บทที่ 6

การสร้างเครื่องต้นแบบ และทดสอบการทำงาน

บทนี้กล่าวถึงระบบฮาร์ดแวร์รวมถึงคู่มือการติดตั้งสำหรับอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์

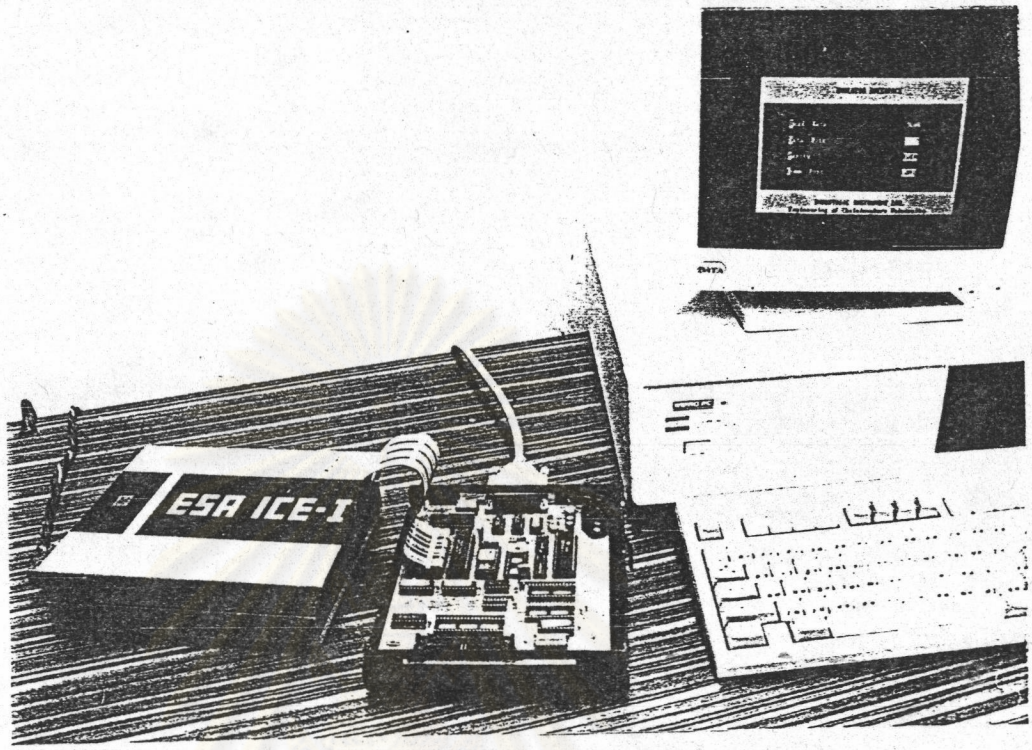
การสร้างเครื่องต้นแบบ

จากการออกแบบฮาร์ดแวร์ที่ได้กล่าวแล้ว ในการนำมาใช้งานจริงเราจะต้องสร้างเครื่องต้นแบบตามวงจรที่ออกแบบไว้ และเขียนโปรแกรมควบคุมใส่ไว้ในหน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมสำหรับคอนโทรลซีพียู จากนั้นจึงต่อสายเข้ากับระบบเป้าหมายเพื่อทดลองใช้งานแทนไมโครโปรเซสเซอร์ที่อยู่บนระบบเป้าหมาย

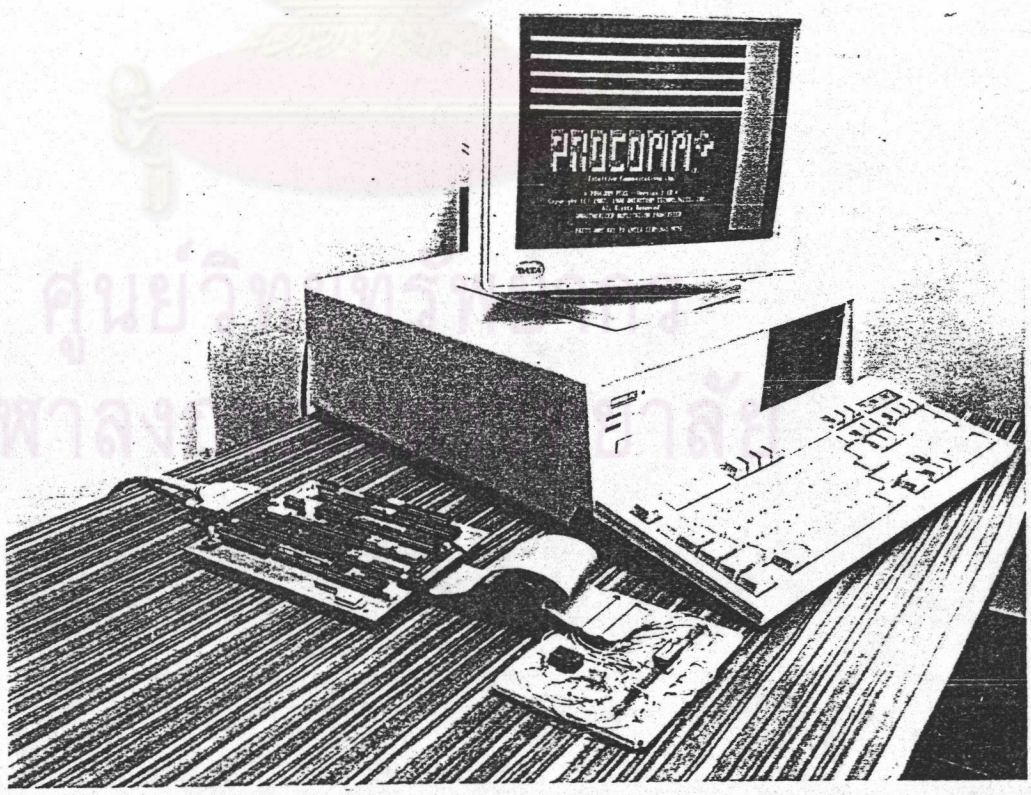
ในงานวิจัยนี้มีการสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อทดลองในขั้นตอนต่างๆ หลายครั้ง โดยในช่วงแรกได้ต่อวงจรตามที่ออกแบบโดยเศรษฐา พันธุ์เพ็ง (2532) ซึ่งเป็นอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ที่ใช้หลักการควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยสัญญาณ WAIT วงจรของเครื่องนี้เป็นวงจรที่ไม่ซับซ้อน การควบคุมการทำงานส่วนใหญ่ใช้ซอฟต์แวร์แทนฮาร์ดแวร์ในหลายคำสั่งจึงไม่สามารถให้อีมูเลชันซีพียูทำงานตามเวลาจริงได้ เราจึงไม่สามารถใช้งานวงจรนี้ในระบบที่เราออกแบบใหม่ แต่วงจรในส่วนติดต่อกับเทอร์มินอลเป็นวงจรมาตรฐานที่สามารถนำมาใช้งานได้จริง

ในช่วงนี้ได้เขียนโปรแกรมควบคุมขึ้นมาใหม่ เพื่อนำมาใช้งานทดสอบการติดต่อกับเทอร์มินอล และการควบคุมไมโครโปรเซสเซอร์ด้วยสัญญาณ WAIT ในการทดลองได้แทนที่คอนโทรลซีพียู 8085 ของเครื่องนี้ด้วยอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ ESA ICE-1 และเขียนโปรแกรมใส่ในหน่วยความจำแรมที่ต่อแทนรอมในระบบเป้าหมาย เพราะหน่วยความจำอีมูเลชันในเครื่องนี้มีเพียง 8 กิโลไบต์ ซึ่งไม่พอสำหรับการทดสอบโปรแกรมที่เขียนด้วยภาษาระดับสูง ในที่นี้คือภาษา PL/M เครื่องต้นแบบและการต่อทดสอบในช่วงนี้แสดงในรูป 6.1 หลังจากการทดสอบขั้นแรก เราจะได้โปรแกรมที่สามารถติดต่อกับเทอร์มินอลได้ โดยการรับคำสั่งและแสดงผลตามคำสั่งต่างๆ โดยยังไม่ควบคุมการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์อีมูเลชันซีพียูจริงๆ แต่เราก็ได้แนวความคิดที่จะปรับปรุงวงจรและโปรแกรมในส่วนนี้

ในขั้นที่ 2 ได้นำวงจรที่ออกแบบตามที่แสดงในบทที่ 4 เฉพาะส่วนที่ใช้สำหรับการพัฒนา Z-80 มาต่อทดลองบนแผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์และใช้อินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ ESA ICE-1



รูป 6.1 การใช้ ESA ICE-1 ทดสอบเครื่องต้นแบบเครื่องแรก



รูป 6.2 เครื่องต้นแบบเครื่องที่2 เป็นการต่อวงจรบนแผ่นวงจรพิมพ์อเนกประสงค์

แทนคอนโทรลซีพียู และทำการทดลองเขียนโปรแกรมที่ใช้ควบคุมฮาร์ดแวร์ เพื่อให้สามารถใช้งานได้จริงและทดลองต่อวงจรระบบเป้าหมายสำหรับทดสอบการทำงานของอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ที่ออกแบบขึ้นแสดงในรูป 6.2

เมื่อการทดสอบได้ผลเป็นที่น่าพอใจ จึงนำวงจรที่ออกแบบไปออกแบบเป็นแผ่นวงจรพิมพ์ เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานได้จริงและยังสะดวกในการผลิต การออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์นี้มีข้อพิจารณา คือ

1. เครื่องอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ต้องมีสายต่อมายังระบบเป้าหมาย เพื่อใช้แทนไมโครโปรเซสเซอร์ในระบบนั้น ตามที่มีผู้ออกแบบจะทำได้ 2 ลักษณะ คือ

1.1 ใช้สายต่อแบบธรรมดาโดยปลายด้านที่ต่อกับระบบเป้าหมายเป็นขั้วต่อ 40 ขา เหมือนขาไอซีไมโครโปรเซสเซอร์ การใช้งานแบบนี้จะทำงานได้ดีเมื่อสายต่อมีขนาดสั้นที่สุด โดยทั่วไปจะยาวไม่เกิน 30 เซนติเมตร แต่ถ้าเป็นอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์สำหรับไมโครโปรเซสเซอร์ที่มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา โดยต่อคริสตรัลโดยตรงกับขาไมโครโปรเซสเซอร์ จะไม่สามารถใช้สายยาวขนาดนี้กับการผลิตสัญญาณนาฬิกาแบบนี้ได้ ถ้าจะใช้ต้องใช้สายสั้นที่สุด

ข้อดีของการใช้วิธีนี้ คือ วงจรทั้งหมดจะอยู่ภายในกล่องที่เราออกแบบไว้ ผู้ใช้ไม่สามารถสัมผัสได้โดยง่าย จึงเกิดความเสียหายได้ยาก

ข้อจำกัดของวิธีนี้ คือ เครื่องอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ จำเป็นต้องต่อใกล้กับระบบเป้าหมายมากกว่าวิธีอื่น ถ้าออกแบบอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ให้มีขนาดใหญ่จะไม่สะดวกในการนำไปใช้งานจริง ถ้าเครื่องต้นแบบไม่สามารถยกมาใกล้ๆ อินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ได้

ได้มีผู้นำวิธีนี้มาใช้โดยการออกแบบสายต่อชนิดพิเศษ ที่มีการป้องกันสัญญาณรบกวนได้ดี ทำให้สามารถใช้สายที่มีขนาดยาวขึ้นได้เป็น 50 เซนติเมตร ทำให้นำไปใช้งานได้สะดวกขึ้น

