หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การออกแบบและสร้างวงจรระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอก

3.1 ข้อกำหนด

จากการศึกษาข้อกำหนดของระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอก ที่เป็นผลิตภัณฑ์ของต่างประเทศ และจากการศึกษาขบวนการในการวัดค่า อุณหภูมิ ความดัน และระดับ ในโรงงานอุตสาหกรรมภายในประเทศ สามารถสรุปคุณสมบัติที่ต้องการของระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอก ที่จะออกแบบและทดลองสร้างขึ้นดังนี้

1) สามารถวัดสัญญาณจากทรานสดิวเซอร์ ที่แปลงปริมาณทางฟิสิคส์ เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เช่น เทอร์โมคับเปิล กระเปาะความต้านทาน เป็นต้น
2) ต่อหัววัดได้สูงสุด 240 หัววัด
3) เวลาในการอ่านไม่เกิน 0.1 วินาที/หัววัด
4) ความแม่นยำในการวัดดีกว่า 0.1 % ของค่าสูงสุด
5) มีหน่วยแสดงผลเป็นตัวเลข 8 หลัก เพื่อแสดงค่าที่วัดได้ หมายเลขช่องที่วัด และเวลาขณะวัด
6) มีแป้นกดข้อมูลเพื่อรับคำสั่ง 24 ปุ่มกด
7) ต่อกับเครื่องพิมพ์โดยใช้บัส เซนทรอนิคส์
8) รับส่งข้อมูลกับไมโครคอมพิวเตอร์ระบบอื่น ทางบัส อาร์เอส 232 – ซี อัตราในการส่งไม่ต่ำกว่า 1200 บิท/วินาที
9) มีนาฬิกาบอกเวลาภายใน
10) มีแบตเตอรีภายในสำหรับเลี้ยงหน่วยความจำและนาฬิกา ไม่ให้ข้อมูลการวัด และเวลาหายไปเมื่อไฟดับ
11) มีหน้าสัมผัสและเสียงเตือนเมื่อค่าวัดเกินขีดจำกัด

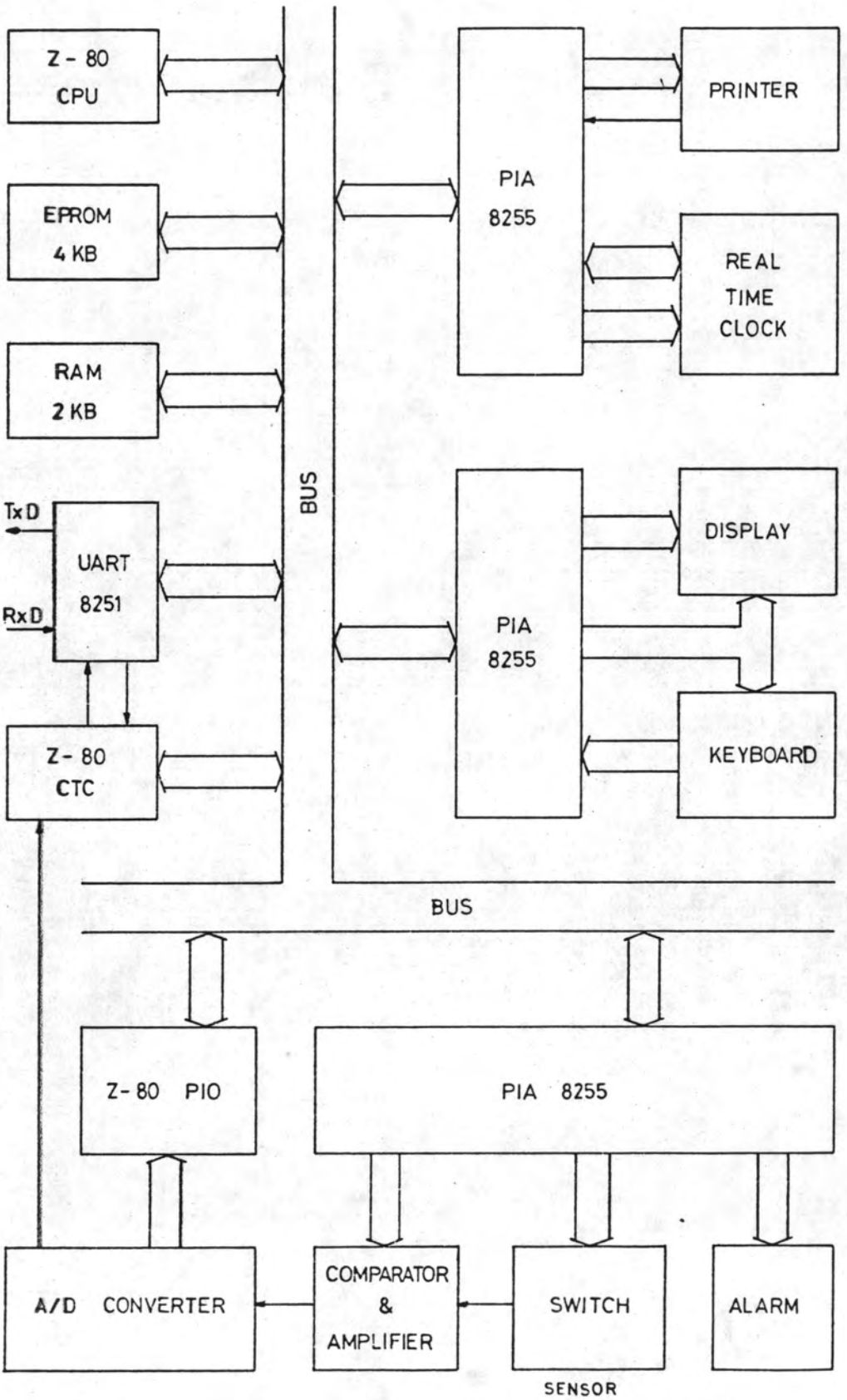
3.2 การออกแบบวงจร

ระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอก ที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ จะมีโครงสร้างคล้ายกับระบบไมโครคอมพิวเตอร์ทั่ว ๆ ไป คือ ประกอบด้วย CPU หน่วยความจำ และวงจรอินเตอร์เฟสต่าง ๆ ดังแสดงวงจรบล็อคไดอะแกรม (Block diagram) ในรูปที่ 3.1 การออกแบบวงจรระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอกจะแบ่งวงจรออกเป็นภาค ๆ ดังนี้ คือ

3.2.1 ภาคประมวลผลกลางและหน่วยความจำ มีหน้าที่ควบคุมการทำงานทั้งระบบและประมวลผลข้อมูล โดยมีโปรแกรมควบคุมเก็บไว้ในหน่วยความจำ ROM และข้อมูลที่ได้จะเก็บไว้ในหน่วยความจำ RAM วงจรภาคประมวลผลกลางและหน่วยความจำ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 ประกอบด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ขนาด 8 บิท โดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ Z-80 เป็น CPU เนื่องจากไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์นี้มีลักษณะที่น่าสนใจบางประการดังนี้คือ

1) เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ ที่พัฒนาขึ้นมาจากไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8080 แต่มีโครงสร้างทางสถาปัตยกรรมดีกว่า ดังนั้นโปรแกรมจึงสามารถนำโปรแกรมของไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ 8080 มาใช้ได้
2) มีลักษณะพิเศษทางฮาร์ดแวร์หลายประการ เช่น มีโครงสร้างที่สมบูรณ์สร้างรวมอยู่ในชิปเดียวกัน สามารถใช้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกาได้สูงถึง 4 MHz และต้องการเพียงเฟสเดียว ใช้แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงเพียงชุดเดียวคือ 5 โวลท์
3) มีอุปกรณ์ที่เป็นชิปประกอบอีกที่หาง่าย เช่น PIO (Parallel Input/output controller) เป็นชิปที่ใช้ติดต่อกับเพอริเฟอรัลต่าง ๆ ที่ใช้ในการอินเตอร์เฟสข้อมูลแบบขนาน และ CTC (Counter/Timer Circuit) ใช้ในการนับหรือการตั้งเวลา เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถอินเตอร์เฟสกับชิปประกอบที่ใช้กับไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์อื่นได้

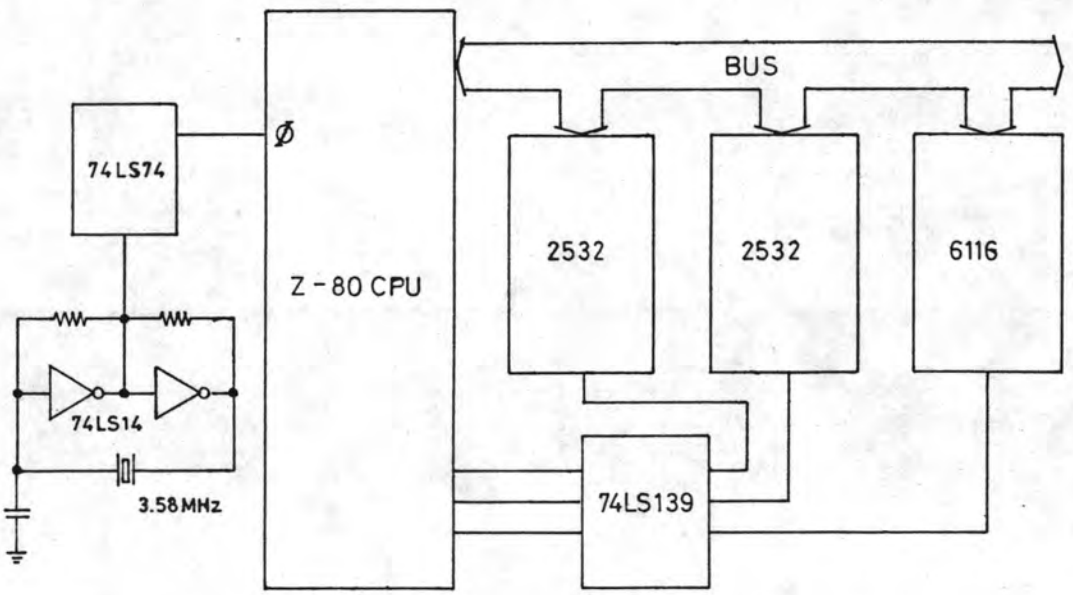
ขนาดหน่วยความจำที่เป็น ROM ของระบบต้องการขนาด 8 กิโลไบท์ ใช้ ROM เบอร์ 2532 ซึ่งเป็น EPROM (Erasable programmable ROM) ขนาด 4 กิโลไบท์ จำนวน 2 ตัว สามารถโปรแกรมข้อมูลได้ และลบข้อมูลได้ สามารถหาซื้อได้ง่าย และการต่อวงจรก็ไม่ยุ่งยาก



รูปที่ 3.1 แสดงบล็อคไดอะแกรมของระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอก

เนื่องจาก ROM ขนาด 8 กิโลไบท์ หาได้ยาก และราคาแพงมาก สำหรับขนาดของหน่วยความจำที่เป็น RAM ต้องการขนาด 2 กิโลไบท์ ใช้ RAM เบอร์ 6116 ซึ่งเป็นแบบสแตติค (Static) ขนาด 2 กิโลไบท์ สามารถหาซื้อได้ง่าย และการต่อวงจรก็ไม่ยุ่งยากเช่นกัน สำหรับ RAM ที่เป็นแบบไดนามิค (Dynamic) การใช้งานจะยุ่งยาก เหมาะสำหรับระบบที่ต้องการหน่วยความจำใหญ่มาก เช่นในระบบไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในธุรกิจ เป็นต้น

สัญญาณนาฬิกาของระบบใช้คริสตอลที่ให้ความถี่ 3.58 MHz ประกอบกับ อินเวอร์เตอร์ (Inverter) เบอร์ 74LS14 เป็นวงจรขับ จากนั้นนำไปผ่านวงจรหารสอง โดยใช้ฟลิปฟลอป เบอร์ 74LS74 หารความถี่ 3.58 MHz ให้เป็นความถี่ 1.79 MHz ซึ่งจะใช้เป็นความถี่ของระบบ การกำหนดแอดเดรสของหน่วยความจำต่าง ๆ ใช้วงจรถอดรหัส เบอร์ 74LS139 โดยกำหนดแอดเดรสของ ROM ไว้ที่ 0000-0FFF และ 2000-2FFF และกำหนดแอดเดรสของ RAM ไว้ที่ 1800-1FFF



รูปที่ 3.2 แสดงวงจรภาคประมวลผลกลางและหน่วยความจำ

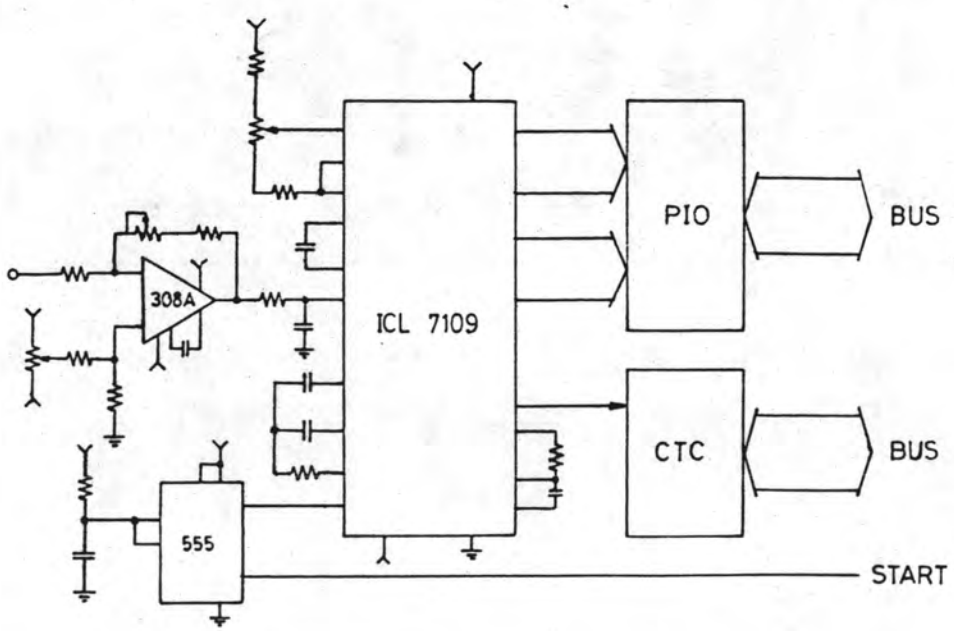
3.2.2 ภาคแปลงสัญญาณ ทำหน้าที่แปลงสัญญาณแบบอะนาลอก ที่รับจากภาคขยายสัญญาณ ให้เป็นสัญญาณแบบเชิงเลข เพื่อส่งเข้าภาคประมวลผลกลาง เนื่องจากในปัจจุบันมีบริษัทที่ผลิตวงจรแปลงสัญญาณแบบอะนาลอกเป็นสัญญาณแบบเชิงเลขในรูปของ LSI ขึ้นหลายบริษัทมีตั้งแต่

ขนาด 8 บิท ถึง 16 บิท ทำให้สะดวกในการประกอบวงจรมาก จากข้อกำหนดในการออกแบบที่ต้องการความแม่นยำของการวัดดีกว่า 0.1 % ของค่าสูงสุด ดังนั้นเครื่องที่ออกแบบจะต้องใช้ขนาด 12 บิท เพราะจะให้ความแม่นยำในการแปลงสัญญาณถึง 0.025 % ซึ่งเป็นการเพียงพอต่อความแม่นยำของระบบที่ต้องการ

การเลือกใช้ไอซี สำหรับวงจรแปลงสัญญาณแบบอะนาลอกเป็นสัญญาณแบบเชิงเลข ได้เลือกเบอร์ ICL 7109 ของบริษัท อินเตอร์ซิล เนื่องจากหาซื้อได้ง่าย และใช้อุปกรณ์ภายนอกน้อย เป็นวงจรแปลงสัญญาณชนิด DUAL SLOPE ทำให้มีความแม่นยำในการแปลงสัญญาณสูง และมีคุณสมบัติพิเศษคือ

1) มีความแม่นยำสูง ผิดพลาดไม่เกิน $\pm$ 0.2 COUNT
2) มีความต้านทานขาเข้าสูง กระแสอินพุทเพียง + pA
3) ZERO READING DRIFT 1 uV / °C
4) เชื่อมต่อกับระบบไมโครคอมพิวเตอร์ได้โดยตรง

วงจรแปลงสัญญาณแบบอะนาลอกเป็นสัญญาณแบบเชิงเลข โดยใช้ไอซีเบอร์ ICL 7109 ดังแสดงในรูปที่ 3.3 สัญญาณอะนาลอกที่จะนำมาแปลงจะผ่านทาง บัฟเฟอร์ ที่เป็นไอซีออปแอมป์



