ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2
ฮาร์ดแวร์ของเครื่องบันทึกเวลา

2.1 ความเบื้องต้น

ในบทนี้จะกล่าวถึงข้อกำหนด การออกแบบ การจัดแบ่งหน่วยความจำ การสร้าง และการนำอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์มาประกอบกันเป็นเครื่องบันทึกเวลา ซึ่งประกอบด้วยหน่วยต่าง ๆ มีดังนี้

-หน่วยประมวลผลกลางและหน่วยความจำ (CPU and Memory)
-หน่วยป้อนข้อมูลและแสดงผล (Keyboard and 7-Segment LED)
-หน่วยตรวจจับรหัสพนักงาน (Employee detector)
-หน่วยรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial interface RS-232C)
-หน่วยสร้างสัญญาณนาฬิกา (Real time clock)

การทำงานของเครื่องบันทึกเวลา จะถูกควบคุมด้วยโปรแกรมซึ่งรายละเอียดของโปรแกรมจะได้กล่าวในบทที่ 3 ต่อไป

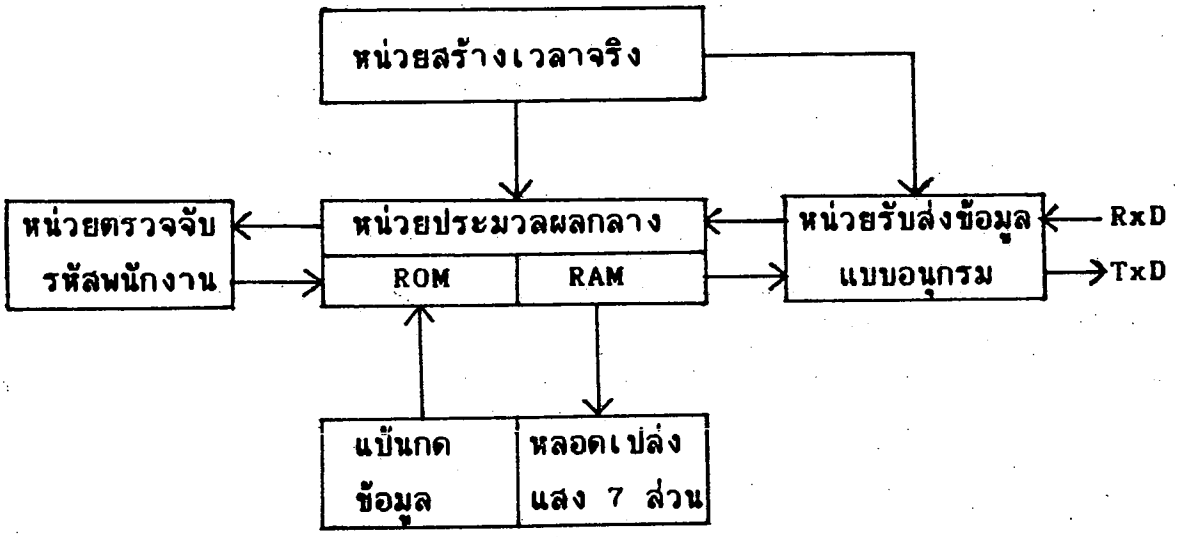
2.2 ข้อกำหนดทางฮาร์ดแวร์

คุณสมบัติของเครื่องบันทึกเวลาที่ได้ออกแบบและทดลองสร้าง เพื่อใช้ประมวลผลเงินเดือนด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ มีดังต่อไปนี้

-มีหน่วยประมวลผลกลางควบคุมการทำงานของเครื่องบันทึกเวลา ซึ่งมีโปรแกรมควบคุมเก็บไว้ในหน่วยความจำถาวร
-มีหน่วยความจำสามารถบันทึกข้อมูลรหัสพนักงานและเวลาได้ มีขนาดไม่น้อยกว่า 2 กิโลไบท์
-มีหน่วยป้อนข้อมูลแบบปุ่มกดชนิดเมตริกขนาด 16 ปุ่ม
-มีหน่วยแสดงผลแบบหลอดเปล่งแสงชนิดเจ็ดส่วน 4 หลัก
-มีหน่วยสร้างเวลานาฬิกา ซึ่งสามารถแสดง วัน เดือน ปี(ค.ศ.) ชั่วโมง นาทีและวินาที รวมทั้งสามารถปรับวันที่สิ้นเดือนได้โดยอัตโนมัติ
-มีหน่วยตรวจจับรหัสพนักงานได้ไม่น้อยกว่า 1000 คน
-มีหน่วยแปลงสัญญาณส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรมติดต่อกับไมโครคอมพิวเตอร์ได้
-มีหน่วยควบคุมสัญญาณเตือนเวลาทำงาน โดยสามารถตั้งสัญญาณเตือนเวลาเริ่มเข้าทำงานและเลิกทำงานในแต่ละวัน

2.3 การออกแบบฮาร์ดแวร์

เครื่องบันทึกเวลาที่ควบคุมการทำงานด้วยไมโครโปรเซสเซอร์มีโครงสร้างทางฮาร์ดแวร์คล้าย ๆ กับโครงสร้างของไมโครคอมพิวเตอร์บนบอร์ดเดียว ดังแผนภูมิรูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบหลัก ๆ ของเครื่องบันทึกเวลา ในหัวข้อนี้เราจะอธิบายหน้าที่และการทำงานของส่วนประกอบแต่ละส่วนอย่างย่อ ๆ เพื่อให้เข้าใจหลักการทำงานเสียก่อน ส่วนรายละเอียดของวงจรเราจะกล่าวถึงในหัวข้อ 2.5 ต่อไป



รูปที่ 2.1 โครงสร้างฮาร์ดแวร์ของเครื่องบันทึกเวลา

ฮาร์ดแวร์ของเครื่องบันทึกเวลาประกอบด้วยหน่วยต่าง ๆ ดังนี้

-หน่วยประมวลผลกลางและหน่วยความจำ (CPU and Memory)
-หน่วยป้อนข้อมูลและแสดงผล (Keybroad and 7-segment LED)
-หน่วยตรวจจับรหัสพนักงาน (Employee detector)
-หน่วยรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม (Serial interface RS-232C)
-หน่วยสร้างเวลาจริง (Real time clock)

หน้าที่และการทำงานของแต่ละหน่วยองค์ประกอบอธิบายย่อ ๆ ดังนี้

หน่วยประมวลผลกลางและหน่วยความจำ เป็น ส่วนสำคัญที่สุดในระบบทำหน้าที่ควบคุมการทำงานตามโปรแกรมที่ได้บันทึกไว้ในหน่วยความจำ หน่วยประมวลผลกลางใช้ ซีพียูเบอร์ Z80 ขนาด 8 บิท หน่วยความจำมี 2 ชนิด คือ หน่วยความจำถาวร (ROM) และหน่วยความจำชั่วคราว (RAM)

หน่วยความจำถาวร เป็น หน่วยความจำที่เก็บโปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องบันทึกเวลา หน่วยความจำถาวรใช้เบอร์ 2716 ขนาด 2 กิโลไบท์

หน่วยความจำชั่วคราว เป็น หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลเวลา และรหัสพนักงาน หน่วยความจำชั่วคราวใช้เบอร์ 6116 ขนาด 2 กิโลไบท์

หน่วยป้อนข้อมูลและแสดงผลเป็นหน่วยรับข้อมูลจากภายนอกเครื่องบันทึกเวลาและแสดงผลเวลาหรือแสดงผลอื่น ๆ หน่วยป้อนข้อมูลและแสดงผลประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ส่วน คือ แป้นพิมพ์และหลอดเปล่งแสงเจ็ดส่วน แป้นพิมพ์เป็นชนิดเมตริกซ์ 16 ปุ่ม ประกอบด้วย ปุ่มตัวเลข 10 ปุ่ม ปุ่มลบ ปุ่มลบทั้งหมด ปุ่มตั้งเวลา ปุ่มตั้งเวลาเตือน ปุ่มตั้งอัตรารับส่งข้อมูลหรือปุ่มทดสอบเวลา และปุ่มป้อนข้อมูล อย่างละหนึ่งปุ่ม หลอดเปล่งแสงเจ็ดส่วน เป็น ชนิดสารกึ่งตัวนำเปล่งแสงจำนวน 4 หลัก สำหรับแสดงเวลา รหัสพนักงาน และแสดงข้อมูลและป้อนข้อมูล

หน่วยตรวจจับรหัสพนักงานทำหน้าที่อ่านบัตรพนักงาน และควบคุมอุปกรณ์เตือนเวลา แบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ รีเลย์ (Magnetic relay) และ ดีเทกเตอร์ (Detector)

รีเลย์ เป็น อุปกรณ์สั่งการตัดต่ออุปกรณ์เตือนเวลา แบ่งเป็น 8 ช่องทาง ช่องทางที่ 0 จะถูกใช้โดยระบบ (System used) สำหรับเปิด-ปิดหลอดไฟให้กับดีเทกเตอร์ ส่วนช่องทางที่ 1 ถึง 7 ใช้สำหรับตั้งสัญญาณเตือนเวลาทำงาน

ดีเทกเตอร์ เป็น อุปกรณ์จับรหัสพนักงาน ประกอบด้วยอุปกรณ์ 2 ส่วน คือ หลอดไฟและโฟโตดีเทกเตอร์ โดยจัดวางในตำแหน่งตรงกันเป็นชุดจำนวน 13 ชุด 12 ชุด สำหรับตรวจจับรหัสพนักงาน และอีกหนึ่งชุด สำหรับตรวจจับตำแหน่งของบัตรพนักงาน

หน่วยรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมเป็นอุปกรณ์ชิ้นเดียว ในที่นี้เลือก ไอซีเบอร์ 8251 (USART Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) เป็น ไอซีที่มีประสิทธิภาพสูง และสามารถเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติการรับส่งข้อมูลได้ง่าย อุปกรณ์ชนิดนี้จะแปลงข้อมูลแบบขนานให้เป็นแบบอนุกรม เมื่อทำหน้าที่เป็นหน่วยส่งข้อมูล และจะแปลงข้อมูลแบบอนุกรมเป็นแบบขนาน เมื่อทำหน้าที่เป็นหน่วยรับข้อมูล

หน่วยสร้างเวลาจริง เป็น วงจรกำเนิดสัญญาณเวลาให้กับเครื่องบันทึกเวลาโดยอาศัยหลักการอินเตอร์รัพต์ (Interrupt) หน่วยสร้างเวลาจริงจะให้สัญญาณอินเตอร์รัพท์ทุก ๆ 1/31 วินาที สัญญาณอินเตอร์รัพท์จะอินเตอร์รัพท์ ซีพียู เพื่อทำการนับและแสดงผลเป็นเวลาจริง ในที่นี้ได้เลือกไอซีเบอร์ Z80-CTC ซึ่งเป็นไอซีกลุ่มเดียวกันกับ ซีพียู Z80 ไอซีตัวนี้ประกอบด้วยช่องการทำงาน 4 ช่องทาง ช่องที่ 0 ถึงช่องที่ 2 กำหนดให้สร้างสัญญาณอัตรารับส่งข้อมูล (Baud rate) ให้กับหน่วยรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม ส่วนช่องทางที่ 3 กำหนดให้สร้างสัญญาณอินเตอร์รัพต์ทุก ๆ 1/31 วินาทีให้กับ ซีพียู