1.2 ให้วงจรในส่วนที่มีไมโครโปรเซสเซอร์ต่ออยู่บนแผ่นวงจรพิมพ์ขนาดเล็กที่นำไปเสียบแทนไมโครโปรเซสเซอร์บนระบบเป้าหมายได้โดยตรง และมีวงจรบัฟเฟอร์ให้สัญญาณที่ติดต่อกับส่วนวงจรควบคุม ทำให้สามารถใช้สายต่อขนาดยาวต่อระหว่างเครื่องอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์กับระบบเป้าหมาย สายต่อที่ใช้ในวิธีนี้สามารถมีขนาดยาวได้ 1 เมตร แต่ต้องใช้สายที่มีการป้องกันการรบกวนอย่างดี

ข้อเสียของวิธีนี้ คือ วงจรที่มีไมโครโปรเซสเซอร์อีมูเลชันซีพียู อยู่ภายนอกกล่องทำให้ได้รับการกระทบกระเทือนทั้งจากทางกลและทางไฟฟ้าได้ง่าย มีโอกาสเสียหายง่ายกว่า และขั้วต่อที่อยู่บนระบบเป้าหมายยังมีขนาดใหญ่มากเมื่อเทียบกับวิธีแรก อาจ

จำกัดให้ไม่สามารถใช้งานในพื้นที่ที่คับแคบ เช่น บนแผงวงจรที่เสียบติดกันบนช่องเสียบใกล้ๆกัน การลดขนาดของขั้วต่อนี้จะต้องใช้วงจรรวมที่มีขนาดเล็ก ซึ่งหาซื้อได้ยากในประเทศไทย

ในการสร้างเครื่องต้นแบบที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เลือกใช้วิธีต่อสายธรรมดามายังระบบเป้าหมายเนื่อให้วงจรทั้งหมดที่ออกแบบรวมอยู่ภายในกล่องเดียวกัน ถ้าผู้ใช้ต้องการใช้สายยาวกว่าปรกติจะต้องหาสายชนิดพิเศษมาต่อแทนสายที่มีให้

2. จากการเลือกการต่อสายในข้อ 1 เราจำเป็นต้องสร้างให้อินเซอร์กิตอิมูเลเตอร์มีขนาดเล็ก เพื่อให้สามารถวางใกล้เครื่องต้นแบบได้ง่าย

อินเซอร์กิตอิมูเลเตอร์มีการใช้งานประเทศไทยเป็นจำนวนน้อย การออกแบบสร้างกล่องที่เหมาะสมเลือกได้ 3 วิธี คือ

2.1 ใช้กล่องมาตรฐานสำหรับใส่วงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่มีจำหน่ายทั่วไป ข้อดีของวิธีนี้ คือ ราคาถูกและแข็งแรงแต่มีแบบให้เลือกไม่มากนักจึงไม่สามารถทำให้ดูแปลกตาหรือน่าใช้ได้

2.2 ออกแบบเฉพาะแล้วจ้างผู้ผลิตที่รับงานผลิตกล่องจำนวนน้อย ซึ่งมีให้เลือกทั้งวัสดุพลาสติกและโลหะ ข้อดี คือ สามารถออกแบบให้สวยงามตามที่ต้องการ แต่ราคาจะแพงโดยเฉพาะเมื่อผลิตจำนวนน้อยๆ และหาผู้รับผลิตยาก

2.3 ออกแบบเฉพาะแล้วสร้างกล่องขึ้นด้วยตัวเอง ข้อเสีย คือ มีความยุ่งยากต้องใช้ความสามารถเฉพาะตัว อาจจะไม่สวยงามตามที่ต้องการ

ในการสร้างอินเซอร์กิตอิมูเลเตอร์ในงานวิจัยนี้เลือกใช้กล่องมาตรฐานสำหรับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยต้องเลือกหากล่องที่มีขนาดพอใส่วงจรที่ออกแบบได้พอดี และมีความสะดวกในการเอามาดัดแปลง ซึ่งจะกล่าวถึงหลังจากการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์แล้ว

3. การเลือกจำนวนแผ่นวงจรพิมพ์

สำหรับวงจรที่มีอุปกรณ์จำนวนน้อย เราสามารถออกแบบวงจรทั้งหมดอยู่บนแผ่นวงจรพิมพ์แผ่นเดียวได้ กรณีที่ต้องการใช้แผ่นวงจรพิมพ์หลายแผ่นจะมีสาเหตุมาจากการต้องการแยกการทำงานของวงจรบางอย่างออกจากกัน เช่นวงจรควบคุมที่ต้องการให้ปลอดสัญญาณรบกวนจะอยู่แยกแผ่นกับวงจรที่กำเนิดสัญญาณรบกวนได้ง่าย หรือวงจรควบคุมที่มีความร้อนสูงจะแยกกับวงจรที่มีการเปลี่ยนแปลงกับความร้อนได้ง่าย

สำหรับวงจรที่มีอุปกรณ์จำนวนมาก การออกแบบวงจรอยู่บนแผ่นเดียวกันทั้งหมดทำให้การเชื่อมต่อมีความน่าเชื่อถือมากกว่าวิธีที่มีการใช้หลายแผ่นและมีการต่อระหว่างแผ่นแต่ต้องใช้แผ่นวงจรพิมพ์ขนาดใหญ่ทำให้มีความแข็งแรงน้อยกว่าและยังไม่เหมาะสมกับอุปกรณ์ที่

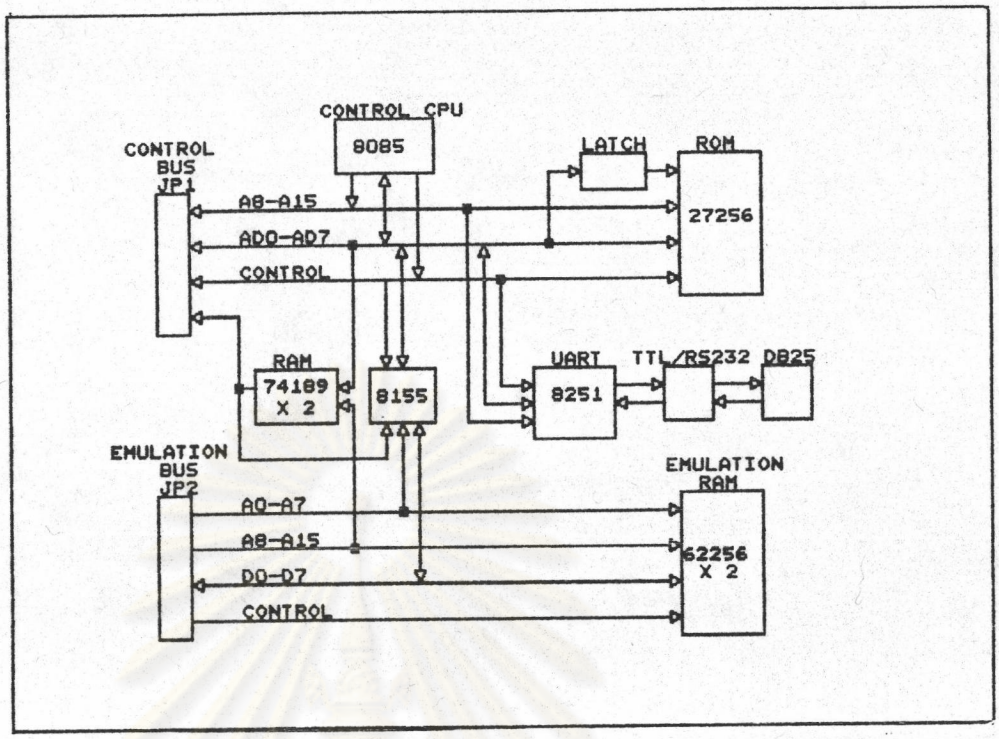
ต้องการให้มีขนาดเล็ก

อินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ในที่นี้มีวงจรที่มีอุปกรณ์มาก เช่น วงจรสำหรับ Z-80 มีไอซีจำนวน 47 ตัว ถ้าต้องการใช้แผ่นวงจรพิมพ์แผ่นเดียว จะต้องใช้แผ่นที่มีขนาดใหญ่มากรวมถึงกล่องใส่ก็จะต้องมีขนาดใหญ่ จนไม่สะดวกในการนำไปใช้งาน เราจึงเลือกวิธีแบ่งแผ่นวงจรพิมพ์ที่ใช้สำหรับวงจรนี้ตามการทำงานของวงจร นั่นคือ มีวงจรบางส่วนที่ทำงานร่วมกับอีมูเลชันชีพียูแต่ละเบอร์กับวงจรอีกส่วนหนึ่งที่สามารถใช้งานร่วมกันได้ ในที่นี้เราจึงแบ่งวงจรที่ใช้งานร่วมกับอีมูเลชันชีพียูออกมาเป็นแผ่นวงจรพิมพ์ต่างหาก ในการสร้างเครื่องอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์สำหรับไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 ก็จะมีแผ่นวงจรสำหรับอีมูเลชันชีพียู Z-80 อินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์สำหรับไมโครโปรเซสเซอร์ 8085 ก็จะมีแผ่นวงจรสำหรับอีมูเลชันชีพียู 8085 ส่วนวงจรที่เหลือสามารถใช้งานร่วมกันได้ ในการสร้างเครื่องทั้ง 2 จึงออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ที่มีส่วนหนึ่งเหมือนกัน เมื่อต้องการเปลี่ยนไปใช้กับไมโครโปรเซสเซอร์อีกเบอร์หนึ่ง ก็จะเปลี่ยนเฉพาะแผ่นวงจรอีมูเลชันชีพียูเท่านั้น

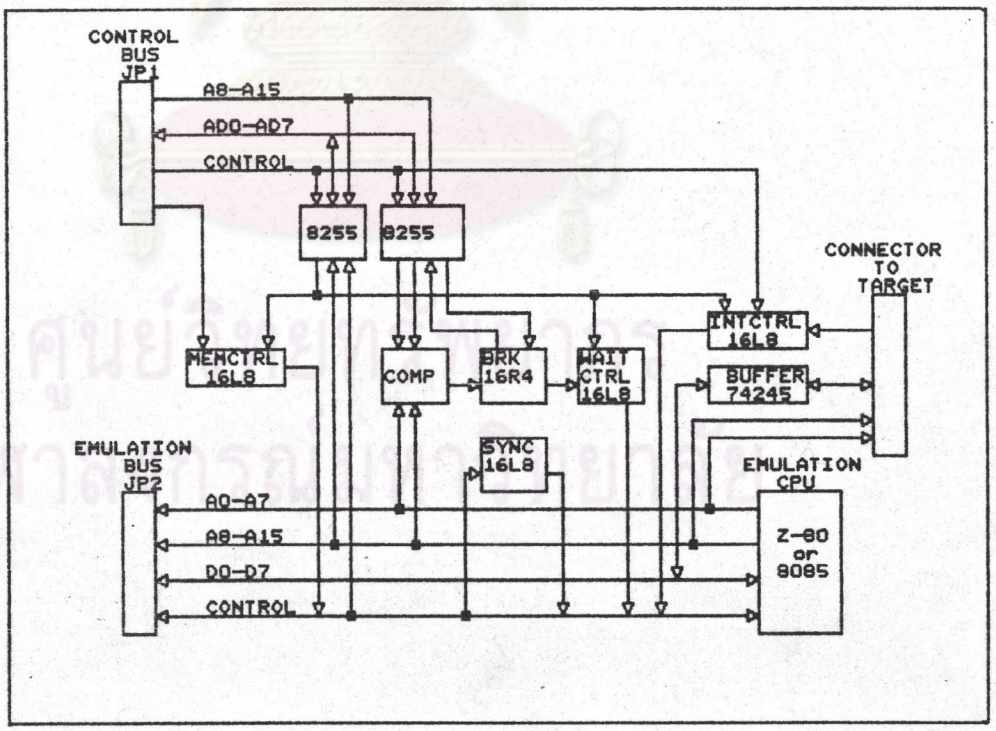
เมื่อพิจารณาจำนวนอุปกรณ์เฉพาะในแผ่นที่ใช้อีมูเลชันชีพียูสำหรับ Z-80 มีจำนวนไอซี 16 ตัวและในวงจรส่วนที่เหลือมีไอซี 31 ตัว ถ้าเราแบ่งแผ่นวงจรออกเป็น 2 แผ่นสำหรับอีมูเลชันชีพียูและส่วนที่เหลือจะได้แผ่นวงจร 2 แผ่นที่มีขนาดต่างกันทำให้ไม่สามารถอยู่ในกล่องเล็กที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เราจึงแบ่งแผ่นวงจรส่วนที่เหลือให้อยู่ในแผ่นวงจรพิมพ์ 2 แผ่นโดยแยกแผ่นหนึ่งเป็นวงจรสำหรับการติดตามการทำงานในเวลาจริง เพราะแผ่นนี้มีอุปกรณ์มากและมีการทำงานที่ไม่ยุ่งเกี่ยวกับส่วนอื่น ในกรณีที่ผู้ใช้ไม่ต้องการความสามารถของอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ในการติดตามการทำงานในเวลาจริง ก็สามารถลดค่าใช้จ่ายในการผลิตทำให้มีราคาถูกลงได้มากดังนั้นจะได้อินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ ซึ่งประกอบด้วยแผ่นวงจรพิมพ์ 3 แผ่น คือ แผงวงจรควบคุม, แผงวงจรอีมูเลชันและแผงวงจรติดตามการทำงานในเวลาจริง มีแผนภาพบล็อกของแต่ละแผ่นวงจรพิมพ์แสดงในรูป 6.3 ถึง 6.5 มีสายต่อระหว่างแผ่น แสดงในรูป 6.6

