หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ ๓

การออกแบบส่วนต่าง ๆ ของเครื่องทดสอบวงจรประมวลเชิงเลข

การออกแบบแบ่งเป็นส่วนสำคัญคือ การออกแบบทาง HARDWARE และ การออกแบบทาง SOFTWARE

๓.๑ การออกแบบทาง HARDWARE การออกแบบจะมีลักษณะตาม BLOCK DIAGRAM แสดงในรูปที่ ๓.๑ จาก BLOCK DIAGRAM ส่วนที่เป็น CPU จะใช้ MICROPRCESSOR เบอร์ 8080 ใช้ความถี่ 2MHZ มี EPROM ขนาด 8K BYTE เบอร์ 2708 จำนวน ๘ ตัว และ RAM ขนาด 8K BYTE ใช้ IC เบอร์ 5257 จำนวน ๑๖ ตัว รายละเอียดวงจรจะอยู่ในภาคผนวก ค เหตุที่ใช้ MICRORPOCESSOR เบอร์ 8080 เพราะว่าอุปกรณ์ที่มีอยู่โดยเฉพาะพวก I/O DEVICE ต่าง ๆ ใช้ชุดของ INTEL เช่น IC เบอร์ 8255 ซึ่งสามารถต่อเชื่อมโยงกับระบบของ 8080 MICRO-PROCESS ได้พอเหมาะและใช้คำสั่งควบคุมได้โดยสะดวกและง่าย ต่อไปนี้จะกล่าวองค์ประกอบอื่นจาก BLOCK DIAGRAM ดังนี้

๓.๑.๑ วงจร IC SOCKET ADAPTER จะทำหน้าที่เป็น SOCKET ที่เสียบ IC ที่จะนำมาทดสอบ มีทั้งหมด ๗ ชนิดมี ๑๔ ขา ๓ อัน, ๑๖ ขา และ ๒๔ ขา ๑ อัน

๓.๑.๒ วงจร INPUT/OUTPUT PIN SELECTOR INTERFACE จะทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมโยงระหว่าง IC SOCKET ADAPTER กับระบบ MPUจะเป็นตัวส่งสัญญาณ LOGIC เข้าขา IC และรับผลกลับรวมทั้ง SET ขา IC ให้เป็น INPUT และ OUTPUT ด้วย

๓.๑.๓ วงจร KEYBOARD /IC SOCKET DISPLAY สำหรับ KEYBOARD เป็นตัวรับเบอร์ IC ที่กดเข้ามาและ IC SOCKET DISPLAY จะเป็นตัวแสดงว่าจะต้องเสียบ IC ลงบน SOCKET ใด

ต่อไปนี้จะบอกกล่าวส่วนที่แสดงผลต่าง ๆ(DISPLAY UNIT)

๓.๑.๔ วงจร 7 - SEGEMNT DISPLAY จะทำหน้าที่แสดงเบอร์ IC ที่กดเข้ามา และส่วนที่เสียด้วย

๓.๑.๕ วงจร LED BINARY DISPLAY จะทำหน้าที่แสดง INPUT LOGIC และ OUTPUT LOGIC ในลักษณะเลขBINARY

๓.๑.๖ วงจร GOOD,BAD,READY,IC SHORT และ UNKNOWN ICจะทำหน้าที่เป็นตัวแสดงผลว่า GOOD หรือ BAD หรือ IC SHORT หรือ READY หรือ UNKNOWN IC

๓.๑.๗ วงจรแสดงประเภทของ DIGITAL IC ต่าง ๆ จะทำหน้าที่แสดงผลว่าเป็น GATE ชนิดใด ๆ F/F ชนิดใด หรือ COUNTERเป็นต้น

๓.๑.๘ วงจร ALARM UNIT แบ่งเป็นวงจรเสียง GOOD,เสียง BAD และเสียง IC SHORT CIRCUIT ทำหน้าที่ส่งเสียงเมื่อเวลาแสดงผลว่า GOOD หรือ BAD หรือ IC SHORT

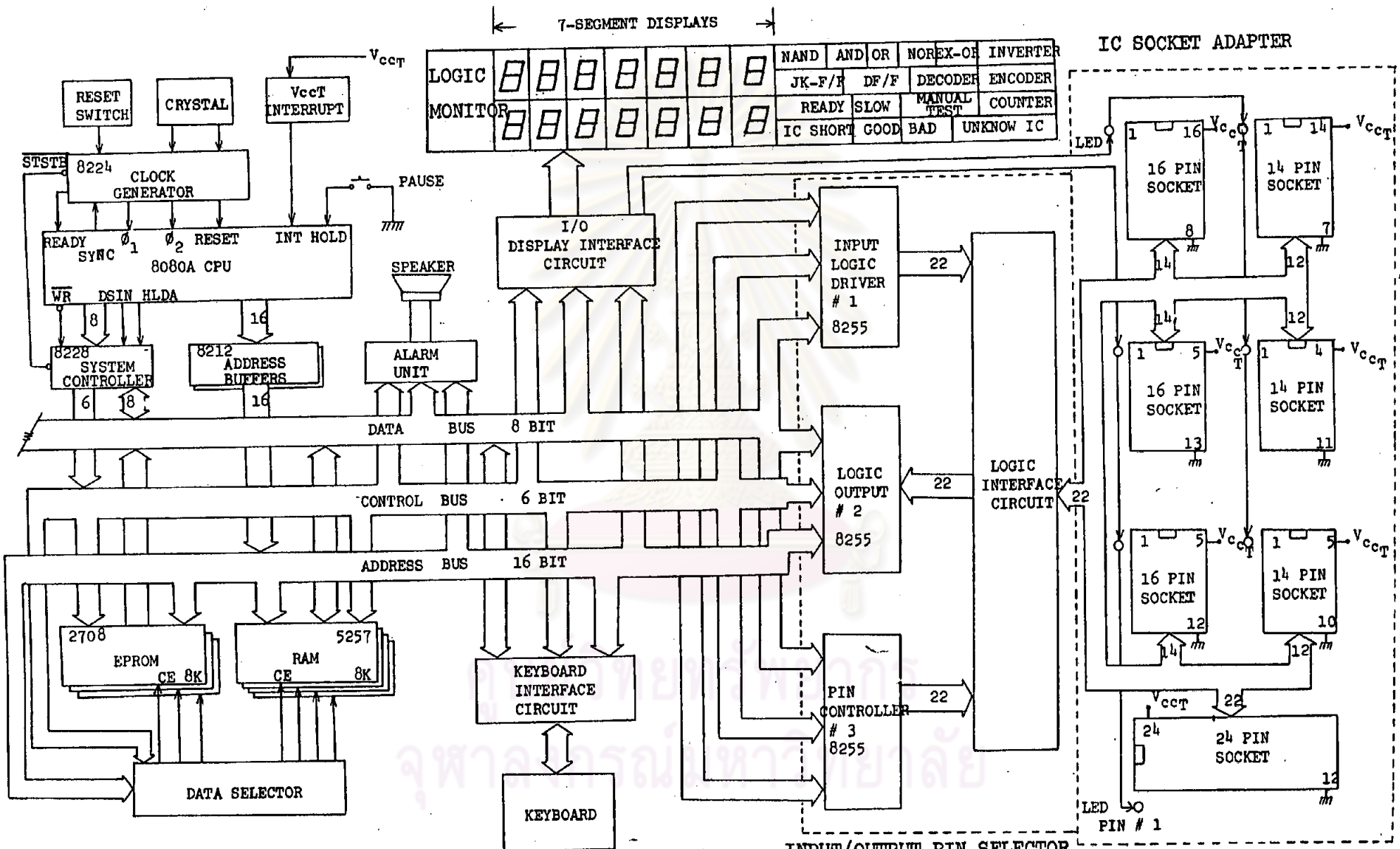
๓.๑.๙ วงจร V_{ccT} INTERRUPT เป็นเวลาทำหน้าที่ตรวจสอบ V_{ccT} ว่าตกลงเมื่อเวลา นำ IC ที่ SHORT CIRCUIT มาเสียบก็จะ INTERRUPT เข้าระบบแจ้งให้ MPUทราบแล้วแสดงว่า IC SHORT

๓.๑.๑๐ วงจร LOGIC MONITOR ทำหน้าที่เป็นตัวแสดง LOGIC ต่าง ๆ ของ IC ที่นำมาทดสอบโดยใช้ IC CLIP หนีบลงบนตัว IC แล้วแสดงผลทาง LED

ต่อไปนี้จะกล่าวถึงการออกแบบแต่ละวงจรโดยละเอียด

๓.๑.๑ วงจร IC SOCKET ADAPTER ก่อนอื่นขอกล่าวถึงแนวความคิดการทดสอบวงจรประมวลเชิงเลข โดยการพิจารณาเรื่องขา (PIN) ของ IC ขาของ IC ทุก ๆ ขาเป็นได้ทั้ง INPUT, OUTPUT,V_{cc} และ GROUND เราจะเห็นว่ามีอยู่ ๔ กรณีที่ขาต่าง ๆ ของ IC เป็นไปได้ ในการออกแบบวงจรเชื่อมโยง (INTERFACE) เครื่องทดสอบวงจรประมวลนี้ ได้พิจารณาเฉพาะเรื่อง INPUT และ OUTPUT เท่านั้น ส่วน V_{cc} กับ GND คงสภาพเดิม (FIXED) ในที่นี้จะทดสอบเฉพาะ IC ๑๔,๑๖ และ ๒๔ ขา เท่านั้นพิจารณา V_{cc} กับ GND จากหนังสือคู่มือต่าง ๆ เช่น TTL DATA BOOK ของ NS (NATIONAL SIMICONDUCTOR), FATRCHILD, TEXAS INSTRUMENTS, SIGNETICS และ MOTOROLA ได้ผลดังตารางที่ ๓.๑

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ก.๑ A MICROPROCESSOR CONTROLLED DIGITAL IC TESTER BLOCK DIAGRAM

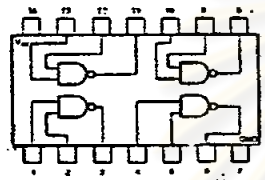
ตารางที่ ๓.๑ แสดงข้อมูลที่ได้จากหนังสือคู่มือเกี่ยวกับ V_{cc} และ GND

ประเภท IC	ลักษณะ VOLTAGE SUPPLY		IC NUMBER	ยกตัวอย่าง IC บางเบอร์ ดังรูปที่
	ตำแหน่งขา V_{cc}	ตัวแหน่งขา GND		
14 ขา	14	7	7400, 7401, 7402 7403, 7404, 7405 7406, 7407, 7408 7409, 7410, 7411 7412, 7413, 7414 7416, 7417, 7420 7421, 7422, 7426 7427, 7428, 7430 7432, 7433, 7437 7438, 7439, 7440 7474, 74125, 74126 74164, 74C00, 74C02 74C04, 74C08, 74C10 74C14, 74C20, 74C30 74C32, และ74C86 เป็นต้น	๓.๒
	4	11	7473, 74107, 74H103 และ 7477 เป็นต้น	๓.๓
	5	10	7490, 7491, 7492 และ7493 เป็นต้น	๓.๔

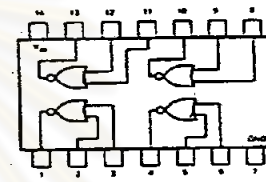
ประเภท IC	ลักษณะ VOLTAGE SUPPLY		IC NUMBER	ยกตัวอย่าง IC บางเบอร์ดังรูปที่
	ตำแหน่งขา cc	ตำแหน่งขา GND		
16 ขา	16	8	74LS133, 74S133, 74S134, 7425, 74S135, 74S112, 74LS112, 74LS365, 74LS366, 74LS367, 74LS368, 74LS168, 74LS169, 74LS490, 74LS256, 74LS379, 74LS399, 74LS502, 74LS283, 74S182, 74160, 74161, 74162, 74163, 74198, 74193, 74190, 74S139, 74LS139, 74155, 74156, 74LS259, 7442, 7443, 7444, 7445, 74145, 74LS138, 74S138, 74LS48, 74LS249, 7447, 74LS279, 74175, 74174, 74170, 74LS670, 74S157, 74S158, 74S258, 74153, 74S253, 74151, 74195, 74179, 74194, 74165, 74166, 74LS352, 74LS353, 74LS375, 74LS390, 74LS395, และ 74LS173 74C42, 74C48, 74C151 74C165, 74C173, 74C174	๓.๕
	5	13	7476 และ 74H106	๓.๖
	5	12	7483, 7496, 7441, 74141, 7475 และ 7494	๓.๗

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประเภท IC	ลักษณะ VOLTAGE SUPPLY		IC NUMBER	ยกตัวอย่าง IC บางเบอร์ ดังรูปที่
	ตำแหน่งขา V_{cc}	ตำแหน่งขา GND		
24 ขา	24	12	74150, 74154 74198 และ 74199 เป็นต้น	๓.๔

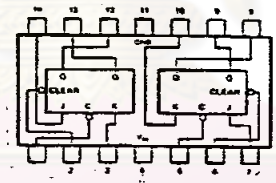


7400



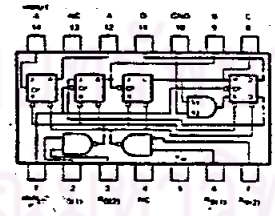
7402

รูปที่ ๓.๒ 7400, 7402



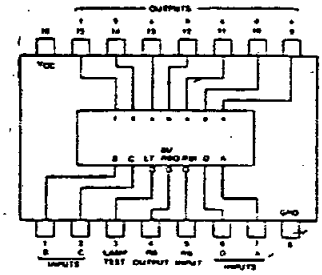
7473

รูปที่ ๓.๓ 7473



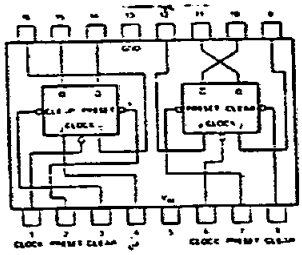
7490

รูปที่ ๓.๔ 7490



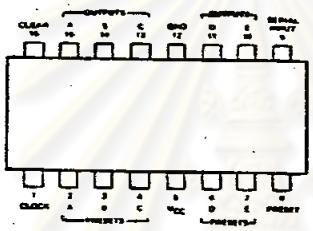
7448

รูปที่ ๓.๕ 7448



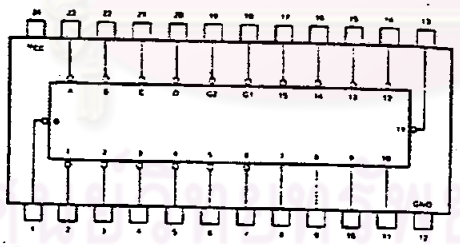
7476

รูปที่ ๓.๖ 7476



7496

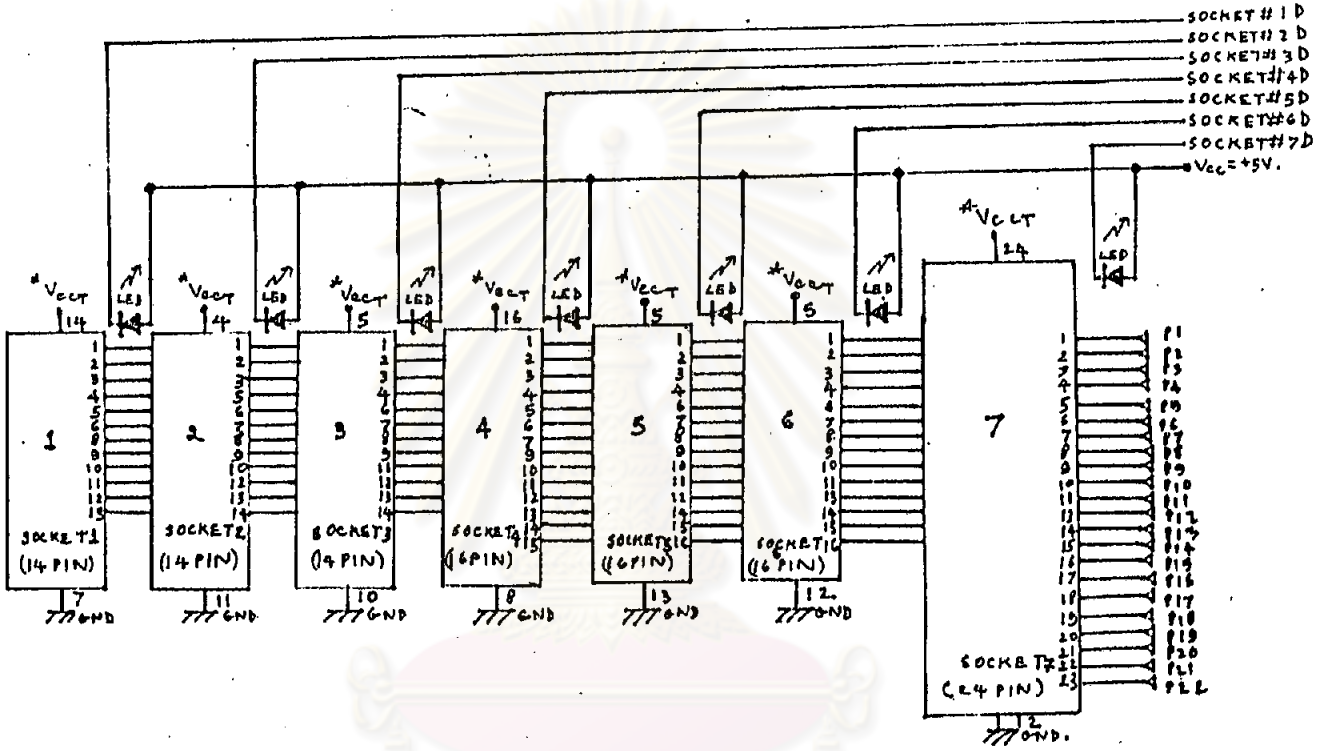
รูปที่ ๓.๗ 7496



74154

รูปที่ ๓.๘ 74154

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๓.๔ วงจร IC SOCKET แบบ ๑๔ ขา, ๑๖ ขา,และ ๒๔ ขา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการออกแบบจะต้องมี SOCKET เท่ากับจำนวนความแตกต่างของ Vcc และ GND ดังได้ยกตัวอย่างข้างต้นแล้ว ดังนั้นจึงมี SOCKET อยู่ทั้งหมดในเครื่องนี้อยู่ ๗ อัน คือ ๑๔ ขา อยู่ ๓ อัน ,๑๖ ขา มีอยู่ ๓ อัน และ ๒๔ ขา มีอยู่ ๑ อัน

ส่วน IC ที่มี Vcc กับ GND ต่างจากนี้ ไม่สามารถทดสอบในเครื่องนี้ได้ นอกจากมีการเพิ่มเติมหรือดัดแปลงให้มี SOCKET ที่มี Vcc และ GND ตรงกับ IC นั้น ๆ

ดังนั้นจึงออกแบบสร้าง IC SOCKET BOARD วงจรในรูปที่ ๓.๔ ซึ่งออกแบบไว้ดังนี้

การออกแบบจะต่อ SUPPLY คือ Vcc กับ GND ตรงตามประเภทของขา IC ต่าง ๆ ดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

ส่วนขาที่เป็น INPUT และ OUTPUT มีทั้งหมด ๒๒ เส้น เริ่มตั้งแต่P1 ถึง P22

มี LED สีแดง อยู่ที่ SOCKET ทุก ๆ SOCKET จะอยู่ริมขาที่ ๑ ของ SOCKET ทั้งนี้เพื่อจะแสดงว่าขานี้เป็นขาที่ ๑ เพื่อจะได้เสียบ IC ไม่กลับหัว

<u>ลักษณะการต่อวงจร</u>

จากรูปที่ ๓.๔

๑. VccT +5V เป็นSUPPLY ที่จ่ายเฉพาะ IC ที่จะนำมาทดสอบ ส่วน Vcc จะใช้ในระบบของเครื่องทั้งนี้เพราะป้องกันไม่ให้ไฟของระบบไมโครโปรเซสเซอร์เสียหายเมื่อนำ IC ที่ SHORT CIRCUIT มาเสียบลงบน SOCKET ใด SOCKET หนึ่งและที่แหล่งจ่ายไฟ VccT จะมีวงจรป้องกันการลัดวงจรซึ่งจะได้กล่าวรายละเอียดในภายหลัง

๒. P1 - P22 เป็น (PIN) ที่ต่อจากวงจรเชื่อมโยงเข้าสู่ระบบ MPU

๓. LED ต่อในลักษณะที่เอา P - TYPE ต่อเข้ากับ Vcc ทุก ๆ หลอด ส่วนอีกด้านหนึ่งจะต่อกับสายสัญญาณต่าง ๆ ดังตารางที่ ๓.๒

ตารางที่ ๓.๒ สายสัญญาณที่ต่อกับปลายอีกข้างหนึ่งของ LED

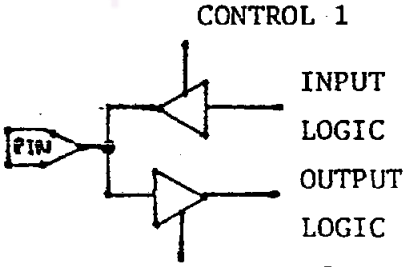
หลอด	ที่ SOCKET อันที่	ต่อกับสายสัญญาณชื่อ
LED 1	1	SOCKET # 1D
LED 2	2	SOCKET # 2D
LED 3	3	SOCKET # 3D
LED 4	4	SOCKET # 4D
LED 5	5	SOCKET # 5D
LED 6	6	SOCKET # 6D
LED 7	7	SOCKET # 7D

๓.๑.๒ วงจร INPUT/OUTPUT PIN SELECTOR INTERFACE

เป็น PCB ที่ออกแบบสำหรับเลือกทางเข้าหรือทางออกของ LOGIC สำหรับทดสอบ IC เข้าสู่ระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ดังมีรายละเอียดในการออกแบบดังนี้

การออกแบบพิจารณาถึง

ต้องสามารถเลือกขาต่างได้ว่าเป็น INPUTหรือ OUTPUT LOGIC เพราะทุก ๆ ขา ของ IC สามารถเป็นได้ทั้งINPUT และ OUTPUT เว้น Vcc กับ GND หลักการอาศัย TRI - STATE เป็นตัวตัดต่อวงจรดังรูปที่ ๓.๑๐



รูปที่ ๓.๑๐ I/O PINS
2 CONTROL

ตารางจริงของ TRI - STATE

INPUT	CONTROL	OUTPUT
0	0	HI - Z
1	0	HI - Z
0	1	0
1	1	1

อธิบายการเชื่อมต่อระหว่างขา IC ที่จะทดสอบตามรูปที่ ๓.๑๐ ดังนี้

- กรณีที่ขา IC เป็น INPUT

เมื่อ CONTROL 1 เป็น LOGIC "1" TRI - STATE ตัวที่ 1 ที่ต่อกับ LOGIC INPUT DRIVE ก็จะต่อเข้ากับขาของ IC ที่จะทดสอบ และ CONTROL 2 เป็น LOGIC "0" TRI - STATE ตัวที่ 2 จะอยู่ในสภาพ HIGH Z ผลก็คือ OUTPUT ของระบบ MPU ก็จะต่อเข้ากับขา IC ที่เป็น INPUT

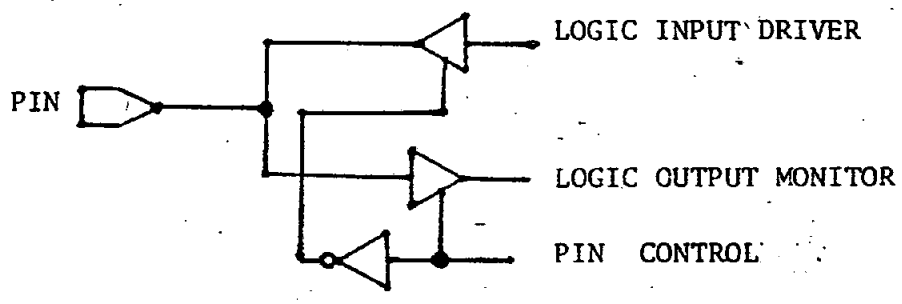
- กรณีที่ขา IC เป็น OUTPUT

เมื่อ CONTROL 1 เป็น LOGIC "0" TRI - STATE ตัวที่ 1 ที่ต่อกับ INPUT LOGIC DRIVE ก็จะ HIGH Z จะไม่ต่อเข้ากับขาของ IC ที่จะทดสอบ และ CONTROL 2 เป็น LOGIC "1" TRI - STATE ตัวที่ 2 จะเชื่อมโยง LOGIC OUTPUT เข้ากับระบบ MPU ได้

ตารางจริง (TRUTH TABLE)

CONTROL 1	CONTROL 2	ขาIC ที่จะทดสอบ
0	0	ไม่มีการเชื่อมโยง
0	1	เป็นขาOUTPUT
1	0	เป็นขาINPUT
1	1	ไม่ใช้

๓.๑.๒.๑ จากตารางจริง(TRUTH TABLE) ข้างบนได้นำมาออกแบบวงจรเพิ่มเติม โดยให้เหลือ PIN CONTROL เพียง 1 เส้น ดังรูปที่ ๓.๑๑



รูปที่ ๓.๑๑ I/O PIN 1 CONTROL

1797012X

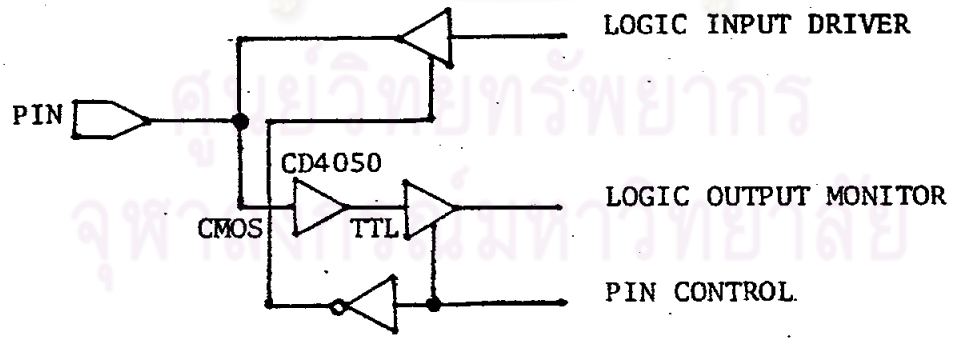
จากรูปที่ ๓.๑๑ จะเห็นว่าเราจะมีการรวม CONTROL เข้าด้วยกัน โดยมี INVERTER เป็นตัวกลับ LOGIC ให้ตรงกันข้ามซึ่งกันและกันมันจะทำงานดังนี้

ถ้าขา IC เป็นขาOUTPUT ก็ให้ PIN CONTROL มี LOGIC เป็น "1"

ส่วนตัวขาICที่เป็นขา INPUTก็ให้ PIN CONTROL มี LOGIC เป็น "0"

๓.๑๒.๒ ในการทดสอบ IC ประเภท TTL วงจรเชื่อมโยง เราใช้ TRI - STATE การเชื่อมโยงก็เป็นการเชื่อมโยงระหว่าง TTL กับ TTL แต่เมื่อเราต้องการจะทดสอบ IC ประเภท CMOS เราก็จะต้องออกแบบวงจรเชื่อมโยงที่สามารถเชื่อมโยงจาก CMOS เข้ากับ TTL ให้ได้เพราะปกติ OUTPUT ของ CMOS ไม่สามารถขับ LOGIC เข้าสู่ IC ประเภท TTL ได้เว้นแต่ TTL ประเภท LS ซึ่ง CMOS สามารถขับ (DRIVE) ได้เพียง 1 FAN OUT (ต่อเข้ากับ IC ประเภท LS ได้เพียง ๑ เส้นเท่านั้น) ดังนั้นการออกแบบ จึงนำ IC ประเภทวงจรเชื่อมโยงซึ่งสามารถเชื่อมโยงจาก CMOS เข้าสู่ TTL

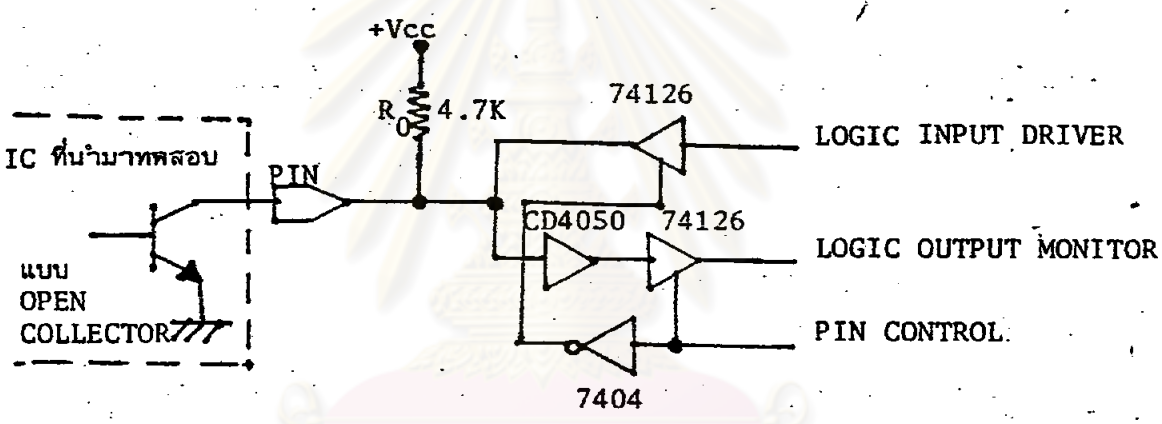
IC ที่เลือกนำมาใช้คือ IC เบอร์ CD 4050 ซึ่งจะทำหน้าที่เชื่อมโยงจาก CMOS เข้าสู่ TTL ได้ จึงได้เพิ่มเติมวงจรเดิมในรูปที่ ๓.๑๑ ให้มาเป็นวงจรในรูปที่ ๓.๑๒



รูปที่ ๓.๑๒ I/O PIN CONTROL AND CMOS TO TTL

จากรูปที่ ๓.๑๒ CD4050 ไม่มีผลต่อการเชื่อมโยงระหว่าง IC TTL ที่จะนำมาทดสอบเข้ากับระบบ ทั้งนี้ TTL สามารถขับ (DRIVE) ผ่าน GATE CMOS เบอร์ CD4050 ได้

๓.๑.๒.๓ ปัญหาอีกอย่างหนึ่งในการทดสอบ IC ประเภทที่เป็น OPEN COLLECTOR ซึ่ง OUTPUT ของ GATE จะเป็น TRANSISTOR ที่ COLLECTOR ไม่ได้ต่อกับอะไร ต้องใช้ความต้านทานต่อภายนอกจึงจะทำงานได้ตามต้องการ ดังนั้นการออกแบบในวงจรนี้ จึงจะต้องเพิ่มความต้านทานอีก ๑ ตัว ของแต่ละขา (PIN) ได้ออกแบบวงจรเพิ่มเติมมาเป็นลักษณะดังรูปที่ ๓.๑๓



รูปที่ ๓.๑๓ I/O PIN CONTROL, CMOS TO TTL AND R_0

จากรูป ๓.๑๓ ลักษณะของความต้านทาน R_0 ที่นำมาต่อเพิ่มเติมนั้น แต่ละขาของของ IC SOCKET จะมี R_0 ต่ออยู่กับขา IC SOCKET โดยที่อีกปลายข้างหนึ่งต่อเข้ากับ V_{cc} (+5V) ขณะนี้จะได้วงจรสมบูรณ์แล้ว ในที่นี้เลือกใช้ค่าความต้านทาน ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 1KΩ ถึง 10KΩ ได้เลือกใช้ค่า 4.7KΩ

๓.๑.๒.๔ การออกแบบวงจรเชื่อมโยง ส่วนที่จะเชื่อมโยงระหว่างวงจร PIN SELECT, LOGIC INPUT และ LOGIC OUTPUT เข้ากับระบบ MICROPROCESSOR ซึ่งจะเป็นตัวทำหน้าที่ทดสอบวงจร

การเชื่อมโยงเข้ากับระบบจะทำโดยลักษณะใช้ I/O (INPUT/OUTPUT) ที่สามารถ LATCH สัญญาณข้อมูลได้ ในกรณีที่เราจะส่งสัญญาณ LOGIC ไปขับ (DRIVE) IC ที่จะทดสอบ และ LATCH ในกรณีที่จะ SET ขาของ SOCKET ให้เป็น INPUT หรือ OUTPUT เพื่อที่จะทดสอบ IC เบอร์นั้น ๆ ได้

การออกแบบวงจร ได้ออกแบบวงจรนี้ตามรูป BLOCK DIAGRAM ในรูปที่ ๓.๑๔ และจัดทำวงจรที่สมบูรณ์ดังรูปที่ ๓.๑๕

จะอธิบายการทำงานตามวงจรใน รูปที่ ๓.๑๕

ก. การเชื่อมโยง (INTERFACING)

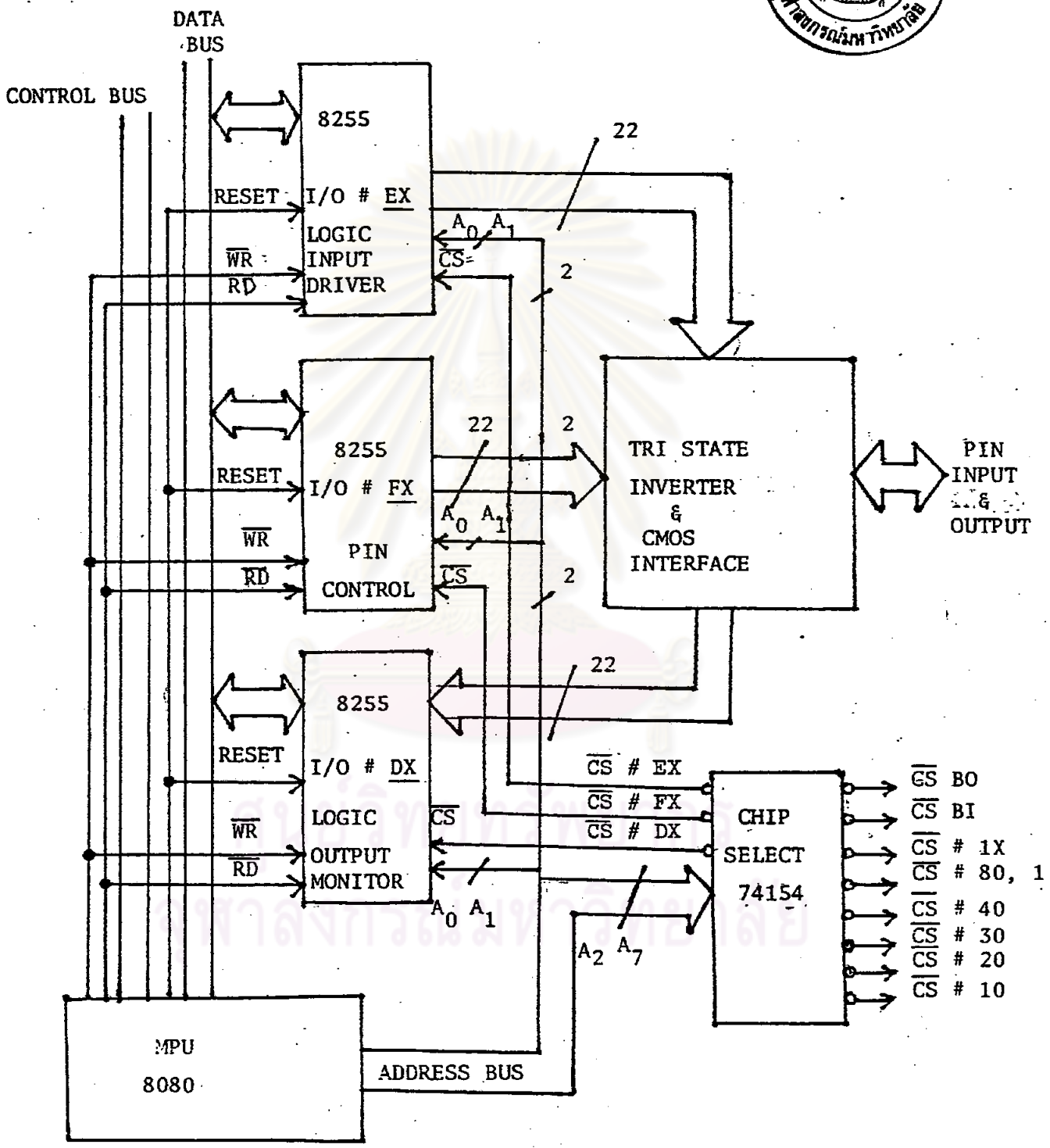
- ใช้ IC เบอร์ 8255 จำนวน ๓ ตัว ทำหน้าที่ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น
- ใช้ IC เบอร์ 74154 จำนวน ๑ ตัว ทำหน้าที่เป็นตัวเลือกอุปกรณ์ IC ให้ทำงาน (CHIP SELECTOR)
- ใช้ IC เบอร์ 74126 เป็น TRI – STATEจำนวน ๑๒ ตัว ทำหน้าที่ต่อ INPUT OUTPUT PIN
- ใช้ ICเบอร์ 7404 (INVERTER) จำนวน ๔ ตัว ในวงจรควบคุม PIN ขา IC
- ใช้ IC เบอร์ CD 4050 จำนวน ๔ ตัว ทำหน้าที่ INTERFACE ระหว่าง CMOS IC มาเข้า TTL IC (เข้า 74126 ซึ่งเป็น TTL)