2.4 การจัดแบ่งตำแหน่งหน่วยความจำและตำแหน่งไอโอ

การทำงานของ ซีพียู ในเครื่องบันทึกเวลาจำเป็นต้องกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำและอุปกรณ์อินเตอร์เฟส การจัดแบ่งตำแหน่งหน่วยความจำและตำแหน่งไอโอมีจุดประสงค์ 2 ประการ คือ เป็นแนวทางการสร้างและนำอุปกรณ์ทางด้านฮาร์ดแวร์มาประกอบกันเป็นเครื่องบันทึกเวลา และเป็นแนวทางการเขียนโปรแกรมควบคุมขั้นตอนการทำงานของเครื่องบันทึกเวลา การจัดแบ่งส่วนตำแหน่งของเครื่องบันทึกเวลาแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ การจัดแบ่งหน่วยความจำ (Memory mapping) และการจัดแบ่งหน่วยไอโอ (I/O mapping)

1) การจัดแบ่งหน่วยความจำเริ่มจากตำแหน่ง 0000H ถึง 7FFFH แบ่งเป็นขั้น ๆ ละ 2 กิโลไบท์ ดังแสดงในรูปที่ 2.2

0000H	ROM/RAM #1
0800H	ROM/RAM #2
1000H	ROM/RAM #3
1800H	ROM/RAM #4
2000H	ROM/RAM #5
2800H	ROM/RAM #6
3000H	ROM/RAM #7
3800H	ROM/RAM #8
4000H	MEMORY PORT #1
4800H	MEMORY PORT #2
5000H	MEMORY PORT #3
5800H	HI-DETECTOR PORT
6000H	LO-DETECTOR PORT
6800H	MAGNETIC PORT
7000H	NOT USED
7800H	NOT USED

รูปที่ 2.2 การจัดแบ่งหน่วยความจำ

-ตำแหน่ง 0000H-3FFFH เป็น ตำแหน่งหน่วยความจำถาวรและหน่วยความจำชั่วคราว ซึ่งมีขนาดเท่ากันและขาเทียบเท่ากันจึงสามารถแทนที่กันได้ ข้อจำกัดของเครื่องบันทึกเวลาจะต้องมีหน่วยความจำถาวรอยู่ที่ตำแหน่งต่ำสุด เพราะเมื่อเครื่องบันทึกเวลาถูกรีเซท ซีพียู จะเริ่มทำงานที่ตำแหน่งต่ำสุด ส่วนตำแหน่งหน่วยความจำชั่วคราวจะต่อจากหน่วยความจำถาวร

-ตำแหน่ง 4000H-57FFH เป็น ตำแหน่งพอร์ทหน่วยความจำสำรองสำหรับติดต่อรับหรือส่งข้อมูลแบบขนาน

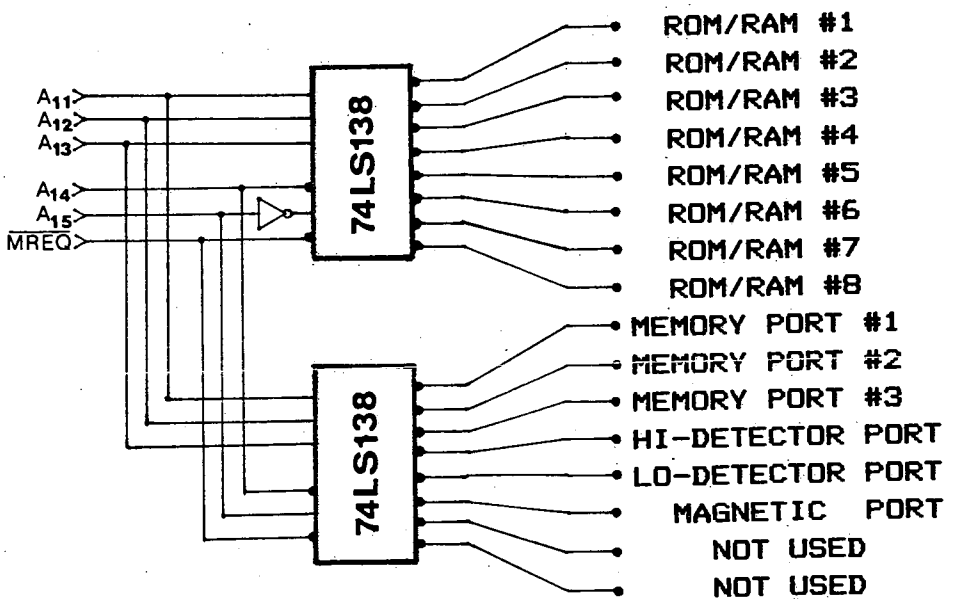
-ตำแหน่ง 5800H-67FFH เป็นตำแหน่งพอร์ทสำหรับอ่านบัตรพนักงาน

ตำแหน่ง 5800H อ้างถึงตำแหน่งรหัสพนักงานส่วนบน

ตำแหน่ง 6000H อ้างถึงตำแหน่งรหัสพนักงานส่วนล่าง

-ตำแหน่ง 6800H เป็นตำแหน่งรีเลย์พอร์ท

วงจรกำหนดแอดเดรสของอุปกรณ์ใช้วงจรถอดรหัสไอซีเบอร์ 74LS138 จำนวน 2 ตัว ต่อจากบัสแอดเดรส และ $\overline{\text{MREQ}}$ (Memory request) ดังแสดงในรูปวงจรที่ 2.3



รูปที่ 2.3 วงจรถอดรหัสหน่วยความจำ

2) การจัดแบ่งหน่วยไอโอเริ่มจากตำแหน่ง 0040H ถึง 005FH แบ่งเป็นชั้น ๆ ละ 4 ไบท์ ดังแสดงในรูปที่ 2.4

0040H	PIO #8255
0044H	Z80-CTC
0048H	USART #8251
004CH	SPARE
0050H	SPARE
0054H	SPARE
0058H	SPARE
005CH	SPARE

รูปที่ 2.4 การจัดแบ่งหน่วยไอโอ

-ตำแหน่ง 0040H-0043H เป็น ตำแหน่งหน่วยแสดงผลและป้อนข้อมูล
หน่วยแสดงผลและป้อนข้อมูลใช้ไอซี PIO เบอร์ 8255 ประกอบด้วย 3 ช่องทาง คือ

ตำแหน่ง 0040H อ้างถึงช่องทางทำงาน A
ตำแหน่ง 0041H อ้างถึงช่องทางทำงาน B
ตำแหน่ง 0042H อ้างถึงช่องทางทำงาน C
ตำแหน่ง 0043H อ้างถึงช่องทางควบคุม

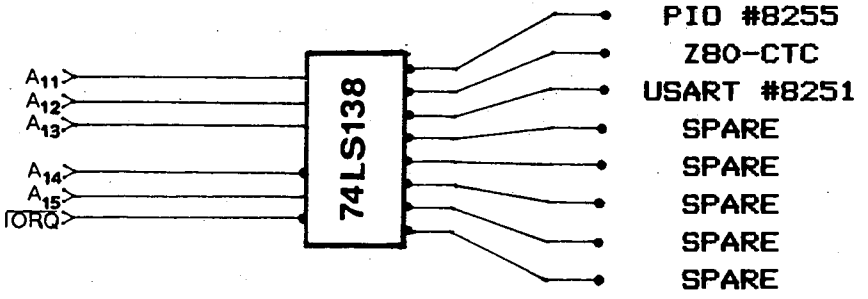
-ตำแหน่ง 0044H-0047H เป็นตำแหน่งหน่วยวงจรนับเวลา
หน่วยวงจรนับใช้ไอซีเบอร์ Z80-CTC ประกอบด้วย 4 ช่องทาง คือ

ตำแหน่ง 0044H อ้างถึงช่องทางทำงาน เบอร์ 0
ตำแหน่ง 0045H อ้างถึงช่องทางทำงาน เบอร์ 1
ตำแหน่ง 0046H อ้างถึงช่องทางทำงาน เบอร์ 2
ตำแหน่ง 0047H อ้างถึงช่องทางทำงาน เบอร์ 3

-ตำแหน่ง 0048H-004BH เป็นตำแหน่งหน่วยรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม
หน่วยรับส่งข้อมูลใช้ไอซี USART เบอร์ 8251 ประกอบด้วย 2 ช่องทาง คือ

ตำแหน่ง 0048H หรือ 004AH อ้างถึงช่องทางรับส่งข้อมูล
ตำแหน่ง 0049H หรือ 004BH อ้างถึงช่องทางรับส่งสถานะ

วงจรที่ใช้กำหนดแอดเดรสของอุปกรณ์ใช้วงจรถอดรหัสไอซีเบอร์ 74LS138 ต่อจากแอดเดรสบัส และ $\overline{IORQ}$ (Input/Output request) ดังรูปวงจรที่ 2.5



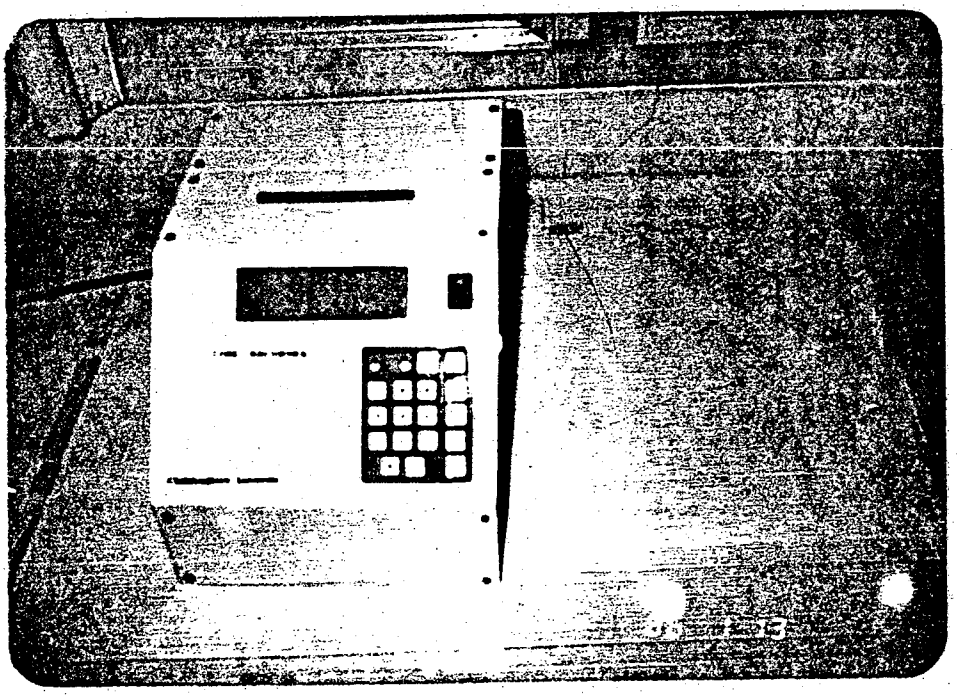
รูปที่ 2.5 วงจรถอดรหัสหน่วยไอโอ

2.5 การสร้างและประกอบแผงวงจรเครื่องบันทึกเวลา

การสร้างและนำอุปกรณ์ทางฮาร์ดแวร์ตามข้อกำหนดในหัวข้อ 2.2 และตามการจัดแบ่งตำแหน่งในหัวข้อ 2.4 มาประกอบเป็นเครื่องบันทึกเวลา เพื่อให้มีโครงสร้างการทำงานตามหัวข้อ 2.3 เครื่องบันทึกเวลาแสดงไว้ในรูปที่ 2.6 ซึ่งส่วนประกอบภายในแบ่งเป็นแผงวงจรย่อย 6 แผง ดังนี้