รูปที่ 3.3 แสดงวงจรภาคแปลงสัญญาณ

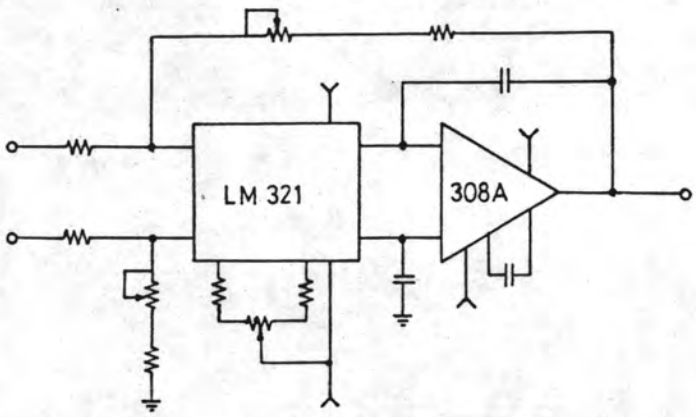
เบอร์ LM308A ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษคือ มีแรงดันออฟเซทขาเข้าต่ำกว่าออปแอมป์ทั่ว ๆ ไป ต่อเป็นวงจรขยายแบบการป้อนกลับแบบลบ (Inverting) ที่มีอัตราขยายต่ำ ประมาณ 2 เท่า โดยรับสัญญาณจากภาคขยายสัญญาณ ซึ่งมีขนาดสูงสุด 1 โวลท์ และให้สัญญาณออกที่จะเข้าสู่วงจรขาเข้าของไอซีเบอร์ ICL 7109 ไม่เกิน 2 โวลท์ บัฟเฟอร์นี้จะทำหน้าที่ป้องกันสัญญาณเข้าที่มีขนาดสูงเกินไป เนื่องจากไอซีเบอร์ ICL 7109 มีข้อเสีย คือ สัญญาณเข้าถ้ามีขนาดสูงกว่าภาคจ่ายไฟไอซีนี้จะเกิดความเสียหาย

การเลือกอุปกรณ์ภายนอก เพื่อกำหนดการทำงานภายใน โดยให้ทำงานอยู่ในช่วงที่เป็นเชิงเส้น ตามข้อแนะนำของผู้ผลิต โดยกำหนดให้แรงดันขาเข้าสูงสุดเป็น 2 โวลท์ ดังนั้น จะได้ R_{INT} = 100 K C_{INT} = 0.15 uF C_{AZ} = 0.33 uF V_{REF} = 1 V C_{REF} = 1 uF สำหรับสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในวงจรภาคแปลงสัญญาณ จะใช้เป็นวงจร RC โดยใช้ R_{OSC} = 68 K และ C_{OSC} = 60 pF จะได้ความถี่ของสัญญาณนาฬิกา = 110 KHz ดังนั้นการแปลงสัญญาณหนึ่งรอบจะต้องใช้เวลามากที่สุด 0.074 วินาที ซึ่งได้ตามข้อกำหนดที่ว่า เวลาในการอ่านค่าจากหัววัดไม่เกิน 0.1 วินาทีต่อหัววัด

การทำงานของภาคแปลงสัญญาณจะต้องได้รับสัญญาณให้เริ่มการแปลงสัญญาณ (Start) จากระบบไมโครโปรเซสเซอร์ โดยจะมาทริกวงจรโมโนสเตเบิล (Monostable) ซึ่งใช้ไอซีเบอร์ 555 เพื่อให้ได้ขนาดของพัลส์ที่เหมาะสม เมื่อการแปลงสัญญาณสิ้นสุดลงก็จะมีสัญญาณสิ้นสุดการแปลงสัญญาณออกมา สัญญาณนี้จะต่อเข้ากับวงจร CTC โดย CTC จะทำหน้าที่ไปอินเตอร์รัพท์ CPU เพื่อให้มาอ่านค่าสัญญาณแบบเชิงเลขที่ได้ สัญญาณแบบเชิงเลขของไอซีเบอร์ ICL 7109 จะต่อเข้ากับวงจร PIO ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์พักข้อมูลก่อนที่จะส่งเข้า CPU ต่อไป

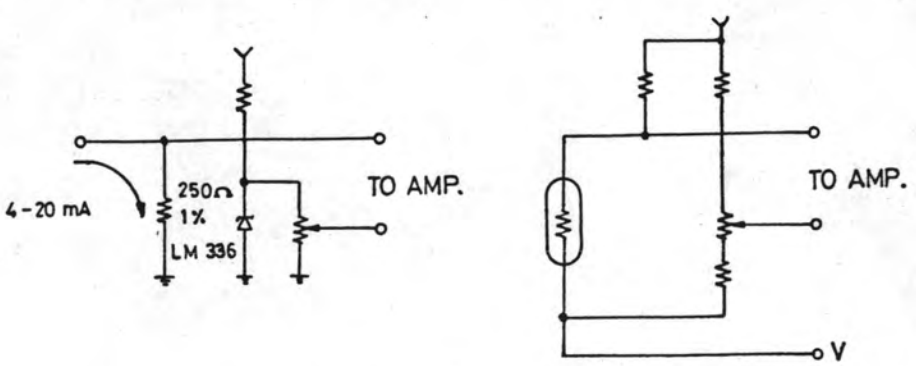
3.2.3 ภาคขยายสัญญาณ ทำหน้าที่ขยายสัญญาณเข้าจากทรานสดิวเซอร์ ให้เป็นแรงดันขนาด 0-1 โวลท์ เพื่อป้อนเข้าสู่ภาคแปลงสัญญาณ ดังนั้นภาคขยายสัญญาณนี้จึงขึ้นอยู่กับชนิดของทรานสดิวเซอร์ โดยทั่วไปสัญญาณจากทรานสดิวเซอร์จะอยู่ในช่วง 0-10 มิลลิโวลท์ อัตราขยายของวงจรที่ต้องการจะมีค่าประมาณ 100 ในระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอกนี้วงจรขยายที่ใช้ไม่ต้องมีคุณภาพที่ดีมาก เนื่องจากเราสามารถชดเชยค่าต่าง ๆ ในโปรแกรมได้ แต่เพื่อให้วงจรมีเสถียร

ภาพดีจึงควรเลือกใช้ไอซีที่มีคุณสมบัติดีพอสมควร และราคาไม่แพงนัก ดังนั้นจึงเลือกใช้ไอซีที่เป็นวงจรขยายแบบอินสตรูเมนเตชัน เบอร์ LM321 ซึ่งมีขั้วสัญญาณเข้าและสัญญาณออกเป็นแบบผลต่าง ต่อร่วมกับออปแอมป์อีกหนึ่งตัว โดยใช้ออปแอมป์เบอร์ LM308A ต่อเป็นวงจรขยายสัญญาณต่าง โดยมีขั้วสัญญาณออกเพียงขั้วเดียว ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงวงจรภาคขยายสัญญาณ

เนื่องจากสัญญาณจากทรานสดิวเซอร์มิใช่เป็นแรงดันเท่านั้น แต่อาจจะเป็นกระแสหรือความต้านทาน แล้วแต่ชนิดของทรานสดิวเซอร์ ถ้าสัญญาณเข้าเป็นแรงดันเช่น 0-10 V หรือ 0-5 V เป็นต้น สามารถต่อเข้าวงจรขยายได้โดยตรง เพียงแต่ปรับอัตราขยายให้ได้สัญญาณออกตามต้องการ ถ้าสัญญาณเข้าเป็นแรงดัน 1-5 V จะต้องเพิ่มวงจรแรงดันอ้างอิง เพื่อเปลี่ยนระดับสัญญาณเข้าให้เป็น 0-4 V ในกรณีที่สัญญาณเข้าเป็นกระแส 4-20 mA ก็จะใช้ความต้านทานขนาด

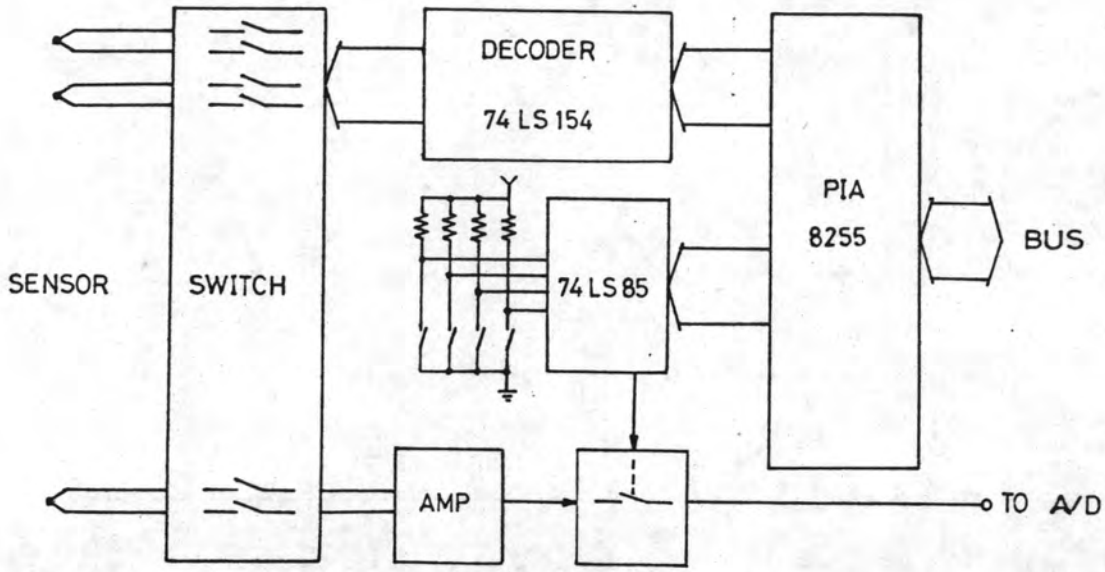


รูปที่ 3.5 แสดงวงจรแปลงสัญญาณชนิดต่าง ๆ เป็นสัญญาณแรงดัน

250Ω ความผิดพลาดไม่เกิน 1 % เปลี่ยนกระแสเป็นแรงดัน 1-5 V ก่อน แต่ถ้าสัญญาณเข้าเป็นความต้านทาน จะต้องต่อเป็นวงจรบริดจ์ เพื่อแปลงเป็นสัญญาณแรงดันก่อนดังแสดงในรูปที่ 3.5

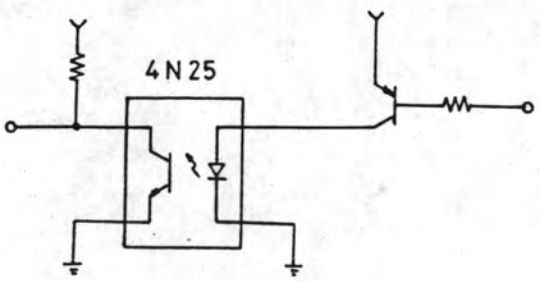
3.2.4 ภาคเลือกสัญญาณ ทำหน้าที่เลือกต่อขั้ววัดเข้าสู่ภาคขยายสัญญาณ ประกอบด้วยกลุ่มสวิทช์ซึ่งเป็นแบบรีเลย์ เนื่องจากสัญญาณเข้าจากทรานสดิวเซอร์มีขนาดเล็กมากจึงไม่เหมาะที่จะใช้อะนาลอกสวิทช์ รีเลย์ที่เลือกใช้เป็น รีดรีเลย์ (Reed relay) ซึ่งสามารถทำงานได้รวดเร็วกว่ารีเลย์ธรรมดา และความทนทานของรีเลย์ชนิดนี้ดีกว่าแบบธรรมดา รีดรีเลย์ที่นำมาใช้เป็นของบริษัท OMRON ประเทศญี่ปุ่น รุ่น LAB2 ใช้แรงดันขนาด 5 VDC เป็นชนิดที่มีหน้าสัมผัส 2 ชุด เวลาที่ใช้ในการทำงาน (Operating time) = 1 ms อายุการทำงานได้ 100 ล้านครั้ง จะเห็นว่า สามารถใช้กับสัญญาณเข้าเป็นสัญญาณต่างได้ เวลาที่ใช้ในการทำงานอยู่ในช่วงที่ใช้งานได้ สำหรับอายุการใช้งานนั้น ในกรณีที่ช่องสัญญาณมีเพียงช่องเดียวและให้รีเลย์ทำงานตลอด 24 ชม. สแกนในอัตรา 10 ครั้งต่อวินาที จะสามารถใช้งานได้นานถึง 106 วัน แต่ถ้ามี 10 ช่องสัญญาณ อายุการทำงานของรีเลย์จะใช้ได้นานถึง 1060 วัน หรือ 3 ปี และถ้าช่องสัญญาณมีมากขึ้นอายุการทำงานจะยาวขึ้นเป็นทวีคูณ

นอกจากกลุ่มสวิทช์เลือกช่องสัญญาณแล้ว ก็มีสวิทช์เลือกกลุ่มสัญญาณ ซึ่งใช้รีดรีเลย์เช่นกัน แต่ใช้ของบริษัท KOEKE ประเทศญี่ปุ่น รุ่น MJ1 ใช้แรงดันขนาด 6 VDC มีหน้าสัมผัสชุดเดียว สำหรับรหัสสวิทช์ที่ส่งมาจากระบบไมโครโปรเซสเซอร์ จะมีทั้งหมด 8 บิท โดย 4 บิทบนสำหรับกำหนดแผงวงจร เป็นสวิทช์เลือกกลุ่ม และ 4 บิทล่างสำหรับกำหนดเบอร์สวิทช์ในแต่ละกลุ่มเป็นสวิทช์เลือกช่องสัญญาณ รหัสจะถูกส่งเข้ามาที่ไอซี PIA 8255 (Peripheral interface adapter) และออกทาง พอร์ท โดย 4 บิทบนจะต่อเข้ากับวงจรเปรียบเทียบ (Comparator) ใช้ไอซีเบอร์ 7485 เพื่อเปรียบเทียบกับเบอร์ของแผงวงจรที่สามารถเซทได้จากดิพสวิทช์ (Dip switch) บนแผงวงจรนั้น โดยแต่ละแผงวงจรจะมีเบอร์แตกต่างกันไป ขึ้นกับการเซทดิพสวิทช์นี้ ทำให้แผงวงจรที่สร้างขึ้นเหมือนกันทุกประการ สามารถสับเปลี่ยนการใช้งานแทนกันได้เมื่อมีแผงใดเกิดขัดข้อง สำหรับ 4 บิทล่างจะต่อเข้ากับวงจรถอดรหัสใช้ไอซีเบอร์ 74154 ทำการถอดรหัส 4 บิท เป็นสัญญาณ 16 ช่อง เพื่อขับรีเลย์ตามรหัสที่ส่งเข้ามา วงจรภาคเลือกสัญญาณดังแสดงในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรภาคเลือกสัญญาณ

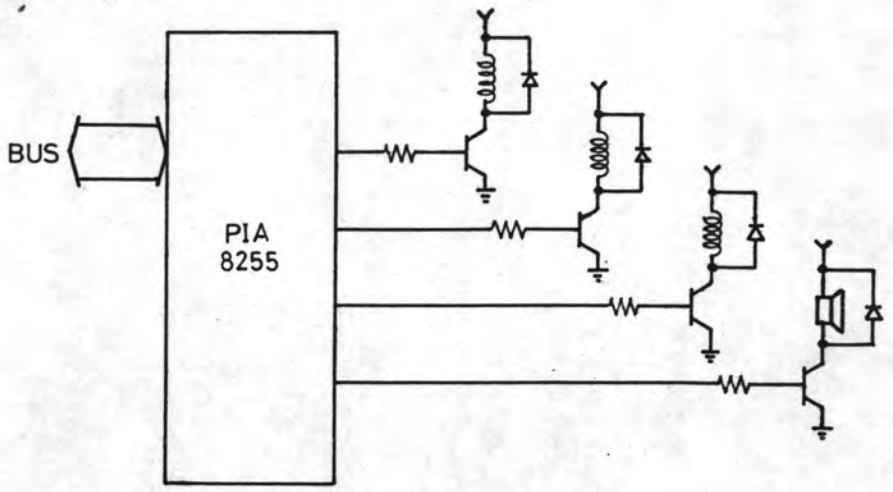
ภาคเลือกสัญญาณที่เป็นกลุ่มสวิทช์ และวงจรถอดรหัสพร้อมทั้งภาคขยายสัญญาณ สามารถต่อออกไปภายนอกในบริเวณที่ติดตั้งหัววัดได้ เพื่อลดความยุ่งยากในการเดินสายสัญญาณ และลดสัญญาณรบกวนที่เกิดขึ้นระหว่างทางได้ โดยจะส่งรหัสสัญญาณผ่านวงจรเชื่อมต่อทางแสง (Opto coupler) ใช้ไอซีเบอร์ 4N25 ดังแสดงในรูปที่ 3.7 ซึ่งเป็นการส่งสัญญาณด้วยกระแสสามารถลดการรบกวนในขณะส่งสัญญาณรหัสได้ สำหรับสัญญาณที่ออกจากภาคขยายสัญญาณก็มีขนาดใหญ่สัญญาณรบกวนจึงมีผลไม่มากนัก