ข. การควบคุม (CONTROL) ในการทำงานดังนี้
(ใช้ MPU ควบคุมการทำงาน)

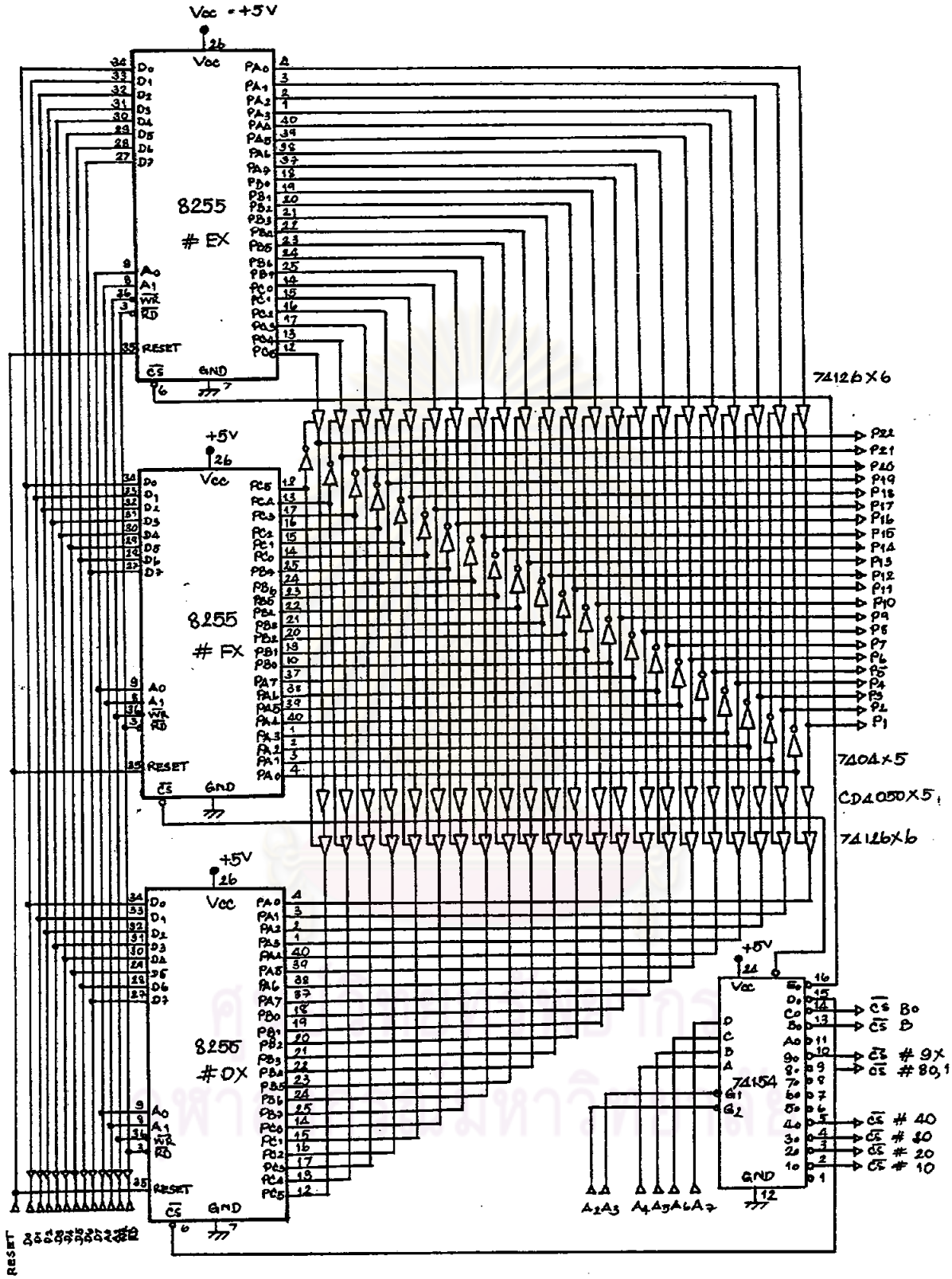
- ขั้นแรก IC เบอร์ 8255 ที่ทำหน้าที่ LOGIC OUTPUT MONITOR จะถูก SET ให้ทำงานใน MODE Ø ซึ่งมีลักษณะทำหน้าที่ดังรูปที่ ๓.๑๖

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เรามาดู BLOCK DIAGRAM ง่าย ๆ ดังนี้ (รูปที่ ๓.๑๙)

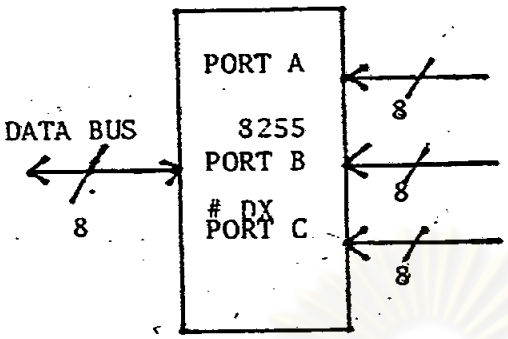


รูปที่ ๓.๑๙ BLOCK DIAGRAM วงจร I/O PIN/PIN INTERFACE



รูปที่ ก.๑๕ IC PIN CONTROLLER/LOGIC INPUT DRIVER และ

LOGIC OUTPUT MONITOR INTERFACE CIRCUIT



ใช้ CONTROL WORD = (9B) HEX

1	0	0	1	1	0	1	1

MODE 0

รูปที่ ๓.๑๖ ลักษณะของ 8255 ใน MODE ๐,CONTROL'9B'

8255 นี้ มีหมายเลขชื่อว่า # DX จะทำหน้าที่รับผลจาก OUTPUT ของ IC ที่นำมาทดสอบกลับเข้าระบบ เพื่อประมวลผลโดยทาง SOFTWARE (PROGRAMING)

จากรูป ๓.๑๖ PORT A จะเป็น INPUT ทั้ง 8 BIT

PORT B จะเป็น INPUT ทั้ง 8 BIT

PORT C จะเป็น INPUT ทั้ง 8 BIT

การรับข้อมูลแต่ละ PORT จะใช้ CODE ควบคุมที่เป็น CHIP SELECT ดังนี้

PORT A ใช้ระหัส D0 — A_1A_0 = 00 ตามลำดับ

PORT B ใช้ระหัส D1 — A_1A_0 = 01 ตามลำดับ

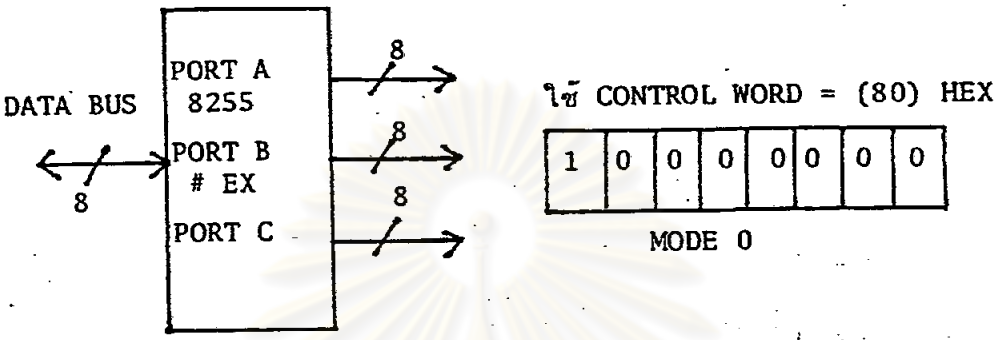
PORT C ใช้ระหัส D2 — A_1A_0 = 10 ตามลำดับ

CONTROL DEVICE MODE (เลือก MODE ในการทำงาน) ใช้ระหัส D3 - A_1A_0 = 11 ตามลำดับ

COMMAND ในการ SET IC เบอร์ 8255 # DX นี้ เขียนเป็นคำสั่งได้ดังนี้

ADDRESS	MENMONIC	OPERAND	คำอธิบาย
2000	MVIA	9B	; A = 9B - CONTROL WORD
2002	OUT	D3	;I/O#D3← A (SET CONTROL MODE = 0)

ในทำนองเดียวกัน IC เบอร์ 8255 ที่ทำหน้าที่ LOGIC INPUT DRIVER จะถูก SET ให้ทำงานใน MODE ๐ ซึ่งมีลักษณะทำหน้าที่ดังรูปที่ ๓.๑๗



รูปที่ ๓.๑๗ ลักษณะ8255 ใน MODE ๐,CONTROL '80'

8255 นี้ หมายเลขชื่อว่า # EX จะทำหน้าที่รับ LOGIC "0" หรือ LOGIC "1" ไปที่ IC ที่นำมาทดสอบ MPU จะส่งข้อมูลมาที่ PORT ต่าง ๆ PORT เหล่านี้ก็จะเก็บข้อมูลค้างไว้ (LATCH)

จากรูปที่ ๓.๑๗ PORT A จะเป็น OUTPUT ทั้ง 8 BIT
PORT B จะเป็น OUTPUT ทั้ง 8 BIT
PORT C จะเป็น OUTPUT ทั้ง 8 BIT

การส่งข้อมูลไปยังแต่ละ PORT ให้ออกไปรับ IC ที่นำมาทดสอบ จะใช้ CODE ควบคุมที่เป็น CHIP SELECT ดังนี้

PORT A ใช้รหัส E0 $-A_1\ A_0$ = 00 ตามลำดับ

PORT B ใช้รหัส E1 $-A_1\ A_0$ = 01 ตามลำดับ

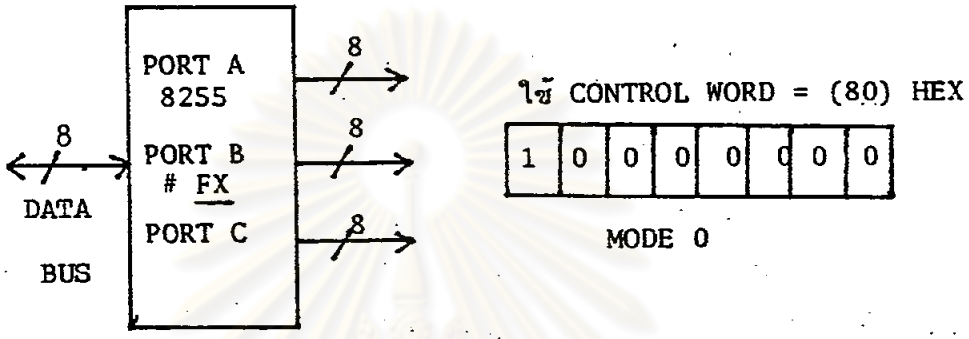
PORT C ใช้รหัส E2 $-A_1\ A_0$ = 10 ตามลำดับ

CONTROL DEVICE MODE (เลือก MODE ในการทำงานใช้รหัส E3 - $A_1\ A_0$ = 11 ตามลำดับ

COMMAND ในการ SET IC เบอร์ 8255 # EX นี้ เขียนเป็นคำสั่งได้ดังนี้

```
ADDRESS        MNEMONIC OPERAND          คำอธิบาย
2004           MVI A , 80          ; A = 80(CONTROL WORD)
2006           OUT    E3           ;I/O# E3<—A(SET CONTROL MODE 0)
```

ในทำนองเดียวกันอีก IC เบอร์ 8255 ที่ทำหน้าที่ PIN CONTROLLER จะถูก SET ให้ทำงานใน MODE ๐ ซึ่งมีลักษณะทำหน้าที่ดังรูปที่ ๓.๑๙



รูปที่ ๓.๑๙ ลักษณะ8255 ใน MODE ๐,CONTROL '80'

8255 นี้มีหมายเลขชื่อว่า # FX จะทำหน้าที่เลือกหรือจัด ขาต่าง ๆ ของ IC SOCKET ให้เป็น INPUT หรือ OUTPUT ตาม IC ที่จะนำมาทดสอบ

จากรูปที่ ๓.๑๙

PORT A จะเป็น OUTPUT ทั้ง 8 BIT

PORT B จะเป็น OUTPUT ทั้ง 8 BIT

PORT C จะเป็น OUTPUT ทั้ง 8 BIT

การส่งข้อมูลไปยังแต่ละ PORT ให้ออกไป SET ขา IC ที่ SOCKET สำหรับ IC ที่จะนำมาทดสอบ จะใช้ CODE ควบคุมที่เป็น CHIP SELECT ดังนี้

PORT A ใช้รหัส F0 - A_1 A_0 = 00 ตามลำดับ

PORT B ใช้รหัส F1 - A_1 A_0 = 01 ตามลำดับ

PORT C ใช้รหัส F2 - A_1 A_0 = 10 ตามลำดับ

CONTROL DEVICE MODE (เลือก MODE ในการทำงาน)

ใช้รหัส F3 - A_1 A_0 = 11 ตามลำดับ COMMAND ในการ SET IC เบอร์ 8255 # FX นี้เขียนเป็นคำสั่งได้ดังนี้

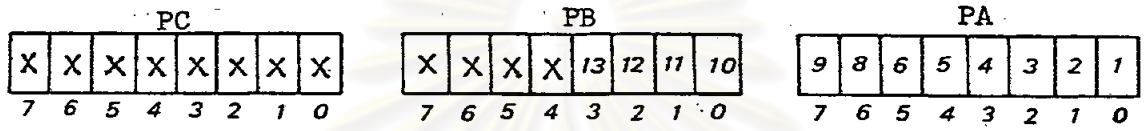
ADDRESS	MNEMONIC	OPERAND	คำอธิบาย
2008	MVI A ,	80	; A = 80(CONTROL WORD)
200A	OUT	F3	; # F3 ←A(SET CONTROL MODE = 0)

๓. การกำหนดว่าข้อมูล(DATA) ในแต่ละ PORT ของ IC เบอร์ 8255 ทั้ง ๓ ตัว ว่าจะไปสัมพันธ์กับ IC SOCKET ทั้ง 7 SOCKET ที่ออกแบบไว้แล้วดังรูปที่ ๓.๙

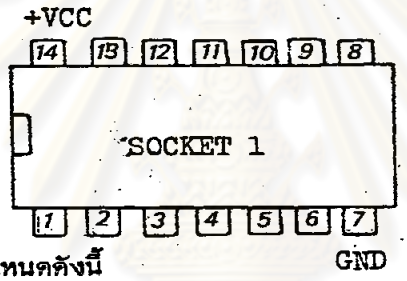
การกำหนดความสัมพันธ์ของขา IC จะกำหนดโดยพิจารณาตาม IC SOCKET ทั้ง 7 SOCKET ดังต่อไปนี้

SOCKET 1 กำหนดดังนี้

ลักษณะทั้งหมดมี ๑๔ ขา, Vcc ขา ๑๔, GND ขา ๗ ดังรูปที่ ๓.๑๙



(หมายเลขที่อยู่ภายในกรอบจะบอกว่าเป็นขา IC ขาอะไร)

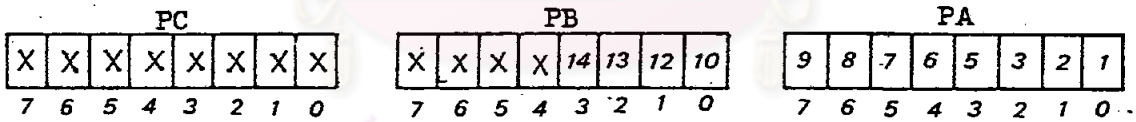


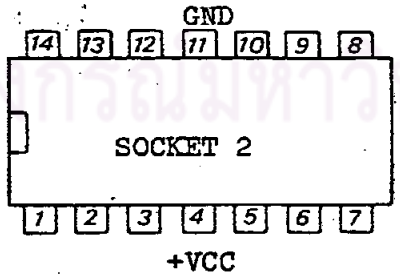
รูปที่ ๓.๑๙

รูป SOCKET # 1

SOCKET 2 กำหนดดังนี้

ลักษณะทั้งหมดมี ๑๔ ขา, Vcc ขา ๔, GND.ขา ๑๑ ดังรูปที่ ๓.๒๐





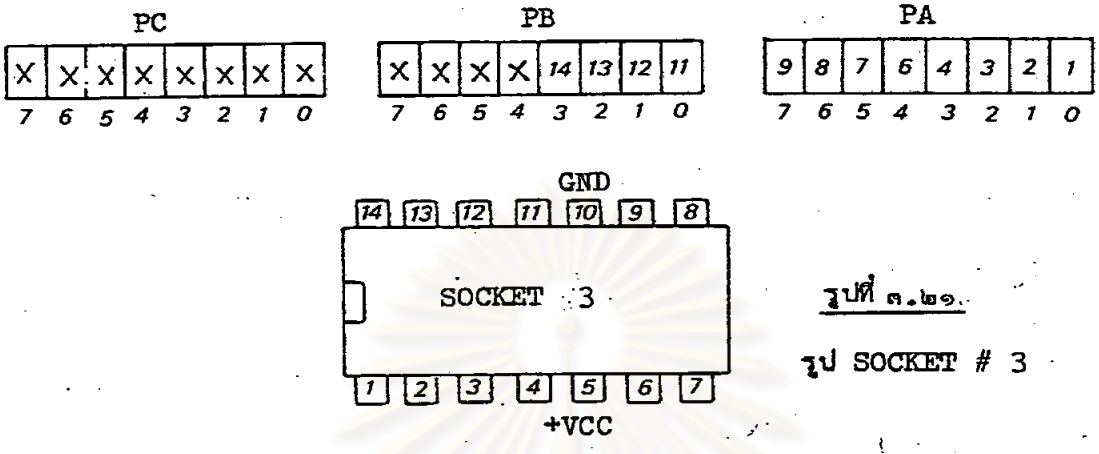
รูปที่ ๓.๒๐

รูป SOCKET # 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

SOCKET 3 กำหนดดังนี้

ลักษณะมีทั้งหมด ๑๔ ขา, Vccขา ๕, GND ขา ๑๐ ดังรูปที่ ๓.๒๑

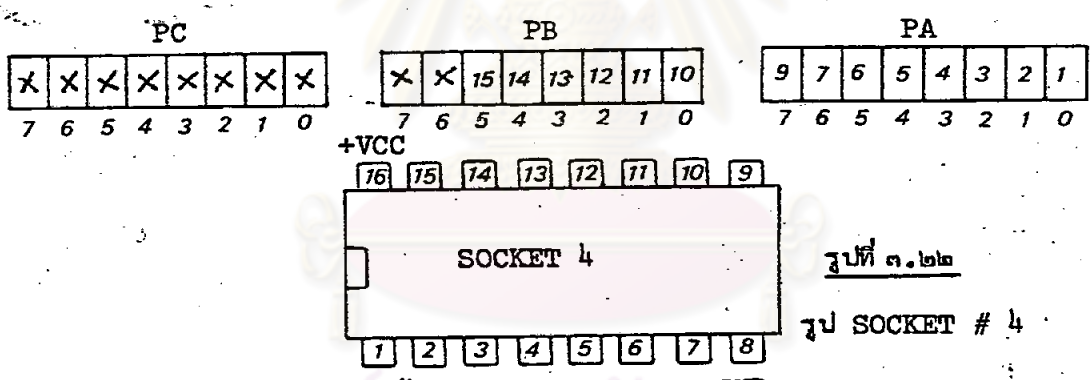


รูปที่ ๓.๒๑

รูป SOCKET # 3

SOCKET 4 กำหนดดังนี้

ลักษณะมีทั้งหมด ๑๖ ขา, Vcc ขา ๑๖, GND ขา ๘ ดังรูปที่ ๓.๒๒

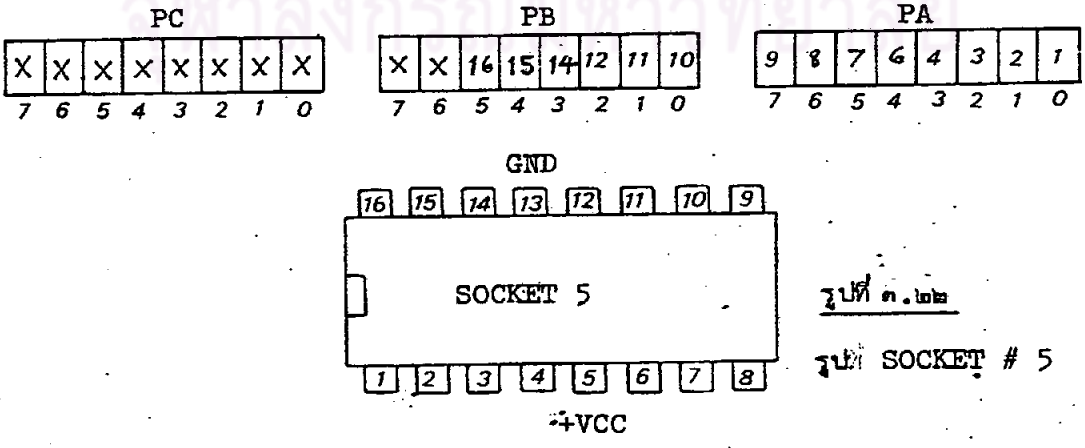


รูปที่ ๓.๒๒

รูป SOCKET # 4

SOCKET 5 กำหนดดังนี้

ลักษณะทั้งหมดมี ๑๖ ขา, Vcc ขา ๕, GND ขา ๑๓ ดังรูปที่ ๓.๒๓

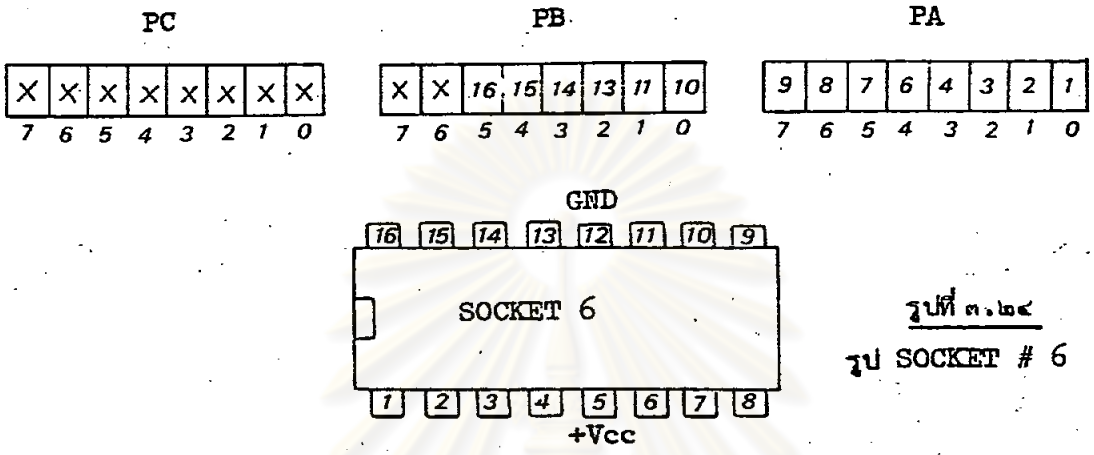


รูปที่ ๓.๒๒

รูป SOCKET # 5

SOCKET 6 กำหนดดังนี้

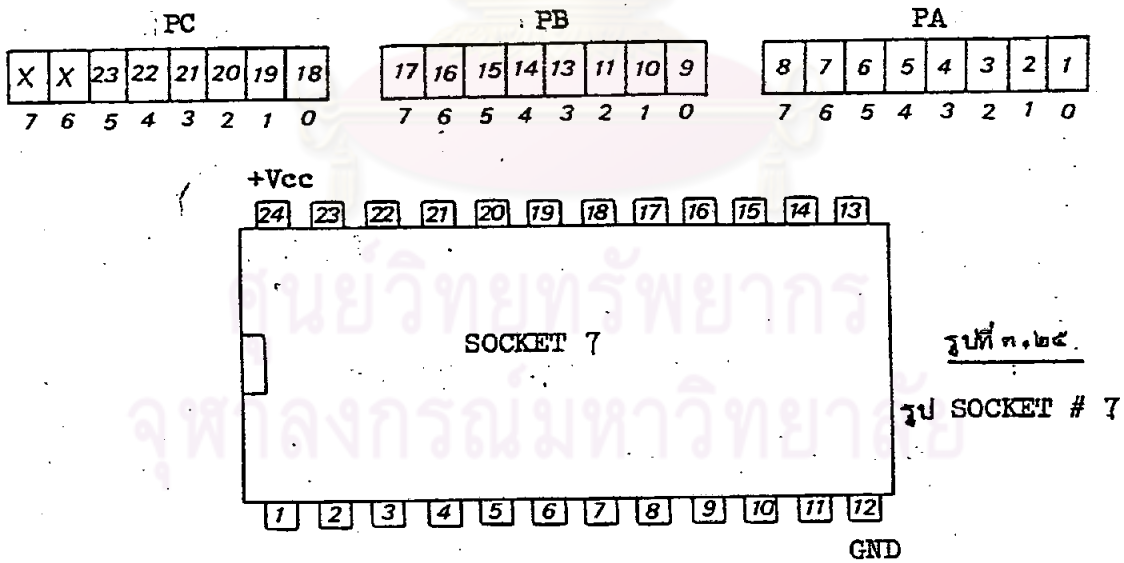
ลักษณะทั้งหมดมี ๑๖ ขา, Vcc ขา ๕, GND ขา ๑๒ ดังรูปที่ ๓.๒๔



รูปที่ ๓.๒๔
รูป SOCKET # 6

SOCKET 7 กำหนดดังนี้

ลักษณะทั้งหมด ๒๔ ขา, Vcc ขา ๒๔, GND ขา ๑๒ ดังรูปที่ ๓.๒๕



รูปที่ ๓.๒๕
รูป SOCKET # 7

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

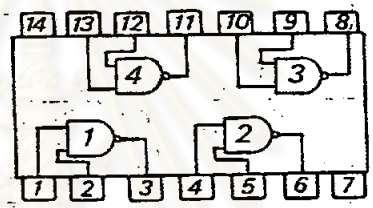
ค. เมื่อเรากำหนดหน้าที่ของอุปกรณ์ในวงจรรูปที่ ๓.๑๔ (ICเบอร์ 8255 ทั้ง ๓ ตัว)เรียบร้อยแล้ว ตอนนี้เราจะให้มันทำงานตามที่เราสั่งได้โดยใช้ ไมโครโปรเซสเซอร์ (MICROPROCESSOR) มาควบคุมการทำงานในการทดสอบวงจรประมวลเชิงเลขตามลักษณะขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ ๑ ให้ไมโครโปรเซสเซอร์ ทำการ SET ขา IC ที่ IC SOCKET ตามลักษณะภายในตัว IC คือ LOGIC DIAGRAM ของ IC เบอร์ที่จะนำมาทดสอบให้เรียบร้อยเสียก่อนว่าขาใดเป็น INPUT ขาใดเป็น OUTPUT ของ IC โดย MICRO-PROCESSOR จะส่งข้อมูล(DATA) จำนวน 8 BIT ไปที่ IC เบอร์ 8255 ตัวที่มีชื่อว่า# FX ข้อมูลเหล่านี้มีลักษณะดังนี้

ก) ถ้า BIT ใดมี LOGIC เป็น"๐"ถือว่าเป็น INPUT ของ IC ที่จะทดสอบ

ข) ถ้า BIT ใดมี LOGIC เป็น"1"ถือว่าเป็น OUTPUT ของ IC ที่จะทดสอบ

ตัวอย่างเช่น ICเบอร์ 7400 จากรูปที่ ๓.๒๖



รูปที่ ๓.๒๖ IC เบอร์ 7400

NAND GATE ตัวที่ 1

- INPUT อยู่ขา ๑ และขา ๒
- OUTPUT อยู่ขา ๓

NAND GATE ตัวที่ 2

- INPUT อยู่ขา ๔ และ ขา ๕
- OUTPUT อยู่ขา ๖

NAND GATE ตัวที่ 3

- INPUT อยู่ขา ๙ และขา ๑๐
- OUTPUT อยู่ขา ๘

NAND GATE ตัวที่ 4

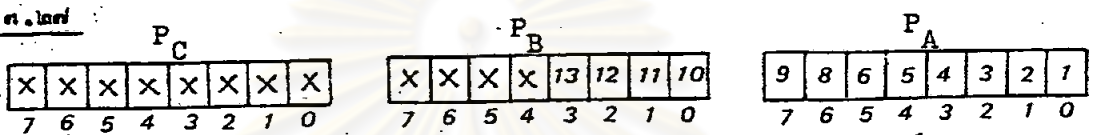
- INPUT อยู่ขา ๑๒ และขา ๑๓
- OUTPUT อยู่ขา ๑๑

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิธี SET PORT ของ PIN CONTROLLER ของ IC เบอร์ 8255 # FX ทดสอบ IC เบอร์ 7400 ดังนี้.

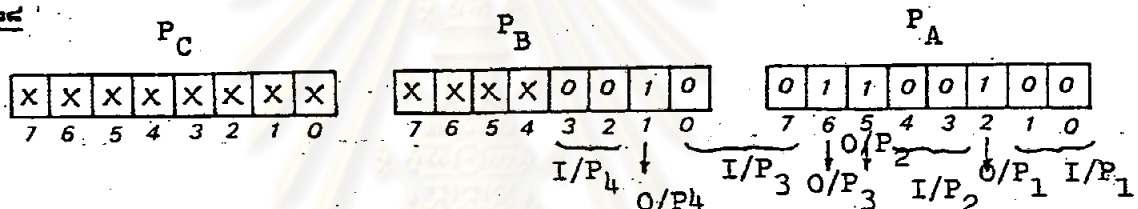
ในที่นี้เลือกใช้ SOCKET หมายเลข 1 (SOCKET#1)แสดง BIT อันไหนตรงกับขา IC ใด ดังรูปที่ ๓.๒๗

รูปที่๒.๒๗



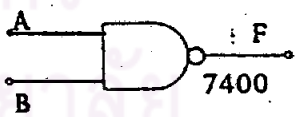
SET PORT ทั้ง ๓ ให้ตรงกับขา INPUT และขา OUTPUTของ IC เบอร์ 7400 ดังรูป ที่ ๒.๒๘

รูปที่๒.๒๘



ขั้นตอนที่ ๒ เมื่อ SET PIN CONTROL เรียบร้อยแล้วว่าขาใดเป็น INPUT ขาใดเป็น OUPUT ไมโครโปรเซสเซอร์ จะทำหน้าที่ส่ง DATA ที่เป็น LOGIC INPUT ให้ตรงกับขา IC ตามที่กำหนดค่าในPORTทั้ง ๓ ต่างเป็นไปตาม LOGIC INPUT จาก ตารางจริง (TRUTH TABLE) ดังตารางที่ ๓.๓

INPUT		OUTPUT
B	A	F
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0



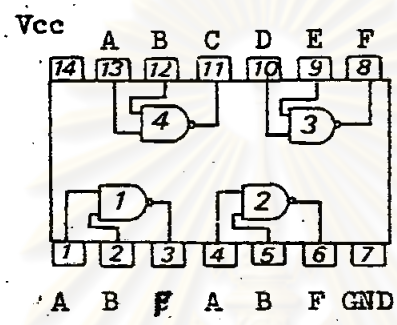
2 INPUT NAND GATE

ตารางที่ ๓.๓ ตารางจริงของ IC เบอร์ 7400

IC เบอร์ 8255 # EX จะรับข้อมูลที่เป็น LOGIC INPUT จาก MPU ใน PROGRAM ที่ กำหนด INPUT LOGIC CONDITION จะรับเข้าขา IC ในการทดสอบ IC เบอร์ 7400 ข้อมูลที่จะส่งไปที่ 8255 # EX ตามตารางที่ ๓.๔

การทดสอบจะทดสอบทีละส่วน ตามตารางที่ ๓.๔ จะแสดง INPUT LOGIC ที่ป้อนเข้าขา IC ทุก ๆ ส่วน และในที่นี้มีส่วน ๔

ตารางทดสอบ IC ประเภท 2 INPUT NAND GATE



LOGIC INPUT		ข้อมูลที่จะส่งไปที่ 8255#EXแล้ว LATCH ไว้ที่ PORT ต่าง ๆ																
B	A	PC_7-PC_0	PB_7	PB_6	PB_5	PB_4	PB_3	PB_2	PB_1	PB_0	PA_7	PA_6	PA_5	PA_4	PA_3	PA_2	PA_1	PA_0
0	0	x	x	x	x	x	0	x	x	0	0	x	x	0	0	x	0	0
0	1	x	x	x	x	x	0	1	x	0	1	x	x	0	1	x	0	1
1	0	x	x	x	x	x	1	0	x	1	0	x	x	1	0	x	1	0
1	1	x	x	x	x	x	1	1	x	1	1	x	x	1	1	x	1	1
ขา IC ที่→		-	-	-	-	-	13	12	11	10	9	8	6	5	4	3	2	1
							INPUT			INPUT				INPUT			INPUT	
ส่วนของ IC							PART 4			PART 3			PART 2			PART 1		

ตารางที่ ๓.๔ ตารางจริงของ INPUT LOGIC ที่ส่งเข้าขา IC 7400 ผ่านทาง BIT ต่าง ๆ ของ PORT A, B และ C

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นตอนที่ ๓ หลังจาก MPU ได้ทำการสั่ง LOGIC CONDITION ต่าง ๆ แล้ว ผลที่ปรากฏ ที่ IC เบอร์ 8255 # DX ซึ่งทำหน้าที่รับข้อมูล จาก OUT PUT ของ IC เข้าสู่ระบบ ดังตารางที่ ๓.๔

INPUT		OUTPUT ที่เข้าสู่ IC เบอร์ 8255#D_x																
B	A	PC_7-PC_0	PB_7	PB_6	PB_5	PB_4	PB_3	PB_2	PB_1	PB_0	PA_7	PA_6	PA_5	PA_4	PA_3	PA_2	PA_1	PA_0
0	0	x	x	x	x	x	x	x	1	x	x	1	1	x	x	1	x	x
0	1	x	x	x	x	x	x	x	1	x	x	1	1	x	x	1	x	x
1	0	x	x	x	x	x	x	x	1	x	x	1	1	x	x	1	x	x
1	1	x	x	x	x	x	x	x	0	x	x	0	0	x	x	0	x	x
ขา IC ที่ →		-	-	-	-	-	13	12	11	10	9	8	6	5	4	3	2	1
							-		O/P	-		O/P	O/P	-		O/P		
ส่วนของ IC →							PART 4			PART 3			PART 2			PART 1		

ตารางที่ ๓.๔ แสดงผล OUTPUT LOGIC ทุกส่วนของ IC 7400 ที่รับเข้าระบบทาง BIT ต่าง ๆ

เมื่อ MPU รับข้อมูลเข้าสู่ระบบแล้ว จะประมวลผลตาม DATA (ข้อมูล) ที่เป็นผลจากตารางจริง (TRUTH TABLE) โดยการเปรียบเทียบ เมื่อเปรียบเทียบเท่ากันแล้วผลที่ได้ จะทำการแสดงผลว่า GOOD (ดี) หรือ ผลที่ออกมาผิดไปจากเดิมก็จะแสดงผลว่า BAD (เสีย)

ง. จากวงจรในรูปที่ ๓.๑๔ ยังมีวงจรที่ทำหน้าที่เป็น CHIP SELECTOR คือทำหน้าที่เลือกอุปกรณ์ใช้เบอร์ IC 74154 เป็นตัว DECODER (DEMULTIPLEX) ซึ่งมีลักษณะ 4 : 16 (เข้า ๔ เส้น ออก ๑๖ เส้น)

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลักษณะการต่อวงจรเข้ากับระบบตามวงจรในรูปที่ ๓.๑๔ ดังนี้

จากการที่ต่อ ADDRESS BIT ดังกล่าวตามวงจรผลที่เกิดจะได้ OUTPUT ของ IC เบอร์ 74154 ว่ากำหนดเป็นสัญญาณควบคุมวงจรใด อะไรดังตารางที่ ๓.๖

ตารางที่ ๓.๖ แสดง OUT PUTของ IC เบอร์ 74154 กำเนิดสัญญาณใดบ้าง

OUT PUT ของ IC เบอร์ 74154	ชื่อสัญญาณ
0 ขา 1	-
1 ขา 2	$\overline{CS}$ # 10
2 ขา 3	$\overline{CS}$ # 20
3 ขา 4	$\overline{CS}$ # 30
4 ขา 5	$\overline{CS}$ # 40
5 ขา 6	-
6 ขา 7	-
7 ขา 8	-
8 ขา 9	$\overline{CS}$ # 80, 1
9 ขา 10	$\overline{CS}$ # 9X
A ขา 11	-
B ขา 13	$\overline{CS}$ # BI
C ขา 14	$\overline{CS}$ # BO
D ขา 15	$\overline{CS}$ # DX
E ขา 16	$\overline{CS}$ # EX
F ขา 17	$\overline{CS}$ # FX