-แผงวงจรหน่วยประมวลผลกลางและหน่วยความจำ
-แผงวงจรสร้างเวลาจริงและหน่วยรับส่งข้อมูล
-แผงวงจรหน่วยแสดงผลและหน่วยป้อนข้อมูล
-แผงวงจรอินเตอร์เฟสหน่วยความจำ
-แผงวงจรหน่วยตรวจจับรหัสพนักงาน
-แผงวงจรแหล่งจ่ายกำลัง

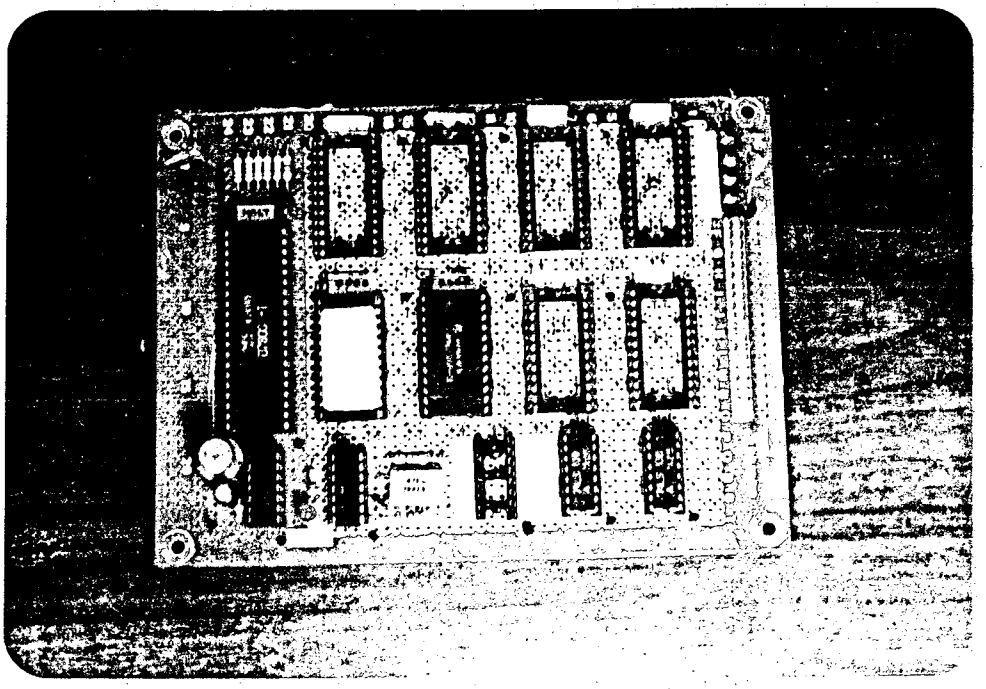
ในที่นี้เราจะไม่กล่าวถึงระบบบัสที่มีใช้ในเครื่องบันทึกเวลา รายละเอียดจะกล่าวในหัวข้อ 2.6 ต่อไป



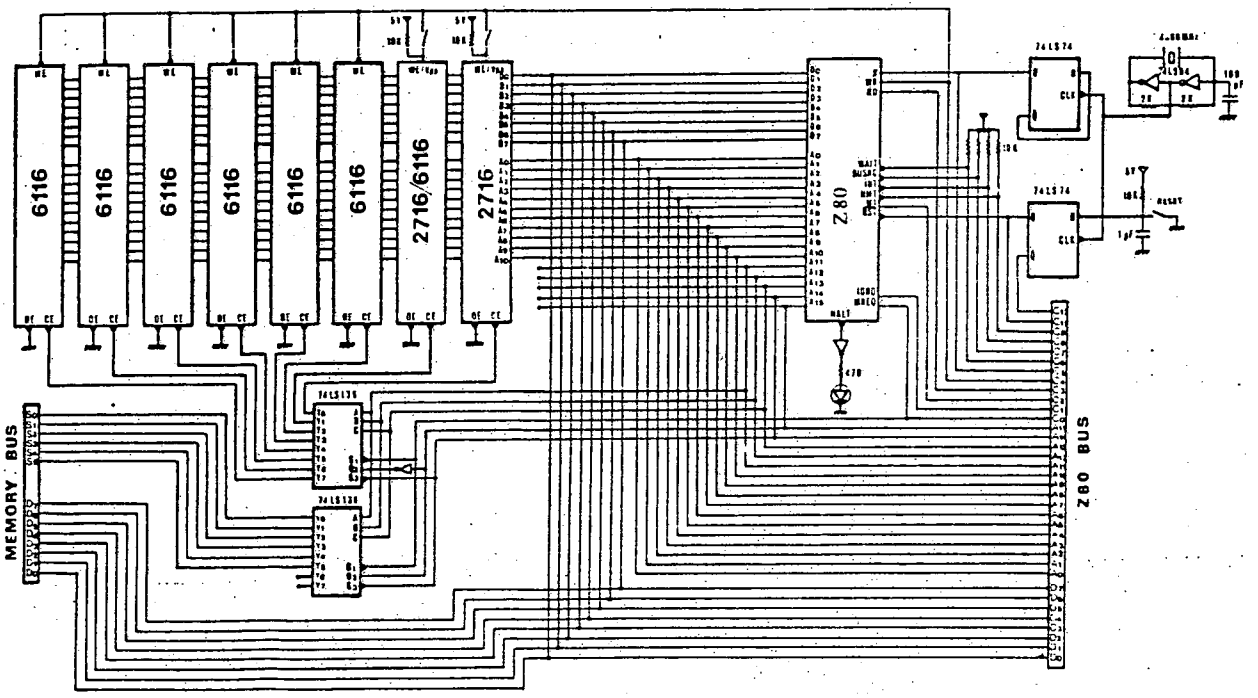
รูปที่ 2.6 เครื่องบันทึกเวลา

2.5.1 แผงวงจรหน่วยประมวลผลกลางและหน่วยความจำ

แผงวงจรหน่วยประมวลผลกลางและหน่วยความจำ เป็น แผงวงจรประมวลผลและควบคุมสั่งการทำงานของอุปกรณ์อื่น ๆ ภายในเครื่องบันทึกเวลา แผงวงจรหน่วยประมวลผลกลางและหน่วยความจำแสดงไว้ในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 ภาพถ่ายแผงวงจรหน่วยประมวลผลกลางและหน่วยความจำ



รูปที่ 2.8 วงจรหน่วยประมวลผลกลางและหน่วยความจำ

แผงวงจรหน่วยประมวลผลกลางและหน่วยความจำประกอบด้วย ซีพียู หน่วยความจำ วงจรสัญญาณความถี่และวงจรถอดรหัส วงจรหน่วยประมวลผลกลางและหน่วยความจำแสดงไว้ในรูปที่ 2.8 การทำงานอธิบายได้ ดังนี้

ซีพียู ทำงานที่ความถี่ 2 MHz โดยใช้ผลึกความถี่ 4 MHz หาร 2 ด้วยไอซีเบอร์ 74LS74 ทำให้สัญญาณความถี่เป็นรูปคลื่นสี่เหลี่ยม (Square wave) ซึ่งจะเป็นสัญญาณความถี่ของระบบ ซีพียู ใช้เบอร์ Z80 สามารถบ่งชี้ตำแหน่งหน่วยความจำได้สูงสุด 64 กิโลไบท์ (65,536 ตำแหน่ง) การบ่งชี้ตำแหน่งหน่วยความจำอาศัยวงจรถอดรหัสเบอร์ 74LS138 จำนวน 2 ตัว สัญญาณเลือกตำแหน่ง A_{11},A_{12},A_{13} ของแอดเดรสบัสจะนำมาถอดรหัส ส่วนสัญญาณเลือกตำแหน่ง A_{14},A_{15} ของแอดเดรสบัส และสัญญาณเลือกหน่วยความจำ MREQ จะใช้ควบคุมการทำงานของไอซีถอดรหัส

หน่วยความจำใช้ไอซีเบอร์ 2716 และ 6116 ซึ่งมีขนาด 2 กิโลไบท์เท่ากัน การจัดแบ่งหน่วยความจำอยู่ที่ตำแหน่ง 0000H ถึง 3FFFH

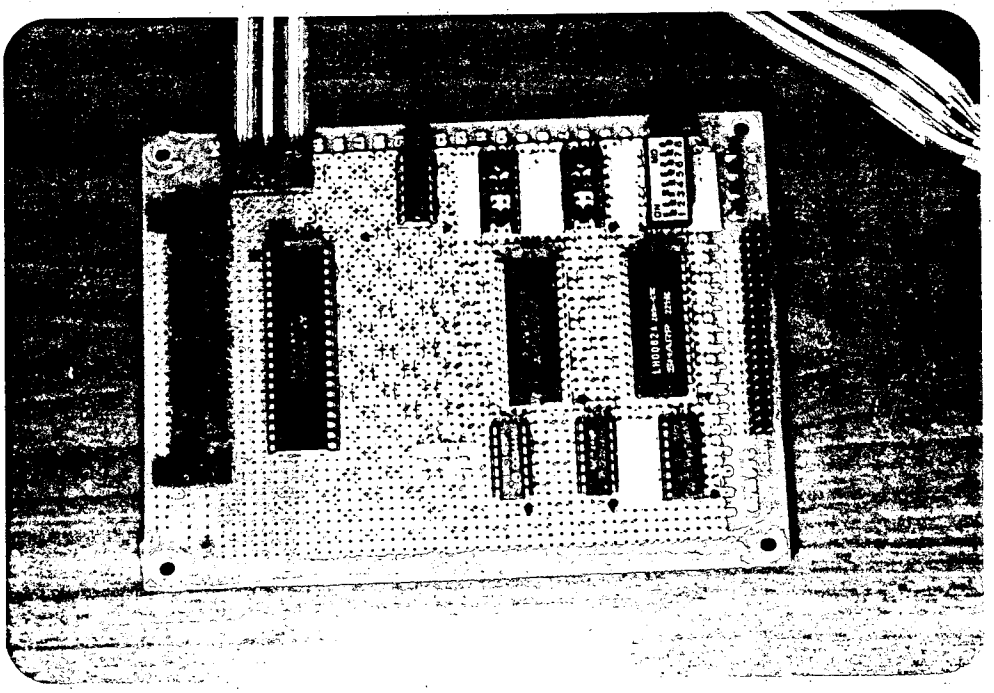
-ตำแหน่ง 0000H ถึง 0FFFH จัดเตรียมสำหรับหน่วยความจำถาวร