4. การต่อกับแหล่งจ่ายไฟ

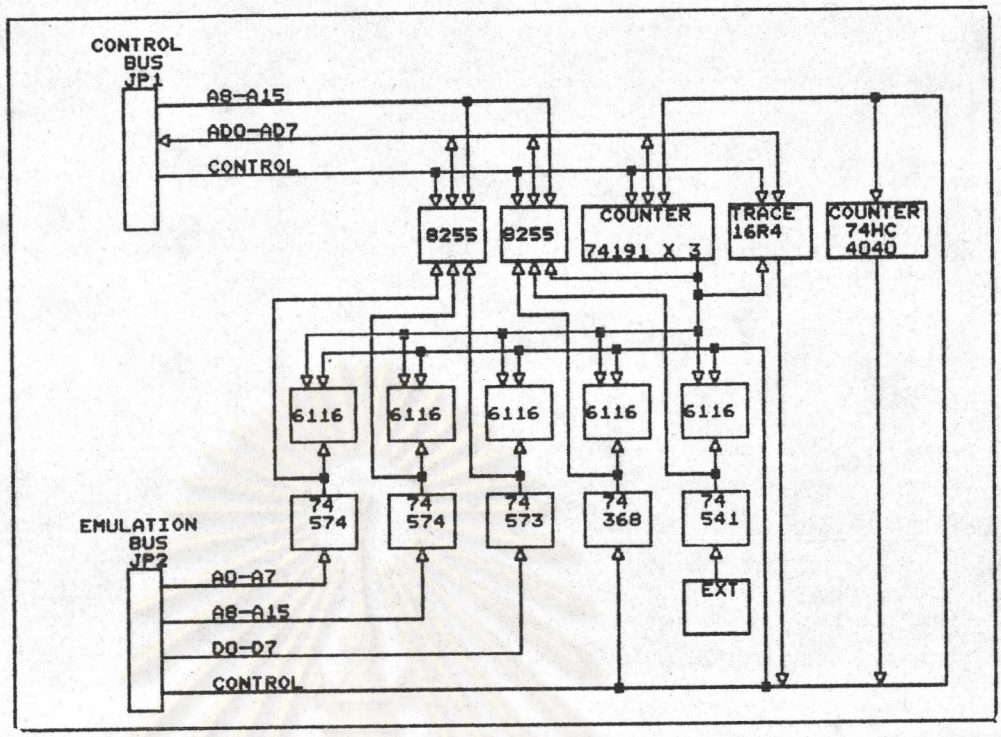
วงจรที่ออกแบบขึ้นต้องการใช้แหล่งจ่ายไฟตรงขนาด 5 โวลต์ 3 แอมป์ และ +/-12 โวลต์ 100 มิลลิแอมป์ แหล่งจ่ายไฟนี้จะเลือกใช้แหล่งจ่ายไฟจากภายนอกต่อสายเข้ามายังเครื่องที่ออกแบบขึ้น โดยใช้สายไฟ 4 เส้น ปลายด้านหนึ่งต่อกับขั้วไฟออกของแหล่งจ่ายไฟที่ใช้ปลายอีกด้านหนึ่งเป็นขั้วต่อตัวเมีย 4 ขา เพื่อเสียบเข้ากับขั้วต่อสายที่อยู่บนแผงวงจรควบคุม ขั้วต่อจะเลือกใช้แบบที่มีการป้องกันการสลับขั้ว



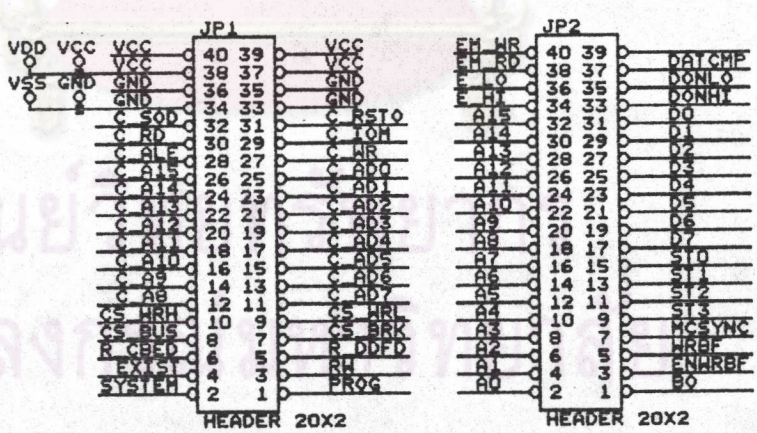
รูป 6.3 แผนภาพบล็อกของแผงวงจรควบคุม



รูป 6.4 แผนภาพบล็อกของแผงวงจรอีมูเลชัน



รูป 6.5 แผนภาพบล็อกของแผงวงจรติดตามการทำงานในเวลาจริง



รูป 6.6 สัญญาณที่ขั้วต่อสายระหว่างแผ่นวงจรพิมพ์

5. การต่อกับคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เทอร์มินอล

อินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ทำงานกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำงานเลียนแบบเทอร์มินอลด้วยโปรแกรม PROCOMM PLUS

การต่อสายอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์กับเครื่องคอมพิวเตอร์ใช้แบบมาตรฐาน RS-232C ซึ่งกำหนดคุณลักษณะทางไฟฟ้าและสัญญาณออกรวมทั้งการติดต่อสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์และเครื่องมือสื่อสารผ่านสายโทรศัพท์ที่เรียกว่าโมเดม โดยแยกเครื่องมือที่ใช้ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

Data Terminal Equipment (DTE) คือ อุปกรณ์ที่เป็นปลายทางของข้อมูล เช่น เครื่องคอมพิวเตอร์,เทอร์มินอล,พล็อตเตอร์ และเครื่องพิมพ์

Data Communication Equipment (DCE) คืออุปกรณ์ที่ต่อกับระบบสื่อสาร คือ โมเดม

ในมาตรฐาน RS-232C ไม่ได้กำหนดขั้วต่อมาตรฐานสำหรับเครื่องมือแต่ละประเภทไว้แต่ที่ได้รับความนิยม คือ

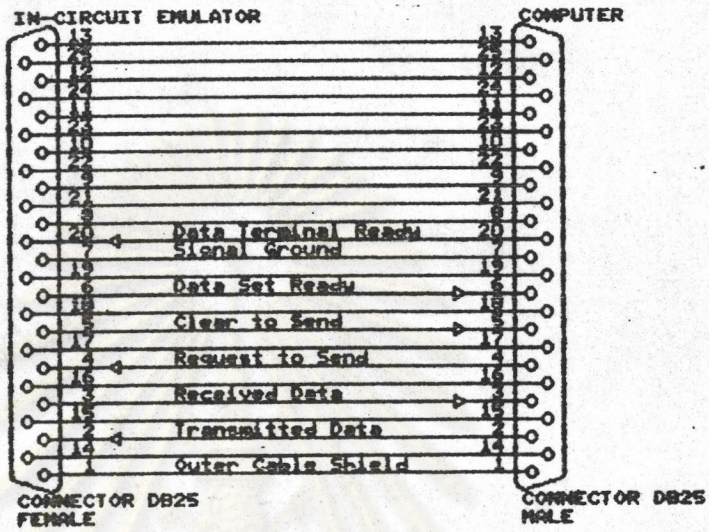
ขั้วต่อแบบ DB25 ตัวผู้ สำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ (DTE)

ขั้วต่อแบบ DB25 ตัวเมีย สำหรับโมเดม (DCE)

สายต่อสำหรับอุปกรณ์ทั้ง 2 นี้มีขายโดยทั่วไป ข้างหนึ่งเป็น DB25 ตัวเมีย สำหรับต่อกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ อีกด้านหนึ่งเป็น DB25 ตัวผู้ สำหรับต่อกับโมเดม สายสัญญาณทั้ง 25 เส้น จะต่อตรงถึงกันตามลำดับหมายเลขของขั้วต่อ

ในกรณีอุปกรณ์ชนิดอื่นมีความนิยมใช้ไม่เหมือนกัน เช่นพล็อตเตอร์ของแต่ละผู้ผลิตก็จะออกแบบขั้วต่อและตำแหน่งขาสัญญาณต่างๆแตกต่างกันไปจึงต้องเตรียมสายต่อเฉพาะ สำหรับเครื่องแต่ละเครื่องให้กับผู้ใช้

อินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ที่ออกแบบขึ้น จัดได้ว่าเป็นอุปกรณ์ DTE เพราะไม่ได้ต่อกับอุปกรณ์สายโทรศัพท์ในการใช้งานปรกติเครื่องนี้จะต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ DTE ถ้าอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์จะใช้ขั้วต่อสำหรับ DTE การต่อกับคอมพิวเตอร์ จะต้องใช้สายต่อที่มีการสลับสายภายในซึ่งเป็นสายต่อที่ไม่มีขายตามปรกติจะต้องต่อสายขึ้นมาเฉพาะ ในการใช้งานจะสร้างความสับสนให้กับผู้ใช้ได้ และยังอาจก่อความเสียหายได้กับไอซีที่ใช้ส่งสัญญาณตามมาตรฐาน RS-232C ที่มีอยู่ในเครื่องคอมพิวเตอร์และอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ เราจึงเลือกใช้ขั้วต่อแบบ DCE เพื่อให้หาสายต่อได้ทั่วไป รูปแบบของขั้วต่อและการต่อสาย แสดงในรูป 6.7



รูป 6.7 รูปแบบของขั้วต่อและการต่อสาย RS-232

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การติดตั้งอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์

มีขั้นตอนดังนี้

การปรับแต่งแผงวงจรควบคุม

การปรับแต่งแผงวงจรอีมูเลชัน

การต่อสายระหว่างแผงวงจร

การติดตั้งแผงวงจรในกล่อง

การต่อสายกับแหล่งจ่ายไฟ

การต่อกับระบบเป้าหมายหรือระบบที่ใช้ทดสอบการทำงาน

การต่อสายกับไมโครคอมพิวเตอร์

การติดตั้งซอฟต์แวร์ (ดูจากภาคผนวก ก.)

การทดสอบการทำงานของอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์

ส่วนประกอบของฮาร์ดแวร์อินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์

แผงวงจรควบคุมติดตั้งอยู่ในส่วนล่างสุดของกล่อง บนแผงวงจรนี้มีขั้วต่อสำหรับแหล่งจ่ายไฟตรง 5 โวลต์ และ +/-12 โวลต์ มีแรมขนาด 32 กิโลไบต์ จำนวน 2 ตัว สำหรับเป็นหน่วยความจำอีมูเลชัน ซึ่งมีขั้วต่อสายสำหรับส่งข้อมูลจากหน่วยความจำอีมูเลชันออกมายังระบบภายนอกได้

แผงวงจรอีมูเลชันประกอบด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 หรือ 8085 ขึ้นอยู่กับอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ว่าใช้กับการพัฒนาไมโครโปรเซสเซอร์อะไร มีขั้วต่อขนาด 40 ขาสำหรับต่อสายออกมานอกกล่อง เพื่อติดต่อกับฮาร์ดแวร์ของระบบเป้าหมาย และมีขั้วรับสัญญาณควบคุมการหยุดการทำงานจากภายนอกได้ และมีสัญญาณออกเมื่อมีการหยุดการทำงานเพื่อกระตุ้นเครื่องมือวัด เช่น ออสซิลโลสโคป

แผงวงจรติดตามการทำงานในเวลาจริง มีขั้วต่อสำหรับวัดสัญญาณจากภายนอกได้ 8 สัญญาณ

การต่อแผงวงจรทั้ง 3 แผ่นเข้าด้วยกัน อาศัยขั้วต่อขนาด 40 ขา จำนวน 2 ชุด ที่มีอยู่ในแต่ละแผงวงจร สายต่อระหว่างแผงวงจรเป็นสายแพ 40 เส้น มีขั้วต่อแบบ 40 ขา จำนวน 3 อัน การใช้งานต้องใช้สายแบบนี้ 2 ชุด

กล่องอเนกประสงค์ SYSTEM-SA รุ่น 1.5 U D1W1 สำหรับใส่แผงวงจรทั้ง 3 แผง มีการเจาะหน้าปัดด้านหน้าและด้านหลังสำหรับขั้วต่อต่างๆ

สายต่อแหล่งจ่ายไฟเป็นสายต่อ 4 เส้น ขนานกัน ด้านหนึ่งเป็นขั้วต่อ 4 ขา ตัวเมีย สำหรับต่อกับขั้วรับแหล่งจ่ายไฟบนแผงวงจรควบคุม

ขั้วต่อ 40 ขา ต่อกับสายแพ อีกด้านหนึ่งต่อกับขั้วต่อแบบขาไอซี 40 ขา สำหรับต่อกับซ็อกเก็ตของไมโครโปรเซสเซอร์บนระบบเป้าหมาย

สายต่อสำหรับวัดสัญญาณภายนอกเป็นสายขนาด 8 เส้น ด้านหนึ่งต่อร่วมกันบนขั้วต่อสาย ด้านที่เป็นสายแยกกันต่อเป็นปลายหนีบขาไอซีเพื่อวัดสัญญาณ

สายต่อสำหรับหน่วยความจำอีมูเลชัน ส่งข้อมูลไปต่อกับอุปกรณ์บนระบบเป้าหมายที่ต้องการอ่านข้อมูลไปพร้อมกับซีพียู ด้านหนึ่งเป็นขั้วต่อ 8 ช่อง ปลายด้านที่แยกกันเป็นช่องเสียบบนขั้วของอุปกรณ์หนีบขาไอซีสำหรับวัดสัญญาณทดสอบ

สายต่อสำหรับรับสัญญาณกำหนดการหยุดการทำงาน และสัญญาณแสดงการหยุดการทำงานเพื่อส่งสัญญาณไปเครื่องมือวัดภายนอก

สายต่อสำหรับต่ออินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์กับไมโครคอมพิวเตอร์มีขั้วด้านหนึ่งเป็น DB25 ตัวผู้สำหรับต่อกับอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ อีกด้านเป็น DB25 ตัวเมีย สำหรับต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์

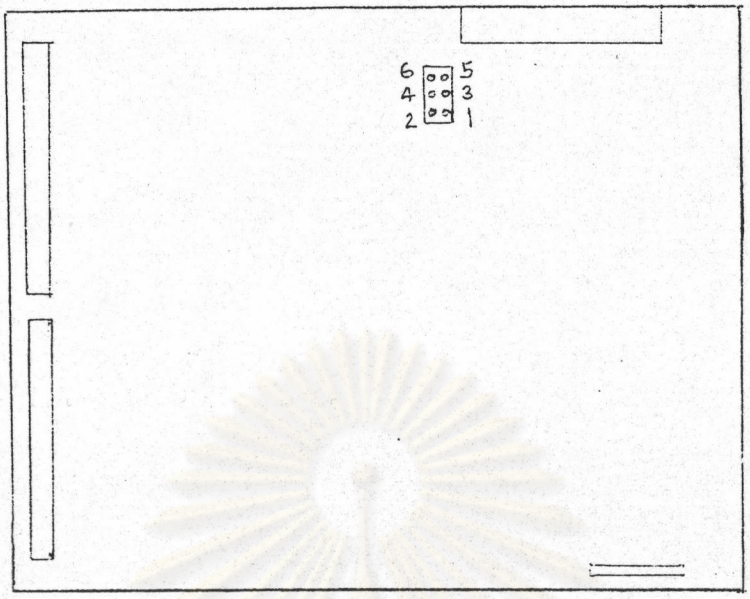
<u>การปรับแต่งแผงวงจรควบคุม</u>

บนแผงวงจรควบคุมมีสายต่อเชื่อมสามารถปรับแต่งได้ 2 ลักษณะ คือ การใช้หน่วยความจำสำหรับคอนโทรลซีพียูว่าเลือกใช้รอมหรือแรม โดยใช้สายต่อเชื่อมกับขั้วต่อ 6 ขา ที่มีตำแหน่งแสดงในรูป 6.8

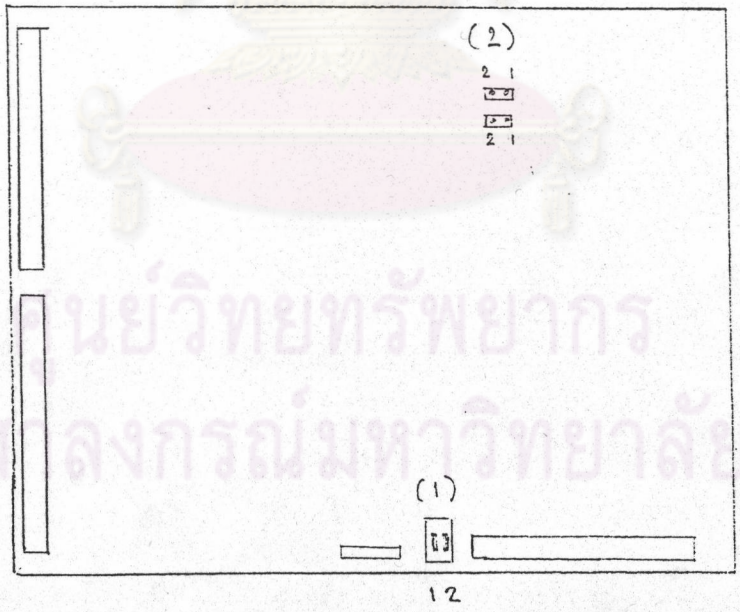
ถ้าต้องการใช้รอมจะต่อขา 4 กับ 6 และ 1 กับ 3

ถ้าต้องการใช้แรมจะต่อขา 4 กับ 2 และ 5 กับ 3

ในการใช้งานปรกติการปรับแต่งจะเป็นการใช้กับรอม เมื่อใช้อินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ 8085 มาต่อแทนคอนโทรลซีพียูจึงจะปรับใช้เป็นแรม



รูป 6.8 ตำแหน่งของขั้วต่อเลือกใช้รอมหรือแรมบนแผงวงจรควบคุม



รูป 6.9 (1) ตำแหน่งดิปสวิทช์เลือกสัญญาณนาฬิกาบนแผงวงจรอีมูเลชัน

(2) ตำแหน่งขั้วต่อเลือกสถานะในการกำหนดจุดหยุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การปรับแต่งแผงวงจรอีมูเลชัน

บนแผงวงจรนี้ มีฮาร์ดแวร์ที่สามารถปรับแต่งได้ดังนี้

1. ดิปสวิทช์ 2 หลัก ที่มีตำแหน่งแสดงในรูป 6.9 หมายเลข 1 สำหรับเลือกว่าจะใช้สัญญาณนาฬิกาจากวงจรภายในหรือจากขาสัญญาณนาฬิกาจากระบบเป้าหมาย

การเลือกสัญญาณนาฬิกาจากภายใน สวิทช์ 1 ON สวิทช์ 2 OFF

การเลือกสัญญาณนาฬิกาจากภายนอก สวิทช์ 1 OFF สวิทช์ 2 ON

สำหรับ Z-80 เท่านั้น สามารถเลือก สวิทช์ 1 ON สวิทช์ 2 ON เพื่อเลือกใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายในและให้ต่อไปใช้ในระบบเป้าหมายได้ ข้อควรระวังคือบนระบบเป้าหมายต้องไม่มีวงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาอยู่ด้วยมิฉะนั้นจะทำให้วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาในอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์เสียหายได้

2. ขั้วต่อสำหรับเลือกสถานะของอีมูเลชันซีพียูในการกำหนดจุดหยุดเป็นแอดเดรส ถ้าใช้สายต่อเชื่อมขั้วต่อสายเข้าด้วยกัน จุดหยุดที่กำหนดเป็นแอดเดรสที่เก็บออฟโค้ดของโปรแกรม ถ้าไม่ต่อสายต่อเชื่อมแอดเดรสที่กำหนดเป็นจุดหยุดเป็นแอดเดรสสำหรับสถานะใดๆ ของซีพียู ขั้วต่อนี้มี 2 ชุด แสดงในรูป 6.9 หมายเลข 2

การเลือกจุดหยุดที่สถานะการอ่านออพโค้ด ต่อขั้ว 1 กับ 2 และ 3 กับ 4

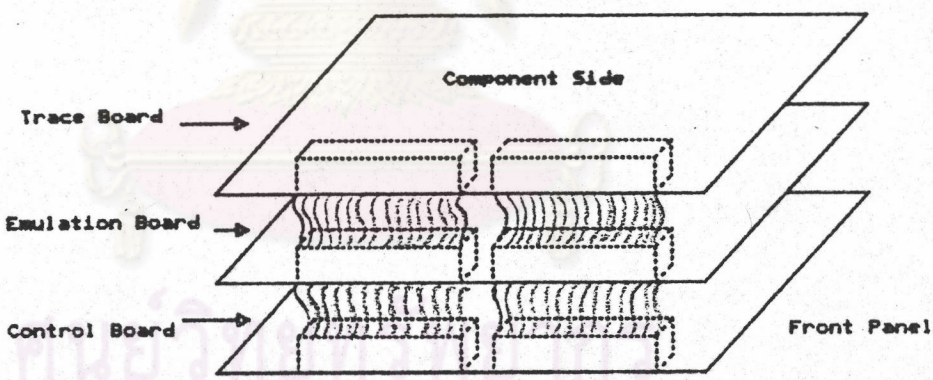
การเลือกจุดหยุดที่สถานะใดก็ได้ไม่ต้องต่อสายเชื่อมขั้วต่อเข้าด้วยกัน

ในการใช้งานปรกติจะเลือกจุดหยุดที่สถานะการอ่านออพโค้ด

การต่อสายระหว่างแผงวงจร

การต่อแผงวงจรทั้ง 3 แผ่นเข้าด้วยกัน อาศัยขั้วต่อขนาด 40 ขา จำนวน 2 ชุด ที่มีอยู่ในแต่ละแผงวงจร สายต่อระหว่างแผงวงจรเป็นสายแพ 40 เส้น มีขั้วต่อแบบ 40 ขา จำนวน 3 อัน การใช้งานต้องใช้สายแบบนี้ 2 ชุด

การต่อแผงวงจรทั้ง 3 แสดงในรูป 6.10 โดยแผงวงจรทั้ง 3 แผ่น วางในแนวราบ มีด้านอุปกรณ์อยู่ด้านบน ต่อขั้วต่อสายที่อยู่บนสายแพเข้ากับขั้วต่อสายบนแผ่นวงจรพิมพ์ โดยให้แผงวงจรควบคุมอยู่แผ่นล่างสุด แผ่นกลางเป็นแผงวงจรอีมูเลชัน และแผ่นบนสุดเป็นแผงวงจรติดตามการทำงานในเวลาจริง



รูป 6.10 การต่อแผงวงจรทั้ง 3 แผงเข้าด้วยกัน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การติดตั้งแผงวงจรในกล่อง

ลักษณะของกล่องสามารถแยกเป็นชิ้นส่วนได้ 4 ชิ้น คือฝาปิดด้านบน หน้าปัดด้านหน้า หน้าปัดด้านหลัง และฝากล่องด้านล่าง

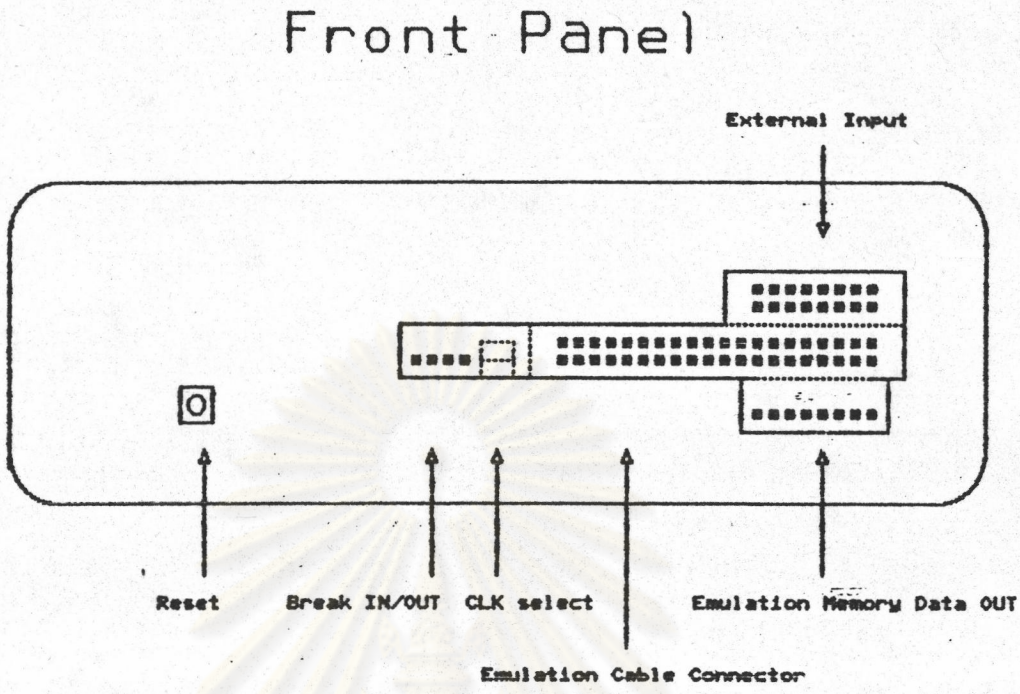
หน้าปัดด้านหน้ามีการเจาะช่องสำหรับสวิทช์และขั้วต่อต่างๆแสดงในรูป 6.11

ส่วนประกอบที่สำคัญที่สุดสำหรับหน้าปัดด้านหน้า คือ ขั้วต่อสำหรับต่อสายไปยังซ็อกเก็ตไมโครโปรเซสเซอร์ที่อยู่บนระบบเป้าหมาย การเลือกเจาะช่องสำหรับขั้วต่อนี้จึงมีความสำคัญมาก จากรูปแบบของอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ที่พบโดยทั่วไปจะมีช่องนี้อยู่ตรงกลางซึ่งทำให้ดูสมดุลย์แต่ในแง่การใช้งาน ตำแหน่งนี้ไม่ช่วยประโยชน์ในการใช้งานอย่างอื่น แต่ถ้าช่องนี้ถูกย้ายไปไว้ทางด้านริมด้านใดด้านหนึ่งของหน้าปัดด้านหน้า จะพบประโยชน์บางอย่างในการใช้งานคือถ้าใช้กับระบบเป้าหมายที่อยู่ในพื้นที่คับแคบ เช่นอยู่บนแผงวงจรที่เสียบติดกันบนช่องเสียบใกล้ๆกันในแนวตั้ง ถ้าวางกล่องอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ในแนวตั้งสามารถเลือกการตั้งกล่องให้ช่องสำหรับเสียบขั้วต่อสายอยู่สูงหรืออยู่ต่ำก็ได้ เพื่อให้อยู่ใกล้กับไมโครโปรเซสเซอร์ที่อยู่บนแผงวงจรมากที่สุด ทำให้สายที่ใช้ไม่ถูกบิดงอ จึงเลือกสายต่อที่สั้นกว่าได้ ถ้าช่องนี้อยู่ตรงกลาง การตั้งกล่องไม่ว่าด้านใดก็ทำให้ตำแหน่งของขั้วต่ออยู่ระดับเท่าเดิม

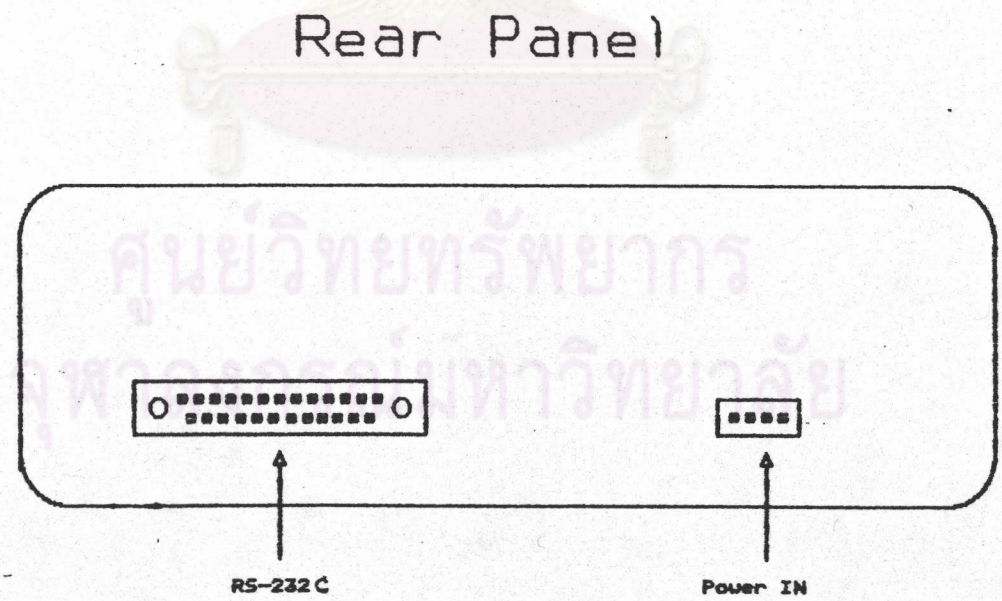
หน้าปัดด้านหลังมีการเจาะช่องสำหรับขั้วต่อต่างๆแสดงในรูป 6.12

การประกอบอุปกรณ์ในกล่องจะพบว่าแผ่นวงจรพิมพ์มีขนาดเท่ากับ ความลึกของกล่องและแผ่นวงจรพิมพ์ยังมีสวิทช์และขั้วต่อต่างๆยื่นเกินออกมานอกแผ่นวงจรพิมพ์อีกด้วย ดังนั้นกล่องที่ใช้จะต้องอนุญาตให้วางแผ่นวงจรพิมพ์ทั้งหมดลงไปบนฝากล่องด้านล่างก่อน แล้วจึงติดตั้งหน้าปัดด้านหน้าและด้านหลังแล้วปิดฝาด้านบน ซึ่งกล่องที่เลือกใช้ คือกล่องโลหะ SYSTEM-SA อนุญาตให้ประกอบกล่องในลักษณะนี้ได้ ขนาดของกล่องที่เลือกใช้คือกล่องรุ่น 1.5U D1 W1 มีขนาดสูง 65 มิลลิเมตร ลึก 177.8 มิลลิเมตร และกว้าง 203.2 มิลลิเมตร แผ่นวงจรพิมพ์ที่ออกแบบมีขนาดกว้าง 6.5 นิ้ว ลึก 6.1 นิ้ว (165.1 มิลลิเมตร) จึงสามารถใส่ไปในกล่องนี้ได้พอดี ความสูงของกล่องขนาดนี้สามารถใส่วงจรแผ่น 3 แผ่นนี้ได้พอดี และกล่องรุ่นนี้มีขนาดเล็กที่สุดสำหรับกล่อง SYSTEM-SA

ในการตรวจซ่อมจะต้องมีการนำแผ่นวงจรพิมพ์ออกจากกล่อง ขั้นตอนจะกลับกับการประกอบแผ่นวงจรพิมพ์ในกล่อง คือ เริ่มด้วยการเปิดฝากล่องด้านบน ด้านหน้าและด้านหลัง



รูป 6.11 หน้าปัดด้านหน้า



รูป 6.12 หน้าปัดด้านหลัง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทดสอบการทำงานของอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์

ในการออกแบบฮาร์ดแวร์ได้มีการทดสอบการทำงานของวงจรต่างๆ จนใช้งานได้จริงในการประกอบอุปกรณ์ลงบนแผ่นพิมพ์วงจรอเนกประสงค์ ปัญหาต่างๆที่พบในระหว่างการทดลองได้ถูกปรับปรุงแก้ไขจนได้วงจรสมบูรณ์ที่ใช้ในการออกแบบแผ่นวงจรพิมพ์ และสร้างเป็นเครื่องต้นแบบแล้ว

การทดสอบการทำงานต่างๆ ที่ทำในระหว่างการออกแบบและทดลอง จะถูกนำมาใช้อีกครั้งหลังจากติดตั้งฮาร์ดแวร์ทั้งหมดของอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์แล้ว เพื่อทดสอบว่าการติดตั้งฮาร์ดแวร์ทำได้ถูกต้อง และอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์สามารถทำงานได้จริง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบการทำงานของอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์มีอุปกรณ์ประกอบที่จำเป็น คือ

อินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ ESA ICE-I ต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรม ice85.exe สำหรับทดสอบวงจรและโปรแกรมควบคุมของอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ที่ออกแบบขึ้น

ไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีโปรแกรม PROCOMM PLUS เพื่อใช้ในการติดต่อกับอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์โดยมีขั้นตอนการติดตั้งซอฟต์แวร์ที่ได้แสดงในภาคผนวก ก.