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

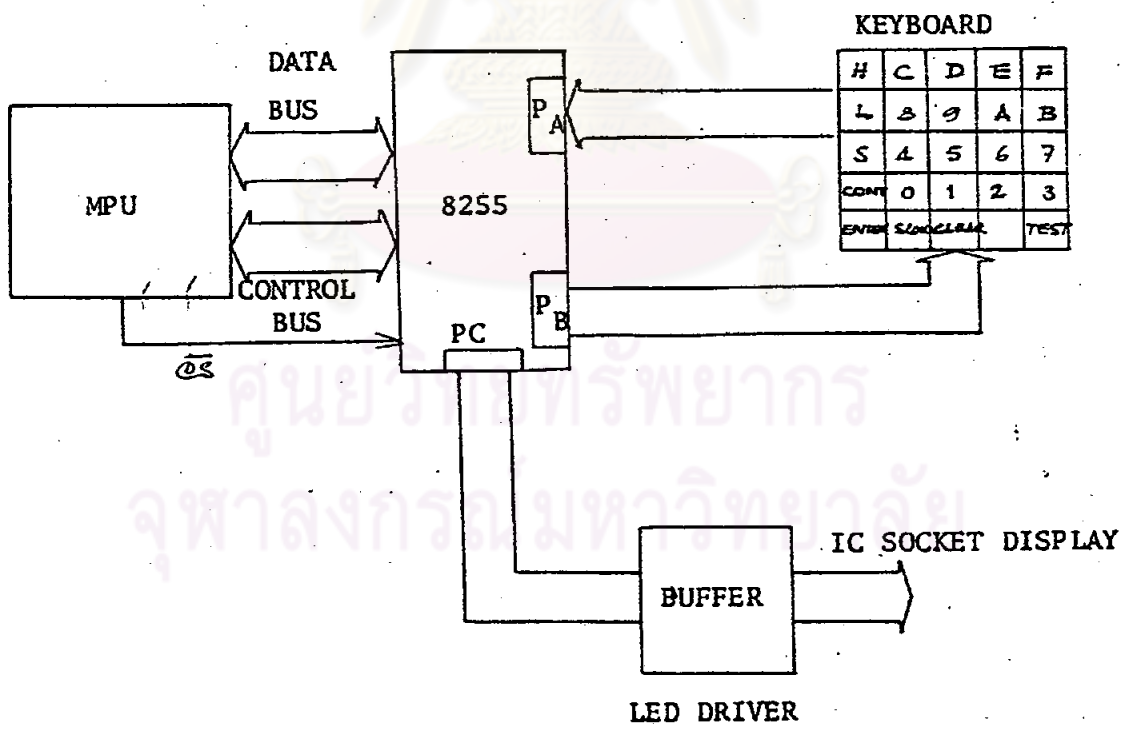
แต่ละสัญญาณจะควบคุมวงจรต่าง ๆดังตารางที่ ๓.๙

ตารางที่ ๓.๙ แสดงชื่อสัญญาณว่าควบคุมวงจรต่าง ๆ

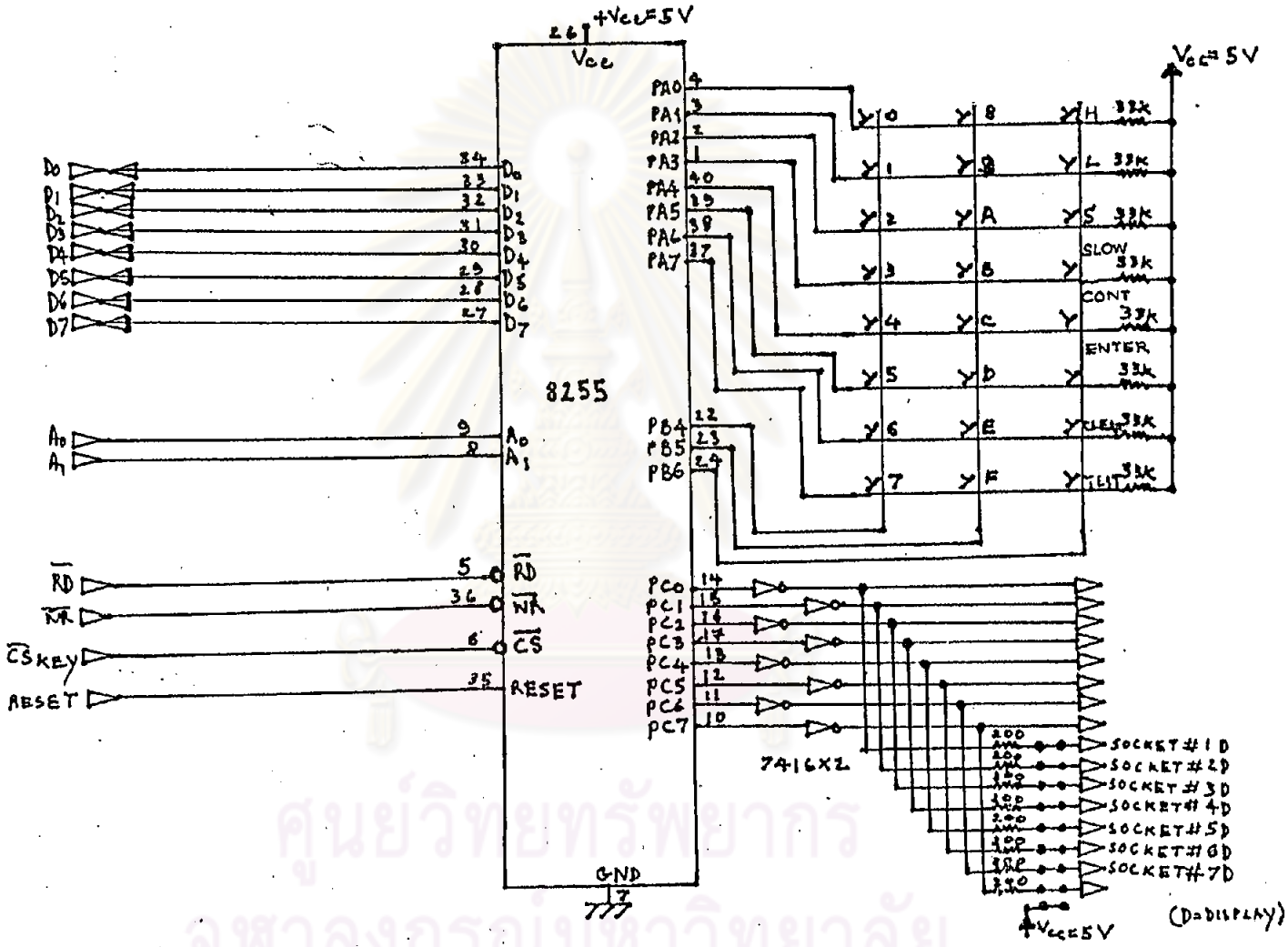
ชื่อสัญญาณ	ชื่อวงจรที่ควบคุมหรืออุปกรณ์ที่ควบคุม
$\overline{CS}$ # 10	BAD IC ALARM
$\overline{CS}$ # 20	GOOD IC ALARM
$\overline{CS}$ # 30	IC SHORT CIRCUIT ALARM
$\overline{CS}$ # 40	ALARM RESET
$\overline{CS}$ # 80,1	INTERRUPT DEVICE
$\overline{CS}$ # 9X	บอกชื่อชนิดของ IC
$\overline{CS}$ # BI,$\overline{CS}$ # CX	BINARY INPUT LOGIC DISPLAY
$\overline{CS}$ # BO,$\overline{CS}$ # BX	BINARY OUTPUT LOGIC DISPLAY
$\overline{CS}$ # DX	LOGIC OUTPUT MONITOR
$\overline{CS}$ # EX	LOGIC INPUT DRIVER
$\overline{CS}$ # FX	PIN CONTROLLER

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๓.๑.๓ การออกแบบวงจร KEYBOARD & IC SOCKET DISPLAY เราอาศัยใช้ IC เบอร์ 8255 ซึ่งมี PORT ทั้งหมดอยู่ 3 PORT การออกแบบวงจร KEYBOARD มีทั้งหมด 24 KEY คือมีเลข 0 ถึง F ซึ่งเป็นเลขฐาน 16 มีอักษร H, L, S, CLEAR, TEST, CONT, SLOW และ ENTER อาศัยหลักการ SCAN โดยให้ MPU เป็นตัวตรวจและ SCAN ว่าเป็น KEY อักษรตัวใดกดเข้ามาใช้ PORT A และ PORT B ทำหน้าที่เป็น KEYBOARD INTERFACE (หมายถึงเป็นตัวเชื่อมโยงระหว่าง KEY BOARD กับระบบ MPU) มีหลักการดังต่อไปนี้ ตามรูปที่ ๓.๒๔จะเห็นว่าเป็น BLOCK DIAGRAM ที่แสดงการเชื่อมโยงจาก KEYBOARD ผ่าน IC เบอร์ 8255 ทั้ง PORT A และ PORT B เข้าสู่ระบบ



รูปที่ ๓.๒๔ BLOCK DIAGRAM KEYBOARD/IC SOCKET DISPLAY



รูปที่ ก.๓๐ วงจร KEY BOARD INTERFACE & SOCKET IC DISPLAY

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- PORT A ของ IC เบอร์ 8255 จะทำหน้าที่รับข้อมูล KEY แถวนอนที่ถูกกดเข้าสู่ระบบ
- PORT B ของ IC เบอร์ 8255 จะทำหน้าที่ส่งสัญญาณ LOGIC SCANแต่ละแถวไปที่ KEYBOARD เมื่อมีการกด KEYจะรู้ว่า KEY แถวตั้งแถวใดถูก กดเข้ามาเข้าคู่ PORT A.
- PORT C ของIC เบอร์ 8255 ทำหน้าที่แสดงผลว่าจะใช้ IC SOCKET ใด โดยให้ LED ติด ซึ่ง LED นี้จะถูกขับ(DRIVE) ด้วย IC ที่ทำหน้าที่เป็น BUFFER ในการออกแบบจะใช้ IC BUFFER พวกที่เป็น OPEN COLLECTOR โดยต่อความต้านทานด้าน OUTPUT ของ BUFFER เข้ากับ LED ซึ่งมีค่าประมาณ 200 - 300Ω อย่างอนุกรมกัน ด้าน ANODE ของ LED ต่อเข้ากับ V_{cc} +5V. ทุก ๆ ตัว IC BUFFER ที่ใช้เบอร์ 7416

ผลของการออกแบบวงจรจะได้ดังรูปที่ ๓.๓๐

การเชื่อมโยงเข้าสู่ระบบ MPU เป็นไปตามรูปที่ ๓.๓๐

การกำหนดชื่อ PORT ของ IC เบอร์ 8255 ที่ทำหน้าที่เป็น KEY BOARD INTERFACE & SOCKET IC DISPLAY ดังนี้

CONTROL COMMAND ใช้ชื่อ # 63

PORT A ใช้ชื่อ # 60

PORT B ใช้ชื่อ # 61

PORT C ใช้ชื่อ # 62

จากรูปที่ ๓.๓๐จะแสดงลักษณะการต่อ KEYBOARD INTERFACE ใช้ PORT A และ PORT B

<u>หลักการทำงาน</u> ของ KEYBOARD SCANจากรูปที่ ๓.๓๐

<u>ขั้นที่ ๑</u> เมื่อ IC 8255 ถูกSET COMMAND และ MODE ต่าง ๆ เรียบร้อยแล้วว่าให้ทำหน้าที่อะไรคือ

PORT A เป็น INPUT ซึ่งใช้ทั้ง 8 BIT คือ PA_0- PA_7

PORT B เป็น OUTPUT ซึ่งใช้เพียง 3 BIT คือ PB_4- PB_6

<u>ขั้นที่ ๒</u> เป็นการเริ่ม SCAN ดังนี้

- PORT B BIT PB_4 เป็นแถวตั้งแรก SET ให้เป็น 0

PB_5 เป็นแถวตั้งสอง SET ให้เป็น 1

PB_6 เป็นแถวตั้งสาม SET ให้เป็น 1

ทั้งนี้เพราะต้องการเมื่อเวลา KEYBOARD. ที่มี KEY ถูกกด ก็จะแสดงสภาพ LOW ด้วย และให้ CPU ประมวลผลว่าเป็น KEY อักษรใด เช่น เมื่อกด KEY หมายเลข 1 ที่อยู่ในแนวแถวตั้งแรก ขณะที่บิท PB_4 เป็น "0",(PB_5 = "1" และ PB_6 = "1")จะทำให้บิท PA_1 ของ PORT A เป็น 0 CPU จะรับข้อมูลทั้ง 8 BIT ทาง PORT Aเข้าสู่ระบบนำไปสร้างรหัสให้เป็นเลข 1 ซึ่งตรงกับความเป็นจริงที่กด KEY หมายเลข 1 เข้ามา ขณะที่ PA_1 เป็น 0 บิทอื่น ๆ จะเป็น "1" ทั้งหมดเนื่องจากมี ต.ต.ท. 33K ต่อเข้ากับ V_{cc} ทุก ๆ บิท ส่วนที่ KEY หมายเลข 1 นั้น ก็จะมองเป็น "0" เนื่องจาก PB_4 เป็น "0" ดึงลง GND.

จะสรุปผลการทำงานของ KEY SCAN ดังตารางที่ ๓.๘

ตารางที่ ๓.๘ แสดง TRUTH TABLE ของวงจรKEYBOARDโดยใช้PORT Bเป็นตัวSCAN

กด KEY#	PB_4	PB_5	PB_6	รหัสที่เข้าสู่ PORT Aเข้าสู่ระบบ								ข้อมูลจากPORT A จะถูกถอดรหัสเป็น							
				PA_7	PA_6	PA_5	PA_4	PA_3	PA_2	PA_1	PA_0	D_7	D_6	D_5	D_4	D_3	D_2	D_1	D_0
0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
2	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
3	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
4	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
5	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
6	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0
7	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1
8	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
9	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
A	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0
B	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1
C	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0
D	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	1
E	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	0
F	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
H	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
L	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1
S	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0
SLOW	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1
CONT	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
ENTER	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1
CLEAR	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	0
TEST	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	1	1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จะอธิบายละเอียดในเรื่อง PROGRAM CONTROL ในภายหลัง เมื่อกล่าวถึงการออกแบบทาง SOFTWARE

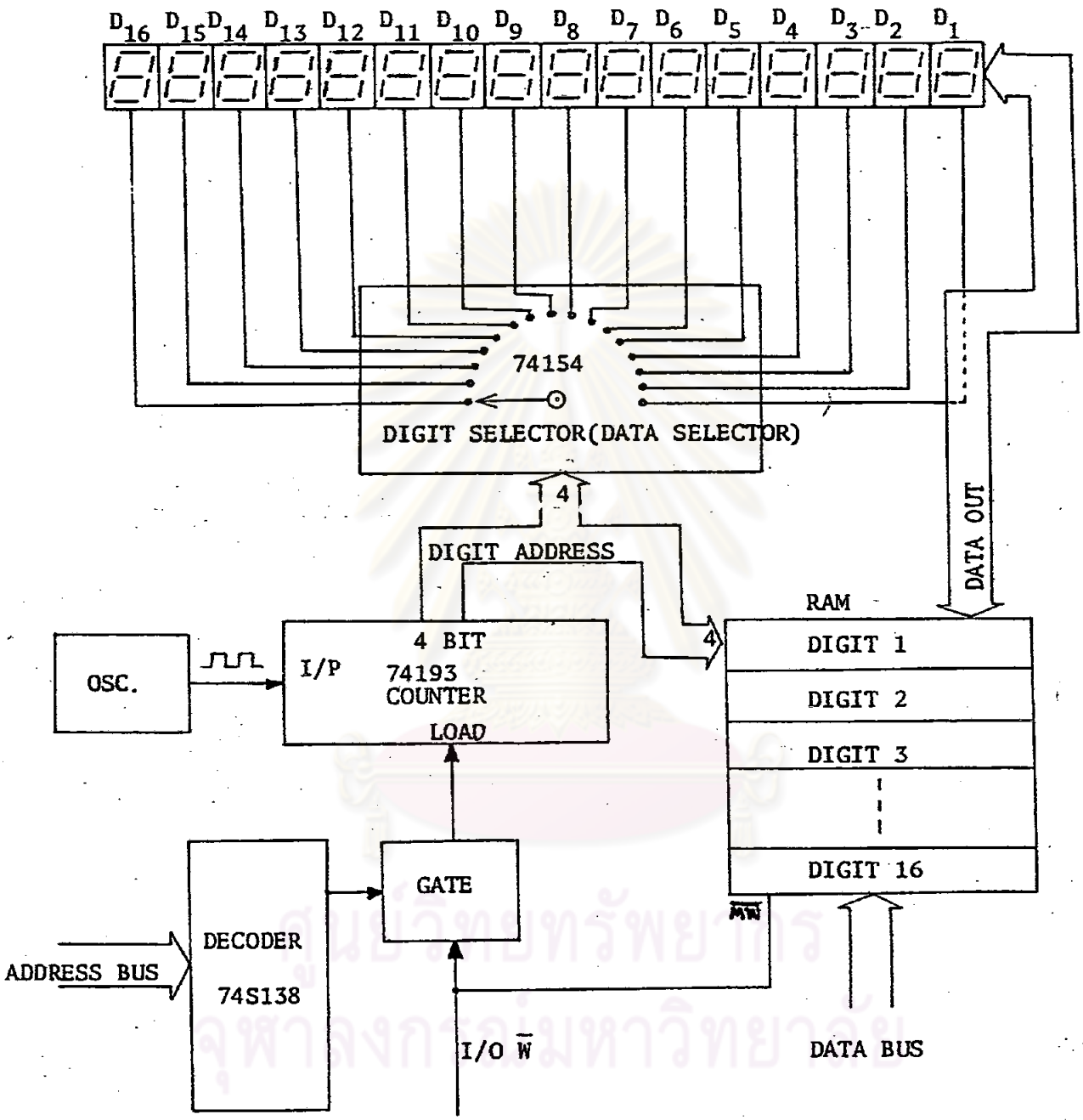
๓.๑.๔ การออกแบบวงจร 7 - SEGMENT DISPLAY

อาศัยหลักการ โดยกำหนดการทำงานดังนี้

- ให้ 7 - SEGMENT DISPLAY แต่ละ DIGIT มองเหมือนเป็น PORT
- วงจร 7 - SEGMENT DISPLAY จะไม่รบกวนการทำงานของ CPU เว้นแต่ CPU จะต้องการ SET 7 SEGMENT DIGIT ได้ให้เป็นเลขตามที่ต้องการ
- วงจร 7 - SEGMENT DISPLAY ใช้หลักการ SCAN ให้ติดทีละDIGIT แต่ติดอย่างรวดเร็วจนตาเราจับไม่ทันว่ามันติดทีละตัวมองเป็นติดทุก ๆ DIGIT
- ใช้เนื้อที่ใน RAM ให้มองเหมือนเป็น PORT (RAM DATA มี 8BIT)
- เมื่อ CPU ส่งข้อมูลเพื่อ DISPLAY เข้าสู่ DIGIT ใด DIGIT หนึ่ง วงจร 7 - SEGMENT DISPLAY จะหยุด SCAN ชั่วขณะหนึ่ง จนจบคำสั่งว่า OUT แล้วจะ SCAN ต่อไป
- 7 - SEGMENT ทั้งหมดมี 16 DIGIT จะแสดงถึง BLOCK DIAGRAM ของวงจร 7-SEGMENT DISPLAY ดังรูปที่ ๓.๓๑

เหตุที่ไม่ใช้ BCD - 7 SEGMENT DECODERนั้นเพราะเราประหยัดIC ดังกล่าวไปได้ ๑ ตัว เพียงทำข้อมูลใน TABLE สำหรับรูปร่างลักษณะใดก็ได้ตามต้องการ โดยข้อมูลต่าง ๆ แต่ละ BIT จะตรงกับ SEGMENT หนึ่ง ๆ ของ 7-SEGMENT

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



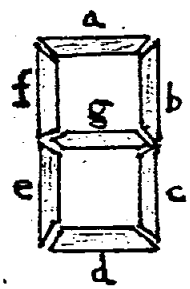
รูปที่ ๓.๓๑ BLOCK DIAGRAM ของ 7-SEGMENT DISPLAY

จะอธิบายตาม BLOCK DIAGRAM ตามรูปที่ ๓.๓๑

- ในสภาพปกติ COUNTER จะทำหน้าที่นับเป็นแบบเลข BINARY จำนวน 4 BIT ซึ่งจะไปขับ (DRIVE) DATA SELECTOR เพื่อที่จะเลือก COMMON ของ 7 - SEGMENT ให้ติดตามจังหวะที่ SCAN มาถึง ในขณะเดียวกัน COUNTER ก็จะไปขับ(DRIVE)ADDRESS เข้า RAM ด้วยที่ RAMจะใช้เนื้อที่ 16 ที่ (16 LOCATION)ทีละ 8 BIT ซึ่งออกแบบ 7-SEGMENT แต่ละ SEGMENT ให้ตรงตาม BIT ดังตารางที่ ๓.๙

SEGMENT	ตรงกับ DATA
a	D_0
b	D_1
c	D_2
d	D_3
e	D_4
f	D_5
g	D_6
dp	D_7

ตารางที่ ๓.๙

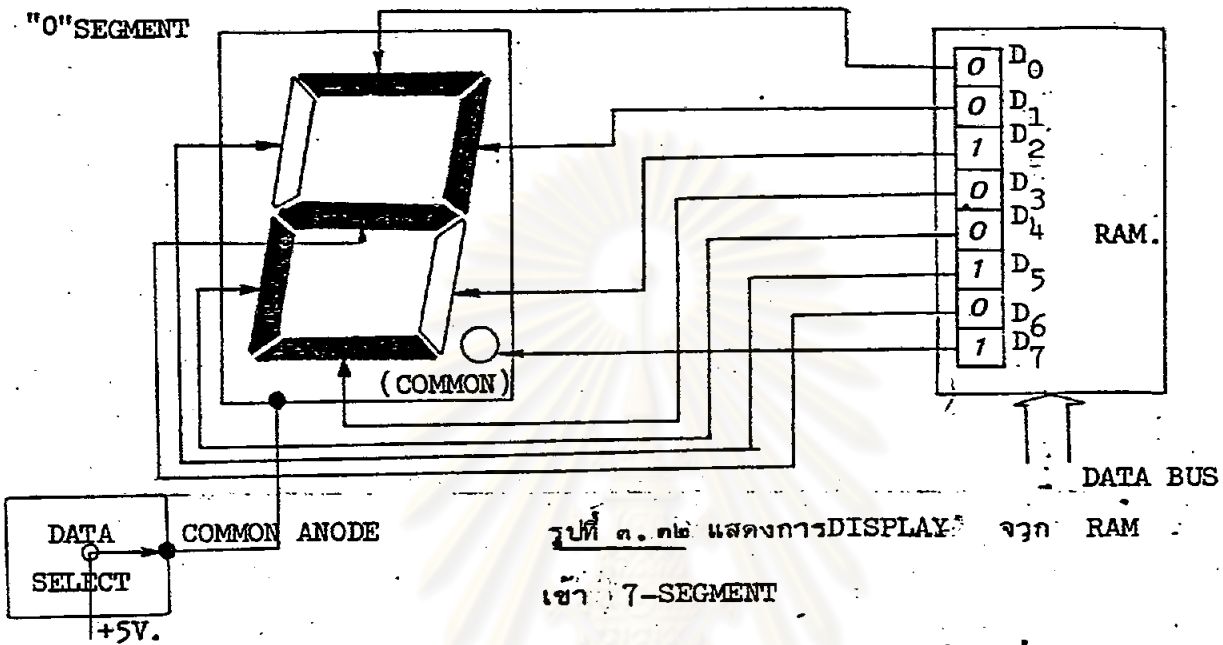


7-SEGMENT ตรงกับ DATA BIT ใด

เมื่อ COUNTER นับมาตรง DIGIT ที่ 1 ให้ 7 - SEGMENT ติดขึ้นซึ่งได้รับข้อมูลที่ออกจาก RAM ซึ่งมี ADDRESSตรงกันกับ DIGITที่ 1 ข้อมูลที่ ออกจาก RAM จะไปต่อเข้ากับ SEGMENT ทุก ๆ DIGIT อย่างขนานกันตลอด

DIGIT ที่ 1 ก็จะติดรูปร่างตามข้อมูลนั้น ๆ ส่วน 7 - SEGMENT DIGIT ใดไม่ถูก SCAN ก็จะมอง COMMON เหมือนลอย และ 7 - SEGMENT ก็จะไม่ติดทั้ง 15 DIGIT ที่เหลือ ส่วนใน DIGIT อื่นก็จะทำงานเช่นเดียวกัน แต่ลักษณะการ SCAN เร็วมากจาก DIGIT หนึ่งไปอีก DIGIT หนึ่ง ทำให้มองเห็นว่าติดทุก ๆ DIGIT ทั้ง ๆ ที่มันติดทีละDIGIT เท่านั้น

ตัวอย่างการ DISPLAY ตัวเลข เช่น เมื่อ DATA ใน RAM เป็น 1 0 1 0 0 1 0 0 จะได้เลข "0" แสดงออกมาที่ 7 - SEGMENT DISPLAY



รูปที่ ๓.๓๒ แสดงการDISPLAY จาก RAM เข้า 7-SEGMENT

เลขที่ติดจะเป็นเลข 2 เมื่อ DATA เป็น 0 1 0 1 1 0 1 1 แสดงในรูปที่ ๓๒

ดังนั้นวงจรสมบูรณ์ที่ออกแบบแล้วเป็น ดังรูปที่ ๓.๓๓

อธิบายการทำงานจากวงจรรูปที่ ๓.๓๓ ดังนี้

- IC เบอร์ LM 555 จะทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดความถี่ เป็นตัวกำหนดความเร็วในการ SCAN เพื่อให้ตาเราจับภาพที่ปรากฏที่ 7 - SEGMENT ไม่ทัน ดูเหมือนติดทุก DIGIT พร้อม ๆ กัน
- IC เบอร์ 74S138 ทำหน้าที่ CHIP SELECTOR เลือกอุปกรณ์ดังนี้

ก. เลือก KEYBOARDชื่อสายสัญญาณเป็น $\overline{CS}$ KEY รหัสเป็น 6X (X = 0,1)

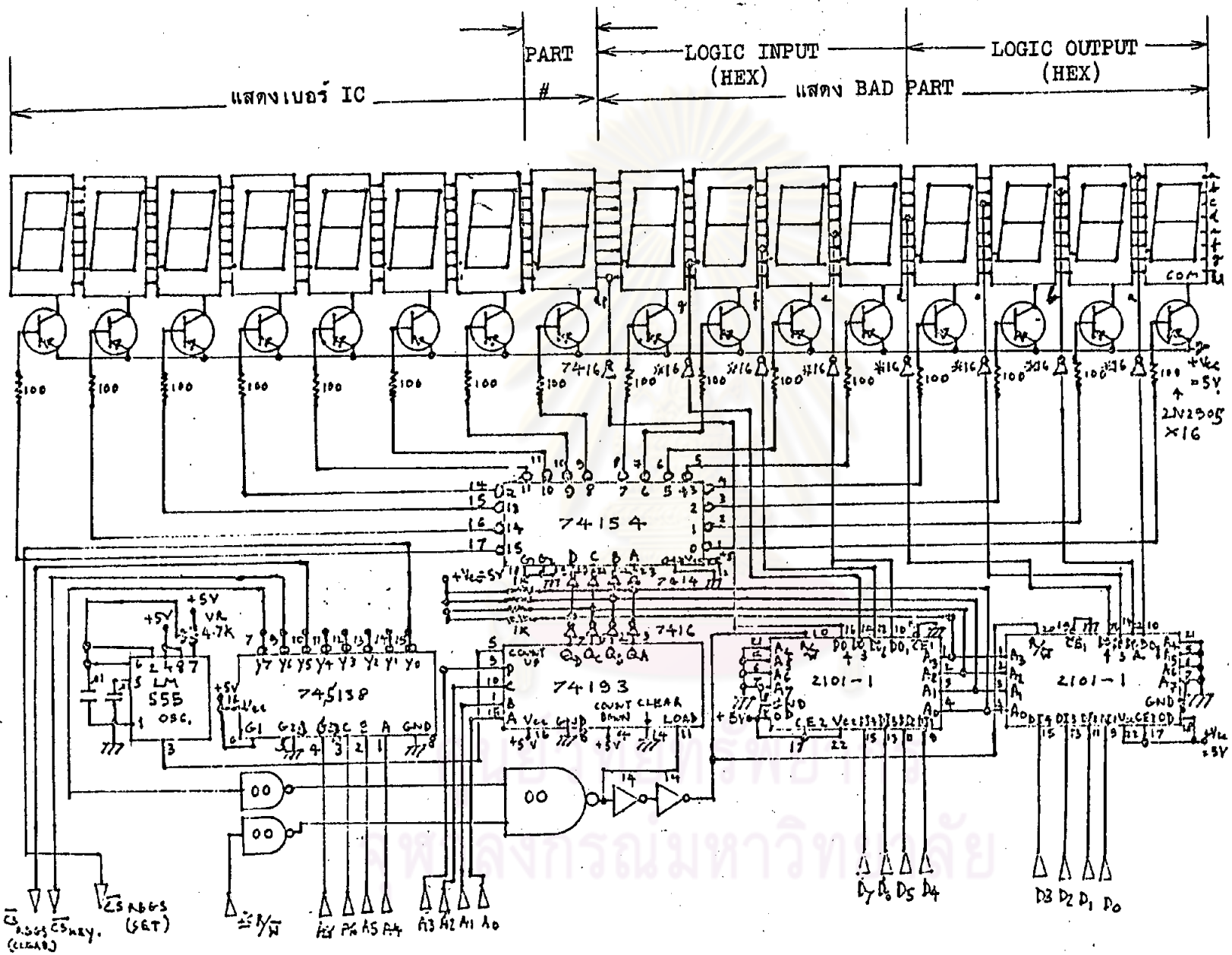
ข. เลือก 7 - SEGMENT DISPLAY ชื่อสายสัญญาณ $\overline{CS}$ DISPLAY รหัสเป็น 7X(X=0,1,2...F)

ค. เลือก RBGS (READY, BAD, GOOD, SHORT CCT DISPLAY) ชื่อสายสัญญาณแบ่งเป็น

00RBGS เป็นตัว SET DISPLAY รหัสเป็น "00" เช่นแสดง GOOD,BAD เป็นต้น

50RBGS เป็นตัว CLEAR DISPLAY รหัสเป็น "50"

- IC เบอร์ 74193 ทำหน้าที่เป็น COUNTER (ตัวนับ) ซึ่งจะนับในลักษณะเลขฐาน 2 (BINARY CODE) OUTPUT BINARY CODE จำนวน 4 BIT (QA,QB, QC,QD) เข้าDATA SELECTOR คือIC เบอร์74154 และเข้าขา ADDRESS ของ RAM ๒ ตัว คือ IC เบอร์ 2101 - 1 ซึ่งมีขนาด 512 X 4 BIT LOCATION



รูปที่ ๓.๓๓ วงจร 7-SEGMENT DISPLAY แสดงเบอร์ IC, I/O LOGIC, BAD PART และ PART #

— IC เบอร์74193 นี้สามารถ LOAD ข้อมูลแบบขนาน(PARALLEL LOAD) ไปกำหนดการนับ ซึ่งเมื่อ LOAD ข้อมูลเข้าไป OUT PUT ก็จะเกิดที่ Q_A,Q_B,Q_C และ Q_D ทันที การ LOAD นี้เกิดขึ้นเมื่อ MPU ส่งข้อมูลที่จะแสดง (DISPLAY) 7 - SEGMENT DIGIT ใดๆ ก็จะส่งชื่อของ DIGIT เข้ามาทาง 74193 ขา A,B,C, และ D โดยต่อกับ ADDRESS ของระบบคือ A_0 , A_1 A_2 และ A_3 ตามลำดับ ทั้ง 4 BIT นี้จะกำหนด 7-SEGMENT ได้จำนวน $=2^4=16$DIGIT นอกจากนั้น ADDRESS ของระบบ MPU คือ BIT A_4, A_5, A_6 และ A_7 จะต่อเข้ากับ IC เบอร์ 74S138 เข้าขา A, B, C และ $\overline{G}_{2A}$ ตามลำดับ

— IC เบอร์ 74S138 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเลือกอุปกรณ์(CHIP SELECT) ดังกล่าวมาแล้ว ดังนั้น ชื่อของ 7-SEGMENT แต่ละ DIGIT จะเป็นตามตารางที่ ๓.๑๐

ตารางที่ ๓.๑๐ รหัสชื่อ DIGIT ต่าง ๆ ในการ DISPLAY

DIGIT	A_7	A_6	A_5	A_4	A_3	A_2	A_1	A_0	รหัสชื่อ DIGIT ต่าง ๆ ในการ DISPLAY	เพื่อแสดง	
0	0	1	1	1	0	0	0	0	70	เบอร์ IC DIGIT ที่ 1	
1	0	1	1	1	0	0	0	1	71	เบอร์ IC DIGIT ที่ 2	
2	0	1	1	1	0	0	1	0	72	เบอร์ IC DIGIT ที่ 3	
3	0	1	1	1	0	0	1	0	73	เบอร์ IC DIGIT ที่ 4	
4	0	1	1	1	0	0	1	1	74	เบอร์ IC DIGIT ที่ 5	
5	0	1	1	1	0	1	0	0	75	เบอร์ IC DIGIT ที่ 6	
6	0	1	1	1	0	1	0	1	76	เบอร์ IC DIGIT ที่ 7	
7	0	1	1	1	0	1	1	1	77	เบอร์ IC DIGIT ที่ 8 และ PART#	
8.	0	1	1	1	0	1	1	0	78	BAD PART 1	INPUT
9	0	1	1	1	1	0	0	1	79	BAD PART 2	
10	0	1	1	1	1	0	1	0	7A	BAD PART 3	
11	0	1	1	1	1	0	1	0	7B	BAD PART 4	
12	0	1	1	1	1	0	1	1	7C	BAD PART 5	OUTPUT
13	0	1	1	1	1	1	0	1	7D	BAD PART 6	
14	0	1	1	1	1	1	0	0	7E	BAD PART 7	
15	0	1	1	1	1	1	1	1	7F	BAD PART 8	

-IC เบอร์ 74154 จะทำหน้าที่เป็น DATA SELECTOR ซึ่งจะเป็นตัวเลือก 7 - SEGMENT แต่ละ DIGIT ภายใต้การควบคุมจาก 74193 ซึ่ง OUT PUT Q_A, Q_B, Q_C, และQ_D ต่อเข้ากับ INPUT A, B, C และ D ของ IC เบอร์ 74154 ตามลำดับ OUTPUT ของ IC เบอร์ 74154 คือ OUT PUT 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 จะต่อเข้ากับ TRANSISTOR เบอร์2N2905 เป็นชนิด PNP ที่ BASE จะมีค่าความต้านทานค่าประมาณ 100 โอมห์เป็น R_B กำหนดกระแส I_B (BASE CURRENT)ส่วน EMITTER ของ TRANSISTOR ทุกตัวจะต่อรวมกันเข้ากับ V_{cc}(+5V) และ COLLECTOR จะต่อเข้าขา COMMON ของ 7-SEGMENT ในที่นี้เลือกใช้ 7-SEGMENT ประเภท COMMON ANODE ดังนั้นการออกแบบที่นำ TRANSISTOR มาต่อก็เพื่อเป็น SWITCH ทำหน้าที่ต่อ COMMON ANODE ของ 7-SEGMENT แต่ละ DIGIT ลง V_{cc}(+5V) ทำให้ 7-SEGMENT ครบวงจรและเปร่งแสงออกมา

-IC เบอร์ 2101 - 1 เป็น RAM ที่มีขนาด 256 BYTE คูณ 4 BIT ใช้ทั้งหมด ๒ ตัว เพื่อให้ได้ 8 BIT ตาม จำนวน SEGMENT ของ 7-SEGMENT และ DOT POINT ด้วย

IC เบอร์ 7416 เป็น IC ประเภท INVERTER แบบ OPEN COLLECTOR ซึ่ง BUFFER จาก OUTPUT ของ RAM เข้าสู่แต่ละ SEGMENT ของ 7-SEGMENT ซึ่งต่ออย่างขนานกันทุก ๆ DIGIT ครบ 16 DIGIT

การเชื่อมโยงเข้ากับระบบ MPU ดังนี้

ADDRESS จาก MPU A_4, A_5, A_6และ A_7 เข้ากับ IC เบอร์74S138ขา A,B,C และ G_{2A} ตามลำดับ

ADDRESS จาก MPU A_0, A_1, A_2และ A_3 เข้ากับ IC เบอร์ 74193 ขา A,B,C และ D ตามลำดับ