-ตำแหน่ง 1000H ถึง 3FFFH จัดเตรียมสำหรับหน่วยความจำชั่วคราว

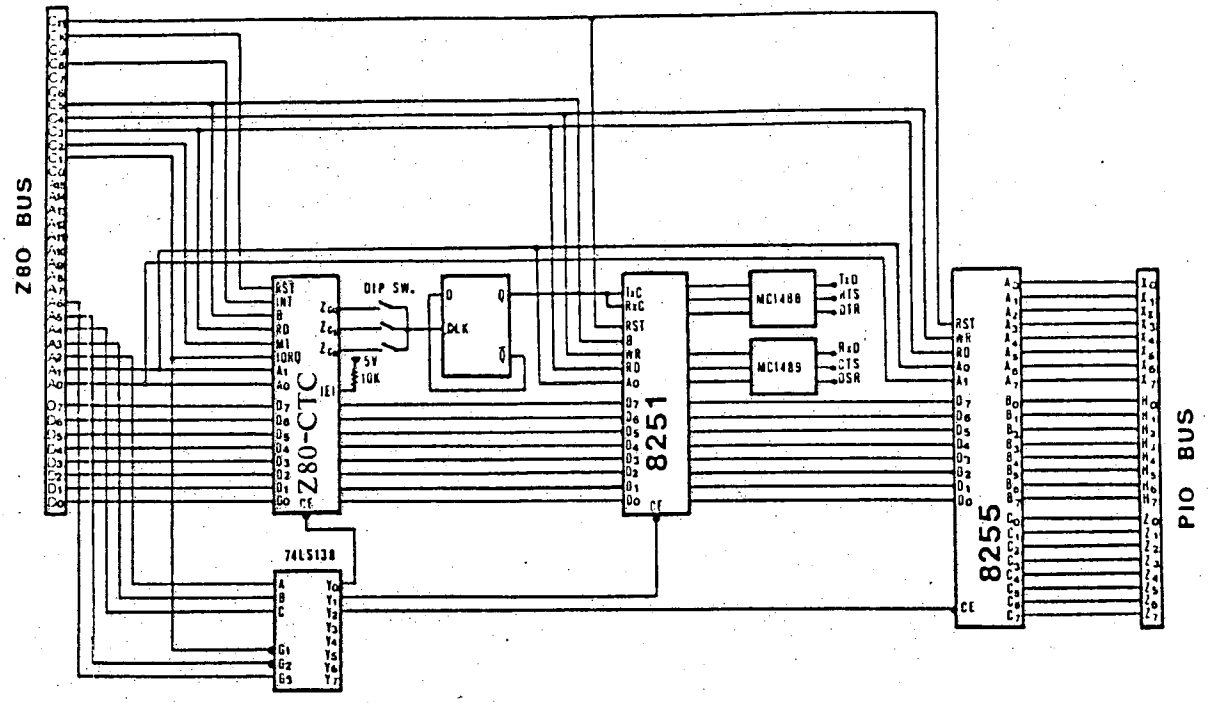
การรีเซทวงจรใช้ไอซีเบอร์ 74LS74 โดยอาศัยสัญญาณจากปุ่มกดรีเซท เพื่อให้ได้สัญญาณที่มีเฟสตรงกันข้าม คือ สัญญาณ RES และ $\overline{\text{RES}}$ สัญญาณนี้จะรีเซท ซีพียู และขณะเดียวกันสัญญาณนี้จะต่อกับระบบบัสเพื่อรีเซทอุปกรณ์อินเตอร์เฟสอื่น ๆ

2.5.2 แผงวงจรสร้างเวลาจริงและหน่วยรับส่งข้อมูล

แผงวงจรสร้างเวลาจริงและหน่วยรับส่งข้อมูล เป็น แผงวงจรสำหรับสร้างสัญญาณต่าง ๆ เพื่อติดต่อรับส่งและแสดงผลข้อมูล ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 ภาพถ่ายแผงวงจรสร้างเวลาจริงและหน่วยรับส่งข้อมูล



รูปที่ 2.10 วงจรสร้างเวลาจริงและหน่วยรับส่งข้อมูล

แผงวงจรสร้างเวลาจริงและหน่วยรับส่งข้อมูลประกอบด้วย วงจรถอดรหัสและอุปกรณ์อินเตอร์เฟส ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 2.10 การทำงานอธิบายได้ ดังนี้

วงจรถอดรหัสมีหน้าที่ถอดรหัสจากแอดเดรสบัส วงจรถอดรหัสใช้ไอซีเบอร์ 74LS138 สัญญาณเลือกตำแหน่ง A_2, A_3, A_4 ของแอดเดรสบัสจะนำมาถอดรหัส ส่วนสัญญาณเลือก A_5, A_6 ของแอดเดรสบัสและสัญญาณเลือกไอโอ $\overline{IORQ}$ จะใช้ควบคุมการทำงานของไอซีถอดรหัส

อุปกรณ์อินเตอร์เฟสที่ใช้ในแผงวงจรสร้างเวลาจริงและหน่วยรับส่งข้อมูล มี 3 ชนิด คือ

-ไอซีวงจรนับ เบอร์ Z80-CTC (Counter Timer Circuit)

-ไอซีวงจรรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม เบอร์ 8251 (Programmable Communication Interface)

-ไอซีวงจรรับส่งข้อมูลแบบขนาน เบอร์ 8255 (Programmable Peripheral Interface)

1) ไอซีวงจรนับเบอร์ Z80-CTC เป็น วงจรสร้างสัญญาณอินเตอร์รัพท์ส่งไปยังซีพียู และสร้างสัญญาณอัตรารับส่งข้อมูลส่งไปยังไอซีวงจรรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม

สัญญาณอินเตอร์รัพท์เกิดจากการนับสัญญาณความถี่ผ่านช่องทางที่ 3 ของวงจรนับ กำหนดให้ค่ารีจิสเตอร์พรีสกาลาเท่ากับ 256 และค่ารีจิสเตอร์คงที่เวลาเท่ากับ 252 ดังนั้นสัญญาณอินเตอร์รัพท์จะมีค่าเท่ากับ $2 \times 10^6 / 256 / 252 = 31$ ครั้งต่อวินาที

013642

สัญญาณอัตรารับส่งข้อมูลเกิดจากการนับสัญญาณความถี่ผ่านช่องทางที่ 0, 1 และ 2 แล้วจึงส่งสัญญาณพัลส์นับครบทางสาย Z_c (Zero countdown) สัญญาณพัลส์นี้จะต่อเข้ากับไอซีเบอร์ 74LS74 เพื่อสร้างสัญญาณคลื่นสี่เหลี่ยมที่มีความถี่ครึ่งหนึ่งของสัญญาณพัลส์ สัญญาณคลื่นรูปสี่เหลี่ยมจะถูกนำไปใช้เป็นสัญญาณอัตรารับส่งข้อมูล

กำหนดให้สัญญาณอัตรารับส่งข้อมูลมี ดังนี้

-ช่องทางที่ 0 สร้างสัญญาณอัตรารับส่งข้อมูล 300 บิทต่อวินาที

-ช่องทางที่ 1 สร้างสัญญาณอัตรารับส่งข้อมูล 1200 บิทต่อวินาที

-ช่องทางที่ 2 สร้างสัญญาณอัตรารับส่งข้อมูล 2400 บิทต่อวินาที

<u>หมายเหตุ</u>: สำหรับช่องทางที่ 0 สัญญาณรับส่งข้อมูลสามารถตั้งได้หลายค่าผ่านทางแป้นกด ภายใต้การทำงานของโปรแกรมควบคุมการทำงาน วิธีตั้งค่าจะกล่าวถึงในบทที่ 3 ต่อไป

2) ไอซีวงจรรับส่งข้อมูลแบบอนุกรม เบอร์ 8251 เป็น วงจรสร้างสัญญาณติดต่อรับส่งกับไมโครคอมพิวเตอร์ โดยอัตราการรับส่งข้อมูลได้จากสัญญาณอัตรารับส่งของไอซีวงจรนับ

กำหนดให้รูปแบบการรับส่งข้อมูลมี ดังนี้

-ข้อมูลรับส่ง	8 บิท
-สัญญาณตรวจสอบ	ไม่มี
-สัญญาณบิทเริ่ม	1 บิท
-สัญญาณบิทหยุด	1 บิท

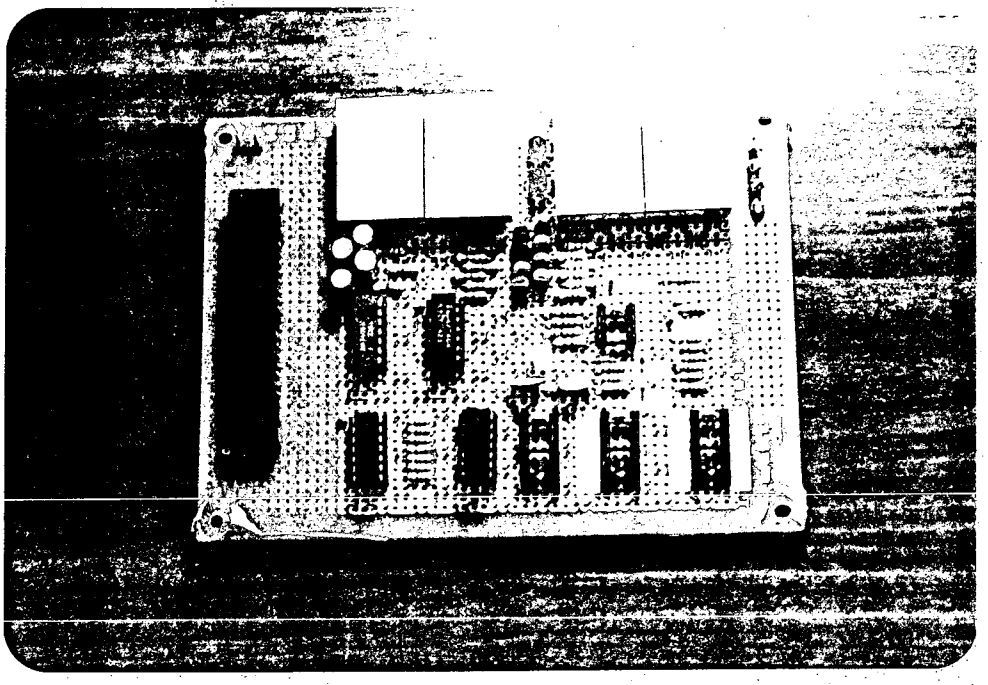
<u>หมายเหตุ</u>: รูปแบบการรับส่งข้อมูลสามารถเปลี่ยนแปลงได้ โดยโปรแกรมควบคุมการทำงาน ซึ่งจะกล่าวในรายละเอียดในบทที่ 3 ต่อไป

สัญญาณติดต่อแบบอนุกรมจากไอซีเบอร์ 8251 ต่อผ่านวงจรขับ (Driver) เบอร์ MC1488 และ MC1489 เพื่อแปลงแรงดันไฟฟ้าให้ตรงตามมาตราฐานการติดต่อทางสายแบบอนุกรม (RS-232C)

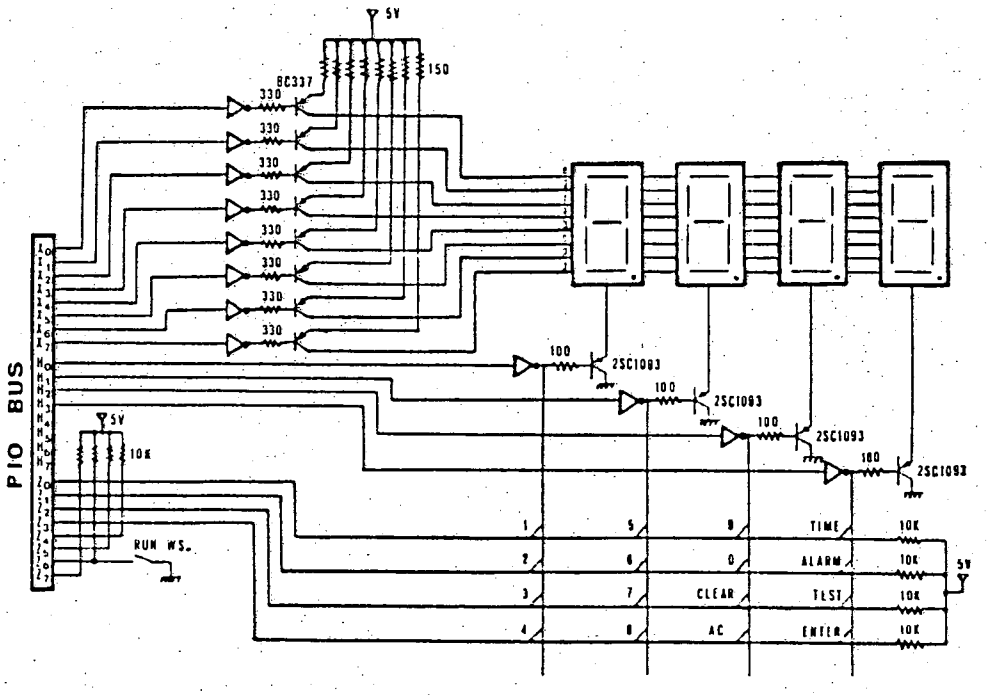
3) ไอซีวงจรรับส่งข้อมูลแบบขนาน เบอร์ 8255 มีหน้าที่รับข้อมูลจาก ซีพียู ส่งไปยังหน่วยแสดงผล และรับข้อมูลจากแป้นกดส่งไปยัง ซีพียู ผ่านทางบัสข้อมูล กำหนดให้ช่องทาง A และ B เป็นช่องทางข้อมูลออก และช่องทาง C เป็นช่องทางข้อมูลเข้า ดังนั้นข้อมูลที่ต้องการแสดงผลจะถูกส่งจาก ซีพียู ไปยังช่องทาง A และ B ผ่านทางบัสข้อมูล ขณะเดียวกันข้อมูลที่ได้จากแป้นกดทางช่องทาง C จะถูกส่งกลับไปยัง ซีพียู ผ่านทางบัสข้อมูล

2.5.3 แผงวงจรหน่วยแสดงผลและหน่วยป้อนข้อมูล

แผงวงจรหน่วยแสดงผลและหน่วยป้อนข้อมูล เป็น แผงวงจรสำหรับติดต่อข้อมูลกับผู้ใช้เครื่องบันทึกเวลา ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ภาพถ่ายแผงวงจรหน่วยแสดงผลและหน่วยป้อนข้อมูล



รูปที่ 2.12 วงจรหน่วยแสดงผลและหน่วยป้อนข้อมูล

แผงวงจรหน่วยแสดงผลและหน่วยป้อนข้อมูล ประกอบด้วย หน่วยแสดงผล ได้แก่ หลอดเปล่งแสงเจ็ดส่วน 4 หลัก และหน่วยป้อนข้อมูล ได้แก่ แป้นกดชนิด 16 ปุ่ม ซึ่งแสดงไว้ในรูป 2.12 การทำงานอธิบายได้ ดังนี้

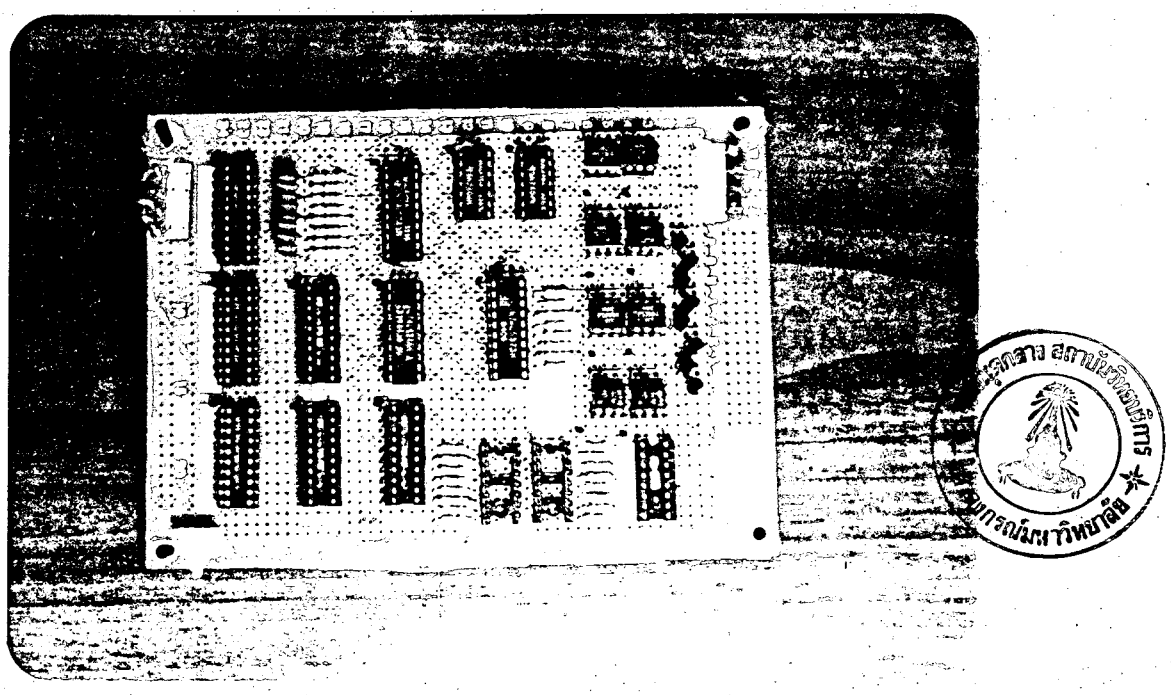
สัญญาณช่องทาง A เป็น สัญญาณขับส่วน (Segment) ของหน่วยแสดงผล สัญญาณนี้จะถูกขับโดยกลุ่มวงจรขับให้มีกระแสสูงขึ้นสำหรับขับส่วนของหลอดเปล่งแสงเจ็ดส่วน

สัญญาณช่องทาง B เป็น สัญญาณขับหลัก (Digit) ของหน่วยแสดงผล สัญญาณนี้จะถูกขับโดยวงจรขับให้มีกระแสสูงขึ้นสำหรับขับหลักของหลอดเปล่งแสงเจ็ดส่วน ทำให้หลอดเปล่งแสงเจ็ดส่วนสว่างในช่วงเวลาหนึ่ง ๆ ขณะเดียวกันสัญญาณขับหลักแสดงผลจะสแกนแป้นกดตามแนวตั้ง (Column)

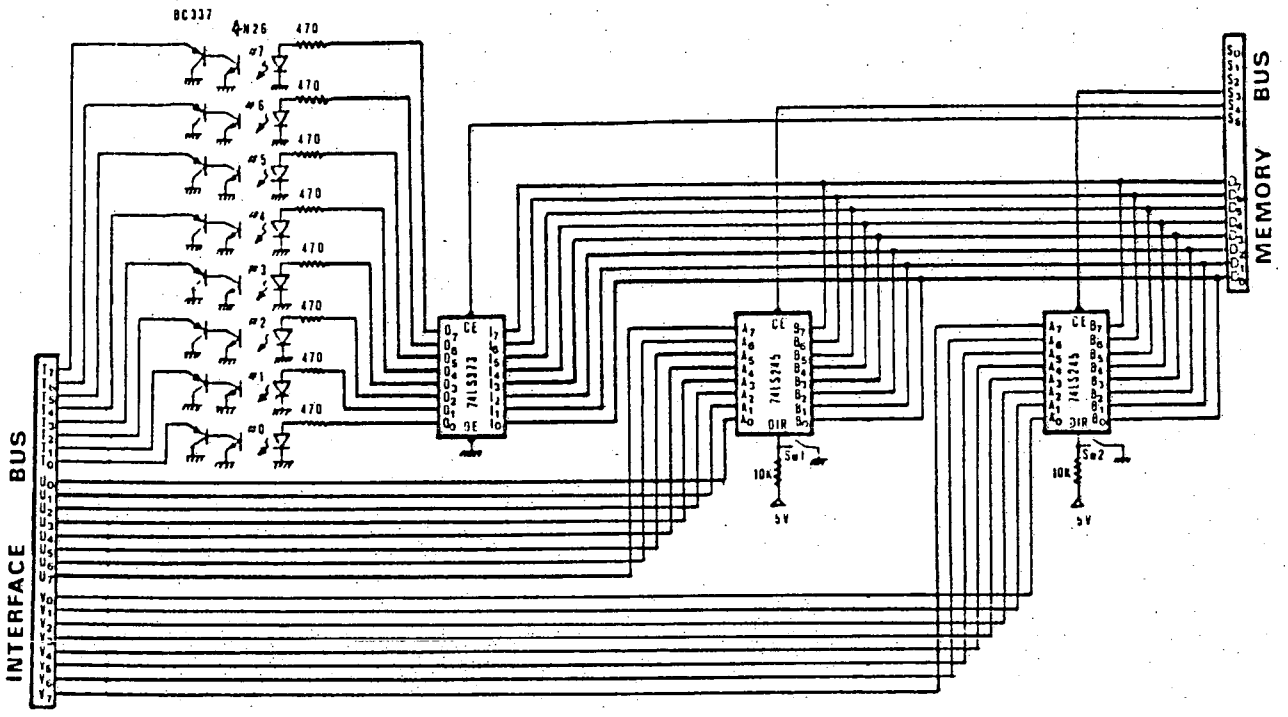
สัญญาณช่องทาง C เป็น สัญญาณข้อมูล (Data) สัญญาณนี้ได้จากการกดของแป้นกดโดยสแกนตามแนวนอน (Row) สัญญาณนี้ ซีพียู จะนำไปประมวลผลจำแนกตามชนิดของปุ่มกดและทำงานตามหน้าที่ของปุ่มกดต่อไป

2.5.4 แผงวงจรอินเตอร์เฟสหน่วยความจำ

แผงวงจรอินเตอร์เฟสหน่วยความจำ เป็น แผงวงจรเชื่อมโยงข้อมูลแบบขนาน ข้อมูลจากหน่วยตรวจจับรหัสพนักงานจะส่งให้กับ ซีพียู ผ่านทางพอร์ทขาเข้า และส่งข้อมูลสัญญาณเตือนจาก ซีพียู ให้กับรีเลย์ผ่านพอร์ทขาออก ดังแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 ภาพถ่ายแผงวงจรอินเตอร์เฟสหน่วยความจำ



รูปที่ 2.14 วงจรอินเตอร์เฟสหน่วยความจำ

วงจรอินเตอร์เฟสหน่วยความจำ ประกอบด้วย ไอซีเบอร์ 74LS245 74LS373 และไอโซเลเตอร์ (Isolator) เบอร์ 2N26 ดังแสดงในรูปที่ 2.14 การทำงานของวงจรอินเตอร์เฟสอธิบายได้ ดังนี้

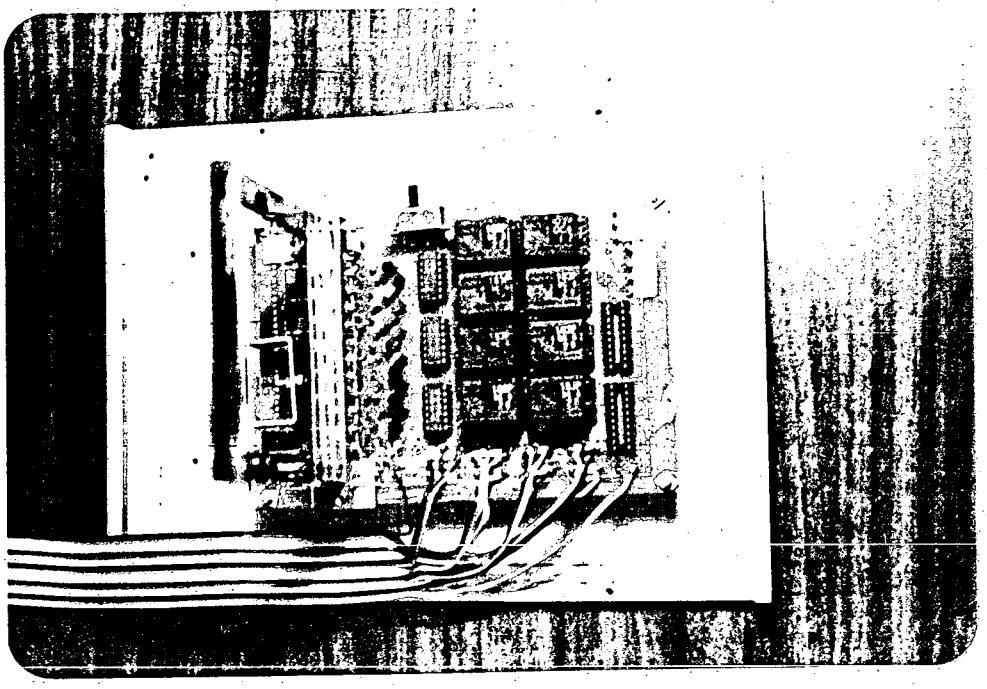
สัญญาณเลือกที่ถูกถอดรหัสแล้ว พร้อมทั้งบัสข้อมูลจะถูกส่งผ่านทางระบบบัสต่อเชื่อมกับไอซี เบอร์ 74LS245 และ 74LS373 ซึ่งทำหน้าที่เป็นพอร์ท

ตำแหน่ง 5800H และ 6000H ใช้เบอร์ 74LS245 เป็นพอร์ทขาเข้า สำหรับรับข้อมูลรหัสพนักงานจากหน่วยตรวจจับรหัสพนักงานส่งไปยัง ซีพียู ผ่านทางบัสข้อมูล การเลือกชีพ ใช้สายสัญญาณ S3,S4 จากวงจรถอดรหัสต่อกับขา CE ของพอร์ทตำแหน่ง 5800H และ 6000H ตามลำดับ

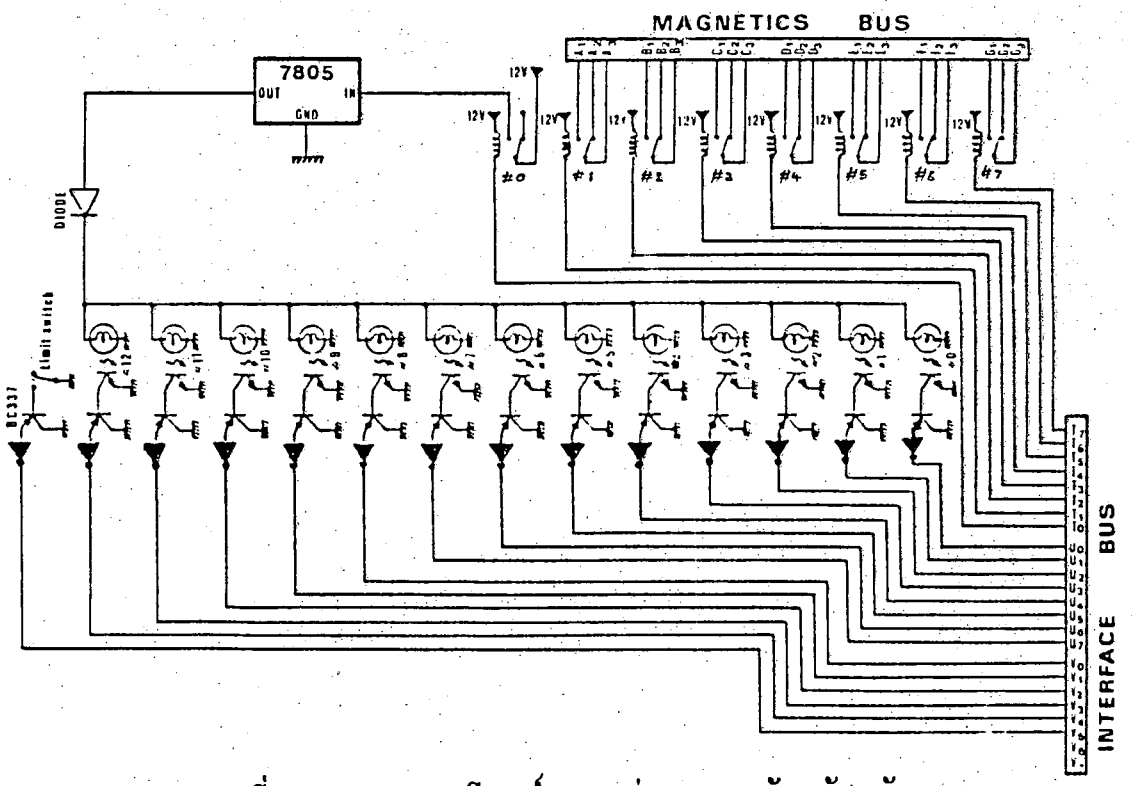
ตำแหน่ง 6800H ใช้เบอร์ 74LS373 เป็นพอร์ทขาออก สำหรับรับข้อมูลจาก ซีพียู ส่งไปยังรีเลย์ ผ่านบัสข้อมูล การเลือกชีพใช้สายสัญญาณ S5 จากวงจรถอดรหัสต่อกับขา CE ของพอร์ทตำแหน่ง 6800H

2.5.5 แผงวงจรรีเลย์และหน่วยตรวจจับรหัสพนักงาน

แผงวงจรรีเลย์และหน่วยตรวจจับรหัสพนักงาน เป็น แผงวงจรสั่งการตัดต่ออุปกรณ์เตือนเวลาและตรวจจับรหัสพนักงาน ดังแสดงในรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ภาพถ่ายวงจรรีเลย์และหน่วยตรวจจับรหัสพนักงาน



รูปที่ 2.16 วงจรรีเลย์และหน่วยตรวจจับรหัสพนักงาน

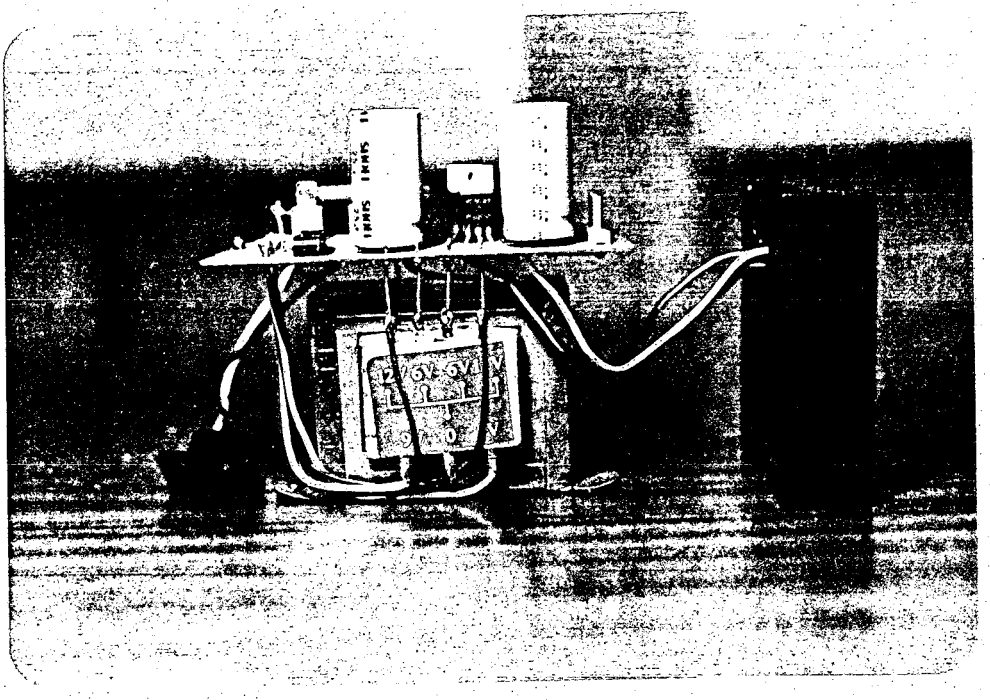
แผงวงจรรีเลย์และหน่วยตรวจจับรหัสพนักงาน ประกอบด้วย ชุดอ่านรหัสพนักงาน ชุดรีเลย์และไอซี อินเวอร์เตอร์ เบอร์ 74LS04 ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 2.16

การทำงานของวงจรรีเลย์และหน่วยตรวจจับรหัสพนักงานอธิบายได้ ดังนี้

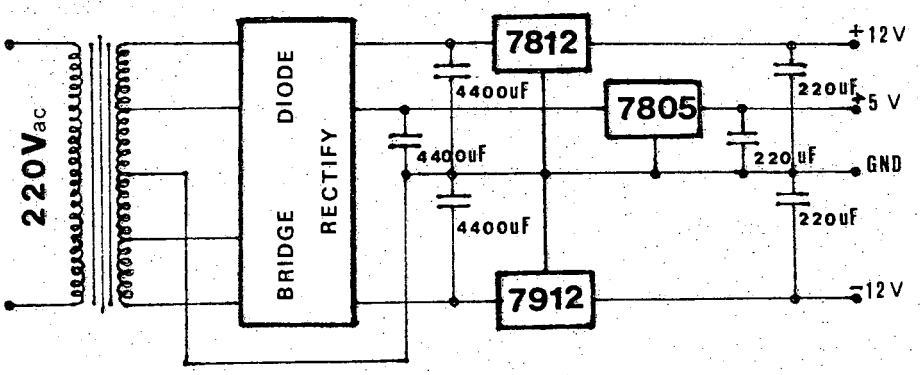
เมื่อมีบัตรสอดเข้าทางช่องใส่บัตร ลิมิตสวิตท์จะทำงานแสดงสภาวะเป็น 0 ผ่านวงจรขับและไอซี อินเวอร์เตอร์ เบอร์ 74LS04 ทำให้เกิดสภาวะเป็น 1 ที่สาย V_5 ของอินเตอร์เฟสบัส สาย V_5 จะต่อกับไอซีเบอร์ 74LS245 ที่ตำแหน่งพอร์ท 5800H ของวงจรอินเตอร์เฟสหน่วยความจำ ซีพียู จะตรวจสอบสภาวะบัตรทุกระยะของการทำงาน โดยการเปิดพอร์ทที่ตำแหน่ง 5800H สัญญาณที่สาย V_5 ซึ่งแสดงสภาวะบัตรจะผ่านเข้าไปในบัสข้อมูลทางสาย D_5 เมื่อ ซีพียู พบว่า D_5 มีสภาวะเป็น 1 แสดงว่าในช่องบัตรมีบัตรพนักงานอยู่ ดังนั้น ซีพียู จะสั่งเปิดรีเลย์ โดยให้บิท D_0 ของบัสข้อมูลมีสภาวะเป็น 1 แล้วจึงส่งข้อมูลชุดนี้ไปยังพอร์ทขาออกในตำแหน่ง 6800H ของแผงวงจรอินเตอร์เฟสหน่วยความจำ ข้อมูลจากบิท D_0 จะคงสภาวะไว้ที่ขาออกของไอซีเบอร์ 74LS373 ทำให้ไอโซเลเตอร์หมายเลข 0 ทำงาน ซึ่งจะเกิดสภาวะเป็น 0 ที่ปลายขาออกของไอโซเลเตอร์ สัญญาณนี้จะถูกขับให้มีกระแสสูงขึ้นเพื่อขับรีเลย์หมายเลข 0 ดังนั้นรีเลย์จึงต่อแหล่งจ่ายกำลัง 12 โวล์ทที่ไม่ปรับ (Unregulate) เข้าวงจรเร็กกูเลเตอร์ เบอร์ 7805 เพื่อแปลงแรงดันเป็น +5 โวล์ท จ่ายให้กับหลอดไส้ บัตรพนักงานที่ผ่านการเจาะรูจะทำให้แสงผ่านรูไปยังโฟโตทรานซิสเตอร์ได้ สัญญาณจากโฟโตทรานซิสเตอร์จะถูกขับ โดยทรานซิสเตอร์และไอซี อินเวอร์เตอร์ เบอร์ 74LS04 ส่งไปยังอินเตอร์เฟสบัส ผ่านพอร์ทตำแหน่ง 5800H และ 6000H ซีพียู จะอ่านรหัสพนักงานจากพอร์ท 5800H และ 6000H และนำไปประมวลผลแล้วเก็บไว้ในหน่วยความจำ ต่อมา ซีพียู จะสั่งเปิดรีเลย์โดยให้บิท D_0 ของบัสข้อมูลมีสภาวะเป็น 0 แล้วจึงส่งข้อมูลชุดนี้ไปยังพอร์ทขาออกที่ตำแหน่ง 6800H เพื่อปิดหลอดไฟ

2.5.6 แผงวงจรแหล่งจ่ายกำลัง

แผงแหล่งจ่ายกำลัง เป็น แผงวงจรแปลงแรงดันไฟฟ้า 220 โวล์ทเอซี เป็นแรงดันไฟฟ้าดีซี ขนาดแรงดัน +5 โวล์ท +12 โวล์ท และ -12 โวล์ท ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 ภาพถ่ายแผงวงจรแหล่งจ่ายกำลัง



รูปที่ 2.18 วงจรแหล่งจ่ายกำลัง

วงจรแหล่งจ่ายกำลังที่เราสร้างขึ้นเป็นวงจรจ่ายกำลังแบบง่าย ๆ ประกอบด้วย หม้อแปลง ตัวเก็บประจุและไอซีเร็กกูเลเตอร์ ดังรูปที่ 2.18 การทำงานของวงจรแหล่งจ่ายกำลังอธิบายได้ ดังนี้

เมื่อมีกระแสไหลในขดลวดปฐมภูมิจะเหนี่ยวนำ ทำให้เกิดแรงดันในขดลวดทุติยภูมิที่ระดับแรงดัน 12,9,0,9,12 โวล์ทเอซี แรงดันไฟฟ้านี้จะถูกแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยผ่านวงจรไดโอดชนิดรูปคลื่นเต็ม (Full wave rectify) และกรองสัญญาณด้วยตัวเก็บประจุขนาด 4400 ไมโครฟารัต แรงดันไฟฟ้าที่ได้มีขนาด +16,+7 และ -16 โวล์ทดีซี แรงดันไฟฟ้า +16 โวล์ทดีซีจะถูกปรับเป็นขนาด +12 โวล์ทดีซี ด้วยวงจรเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 7812 แรงดันไฟฟ้า -16 โวล์ทดีซีจะถูกปรับเป็นขนาด -12 โวล์ทดีซี ด้วยวงจรเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 7912 และ แรงดันไฟฟ้า +7 โวล์ทดีซีจะถูกปรับเป็นขนาด +5 โวล์ทดีซี ด้วยวงจรเร็กกูเลเตอร์เบอร์ 7805

2.5.7 สรุปการสร้างและประกอบแผงวงจร

เครื่องบันทึกเวลาที่เราสร้างขึ้นแบ่งเป็นแผงวงจรย่อย ๆ 6 แผง ดังนี้

1. แผงวงจรหน่วยประมวลผลกลางและหน่วยความจำ ประกอบด้วย
   - หน่วยประมวลผลกลางใช้ ซีพียู เบอร์ Z80 สำหรับประมวลผลและควบคุมสั่งทำงานของอุปกรณ์อื่น ๆ ภายในเครื่องบันทึกเวลา
   - หน่วยความจำถาวรใช้ไอซีเบอร์ 2716 สำหรับเก็บโปรแกรมควบคุม
   - หน่วยความจำชั่วคราวใช้ไอซีเบอร์ 6116 สำหรับเก็บรหัสพนักงาน เวลาจริงและอื่น ๆ
2. แผงวงจรสร้างเวลาจริงและหน่วยรับส่งข้อมูล ประกอบด้วย
   - วงจรนับใช้ไอซีเบอร์ Z80-CTC สำหรับสร้างสัญญาณอินเตอร์รัพท์และสัญญาณอัตรารับส่งข้อมูล
   - วงจรรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมเบอร์ 8251 สำหรับสร้างสัญญาณรับส่งข้อมูล
   - วงจรรับส่งข้อมูลแบบขนานเบอร์ 8255 สำหรับส่งสัญญาณแสดงผลและรับสัญญาณป้อนข้อมูล
3. แผงวงจรหน่วยแสดงผลและหน่วยป้อนข้อมูล ประกอบด้วย
   - หลอดเปล่งแสงเจ็ดส่วน 4 หลัก สำหรับแสดงรหัสพนักงาน ข้อมูลและเวลาจริง
   - แป้นกดชนิดเมตริก 16 ปุ่ม สำหรับป้อนข้อมูลและคำสั่งการทำงาน

4. แผงวงจรอินเตอร์เฟสหน่วยความจำ ประกอบด้วย

-พอร์ทขาเข้าใช้ไอซีเบอร์ 74LS245 อยู่ที่ตำแหน่ง 5800H และ 6000H สำหรับรับสัญญาณรหัสพนักงาน

พอร์ทตำแหน่ง 5800H อ้างถึงตำแหน่งรหัสพนักงานส่วนล่าง

พอร์ทตำแหน่ง 6000H อ้างถึงตำแหน่งรหัสพนักงานส่วนบน

-พอร์ทขาออกใช้ไอซีเบอร์ 74LS373 อยู่ที่ตำแหน่ง 6800H สำหรับส่งสัญญาณควบคุมเวลาเตือนหรือเปิดปิดหลอดไฟให้กับหน่วยตรวจจับรหัสพนักงาน

5. แผงวงจรรีเลย์และหน่วยตรวจจับรหัสพนักงาน ประกอบด้วย

-รีเลย์ 8 ชุด สำหรับสั่งการตัดต่ออุปกรณ์เตือนเวลาและเปิดปิดหลอดไฟให้กับหน่วยตรวจจับรหัสพนักงาน

-หน่วยตรวจจับรหัสพนักงาน สำหรับอ่านรหัสพนักงาน

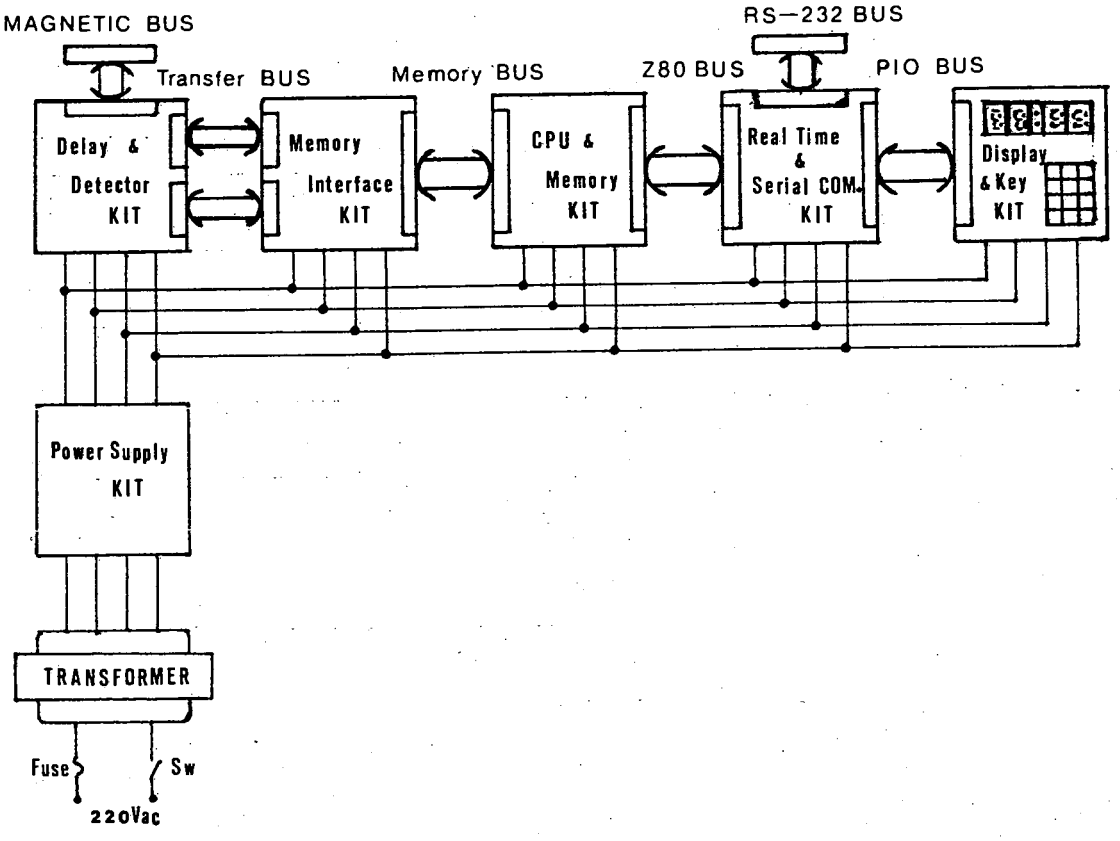
6. แผงวงจรแหล่งจ่ายกำลัง ประกอบด้วย

-วงจรเร็กกูเลเตอร์ใช้ไอซีเบอร์ 7812 7805 และ 7912 สำหรับปรับแรงดันให้คงที่ขนาด +12 โวล์ทดีซี +5 โวล์ทดีซี และ -12 โวล์ทดีซี

<u>หมายเหตุ</u>: แผงวงจรต่าง ๆ ที่สร้างและประกอบกันเป็นเครื่องบันทึกเวลามีส่วนประกอบหลายส่วนเหมือนกับเครื่อง เอ็มพีเอฟวัน (MPF-1) เช่น ซีพียู หน่วยความจำ หน่วยวงจรนับ หน่วยแสดงผลและหน่วยป้อนข้อมูล เป็นต้น

2.6 การเดินสายระหว่างแผงวงจร

การเดินสายระหว่างแผงวงจรต่าง ๆ ใช้สายคอนเนกเตอร์ (Connector) เชื่อมต่อ เพื่อสะดวกในการถอดประกอบและซ่อมแซม ดังแสดงในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 การเดินสายระหว่างแผงวงจร

การเดินสายระหว่างแผงวงจรเริ่มจากปลั๊กไฟฟ้าขนาด 220 โวล์ทเอซี ผ่านสวิทช์และฟิวส์ ขนาด 0.5 แอมแปร์เข้าหม้อแปลง แรงดันไฟฟ้าจากหม้อแปลงจะต่อกับแผงวงจรแหล่งจ่ายกำลังเพื่อจ่ายกำลังไฟฟ้าให้กับระบบทั้งหมด

คอนเนกเตอร์ต่าง ๆ ภายในเครื่องบันทึกเวลาแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

- คอนเนกเตอร์บัสติดต่อภายใน
- คอนเนกเตอร์บัสติดต่อภายนอก

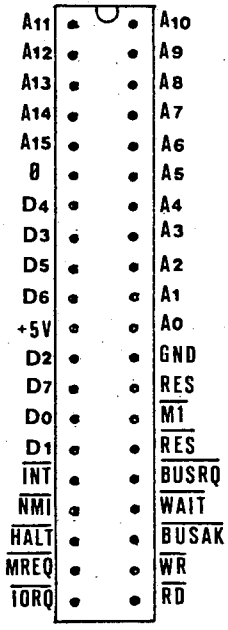
1) คอนเนกเตอร์บัสติดต่อภายใน คือ บัสของระบบที่เชื่อมโยงระหว่างแผงวงจรต่าง ๆ ภายในเครื่องบันทึกเวลา คอนเนกเตอร์บัสติดต่อภายในแบ่งออกเป็น 4 ชนิด ดังนี้

-แซด 80 บัส (Z80 BUS)
-พีไอโอ บัส (PIO BUS)
-เมมโมรี่ บัส (Memory BUS)
-ทรานเฟอร์ บัส (Transfer BUS)

<u>หมายเหตุ</u>: ในที่นี้เราจะไม่กล่าวถึงสายบางเส้นที่ต้องมีอยู่ในบัสทุกบัส เช่น สายจ่ายกำลัง ได้แก่ +5 โวล์ท +12 โวล์ท -12 โวล์ท และ สายกราวด์ เป็นต้น

แซด 80 บัส เป็น บัสขนาด 40 เส้น สำหรับเชื่อมโยงระหว่างวงจรหน่วยประมวลผลกลาง (หรือหน่วยความจำ) กับแผงวงจรสร้างเวลาจริง (หรือหน่วยรับส่งข้อมูล) ดังแสดงในรูป 2.20 ประกอบด้วยบัสย่อย 3 ส่วน คือ

-บัสข้อมูล จำนวน 8 เส้น
-บัสแอดเดรส จำนวน 16 เส้น
-บัสควบคุม จำนวน 14 เส้น



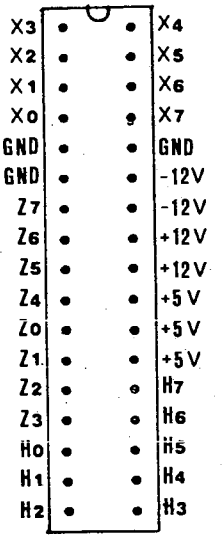
รูปที่ 2.20 ตำแหน่งสาย แซด 80 บัส

พีไอโอ บัส เป็น บัสขนาด 34 เส้น สำหรับเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างแผงวงจรสร้างเวลาจริง (หรือวงจรหน่วยรับส่งข้อมูล) กับแผงวงจรหน่วยแสดงผล (หรือหน่วยป้อนข้อมูล) ดังแสดงในรูปที่ 2.21 ประกอบด้วยบัสย่อย 3 บัส คือ

-บัสข้อมูลช่องทาง A จำนวน 8 เส้น

-บัสข้อมูลช่องทาง B จำนวน 8 เส้น

-บัสข้อมูลช่องทาง C จำนวน 8 เส้น

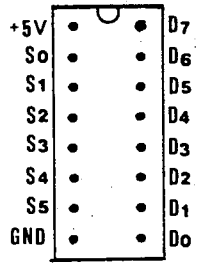


รูปที่ 2.21 ตำแหน่งสาย พีไอโอ บัส

เมมโมรี่ บัส เป็น บัสขนาด 16 เส้น สำหรับเชื่อมโยงข้อมูลระหว่างแผงหน่วยประมวลผลกลาง (หรือหน่วยความจำ) กับแผงวงจรอินเตอร์เฟสหน่วยความจำ ดังแสดงในรูปที่ 2.22 ประกอบด้วยบัสย่อย 2 บัส คือ

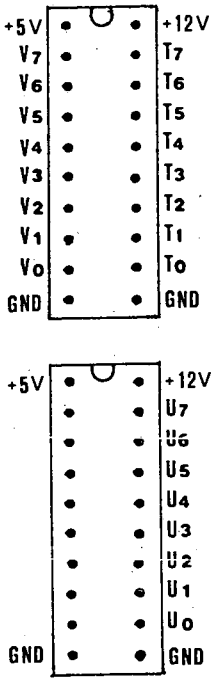
-บัสข้อมูล จำนวน 8 เส้น

-บัสสัญญาณเลือกตำแหน่ง จำนวน 6 เส้น



รูปที่ 2.22 ตำแหน่งสาย เมมโมรี่ บัส

ทรานซ์เฟอร์ บัส เป็น บัสส่งผ่านข้อมูลระหว่างแผงวงจรอินเตอร์เฟสหน่วยความจำกับแผงวงจรรีเลย์ (หรือหน่วยตรวจจับรหัสพนักงาน) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.23 ประกอบด้วยบัสย่อย 2 ชุด ๆ ละ 20 เส้น โดยแต่ละชุดประกอบด้วยบัสข้อมูลจำนวน 2 คู่ ๆ ละ 8 เส้น ซึ่งตรงกับการจัดแบ่งตำแหน่งหน่วยความจำในหัวข้อที่ 2.4



รูปที่ 2.23 ตำแหน่งสาย ทรานซ์เฟอร์ บัส

2) คอนเนกเตอร์บัสติดต่อภายนอก คือ บัสของระบบที่ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก คอนเนกเตอร์บัสติดต่อภายนอกแบ่งออกเป็น 2 ชนิด ดังนี้

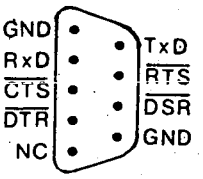
-อาร์เอส 232 บัส (RS-232C BUS)

-แมกเนติก บัส (Magnetic BUS)

อาร์เอส 232 บัส เป็น บัสสำหรับรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมระหว่างเครื่องบันทึกเวลากับไมโครคอมพิวเตอร์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.24 ประกอบด้วยสายสัญญาณจำนวน 2 ชุด ดังนี้

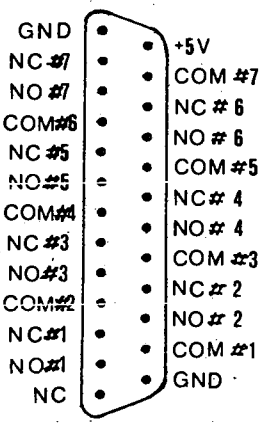
-สายสัญญาณรับข้อมูล จำนวน 3 เส้น

-สายสัญญาณส่งข้อมูล จำนวน 3 เส้น



รูปที่ 2.24 ตำแหน่งสาย อารเอส 232 บัส

แมกเนติก บัส เป็น บัสสำหรับตัดต่ออุปกรณ์สัญญาณเตือน และอื่น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.25 ประกอบด้วยสายสัญญาณจำนวน 25 เส้น แบ่งเป็น 7 ช่องทาง ๆ ละ 3 เส้น ดังนี้



รูปที่ 2.25 ตำแหน่งสาย แมกเนติกบัส

2.7 สรุป

ในบทนี้เราได้กล่าวถึง ข้อกำหนด การออกแบบ และการสร้างเครื่องบันทึกเวลา นอกจากนี้เรายังกล่าวถึงการจัดแบ่งหน่วยความจำ ซึ่งมีวัตถุประสงค์ 2 ประการ คือ

-เป็นแนวทางการนำอุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์มาประกอบได้อย่างถูกต้อง

-เป็นแนวทางการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โปรแกรมควบคุมการทำงานเป็นส่วนสำคัญหลัก ที่ทำให้เครื่องบันทึกเวลาสามารถทำงานตามวัตถุประสงค์ได้ ซึ่งรายละเอียดของโปรแกรมเราจะกล่าวในบทที่ 3 ต่อไป