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรเชื่อมต่อทางแสง

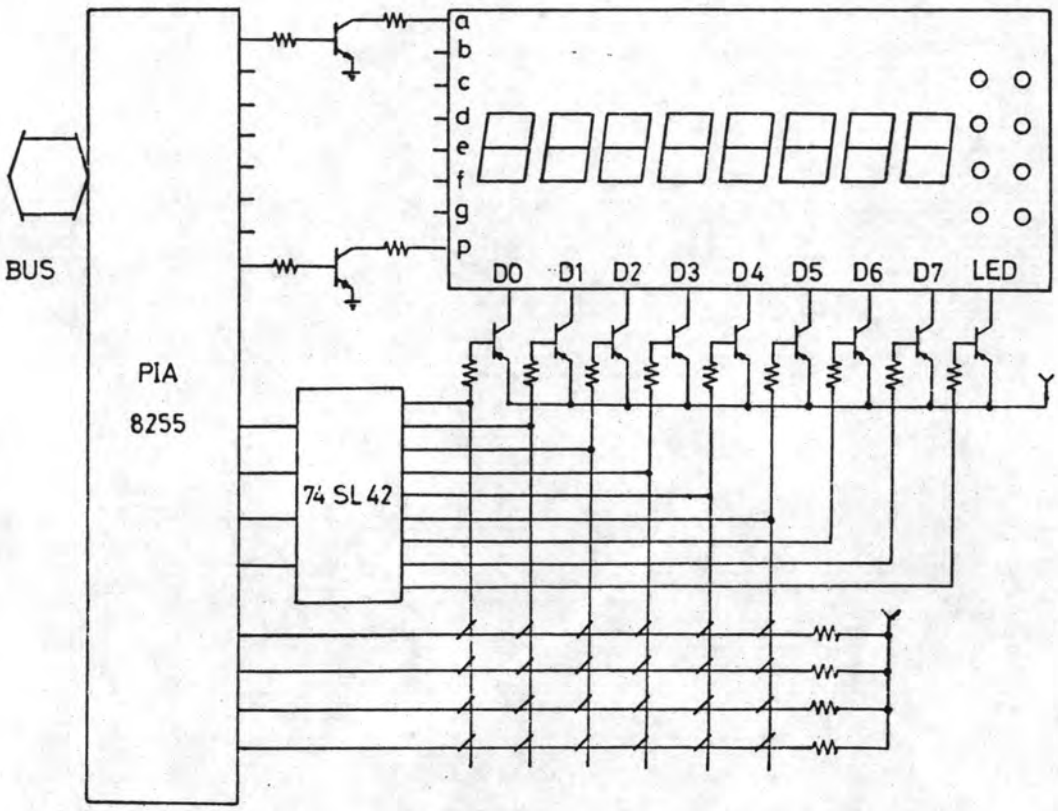
3.2.5 ภาคเตือนภัย ทำหน้าที่เตือนหรือตัดวงจรกำลัง เมื่อค่าวัดที่ได้สูงหรือต่ำกว่าที่กำหนด โดยสัญญาณออกเป็นเสียงสัญญาณและหน้าสัมผัส ใช้ไอซี PIA 8255 ตัวเดียวกับภาคเลือก

สัญญาณ ใช้พอร์ท C 4 บิทบนมีทรานซิสเตอร์เป็นตัวขับ (Driver) โดยมี 3 บิท ต่อเข้ากับรีเลย์ และบิทที่เหลือต่อเข้ากับออด (Buzzer) โดยกำหนดให้รีเลย์ตัวหนึ่งทำงานเมื่อค่าสูงกว่าค่าที่กำหนด อีกตัวหนึ่งทำงานเมื่อค่าต่ำกว่าค่าที่กำหนด ตัวที่เหลือจะทำงานทั้ง 2 กรณี วงจรภาคเตือนภัยดังแสดงในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงวงจรภาคเตือนภัย

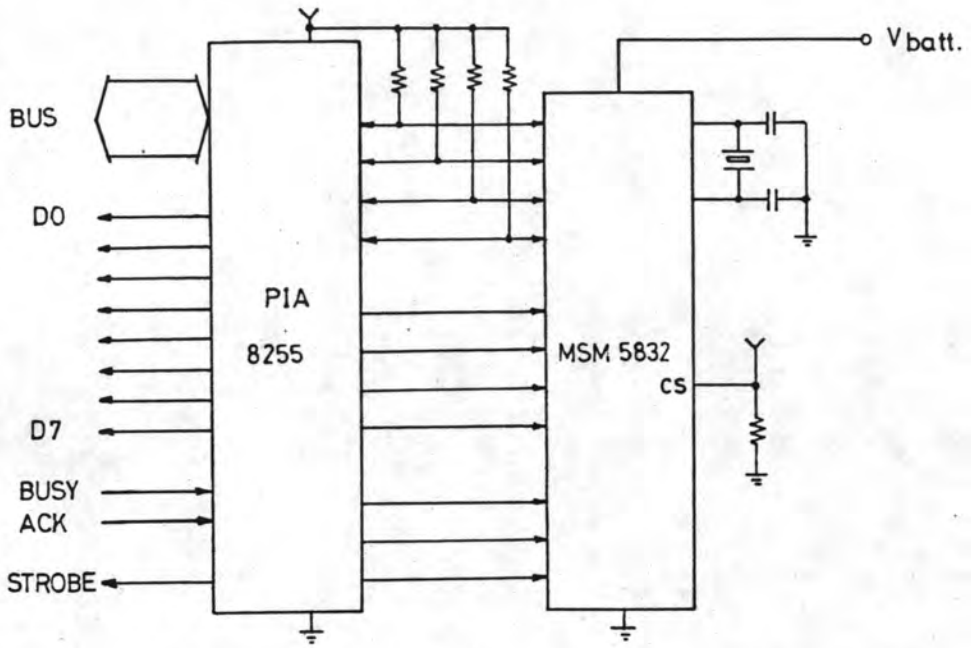
3.2.6 ภาคแสดงผลและแป้นกดข้อมูล ทำหน้าที่แสดงผลข้อมูล และรับคำสั่งจากผู้ใช้ การแสดงผลจะใช้วิธีมัลติเพล็กสัญญาณ และสัญญาณการมัลติเพล็กซ์นี้จะนำไปสแกนปุ่มกดด้วย ดังนั้น ภาคแสดงผลและแป้นกดข้อมูลจะใช้ไอซี PIA 8255 ร่วมกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.9 การแสดงผลทำได้โดย ข้อมูลที่เป็นรหัส 7 ขีด ของหลักที่ต้องการแสดงผลจะถูกส่งออกมาที่พอร์ท B และรหัสหลักของหลักที่ต้องการแสดงผลจะถูกส่งมาที่พอร์ท C ผ่านวงจรถอดรหัส ซึ่งใช้ไอซีเบอร์ 74 LS42 ในขณะที่รหัสหลักถูกส่งออกมา ก็จะอ่านข้อมูลของแป้นกดข้อมูลแถวนั้นจากพอร์ท A เข้าไปตรวจดูว่ามีปุ่มถูกกดหรือไม่ การสแกนแป้นกดข้อมูลและแสดงผลข้อมูลแต่ละหลักจะใช้เวลาประมาณ 1 ms การแสดงผลจะเป็นแบบตัวเลข มีจำนวน 8 หลัก โดยใช้หลอดตัวเลข 7 ขีด เป็นชนิดคอมมอนอาโนด (Common anode) และใช้หลอดไดโอดเปล่งแสง (LED) จำนวน 8 หลอด โดยถือว่าหลอดไดโอดเปล่งแสงทั้ง 8 หลอด เป็นหนึ่งหลัก ดังนั้นการแสดงผลจะมีทั้งหมด 9 หลัก สำหรับแป้นกดข้อมูล จะมีทั้งหมด 24 ปุ่มกด โดยแบ่งการสแกนออกเป็น 6 แถวตั้ง (Column) และการอ่านข้อมูลเข้าตรวจดูจะเป็น 4 แถวนอน (Row)



รูปที่ 3.9 แสดงวงจรภาคแสดงผลและแป้นกดข้อมูล

3.2.7 ภาคนาฬิกา ทำหน้าที่สร้างสัญญาณนาฬิกาที่เป็นเวลาจริง โดยเก็บข้อมูลที่เป็น วัน เดือน ปี และเวลาชั่วโมง นาที วินาที การสร้างสัญญาณนาฬิกาจากความถี่ไฟบ้าน มักจะมีปัญหาเมื่อไฟดับ เวลาจะถูกลบไป ไม่สามารถใช้แบตเตอรี่เลี้ยงวงจรไว้เนื่องจากต้องการความถี่ของไฟกระแสสลับ สำหรับการสร้างสัญญาณนาฬิกาจากความถี่ของระบบ จะทำให้เกิดความยุ่งยากในการเขียนโปรแกรมมากขึ้น และการใช้แบตเตอรี่ต่อไฟเลี้ยงวงจร จะต้องใช้ทั้งระบบ ทำให้สิ้นเปลืองและยุ่งยาก ดังนั้นการออกแบบภาคนาฬิกาของระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอกนี้ จะใช้ไอซีเบอร์ MSM 5832 ของบริษัท OKI ประเทศญี่ปุ่น เนื่องจากต้องการวงจรภายนอกน้อยมากมีวงจรกำเนิดสัญญาณภายในตัวเองโดยใช้คริสตอล สามารถบอก วัน เดือน ปี สัปดาห์ ชั่วโมง นาทีและวินาที ได้โดยละเอียด นอกจากนี้ยังสามารถต่อเข้ากับระบบได้ง่ายอีกด้วย การรับส่งข้อมูลเวลาซึ่งมีขนาด 4 บิท เป็นบัสสองทิศทาง ข้อมูลที่รับส่งจะเป็นรหัส BCD การระบุว่าเป็นข้อมูลของ

อะไร จะส่งเข้าทางบัสแอดเดรส มีขนาด 4 บิท เช่นกัน แต่เป็นบัสทิศทางเดียว นอกจากนี้จะมีบัสสำหรับควบคุมการอ่านเวลาและเซทเวลา การอินเตอร์เฟสกับ MSM 5832 จะใช้ PIA 8255 โดยใช้บิทล่างของพอร์ท C ในการรับส่งข้อมูล และบิท 0-6 ของพอร์ท B สำหรับส่งแอดเดรสและสัญญาณควบคุม วงจรของภาคนาฬิกา ดังแสดงในรูปที่ 3.10

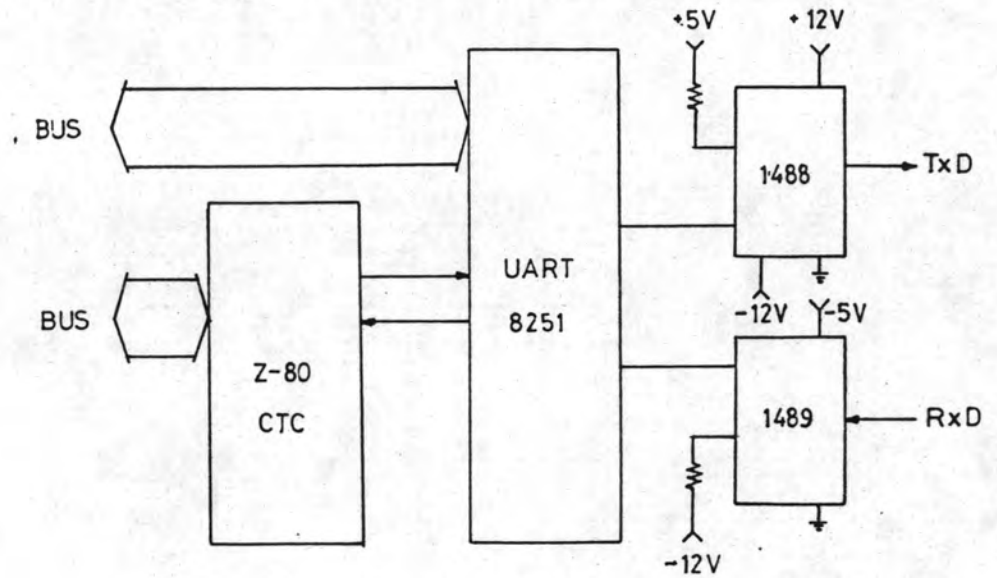


รูปที่ 3.10 แสดงวงจรภาคนาฬิกาและภาคอินเตอร์เฟสกับเครื่องพิมพ์

3.2.8 ภาคอินเตอร์เฟสกับเครื่องพิมพ์ ทำหน้าที่ส่งข้อมูล 8 บิท ที่ต้องการพิมพ์ และคำสั่งควบคุมการพิมพ์ออกไปสู่เครื่องพิมพ์ เครื่องพิมพ์ที่ใช้มีการรับส่งข้อมูลที่เป็นแบบขนานโดยใช้บัสเซนทรอนิคส์ ประกอบด้วย ข้อมูล 8 บิท สัญญาณ STROBE ACK (Acknowledge) และBUSY การอินเตอร์เฟสจะใช้ไอซี PIA 8255 ตัวเดียวกับที่ใช้ในภาคนาฬิกา โดยใช้พอร์ท A ส่งข้อมูล 8 บิท และพอร์ท C บิท 5-6 รับสัญญาณ BUSY และ ACK จากเครื่องพิมพ์ ส่วนสัญญาณ STROBE จะถูกส่งออกทางพอร์ท B บิทที่ 7 วงจรภาคอินเตอร์เฟสกับเครื่องพิมพ์ดังแสดงในรูปที่ 3.10

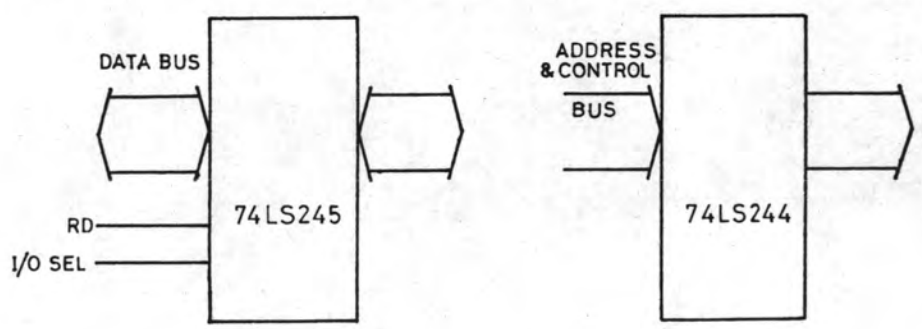
3.2.9 ภาครับส่งข้อมูลกับไมโครคอมพิวเตอร์ระบบอื่น ทำหน้าที่ติดต่อรับส่งข้อมูลกับไมโครคอมพิวเตอร์ระบบอื่น โดยใช้วิธีการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมผ่านบัสมาตรฐาน อาร์เอส 232 - ซี วงจรของการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมดังแสดงในรูปที่ 3.11 ประกอบด้วยไอซี UART 8251

(Universal asynchroncous receiver transmitter) การรับส่งข้อมูลกำหนดอัตราเร็วเป็น 2400 บิท/วินาที สัญญาณนาฬิกาที่ใช้กำหนดอัตราเร็วในการรับส่ง มาจากไอซี CTC CH 0 รูปแบบของการติดต่อรับส่งเป็นดังนี้ 8 บิทข้อมูล EVEN PARITY และ 1 STOP BIT การติดต่อผ่านบัส อาร์เอส 232 - ซี ซึ่งมีระดับแรงดันไฟ ±12 VDC ดังนั้นสัญญาณการรับส่งจะต้องต่อผ่านบัฟเฟอร์เบอร์ 1488 และ 1489 การส่งข้อมูลแต่ละครั้งจะกระทำเมื่อมีสัญญาณ RXRDY มาที่ CTC CH 2 เพื่อสร้างสัญญาณอินเตอร์รัพท์ CPU ให้จัดส่งข้อมูลออกไป