DATA BUS ของ MPU คือD_0, D_1, D_2, D_3, D_4,D_5,D_6,D_7 เข้า RAM เบอร์ 2101 - 1 ตัวที่ ๑ คือขา DI_1, DI_2, DI_3, DI_4 และ RAM เบอร์ 2101 - 1 ตัวที่ ๒ ก็เช่นเดียวกันคือขา DI_1, DI_2, DI_3, DI_4ตามลำดับ ตามตารางที่ ๓.๑๑

DATA แต่ละ ของระบบ	ต่อเข้ากับ IC เบอร์ 2101-1	2101 - 1 ตัวที่
D_0	DI_1	ตัวที่ 1
D_1	DI_2	
D_2	DI_3	
D_3	DI_4	
D_4	DI_1	ตัวที่ 2
D_5	DI_2	
D_6	DI_3	
D_7	DI_4	

ตารางที่ ๓.๑๑ แสดง DATA ต่อกับ INPUT ของ RAM

- I/O$\overline{W}$ ของระบบ MPU เข้ากับขา IC เบอร์ 7400 ที่ทำเป็น INVERTER ซึ่งจะไป GATTINGกันกับ NAND GATE กับสัญญาณ CHIP SELECT ($\overline{CS}_7$-DIS) ได้ OUTPUT ไปต่อกับขา LOAD ของ IC เบอร์ 74193 และขับขา R/$\overline{W}$ ของ IC เบอร์ 2101-1 ซึ่งเป็น RAM มีใช้ ๒ ตัว

เมื่อมีการ SET DIAPLAY แต่ละครั้ง ซึ่งทำให้วงจรนี้ทำงานตามคำสั่ง OUT ข้อมูลที่จะแสดงผลจะถูกเก็บในเนื้อที่ RAM พร้อมกันนั้น HARDWARE ของวงจร DISPLAY จะทำการ SCAN เอาข้อมูลจาก RAM มาแสดงผลที่ 7-SEGMENT โดยอิสระทุก ๆ DIGIT ซึ่งจะไม่เสียเวลาในการทำงานของ MPU ดังนั้น MPU จะทำงานอย่างอื่นได้ต่อไป

๓.๑.๔ การออกแบบวงจร LED BINARY DISPLAY (INPUT LOGIC และ OUTPUT LOGIC)

วัตถุประสงค์เพื่อแสดงผลของ LOGIC ซึ่งจะแสดง INPUT LOGIC และ OUTPUT LOGIC ที่เกิดขึ้นขณะที่ทำการทดสอบ IC เบอร์ต่าง ๆ ในลักษณะเลขฐาน 2 (BINARY CODE)

การออกแบบอาศัย IC เบอร์ 8255 ซึ่งมีทั้งหมด 3 PORTแต่ละPORT มี 8 BIT รวมทั้ง 3 PORTจะได้ 24 BIT และ ICเบอร์ 8255 จะ LATCH ข้อมูลที่ต้องการจะ DISPLAYไว้แสดง

- การกำหนด INPUT LOGIC DISPLAY แสดง LOGIC ได้เท่ากับ 24 BIT และ OUTPUT LOGIC DISPLAY แสดง LOGIC ได้เท่ากับ 24 BIT เช่นเดียวกัน ดังนั้นจึงใช้ IC เบอร์ 8255 จำนวน ๒ ตัว
- ใช้ LED ชนิดเป็นแถวติด ๆ กันมี ๑๐ หลอดต่อ ๑ ตัว ซึ่งมีลักษณะดังรูปที่ ๓.๓๔

รูปที่ ๓.๓๔ LED DISPLAY ชนิดเป็นแถวมี ๑๐ ตัว

ทั้งนี้ที่เลือกใช้เพราะต้องการให้มองดูเหมือนเลข 1 (LOGIC "1") ≡ ▮ เมื่อมัน เปล่งแสงออกมา

- IC เบอร์ 8255 จะต้องอยู่ใน MODE ที่ทำให้ PORT ทั้ง ๓ เป็น OUTPUT ทั้งหมด (IC เบอร์ 8255 ทั้ง ๒ ตัวทุก PORT ต้องเป็น OUTPUT หมด)
- OUTPUT ที่ออกจาก PORT ทุก ๆ PORT แต่ละ BIT จะต้องมี BUFFER เพื่อไปขับหลอด LED ให้สว่าง โดยไม่ไป LOAD กระแสจาก IC เบอร์ 8255 BUFFER นี้ เลือกใช้ IC เบอร์ 7416 ซึ่งเป็น INVERTER ชนิด OPEN COLLECTOR OUTPUT OUTPUT ของ IC เบอร์ 7416 จะต้องต่อเข้ากับ LED ซึ่งมีความต้านทานต่ออยู่อย่างอนุกรมกัน เพื่อเป็นตัวกำหนดกระแสที่จะไหลผ่าน LED ซึ่ง LED นี้จะต่อ ANODE เข้ากับ V_{cc}(+5V)

การออกแบบก็จะได้วงจรตามรูปที่ ๓.๓๕

การต่อวงจรเชื่อมโยงนี้เข้ากับระบบ MPU ดังนี้ ตามรูปที่ ๓.๓๕

IC เบอร์ 8255 ตัวบนจะทำหน้าที่เป็น INPUT BINARY LOGIC DISPLAY

ส่วน IC เบอร์ 8255 ตัวล่างจะทำหน้าที่เป็น OUTPUT BINARY LOGIC DISPLAY

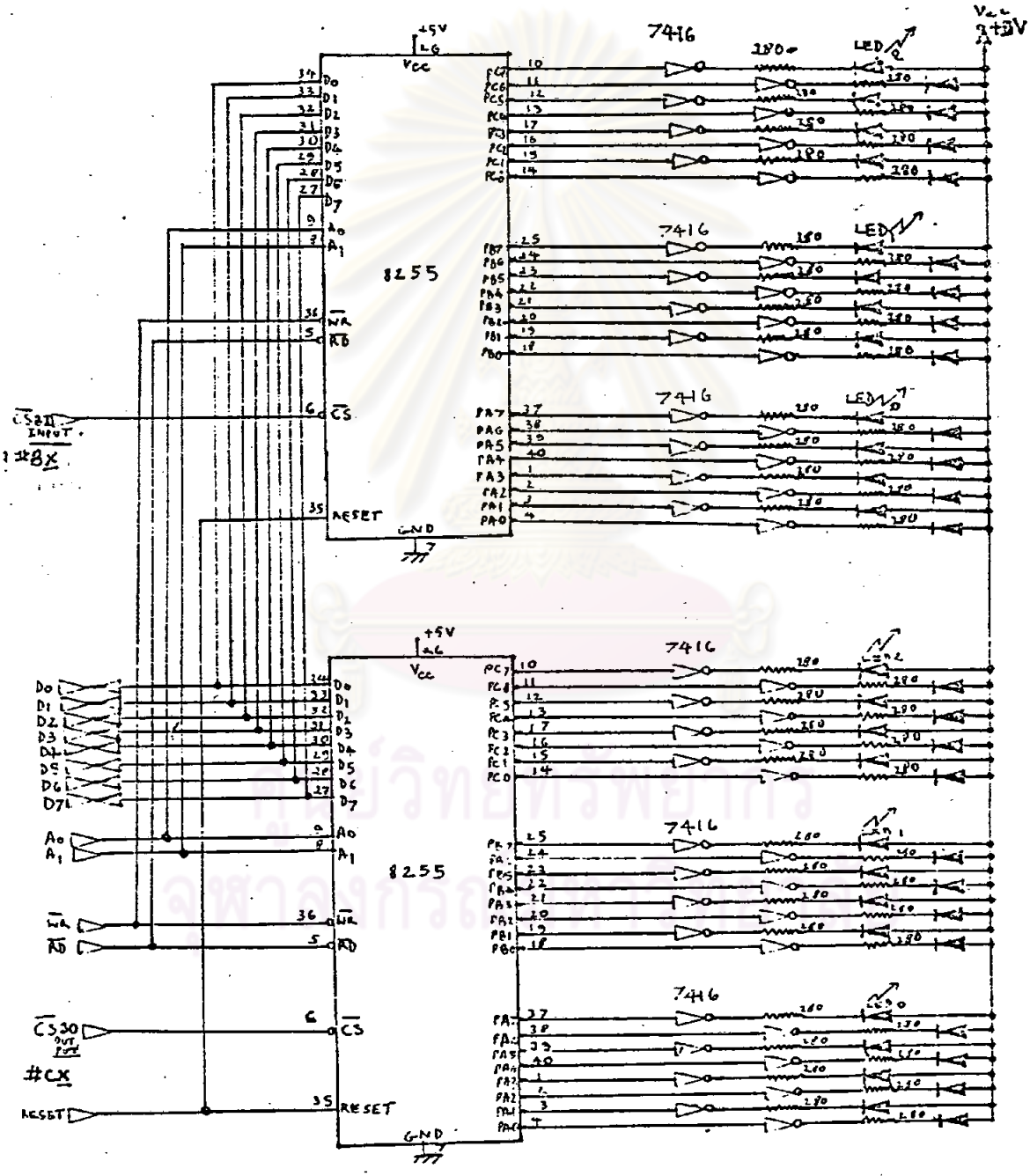
ขา DATA ของ IC เบอร์ 8255 ทั้ง ๒ ตัว คือ $D_7 - D_0$ (ขา ๒๗ ถึง ๓๔) จะต่อเข้ากับ DATA BUS ของระบบ MPU คือขา $D_7 - D_0$ ตามลำดับ

ขา A_0 และขา A_1 ของ IC เบอร์ 8255 ทั้ง ๒ ตัว คือขา 9 และขา 8 จะต่อเข้ากับ ADDRESS BUS บิท (BIT) ที่ A_0 และ A_1 ตามลำดับ

ขา $\overline{RD}$ และขา $\overline{WR}$ ของ IC เบอร์ 8255ทั้ง ๒ ตัว คือขา 5 และขา 36 จะต่อเข้ากับ CONTROL BUS ของระบบ MPU บิท (BIT) ที่เป็น I/O $\overline{RD}$ และ I/O$\overline{WR}$ตามลำดับ

ขา RESET ของ IC เบอร์ 8255 ของทั้ง ๒ ตัว คือขา 6 จะต่อเข้ากับสาย RESET ของระบบ MPU

ขา $\overline{CS}$ (CHIP SELECT) ของ IC เบอร์ 8255 ตัวบนจะต่อเข้ากับ $\overline{CS}$ # BX (=$\overline{CS}$ BI; BI = BINARY INPUT) จาก IC เบอร์ 74154 ในวงจรรูปที่ ๓.๑๕ ขา 13



รูปที่ ๓.๓๔ วงจร LED BINARY DISPLAY

ส่วนขา $\overline{CS}$ ของ IC เบอร์ 8255 ตัวล่างจะต่อเข้ากับ $\overline{CS}$ # CX (= $\overline{CS\ B_0}$, B_0= BINARY OUTPUT) จาก IC เบอร์ 74154 ในวงจรรูปที่ ๓.๑๔ ขา ๑๔

การกำหนดชื่อ IC เบอร์ 8255 ทั้ง ๒ เบอร์ ดังนี้

- IC เบอร์ 8255 ตัวบน ตั้งชื่อว่า # BX (X = 0, 1, 2, 3)

  # B_0 ชื่อ PORT A

  # B_1 ชื่อ PORT B

  # B_2 ชื่อ PORT C

  # B_3 ชื่อ COMMAND MODE

- IC เบอร์ 8255 ตัวล่างตั้งชื่อว่า #CX (X = 0, 1, 2, 3)

  # C_0 ชื่อ PORT A

  # C_1 ชื่อ PORT B

  # C_2 ชื่อ PORT C

  # C_3 ชื่อ COMMAND MODE

๓.๑.๖ การออกแบบวงจรแสดง GOOD, BAD, READY, IC SHORT และ UNKNOWN IC DISPLAY อีก ๔ หลอด ซึ่งรวมทั้งหมดมี ๘ หลอด (ใช้ LED เป็นตัวแสดงผล)

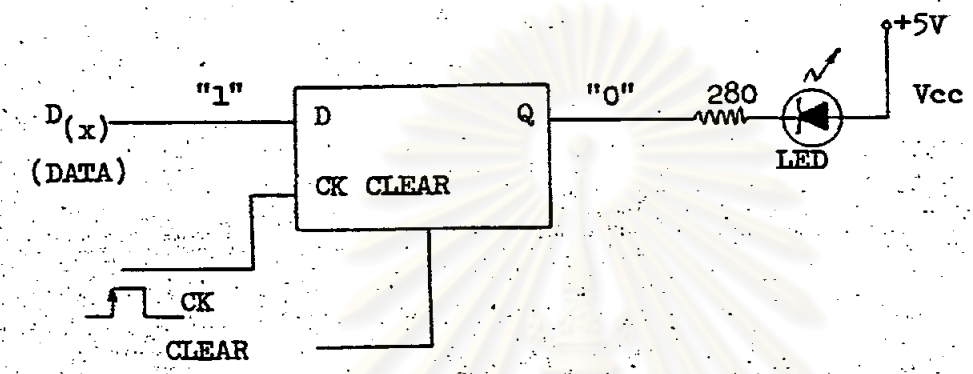
- วัตถุประสงค์เพื่อแสดงว่า

  GOOD = IC ที่ทดสอบดี
  MANUAL TEST = แสดงว่ากำลังทดสอบเองไม่ใช้ PROGRAM
  BAD = IC ที่ทดสอบเสีย
  SLOW TEST = แสดง STATUS ในการ TEST
  READY = แสดงว่าเครื่องพร้อมที่จะทดสอบแล้ว
  UNKNOWN IC = ไม่มีPROGRAM ที่จะทดสอบ IC เบอร์นี้
  SHORT CIRCUIT = แสดงว่า IC ที่นำมาทดสอบขา SUPPLY กับ GND. SHORT กันหรือวงจรภายในตัว IC มีการลัดวงจรทำให้ดึงกระแสมากจน VOLTAGE คร่อม IC ตกลงจาก +5V. เข้าใกล้ 0 V หรือทำให้ SUPPLY ตกลงไปมากกว่า +5V(V_{cc})

ส่วน LED อีก ๗ หลอดจะเผื่อไว้ใช้งานอื่น ๆ อีก

การออกแบบอาศัย D - FLIP/FLOP เป็นตัว LATCH ข้อมูลที่จะ DISPLAY ไว้ ซึ่ง OUPUT ของ D - FLIP/FLOP จะต่อกับหลอด LED เข้าขั้ว CATHODE ผ่านความต้านทานประมาณ 280 Ω เข้าหลอด เพื่อกำหนดจำกัดกระแสที่ไหลผ่าน LED ซึ่งอีกด้านของ LED ที่เป็นขั้ว ANODE จะต่อกับ V_{cc} OUTPUT ที่ต่อนี้จะเป็น $\overline{Q}$ (ตรงข้ามกับ Q)

อาศัย DATA BUS โดยใช้แต่ละบิท (BIT)ต่อเข้าขา INPUT ของ D-FLIP/FLOP คือขา D เมื่อต้องการให้ LED หลอดใดดิดก็จะส่ง LOGIC "1" เข้าที่ INPUT ของ D FLIP/FLOP บิท (BIT) นั้น ๆ ทันที หลอด LED ก็จะดิดดังตัวอย่างวงจรในรูปที่ ๓.๓๖ ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับขา CK และ CLEAR ซึ่งเป็นตัวควบคุมการทำงาน



รูปที่ ๓.๓๖ วงจรง่าย ๆ สำหรับDISPLAY โดยใช้ D-F/F

เมื่อ D F/F ทำงานเมื่อขา CK (CLOCK) เป็นช่วงขาขึ้น (POSITIVE EDGE GOING) และขา CLEAR เป็น "1" ตลอดเวลา

ถ้าขา D = "1" ขา $\overline{Q}$ = 0 เมื่อขา CLOCK เป็น ⎍↑ (เปลี่ยนจาก "0" ไปเป็น 1) เป็นการทำให้หลอด LED ดิด (สว่าง)

ถ้าขา D = "0" ขาQ="1" เมื่อขา CLOCK เป็น ⎍↑ (เปลี่ยนจาก "0" ไปเป็น 1) เป็นการทำให้หลอด LED ดับ

เมื่อไม่มีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณที่ขา CK (CLOCK)จาก "0" ไปเป็น"1" แล้วจะไม่มีผลต่อ $\overline{Q}$ คือค่าของ $\overline{Q}$ จะคงสภาพของสภาวะเดิมอยู่ไม่ว่าจะมีสัญญาณเข้าที่ขา D ของ D - F/F เป็น "0" หรือ "1" ก็ตามก็จะไม่มีผลต่อ OUTPUT $\overline{Q}$ เว้นแต่ขา CLEAR ซึ่งจะทำหน้าที่ดับหลอด LED ไม่ให้ดิด เมื่อสัญญาณที่ขา CLEAR เป็น"0" ก็จะทำให้ $\overline{Q}$ เปลี่ยนสภาพเป็น "1" เสมอ ซึ่งจะทำให้หลอด LED ดับเนื่องจากขั้วลบ (NEGATIVE TYPE) ของ LED ถูกต่อกับ LOGIC "1" ซึ่งประมาณ +5V. ในรูปที่ ๓.๓๖ จะเห็นว่า LED จะมีความต่างศักดาระหว่างขั้วใกล้เคียงกัน จึงไม่มีกระแสไหลมากพอที่จะทำให้ LED ดิด

การออกแบบวงจรนั้น หัวใจในการควบคุมสำหรับวงจรนี้ คือ ขา CK (CLOCK) และขา CLOCK ดังนั้นเราจึงต้องออกแบบส่วนที่เป็นวงจรที่จะควบคุม D-F/F จำนวน ๘ ตัว พร้อมกันโดยใช้ MPU ควบคุมให้ได้ผลแน่นอน

การออกแบบวงจรนี้จะอาศัยขา I/O $\overline{W}$ ของระบบ MPU และสัญญาณ CHIP SELECT ที่มีชื่อว่า $\overline{CS}$ # 00 มาผ่าน NOR GATE แล้วต่อเข้าขา CK ของ D-F/F ทุก ๆ ตัว ขา OUTPUT ที่ออกจาก NOR GATE จะทำเป็นตัวทำให้เกิดการ LOAD ข้อมูลเข้าไปใน D-F/F หมายถึงเมื่อข้อมูลที่อยู่บน DATA BUS ในช่วงที่ OUTPUT ของ NOR GATE เปลี่ยนสภาพจาก "0" ไปเป็น "1" ข้อมูลเหล่านั้นจะถูกไปปรากฏที่ $\overline{Q}$ ของทุกๆ D-F/F นั่นก็คือ หลอด LED ก็จะติดตามผลของ $\overline{Q}$ คือ ถ้า $\overline{Q}$ เป็น "0" ที่ต่ออยู่กับหลอด LED ก็จะทำให้ หลอด LEDติดส่วน LED หลอดใดหลอดหนึ่งที่ต่ออยู่กับ $\overline{Q}$ ของ D-F/F เมื่อ $\overline{Q}$ เป็น "1" หลอด LED นั้น ๆ ก็จะไม่ติด เมื่อต้องการให้หลอด LED ติดได้แล้วนั้นเราก็ต้องสามารถดับหลอด LED ให้ได้ด้วย เราใช้ MPU เป็นตัวควบคุม ดังนั้นวงจรควบการดับ LED ก็คืออาศัยสัญญาณ I/O $\overline{W}$ของระบบ MPU และขา $\overline{CS}$ # 50 มาผ่าน OR GATE ขา OUTPUT ของ OR GATE ต่อเข้าขา CLEAR ของ D-F/F ทุก ๆ ตัว (OR GATE ในที่นี้ใช้ 7402 ซึ่งเป็น NOR GATE มาต่อเป็น OR GATE)

วงจรที่ออกแบบแล้วดังรูปที่๓.๓๗ เมื่อต้องการดับหลอดLED ทั้งหมด โดยใช้ MPU ควบคุม MPU จะส่งสัญญาณ I/O R/$\overline{W}$ และใช้สัญญาณเลือกอุปกรณ์ที่มีชื่อว่า $\overline{CS}$ # 50_{RBGS} จะ CLEAR ต่อเมื่อขา I/OR/$\overline{W}$ เป็น "0" และ $\overline{CS}$ # 50_{RBGS} เป็น "0" เช่นกัน ซึ่งจะทำให้ D-F/F CLEARตัวมันเองทำให้ $\overline{Q}$ เป็น "1" หลอด LED ดับ เราเลือกใช้ IC เบอร์ 74175 จำนวน ๒ ตัว ซึ่งทำหน้าที่เป็น D-F/F และเลือกใช้ IC เบอร์ 7402 ซึ่งทำหน้าที่เป็น NOR GATE จำนวน ๑ ตัว

การกำหนดว่า LED หลอดใดเป็นอย่างไร

โดยใช้ข้อมูลจาก DATA BUS ของระบบ MPU ดังนี้

D_0 = "1" แสดงว่า BAD

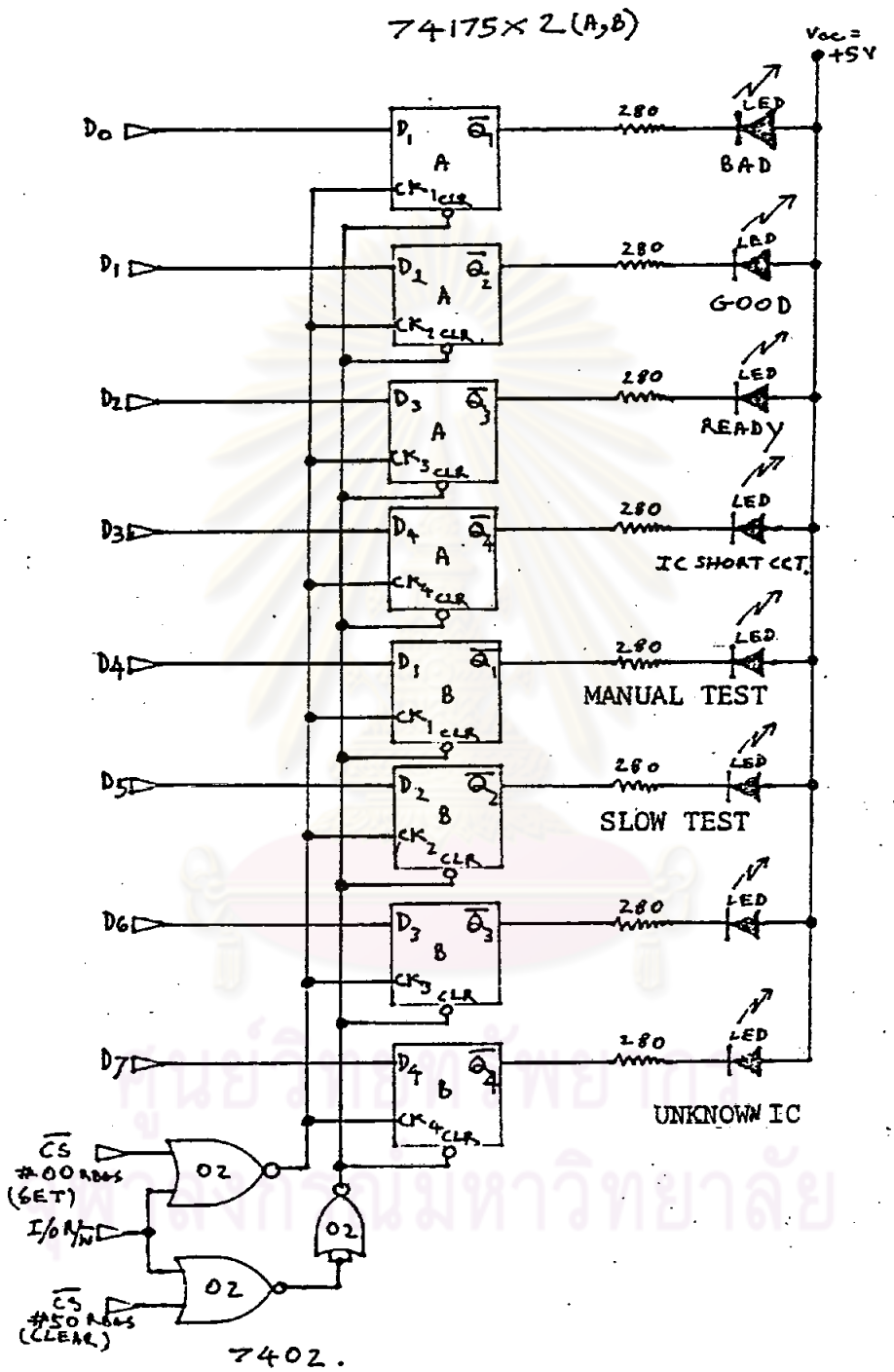
D_1 = "1" แสดงว่า GOOD

D_2 = "1" แสดงว่า READY

D_3 = "1" แสดงว่า IC SHORT CCT

D_4 = "1" แสดงว่า MANUAL TEST

D_5 = "1" แสดงว่า SLOW TEST



รูปที่ ๓.๓๙ วงจร GOOD/BAD/READY/IC SHORT CCT/MANUAL TEST และ SLOW TEST และ UNKNOWN IC DISPLAY

D_6 = "1" แสดงว่า

D_7 = "1" แสดงว่า UNKNOWN IC

สรุปชื่ออุปกรณ์ในการ CONTROL ของวงจรนี้ดังนี้

ชื่อ $\overline{CS}$ # 00 RBGS ใช้สำหรับ CONTROL เพื่อส่ง DATA ไป DISPLAYมีระหัสเป็น 00(HEX)

ชื่อ $\overline{CS}$,# 50 RBGS ใช้สำหรับ CONTROL เพื่อ CLEAR หลอด LED ทั้งหมดให้มีระหัส 50(HEX)

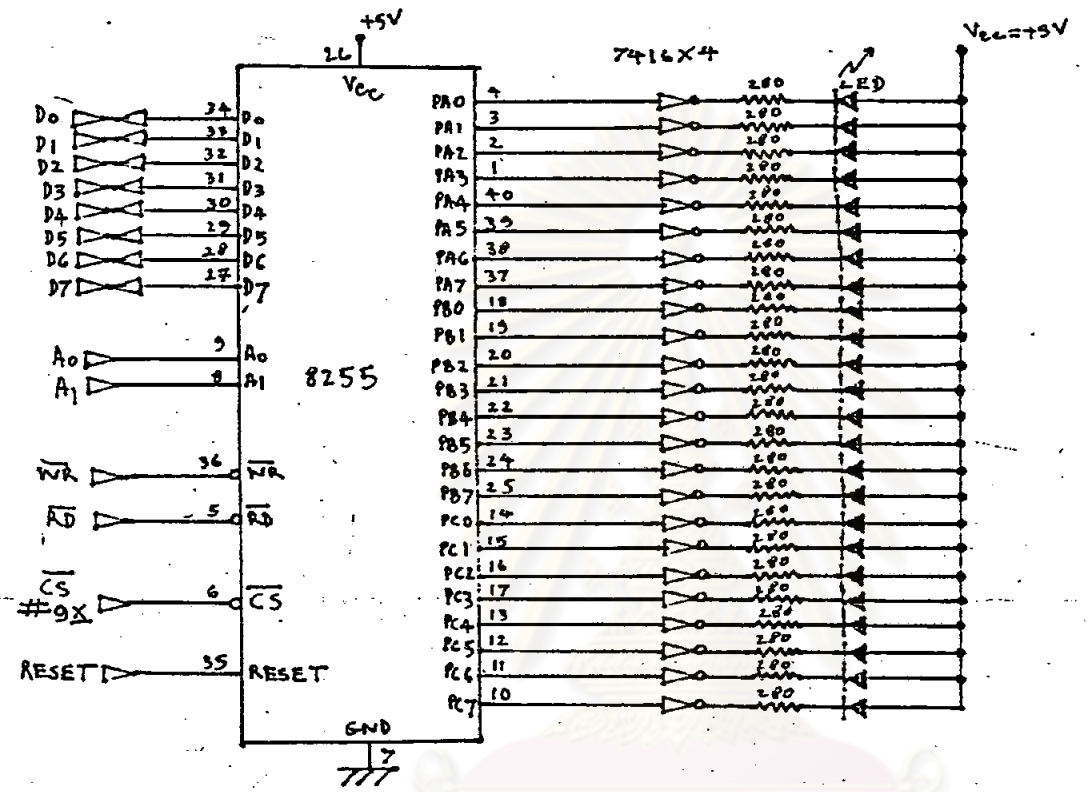
๓.๑.๗ การออกแบบวงจรแสดงประเภทของ DIGITAL IC.

ในการออกแบบมีวัตถุประสงค์เพื่อแสดงประเภท IC ที่นำมาทดสอบว่าเป็นประเภทอะไร มีรายละเอียดดังนี้

- INVERTER (NOT GATE)
- BUFFER
- AND GATE
- OR GATE
- NAND GATE
- NOR GATE
- TRI - STATE
- EXCLUSIVE-OR GATE
- RS FLIP - FLOP
- D FLIP - FLOP
- JK FLIP - FLOP
- ENCODER
- DECODER
- MULTIPLEXER
- DEMULTIPLEXER
- COUNTER
- SHIFT REGISTER
- COMPARATOR
- OTHER IC

ในการออกแบบวงจรนี้ อาศัย IC เบอร์ 8255 เป็นวงจรทำหน้าที่ LATCH ข้อมูลไว้โดยทำงานเช่นเดียวกับวงจร BINARY DISPLAY ที่กล่าวมาแล้ว ในหัวข้อที่ ๓.๑.๕ และการเชื่อมโยงก็เหมือนกันเว้นไว้แต่ขา CHIP SELECT ไปต่อกับ $\overline{CS}$#9X ดังรูปที่ ๓.๘

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๓.๓๔ DIGITAL IC TYPE DISPLAY

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ๓.๑๒ แสดงแจกแจงว่า BIT ใดใน PORT ใดจะแสดงเป็นอะไร

ชื่อPORT	BIT	LED แสดง IC ว่าเป็น
A	PA_0	INVERTER
	PA_1	BUFFER
	PA_2	AND GATE
	PA_3	OR GATE
	PA_4	NAND GATE
	PA_5	NOR GATE
	PA_6	TRI - STATE
	PA_7	EXCLUSIVE - OR - GATE
B	PB_0	RS FLIP - FLOP
	PB_1	D FLIP - PLOP
	PB_2	JK FLIP - FLOP
	PB_3	ENCODER
	PB_4	DECODER
	PB_5	MULTIPLEXER
	PB_6	DEMULTIPLEXER
	PB_7	COUNTER
C	PC_0	SHIFT REGISTER
	PC_1	COMPARATOR
	PC_2	-
	PC_3	-
	PC_4	-
	PC_5	-
	PC_6	-
	PC_7	OTHER IC

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การกำหนดชื่อวงจรนี้กำหนดดังนี้

ใช้ชื่อ $\overline{CS}$ # 9X (X = 0, 1, 2, 3)

PORT A ใช้ชื่อระหัสเป็น # 90

PORT B ใช้ชื่อระหัสเป็น # 91

PORT C ใช้ชื่อระหัสเป็น # 92

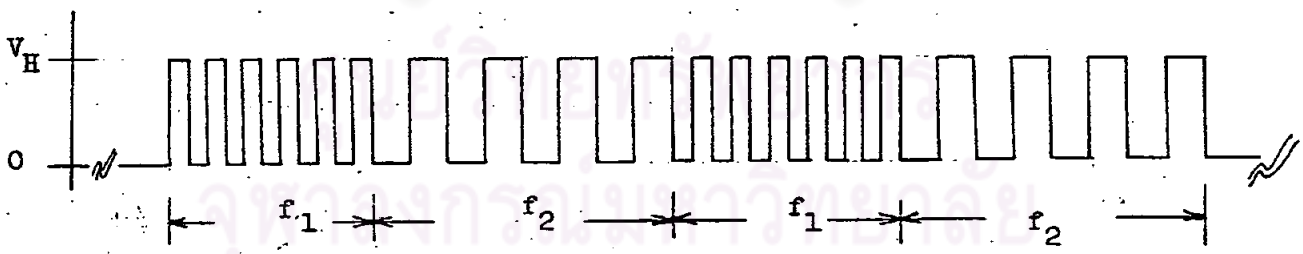
CONTROL ใช้ชื่อระหัสเป็น # 93

การเชื่อมโยงเข้าระบบ MPU เหมือนกับวงจร BINARY DISPLAY เช่นกัน เว้นแต่ขา $\overline{CS}$ (ขา 6 ของ 8255) จะต่อเข้ากับขา 10 ของ IC เบอร์ 74154 ซึ่งต่ออยู่ในวงรูปที่๓.๑๕ คือสัญญาณ $\overline{CS}$#9X ผลในการออกแบบจะได้ดังวงจรรูปที่๓.๓๘ และตารางแสดงว่า BIT ใดของ PORT ใดใช้เป็นอะไรในตารางที่ ๓.๑๒

๓.๑.๘ การออกแบบวงจรสร้างสัญญาณเสียง GOOD เสียง BAD และเสียง IC SHORT ALARM

การออกแบบกำหนดความต้องการว่าจะให้กำเนิดในลักษณะใด การกำหนด กำหนดดังนี้

๓.๑.๘.๑เสียง แสดงว่า IC SHORT CIRCUIT ALARM มีลักษณะเป็น2 TONE สลับกันไปมี ลักษณะ WAVE FROM ดังรูปที่ ๓.๓๙

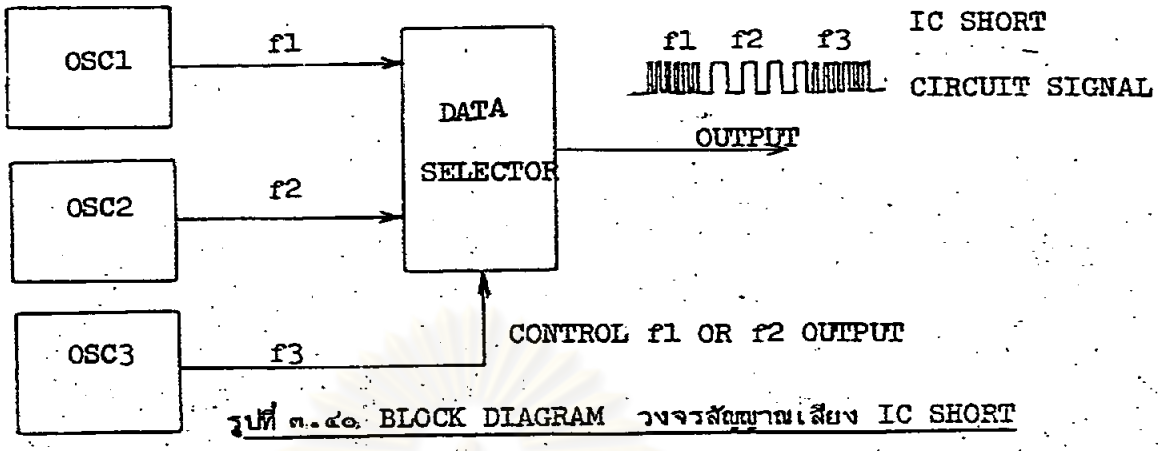


รูปที่ ๓.๓๙ ลักษณะสัญญาณเสียง IC SHORT CIRCUIT ALARM

- การกำหนดความถี่ ใช้ f1 = 5k H_z

f2 = 2k H_2

- ดังนั้นการออกแบบวงจรนี้มีลักษณะ BLOCK DIAGRAM ดังนี้

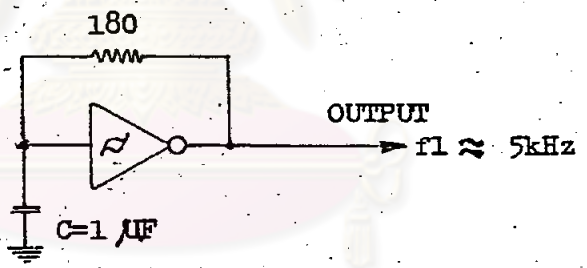


รูปที่ ๓.๔๐ BLOCK DIAGRAM วงจรสัญญาณเสียง IC SHORT

- อธิบายจากรูปที่ ๓.๔๐ BLOCK DIAGRAM ของวงจรสร้างสัญญาณเสียง IC SHORT

- จะเห็นว่าเราอาศัย DATA SELECTOR (MULTIPLEXER) เป็นตัวเลือกเอาสัญญาณ f_1 หรือ f_2 ออก ซึ่งถูกควบคุมโดย f_3 BLOCK DIAGRAM จะประกอบด้วย

ก. วงจรกำเนิดสัญญาณ f_1 OSC1 ใช้วงจรง่าย ๆ ใช้ IC เบอร์ 7414 ซึ่งเป็น INVERTER ที่เป็น SCHIMITT TRIGER มาทำเป็นวงจร OCILLATOR ดังรูปที่ ๓.๔๑



