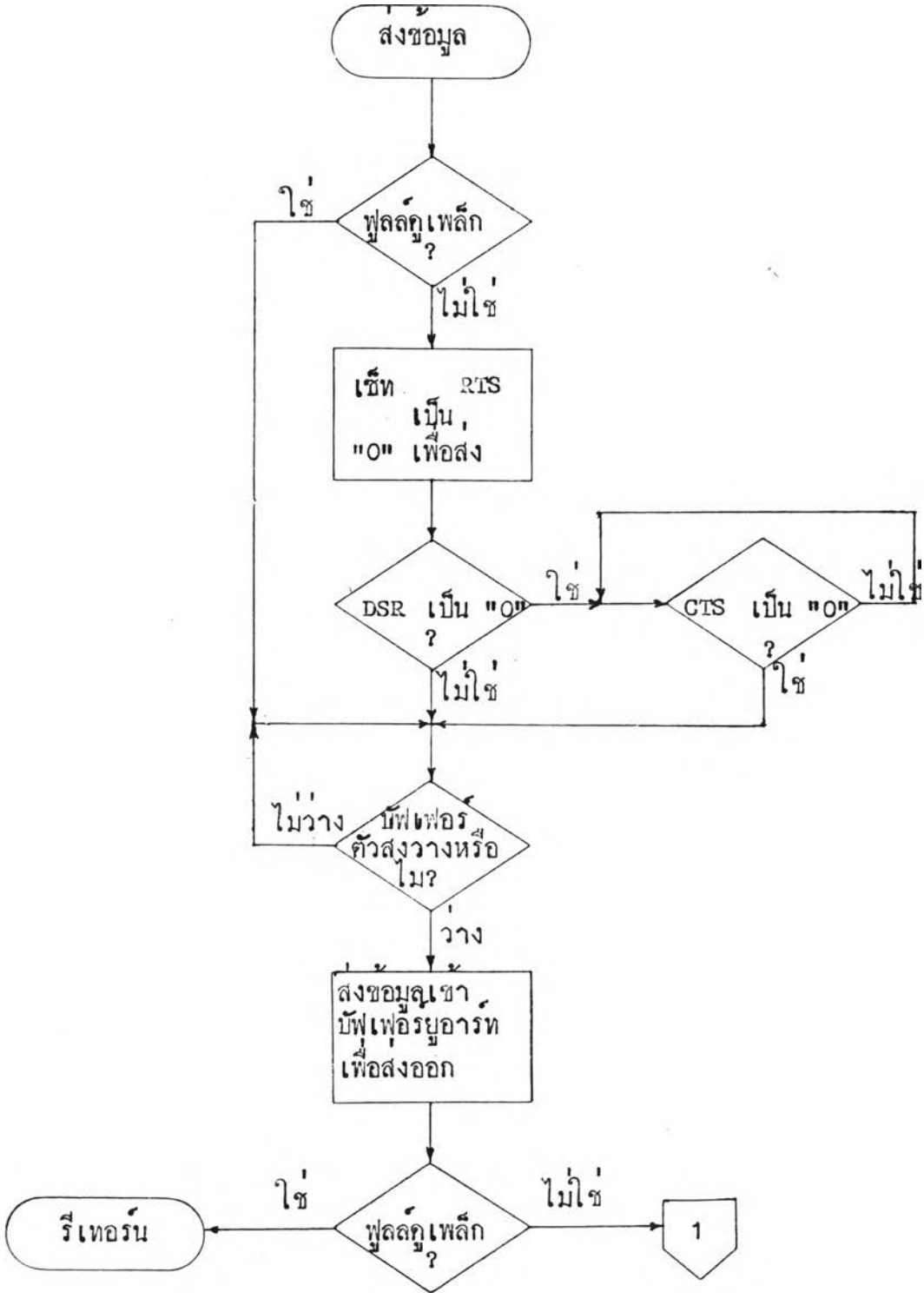
แผนผังโปรแกรมเริ่มต้นของอินเทอร์เฟส

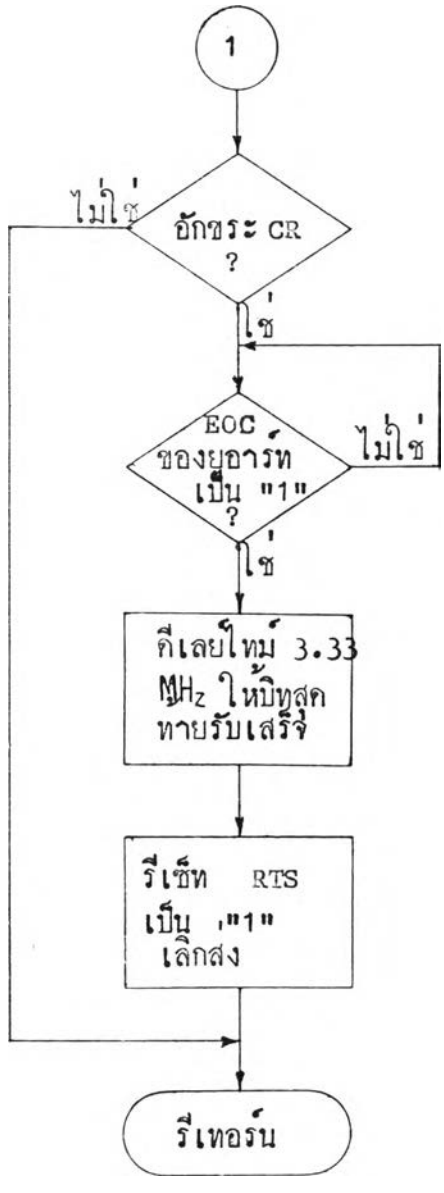


แผนผังโปรแกรมตรวจรับข้อมูลจากภายนอก



แผนผังโปรแกรมจัดส่งข้อมูลออกภายนอก




1
อักขระ CR ?
ไม่ใช่
ใช่
EOC ของยูอาร์ท เป็น "1" ?
ไม่ใช่
ใช่
ดีเลย์ไทม์ 3.33 MHz ให้บิทสุดท้ายรับเสร็จ
รีเซ็ท RTS เป็น "1" เลิกสง
รีเทอร์น

โปรแกรมเริ่มต้นอินเทอร์เฟส

คำแหน่ง	คำสั่ง		ความหมาย
PINIT	OUT	PREST	; รีเซ็ทยูอาร์ท
	OUT	PBAUD	; กำหนดอัตราความเร็วรับส่ง
	IN	PREG 2	; อ่านสเตตัสรีจิสเตอร์ 2
	ANI	08H	; ตรวจสอบฮาล์ฟหรือฟูลล์
	JZ	HALED	; ไปฮาล์ฟดูเพล็ก
	MVI	A,04H	; ฟูลล์ดูเพล็ก เซ็ท
	JMP	SFLAG	; เซ็ทแฟลก
HALFD	MVI	A,06H	; ฮาล์ฟดูเพล็ก
SIFLAG	OUT	PREG3	
	EI		

โปรแกรมตรวจรับข้อมูลจากภายนอก

คำแหน่ง	คำสั่ง		ความหมาย
PIST	IN	PREG1	; อ่านสเตตัสของยูอาร์ท
	RAR		
	RNC		; กลับที่เดิมถ้าไม่มีอักขระภายนอกเข้า