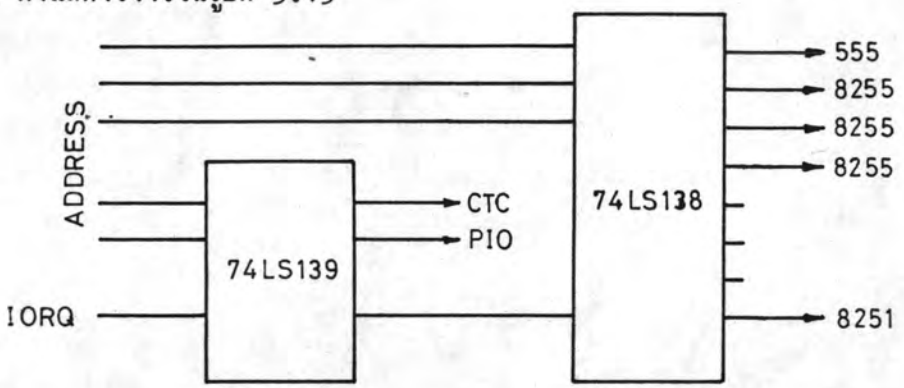
รูปที่ 3.11 แสดงวงจรรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

3.2.10 ภาคบัฟเฟอร์และการกำหนดแอดเดรส เนื่องจากวงจรของระบบทั้งหมดมีอุปกรณ์ที่มาอินเตอร์เฟสมาก ดังนั้น CPU ไม่สามารถขับอุปกรณ์เหล่านั้นได้โดยตรงทั้งหมด จึงต้องมีการต่อบัฟเฟอร์เพื่อช่วยขับวงจรบางส่วน วงจรบัฟเฟอร์ที่ใช้มี 2 ชนิด คือ บัฟเฟอร์ที่เป็นบัสสอง



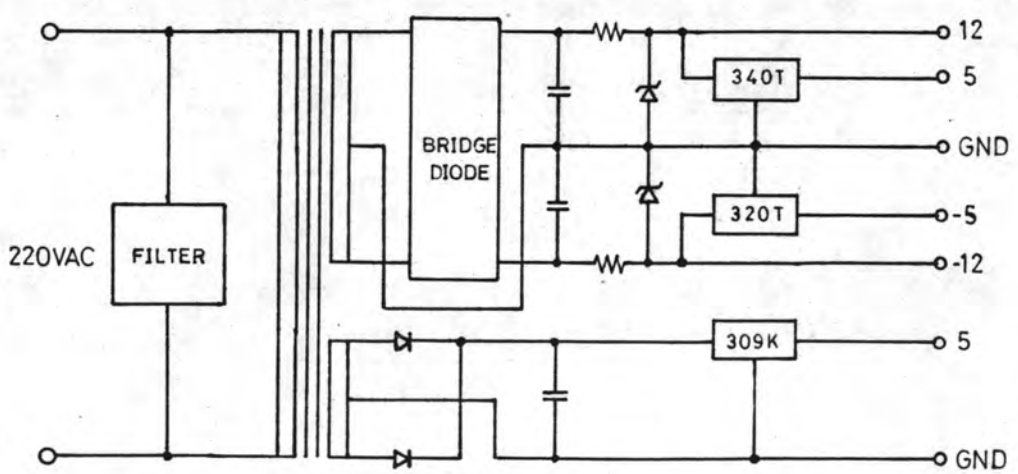
รูปที่ 3.12 แสดงวงจรบัสบัฟเฟอร์

ทิศทางใช้สำหรับบัสข้อมูลไอซีที่ใช้ คือ 74LS245 และบัฟเฟอร์ที่เป็นบัสทิศทางเดียว ใช้สำหรับบัสแอดเดรส และบัสควบคุม ไอซีที่ใช้ คือ 74LS244 ดังแสดงในรูปที่ 3.12 นอกจากนี้จะต้องมีการกำหนดแอดเดรสของอุปกรณ์แต่ละตัว วงจรที่ใช้สำหรับการกำหนดแอดเดรสนั้น จะใช้เป็นวงจรถอดรหัสโดยใช้ไอซีเบอร์ 74LS138 และ 74LS139 โดยต่อจากบัสแอดเดรส และ I/O SEL ของ CPU ดังแสดงวงจรในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แสดงวงจรการกำหนดแอดเดรส

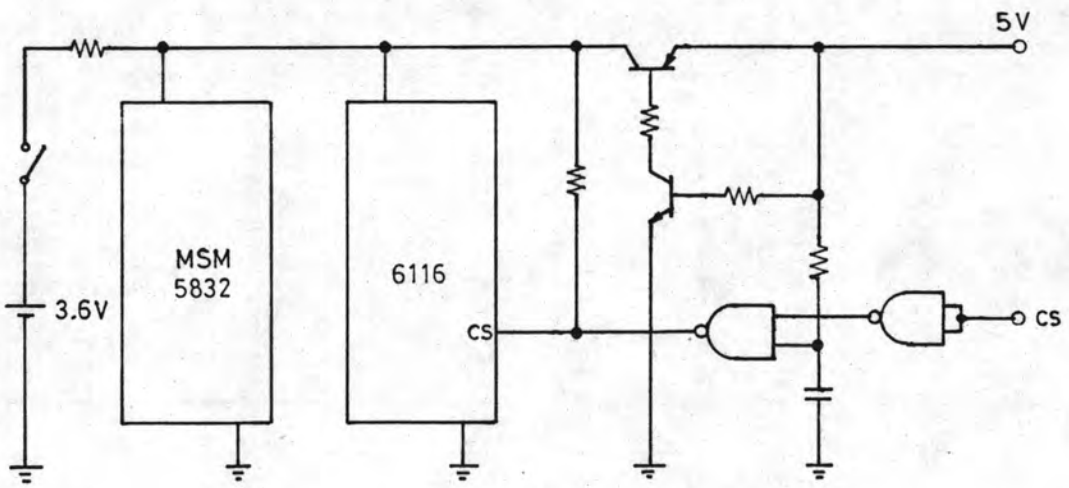
3.2.11 ภาคจ่ายกำลัง ทำหน้าที่สร้างแรงดันตามขนาดของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องการ แรงดันที่ใช้ในวงจรจะเป็น $\pm$12 VDC จ่ายให้กับบัสมาตรฐาน RS 232 - C $\pm$5 VDC จ่ายให้กับภาคแปลงสัญญาณ และภาคขยายสัญญาณ ส่วนภาคอื่น ๆ ใช้ไฟ +5 VDC วงจรภาคจ่ายกำลังดังแสดงในรูปที่ 3.14 ประกอบด้วย หม้อแปลงที่มีขดลวดแรงดันออก 2 ชุด ชุดแรกสำหรับสร้างแรงดัน $\pm$12 VDC และ $\pm$5 VDC โดยแรงดัน $\pm$12 VDC จะใช้ซีเนอร์ไดโอด (Zener diode)



รูปที่ 3.14 แสดงวงจรภาคจ่ายกำลัง

และแรงดัน $\pm$5 VDC จะใช้ไอซีเรกกูเลเตอร์สามขา เบอร์ 340T-5 และ 320T-5 สำหรับชุดลวดชุดที่สอง ใช้สำหรับสร้างแรงดัน +5 VDC ที่จะจ่ายให้ทั้งระบบโดยใช้ไอซีเรกกูเลเตอร์สามขา เบอร์ LM309k ซึ่งสามารถทนกระแสต่อเนื่องได้ถึง 1 A

นอกจากวงจรดังกล่าวมาแล้ว ยังมีแบตเตอรีต่อไว้เลี้ยงหน่วยความจำ RAM เบอร์ 6116 และภาคนาฬิกาเบอร์ MSM 5832 แบตเตอรีที่ใช้เป็นแบบนิเกิล-แคดเมียม (Ni-Cd) แรงดัน 3.6 V ขนาด 50 mAh วงจรการต่อแบตเตอรีดังแสดงในรูป 3.15 ประกอบด้วยวงจรสำหรับชาร์จไฟ และป้องกันไม่ให้มีกระแสไหลเข้าไปในระบบ โดยใช้ทรานซิสเตอร์ต่อเป็นวงจรสวิทช์เอาไว้ นอกจากนั้นหน่วยความจำ RAM เบอร์ 6116 จะต้องเพิ่มวงจรป้องกันการเขียนขณะที่ไฟของระบบดับ วงจรประกอบด้วย NAND GATE พร้อมทั้ง RC เป็นตัวหน่วงเวลา เมื่อไฟของระบบดับ ขา CS ของ RAM จะมีแรงดันเท่ากับแบตเตอรี และเมื่อไฟของระบบมีมา ขา CS จะยังคงมีแรงดันเท่ากับแบตเตอรีช่วงเวลาหนึ่ง เมื่อตัวเก็บประจุถูกชาร์ทไฟเท่าแรงดันไฟของระบบ ขา CS จึงจะมีระดับแรงดันตามคำสั่งของโปรแกรมควบคุม

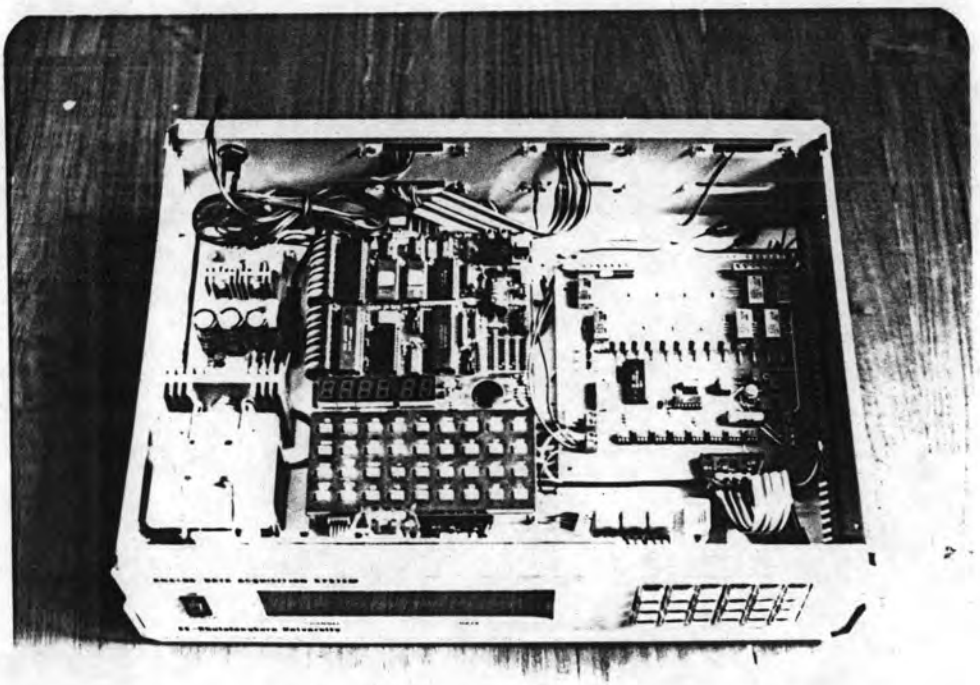


รูปที่ 3.15 แสดงวงจรการต่อแบตเตอรี

3.3 การสร้างและประกอบวงจร

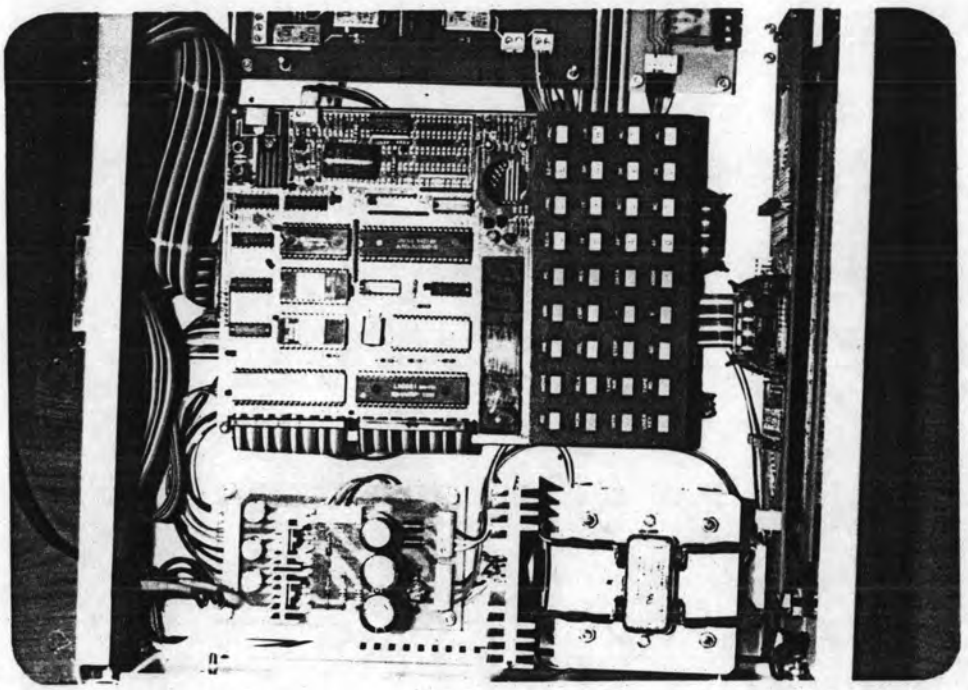
ระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอกที่ได้ทดลองสร้างขึ้น ตามข้อกำหนดในการออกแบบ ได้สร้างและประกอบวงจรโดยแบ่งเป็นแผงวงจรหลาย ๆ แผง แต่ละแผงทำเป็นแผ่นวงจรพิมพ์โดย

ออกแบบและสร้างขึ้นเอง ยกเว้นแผงวงจรระบบไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งมีชุดสำเร็จจำหน่าย เพื่อความรวดเร็วในการสร้างและประกอบวงจร จึงนำมาดัดแปลงใช้งาน การต่อสายระหว่างแผงจะเป็นขั้วต่อสายทั้งหมดเพื่อให้สะดวกในการถอดประกอบ และการซ่อมแซม ระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอกที่สร้างขึ้นเป็นเครื่องต้นแบบ ดังแสดงในรูปที่ 3.16 สามารถแบ่งออกเป็นแผงวงจรหลัก ๆ ได้ 5 แผง คือ แผงวงจร MPF-1 แผงวงจรอินเตอร์เฟส แผงวงจรแสดงผล แผงวงจรเลือกสัญญาณ และแผงวงจรจ่ายกำลัง นอกจากนั้นจะเป็นขั้วต่อต่าง ๆ ที่ต่อออกไปยังอุปกรณ์ภายนอกเช่นเครื่องพิมพ์ บัส อาร์เอส 232 - ซี และภาคเลือกสัญญาณที่ติดตั้งอยู่ภายนอก เป็นต้น



รูปที่ 3.16 แสดงเครื่องต้นแบบของระบบเก็บข้อมูลแบบอะนาลอก

3.3.1 แผงวงจร MPF-1 เป็นวงจรไมโครคอมพิวเตอร์แผ่นพิมพ์เดี่ยว ของบริษัท MULTITECH ประเทศไต้หวัน ดังแสดงในรูปที่ 3.17 ซึ่งภายในมีองค์ประกอบวงจรส่วนมากคล้ายกับองค์ประกอบของวงจรที่ต้องการ มีราคาถูก หาซื้อได้ภายในประเทศ นอกจากนี้โปรแกรมโมนิเตอร์ของไมโครคอมพิวเตอร์แผ่นพิมพ์เดี่ยวนี้ สามารถช่วยในการเขียน ตรวจสอบ และแก้ไขโปรแกรมได้ง่าย แผงวงจร MPF-1 มีคุณสมบัติทางฮาร์ดแวร์ดังนี้ คือ