รูปที่ ๓.๔๑ วงจร OSCILLATOR กำเนิดความถี่ f_1

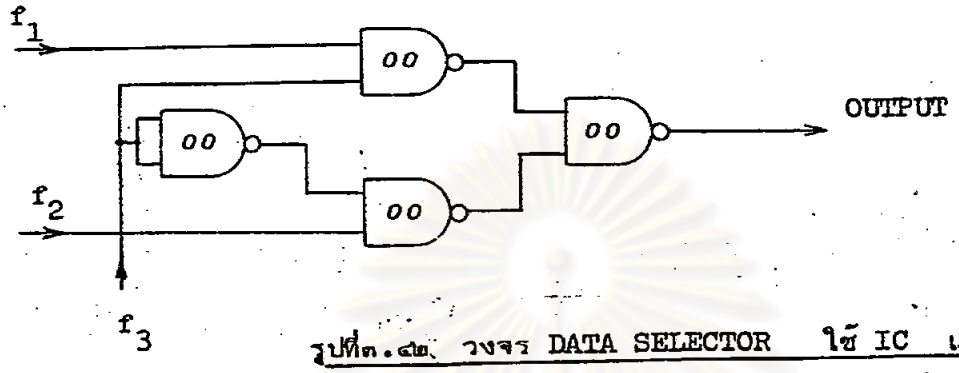
ข. วงจรกำเนิดสัญญาณ f_2 ก็เช่นกันคือ OSC2 มีลักษณะวงจรเหมือนรูปที่ เปลี่ยนค่าความต้านทานเป็น 560Ω จะได้ $f_2 \approx \frac{1}{RC} \approx$ 2kHz

ค. วงจรกำเนิดสัญญาณ f_3 OSC3 ซึ่งเป็นตัว CONTROL วงจร DATA SELECTOR ให้เลือก f_1 หรือ f_2 ออก OUT PUT ก็มีลักษณะวงจรเช่นเดียวกับรูปที่ ๓.๔๑แต่เปลี่ยนค่า R กับ C คือ R มีค่า = 1.2K

C มีค่า = 100 μF

$f_3 \approx \frac{1}{RC} \approx$ 80Hz

ง. วงจร DATA SELECTOR เราอาศัย IC เบอร์ 7400 มาต่อให้เป็น DATA SELECTOR (MULTIPLEXER)IC เบอร์ 7400 ซึ่งเป็น 2 INPUT NAND GATE เมื่อนำมาศึกษาลักษณะดังวงจรดังรูปที่ ๓.๔๒



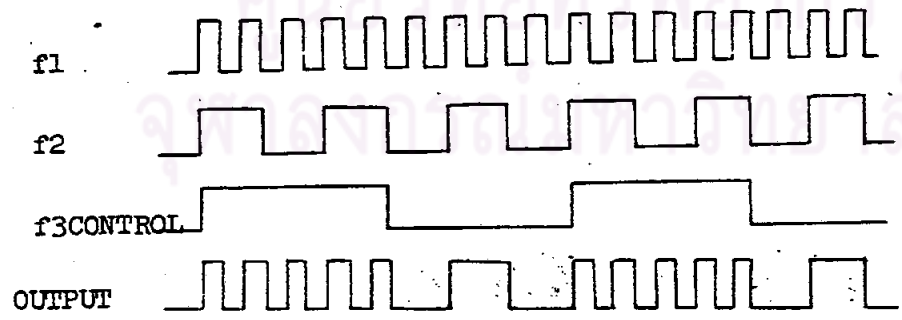
รูปที่๓.๔๒ วงจร DATA SELECTOR ใช้ IC เบอร์ 7400

การทำงานของวงจรนี้จะเป็นไป TRUTH TABLE ในตารางที่ ๓.๑๓

ตารางที่ ๓.๑๓
ตารางจริง
(TRUTH TABLE)
ของการ CONTROL
เสียง ALARM
IC SHORT

INPUT			OUTPUT
f_1	f_2	f_3(CONTROL)	
f_1	f_2	0	f_1
f_1	f_2	1	f_2

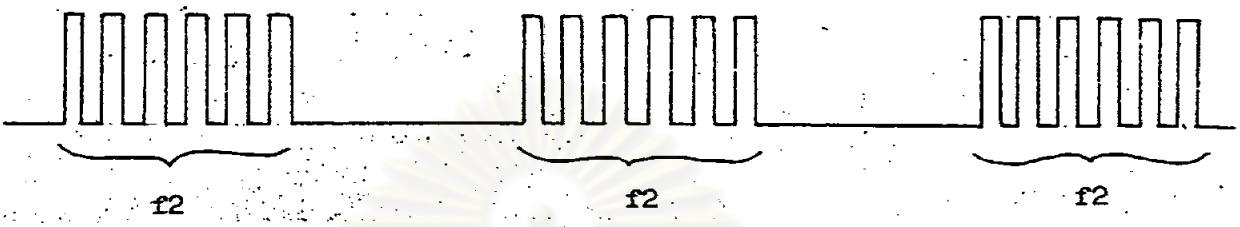
และลักษณะ TIMING DIAGRAM ดังนี้ รูปที่ ๓.๔๓



รูปที่ ๓.๔๓ TIMING DIAGRAM ของ f_1, f_2, f_3 และ OUTPUT

สรุปลักษณะเสียงสัญญาณ IC SHORT เมื่อ IC SHORT จะทำให้ Vcc ตกลง และ MPU จะถูก INTERRUPT MPU จะส่งสัญญาณ IC SHORT CCT. ALARM ตลอดจนกว่าจะถอด IC ออกจาก IC SOCKET จึงจะหยุด ALARM

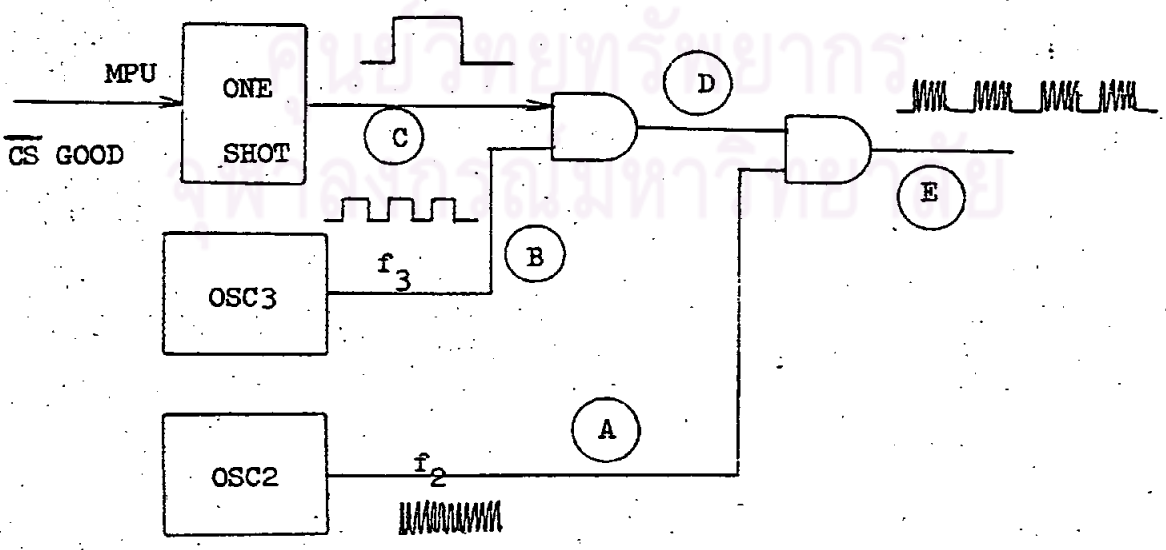
๓.๑.๘.๒ วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง GOOD จะมีลักษณะ WAVE FROM ดังรูปที่ ๓.๔๔



รูปที่ ๓.๔๔ รูปสัญญาณ GOOD ALARM

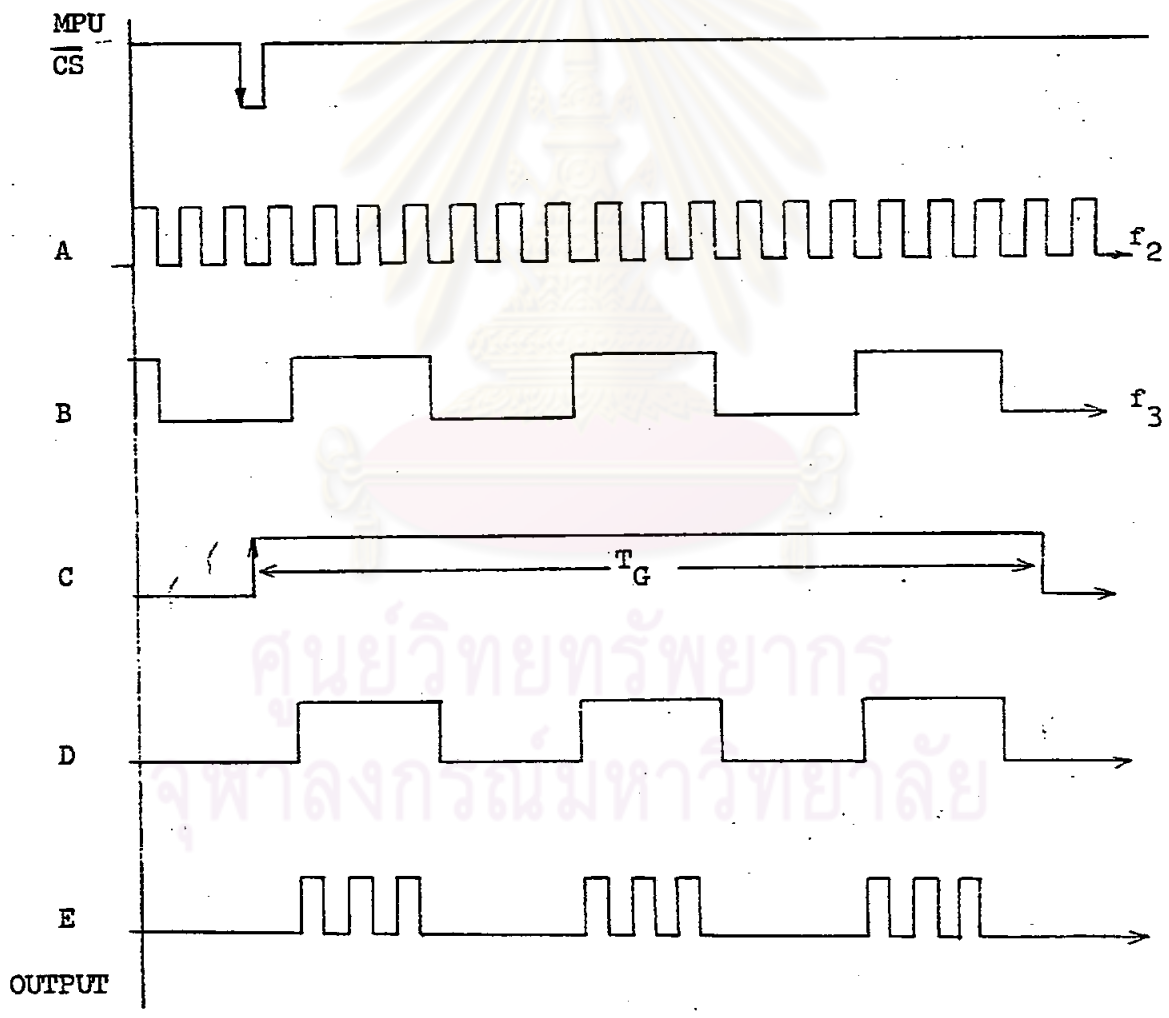
- ลักษณะรูปสัญญาณ GOOD
  - f_2 ถูกตัดเป็นห้วง
  - f_2 เกิดขึ้น 4 ถึง 5 ห้วง
  - เมื่อ f_2 เกิดครบ 4 ถึง 5 ห้วงแล้วก็จะไม่เกิดเลย
- การสร้างสัญญาณเสียง GOOD อาศัยวงจร OSC2 ดังกล่าวมาแล้วนำมาเป็นตัวกำเนิดเสียง GOOD ซึ่งความถี่ f_2 จะถูกตัดขาดออกเป็น ห้วง ด้วยการควบคุมโดยความถี่ OSC3 $_3$ และ ONE SHOT (ซึ่งทำหน้าที่เป็น TIMER ให้ห้วง f_2 ออกมา 4 ถึง 5 ห้วงได้)

ลักษณะ BLOCK DIAGRAM ที่ออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณเสียง GOOD รูปที่ ๓.๔๕



รูปที่ ๓.๔๕ BLOCK DIAGRAM ของวงจรกำเนิดสัญญาณเสียง GOOD

จากรูปที่ ๓.๔๔ BLOCK DIAGRAM จะเห็นว่าอาศัยAND ซึ่งในที่นี้เลือกใช้ IC เบอร์ 7408 ซึ่งเป็น INPUT AND GATE ใช้จำนวน ๒ ตัว เพื่อทำ GATTING ซึ่งจะเห็นได้ชัดใน TIMING DIAGRAM ในรูปที่ ๓.๔๖



รูปที่ ๓.๔๖ TIMING DIAGRAM สัญญาณเสียง GOOD

จากรูปที่ ๓.๔๔ BLOCK DIAGRAM วงจร ONE SHOTในที่นี้เลือกใช้ ICเบอร์ 74123 ซึ่งเป็น DUAL ONE SHOT โดยอาศัยช่วง NEGATIVE EDGE เป็นตัวกระตุ้น (TRIGGER) ทั้งนี้ถูกควบคุมด้วย MPU มีค่าความยาวของ PULSE TG≈4 PERIODE ของความถี่ f_3 หรือ ≈5 PERIODE ของความถี่ f_3 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวงจร RC NETWORK ที่นำมาต่อข้างนอก ซึ่งในที่นี้ใช้ค่า RC ดังนี้

โดยอาศัยสูตรหาค่า RC ของเบอร์ IC 74123

สูตร $T_G = 0.32R_x C_x(1.0 + 0.7/R_x)$

C_x = PF

R_x = K

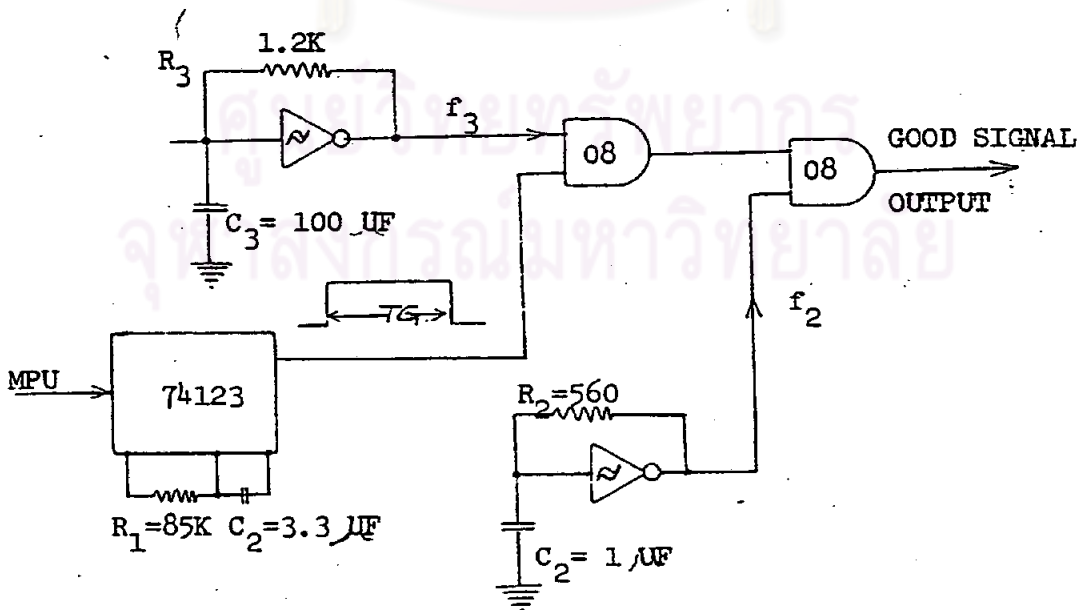
T_G = nS

TG = 3 วินาที

กำหนดค่า C = CONSTANT มีค่า = 33 μF

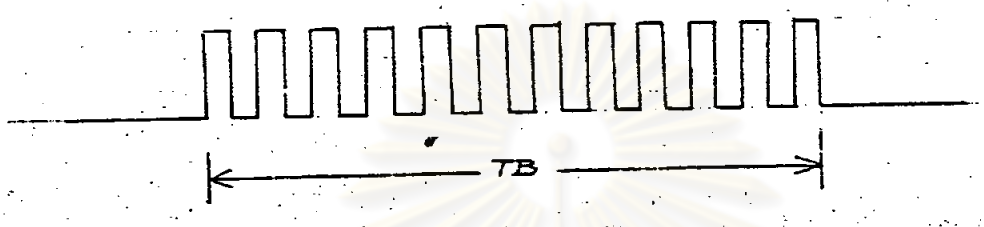
หาค่า R ≃ 85 KΩ

จะได้วงจรกำเนิดสัญญาณ GOOD ดังวงจร รูปที่ ๓.๔๗



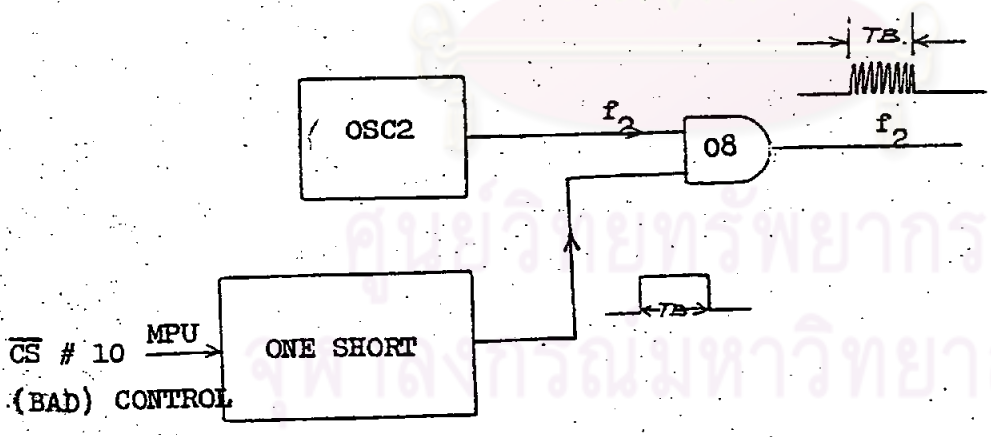
รูปที่ ๓.๔๗ วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง GOOD

๓.๒.๔.๓ การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณเสียง BAD ลักษณะของสัญญาณตาม WAVE FROM ดังรูปที่ ๓.๔๔



รูปที่ ๓.๔๕ สัญญาณเสียงBAD ALARM

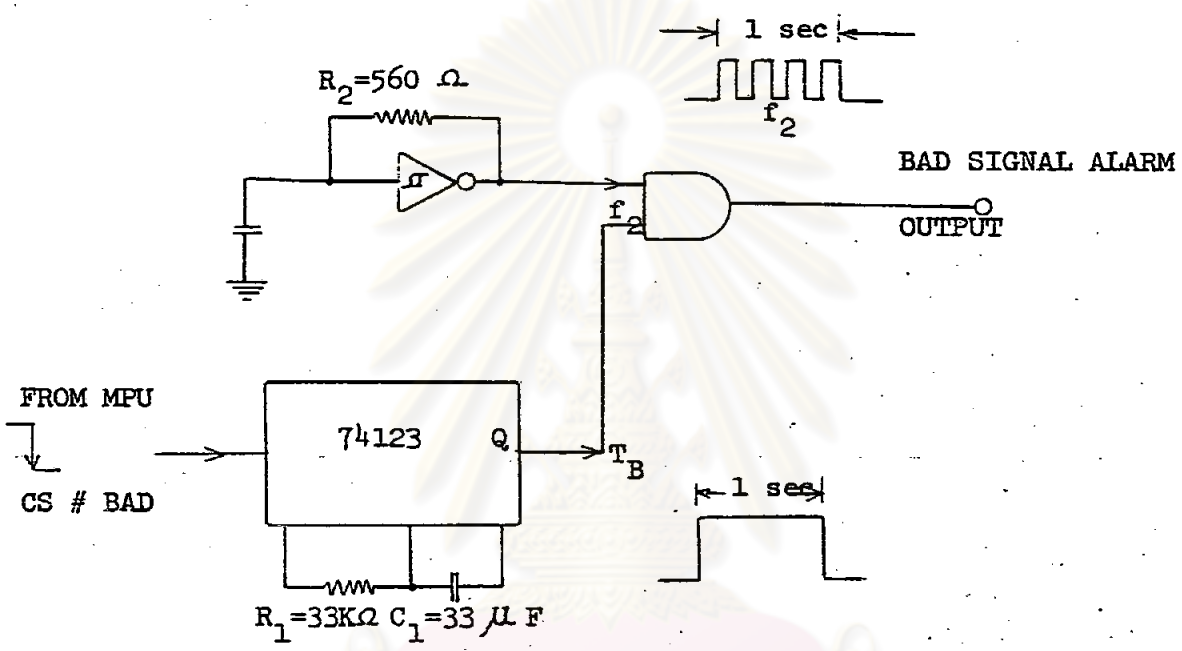
จากรูปที่ ๓.๔๔ สัญญาณที่สร้างขึ้นเป็นเสียง TONE เดียวที่ดังชั่วครู่หนึ่งแล้วหยุดหายไปในที่นี้อาศัย OSC 2-f_2เช่นเดิม คือใช้ความถี่ f_2 ทั้งนี้จะถูกควบคุมด้วยวงจร TIMER มีลักษณะการออกแบบตาม BLOCK DIAGRAM ในรูปที่ ๓.๔๔



รูปที่ ๓.๔๔BLOCK DIAGRAM วงจรสัญญาณกำเนิดเสียง BAD ALARM

กำเนิดสัญญาณเสียง

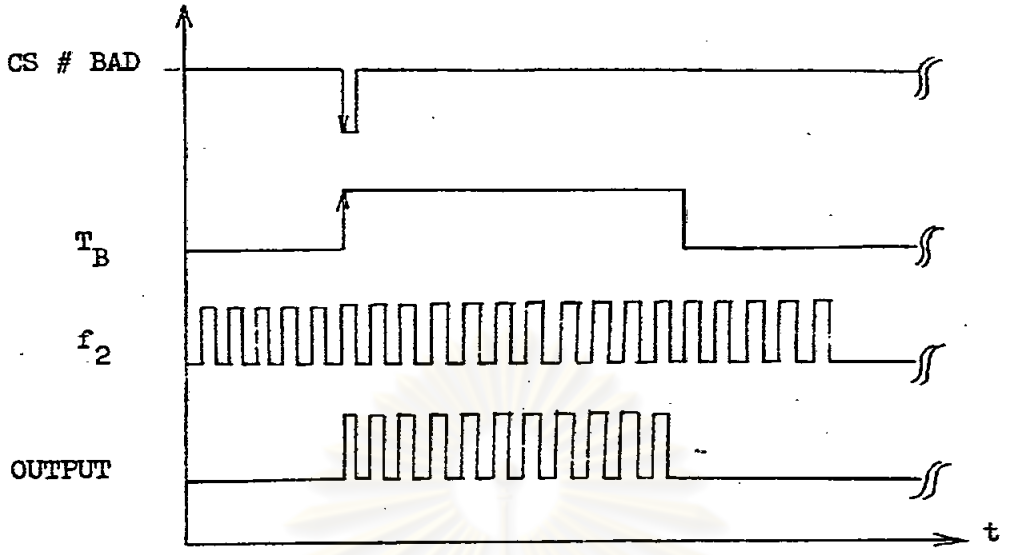
จาก BLOCK DIAGRAM ในรูปที่ ๓.๔๔ ใช้ 2 INPUT AND GATE ทำหน้าที่ GATING สัญญาณ f_2 และถูกควบคุมด้วย ONE SHOT ซึ่ง PULSE ที่เกิดขึ้นจะมีความยาว T_B=1 วินาที วงจรที่ได้จะเป็นดังรูปที่ ๓.๔๐



รูปที่ ๓.๔๐ แสดงวงจรกำเนิดสัญญาณ BAD ALARM

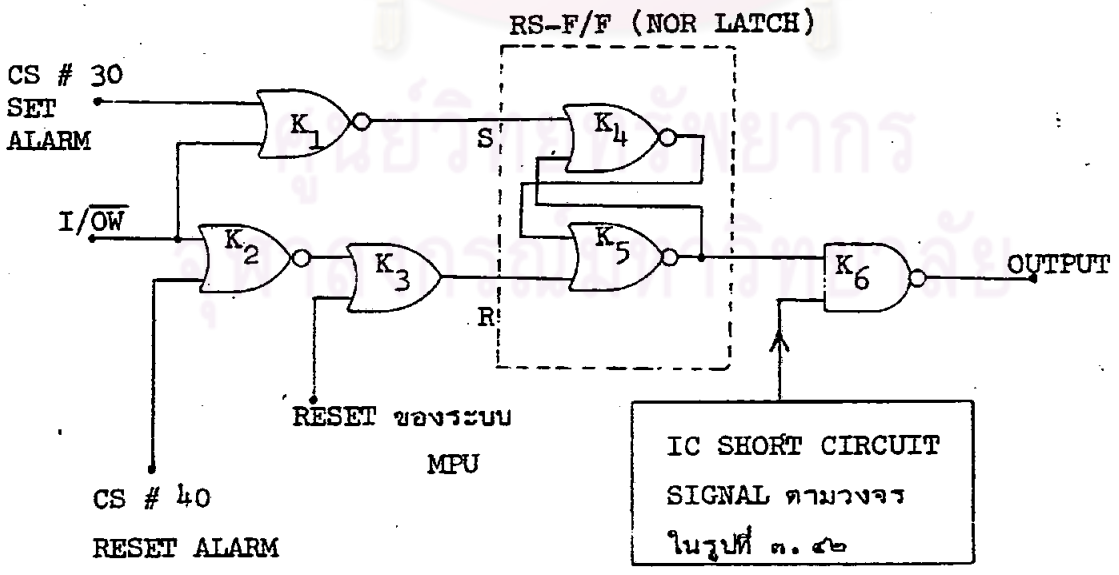
ในที่นี้ใช้ค่า R_1=33KΩ และ C_1=33μF สำหรับ IC เบอร์ 74123(ONE SHOT) ทำให้เกิด PULSE ยาวนานประมาณ ๑ วินาที ลักษณะ TIMING DIAGRAM ดังรูปที่ ๓.๔๑

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ ๓.๔๑ TIMING DIAGRAM แสดงสัญญาณแต่ละจุดของสัญญาณเสียง BAD ALARM

ขอกล่าวเพิ่มเติมเกี่ยวกับวงจรกำเนิดเสียงแสดง IC SHORT CIRCUIT ในเรื่องวงจรที่ควบคุม RESET ALARM และ SET ALARM ในที่นี้ใช้วงจร NOR LATCH ทำหน้าที่เป็น RS - FLIP FLOP ซึ่งจะเป็นตัว SET ให้เกิด ALARM ในลักษณะ HOLD ตลอด หรือสามารถ RESET ได้ดังลักษณะวงจรในรูปที่ ๓.๔๒



รูปที่ ๓.๔๒ แสดงวงจร SET และ RESET วงจรกำเนิดสัญญาณ IC SHORT CIRCUIT

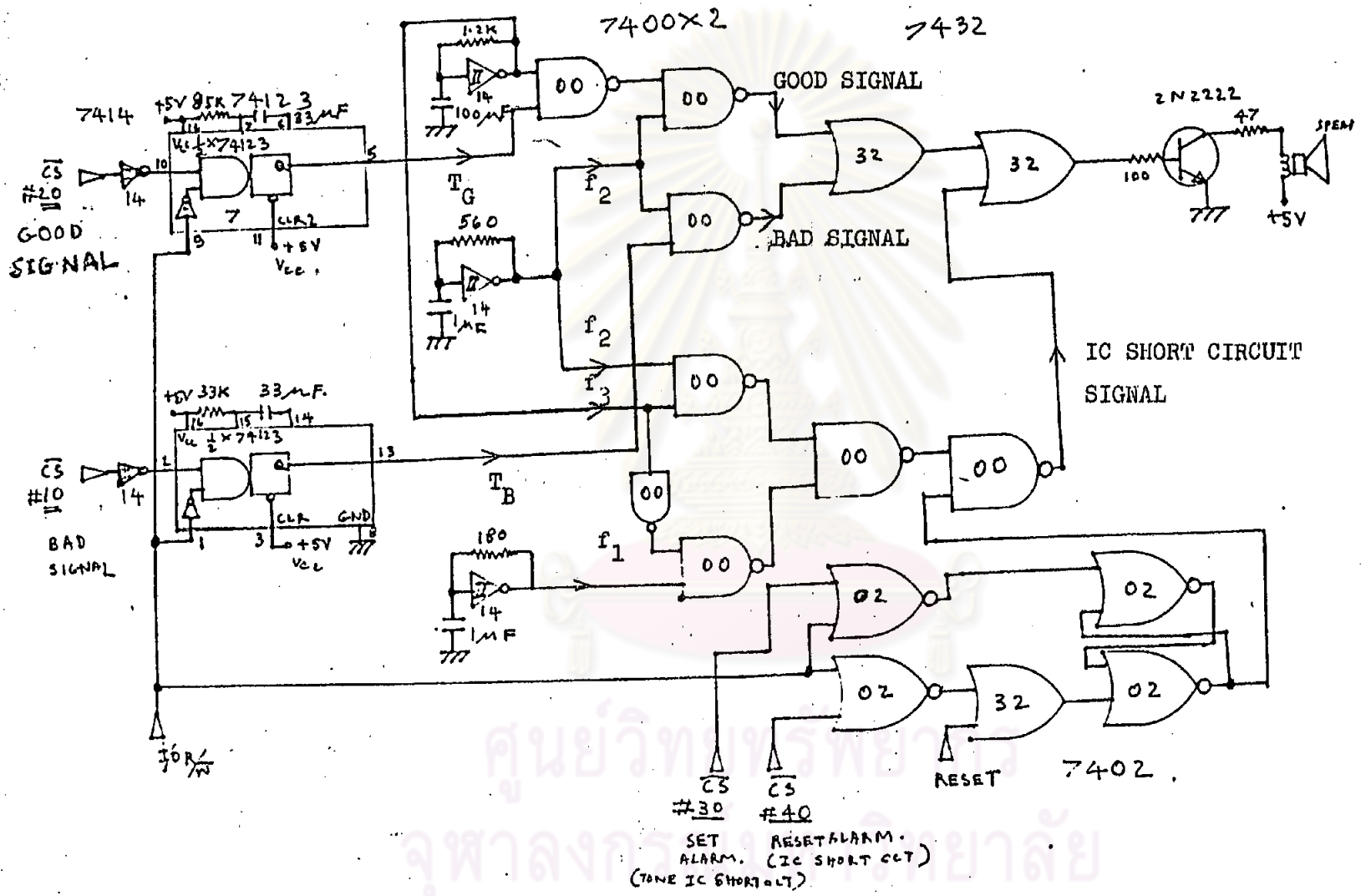
จากวงจรในรูปที่ ๓.๔๒ K_4, K_5 เป็น RS-F/F INPUT ของ IC K_4 เป็นขา SET (S) ส่วน INPUT ของ IC K_5 เป็นขา RESET ALARM โดยที่ OUTPUT ของ IC K_1 NOR GATE จะต่อเข้ากับขา INPUT ของ K_4 ที่ขา S INPUT ของ IC K_1 จะต่อเข้ากับสายสัญญาณ $\overline{CS}$#30 SET ALARM ซึ่งเป็นตัวควบคุมในการ SET ALARM จากระบบ MPU และสัญญาณ I/O $\overline{W}$ ซึ่งเป็นสัญญาณ CONTROL INPUT/OUTPUT WRITE จากระบบ MPU เช่นกัน

การที่ใช้ทั้ง ๒ สัญญาณเข้ามาที่ K_1 นั่นเพื่อจะได้แน่ใจในการ CONTROL อย่างถูกต้องเมื่อเราใช้คำสั่ง OUT ตามด้วยชื่ออุปกรณ์ก็จะทำให้เรียกชื่ออุปกรณ์และ CONTROL ALARM ได้ถูกต้องแน่นอนมากขึ้น ชื่อสัญญาณในการ SET ALARM คือ $\overline{CS}$ # 30 สัญญาณนี้มาจาก IC เบอร์ 74154 ในรูปที่ ๓.๑๔

INPUT ของ IC K_5 จะต่อเข้ากับ OUTPUT ของ IC K_3 ซึ่งเป็น OR GATE ที่ INPUT ของ IC K_3 จะต่อเข้ากับสัญญาณ RESET ของระบบเพื่อเมื่อเวลา RESET จาก SWITCH RESET ทำให้ RESET สัญญาณนี้ได้ด้วย และ INPUT ของ IC K_3 อีกเส้นหนึ่งจะต่อเข้ากับ OUTPUT ของ IC K_2 ซึ่งจะทำหน้าที่ CONTROL ในการ RESET โดยใช้สัญญาณ $\overline{CS}$ # 40 เป็นสัญญาณ RESET ALARM และใช้สัญญาณ I/O $\overline{W}$ ของระบบ MPU ควบคุมในการเรียกชื่ออุปกรณ์จากคำสั่ง OUT ทำนองเดียวกับ IC K_1 เช่นกัน สัญญาณ $\overline{CS}$#40 มาจาก IC เบอร์ 74154 ในวงจรรูปที่ ๓.๑๔

IC K_6 เป็น IC NAND GATE ทำหน้าที่ GATING ปิดเปิดสัญญาณให้ผ่านออกไปหรือไม่ผ่านออกไป โดยที่ขา INPUT ข้างหนึ่งของ IC K_6 ต่อเข้ากับสัญญาณ ALARM และอีกขาหนึ่งต่อเข้ากับขา OUTPUT ของวงจร SET/RESET สายสัญญาณ SET/RESET จะทำหน้าที่เป็นตัวปิดเปิดสัญญาณให้ออก OUTPUT หรือ RESET ไม่ให้ออก OUTPUT ก็ได้

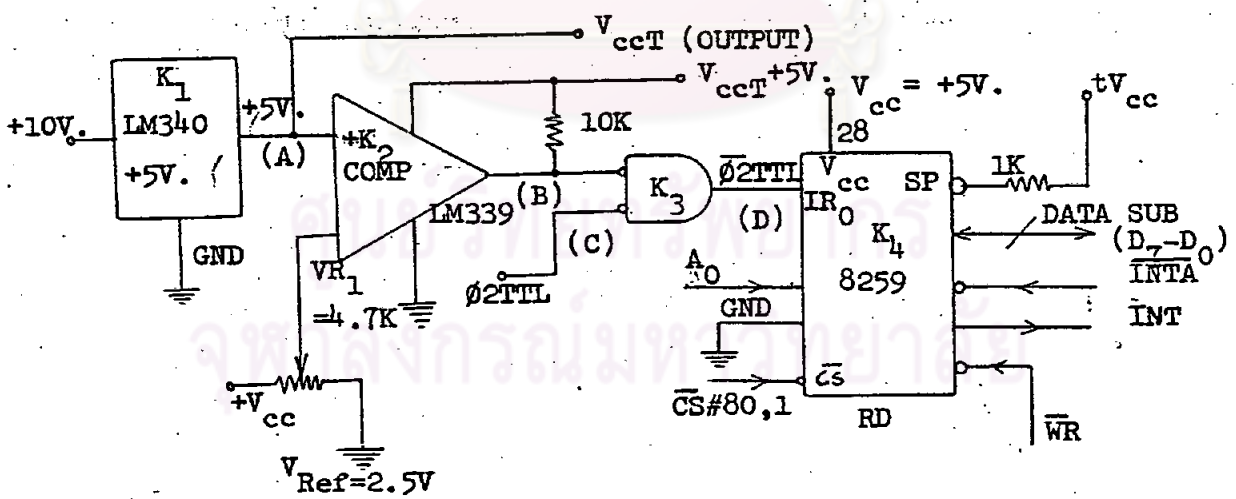
เมื่อนำทั้ง ๓ วงจรคือ วงจรกำเนิดสัญญาณ IC SHORT CIRCUIT ALARM ของวงจรกำเนิดสัญญาณ IC SHORT CIRCUIT, วงจรกำเนิดสัญญาณ GOOD ALARM และวงจรกำเนิดสัญญาณ BAD ALARM มารวมเข้าด้วยกันโดยใช้ OR-GATE เพื่อรวมสัญญาณทั้ง ๓ ดังกล่าว จะได้วงจรตามรูปที่ ๓.๔๓ โดยมีวงจร SET/RESET อยู่ด้วย ในที่นี้ใช้ 2 INPUT OR GATE นำมา ๒ ตัว มาต่อร่วมกันเพื่อให้ได้มองเป็น OR GATE 3 INPUT และแก้ไข GATE บางตัวเช่น AND GATE ในวงจรรูปที่ ๓.๔๗ และวงจรในรูปที่ ๓.๕๐ เป็น NAND GATE ทั้งหมด