วงจรระบบเป้าหมายที่ใช้ทดสอบการทำงานของอีมูเลชันซีพียูที่สัญญาณนาฬิกาความถี่ต่างๆ

วงจรระบบเป้าหมายที่ใช้ทดสอบ การติดต่อกับพอร์ตอินพุตเอาต์พุตของอีมูเลชันซีพียู

คอมพิวเตอร์แผ่นพิมพ์เดี่ยว MPF-I สำหรับทดสอบการทำงานของอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ Z-80

คอมพิวเตอร์แผ่นพิมพ์เดี่ยว SDA-85 สำหรับทดสอบการทำงานของอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ 8085

2. การทดสอบฮาร์ดแวร์เครื่องต้นแบบ

การทดสอบในช่วงนี้จะกระทำได้โดยใช้อินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ ESA ICE-1 ต่อแทนคอนโทรลซีพียู 8085 ที่อยู่บนแผงวงจรควบคุมเพื่อใช้ความสามารถของอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ในการทดสอบฮาร์ดแวร์ ในช่วงนี้ต้องปรับแต่งสายต่อเชื่อมบนแผงวงจรควบคุมให้คอนโทรลซีพียูติดต่อกับแรมแทนรอม และใช้แรม 62256-10 ในการทดสอบเพราะการใช้หน่วยความจำที่มีความเร็วต่ำกว่านี้ จะทำให้อีมูเลชันซีพียูที่อยู่ใน ESA ICE-1 ติดต่อกับหน่วยความจำได้ไม่ดี อาจทำงานผิดพลาดได้ ESA ICE-1 ติดต่อกับผู้ใช้โดยผ่านไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้โปรแกรม

ความสามารถของอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ ESA ICE-1 ในการทดสอบฮาร์ดแวร์มีดังนี้

การทดสอบหน่วยความจำแรม จะมีการเขียนแรมในช่วงแอดเดรสที่กำหนดเป็นค่าต่างๆแล้วอ่านกลับ ค่าที่เขียนในแรมนี้จะเป็นการทดสอบว่าสามารถเขียนข้อมูลในแรมได้ถูกต้องและยังเป็นการทดสอบความถูกต้องของแอดเดรสด้วย กรณีที่มีแอดเดรสต่อผิด, ทับกัน หรือขาดก็จะให้ผลการทดสอบที่แสดงความผิดพลาดด้วย

การทดสอบพอร์ตอินพุต และพอร์ตเอาต์พุต โดยมีคำสั่งอ่านข้อมูลจากพอร์ตอินพุตและส่งข้อมูลไปยังพอร์ตเอาต์พุตด้วย

การทำงานทีละแมชชีนไซเคิล โดยหยุดรอในระหว่างแมชชีนไซเคิล จนกว่าผู้ใช้จะสั่งให้ทำงานต่อ ในช่วงนี้จะสามารถวัดสัญญาณต่างๆ ได้ง่ายด้วยมิเตอร์หรือลอจิกโพรบ

นอกจากนี้อินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ยังทำงานตามเวลาจริงได้ เพื่อทดสอบการทำงานต่างๆ ด้วยโปรแกรมทดสอบที่อ่านเป็นแฟ้มข้อมูลแบบ Intel hex มาเก็บในหน่วยความจำของอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ที่ออกแบบ

ในการทดสอบฮาร์ดแวร์เครื่องต้นแบบมีรายการทดสอบดังนี้

2.1 หน่วยความจำของคอนโทรลซีพียู

หน่วยความจำที่ต่อกับคอนโทรลซีพียู คือ แรม 62256-10 ที่ซ็อกเก็ตสำหรับรอม/แรม ขนาด 32 กิโลไบต์ และแรมขนาด 256 ไบต์ ที่อยู่ใน 8155 การทดสอบหน่วยความจำโดยการใช้คำสั่งของ ESA ICE-1 ซึ่งเป็นการทดสอบต่อสายสัญญาณแอดเดรส และข้อมูลว่าถูกต้องหรือไม่ (ก่อนการนำแรม 62256-10 มาใส่ในแผงวงจรนี้ จะต้องทดสอบจากเครื่องทดสอบไอซีก่อนว่าเป็นแรมที่ทำงานได้ถูกต้องจริงๆ) การทดสอบใช้คำสั่งให้ ESA ICE-1 ดังนี้

```
> T 0 80FF M
```

เป็นการทดสอบแรมที่แอดเดรส 0 ถึง 80FFH โดย 0 ถึง 7FFFH ที่อยู่ในซ็อกเก็ตรอม/แรมและ 8000H ถึง 80FFH คือแรม 256 ไบต์ในไอซี 8155 ในขั้นนี้ผลจะแสดงว่า

```
 RAM OK !
```

ถ้าเกิดข้อผิดพลาด จะแสดงแอดเดรสที่เริ่มอ่านได้ผิดพลาด เช่น

```
ADDRESS (4000) RAM ERROR !
```

สาเหตุอาจเกิดจากสายสัญญาณแอดเดรส A14 ขาดหรือต่อกับสัญญาณอื่น

หลังจากผ่านการทดสอบขั้นนี้ให้ทดสอบเฉพาะแรมที่ใช้งานจริง คือช่วง 8700H ถึง 87FFH ซึ่งซ้ำกับที่ได้ทดสอบในช่วงแรก คือ 8000H ถึง 80FFH ด้วยคำสั่ง

```
> T 8700 87FF M
```

2.2 ทดสอบพอร์ตตั้งเวลาใน 8155

พอร์ตนี้ใช้ในการสร้างสัญญาณนาฬิกา สำหรับกำหนดอัตราการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม โดยกำหนดตัวหารความถี่ที่ได้จากสัญญาณนาฬิกาของซีพียู มีขั้นตอนดังนี้

2.2.1 วัดสัญญาณที่ขา TIN ของ 8155 ด้วยออสซิลโลสโคปจะต้องได้ 3.072 เมกกะเฮิรตซ์ ถ้าไม่ได้ให้ตรวจสอบ การต่อสายจากขา CLKO ของ 8085

2.2.2 ใช้คำสั่งกำหนดตัวหารให้วงจรนับของ 8155 เพื่อหารสัญญาณนาฬิกาด้วย 20 ดังนี้

```
> O 84 14
> O 85 40
> O 80 C0
```

หลังจากขั้นตอนนี้จะวัดสัญญาณที่ขา TOUT ของ 8155 ได้ 153600 เฮิรตซ์ ถ้าไม่ได้ตรวจสอบว่าขานี้ต่อกับสัญญาณอื่นๆ หรือไม่ (ปกติกับขา TXC และ RXC ของ 8251 เท่านั้น) ตรวจขา CS ว่าต่อกับขา CS8155 ของไอซี PAL16L8CS ถ้าการต่อสายไม่ผิด ลองเปลี่ยนไอซี 8155 แล้วทดลองใหม่

2.3 ทดสอบพอร์ตสื่อสาร 8251

2.3.1 หลังการทดสอบในข้อ 2.2 จะได้สัญญาณนาฬิกา 153600 เฮิรตซ์ที่ขา TXC และ RXC ของ 8251 และวัดที่ขา CLK ของ 8251 จะได้ 3.072 เมกกะเฮิรตซ์ ถ้าไม่ได้ตรวจสอบการต่อกับขา CLKO ของ 8085

2.3.2 ใช้คำสั่งของ ESA ICE-1 ดังนี้

```
> O 91 0
> O 91 0
> O 91 0
> O 91 40
> O 91 4E
> O 91 37
```

หลังจากคำสั่งเหล่านี้จะวัดสัญญาณที่ 8251 ขา DTR ได้ 0 และขา RTS ได้ 0 ถ้าไม่ได้ตรวจสอบการต่อสัญญาณต่างๆ รวมทั้ง CS_COM จาก 16L8 CS

2.3.3 ต่อสายต่อ RS-232C จากอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ที่ออกแบบขึ้นกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้โปรแกรม PROCOMM PLUS แล้ววัดสัญญาณที่ไอซีแปลงสัญญาณ TTL กับ RS-232C คือไอซี 1488 ขาอินพุตเป็นระดับสัญญาณ TTL ถ้าเป็น 0 จะได้สัญญาณออกเป็น 12 โวลต์ ถ้าสัญญาณเข้าเป็น 1 จะได้สัญญาณออกเป็น -12 โวลต์ ถ้าไม่ถูกต้องให้ตรวจดูไฟเลี้ยง 12 โวลต์ ถ้าไฟเลี้ยงถูกต้องลองเปลี่ยนไอซีใหม่ สำหรับ 1489 สัญญาณเข้าจะมาจากขั้วต่อจากเครื่องคอมพิวเตอร์ ถ้าไม่ได้เป็น 12 โวลต์ หรือ -12 โวลต์ ให้ตรวจการต่อสายให้เรียบร้อย สัญญาณออกจากไอซีจะได้ 1 เมื่อเข้า -12 โวลต์ และ 0 เมื่อเข้า 12 โวลต์

2.3.4 ทดลองส่งข้อมูลไปเครื่องคอมพิวเตอร์ ด้วยคำสั่งของ ESA ICE-1 ดังนี้

```
> O 90 55
```

บนจอภาพคอมพิวเตอร์จะปรากฏตัวอักษร U ถ้าไม่ได้ ตรวจดูการสายต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์กับอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์

2.3.5 ทดลองรับข้อมูลจากเครื่องคอมพิวเตอร์ โดยการกดตัวอักษร A ที่แป้นพิมพ์ของเครื่องคอมพิวเตอร์ แล้วใช้คำสั่งของ ESA ICE-1 ดูข้อมูลที่รับได้

```
> I 90

90 41
```

ถ้าไม่ได้ ตรวจดูการต่อสายรวมทั้งขั้วต่างๆ

2.4 ใช้โปรแกรมทดสอบการทำงานทั่วไป

เป็นการทดสอบว่าคอนโทรลซีพียู ทำงานกับฮาร์ดแวร์ที่ได้ทดสอบมาแล้วได้หรือไม่โดยใช้โปรแกรมที่เขียนขึ้นสำหรับให้คอนโทรลซีพียูทำงานในส่วนรับคำสั่งและวิเคราะห์คำสั่งแสดงผลโดยยังไม่ควบคุมฮาร์ดแวร์ส่วนของอีมูเลชันซีพียูจริงๆมีขั้นตอนดังนี้

2.4.1 ใช้คำสั่งของ ESAICE-1 รับโปรแกรมทดสอบมาใส่ในแรม

```
> DW
  Input file name to READ : R85.HEX


  DownLoad Ready
> X
```

```
> G
>
```

หลังจากนี้จะปรากฏข้อความแสดงคำสั่งของอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ที่ออกแบบบนจอภาพของโปรแกรม PROCOMM PLUS ใช้แป้นพิมพ์ป้อนคำสั่งต่างๆได้ จากนั้นเปิดเครื่องเตรียมการทดลองต่อไป

2.4.2 โปรแกรม r85.hex ในรอม 27256 ถอด ESA ICE-1 ออกจากซ็อกเก็ตของคอนโทรลซีพียู ใส่ 8085 จริงๆลงไปแทน ถอดแรมออกใส่รอมที่โปรแกรมแล้วแทนปรับแต่งสายต่อเชื่อมให้เลือกใช้รอม แล้วเปิดไฟให้เครื่องทำงาน ทดลองกดปุ่มรีเซตที่ตัวเครื่องด้วย

2.4.3 โปรแกรมทดสอบที่กำลังทำงานอยู่มีคำสั่ง I และ O เพื่ออ่านอินพุตพอร์ตและเขียนเอาต์พุตพอร์ตของคอนโทรลซีพียูได้เหมือนคำสั่งของ ESA ICE-1 จึงใช้ทดสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์ในขั้นต่อไปได้ เช่นทดสอบพอร์ตสื่อสารส่งข้อมูลไปที่เทอร์มินอลดังนี้

```
> O 90 55
```

ในบรรทัดต่อไปจะปรากฏอักษร U ขึ้นก่อนการรอรับคำสั่งตามปกติ

2.5 ทดสอบการทำงานของพอร์ต 8155

8155 ที่ใช้ในวงจรมีพอร์ตอินพุต 2 พอร์ต และพอร์ตที่โปรแกรมให้เป็นอินพุตหรือเอาต์พุตอีก 1 พอร์ต การทดสอบใช้คำสั่งดังนี้

```
> O 80 2
```

ให้พอร์ต B เป็นเอาต์พุต ใช้ลอจิกโพรบวัดสัญญาณที่พอร์ต B จะได้ 0 ทุกบิต

```
> O 81 55
```

วัดสัญญาณจะได้ 55H

```
> O 81 AA
```

วัดสัญญาณจะได้ 0AAH

```
> O 80 0
```

ให้ทุกพอร์ตเป็นอินพุตเมื่อใช้ลอจิกโพรบวัดสัญญาณที่พอร์ต A และ B จะเป็นอิมพีแดนซ์สูง วัดที่พอร์ต C จะได้ค่าลอจิก

2.6 ทดสอบการทำงานของพอร์ต 8255 BUS

8255 BUS ใช้เป็นอินพุต 2 พอร์ต และเอาต์พุต 1 พอร์ต

การทดสอบทำดังนี้

> O 8B 92

วัดสัญญาณที่พอร์ต C จะได้ 0 ทุกบิต (กำหนดให้พอร์ต C เป็นเอาต์พุต)

> O 8A 55

วัดสัญญาณที่พอร์ต C จะได้ 055H

> O 8A AA

วัดสัญญาณที่พอร์ต C จะได้ 0AAH

2.7 ทดสอบการทำงานของพอร์ต 8255 BRK

> O 8F 81

กำหนดให้พอร์ต A และB เป็นเอาต์พุตพอร์ต C บิต 0 ถึง 3 เป็นอินพุต บิต 4 ถึง 7 เป็นเอาต์พุต วัดสัญญาณที่พอร์ต A,B และ C บิต 4 ถึง 7 จะได้ 0

> O 8C 55

> O 8C AA

> O 8D 55

> O 8D AA

หลังแต่ละคำสั่งวัดสัญญาณที่พอร์ต จะได้ 55H และ 0AAH ตามลำดับ

> O 8E 50

> O 8E A0

วัดพอร์ต C บิต 4 ถึง 7 จะได้ค่า 5 และ AH ตามลำดับ

2.8 ทดสอบการทำงานของพอร์ต 8255 ที่อยู่บนแผงวงจรติดตามการทำงานในเวลาจริง และการโปรแกรมวงจรนับ 74HCT191

> O 98 0

ให้ค่าวงจรนับไบต์ต่ำเป็น 0

> I 95

0

อ่านค่าจากพอร์ตที่อ่านค่าวงจรนับ

> O 94 0

ให้ค่าวงจรนับไบต์สูง

> I 96

ค่าที่อ่านได้จากพอร์ต 9AH บิต 0 ถึง 2 จะเป็น 0

```
> O 98 55
> I 95
55
> O 98 AA
> I 95
AA
> O 94 5
> I 96
```

ดูเฉพาะบิต 0 ถึง 2 ได้ 5

```
> O 94 2
> I 96
```

ดูเฉพาะบิต 0 ถึง 2 ได้ 2

ในการทดสอบข้อ 2.5 ถึง 2.8 ถ้าไม่ได้ผลตรงที่แสดงให้ตรวจสัญญาณเลือกพอร์ตแอดเดรส และข้อมูลที่ต่อมายังไอซีนั้นๆ

2.9 การทำงานของวงจรสร้างสัญญาณ WAIT และ BUSRQ

ตั้งแต่เริ่มการทดลองเราให้อีมูเลชันซีพียู อยู่ในสถานะรีเซตจากสัญญาณ SOD ของคอนโทรลซีพียู ในตอนนี้จะเริ่มทดสอบให้อีมูเลชันซีพียูทำงานภายใต้สัญญาณควบคุม

```
> O 8A 3F
> R IM
 IM 07
 CO
```

วัดสัญญาณ WAIT หรือ READY ที่อีมูเลชันซีพียูจะต้องได้ 0 ซีพียูจะอยู่ในสถานะการอ่านคำสั่งที่แอดเดรส 0

```
> O 8A 3D
```

คอยใช้ลอจิกโพรบวัดสัญญาณ WAIT หรือ READY ไว้

```
> O 8A 3F
```

จะพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงที่สัญญาณ WAIT หรือ READY ก่อนเปลี่ยนกลับเป็น 0 ตามเดิม

```
> O 8A 29
```

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

> O 8A 2B

วัดสัญญาณ BUSRQ จะเป็น 0 กรณี HOLD จะเป็น 1 วัดสัญญาณที่ขานี้ค้างไว้ดูการเปลี่ยนแปลง

> O 8A 29

> O 8A 2B

จะพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสถานะที่ขานี้ก่อนกลับไปสู่สถานะเดิม

> O 8A 3D

> O 8A 3F

จะพบว่าสัญญาณ BUSRQ หรือ HOLD ไม่ทำงาน แต่ สัญญาณ WAIT หรือ READY เป็น 0 แทนอีมูเลชันซีพียูอยู่ในสถานะ WAIT

ถ้าผลการทดสอบไม่ได้ ให้ตรวจดูการต่อสัญญาณต่างๆของไอซี WAIT Z80 หรือ WAIT8085 กับพอร์ต C ของ 8255 BUS และการสร้างสัญญาณ MCSYNC จากไอซี SYNCZ80 หรือ SYNC8085

3. การทดสอบการทำงานของอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์

จากข้อ 2 เป็นการทดสอบการทำงานของฮาร์ดแวร์ ในส่วนที่สำคัญ ในขั้นตอนนี้จะเป็นการทดสอบฮาร์ดแวร์กับซอฟต์แวร์ที่ใช้งานจริง เพื่อให้ได้ผลตามที่ออกแบบไว้

การทดสอบในข้อ 2 เป็นส่วนที่กระทำได้เฉพาะในขั้นตอนการประกอบเครื่องแต่การทดสอบในข้อนี้เป็นการใช้งานธรรมดาที่ผู้ใช้ทั่วไปทดสอบได้ พร้อมกับวิธีแก้ปัญหาเมื่อพบข้อบกพร่องในส่วนที่ผู้ใช้นบได้บ่อย เครื่องที่ทดสอบใช้คอนโทรลซีพียูและรอมที่เก็บซอฟต์แวร์จริงมาใช้งาน

3.1 เริ่มเปิดเครื่อง

เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์เรียกโปรแกรม PROCOMM PLUS ติดตั้งให้เรียบร้อย ต่อสาย RS-232C กับอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ เมื่อเปิดเครื่องอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์จะพบข้อความแสดงรายการคำสั่งต่างๆเหมือนการใช้คำสั่ง H แล้วปรากฏเครื่องหมาย > แสดงการรอรับคำสั่ง

ถ้าไม่มีตัวอักษรปรากฏบนจอภาพให้ตรวจสอบต่อสาย RS-232C และแหล่งจ่ายไฟ ให้เรียบร้อย ถ้ายังไม่มีผลให้ตรวจดูดิปสวิทช์ที่กำหนดสัญญาณนาฬิกาสำหรับอีมูเลชันซีพียูให้ใช้สัญญาณนาฬิกาภายใน แล้วกดปุ่มรีเซตที่อินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์

3.2 หน่วยความจำอีมูเลชัน

เมื่อเริ่มเปิดเครื่องคำสั่งที่ตั้งไว้จะเป็นการใช้หน่วยความจำอีมูเลชันสำหรับโปรแกรมและอ่านเขียน

```
> MM
 0000-FFFF 64 K System Prog Road/Write
```

ให้ทดสอบหน่วยความจำอีมูเลชันทั้งหมด

```
> MT 0 FFFF
  RAM OK
```

ถ้าเกิดการผิดพลาดจะแสดงผลเช่น

```
 ADDRESS 0000 RAM ERROR
```

ให้ตรวจดูวงจรว่ามีแรมอยู่ในช่องใส่หน่วยความจำอีมูเลชันหรือไม่ ถ้ามีตรวจสอบไฟเลี้ยงและสัญญาณต่างๆ แล้วทดสอบใหม่ ถ้ายังผิดพลาดลองเปลี่ยนแรมตัวใหม่

ทดลองอ่านเขียนเคลื่อนย้าย เปรียบเทียบค้นหาข้อมูลหน่วยความจำตามตัวอย่างที่แสดงในคู่มือการใช้งาน

3.3 การจัดการข้อมูลเป็นภาษาแอสเซมบลี

ทดลองใช้คำสั่ง A เขียนโปรแกรมด้วยคำสั่ง ภาษาแอสเซมบลีคำสั่งต่างๆดูผลการแปลที่ท้ายบรรทัดว่าถูกต้องหรือไม่

ทดลองอ่านข้อมูลในหน่วยความจำแปลเป็นภาษาแอสเซมบลีว่าถูกต้องหรือไม่

3.4 การอ่านเขียนแฟ้มข้อมูลรูปแบบ Intel hex

ทดลองเขียนโปรแกรมด้วยภาษาแอสเซมบลีบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์แปลภาษาให้ได้รหัสภาษาเครื่องในรูปแบบ Intel hex แล้วใช้คำสั่ง L ของอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ ร่วมกับ PROCOMM PLUS ตามที่แสดงคู่มือการใช้งาน เพื่อเก็บโปรแกรมดังกล่าวไว้ในหน่วยความจำ ดูว่าข้อมูลตรงกับที่ได้จากไมโครคอมพิวเตอร์หรือไม่ ด้วยคำสั่งแสดงหน่วยความจำหรือแปลเป็นภาษาแอสเซมบลี

ในระหว่างใช้คำสั่งของ PROCOMM PLUS อ่านแฟ้มข้อมูลส่งมายังอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ ถ้าพบข้อผิดพลาดให้กด ESC แล้วกลับไปดูว่ารูปแบบของแฟ้มข้อมูล Intel hex ถูกต้องหรือไม่ ถ้าถูกแล้วข้อผิดพลาดอาจเกิดจากสายต่อ RS-232C

ทดลองใช้คำสั่ง W เก็บข้อมูลในช่วงที่อ่านเข้ามาไปเป็นแฟ้มข้อมูล

เปรียบเทียบกับแฟ้มข้อมูลที่อ่านมาครั้งแรก (แฟ้มข้อมูลที่ได้จากการใช้คำสั่ง W จะมีข้อความเพิ่มเติมหลังจบแฟ้มข้อมูล ขนาดจึงใหญ่กว่าแฟ้มข้อมูลที่อ่านมาไม่สามารถเปรียบเทียบด้วยคำสั่งของ DOS ได้)

3.5 ทดลองใช้คำสั่ง X เพื่อรีเซตอีมูเลชันชีพียู

3.6 ทดลองใช้คำสั่ง R เพื่อดูค่ารีจิสเตอร์ต่างๆ สังเกต PC จะต้องเป็น 0

ทดลองใช้คำสั่ง R ต่อด้วยชื่อรีจิสเตอร์ เพื่อแก้ไขค่ารีจิสเตอร์ แล้วใช้คำสั่ง R เรียกดูค่าทั้งหมดใหม่

3.7 ทดลองการทำงานทีละคำสั่ง โดยเขียนโปรแกรมด้วยคำสั่ง A เลือกใช้คำสั่งที่มีการเปลี่ยนค่ารีจิสเตอร์โดยตรง

เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จ ใช้คำสั่ง R PC ตั้งค่าที่แอดเดรสแรกที่เขียนโปรแกรมแล้วใช้คำสั่ง T โปรแกรมจะทำงานแล้วแสดงค่ารีจิสเตอร์ที่ได้จากคำสั่ง ตรวจสอบว่าถูกต้องหรือไม่ ใช้คำสั่ง T อีกจนกว่าจะหมดคำสั่งที่เขียนไว้

ใช้คำสั่ง R PC กลับไปเริ่มต้นใหม่

ทำงานทีละคำสั่งด้วยคำสั่ง TI หลังจากใช้คำสั่งนี้ กดแป้นอักษรว่างไปเรื่อยๆจนจบโปรแกรมที่เขียนขึ้น

ทดลองเขียนโปรแกรมใหม่ให้มีการอ่านเขียนข้อมูลในหน่วยความจำต่างๆ

ใช้คำสั่งใน R PC กลับไปที่ต้นโปรแกรม

ใช้คำสั่ง TM ให้ทำงานทีละแมชชีนไซเคิล สังเกตการทำงานในช่วงอ่านเขียนหน่วยความจำว่าตรงกับที่โปรแกรมไว้หรือไม่

กรณีที่พบข้อผิดพลาดให้ตรวจสอบอีกครั้งว่าโปรแกรมที่จริงต้องทำงานอย่างไร ถ้าอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ผิดพลาดจริงๆ สาเหตุอาจมาจากอีมูเลชันชีพียู ให้ทดลองวัดสัญญาณไฟเลี้ยงหรือกราวนด์ว่ามีระดับถูกต้องหรือไม่ บัสข้อมูลหรือแอดเดรสมีการขาดหรือช็อตหรือไม่ ถ้าไม่พบสาเหตุให้ทดลองใส่ชีพียูตัวไม่

3.8 การติดต่อกับพอร์ตอินพุตเอาต์พุตของระบบเป้าหมาย

ต่ออินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์กับวงจรแบบเป้าหมายที่มีพอร์ตอินพุตเป็นดิปสวิทช์และพอร์ตเอาต์พุตเป็นไดโอดเปล่งแสง หมายเลขพอร์ตทั้ง 2 คือ 0FFH

ทดลองใช้คำสั่ง O FF 0 หลอดไฟจะติดทุกดวง และ O FF FF หลอดไฟจะดับ ใช้คำสั่ง I FF จะแสดงค่าจากอินพุตดูว่าจะตรงกับที่ดิปสวิทช์ตั้งไว้หรือไม่

ถ้าการทดลองนี้ได้ผลไม่ตรง ให้ตรวจสอบสายต่อระหว่างอินเซอร์กิต

อีมูเลเตอร์กับระบบเป้าหมาย ถ้าไม่พบปัญหาหรือเปลี่ยนสายแล้วยังผิดพลาดเหมือนเดิมให้ตรวจดูสายต่อภายในและลายวงจรว่ามีการขาดหรือช็อตหรือไม่เริ่มจากขั้วต่อสัญญาณกับระบบเป้าหมาย

เมื่อได้ผลให้ทดลองใช้โปรแกรมทดสอบ ซึ่งมี 3 โปรแกรม ให้ทำงานกับอินพุตเอาต์พุตพอร์ตโดยการใช้คำสั่ง L ร่วมกับ PROCOMM PLUS

การใช้โปรแกรมที่อ่านมาเก็บในหน่วยความจำอีมูเลชันทดลองทำงานทีละคำสั่งด้วย TM ดูผลการทำงานในช่วงแมชชีนไซเคิลที่ติดต่อกับอินพุตเอาต์พุต

3.9 การกำหนดจุดหยุด

ตั้งจุดหยุดที่แอดเดรสต่างๆดูผลการทำงานว่าโปรแกรมหยุดตามที่กำหนดหรือไม่ โดยใช้คำสั่ง BPS address และ G ถ้าโปรแกรมไม่หยุดตรวจดูว่าแอดเดรสที่กำหนดตรงกับแอดเดรสแรกของคำสั่งหรือไม่โดยกด ESC แล้วทดลองทำงานทีละคำสั่ง

3.10 การกำหนดการหยุดการทำงานเมื่อโปรแกรม HALT

ทดลองให้โปรแกรมทำงานในคำสั่ง HALT โดยทำงานทีละคำสั่ง จะเห็นว่าเมื่อทำงานในคำสั่ง HALT แล้วจะขึ้นจอว่าต้องให้ผู้ใช้รีเซตอีมูเลชันชีพยุด้วยคำสั่ง X ก่อนจึงจะทำงานต่อได้

ทดลองทำงานในเวลาจริงด้วยคำสั่ง G จะเห็นว่าโปรแกรมหยุดทำงาน แต่อินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ไม่รับคำสั่งให้กด ESC อินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์จะบอกแอดเดรสที่ HALT ให้ทราบ ทำงานต่อโดยใช้คำสั่ง X

ทดลอง BHS ให้อินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์หยุดทำงานในโมดอีมูเลชันเมื่อพบคำสั่ง HALT อินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์จะบอกแอดเดรสที่ HALT ให้ทราบ ทำงานต่อโดยใช้คำสั่ง X

3.11 การกำหนดการหยุดการทำงานจากสัญญาณภายนอก

ทดลองให้หยุดจากสัญญาณภายนอก โดยการต่อสายสัญญาณ BRKEXT จากขั้วต่อ BREAK IN/OUT เข้ากับเอาต์พุตบอร์ต แล้วตั้งค่าลอจิกที่จะให้หยุดให้ตรงข้ามกับสภาพปกติของเอาต์พุตพอร์ตบิตนั้น ทดลองทำงานจะพบว่าโปรแกรมจะหยุดเมื่อเกิดสัญญาณ

ในข้อ 3.9 ถึง 3.11 ถ้าโปรแกรมไม่หยุด ให้ตรวจสอบไอซี PAL BRKCTRL โดยดูไฟเลี้ยงและสัญญาณต่างๆจากวงจรอื่นๆอาจทดลองเปลี่ยนไอซี

3.12 การทำงานของวงจรติดตามการทำงานในเวลาจริง

ทดลองใช้คำสั่งติดตามการทำงานในเวลาจริง ด้วยคำสั่ง TB ผลที่ได้จะเหมือนกับการใช้คำสั่ง G โปรแกรมจะหยุดตามที่กำหนดจุดหยุด

แสดงข้อมูลในบัฟเฟอร์ติดตามการทำงานในเวลาจริง ด้วยคำสั่ง TB ผลที่ได้จะเหมือนกับที่ได้จากคำสั่งทำงานทีละแมชชีนไซเคิล

3.13 การทำงานของอีมูเลชันซีพียูที่สัญญาณนาฬิกาความถี่ต่างๆ

ทดลองการต่อสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกโดยปรับตั้งดิปสวิทช์เลือกสัญญาณนาฬิกา แล้วต่อวงจรให้สัญญาณกับขาที่ต่อซอกเก็ตซีพียูบนระบบเป้าหมาย ทำการทดลองดังนี้

3.13.1 ให้สัญญาณนาฬิกาความถี่เท่ากับที่ใช้ปกติ ระบบจะทำงานได้เหมือนเดิม

3.13.2 ในระหว่างทำงานในเวลาจริงตัดสัญญาณนาฬิกาให้หายไป ระบบจะหยุดทำงาน แต่ไม่แสดงข้อความให้ผู้ใช้ทราบ กด ESC บนจอภาพจะแสดงว่า Target not ready error ให้ใช้คำสั่ง X

การใช้คำสั่ง X ในระหว่างไม่มีสัญญาณนาฬิการะบบจะหยุดรออยู่ตลอดเวลาจนกว่าจะต่อสัญญาณนาฬิกาให้ จึงจะกลับไปรับคำสั่งต่อไป

3.13.3 ให้ระบบทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกา 500 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นค่าต่ำสุดสำหรับ Z-80 และ 8085 ระบบต้องทำงานได้ตามปกติ

3.13.4 ให้ระบบทำงานด้วยสัญญาณนาฬิกา 250 กิโลเฮิรตซ์ ระบบจะไม่ทำงาน ได้ผลเหมือนข้อ 3.13.2

3.14 การรับสัญญาณ WAIT จากระบบเป้าหมาย

ทดลองต่อสัญญาณ WAIT ค้างไว้บนระบบเป้าหมายโดยต่อลงกราวนด์ หลังจากนั้นใช้คำสั่ง ให้แสดงค่าในหน่วยความจำ

บนจอภาพจะแสดงว่า Target not ready error แล้วแนะนำให้ใช้คำสั่ง X แต่ถ้าเราถอดสัญญาณ WAIT ออกระบบจะทำงานต่อได้ตามปกติโดยไม่ต้องรีเซต

ถ้าเราต่อสัญญาณ WAIT ในระหว่างให้ทำงานทีละคำสั่งหรือทำงานทีละแมชชีนไซเคิล บนจอภาพจะขึ้นแสดงข้อผิดพลาด เมื่อนำสัญญาณ WAIT ออก จะใช้คำสั่งต่อไปได้

ถ้าเราต่อสัญญาณ WAIT ค้างในระหว่างให้ทำงานในเวลาจริง อีมูเลชันซีพียูจะหยุดชั่วคราวเหมือนซีพียูจริงๆ โดยไม่แสดงผลให้ผู้ใช้ทราบ เมื่อสัญญาณ WAIT หมดไปก็ทำงานต่อได้ตามปกติ

3.15 หน่วยความจำแรมที่อยู่บนระบบเป้าหมาย

ทดลองต่อระบบเป้าหมายที่เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์แผ่นพิมพ์เดี่ยวสำหรับ 8085 คือ SDA-85 สำหรับ Z-80 คือ MPF-1

เมื่อต่อเสร็จใช้คำสั่ง

```
> MM 0 FFFF T
```

เพื่อให้ใช้หน่วยความจำทั้งหมดจากเครื่องคอมพิวเตอร์แผ่นพิมพ์เดี่ยว

จากนั้นใช้คำสั่งทดสอบหน่วยความจำแรมบนเครื่อง

```
> MT 1800 1FFF
  RAM OK
```

ถ้าผลที่ได้ผิดพลาด ให้ตรวจสอบสายต่อระหว่างอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์กับเครื่องคอมพิวเตอร์แผ่นพิมพ์เดี่ยว ถ้ายังไม่หายลองเปลี่ยนแรมใหม่

3.16 การรับสัญญาณอินเตอร์รัพต์จากระบบเป้าหมาย

ทดลองให้เครื่องทำงานด้วยโปรแกรมที่อยู่ในรอม

```
> X
> G
```

ถ้าเครื่องทำงานไม่ถูกต้องให้กด ESC แล้วใช้คำสั่ง P เพื่อทำให้ขาอินเตอร์รัพต์ของเครื่องต่อกับซีพียูในอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์

ทดลองการทำงานทีละคำสั่งของคอมพิวเตอร์แผ่นพิมพ์เดี่ยวพบว่าจะทำงานไม่ได้เพราะไม่ได้ต่อสัญญาณ อินเตอร์รัพต์แบบนอนมาสค์เอเบิล ให้กับอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ ใช้คำสั่ง P เพื่อให้สัญญาณนี้ใช้งานได้

3.17 การรับสัญญาณรีเซตจากระบบเป้าหมาย

กดปุ่มรีเซตบนเครื่องคอมพิวเตอร์แผ่นพิมพ์เดี่ยวจะพบว่าระบบไม่รีเซตหรือทำงานผิดไป ต้องใช้คำสั่ง P เพื่ออนุญาตให้สัญญาณรีเซตจากระบบเป้าหมายไปยังอีมูเลชันซีพียู

หลังจากนี้เมื่อใช้คำสั่ง G ระบบจะทำงานเหมือนเครื่องคอมพิวเตอร์แผ่นพิมพ์เดี่ยวทุกอย่าง

ถ้าผลการทดลองไม่ได้ตามที่ต้องการและตรวจไม่พบความผิดปกติของอุปกรณ์ให้ทดลองเปลี่ยนสายต่อจากอินเซอร์กิตอีมูเลเตอร์ ไปยังซ็อกเก็ตของระบบเป้าหมายให้สั้นลง