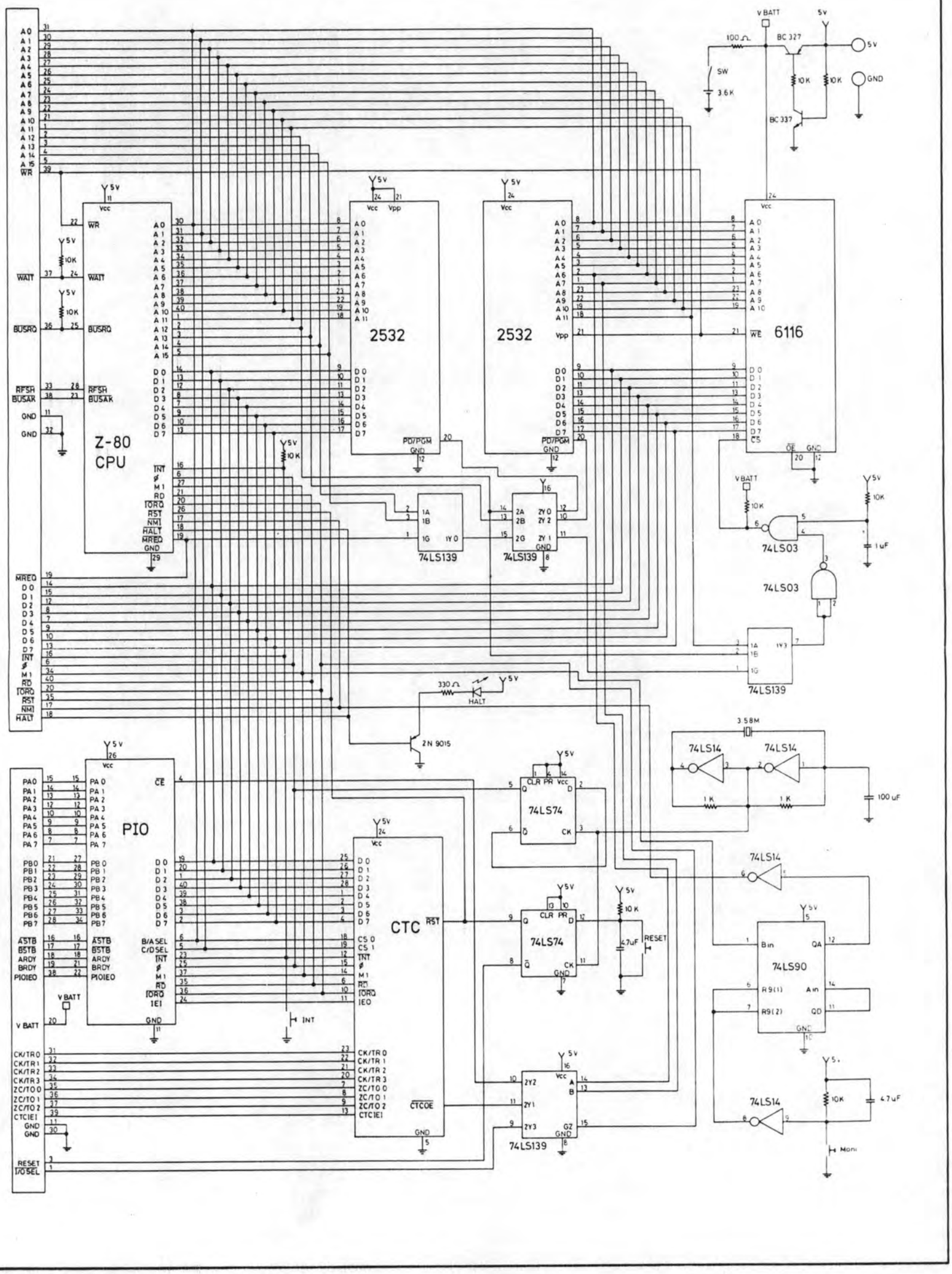


รูปที่ 3.17 แสดงแผงวงจร MPF-1 และแผงวงจรจ่ายกำลัง

1) ใช้ Z-80 เป็น CPU ความถี่ของระบบเท่ากับ 1.79 MHz
2) ROM 2716/2516/2732/2532 2 กิโลไบท์ หรือ 4 กิโลไบท์
3) RAM 6116 2 กิโลไบท์
4) มีซอคเกต (Socket) สำหรับเพิ่ม ROM ได้ 4 กิโลไบท์ หรือ RAM 2 กิโลไบท์
5) มี PIO และ CTC บนแผงวงจร และมีคอนเนคเตอร์ (Connecter) สำหรับต่อออกไปใช้งานได้
6) มี 32 ปุ่มกด เพื่อป้อนคำสั่ง
7) แสดงผลด้วยหลอดตัวเลข 7 ขีด จำนวน 6 หลัก
8) มีคอนเนคเตอร์สำหรับต่อบัสเพื่อขยายระบบได้
9) มีพื้นที่สำหรับต่อวงจรเพิ่มเติมบนบอร์ด

จากคุณสมบัติของ แผงวงจร MPF-1 จะเห็นว่าอุปกรณ์เกือบทั้งหมดสามารถนำไปใช้ได้เลย ยกเว้นวงจรแสดงผลและแป้นกดข้อมูล ซึ่งก็มีลักษณะวงจรคล้ายกับที่ออกแบบไว้ แต่เนื่องจาก

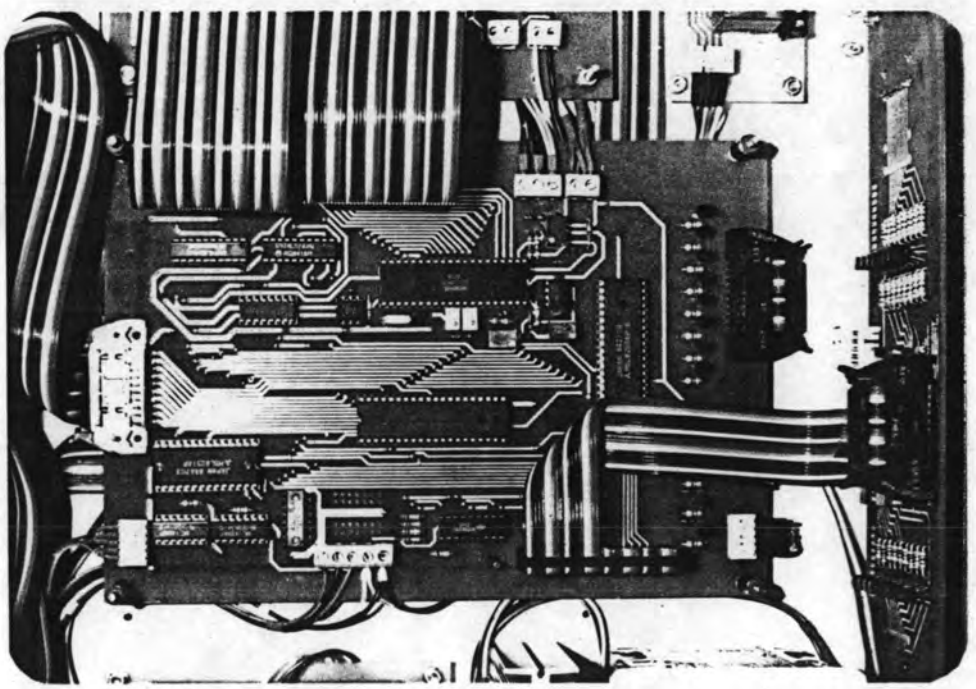
รูปที่ 3.18 แสดงวงจรของ MPF1 ที่ต่อกับ PIO และ CTC



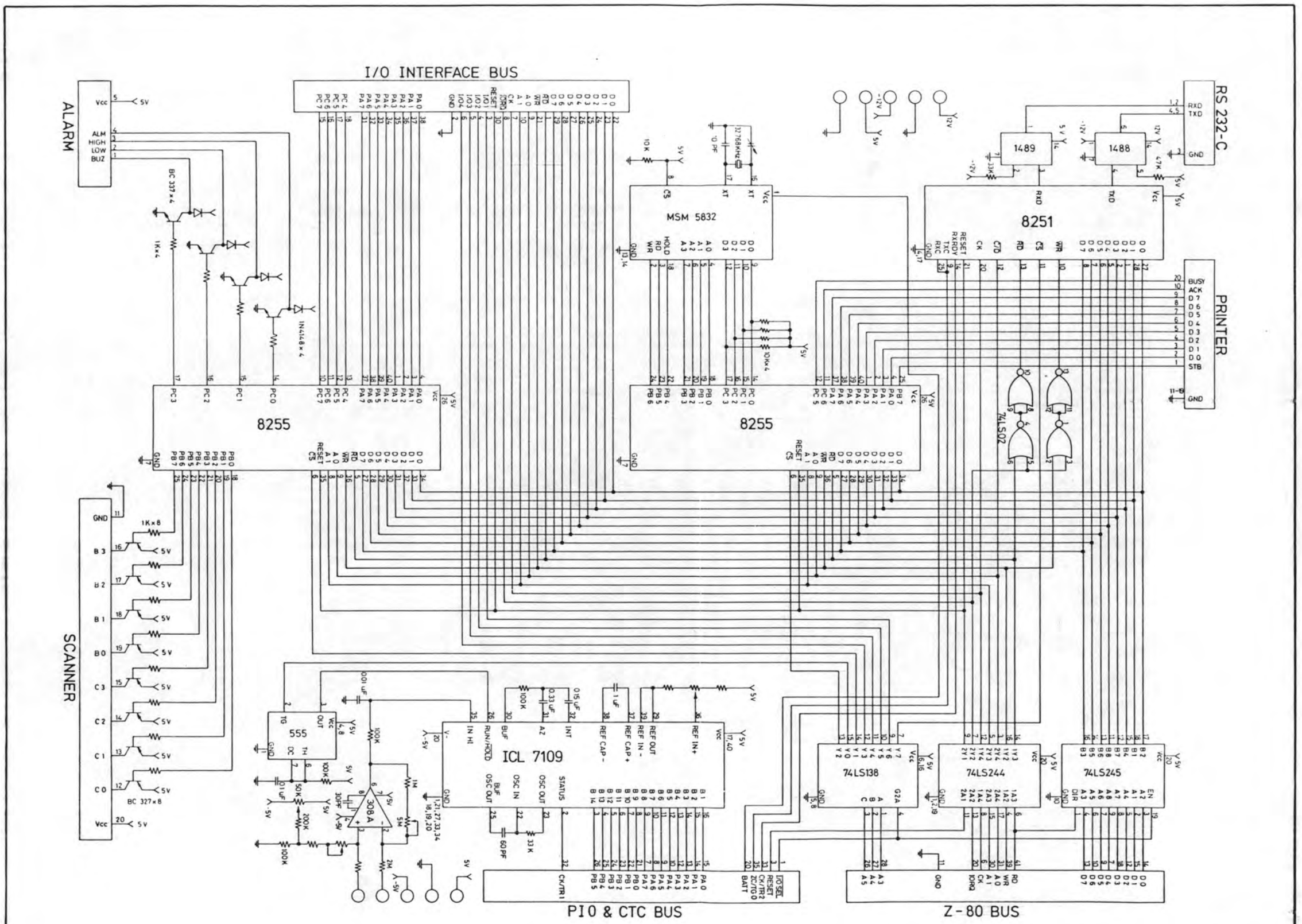
มีขนาดเล็กเกินไป จำนวนหลักที่แสดงผลมีไม่พอ และไม่สะดวกในการใช้งาน ดังนั้นจึงไม่นำมาใช้ในระบบ แต่จะใช้ในการพัฒนาระบบเท่านั้น แผงวงจร MPF-1 นี้ส่วนใหญ่จะเป็นวงจรที่อยู่ในภาคประมวลผลกลาง และหน่วยความจำเท่านั้น โดยมีคอนเนคเตอร์สำหรับต่อกับแผงวงจรอินเตอร์เฟส คือ Z-80 BUS ดังแสดงวงจรเฉพาะส่วนที่นำมาใช้งานในรูปที่ 3.18 นอกจากนั้นจะมี PIO และ CTC ที่ใช้ในวงจรภาคอื่น มีคอนเนคเตอร์อีกชุดหนึ่ง สำหรับต่อไปใช้กับแผงวงจรอินเตอร์เฟสเช่นกัน และเนื่องจากแผงวงจร MPF-1 มีพื้นที่สำหรับเพิ่มเติมวงจรบนแผงได้ ดังนั้นจึงได้นำวงจรแบตเตอรีสำหรับเลี้ยง RAM และนาฬิกา เมื่อเวลาไฟดับ มาใส่ไว้ในแผงวงจรนี้ด้วย

3.3.2 แผงวงจรอินเตอร์เฟส (Interface board) เป็นแผงวงจรที่ออกแบบและสร้างขึ้นเองดังแสดงในรูปที่ 3.19 ประกอบด้วยวงจรภาคต่าง ๆ ดังแสดงวงจรในรูปที่ 3.20 ได้แก่

ก. วงจรภาคแปลงสัญญาณ ซึ่งมีไอซีแปลงสัญญาณแบบอะนาลอกเป็นสัญญาณแบบเชิงเลข ICL 7109 ออปแอมป์ LM308A และโมโนสเตเบิล 555 สัญญาณออกแบบเชิงเลขต่อเข้ากับคอนเนคเตอร์ PIO BUS



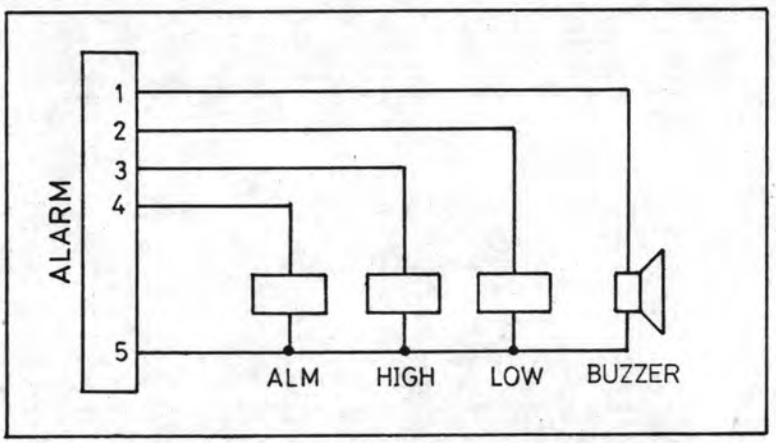
รูปที่ 3.19 แสดงแผงวงจรอินเตอร์เฟส



รูปที่ 3.20 แสดงวงจรอินเตอร์เฟส

ข. วงจรภาคอินเตอร์เฟสกับเครื่องพิมพ์และนาฬิกา ใช้ไอซี PIA 8255 ตัวเดียวกัน โดยภาคอินเตอร์เฟสกับเครื่องพิมพ์จะต่อออกไปที่คอนเนคเตอร์ PRINTER สำหรับภาคนาฬิกาจะต่อเข้ากับไอซี MSM 5832 ซึ่งเป็นชิปนาฬิกาที่สร้างความถี่ด้วยคริสตอล 32.768 KHz

ค. วงจรภาคเลือกสัญญาณและเตือนภัย ซึ่งใช้ไอซี PIA 8255 ร่วมกัน โดยภาคเลือกสัญญาณจะต่อเข้ากับทรานซิสเตอร์ เพื่อทำหน้าที่ขยายกระแสไปขับไดโอดในไอซีเชื่อมต่อทางแสงโดยต่อออกทางคอนเนคเตอร์ SCANNER ไปเข้าแผงวงจรเลือกสัญญาณ สำหรับภาคเตือนภัยจะต่อเข้ากับทรานซิสเตอร์เพื่อขับรีเลย์ และออด โดยต่อออกทางคอนเนคเตอร์ ALARM ไปยังแผงวงจรย่อยที่ประกอบด้วยรีเลย์และออด ดังแสดงในรูปที่ 3.26 และวงจรของรีเลย์และออดดังแสดงในรูปที่ 3.21



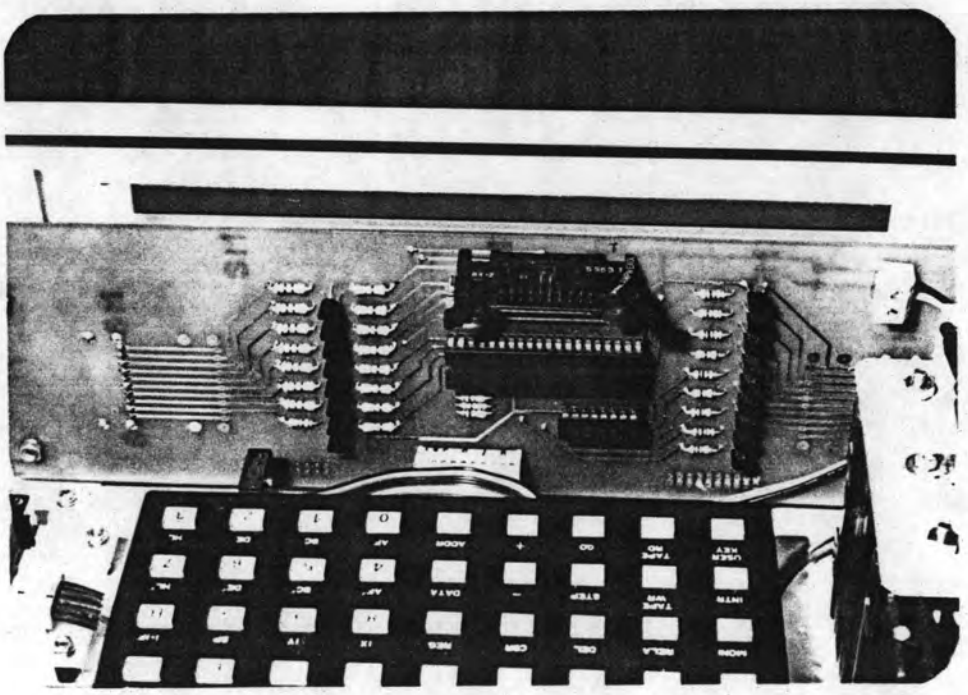
รูปที่ 3.21 แสดงวงจรของแผงวงจรรีเลย์และออด

ง. วงจรภาครับส่งข้อมูลแบบอนุกรม ใช้ไอซี UART 8251 และบัฟเฟอร์ 1488 และ 1489 เพื่อเปลี่ยนระดับสัญญาณ 5 VDC เป็น $\pm$12 VDC สำหรับบัส RS 232 - cโดยออกทางคอนเนคเตอร์ RS 232 - C

จ. วงจรบัฟเฟอร์และการกำหนดแอดเดรส มีไอซี 74LS244 และ 74LS245 ทำหน้าที่เป็นบัสบัฟเฟอร์ โดยต่อจาก Z-80 BUS และต่อออกไปที่วงจรอินเตอร์เฟสต่าง ๆ เลยออกไปที่คอนเนคเตอร์ I/O INTERFACE BUS สำหรับการกำหนดแอดเดรสของวงจรอินเตอร์เฟสต่าง ๆ ใช้ไอซี 74LS138 ต่อไปยังวงจรอินเตอร์เฟสต่าง ๆ และ คอนเนคเตอร์เช่นกัน

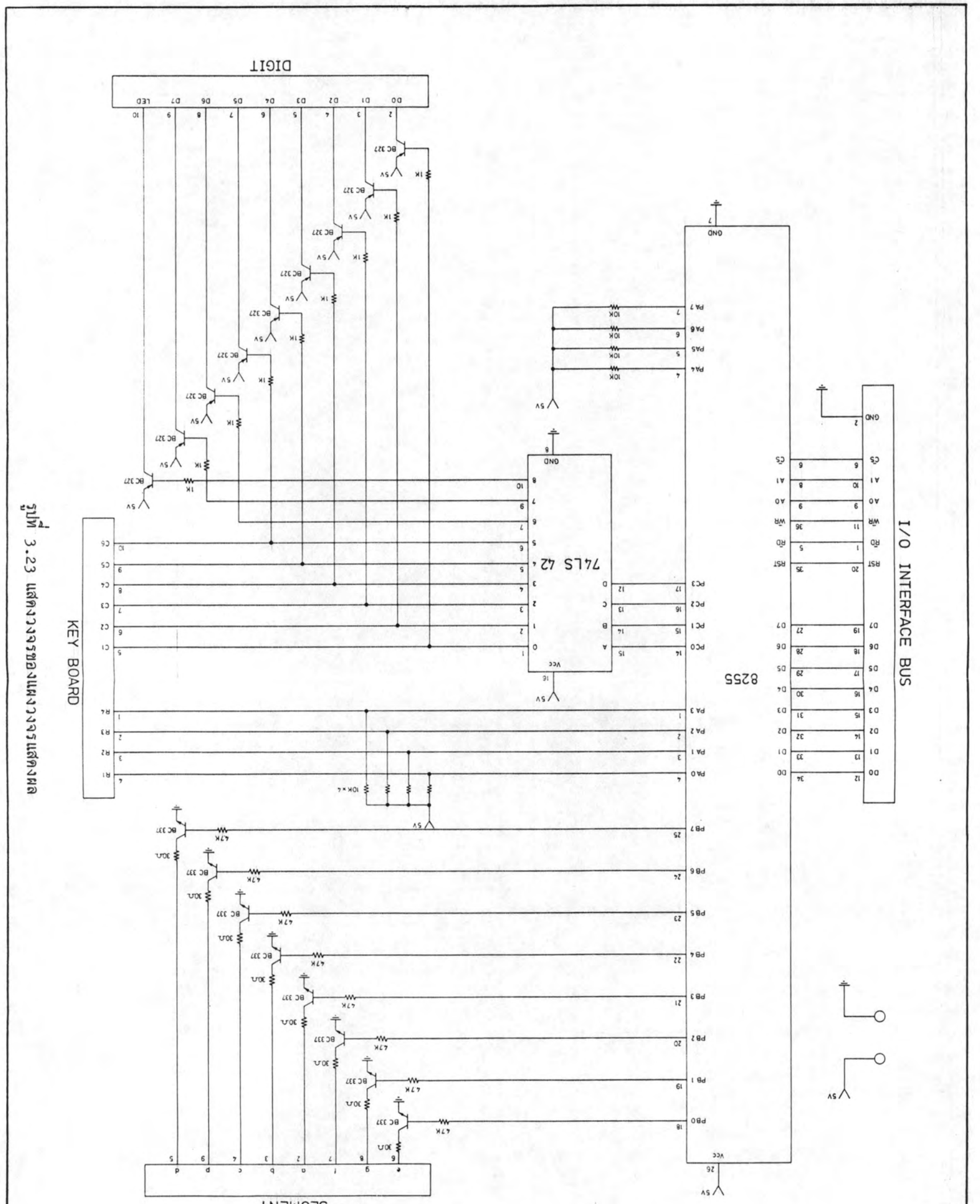
นอกจากคอนเนคเตอร์ของวงจรอินเตอร์เฟสต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว ยังมีขั้วต่อที่ใช้สำหรับภาคจ่ายกำลัง ได้แก่ $\pm$12 VDC สำหรับภาครับส่งข้อมูลแบบอนุกรม $\pm$5 VDC สำหรับภาคแปลงสัญญาณ และ +5 VDC สำหรับภาคอื่น ๆ ทั้งหมด

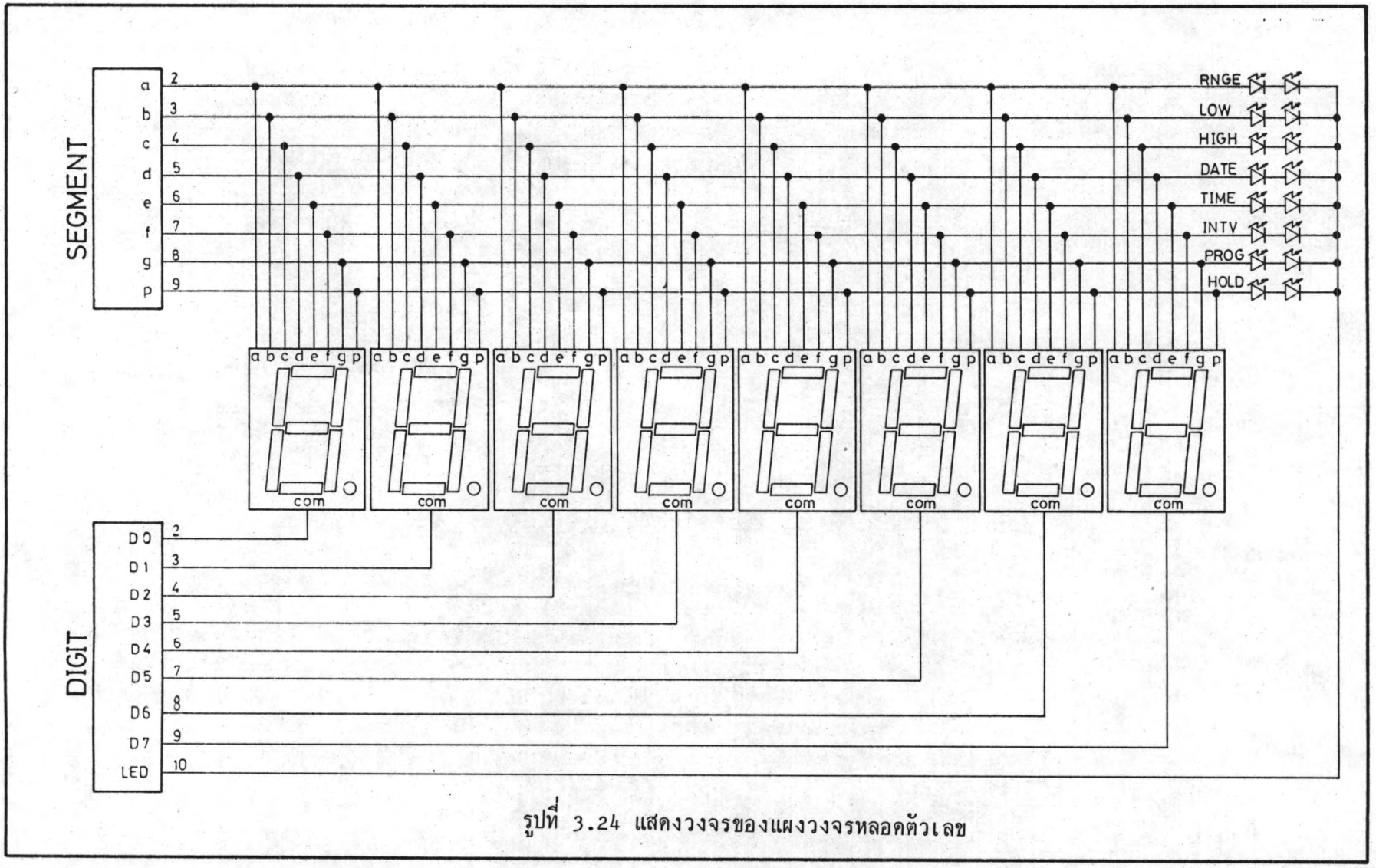
3.3.3 แผงวงจรแสดงผล (Display board) เป็นแผ่นวงจรที่ออกแบบและสร้างขึ้นเอง เช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 3.22 ประกอบด้วย วงจรภาคแสดงผล และแป้นกดข้อมูล ดังแสดงวงจรในรูปที่ 3.23 ใช้ไอซี PIA 8255 และไอซีถอดรหัส 74LS42 นอกจากนั้นเป็นกลุ่มทรานซิสเตอร์สำหรับขยายกระแสเพื่อขับไอโอดเปล่งแสง ข้อมูลรหัสจะถูกส่งเข้ามาที่คอนเนคเตอร์ I/O INTERFACE BUS จากแผงวงจรอินเตอร์เฟส นอกจากนี้จะมีขั้วต่อสำหรับแผงวงจรย่อย ได้แก่ แผงวงจรหลอดตัวเลข ซึ่งต่อเข้ากับคอนเนคเตอร์ DIGIT และ SEGMENT ดังแสดงในรูปที่ 3.24 แผงวงจรแป้นกดข้อมูล ขนาด 4×6 ต่อเข้ากับคอนเนคเตอร์ KEYBOARD ดังแสดงในรูปที่ 3.25 สำหรับขั้วต่อไฟเลี้ยงที่ใช้ในแผงวงจรนี้จะใช้แรงดัน +5 VDC อย่างเดียว



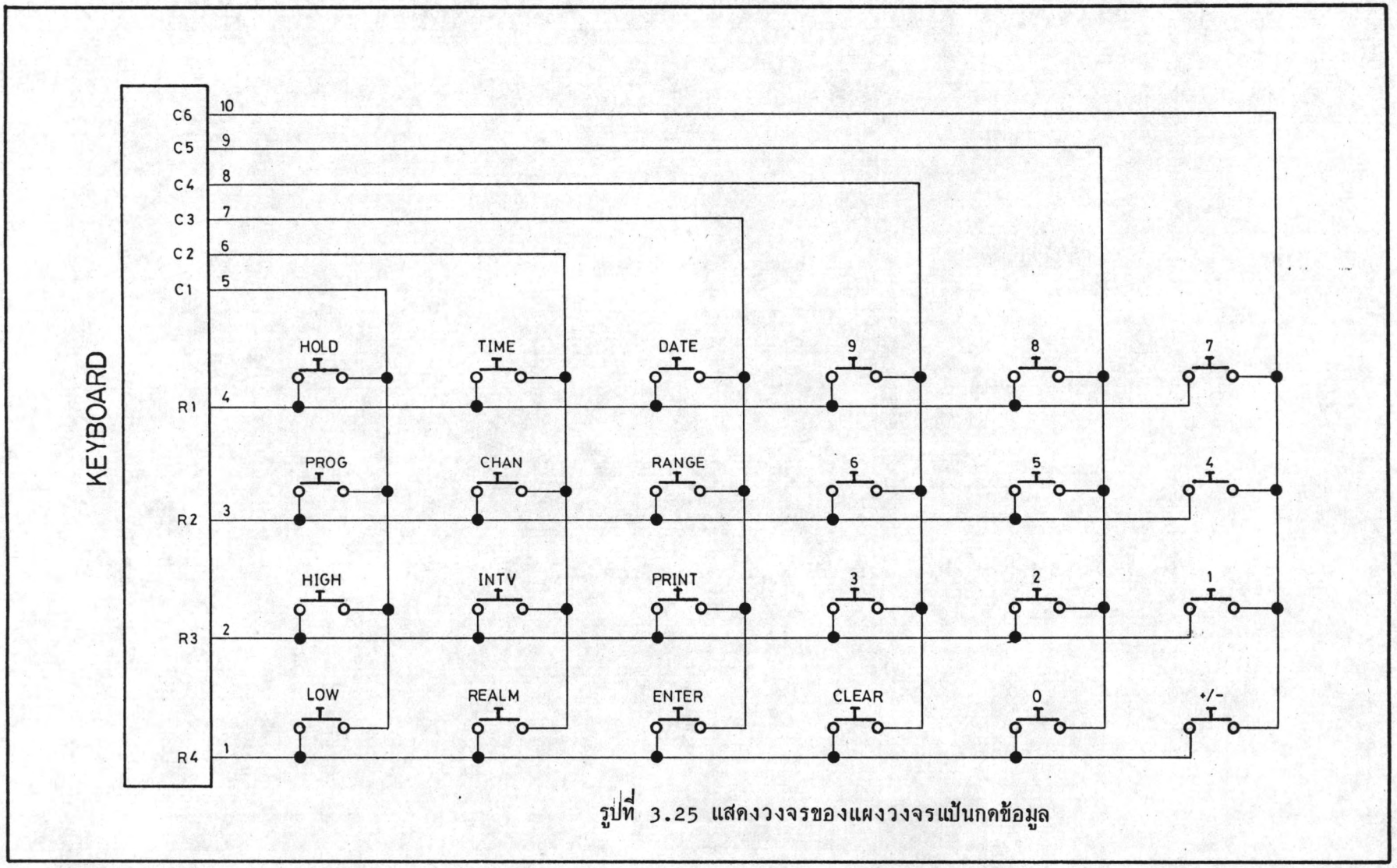
รูปที่ 3.22 แสดงแผงวงจรแสดงผล

รูปที่ 3.23 แสดงวงจรอินเตอร์เฟสแป้นพิมพ์





รูปที่ 3.24 แสดงวงจรของแผงวงจรหลอดตัวเลข

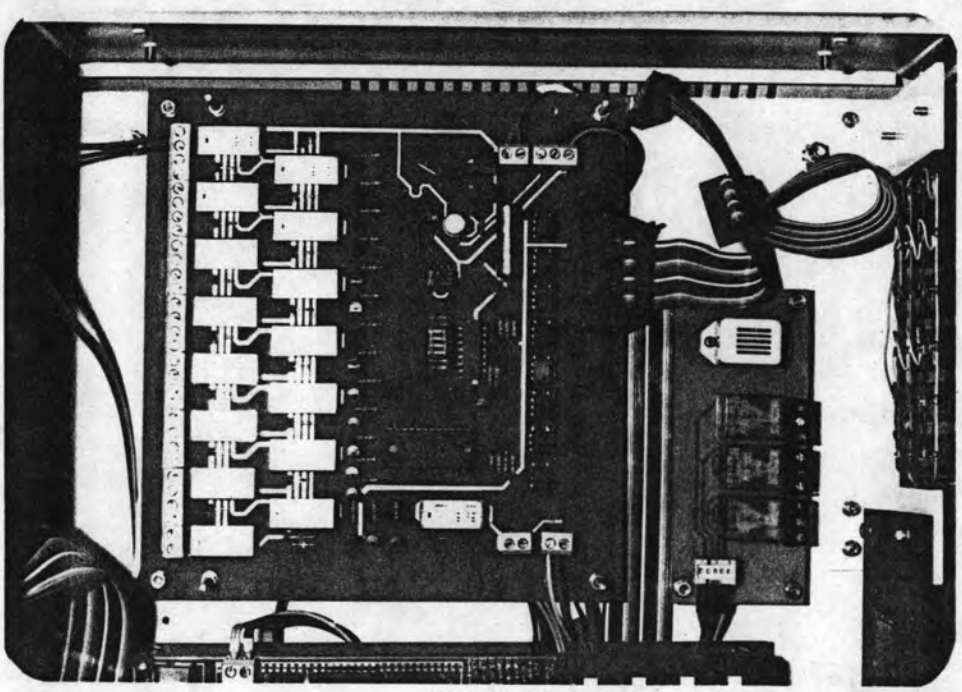


รูปที่ 3.25 แสดงวงจรของแผงวงจรแป้นกดข้อมูล

3.3.4 แผงวงจรเลือกสัญญาณ (Scanner board) เป็นแผงวงจรที่ออกแบบ และสร้างขึ้นเอง ดังแสดงในรูปที่ 3.26 ประกอบด้วยวงจรภาคต่าง ๆ ดังนี้คือ

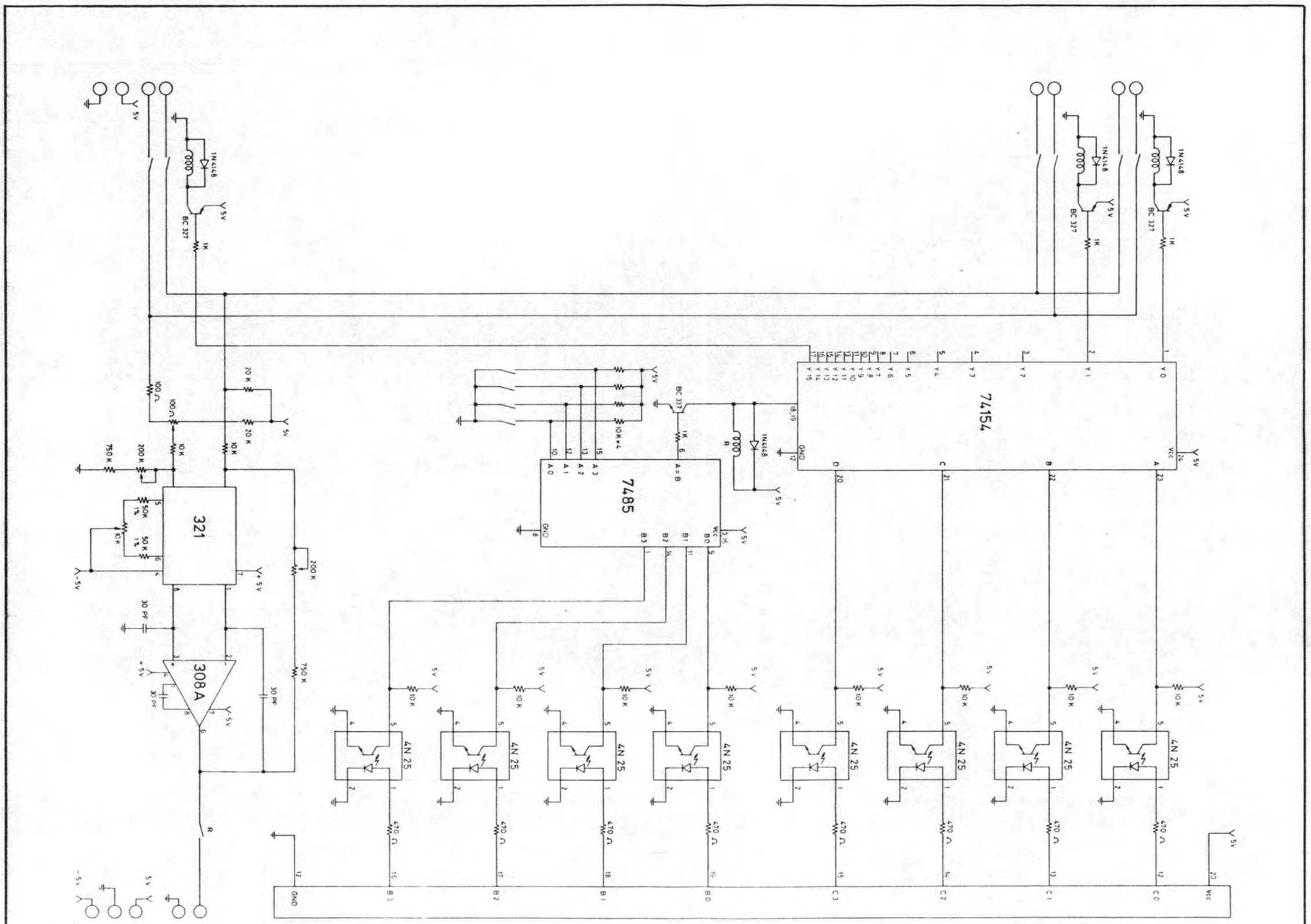
ก. วงจรภาคเลือกสัญญาณ มีไอซีเชื่อมต่อทางแสง 4N25 รับรหัสช่องสัญญาณเข้าจากคอนเนคเตอร์ SCANNER ส่งเข้าวงจรถอดรหัส 74154 และวงจรเปรียบเทียบ 7458 ช่องสัญญาณที่ถูกเลือก จะต่อไปที่ทรานซิสเตอร์เพื่อขับรีเลย์ โดยในหนึ่งแผงวงจร จะมีรีเลย์สำหรับเลือกช่องสัญญาณทั้งหมด 15 ตัว สำหรับชดเชยออฟเซทของวงจรขยาย 1 ตัว และ สำหรับเลือกกลุ่มหรือแผงวงจร 1 ตัว โดยต่อออกจากวงจรเปรียบเทียบ

ข. วงจรขยายสัญญาณ ประกอบด้วย วงจรขยายสัญญาณแบบอินสตรูเมนเตชัน LM 321 และออปแอมป์ LM308A โดยวงจรขาเข้าต่อเข้ากับหน้าสัมผัสของรีเลย์เลือกช่องสัญญาณ

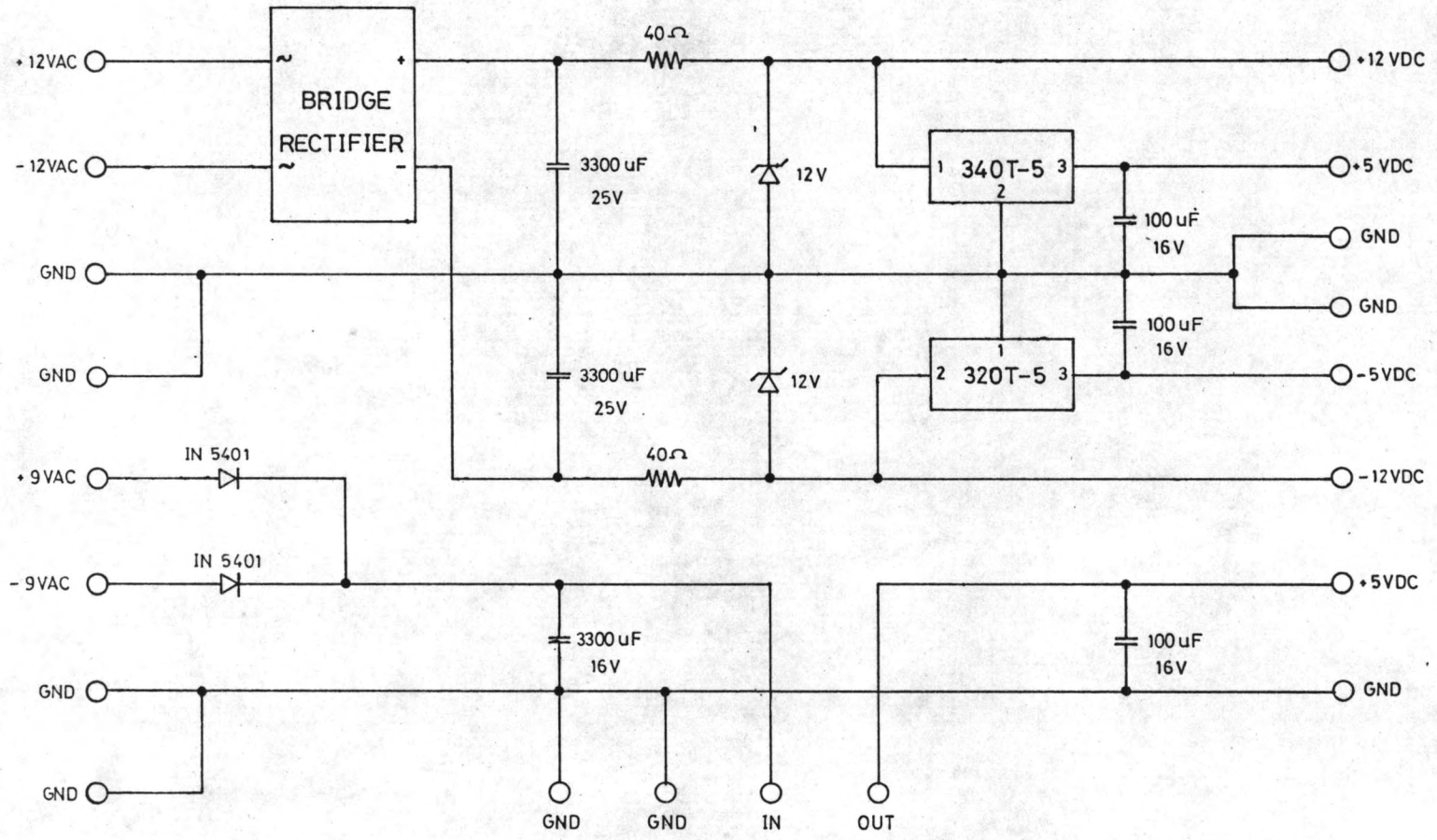


รูปที่ 3.26 แสดงแผงวงจรเลือกสัญญาณและแผงวงจรย่อยรีเลย์และออด

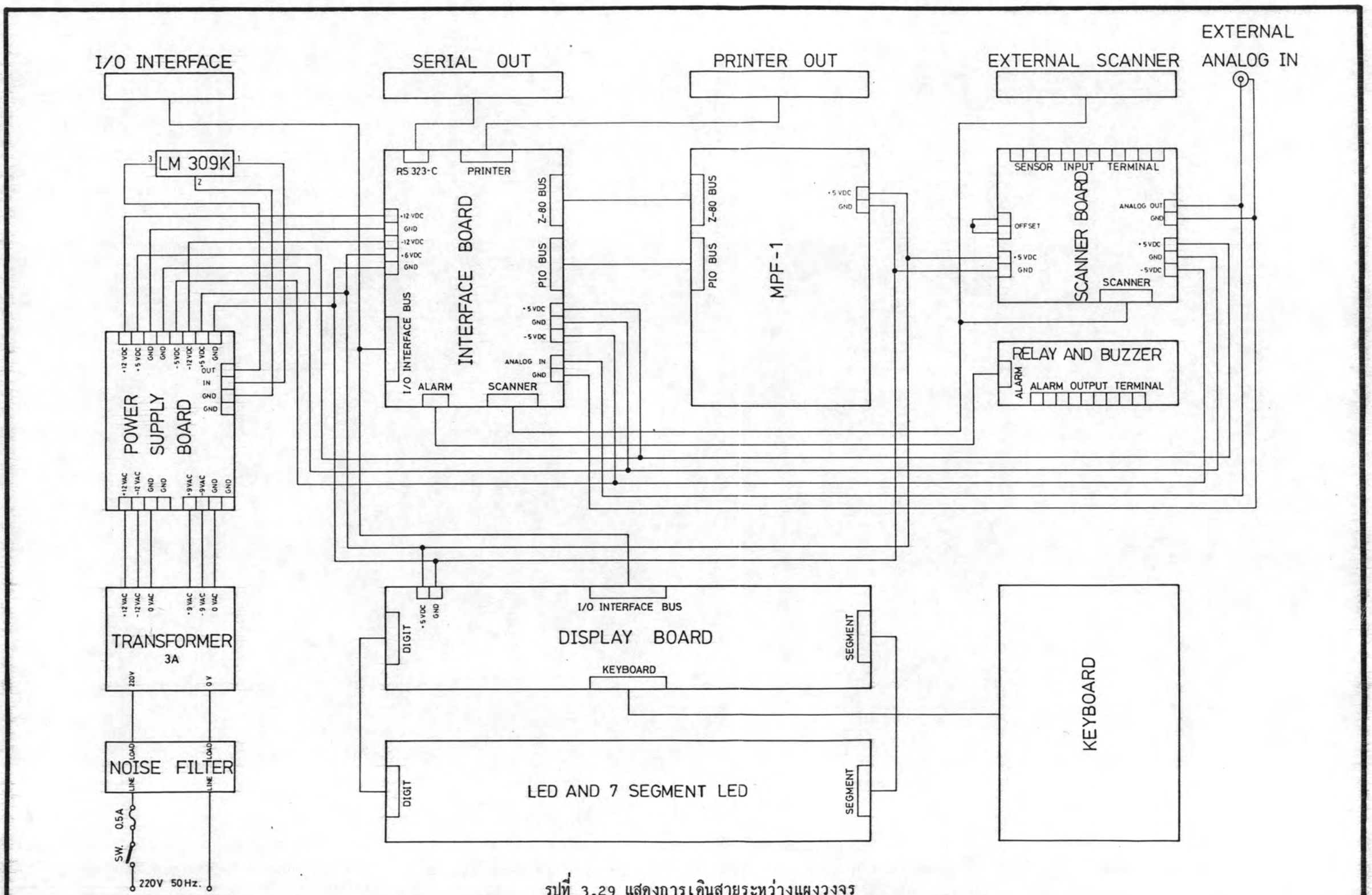
ในการวิจัยนี้จะสร้างแผงวงจรสำหรับใช้กับทรานสดิวเซอร์ 2 ชนิด เท่านั้น คือ เทอร์โมคับเปิล และกระเปาะความต้านทาน ใช้ในการวัดอุณหภูมิที่อยู่ในช่วง -200° C ถึง 200° C



รูปที่ 3.27 แสดงวงจรของแผงวงจรเลือกสัญญาณ



รูป 3.28 แสดงวงจรของแผงวงจรจ่ายกำลัง

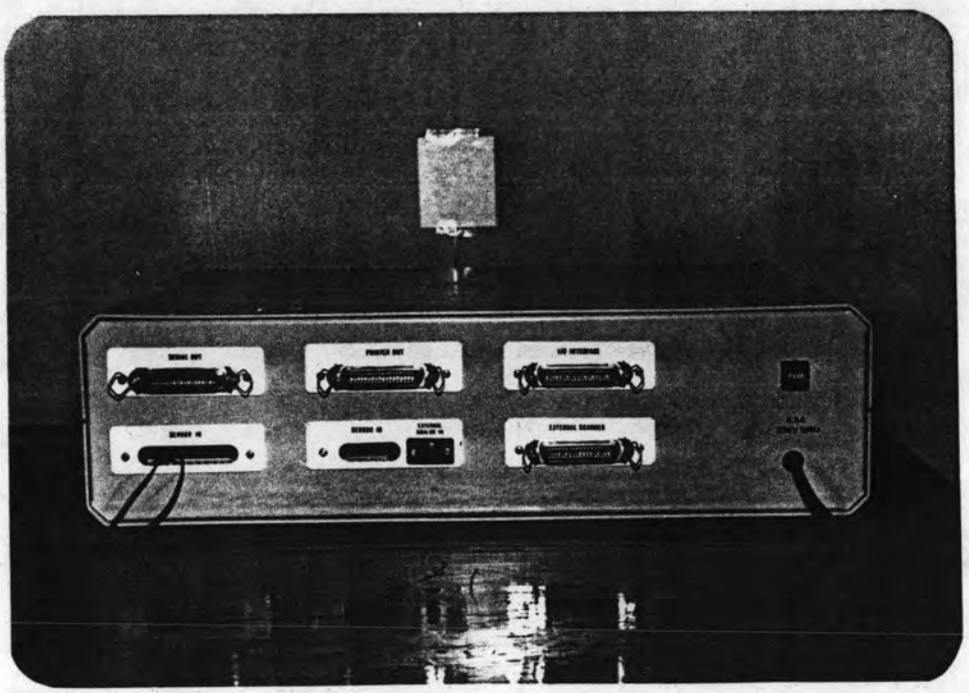


รูปที่ 3.29 แสดงการเดินสายระหว่างแผงวงจร

สามารถวัดได้ละเอียดถึง 0.1 °C โดยแต่ละชนิดจะมีช่องสัญญาณ 15 ช่อง นอกจากนี้ได้เตรียมพื้นที่และคอนเนคเตอร์สำหรับขยายเพิ่มจำนวนช่องสัญญาณ และชนิดของทรานสดิวเซอร์เอาไว้ วงจรแผงเลือกสัญญาณนี้ใช้แรงดันไฟเลี้ยง ±5 VDC สำหรับวงจรภาคขยายสัญญาณ และ +5 VDC สำหรับวงจรภาคเลือกสัญญาณ ดังแสดงวงจรของแผงวงจรเลือกสัญญาณในรูปที่ 3.27

3.3.5 แผงวงจรจ่ายกำลัง (Power supply board) เป็นแผงวงจรที่ออกแบบและสร้างขึ้นเอง ดังแสดงในรูปที่ 3.17 ประกอบด้วย ไดโอด ตัวเก็บประจุ และไอซีเรกกูเลเตอร์เบอร์ LM340T-5 และ LM320T-5 มีขั้วต่อรับไฟกระแสสลับจากหม้อแปลง ขั้วต่อสำหรับไอซีเรกกูเลเตอร์เบอร์ LM309K และขั้วต่อจ่ายไฟไปยังวงจรต่าง ๆ ดังแสดงวงจรในรูปที่ 3.28

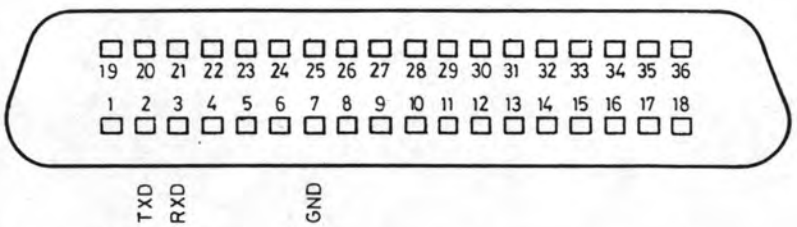
3.3.6 การเดินสายระหว่างแผงวงจร ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่า การเดินสายระหว่างแผงวงจรต่าง ๆ จะใช้คอนเนคเตอร์เสียบต่อ เพื่อความสะดวกในการถอดประกอบ และซ่อมแซม ดังแสดงวงจรการเดินสายระหว่างแผงวงจรในรูปที่ 3.29 ซึ่งประกอบด้วย การเดินสายปลั๊กจากไฟ 220 VAC 50 Hz ผ่านสวิทช์ และฟิวส์ขนาด 0.5 A เข้าหม้อแปลง โดยก่อนเข้าหม้อแปลง



รูปที่ 3.30 แสดงคอนเนคเตอร์ต่าง ๆ ที่ต่อออกไปภายนอก

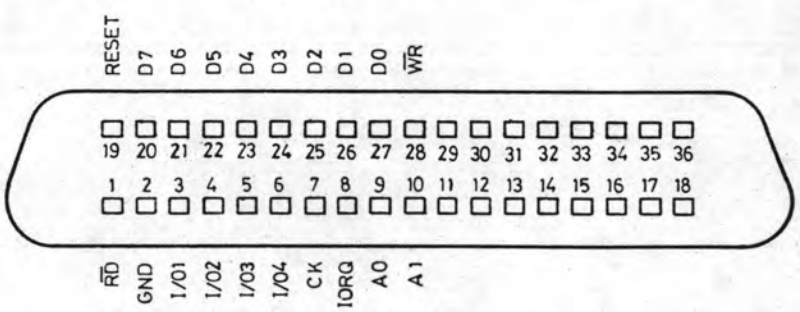
จะมีอุปกรณ์กับสัญญาณรบกวน เรียกว่า NOISE FILTER ติดตั้งอยู่ หลังจากหม้อแปลงก็จะต่อเข้ากับแผงวงจรจ่ายกำลัง เพื่อจ่ายไฟให้กับระบบทั้งหมด สำหรับคอนเนคเตอร์ต่าง ๆ ที่จะต่อออกไปภายนอก จะต่อออกทางด้านหลังของเครื่อง ดังแสดงในรูปที่ 3.30 ประกอบด้วยคอนเนคเตอร์ทั้งหมด 5 ชุด คือ

ก. SERIAL OUT เป็นคอนเนคเตอร์สำหรับรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม โดยใช้บัสอาร์เอส 232 - ซี ติดต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ระบบอื่น มีสายสัญญาณ 3 เส้น คือ TxD RxD และ GND ดังแสดงในรูปที่ 3.31



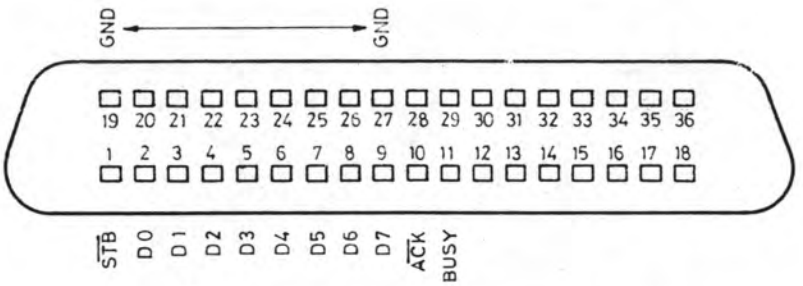
รูปที่ 3.31 แสดงการต่อคอนเนคเตอร์ SERIAL OUT

ข. PRINTER OUT เป็นคอนเนคเตอร์สำหรับส่งข้อมูลไปยังเครื่องพิมพ์ โดยใช้บัสเซนทรอนิคส์ มีสัญญาณ 11 เส้น คือ D_0-D_7 BUSY ACK และ STROBE ดังแสดงในรูปที่ 3.32



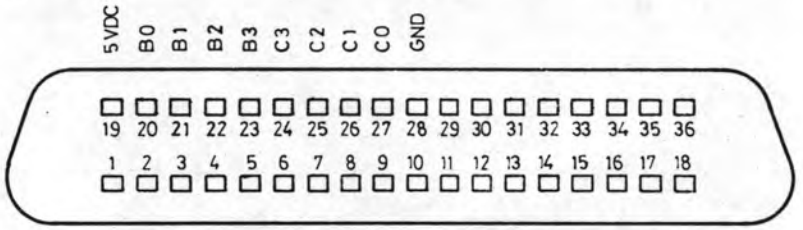
รูปที่ 3.32 แสดงการต่อคอนเนคเตอร์ PRINTER OUT

ค. I/O INTERFACE เป็นคอนเนคเตอร์ สำหรับเพิ่มอุปกรณ์อินพุท และเอาท์พุทของระบบ มีสายสัญญาณเหมือนกับการเดินสายไปยังแผงวงจรแสดงผล มีสายสัญญาณทั้งหมด 20 เส้น คือ D_0-D_7 A_0-A_1 RD WR RESET I/O_1-I/O_4 IORQ CK และ GND ดังแสดงในรูปที่ 3.33



รูปที่ 3.33 แสดงการต่อคอนเนคเตอร์ I/O INTERFACE

ง. EXTERNAL SCANNER เป็นคอนเนคเตอร์สำหรับต่อกับแผงวงจรเลือกสัญญาณที่จะนำไปติดตั้งไว้ภายนอกเครื่อง สำหรับส่งรหัสช่องสัญญาณ และรหัสเลือกกลุ่มมีสัญญาณทั้งหมด 10 เส้น คือ B_0-B_3 C_0-C_3 +5VDC และ GND ดังแสดงในรูปที่ 3.34



รูปที่ 3.34 แสดงการต่อคอนเนคเตอร์ EXTERNAL SCANNER

จ. EXTERNAL ANALOG IN เป็นคอนเนคเตอร์สำหรับต่อสายสัญญาณอะนาลอกของแผงวงจรเลือกสัญญาณที่จะนำไปติดตั้งภายนอก เป็นสัญญาณที่ผ่านวงจรขยายแล้ว

นอกจากขั้วต่อต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้ว จะมีช่องสำหรับสายสัญญาณจากหัววัดเข้าไปต่อที่ขั้วภายในแผงวงจร คือ SENSOR IN และช่อง เข้าสายนี้ จะใช้สำหรับนำสัญญาณจากภาคเตือนภัยต่อออกไปควบคุมระบบภายนอกด้วย

3.4 การทดสอบวงจร

การทดสอบวงจรที่จะกล่าวในหัวข้อนี้ เป็นการทดสอบวงจรแต่ละภาคที่สำคัญ เพื่อตรวจสองวงจรที่ออกแบบไว้ว่าถูกต้องหรือไม่ และได้ตามข้อกำหนดหรือไม่ โดยทดสอบวงจรดังนี้ คือ

3.4.1 ทดสอบวงจรภาคขยายสัญญาณ โดยการต่อวงจรขยายสัญญาณเป็นแบบที่ใช้วัดที่เป็นแรงดัน จากนั้นปรับออฟเซทของวงจรให้เป็นศูนย์ ทำการปรับอัตราขยายของวงจร โดยการ

ป้อนสัญญาณเข้าด้วยแรงดันมาตรฐาน จากเครื่อง DC VOLTAGE CURRENT STANDARD TYPE 101 ของบริษัท KIKUSUI มีความแม่นยำ 0.1 % ขนาดของแรงดันขาเข้าเท่ากับ 10 mV ปรับอัตราขยายให้ได้สัญญาณออกเท่ากับ 1 V โดยวัดแรงดันด้วยเครื่องวัด DIGITAL MULTIMETER TYPE 3465 ของบริษัท HEWLETT PACKARD มีความแม่นยำในการวัด 0.02 % เมื่อปรับอัตราขยายของวงจรได้แล้วก็ลดแรงดันขาเข้าลงทีละ 1 mV จากแรงดัน 10 mV จนถึง -10 mV อ่านอ่านค่าสัญญาณออกทุกค่า ผลการทดสอบสรุปได้ว่า วงจรภาคขยายสัญญาณตามที่ออกแบบไว้มีความแม่นยำ และความเป็นเชิงเส้นตรงดีกว่า 0.1 %

3.4.2 ทดสอบวงจรภาคแปลงสัญญาณ โดยการเขียนโปรแกรมทดสอบง่าย ๆ เพื่ออ่านค่าจากวงจรภาคแปลงสัญญาณ โปรแกรมที่เขียนขึ้นทดสอบ จะใช้โปรแกรมโมนิเตอร์ของแผงวงจร MPF-1 เมื่อเตรียมโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ป้อนแรงดันมาตรฐานขนาด 1 V โดยใช้แรงดันมาตรฐานเครื่องเดียวกับการทดสอบวงจรภาคขยายสัญญาณ จากนั้นปรับอัตราขยายของวงจรบัฟเฟอร์ให้ได้สัญญาณเข้าไอซีเบอร์ ICL 7109 ประมาณ 2 V ปรับแรงดันอ้างอิงเพื่อให้ได้สัญญาณเชิงเลขที่อ่านได้เป็น FFF เมื่อปรับค่าต่าง ๆ ได้ตามที่ต้องการแล้ว ให้ลดแรงดันลงทีละ 100 mV จากแรงดัน 1 V จนถึง -1 V อ่านค่าสัญญาณออกที่เป็นสัญญาณเชิงเลขทุกค่า ผลการทดสอบ ปรากฏว่าวงจรภาคแปลงสัญญาณนี้ มีความแม่นยำ และความเป็นเชิงเส้นตรง ได้ตามข้อกำหนดของผู้ผลิตบอกมา

นอกจากการทดสอบ ความแม่นยำ และความเป็นเชิงเส้นตรงของภาคแปลงสัญญาณแล้ว จะต้องเขียนโปรแกรมสำหรับทดสอบความเร็วในการแปลงสัญญาณอีกด้วย โดยการเขียนโปรแกรมง่าย ๆ เพื่อตรวจเช็คเวลาในการแปลงสัญญาณของวงจร โดยใช้แผงวงจร MPF-1 เช่นเดียวกัน ให้วงจรทำการแปลงสัญญาณแบบต่อเนื่อง ที่แรงดันขาเข้าสูงสุด แล้วใช้ออสซิลโลสโคปวัดเวลา 1 รอบ ในการแปลงสัญญาณ ปรากฏว่าได้ประมาณ 80 ms ซึ่งต่างจากค่าที่คำนวนได้ไม่มากนัก และยังไม่เกินข้อกำหนดที่ได้ออกแบบไว้

3.4.3 ทดสอบวงจรภาคเลือกสัญญาณ เป็นการทดสอบเพื่อหาเวลาในการปิดหน้าสัมผัสของรีเลย์ที่ใช้ในการเลือกช่องสัญญาณ เนื่องจากรีเลย์จะทำงานโดยการเคลื่อนที่ของหน้าสัมผัส

ดังนั้นเมื่อออกคำสั่งให้รีเลย์ทำงาน หน้าสัมผัสของรีเลย์ จะปิดสนิทหลังจากการออกคำสั่งโดยมีเวลาหน่วงเล็กน้อย การทดสอบทำโดยการต่อภาคต่าง ๆ เข้าด้วยกัน แล้วเขียนโปรแกรมง่าย ๆ สั่งให้รีเลย์ทำงานแล้วตั้งเวลาหน่วงไว้เล็กน้อย จากนั้นสั่งให้วงจรภาคแปลงสัญญาณทำงาน จากนั้นทดลองเปลี่ยนค่าเวลาหน่วงและบันทึกผลที่วัดได้ จากการทดสอบปรากฏว่า เวลาหน่วงถ้าเกินค่า ๆ หนึ่ง การแสดงผลจะไม่เปลี่ยนแปลง แสดงว่ารีเลย์ใช้เวลาในการปิดหน้าสัมผัสเท่ากับค่าเวลาหน่วงนั้น ลองเปลี่ยนไปทดสอบกับรีเลย์ตัวอื่นบ้าง เพื่อดูค่าเวลาหน่วงที่ถูกต้อง ผลการทดสอบสรุปได้ว่า เวลาหน่วงมีค่าประมาณ 10 ms ซึ่งมากกว่าข้อกำหนดที่ผู้ผลิตบอกมาถึง 10 เท่า แต่เมื่อนำเวลาหน่วงนี้ รวมกับเวลาในการแปลงสัญญาณสูงสุดจะได้ 90 ms ซึ่งไม่เกิน 100 ms ตามข้อกำหนดในการออกแบบ

3.4.4 ทดสอบวงจรอินเตอร์เฟสต่าง ๆ การทดสอบดังที่ได้กล่าวมาแล้ว เป็นการทดสอบวงจรที่เกี่ยวกับสัญญาณอะนาลอก สำหรับวงจรที่เป็นสัญญาณเชิงเลข โดยมากจะเป็นการส่งข้อมูลออกและอ่านข้อมูลเข้าระบบโดยใช้ PIA 8255 เช่นวงจรควบคุมการเลือกช่องสัญญาณ วงจรอินเตอร์เฟสกับเครื่องพิมพ์ วงจรนาฬิกา วงจรแสดงผลและแป้นกดข้อมูล เป็นต้น วงจรเหล่านี้จะทำการทดลองโดยการเขียนโปรแกรม ส่งข้อมูลออกไปแล้วอ่านข้อมูลเข้ามาตรวจสอบดูว่า ทำงานถูกต้องตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องก็ทำการแก้ไขให้ถูกต้อง โปรแกรมที่เขียนขึ้นเป็นโปรแกรมง่าย ๆ สำหรับทดสอบความถูกต้องของวงจรเท่านั้น เพื่อเป็นการสะดวกในการทำโปรแกรมระบบควบคุมโดยไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับความถูกต้องของวงจรอีก

เมื่อทดสอบวงจรอินเตอร์เฟสที่ใช้ PIA 8255 แล้ว จึงมาทดสอบวงจรอินเตอร์เฟสที่ใช้ UART 8251 เพื่อทดสอบการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม โดยการต่อบัส อาร์เอส 232 – ซี เข้ากับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ MEDFLY แล้วเขียนโปรแกรมง่าย ๆ ทดสอบ ใช้อัตราเร็วในการรับส่งข้อมูล 2400 บิท/วินาที การทดสอบทำโดยการเขียนโปรแกรมส่งข้อมูลออกไปอย่างเดียวส่งไปที่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จากนั้นเขียนโปรแกรมที่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ อ่านข้อมูลที่ส่งเข้ามานั้น แล้วตรวจดูว่าตรงกันหรือไม่ ถ้าข้อมูลตรงกันแสดงว่าการส่งข้อมูลสามารถทำได้ถูกต้อง จากนั้นเขียนโปรแกรมรับข้อมูลอย่างเดียว และทำการส่งข้อมูลจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ และตรวจเช็คเช่นเดียวกัน ผลการทดสอบได้ว่า ระบบสามารถรับส่งข้อมูลได้ตามข้อกำหนด