รูปที่ ๓.๕๓ วงจรกำเนิดสัญญาณGOOD,BAD และ IC SHORT CIRCUIT ALARM

OUTPUT จากวงจรในรูปที่ ๓.๕๓ ใช้ลำโพงเป็น OUTPUT แปลงสัญญาณไฟฟ้าออกไปเป็นคลื่นเสียง โดยมี TRANSISTOR 2N2222 เป็นตัวขับ

๓.๑.๔ วงจร V_{cc_T} INTERRUPT วงจรนี้ทำหน้าที่ตรวจจับการลัดวงจรของ IC ที่นำมาทดสอบที่ทำให้แหล่งจ่ายไฟ V_{cc_T} ตกลงกว่าปกติ คือ ตกลงไปกว่า ๕๐% ของ V_{cc_T} วงจรนี้จะส่งสัญญาณ INTERRUPT เข้าระบบ MPU ทันทีและขัดจังหวะการทำงานของระบบ เมื่อเกิดเหตุการณ์เช่นนี้ ขึ้น MPU ก็จะทำตามโปรแกรมที่เตรียมไว้ โดยส่งเสียง ALARM ออกมาพร้อมแสดงผลแจ้งทาง LED ว่า IC SHORT CCT สัญญาณ ALARM จะมีรูปลักษณะดังรูปที่ ๓.๓๙ วงจรแหล่งจ่ายไฟ V_{cc_T} นี้จะเป็น IC REGULATOR ONE CHIP ๓ ขา เบอร์ 340-5T ใช้ IC นี้เป็นตัวคอยคุมแรงดันให้คงที่ประมาณ 5 VOLTS และมีวงจรป้องกัน OUTPUT VOLTAGE SHORT CIRCUIT PROTECTION เสียงที่เกิดขึ้นจะไม่หยุดดังจนกว่าผู้ทดสอบจะหยิบ IC ออกจาก SOCKET จึงหยุด ลักษณะวงจร V_{cc_T} INTERRUPT ดังรูปที่ ๓.๕๔



รูปที่ ๓.๕๔ วงจร V_{cc_T} INTERRUPT

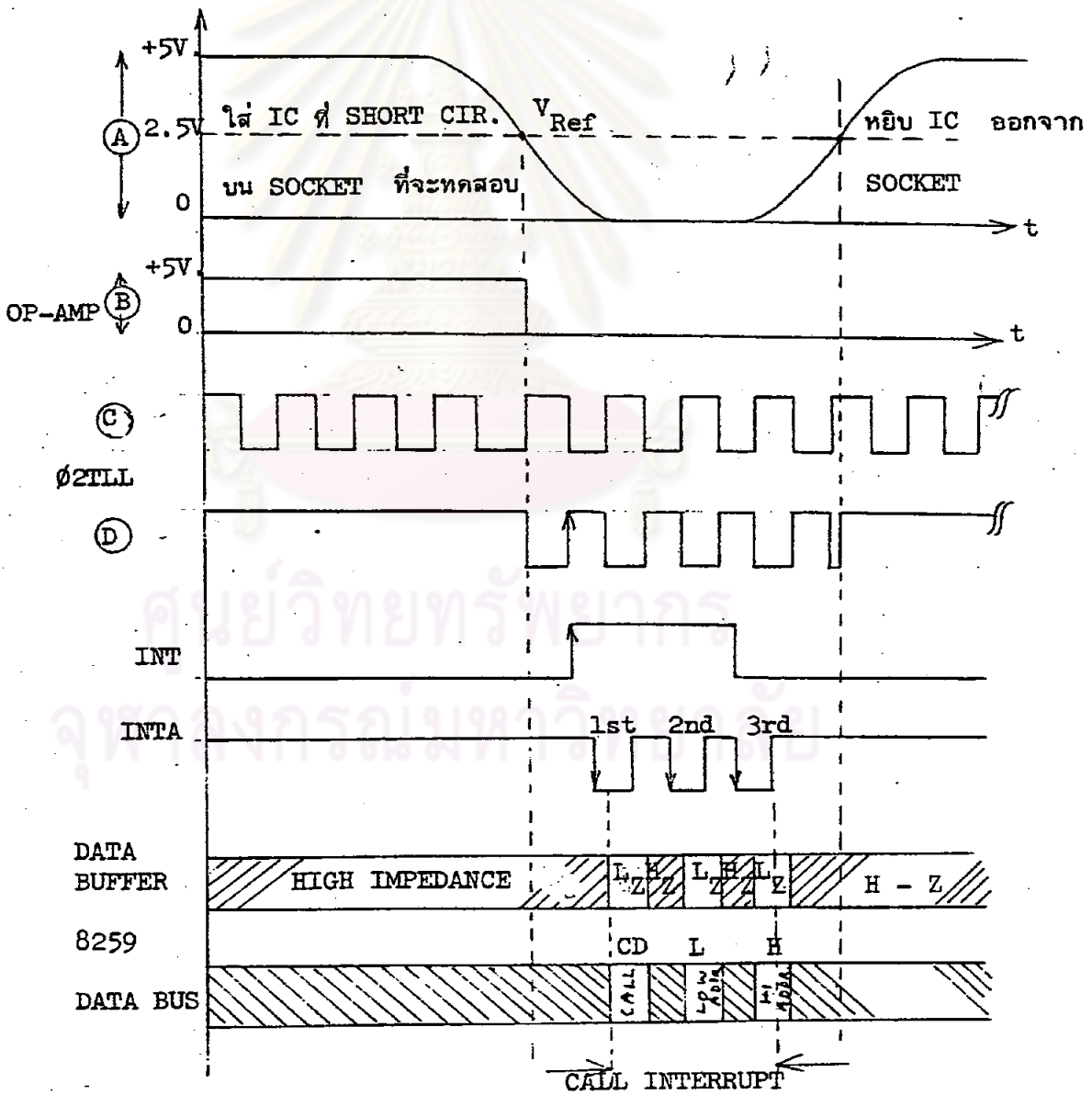
จากรูปที่ ๓.๔๔

- K_1 เป็น IC REGULATOR เบอร์ LM 340-5T ซึ่ง REGULATE OUTPUT VOLTAGE VOLTAGE = +5V. (POSITIVE) INPUT VOLTAGE = +10V. LM340 นี้ OUTPUT VOLTAGE ที่จ่ายออกไปจะเป็น V_{cc_T} (IC TEST VOLTAGE SUPPLY) เพื่อสำหรับ IC ที่จะนำมาทดสอบโดยเฉพาะและไม่เกี่ยวข้องกับ V_{cc} ของระบบ MPU
- K_2 เป็น OP-AMP ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวเปรียบเทียบ (เป็นวงจร COMPARATOR เปรียบเทียบตรวจสอบดูว่า V_{cc_T} ตกลงต่ำกว่าค่า VOLTAGE ที่ปรับค่าไว้ที่ VR1 ซึ่งถ้า V_{cc_T} ต่ำกว่า 2.5VOLTS จะปรากฏ OUTPUT ที่ OUTPUT ของ OP-AMP นี้ในลักษณะเป็น LOGIC "0" โดยปกติ V_{cc_T} มีค่ามากกว่า VRef (VOLTAGE REFERENCE)ที่ขั้ว INVERTER INPUT(-) ของ OP-AMP และ V_{cc_T} อยู่ที่ขั้ว NON-INVERTER (+) ของ OP-AMP ดังนั้น OUTPUT ของ OP-AMP จะขึ้นกับ V_{cct}
- ถ้า $V_{ccT} \geqslant$ VRef จะได้ OUTPUT เป็น LOGIC "1"
- และถ้า $V_{ccT} < V_{Ref}$ จะได้ OUTPUT เป็น LOGIC "0"

ในที่นี้เลือกใช้ IC เบอร์ LM339 ที่ OUTPUT ของ IC เบอร์ LM 339 LM 339 เป็นแบบ OPEN COLLECTOR จะต้องมี RESISTOR มาต่อระหว่าง OUTPUT กับ V_{cc} จึงจะทำงานได้ (R - PULL UP) ที่ OUTPUT ของ OP-AMP จะต่อเข้ากับ INPUT ของ K_3 ซึ่งเป็น NOR GATE K_3 นี้ทำหน้าที่เป็นตัวส่ง OUTPUT เข้า IC เบอร์ 8259 เข้าไป INTERRUPT ระบบ โดยมีสัญญาณ Ø2TTL เป็น INPUT เข้าขาข้างหนึ่งของ IC K_3 เมื่อสัญญาณ OUTPUT จาก OP-AMP ตกเป็น LOGIC "0" ก็จะทำให้ K_3 ส่ง OUTPUT สัญญาณ Ø2TTL ออกไป ลักษณะตรงกันข้ามกับ Ø2TTL เข้าขา INPUT ของ IC เบอร์ 8259 ซึ่งต้องการสัญญาณช่วงขาขึ้น (POSITIVE EDGE TRIGGERING) เปลี่ยนจาก LOGIC "0" ไปเป็น LOGIC "1" IC เบอร์ 8259 จะรับสัญญาณนี้เข้าไปแล้วส่งสัญญาณ INTERRUPT (INT) ไปขอ INTERRUPT เมื่อระบบรับรู้แล้วจะตอบรับ $\overline{\text{INTA}}$ โดยส่งสัญญาณ $\overline{\text{INTA}}$ (INTERRUPT ACKNOWLAGE) ให้กับ IC เบอร์ 8259 เมื่อ IC เบอร์ 8259 รับแจ้งจากระบบ MPU แล้วจะส่ง ADDRESS

ที่จะให้ MPU ทำตามคำสั่งที่ ADDRESS นั้น ข้อมูลนี้จะเข้าทาง DATA BUS ในลักษณะนี้เรียกว่า VECTOR INTERRUPT

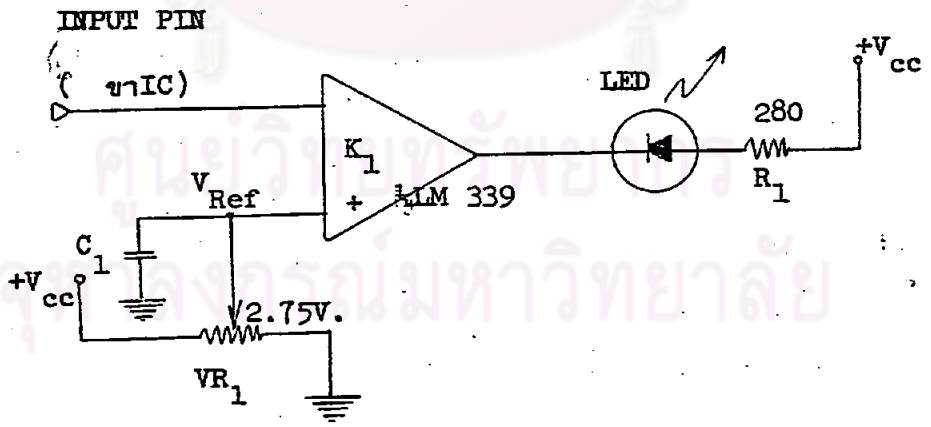
- K_4 เป็น IC เบอร์ 8259 ซึ่งเชื่อมโยงกับระบบ MPU ดังนี้ ขา DATA ต่อเข้ากับ DATA BUS จำนวน 8 BIT, ขาสัญญาณ INT ต่อเข้ากับ INT ของระบบ MPU, ขาสัญญาณ $\overline{INTA}$ ต่อเข้ากับ $\overline{INTA}$ ของระบบ, ขา WR ต่อเข้ากับ $\overline{WR}$ (I/O) ของระบบ, ขา $\overline{RD}$ ต่อเข้ากับ $\overline{RD}$ (I/O) ของระบบ, $\overline{CS}$ ต่อเข้ากับ $\overline{CS}$#80 และขา A_0 ต่อเข้ากับ A_0 ของระบบ รูปที่ ๓.๔๔ แสดง TIMING DIAGRAM ให้เห็นการทำงานของวงจรให้ชัดเจนขึ้น โดยแสดงรูปสัญญาณตามจุดต่าง ๆ ในรูปที่ ๓.๔๔



รูปที่ ๓.๔๔ TIMING DIAGRAM ของสัญญาณจุดต่าง ๆ ของวงจร V_{CC} INTERRUPT

๓.๑.๑๐ วงจร LOGIC MONITOR เป็นวงจรที่ทำหน้าที่ MONITOR สัญญาณ LOGIC ต่าง ๆ ของ IC ที่นำมาทดสอบ เมื่อผู้ใช้ต้องการความมั่นใจในการทดสอบก็จะใช้ LOGIC MONITOR นี้ โดยใช้สายหนีบขา IC ทั้งหมด และใช้ตรวจสอบเงื่อนไขต่าง ๆ ว่าถูกต้องตามตารางจริงหรือไม่อีกประการหนึ่ง ยังเป็นการแสดง LOGIC ที่ขับเข้าขา IC นั้นเข้าไปที่ขา IC จริง ๆ เมื่อ MPU ทำการทดสอบขณะนั้น การใช้ LOGIC MONITOR จะใช้ในเวลาการทดสอบแบบช้า (SLOW TEST)หรือ MANUAL TEST (หมายถึงผู้ใช้ทำการทดสอบเองโดยใช้โปรแกรม MANUAL TEST ว่าที่ SET ขาต่าง ๆ MPU ส่ง LOGIC ไปที่ขา IC จริงหรือไม่)

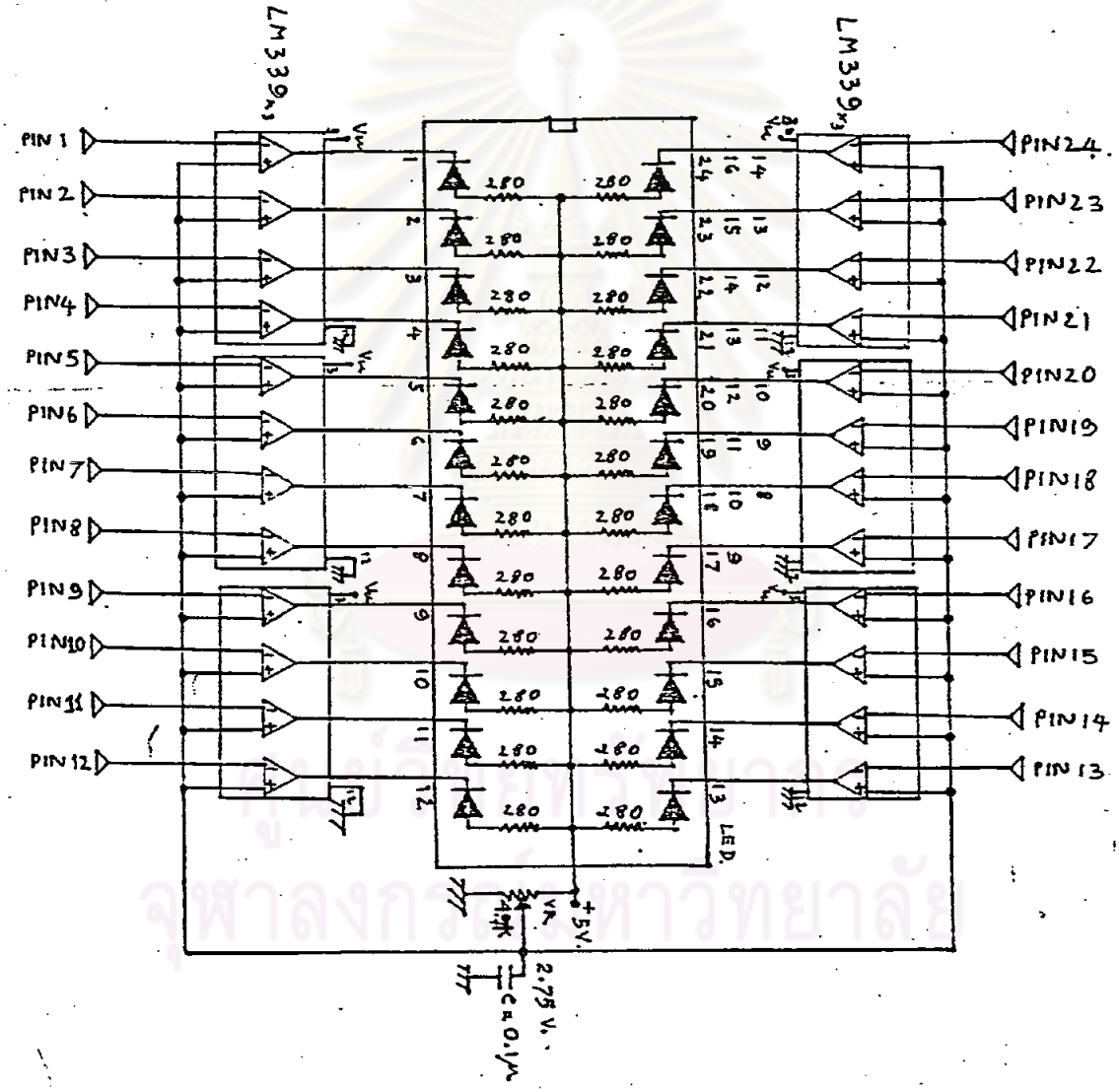
การออกแบบจะใช้วงจร COMPARATOR ซึ่ง INPUT เป็น HIGH IMPEDANCE เพื่อจะได้ไม่ LOAD LOGIC ต่าง ๆ ของ IC ที่นำมาทดสอบ ในที่นี้เลือกใช้ IC เบอร์ LM 339 ซึ่งภายในมี OP-AMP อยู่ ๔ ตัว มาดูวงจร LOGIC MONITOR อย่างง่าย ๆ ดังรูปที่ ๓.๔๖



รูปที่ ๓.๔๖ วงจร LOGIC MONITOR สำหรับขา IC ขาเดียว

จากรูป ๓.๔๖ K_1 เป็น OP-AMP ทำหน้าที่เป็นวงจร COMPARATOR โดยมีขา INPUT ที่เป็นขา INVERT จะเป็น INPUT LOGIC ที่จะ MONITOR ดู เหตุนี้เนื่องจากต้องการให้ LED สว่าง เพราะว่าปลายข้างหนึ่งของ LED ที่เป็น ANODE (+) ต่ออยู่กับ R=280 เข้า V_{cc} +5V. จึงจะต้องทำให้อีกปลายข้างหนึ่งของ LED เป็น LOGIC "0" หรือมองใกล้ GROUND เมื่อขา IC มี LOGIC เป็น"1" ก็จะทำให้ LED สว่าง VOLTAGE REFERANCE (V_{Ref}) ของ OP-AMP จะปรับให้มีค่าประมาณ 2 VOLTS ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดของ LOGIC "1" ที่เป็นไปได้ของ TTL ส่วนของ CMOS ประมาณ 3.5VOLTS ใน SUPPLY ที่เหมือน TTL คือ V_{cc} +5V. ดังนั้น V_{Ref} จึงปรับไว้ที่ค่า VOLTAGE ประมาณ $=\frac{2+3.5}{2}$ = 2.75 VOLTS วงจรที่สมบูรณ์เป็นดังรูปที่ ๓.๔๗

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



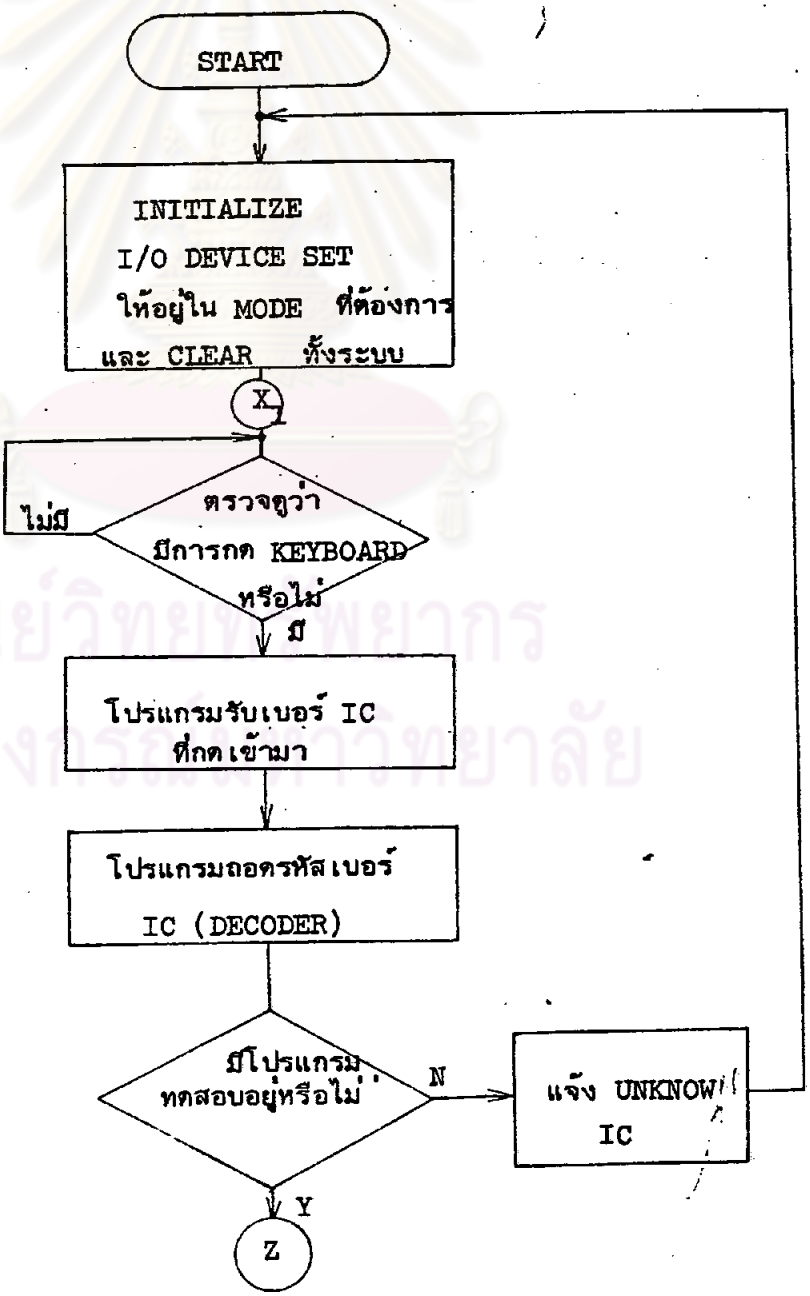
รูปที่ ๓.๔๗ วงจร LOGIC MONITOR

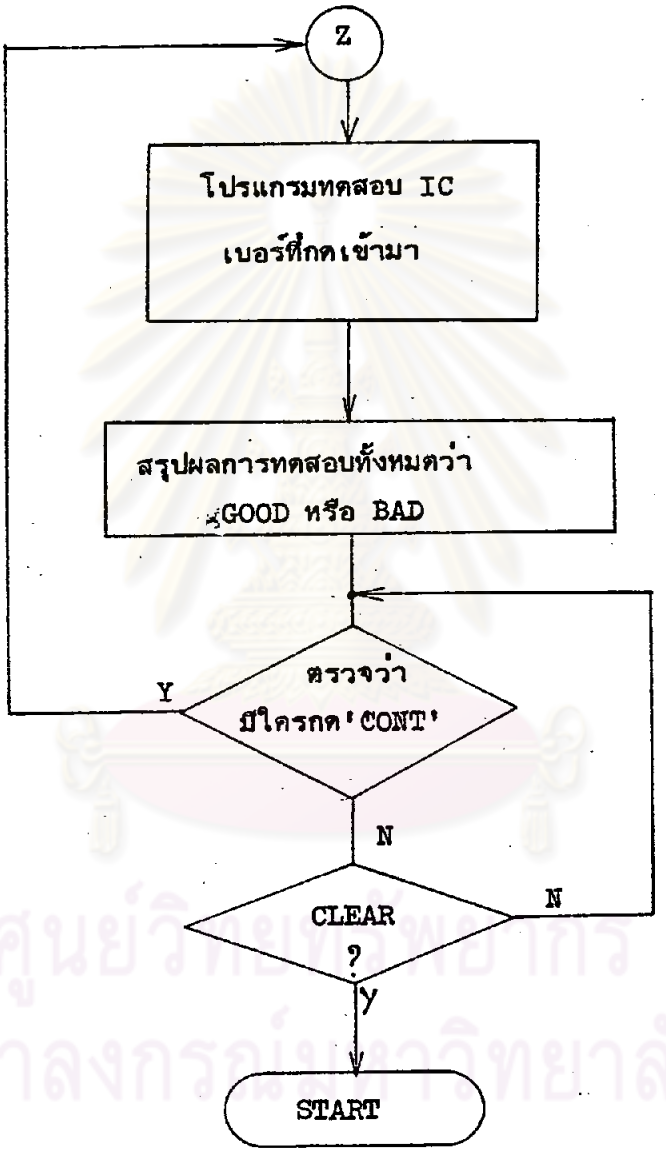
๓.๒ การออกแบบทาง SOFTWARE

ในที่นี้เขียนโปรแกรมใช้ภาษา ASSEMBLY ของ 8080 โดยใช้ MCS - 80 KIT ซึ่งเป็น SINGLE BOARD มี PRINTER ของ GE เป็นตัวติดต่อกับระบบและช่วยในการ DEBUG โปรแกรม

โปรแกรมของเครื่องทดสอบวงจรประมวลเชิงเลขมี MAIN FLOW CHART ดัง FLOW CHART ที่ ๓.๑

FLOW CHART ที่ ๓.๑ แสดง FLOW CHART โปรแกรม MAIN ของเครื่องทดสอบวงจรประมวลเชิงเลข





ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากMAIN FLOW CHART ที่ ๓.๑ อธิบายรายละเอียดมีดังนี้

๓.๒.๑ โปรแกรมของเครื่องทดสอบวงจรประมวลเชิงเลขมีขั้นตอนเบื้องต้น ดังนี้

๑. MPU จะทำการ SET I/O DEVICES ให้ทำหน้าที่ตาม MODE ที่ต้องการทั้งระบบ

๒. ตรวจดูว่ามีกด KEYBOARD หรือไม่ ถ้าไม่มีก็รอต่อไป และถ้ามีดูว่าเป็นเลขหรือรหัสใด พร้อมกับส่งผลไป DISPLAY ที่ 7-SEGMENT โดยผ่าน I/O DISPLAY INTERFACE

๓. MPU ดูว่าเป็นเบอร์อะไร มี PROGRAM อยู่ในเครื่องหรือไม่ โดยโปรแกรมจะ DECODE ว่าเป็นเบอร์อะไรใช้กับ PROGRAM ใดและถ้าไม่มี PROGRAM จะแจ้งให้ผู้ใช้ทราบว่า UNKNOW IC

๔. เมื่อรู้ว่าเบอร์อะไรใช้ PROGRAM ใดแล้ว MPU จะทำงานตามขั้นตอนของ PROGRAM ดังนี้ MPU จะทำการ SET ขาต่าง ๆ ของ IC ที่จะ TEST ว่าขาใดเป็น INPUT ขาใดเป็น OUTPUT โดยส่ง DATA ไปที่ I/O DEVICE # 3 (8255) ตัวที่เป็น PIN CONTROLLER จะ LATCH ไว้ผ่านเข้า IC INTERFACE CIRCUIT

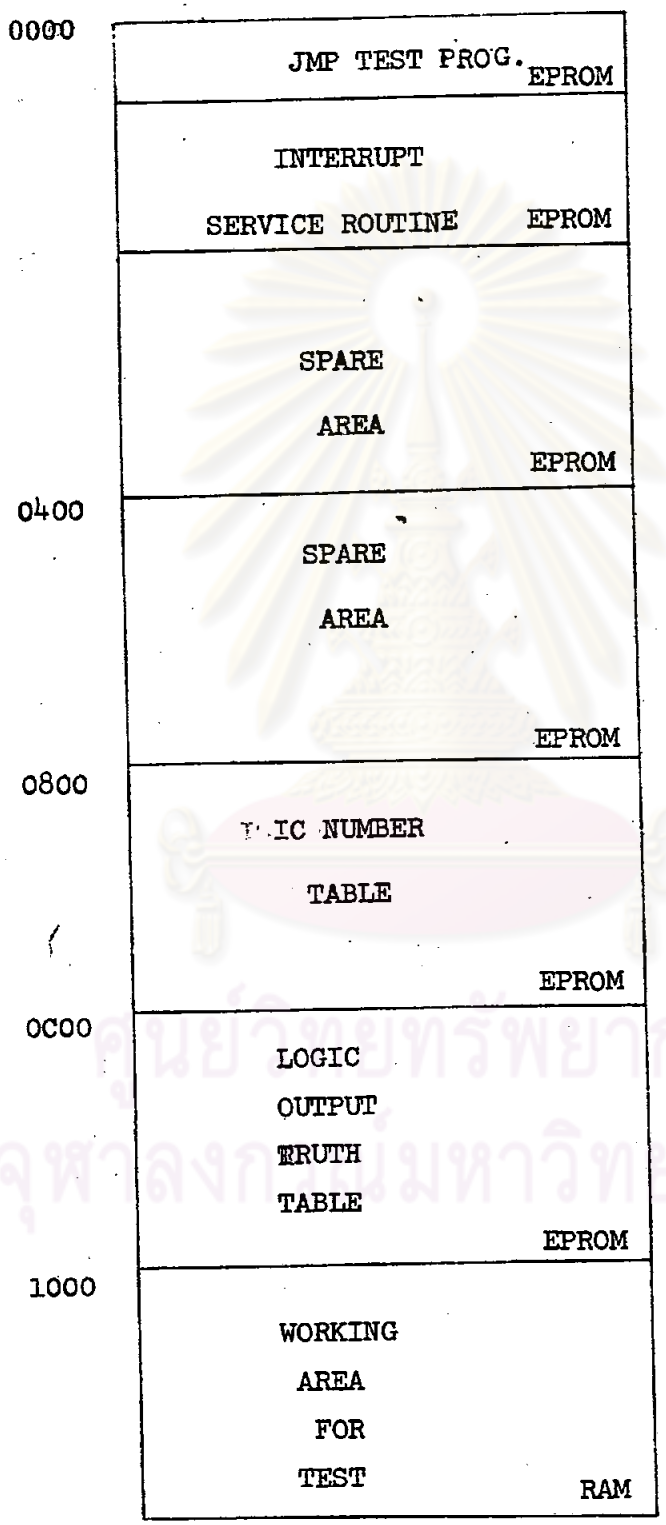
๕. เมื่อ SET ขาเสร็จแล้ว MPU จะส่ง DATA ไปยัง I/O DISPLAY INTERFACE เพื่อให้ DISPLAY แสดงผลว่า "READY" คือพร้อมที่จะทดสอบแล้วขณะเดียวกันก็จะส่งให้ I/O DISPLAY แสดงผลที่ SOCKET IC อีกด้วย ทาง LED ทั้งนี้บอกให้ผู้ใช้ทราบว่าจะต้องเสียบ IC ลงไปที่ SOCKET ใดและ LED นี้จะอยู่ตรงกับขาที่ ๑ ของ IC ด้วย ทั้งนี้เพื่อผู้ใช้จะได้เสียบ IC ไม่กลับหัว

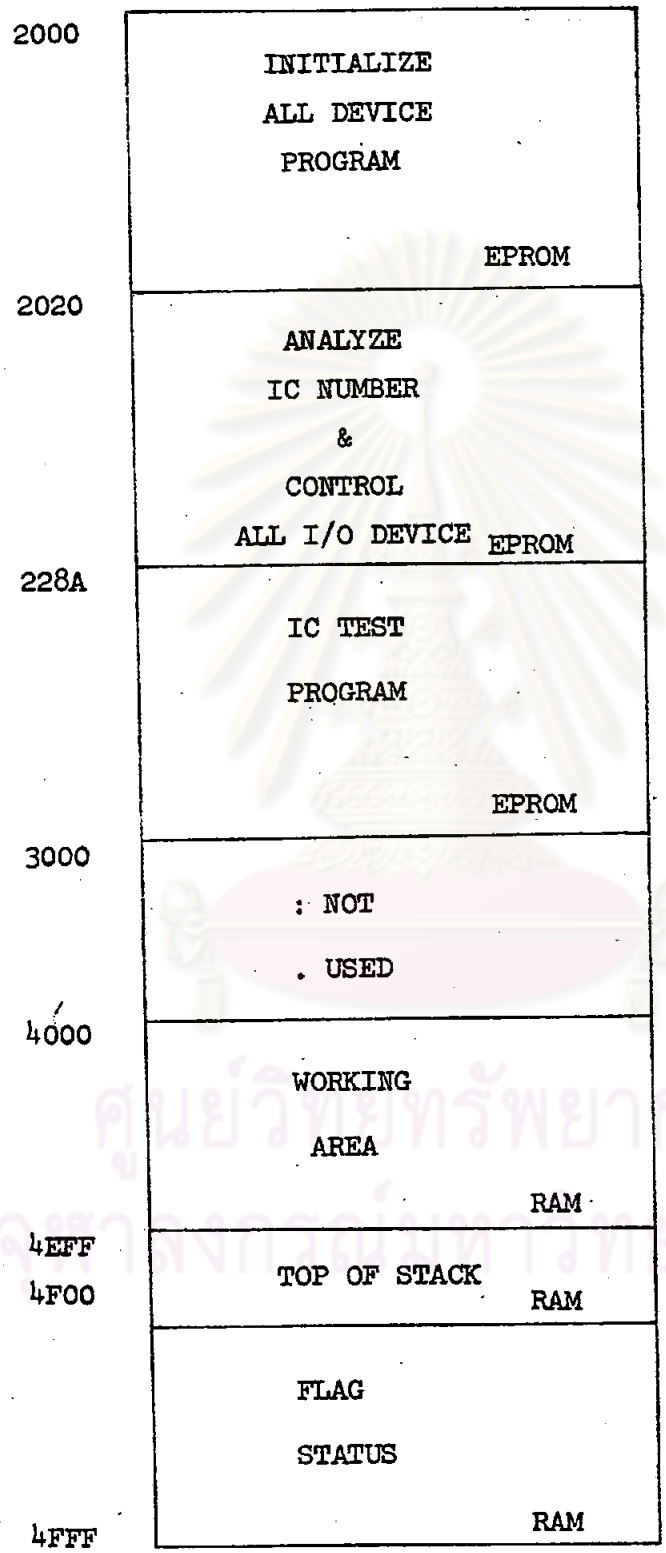
๖. MPU ตรวจดูว่ากดปุ่ม TEST หรือไม่ ถ้าไม่การกดปุ่ม TEST กลับไปรอต่อไป และถ้ามี MPU จะทำการ TEST LOGIC CONDITION ต่าง ๆ เช่นตาม TRUTH TABLE โดยส่ง LOGIC INPUT CONDITION ต่าง ๆ ลง DATA BUS เข้า I/O DEVICE # 1 (8255) ซึ่งเป็น INPUT LOGIC DRIVER จะ LACTH ไว้ป้อนผ่าน INTERFACE CIRCUIT เข้าขา IC ที่จะทดสอบ

๗. MPU ตรวจสอบผลที่ได้รับขา OUTPUT ของ IC ทาง LOGIC OUTPUT MONITOR และทำการวิเคราะห์ประมวลผลที่ได้กับ TABLE ว่าถูกต้องตรงกันหรือไม่ ถ้าผลที่ได้ตรงกันก็แสดงผลว่า GOOD และถ้าผลที่ได้ไม่ตรงกันก็แสดงผลว่า BAD

๘. กลับไปรอว่าจะกดปุ่ม CLEAR หรือ กดปุ่ม CONT (CONTINUE) ถ้ากดปุ่ม CLEAR ก็จะ CLEAR ทั้งระบบ แล้วกลับไปเริ่มต้นขั้นตอนที่ ๑ ใหม่ แต่ถ้ากดปุ่ม CONT MPU จะทดสอบซ้ำอีกครั้ง เมื่อทดสอบเสร็จก็จะกลับมารออย่างเดิม

๓.๒.๒ แผนผังหน่วยความจำในการออกแบบ (MEMORY MAPPING)