PPIN	IN	PINP	; รับอักขระจากบัฟเฟอร์ยูอาร์ท
	ANI	7FH	; ดิดบิทตรวจสอบเออร์เรอร์
	CALL	PCHA	; เรียกโปรแกรมจัดเก็บอักขระใน
	JMP	PIST	; กลับไปตรวจรับอักขระตัวใหม่

โปรแกรมจัดส่งข้อมูลออกภายนอก

ตำแหน่ง	คำสั่ง		ความหมาย
PSEND	PUSH	PSW	
	IN	PREG2	; อ่านสเตตัสรีจิสเตอร์ 2
	ANI	08H	; ตรวจสอบฮาล์ฟหรือฟูลล์
	JNZ	PPOUT	; ฟูลล์ดูเพล็ก
	MVI	A,04H	; ฮาล์ฟดูเพล็ก
	OUT	PREG3	; เซ็ท RTS
	IN	PREG2	; อ่านสเตตัสรีจิสเตอร์ 2
	ANI	40H	; ตรวจสอบ DSR
	JZ	PPOUT	; ไปส่วนส่ง
PCTS	IN	PREG 2	; อ่านสเตตัสรีจิสเตอร์ 2
	RAL		; ตรวจ CTS
	JNC	PCTS	; CTS ยังไม่เป็น "0"
PPOUT	IN	PREG1	; อ่านสเตตัสยูอาร์ท
	ANI	04H	; บัฟเฟอร์ส่งว่างหรือยัง
	JZ	PPOUT	; ไม่ว่าง
	POP	PSW	
	OUT	POUTP	; ส่งข้อมูลเข้าบัฟเฟอร์ส่งยูอาร์ท
	PUSH	PSW	
	IN	PREG 2	; อ่านสเตตัสรีจิสเตอร์ 2
	ANI	08H	; ฟูลล์ หรือ ฮาล์ฟดูเพล็ก
	JNZ	RETN	; ฟูลล์ดูเพล็ก
	POP	PSW	; ฮาล์ฟดูเพล็ก

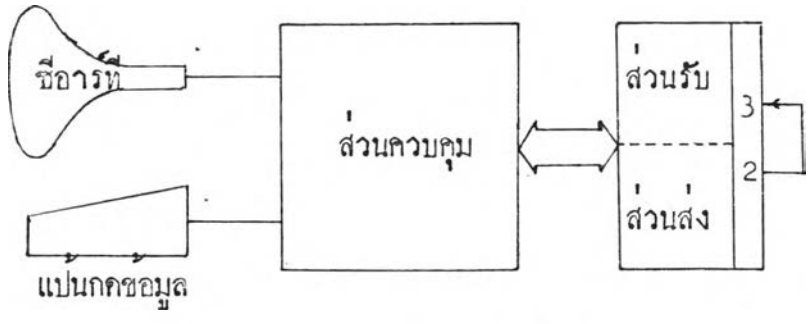
ตำแหน่ง	คำสั่ง		ความหมาย
	CPI	0DH	; อักขระ "CR" ?
	JZ	HREST	; "CR"
	RET		
RETN	POP	PSW	
	RET		
HREST	IN	PEOC	; อ่านสเตตัส EOC ยูอาร์ท
	RAL		
	JHC	HREST	; ส่งอักขระยังไม่เสร็จ
	PUSH	D	
	MVI	E,50H	
PLOOP	DCR	E	
	NOP		
	:		ดีเลย์ไทม์
	:		> 17 ตัว > 3.33 mSEC
	:		
	NOP		
	JNZ	PLOOP	
	POP	D	
	MVI	A,06H	; รีเซ็ท RTS
	OUT	PREG3	
	RET		

5.4 การทดสอบวงจร

แผงวงจรที่ออกแบบสร้างเมื่อประกอบเข้ากับส่วนวงจรควบคุมพร้อมทั้งโปรแกรมควบคุมลำดับการทำงานใน EPROM เรียบร้อยได้นำมาทดสอบรับส่งข้อมูลเพื่อตรวจดูว่าแผงวงจรที่สร้างสามารถรับส่งอักขระต่าง ๆ ได้ถูกต้องหรือไม่ โดยทำการทดสอบดังนี้

1. ทดสอบด้วยตนเอง
2. ต่อทดสอบกับไมโครคอมพิวเตอร์

การทดสอบด้วยตัวเอง ทำโดยกดแป้นกดข้อมูลเพื่อส่งอักขระออกทางสายส่ง แล้วต่อสัญญาณวนกลับทางสายรับเพื่อแสดงผลบนจอซีอาร์ที การต่อทดสอบแสดงไว้ในรูปที่ 5.4

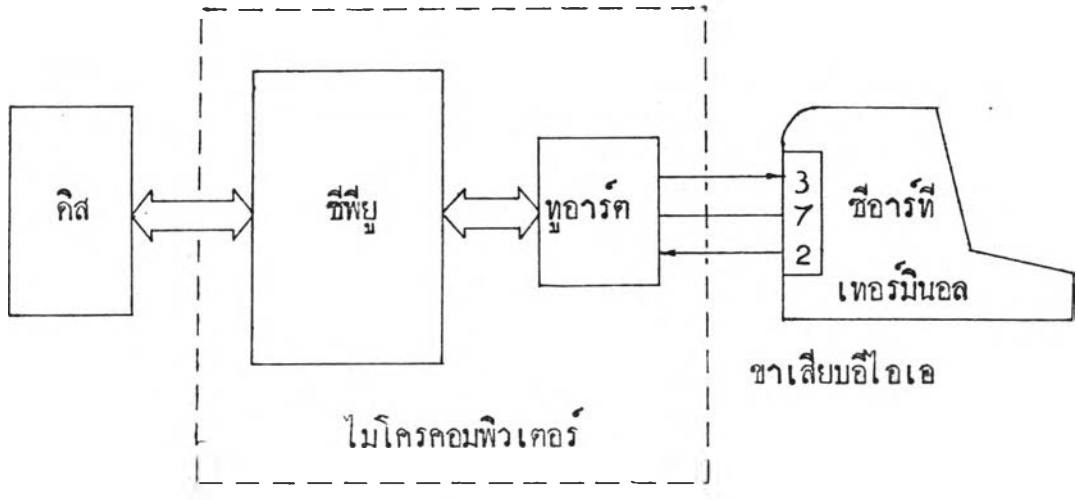


รูปที่ 5.4 แสดงการต่อทดสอบด้วยตัวเอง

การทดสอบใช้อัตราความเร็วรับส่งตั้งแต่ 110 บิท/วินาที จนถึง 9600 บิท/วินาที โดยใช้วิธีส่งทั้งแบบฮาล์ฟดูเพล็กและฟูลล์ดูเพล็ก

ผลการทดสอบอักขระทุกตัวจากแป้นกดข้อมูลสามารถส่งออกและรับกลับมาแสดงผลบนจอซีอาร์ทีได้ถูกต้องโดยได้ทำการทดลองซ้ำแล้วซ้ำอีกอยู่หลายครั้งก็ไม่ปรากฏข้อมูลที่ผิดพลาด

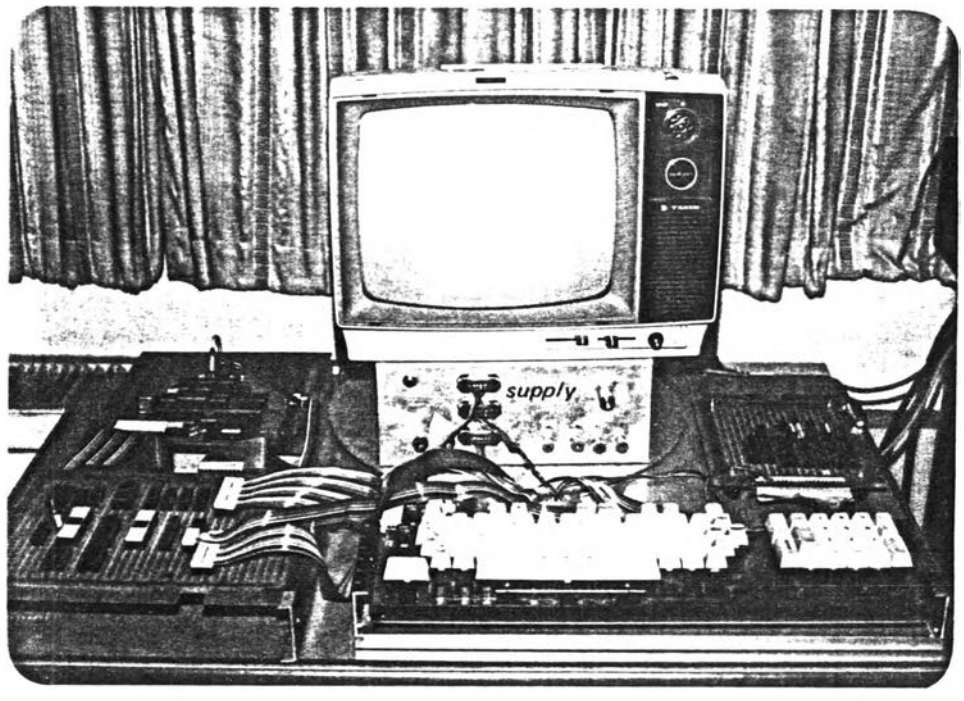
ต่อทดสอบกับไมโครคอมพิวเตอร์ ใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ IMSAI ของภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ทดสอบการติดต่อโดยใช้อุปกรณ์ซีอาร์ทีเทอร์มินอลที่ประกอบขึ้นเป็นอินพุทเอาท์พุท ต่อตรงเข้าไมโครคอมพิวเตอร์ การต่อแสดงไว้ในรูปที่



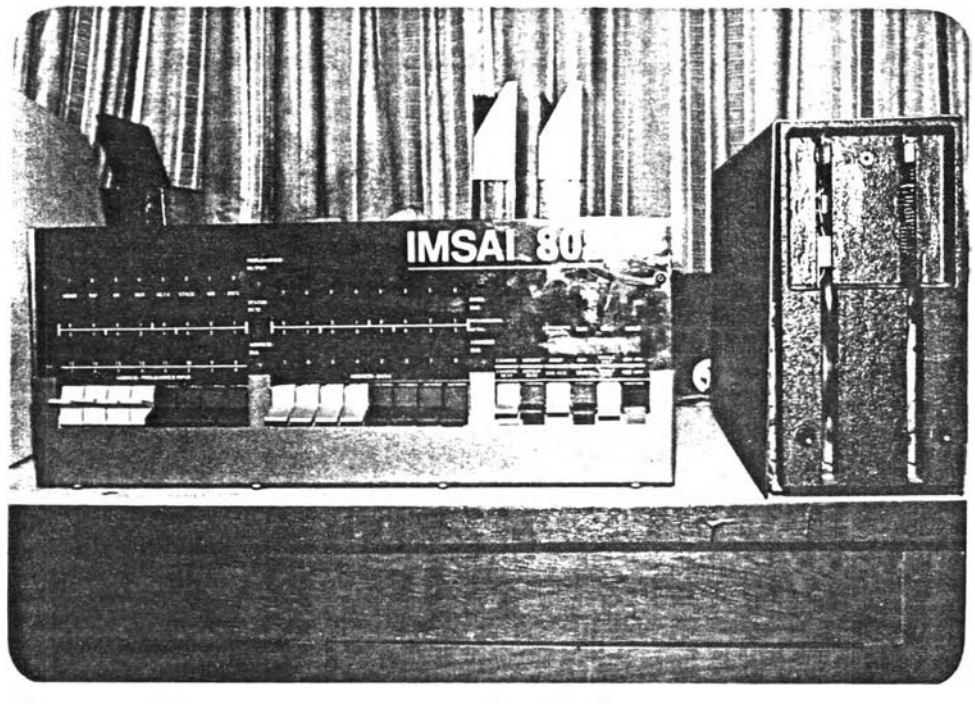
รูปที่ 5.5 แสดงการต่อทดสอบกับไมโครคอมพิวเตอร์

การทดสอบกับไมโครคอมพิวเตอร์ ใช้วิธีรับส่งแบบฟูลล์ดูเพล็ก ตามวิธีติดต่อของ TU-ART ในไมโครคอมพิวเตอร์ ความเร็วรับส่ง 300 บิท/วินาที ใช้รหัสรับส่งแบบ ASCII 7 บิท 2 สตอปบิท ทดสอบโดยใช้ โมนิเตอร์ (MONITOR) ของ CP/M (CONTROL PROGRAM / MONITOR) ซึ่งมีระบบควบคุมการทำงานเป็นแบบ disk operating system

วิธีทดสอบ เมื่อโหลด (load) โปรแกรมโมนิเตอร์ของ CP/M เข้าทำงานไมโครคอมพิวเตอร์จะติดต่อกับภายนอกตามโปรแกรมควบคุมของ CP/M ในช่วงนี้ได้ทดสอบกดอักขระต่าง ๆ ส่งเข้าไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อไมโครคอมพิวเตอร์ได้รับอักขระที่ไม่ใช่อักขระควบคุมก็จะส่งอักขระเดิมนั้นย้อนกลับให้ส่วนรับข้อมูลของซีอาร์ทีเทอร์มินอล และส่วนรับ



รูปที่ 5.6 รูปถ่ายแผงวงจรที่ประกอบเข้ากับระบบควบคุมและส่วนสร้างภาพแล้ว



รูปที่ 5.7 รูปถ่ายเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ทดสอบการทำงาน

จะส่งเข้าหน่วยความจำแสดงผลต่อ ในการทดสอบกดอักขระจำพวกแอลฟานิวเมอริกเข้าไมโครคอมพิวเตอร์ ปรากฏว่าอักขระทุกตัวที่ส่งไปสามารถย้อนกลับมาแสดงผลได้ถูกต้องทุกตัว การทดสอบได้ทำประมาณ 30 เที่ยวก็ไม่มีตัวใดส่งกลับมาผิด

หลังจากได้ทดสอบส่งอักขระต่าง ๆ แล้ว ได้ทดลองใช้คอมมานด์ (Command) ต่าง ๆ ในโมนิเตอร์ของ CP/M ด้วย ผลการทดลองซีอาร์ทีเทอร์มินอลที่ประกอบขึ้นสามารถติดต่อได้ผลเช่นเดียวกับ ซีอาร์ทีเทอร์มินอลที่มีอยู่ในภาควิชา ฯ ทุกประการ