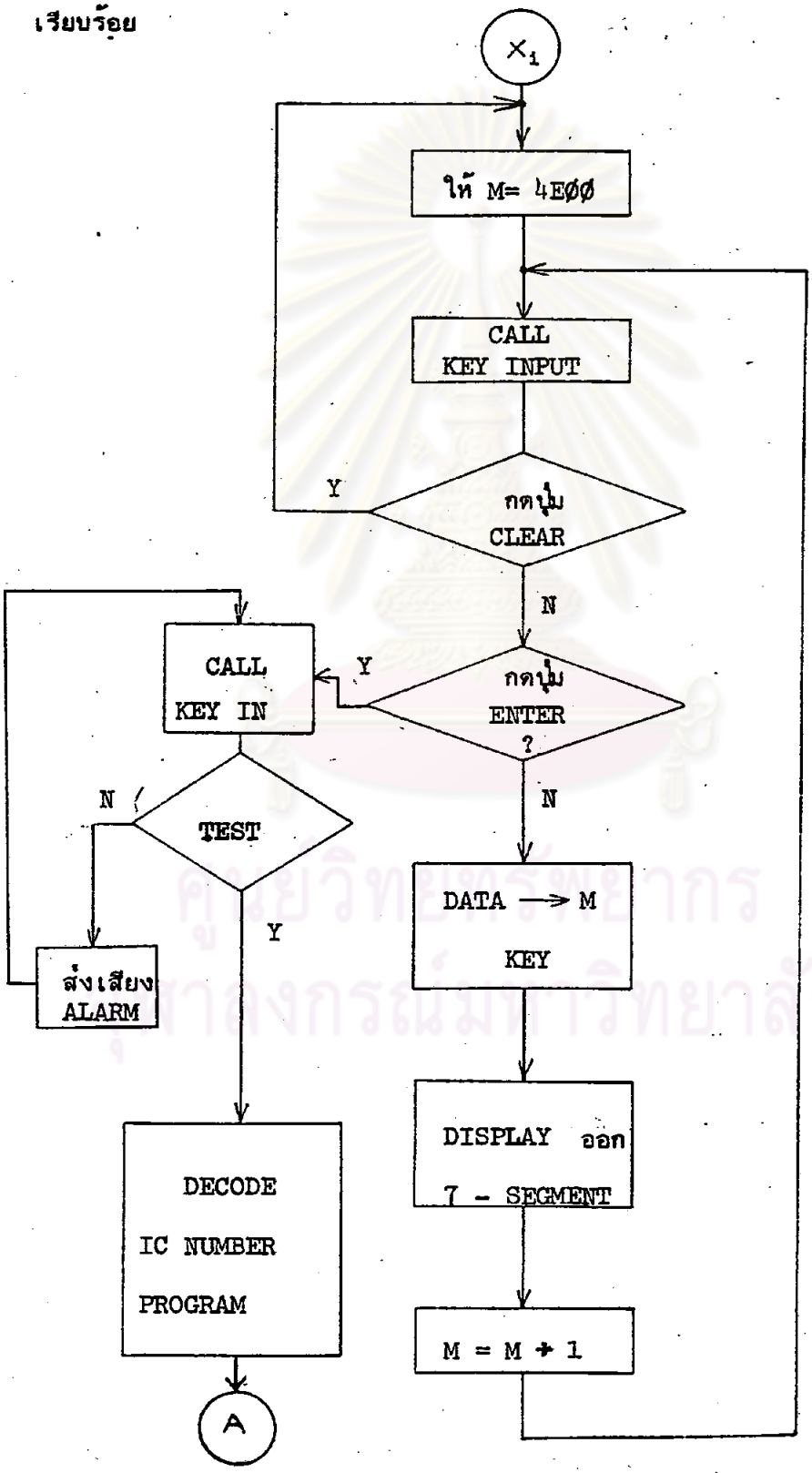


ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

๓.๒.๓ ต่อไปนี้จะแสดง FLOW CHART ตั้งแต่เริ่มต้นกดเบอร์ IC เข้าไปจนทดสอบเสร็จดัง FLOW CHART ที่ ๓.๒ (โปรแกรมรุ่นเบอร์ IC)

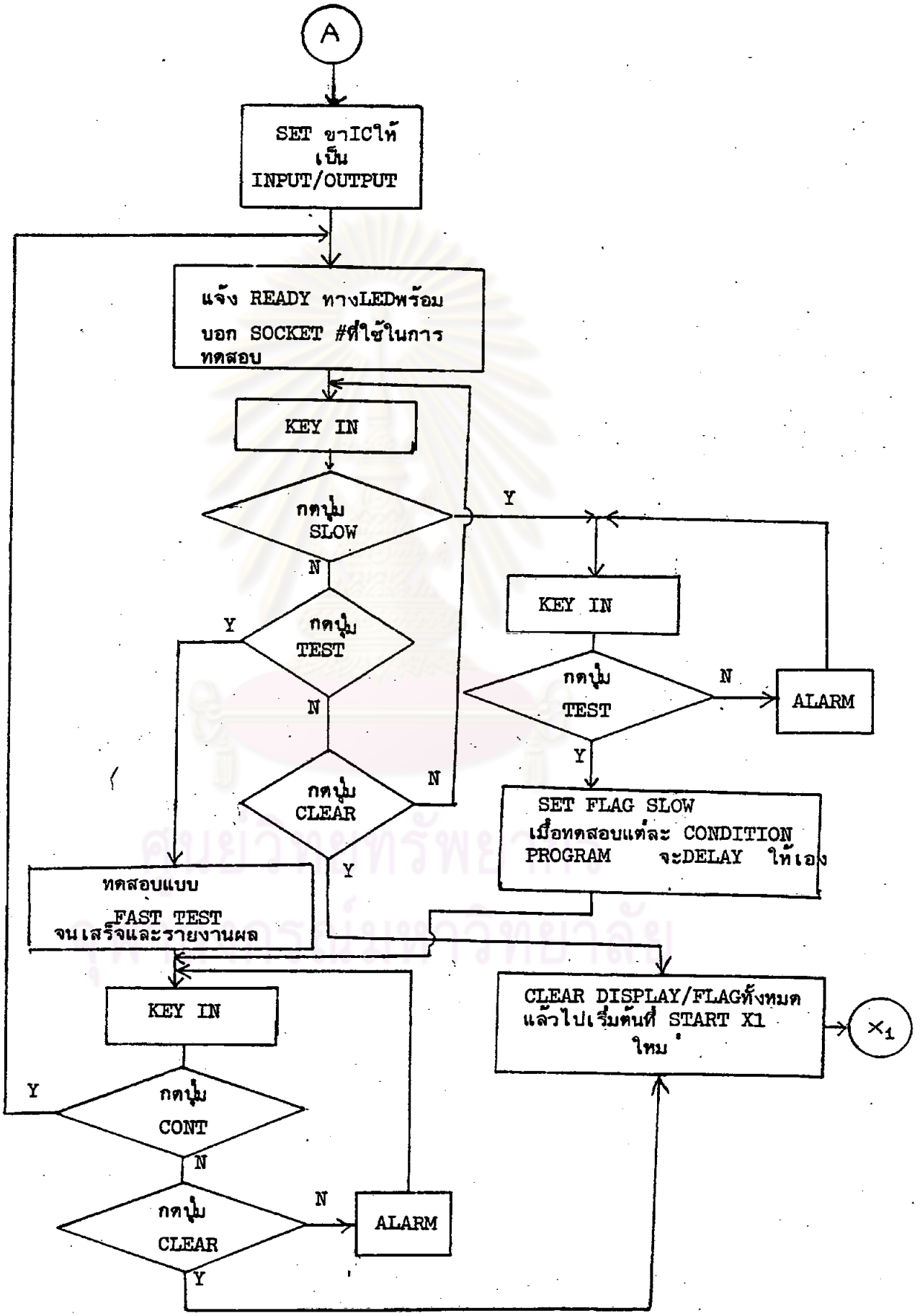
FLOW CHART ที่ ๓.๒ แสดง FLOW CHART ตั้งแต่เริ่มต้นกดเบอร์ IC จนทดส

เรียบร้อย



หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


A
SET ขาICให้เป็น INPUT/OUTPUT
แจ้ง READY ทางLEDพร้อมบอก SOCKET #ที่ใช้ในการทดสอบ
KEY IN
กดปุ่ม SLOW
Y
N
กดปุ่ม TEST
Y
N
กดปุ่ม CLEAR
N
Y
KEY IN
กดปุ่ม TEST
N
ALARM
Y
SET FLAG SLOW เมื่อทดสอบแต่ละ CONDITION PROGRAM จะDELAY ให้เอง
ทดสอบแบบ FAST TEST จนเสร็จและรายงานผล
KEY IN
กดปุ่ม CONT
Y
N
กดปุ่ม CLEAR
N
ALARM
Y
CLEAR DISPLAY/FLAGทั้งหมด แล้วไปเริ่มต้นที่ START X1 ใหม่
X1

อธิบาย FLOW CHART ที่ ๓.๒ มีขั้นตอนดังนี้

๑. SET ค่า M= 4EØØ หมายถึง SETค่า HL = 4EØØ เป็นPOINTER ADDRESS ที่เก็บข้อมูลเวลากดเบอร์ IC เข้ามา

๒. ตรวจ KEYBOARD ว่ากดปุ่ม CLEAR หรือไม่ถ้ากด ไปเริ่มต้นขั้นตอนที่ ๑ ใหม่

๓. ถ้าไม่กดปุ่ม CLEAR ตรวจดูว่ากดปุ่มENTER หรือไม่ ถ้าไม่เอาข้อมูลที่ได้จากกด KEY เก็บไว้ใน MEMORY พร้อมกับส่งข้อมูลที่ได้ไปแสดงผลทาง 7-SEGMENT DISPLAYSแล้วเพิ่มค่า MEMORY อีก ๑แล้วกลับไปทำขั้นตอนที่ ๒

๔. ถ้ากดปุ่ม ENTER , MPU จะรอดูว่ากดปุ่ม TESTหรือไม่ถ้ากด KEYแล้วไม่ใช่ TESTจะส่งเสียง ALARM ถ้าใช่เริ่มเข้าโปรแกรม DECODE เบอร์ IC

๕. เมื่อ DECODEแล้ว PROGRAM จะชี้ไปที่โปรแกรมทดสอบเบอร์นั้น ในโปรแกรมนั้นจะทำขั้นตอนที่ ๖ ต่อไป

๖.SET ขา IC ให้เป็น INPUT/OUTPUT ทาง PIN CONTROLLER

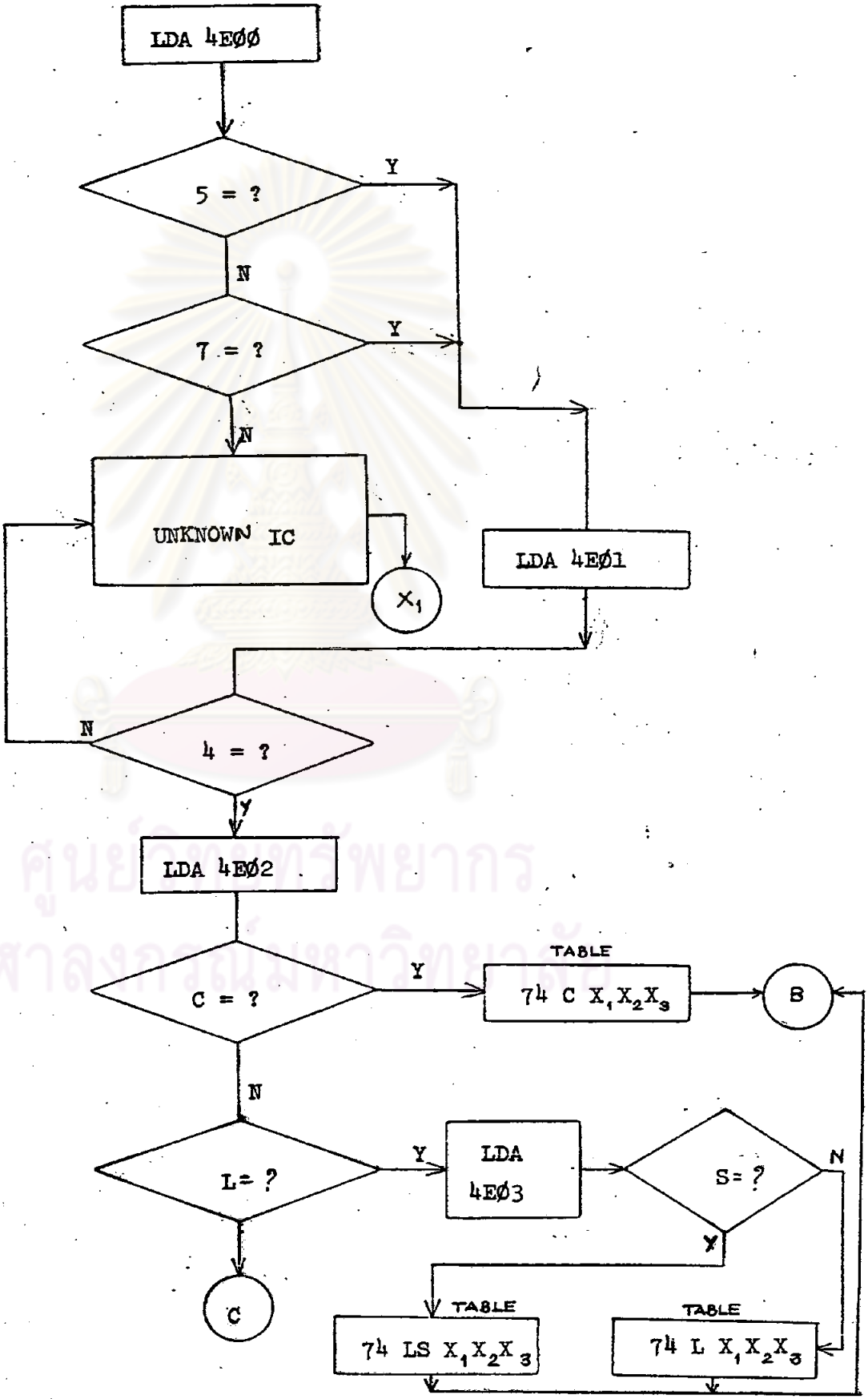
๗. MPU แจ้ง READYทาง LEDพร้อมเลือกSOCKET # ที่ใช้ในการทดสอบให้ด้วย ผู้ใช้เสียบ IC ช่วงนี้

๘. รับผลจากKEYBOARD รอว่ามีการกดปุ่มSLOW หรือไม่ ถ้าไม่ไปตรวจดูว่าเป็นปุ่มTEST หรือไม่ ถ้าไม่ตรวจดูว่าเป็นปุ่มCLEARหรือไม่ ถ้าใช่ CLEAR DISPLAY/FLAG ทั้งหมดแล้วกลับไปเริ่มต้นขั้นตอนที่ ๑ ใหม่ ถ้ากดปุ่ม SLOW เข้ามา MPU จะรอดูว่ากดปุ่ม TEST หรือไม่ ถ้ากดเข้ามาไม่ใช่ปุ่ม TEST จะส่งเสียง ALARM ถ้าใช่ปุ่ม TEST ก็จะทำการ SET FLAG SLOW เมื่อทดสอบแต่ละ CONDITION โปรแกรมจะ DELAY ให้แล้วไปทำขั้นตอนที่ ๙ และถ้ากดปุ่ม TEST ก็เข้าสู่โปรแกรมทดสอบแบบเร็ว เมื่อทดสอบเสร็จแล้วรายงานผลแล้วทำขั้นตอนที่ ๙ ต่อไป

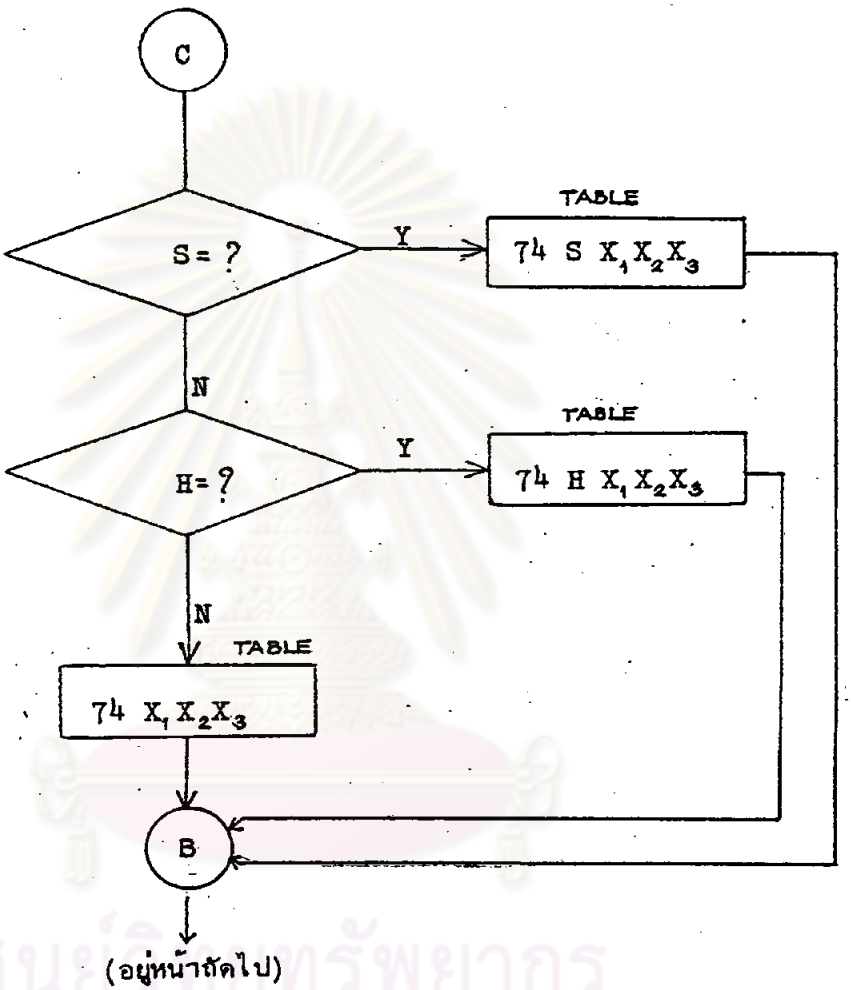
๙. รอว่ามีใครกดปุ่ม CONT หรือปุ่ม CLEAR ถ้ากดปุ่ม CONT ก็กลับไปทำขั้นตอนที่ ๖ และถ้ากดปุ่ม CLEAR ก็จะ CLEAR DISPLAY/FLAG ทั้งหมดแล้วไปเริ่มต้นที่ขั้นตอนที่ ๑ ใหม่

ก.๒.๔ FLOW CHART ที่ ก.ก เป็นFLOW CHART ของโปรแกรมถอดรหัสเบอร์ IC

FLOW CHART ที่ ก.ก DECODE IC NUMBER



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อธิบาย FLOW CHART ที่ ๓.๓ มีขั้นตอนดังนี้

๑. เอาค่าใน MEMORY ที่เก็บค่าที่ KEY เบอร์ IC เข้ามา ADDRESS แรกคือ 4EØØ (DIGIT ที่ ๑)

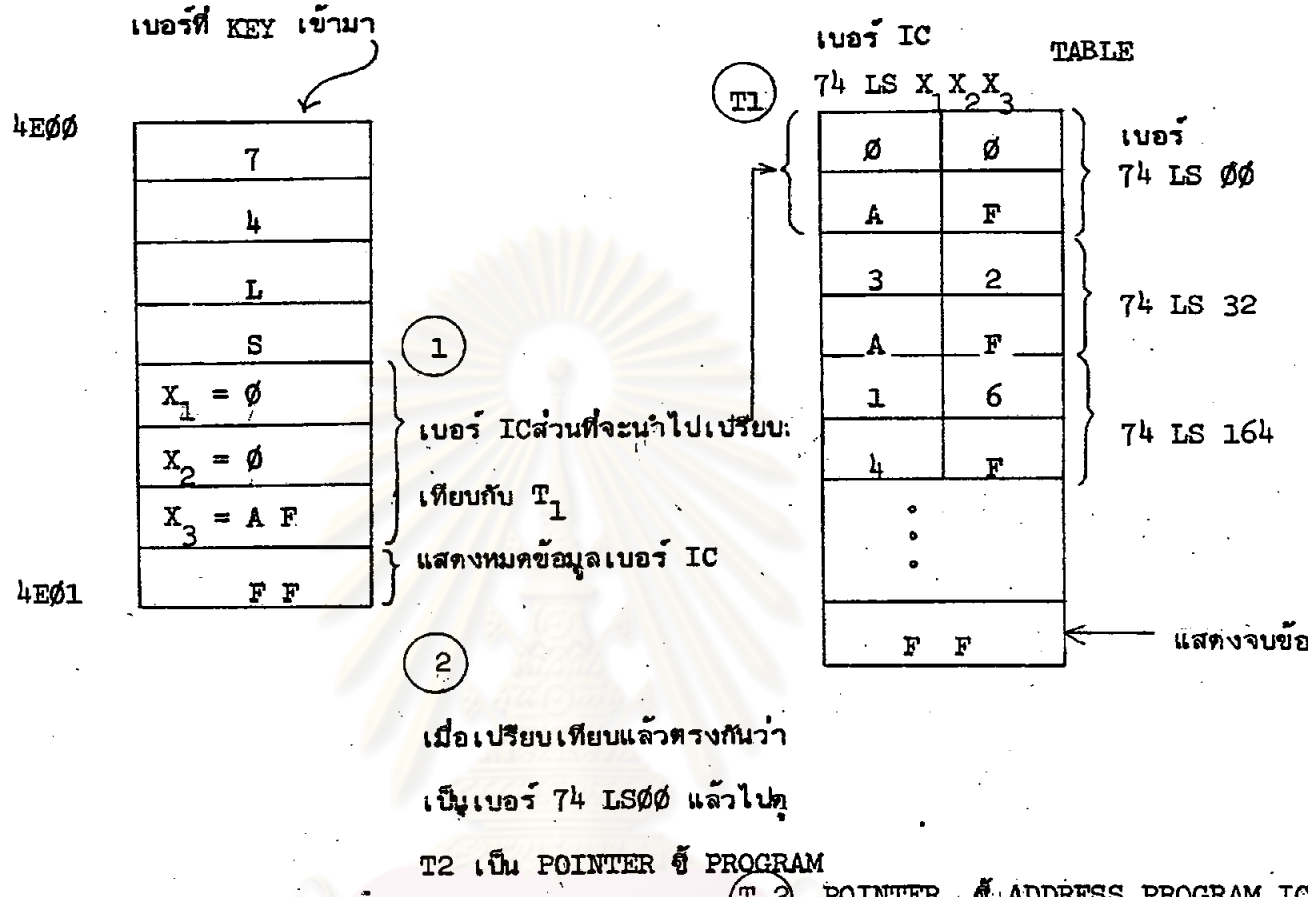
๒. ตรวจดูว่า เป็นเลข ๕ หรือ เลข ๗ หรือไม่ ถ้าไม่ใช่ทั้ง ๒ หมายเลข ก็แสดงผลออกมาว่า UNKNOWN IC ถ้ากดเลข ๕ หรือเลข ๗ เข้ามาก็ตรวจต่อไป

๓. ตรวจดูว่าเลข DIGIT ที่ ๒ จาก MEMORY ADDRESS 4EØ1 ว่ามีค่า =เลข ๔ หรือไม่ ถ้าไม่ใช่แสดงผลออกมาว่า UNKNOW IC ถ้าเป็นเลข ๔ ก็ตรวจต่อไปว่า DIGIT ถัดไปเป็นอะไร

๔. LOAD ค่าจาก MEMORY ADDRESS 4EØ2ซึ่งเก็บ DIGIT ที่ ๒ ตรวจดูว่าเป็น C หรือ L หรือไม่ ถ้าเป็น C ก็ไป TABLE ของ CMOS IC (74C $X_1X_2X_3$) แล้วไปทำการตรวจหมายเลข ๓ ตัวสุดท้ายถัดไปที่ขั้นตอน (B)ถ้า DIGIT ที่ ๓ เป็น L ก็ตรวจ DIGIT ต่อไปว่าเป็นอักษรตัว S หรือไม่ ถ้าไม่ใช่ไป TABLE ของ 74L $X_1X_2X_3$ แล้วไปทำขั้นตอนที่(B) และถ้าเป็นอักษรตัว S ไป TABLE 74LS $X_1X_2X_3$ แล้วไปทำขั้นตอนที่(B)เช่นกัน ส่วนใน DIGIT 3 ไม่ใช่ ตัว C และตัว L แล้วไปตรวจต่อไปว่าใช่ตัวอักษร S หรือ Hหรือไม่ถ้าใช่อักษรตัว S ก็ไป TABLE ที่ 74S $X_1X_2X_3$ และถ้าเป็นตัว H ก็ไป TABLE 74H $X_1X_2X_3$ แล้วทั้งสองก็ไปทำขั้นตอนที่(B) เช่นกัน ส่วนถ้าไม่ได้ DIGIT ที่ ๓ ไม่ใช่ S หรือ H ก็ไป TABLE 74 $X_1X_2X_3$ แล้วไปทำขั้นตอนที่(B)ต่อไป

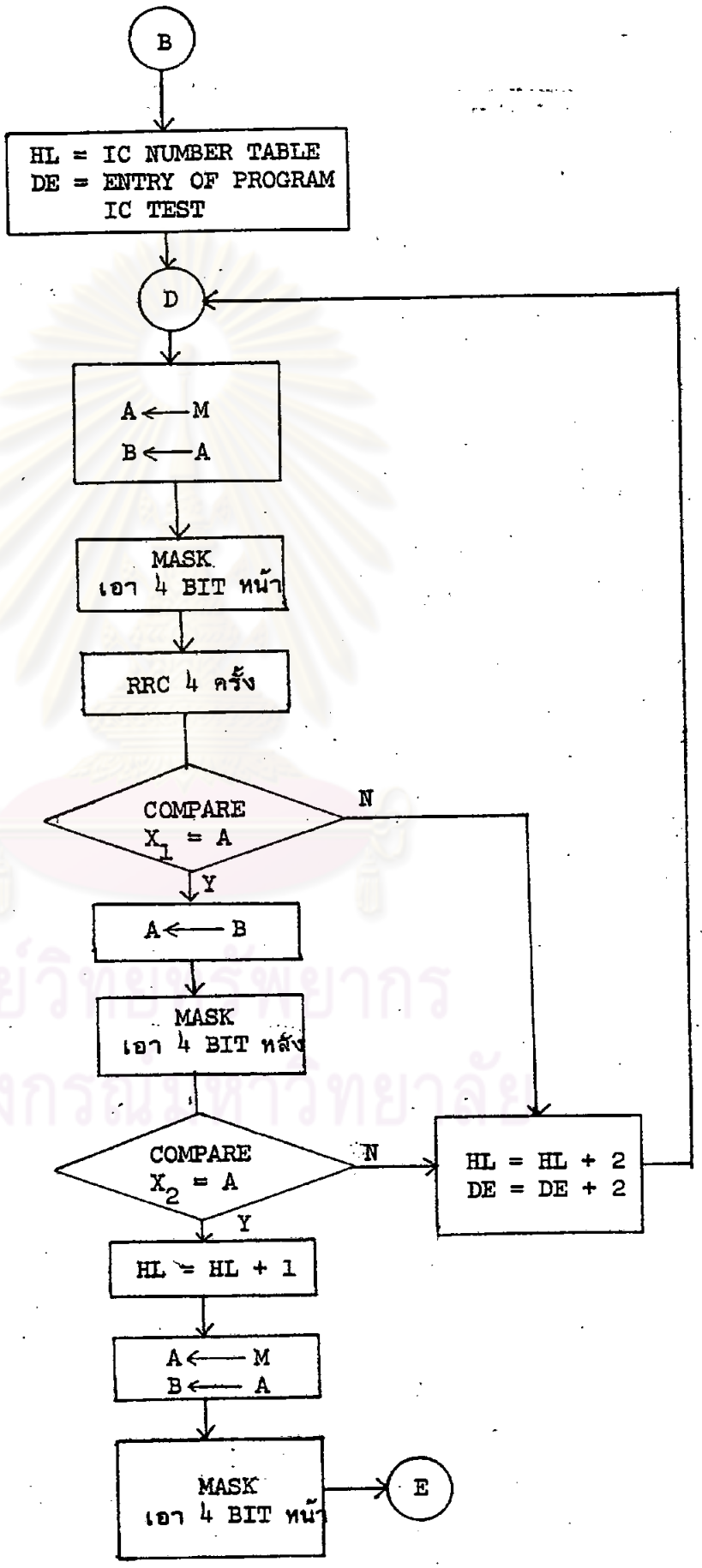
หมายเหตุ ขั้นตอน(B)จะอยู่ใน FLOW CHART ที่ ๓.๔ ซึ่งขั้นตอน(B)นี้ จะเป็นการถอดรหัส ๓ ตัว สุดท้ายว่าไป POINTER ชี้ที่ PROGRAM ใดในการทดสอบเบอร์ที่กดเข้ามา

เมื่อโปรแกรมถอดรหัสเบอร์ IC ว่าเป็น TABLE ของเบอร์ IC ใดแล้ว จะถอดรหัสต่อไปอีก ๓ ตัวหลังว่าจะไปทำ PROGRAM ใด ดังตัวอย่างต่อไปนี้ (รูปที่ ๓.๔๘)

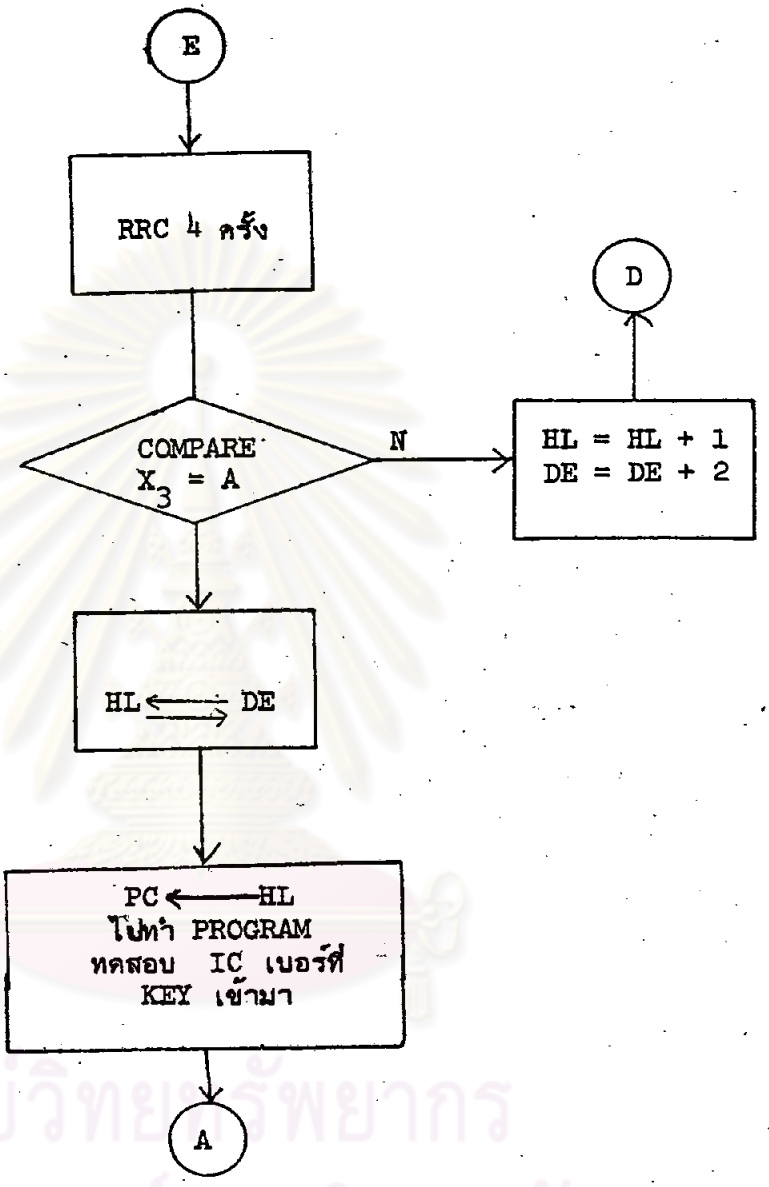


รูปที่ ๓.๔๘ แสดงการตรวจเปรียบเทียบเบอร์ IC แล้วทำ POINTER ชี้ไปที่ PROGRAM ใด

FLOW CHART ที่ ๓.๔ จะแสดงการถอดรหัส ๓ ตัว หลัง (X_1 X_2 X_3) และไปทำการทดสอบตาม PROGRAM ใน TABLE T_2



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

อธิบาย FLOW CHART ที่ ๓.๔ เป็นขั้นตอน (B)มีขั้นตอนดังนี้

๑. SET ค่าHL= ค่าของ IC NUMBER TABLE 3DIGIT สุดท้าย และ SET ค่า DE= เป็น ENTRY ชี้ PROGRAM ที่จะทดสอบ HL-POINTER ชี้ T_1 และ DE-POINTER ชี้ T2

๒. เอาค่าจาก M เข้ามาไว้ที่ A และ SAVE A ไว้ที่ B ลักษณะ LOAD จาก TABLE T1

๓. MASK เอา 4BIT หน้า แล้ว ROTATE ไปทางขวา ๔ ครั้ง

๔. เปรียบเทียบค่า X_1 กับ TABLE T1 ที่ ROUTATE แล้วนั้น ถ้าไม่เท่ากันก็เพิ่มค่า HL=HL+2 และ DE=DE+2 คือไปดู TABLE T1 ค่าต่อไปว่าเป็นเบอร์ตรงกันหรือไม่ แล้วกลับไปขั้นตอนที่ ๒ ใหม่ และถ้า X_1 ดังกล่าวแล้วมีค่า =A เอาค่า B ที่ SAVE ไว้ไปเก็บไว้ในที่ A เพื่อจะตรวจ DIGIT ต่อไปคือ X_2 โดย MASKค่า A เอาเฉพาะ 4BIT หลังแล้วเปรียบเทียบว่าตรงกับ 4 BIT หลังหรือไม่ ถ้าไม่ตรงเพิ่มค่า HL=HL+2 และ DE=DE+2 แล้วกลับไปทำขั้นตอนที่ ๒ ใหม่

๕. เปรียบเทียบค่า X_2=A แล้ว เพิ่มค่า HL=HL+1 เพื่อจะตรวจ DIGIT ถัดไปคือค่า X_3 เอาค่า จาก TABLE T1 BYTEถัดไป เก็บไว้ที่ A แล้ว SAVE ไว้ที่ B ด้วย ตรวจว่า X_3 มีค่าเท่ากับ 4 BITหน้าของ TABLE BYTE ที่ ๒ หรือไม่ โดยการ MASK เอา 4 BIT หน้าจาก TABLE T1 แล้ว ROTATE ไปทางขวาอีก ๔ ครั้ง แล้วเปรียบเทียบถ้าผลที่ไม่ตรงก็เพิ่มค่าHL=HL+1 และ DE=DE+2 แล้วไปทำขั้นตอนที่ ๒ ใหม่ แต่ถ้าเปรียนเทียบแล้วถูกต้องตรงกัน แล้ว สลับค่า HL กับ DE กันแล้ว เปลี่ยนค่า PROGRAM COUNTERให้ไปทำ PROGRAM ที่มีค่าADDRESS ตรงกับค่า HL นั่นคือ เป็นการ JUMP ไป ทำโปรแกรมทดสอบ IC ใน TABLE T2 นั่นเอง ในลักษณะดังกล่าวมาแล้ว เมื่อได้ PROGRAM แล้วภายใน PROGRAM จะมีลักษณะตามขั้นตอนที่ (A)ใน FLOW CHART ที่ ๓.๒

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

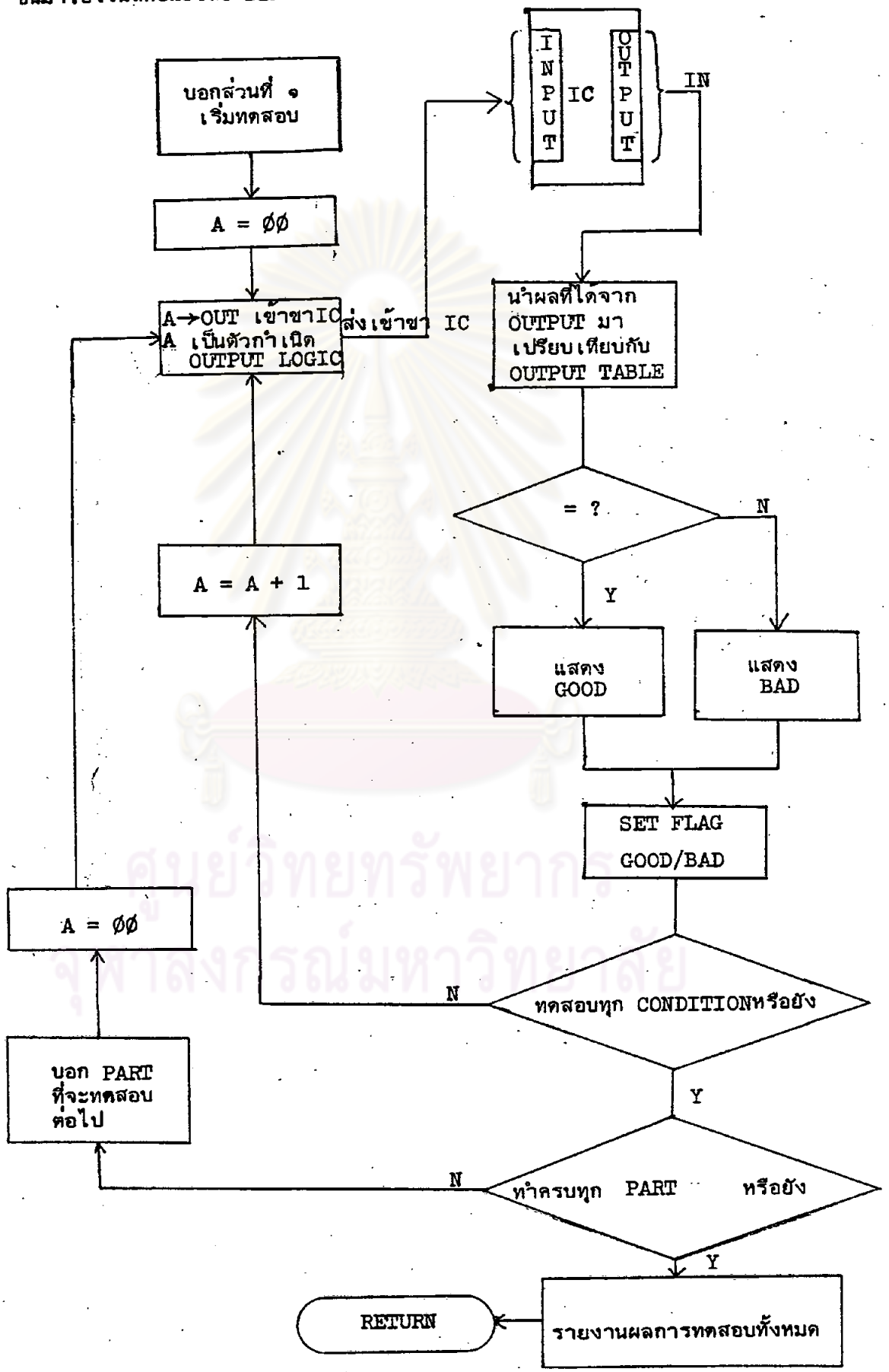
๓.๒.๔ โปรแกรมทดสอบแบ่งออกเป็น ๒ วิธี คือ

วิธีที่ ๑ ได้แก่โปรแกรมทดสอบ IC ประเภทต่าง ๆ ตั้งแต่ประเภทที่ ๑ ถึง ประเภทที่ ๘ (อยู่ในภาคผนวก ก.) ซึ่งเป็นลักษณะให้ MPU กำเนิดสัญญาน INPUT LOGIC ขึ้นมาเองในลักษณะเลข BINARY แล้วส่งเข้าขา IC ดัง FLOW CHART ที่ ๓.๔ ลักษณะโปรแกรมนี้จะต้องเขียนเฉพาะกลุ่มของเบอร์ IC ต่าง ๆ ที่มีลักษณะขา INPUT และ OUTPUT คล้ายกัน แต่ GATE ต่างชนิดกัน และมี OUTPUT TABLE ที่ต่างกันออกไป โปรแกรมวิธีนี้จะยาวหรือสั้น ขึ้นอยู่กับจำนวน PART ของ IC ที่นำมาทดสอบ และจำนวน CONDITION ต่าง ๆ ในการทดสอบ (FLOW CHART ของโปรแกรมทดสอบ IC ประเภทต่าง ๆ จะอยู่ในภาคผนวก ก. เช่นกัน)

วิธีที่ ๒ ได้แก่โปรแกรมทดสอบ IC ประเภทที่จะต้องเตรียม INPUT LOGIC และ OUTPUT LOGIC ไว้ใน TABLE เมื่อโปรแกรมเริ่มทดสอบ โปรแกรมจะนำ INPUT LOGIC จาก TABLE ส่งเข้าขา IC ที่ละ STEP และแต่ละ STEP ก็จะเปรียบเทียบกับผลที่ได้กับ OUTPUT TABLE ว่าตรงกันหรือไม่ แล้วแสดงผลว่า GOOD หรือ BAD ออกมา แต่ละ STEP หลังจากทดสอบครบทุก CONDITION ก็แสดงผลสรุปอีกครั้งเช่นกัน วิธีนี้เป็นวิธีที่นำไปใช้กับการทดสอบแบบ MANUAL อีกด้วย ลักษณะ FLOW CHART ของโปรแกรมนี้จะอยู่ใน FLOW CHART ที่ ๓.๖ โปรแกรมนี้จะสามารถทดสอบ IC ได้ทุกเบอร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FLOW CHART ที่ ๓.๔ โปรแกรมทดสอบ IC วิธีที่ ๑ แบบให้ MPU กำเนิดสัญญาณ INPUT LOGIC ขึ้นมาเองในลักษณะเลข BINARY



อธิบาย FLOW CHART ที่ ๓.๕ เป็นการทดสอบวิธีที่ ๒ มีขั้นตอนดังนี้

๑. บอกส่วนที่ ๑ (PART 1)ก่อน เริ่มทดสอบว่ากำลังจะทดสอบส่วนที่ ๑

๒. CLEAR A=ØØ,A เป็นตัวเก็บข้อมูลที่กำเนิด INPUT LOGIC ที่ป้อนเข้าขา IC

๓. ส่ง INPUT LOGIC เข้าขา INPUT ของ IC

๔. รับผลที่ได้จาก OUTPUT และนำผลที่ได้จาก OUTPUT มาเปรียบเทียบกับ OUTPUT TABLE ว่าตรงกันหรือไม่

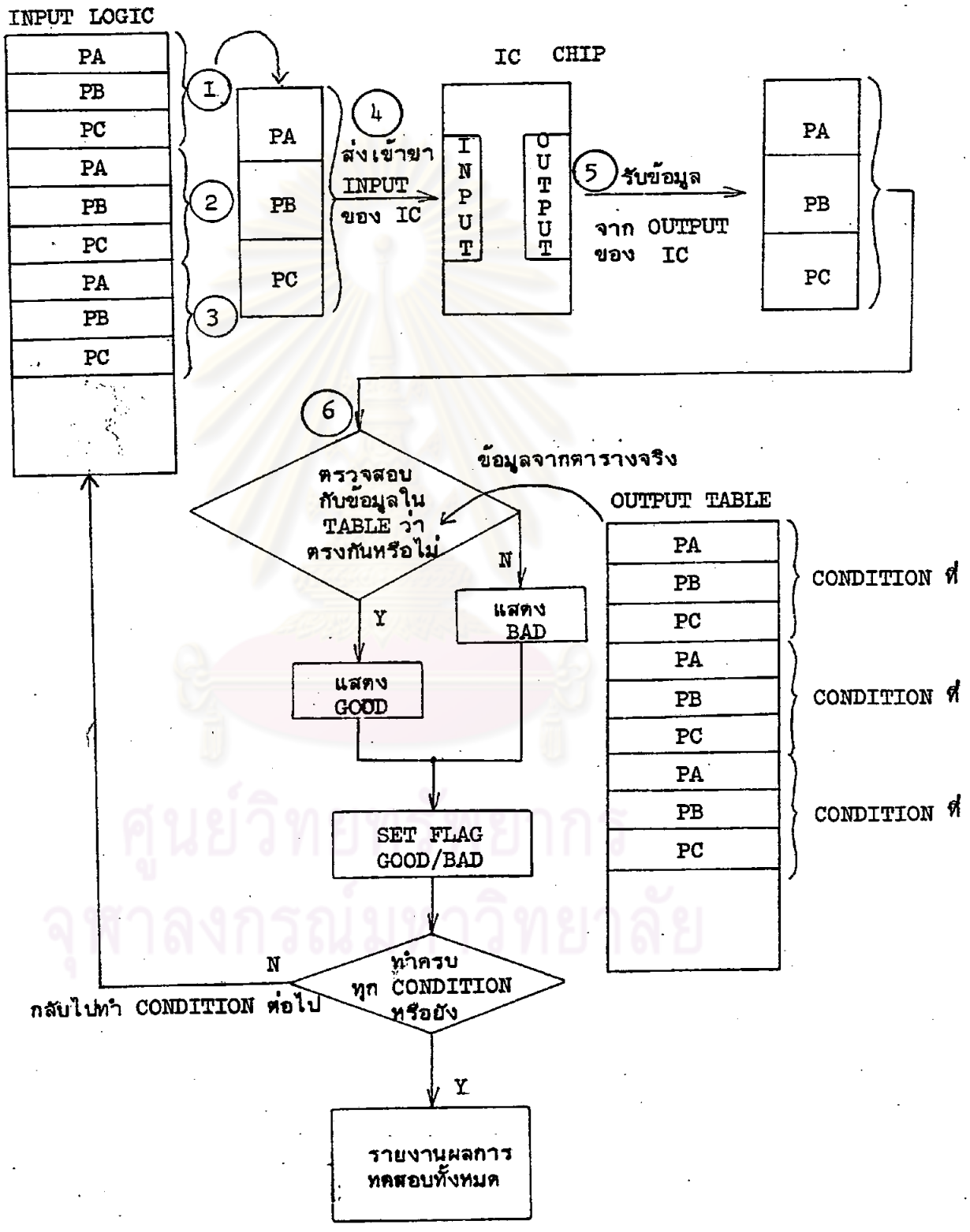
๕. ถ้าตรงกันก็แสดงผลว่า GOOD ถ้าไม่ตรงกันก็แสดงผลว่า BAD แล้ว SET FLAG GOOD/BAD ไว้ตอนสรุปผลภายหลังจะได้เอาผลที่ทดสอบแต่ละ CONDITION มาสรุปอีกครั้ง

๖. ตรวจว่าทดสอบทุก CONDITION หรือยัง ถ้ายังก็กลับไปเพิ่มค่า A อีก ๑ หมายถึงค่าเลข BINARY อีก ๑ แล้วกลับไปขั้นตอนที่ ๓ และถ้าทำครบทุก CONDITION แล้ว ไปทำขั้นนอนที่ ๗

๗. ทำการตรวจดูว่า ทำครบทุก PART หรือยัง ถ้าทำครบทุกส่วนแล้วไปสรุปผลการทดสอบทั้งหมดแล้ว RETURN ถ้าทำยังไม่ครบทุก PART ก็บอกให้ผู้ใช้รู้ว่าจะทดสอบ PART ที่เท่าไร ต่อไปแล้ว CLEAR A=ØØ เพื่อเริ่มต้น CONDITION แรกใหม่ แล้ว กลับไปทำขั้นตอนที่ ๓ ใหม่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

FLOW CHART ที่ ๓.๖ FLOW CHART ของโปรแกรมทดสอบ IC วิธีที่ ๒



อธิบาย FLOW CHART ที่ ๓.๖ เป็นการทดสอบวิธีที่ ๒ มีขั้นตอนดังนี้

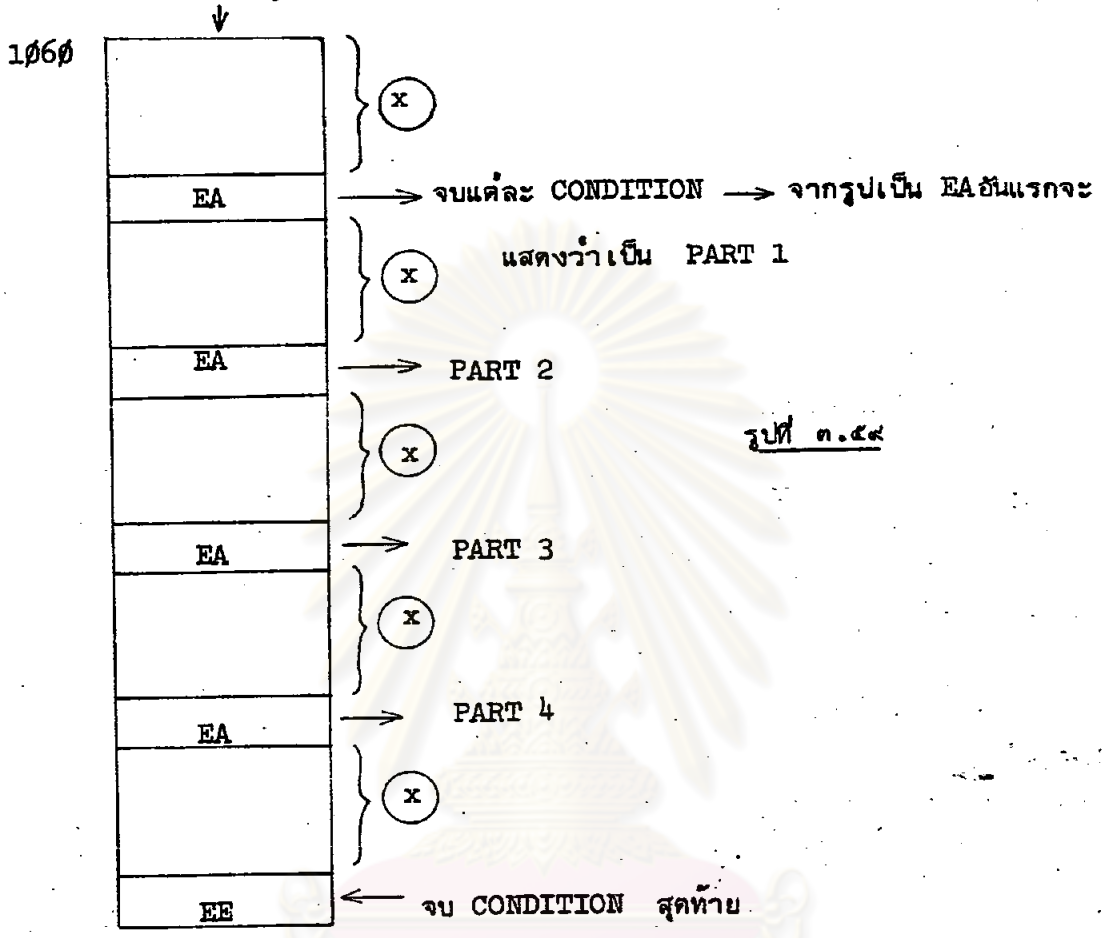
๑. เอาข้อมูลจาก INPUT LOGIC TABLE ที่จะส่งเข้าขา IC 3 BYTEแรกมาก่อน โดยที่แต่ละ BYTE จะตรงกับ PORT A, PORT B และ PORT C ตามลำดับ เมื่อเอาข้อมูลจาก MEMORY ใน TABLE แล้วส่ง INPUT LOGIC เข้าขา IC ที่ขา INPUT ต่าง ๆ
(หมายเหตุ PORT A, B และ C เป็น PORT ในวงจร INPUT/OUTPUT /PIN SELECTOR)

๒. รับผลกลับจากขา OUTPUT ของ IC ทาง PORT A, B และ Cของวงจร INPUT/OUTPUT/PIN SELECTOR เช่นเดียวกัน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาเปรียบเทียบ กับตาราง OUTPUT TABLE ถ้าผลที่ได้ตรงกัน แสดงว่า GOOD และ ถ้าผลที่ได้ ไม่ตรงกันกับทั้ง 3 PORT ก็แสดงผลว่า BAD และ SET FLAG GOOD/BAD เช่นเดียวกันกับวิธีที่ ๑

๓. ตรวจสอบว่าทำครบทุก CONDITION หรือยัง ถ้าไม่ครบกลับไป LOAD ข้อมูล INPUT LOGIC ตัดไป แล้วส่งสัญญาณเข้าขา IC เหมือนขั้นตอนเดิม ทำจนกระทั่งครบทุก CONDITION แล้ว MPU จะรายงานผลการทดสอบทั้งหมดว่า GOOD หรือ BAD อีกครั้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แสดงที่เก็บข้อมูลผลการทดสอบแต่ละ CONDITION และแต่ละ PART ดังรูปที่ ๓.๕๙



รูปที่ ๓.๕๙

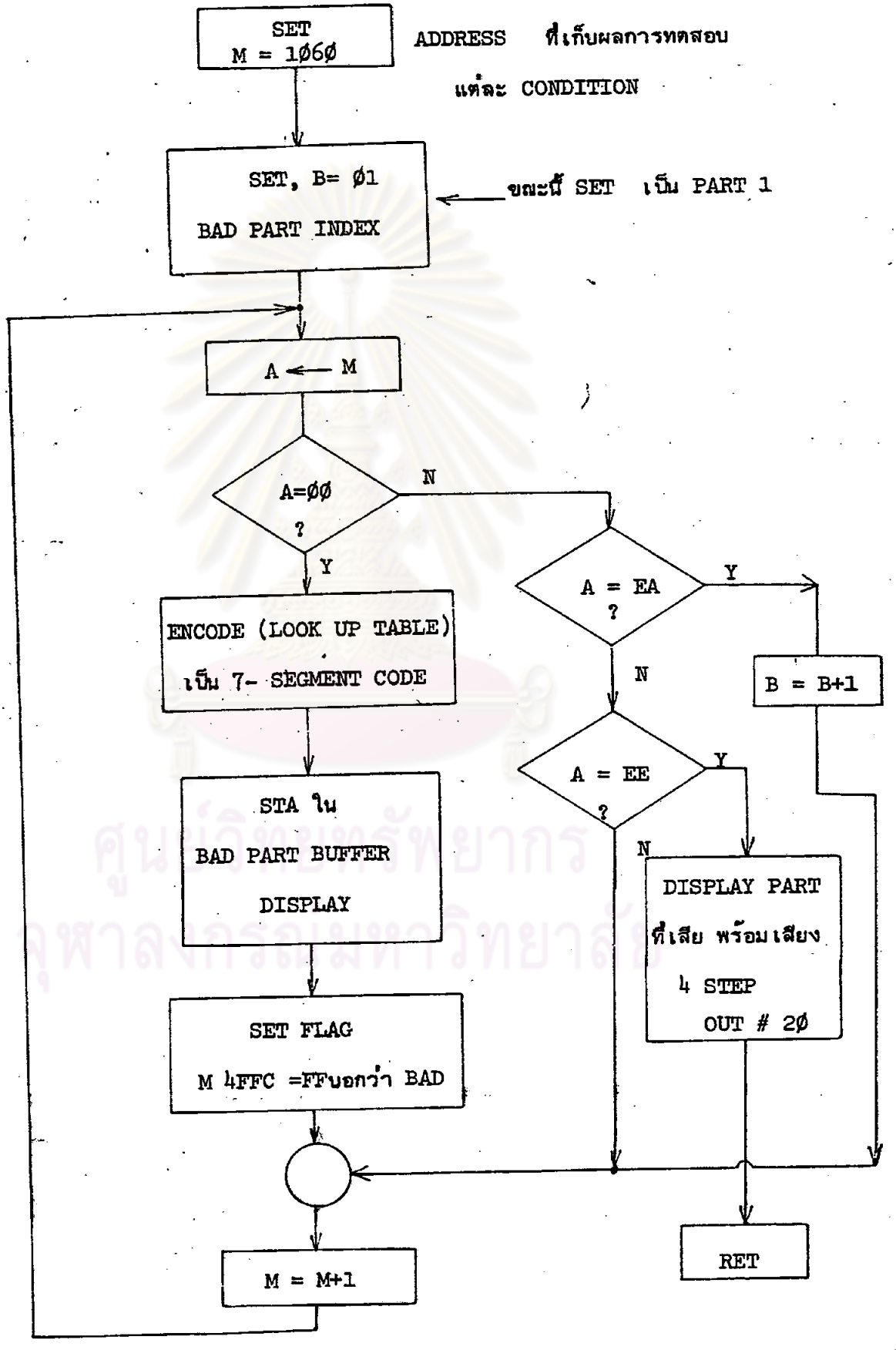
x = ถ้าเป็น

ØØ = BAD

FF = GOOD

หลังจากได้เก็บผลการทดสอบของแต่ละ CONDITION แล้ว ก็จะสรุปผลการทดสอบทั้งหมด โดยมีขั้นตอนตาม FLOW CHART ที่ ๓.๗

FLOW CHARTที่ ๓.๗ เป็น FLOW CHART ของ PROGRAM รายงานผลการทดสอบทั้งหมด



อธิบาย FLOW CHART ที่ ๓.๗ มีขั้นตอนดังนี้

๑. SET ค่า MEMORY ที่ 1Ø6Ø เป็น ADDRESS เริ่มต้น ที่เก็บผลการทดสอบแต่ละ CONDITION

๒. SET ค่า B=Ø1,B จะเป็นตัวบอก PART ที่เสีย ขณะนี้ SET เป็น PART ที่ 1

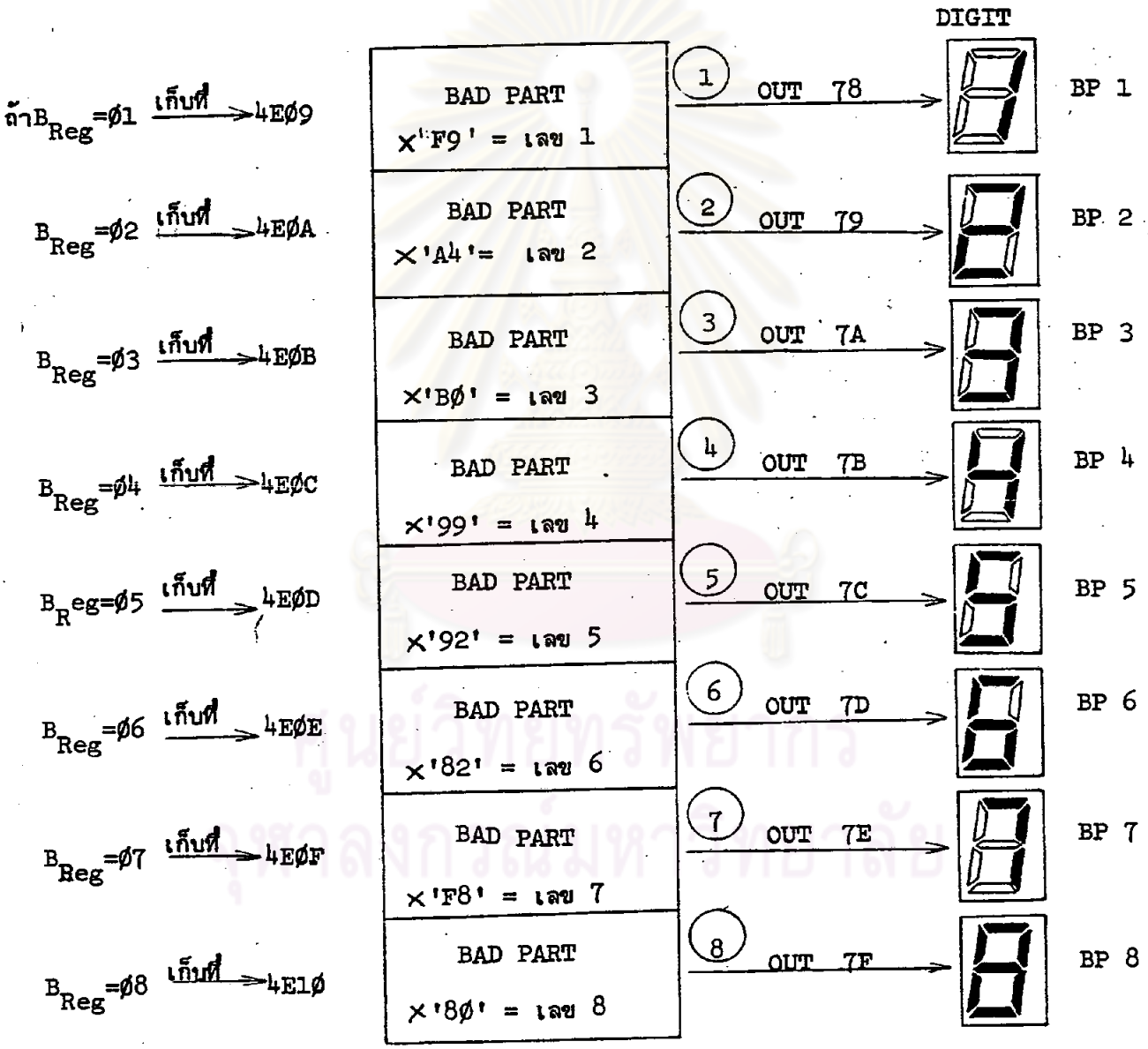
๓. เอาผลการทดสอบแต่ละ CONDITION จาก MEMORY มาเก็บไว้ที่ A

๔. เปรียบเทียบดูว่า A มีค่า=ØØ หรือไม่ ถ้าเป็นก็แปลงรหัสเป็น 7-SEGMENT แล้ว SAVE ไว้ใน BAD PART BUFFER DISPLAYแล้ว SET FLAG BAD ที่ ADDRESS 4FFC ให้เป็น FF แล้วไปทำเป็นขั้นตอนที่ ๔ ถ้าเปรียบเทียบ A มีค่าไม่เท่ากับ ØØ ตรวจว่า A=EA หรือ EE หรือไม่ ถ้าเท่ากับ EA ก็เพิ่มค่า B=B+1 (บอกเป็น PART ต่อไป) แล้วไปทำขั้นตอนที่ ๔ ถ้าเป็นA=EE ก็จะ DISPLAY PART ที่เสียพร้อมเสียง 4 STEP ทาง DEVICE#2Ø ด้วยคำสั่ง OUT 2Ø แล้ว RETURN แต่ถ้าไม่ใช่ทั้ง EA และ EE ก็ไปทำขั้นตอนที่ ๔

๕. เพิ่มค่า M=M+1 คือเลื่อนไป ADDRESS ถัดไป แล้วกลับไปทำขั้นตอนที่ ๓ ใหม่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลักษณะการ STA เมื่อรู้ว่า PART ใดเสียเก็บใน MEMORY และ DISPLAY ออก 7-SEGMENT ดังรูปที่ ๓.๖๐

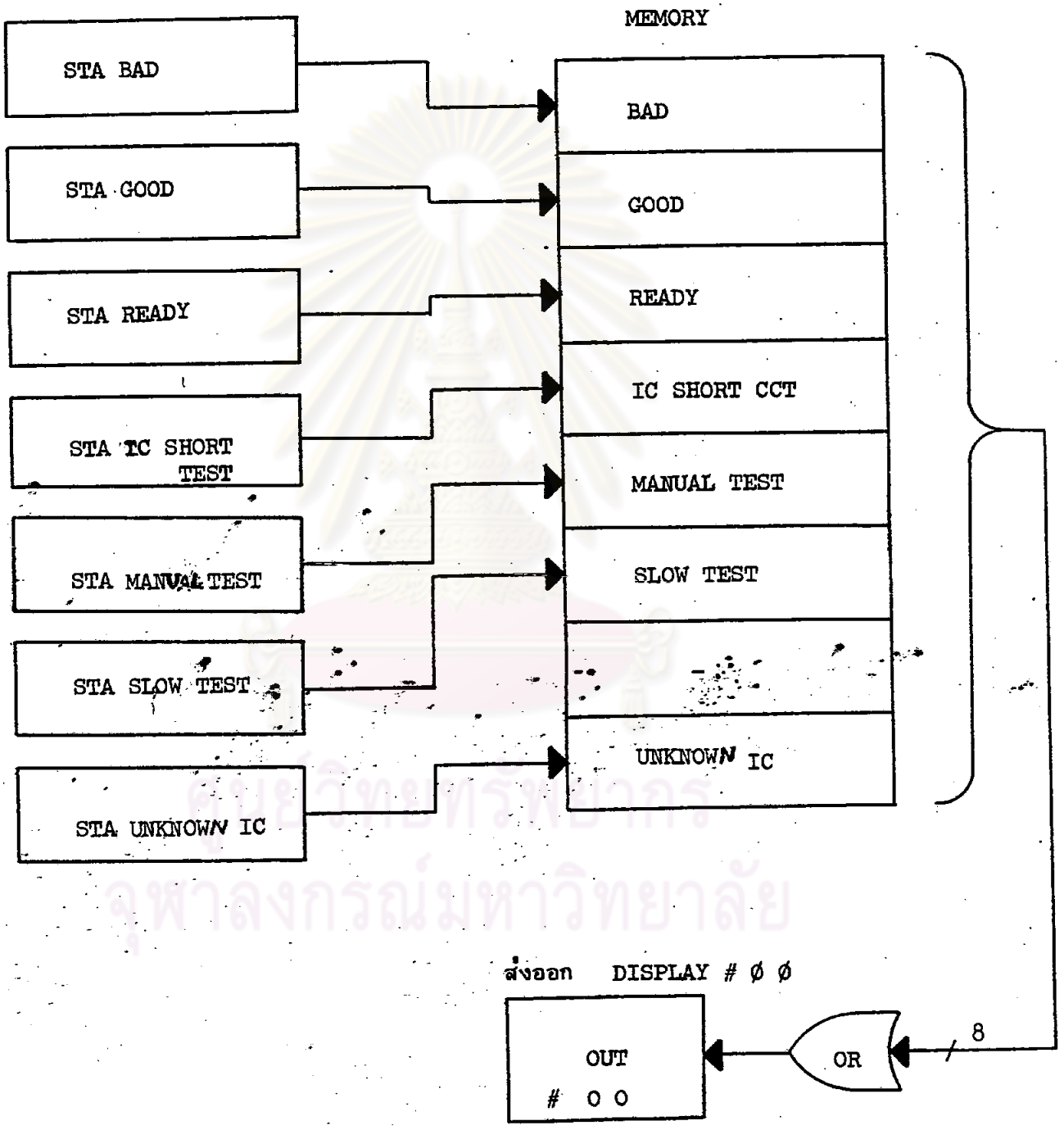


รูปที่ ๓.๖๐

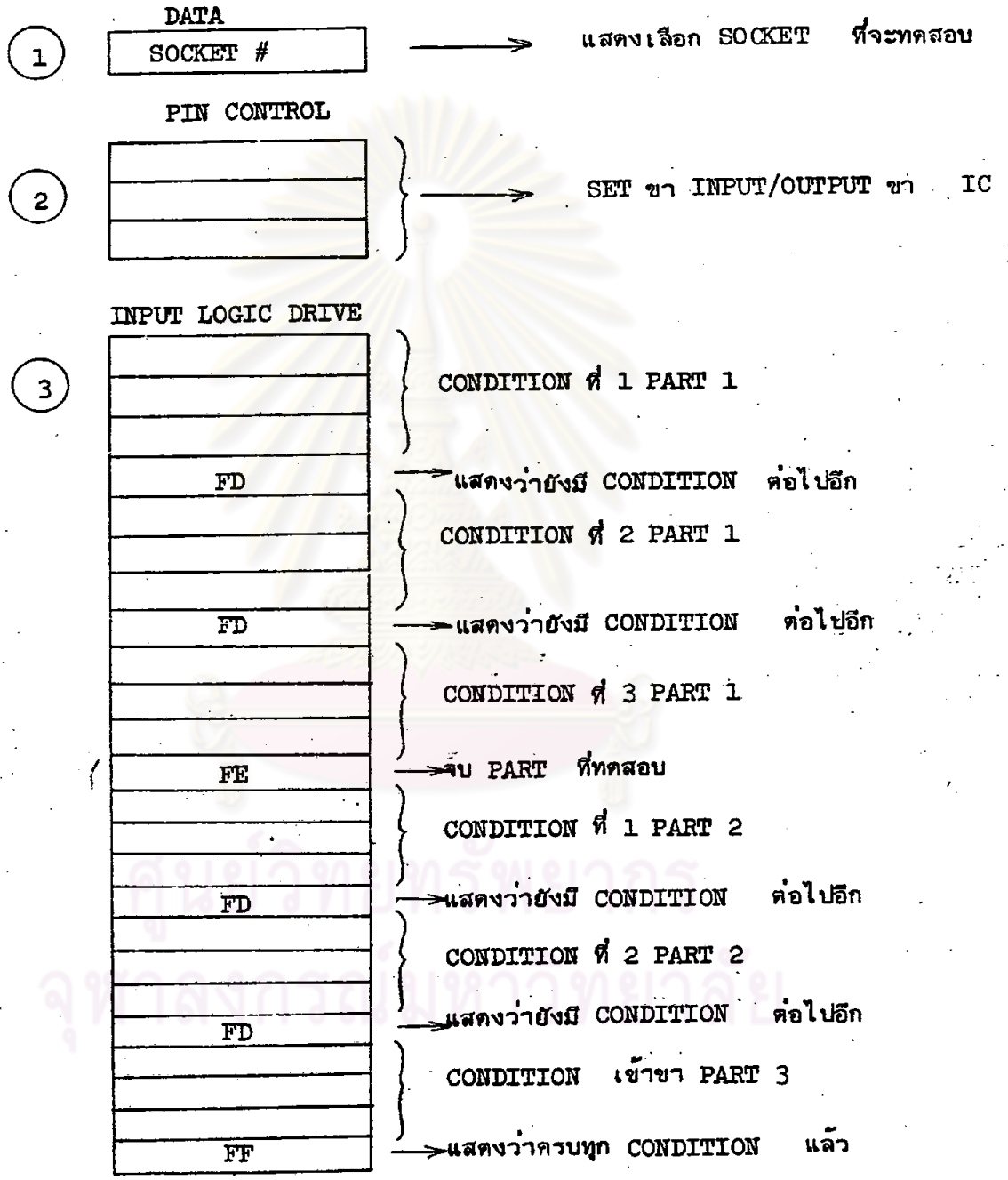
การแสดงลักษณะแนวทางของโปรแกรมแสดง

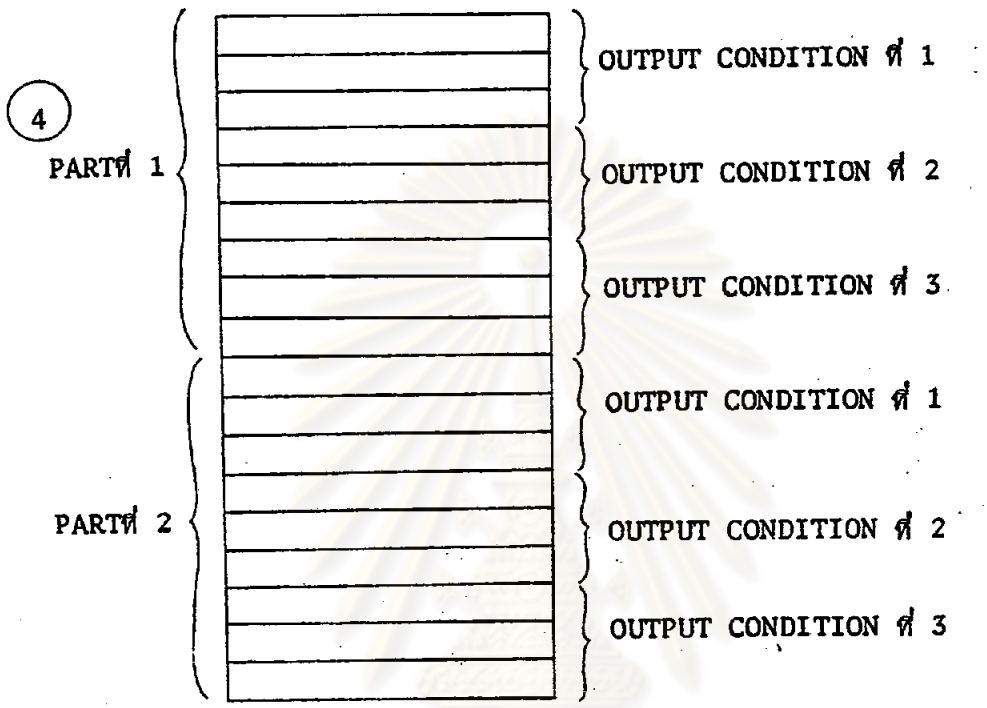
DISPLAY GOOD/BAD/ READY/ IC SHORT CCT/

MANUAL TEST/ SLOW TEST/ UNKNOWN IC ดังรูปข้างล่างนี้



การทดสอบแบบ MANUAL จะต้องป้อนข้อมูล ดังนี้





ลักษณะการ SET ขาต่าง ๆ ตามรูปที่ ๓.๑๙ ถึงรูปที่ ๓.๒๕ ใน SOCKET ทั้ง ๗ แบบ ว่า BIT ใดตรงกับขาใดและเป็น PORT อะไร

ชื่อ PORTที่ขับเข้าขา IC

- EØ ตรงกับ PORT A
- E1 ตรงกับ PORT B
- E2 ตรงกับ PORT C

ชื่อ PORT ที่รับเข้าระบบ

- DØ ตรงกับ PORT A
- D1 ตรงกับ PORT B
- D2 ตรงกับ PORT C

ชื่อ PORT ที่ SET PIN CONTROL

- FØ ตรงกับ PORT A
- F1 ตรงกับ PORT B
- F2 ตรงกับ PORT C

ขั้นตอนการทำงานของการทดสอบแบบ MANUAL หลังจากได้ป้อนข้อมูลให้กับระบบ ดังนี้

๑. เครื่องจะแสดง SOCKET #

๒. เครื่องจะ SET PIN CONTROL

๓. เครื่องจะส่ง INPUT LOGIC เข้าขา IC ตามข้อมูลที่ SET ไว้

๔. เครื่องจะรับข้อมูลแล้วประมวลผลการทดสอบ

๕. ทดสอบจนครบทุก CONDITION แล้วสรุปผลการทดสอบทั้งหมด

สรุป การออกแบบทั้ง HARDWARE และ SOFTWARE ได้นำไปจัดสร้าง ในส่วนของ HARDWARE ในบทที่ ๔ และเขียนโปรแกรมทั้งหมดอยู่ในภาคผนวก ข.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย