หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

การออกแบบระบบทางด้านฮาร์ดแวร์

3.1 การออกแบบหน่วยป้อนข้อมูลเข้าและหน่วยแสดงผล

เนื่องจากระบบที่ออกแบบและสร้างนี้ใช้ซีพียู เบอร์ Z80-CPU เป็นตัวควบคุม ซึ่งซีพียูเบอร์นี้มีอุปกรณ์สนับสนุน ที่เป็นชุดสมบูรณ์อยู่หลายตัว โดยที่ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์พวกวงจรตรรกเพิ่มเติม [8,9] ซึ่งจะเป็นการลดจำนวนตัวอุปกรณ์ และเป็นการลดต้นทุนการผลิตเครื่องควบคุมนี้ด้วย

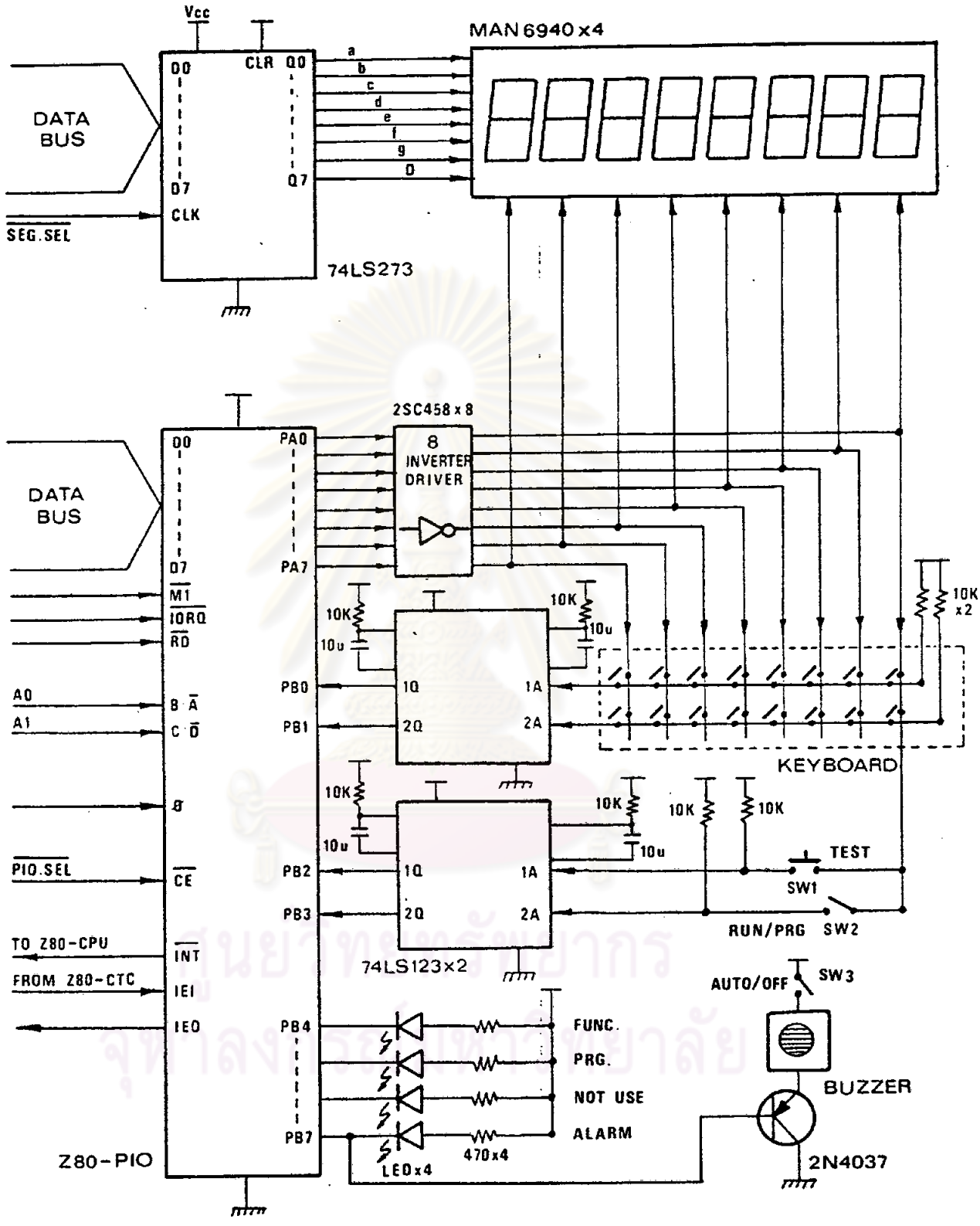
ดังนั้นส่วนที่ใช้ในการติดต่อระหว่างแผงกดป้อนข้อมูล และ หน่วยแสดงผลแบบตัวเลข 7 ส่วน จึงใช้ไอซี เบอร์ Z80-PIO ร่วมกับไอซี เบอร์ 74LS273 โดยที่ไอซี เบอร์ 74LS273 ทำหน้าที่รับข้อมูลจากซีพียู เพื่อไปเลือกการติดดับของส่วนแต่ละส่วน ของหน่วยแสดงผลแบบตัวเลข 7 ส่วน สำหรับไอซี เบอร์ Z80-PIO ซึ่งเป็นอุปกรณ์สนับสนุนของ Z80-CPU เป็นตัว รับ/ส่ง ข้อมูลแบบขนานที่มี 2 พอร์ท (Port) อยู่ในตัวเดียวกัน โดยสามารถโปรแกรมให้แต่ละพอร์ททำงานในโหมดต่าง ๆ ได้โดยที่ไม่ขึ้นต่อกัน [8]

ในการออกแบบจะโปรแกรมให้พอร์ท A ของ Z80-PIO ทำหน้าที่ป้อนข้อมูลออก ไปเลือกการติดดับของหลักแต่ละหลัก ของหน่วยแสดงผลแบบตัวเลข 7 ส่วน โดยใช้วิธีการกวาด (Scan) และในขณะเดียวกันก็ใช้กวาดแผงกดป้อนข้อมูลทางด้านแนวตั้งด้วย ส่วนที่พอร์ท B จะโปรแกรมให้ทำหน้าที่อยู่ในโหมดควบคุม (Control Mode) คือ การโปรแกรมให้บางบิท (Bit) เป็นอินพุท (Input) บางบิทเป็นเอาท์พุท (Output) และให้กำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัพท์ต่อการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณในบิทที่เป็นอินพุทได้ด้วย จากวงจรในรูปที่ 3.1 ขา PB0 และ PB1 ของ Z80-PIO ทำหน้าที่รับข้อมูลเข้ามาจากแผงกดป้อนข้อมูล ส่วนขา PB2 รับข้อมูลเข้ามาจากสวิทช์ SW1 ซึ่งใช้เป็นสวิทช์ทดสอบความผิดพลาดของเครื่องด้วยตนเอง และขา PB3 รับข้อมูลเข้ามาจากสวิทช์ SW2 ซึ่งใช้ในการบอกสถานะของการใช้เครื่องว่าอยู่ในโหมดโปรแกรม (Program Mode) หรือโหมดรัน (Run Mode) ขณะเดียวกันกับที่สวิทช์ SW2 อยู่ในตำแหน่งรัน จะเป็นการไม่อนุญาตให้รับข้อมูล

เข้ามาทางแผงกดป้อนข้อมูลด้วย เพราะว่า Z80-PIO เมื่อมีสัญญาณที่ขา PB0 ถึง PB3 เป็น 0 อยู่จะไม่กำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัพท์ จนกว่าสัญญาณนั้นกับคืนสู่สถานะ 1 ก่อน ซึ่งจะเป็นการป้องกันการกดคีย์ซ้ำกัน ในขณะที่คีย์ตัวเดิมยังไม่ปล่อยจากการกด สำหรับขา PB4 ถึงขา PB7 จะโปรแกรมให้ทำหน้าที่ป้อนข้อมูลออกไปยังหลอดแอลอีดี จำนวน 4 ตัว เพื่อใช้บอกสถานะต่าง ๆ ของการใช้เครื่อง เช่น แสดงสถานะของการกดฟังค์ชั่นคีย์ (Function Key) แสดงสถานะของการใช้เครื่องว่าอยู่ในโหมดโปรแกรมและแสดงสัญญาณเตือน ส่วนที่เหลืออีกหนึ่งหลอดไม่ได้ใช้งาน

เนื่องจากระบบที่ออกแบบนี้เป็นระบบเวลาจริง (Real Time System) เรื่องเวลาเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดจึงไม่ควรให้ซีพียูทำงานบางอย่างที่เสียเวลามาก เช่น การแก้ไขสัญญาณกระแทก (Bouncing Signal) จากการกดแผงกดป้อนข้อมูลหรือจากสวิทช์อื่น ๆ จึงให้วิธีการอินเตอร์รัพท์แทนการแก้ไขโดยโปรแกรม เมื่อมีสวิทช์หรือคีย์ใดถูกกดตัว Z80-PIO ก็จะส่งสัญญาณอินเตอร์รัพท์ไปบอกซีพียู ซีพียูก็จะตอบรับการขออินเตอร์รัพท์นั้น โดยการมารับข้อมูลจากพอร์ท A ซึ่งเป็นข้อมูลในขณะที่กำลังกวาดแผงกดป้อนข้อมูลทางด้านแนวตั้ง และรับข้อมูลจากพอร์ท B ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้รับเข้ามาจากแผงกดป้อนข้อมูลทางด้านแนวนอน แล้วนำข้อมูลทั้งสองนี้ไปประมวลตามขั้นตอนที่ได้โปรแกรมไว้ว่าเมื่อสวิทช์ใดถูกกด แล้วจะต้องทำงานอะไรบ้าง

สำหรับการแก้ไขปัญหาสัญญาณกระแทก จากการกดสวิทช์หรือคีย์แต่ละตัวได้ใช้การแก้ไขทางด้านฮาร์ดแวร์แทนการแก้ไขทางด้านซอฟท์แวร์ โดยการใช้ไอซี เบอร์ 74LS123 ซึ่งเป็นโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ (Monostable Multivibrator) ทำหน้าที่รับข้อมูลจากแผงกดป้อนข้อมูล สวิทช์ SW1 และจากสวิทช์ SW2 โดยสวิทช์เหล่านี้ได้ป้อนสัญญาณเข้าที่ขาหนึ่งด้วยสัญญาณจากการกวาดหน่วยแสดงผลแบบตัวเลข 7 ส่วน ซึ่งได้ออกแบบไว้ให้มีค่าคาบเวลาในการกวาดกลับมายังตำแหน่งเดิมทุก ๆ 16 มิลลิวินาที เพื่อที่จะทำให้ตาไม่สามารถมองเห็นการกระพริบของหน่วยแสดงผล ดังนั้นตัวโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์จึงต้องมีค่าคงที่เวลา (Time Constant) มากกว่า 16 มิลลิวินาที และในขณะเดียวกันนั้นก็เป็นการป้องกันสัญญาณการกระแทกจากการกดสวิทช์ด้วย เพราะว่าสัญญาณการกระแทกจากการกดสวิทช์จะมีค่าอยู่ในช่วงประมาณ 10 มิลลิวินาที [3] ซึ่งมีค่าคาบเวลาน้อยกว่าสัญญาณการกวาดหน่วยแสดงผล แต่ค่าคงที่เวลาของตัวโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ต้องไม่นานเกินไปนัก เพราะจะทำให้การกดคีย์ที่ต่อเนื่องและเร็วไม่สามารถป้อนข้อมูลผ่านตัวโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ได้ทัน อาจจะทำให้ข้อมูลบางตัวขาดหายไปได้



รูปที่ 3.1 วงจรหน่วยแสดงผลทางหลอดไฟแอลอีดีแบบตัวเลข 7 ส่วน และหน่วยรับข้อมูลเข้าทางแผงกดปุ่มข้อมูล

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

i16345360

ในการกำหนดค่าคงที่เวลาให้กับตัวโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ทำโดยการกำหนดค่าของตัวความต้านทานและตัวเก็บประจุที่ต่อคร่อมอยู่ด้วยนั้น ในวงจรที่ใช้งานนี้จะกำหนดให้ตัวความต้านทานมีค่า 10 กิโลโอห์ม และตัวเก็บประจุมีค่า 10 ไมโครฟารัด ซึ่งค่าคงที่เวลาสามารถหาได้จากสูตร

$$t_w = 0.32\ R_T C_{ext} \left(1 + \frac{0.7}{R_T}\right) \quad \text{Sec}$$

โดย R_T เป็นค่าความต้านทานที่ต่อจากตัวไอซีไปยังแหล่งจ่ายไฟบวก มีหน่วยเป็นโอห์ม

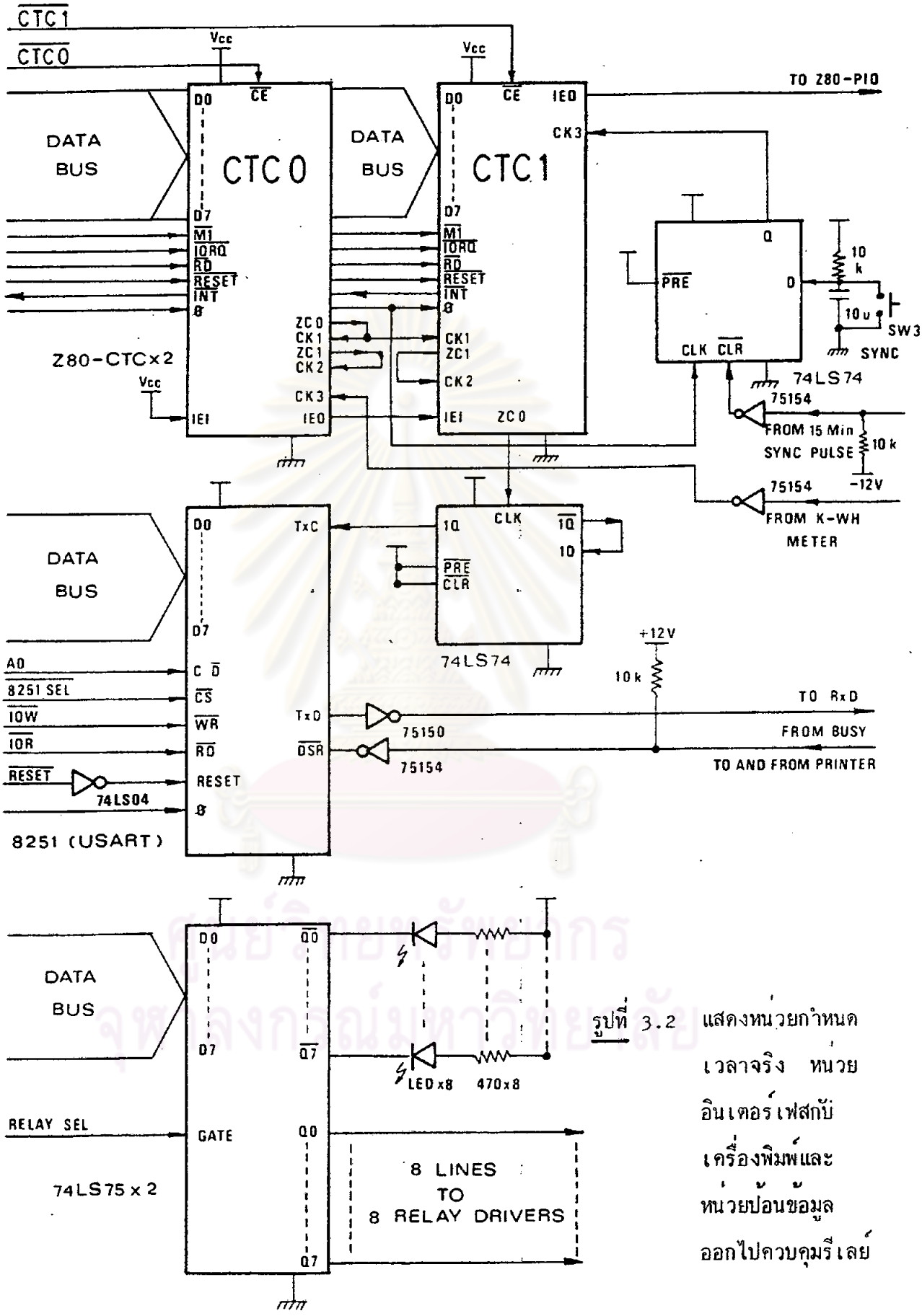
C_{ext} เป็นค่าความจุของตัวเก็บประจุที่ต่อคร่อมตัวไอซีเอง มีหน่วยเป็นฟารัด

ดังนั้น ค่าคงที่เวลาที่กำหนดให้ตัวโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์จะมีค่าประมาณ 30 มิลลิวินาที ซึ่งมีค่ามากพอที่จะป้องกันสัญญาณการกระแทกจากการกดคีย์ และมากพอที่จะครอบคลุมค่าคาบเวลาจากการกวาดหน่วยแสดงผล แต่ก็น้อยพอที่จะทำให้การกดคีย์ที่ต่อเนื่องและรวดเร็ว สามารถป้อนข้อมูลผ่านตัวโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ได้ครบทุกตัว คือ ความไวของการกดคีย์จะต้องมากกว่า 30 ตัวต่อวินาที จึงจะทำให้การกดป้อนข้อมูลเกิดความผิดพลาดขึ้นได้

3.2 การออกแบบหน่วยกำหนดเวลาให้กับระบบ

ในระบบที่ออกแบบและสร้างนี้ เรื่องเวลาเป็นสิ่งที่สำคัญที่สุดเพราะว่าค่าความต้องการพลังไฟฟ้า ใช้วัดเทียบกับช่วงเวลาที่คงที่ค่าหนึ่ง ระบบนี้จึงต้องการเวลาที่แท้จริงเพื่อใช้เป็นตัวกำหนดขั้นตอนและการคำนวณในบางจุดที่ต้องการค่าเวลาเป็นตัวแปรหนึ่งของการคำนวณ ในระบบนี้จึงใช้ไอซี เบอร์ Z80-CTC จำนวน 2 ตัว เป็นตัวกำหนดฐานเวลาให้กับการทำงานในส่วนต่าง ๆ ให้กับระบบทั้งหมด และวงจรที่ใช้งานได้แสดงไว้ดังในรูปที่ 3.2

ภายในตัวไอซี เบอร์ Z80-CTC จะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่ใช้ในการนับ (Counter) หรือการจับเวลา (Timer) ที่สามารถกำหนดได้ด้วยโปรแกรม แยกออกเป็น 4 ช่อง ที่ไม่ขึ้นต่อกัน สามารถทำงานร่วมกับซีพียู เบอร์ Z80-CPU ในการตอบรับสัญญาณอินเตอร์รัพท์แบบโหมด 2 โดยการกำหนดด้วยโปรแกรม และไม่ต้องการใช้อุปกรณ์พวกวงจรตรรกเพิ่มเติม สามารถต่อร่วมกับซีพียู เบอร์ Z80-CPU ได้โดยตรง [8]



รูปที่ 3.2 แสดงหน่วยกำหนดเวลาจริง หน่วยอินเตอร์เฟสกับเครื่องพิมพ์และหน่วยป้อนข้อมูลออกไปควบคุมรีเลย์

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การใช้งาน Z80-CTC ทั้งสองตัว ดังวงจรในรูปที่ 3.2 จะแบ่งการทำงานของ Z80-CTCในแต่ละช่องออกเป็นตัวกำหนดเวลาให้กับระบบตามส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

สำหรับ Z80-CTC ตัวแรก (CTC0) ใช้งานในช่องต่าง ๆ ดังนี้

ช่อง 0 ใช้งานในโหมดจับเวลา (Timer Mode)โดยการนับสัญญาณจากสัญญาณนาฬิกาของซีพียู ใช้เป็นตัวกำหนดเวลา 2 มิลลิวินาที เพื่อใช้เป็นตัวกำหนดเวลาในการกวาดหน่วยแสดงผลพร้อมกับกวาดหน่วยแผงกดป้อนข้อมูล

ช่อง 1 ใช้งานในโหมดนับ (Counter Mode) โดยการนับสัญญาณ 2 มิลลิวินาที จากช่อง 0 เพื่อเป็นตัวกำหนดเวลา 0.01 วินาที เพื่อป้อนให้กับตัวกำหนดเวลา 1 วินาที ในช่องที่ 2 ต่อไป

ช่อง 2 ใช้งานในโหมดนับ โดยการนับสัญญาณ 0.01 วินาที จากช่องที่ 1 สำหรับใช้เป็นตัวกำหนดเวลา 1 วินาที ให้กับระบบทั้งหมด

ช่อง 3 ใช้งานในโหมดนับ โดยการนับสัญญาณจากการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ป้อนเข้ามาจากเครื่องวัดค่าพลังงานไฟฟ้าเพื่อส่งสัญญาณต่อไปให้กับซีพียู ทำการคำนวณหาค่าอัตราของการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อไป

ส่วน Z80-CTC ตัวที่ 2 (CTC1) ได้ใช้งานในช่องต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

ช่อง 0 ใช้งานในโหมดจับเวลา เพื่อเป็นตัวกำเนิดสัญญาณนาฬิกาที่มีความถี่ 4.8 กิโล-เฮิร์ท เพื่อป้อนให้กับไอซี เบอร์ 74LS74 ทำการหารความถี่ลงด้วย 2 พร้อมกับเปลี่ยนรูปร่างของสัญญาณจากสัญญาณพัลส์ให้เป็นสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (Square Wave) ที่มีความถี่ 2.4 กิโลเฮิร์ท เพื่อป้อนให้กับไอซี เบอร์ 8251 ใช้เป็นตัวกำหนดอัตราของการส่งข้อมูลแบบอนุกรมออกไปยังเครื่องพิมพ์

ช่อง 1 ใช้งานในโหมดนับ โดยการนับสัญญาณ 2 มิลลิวินาที จากช่อง 0 ของ Z80-CTC ตัวแรก เพื่อให้กำเนิดฐานเวลา 0.25 วินาที เพื่อป้อนให้กับตัวกำเนิดฐานเวลา 1 นาที ในช่องที่ 2 ต่อไป

ช่อง 2 ใช้งานในโหมดนับ โดยการนับสัญญาณ 0.25 วินาที ที่ให้ออกมาจากช่อง 1

เพื่อกำเนิดฐานเวลา 1 นาที สำหรับใช้ในการคำนวณหาค่าอัตราของการใช้พลังงานไฟฟ้าทุก ๆ ช่วงเวลา 1 นาที เพื่อใช้ในการตัดสินใจที่จะตัดต่อภาระไฟฟ้าแต่ละครั้ง

ช่อง 3 ใช้งานในโหมดนับ โดยการรับสัญญาณเข้ามาจากสวิทช์ซิงค์ (Sync Switch) หรือสัญญาณซิงค์ที่มาจากเครื่องวัดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า เพื่อใช้เป็นตัวบอกให้เครื่องควบคุมทำงานให้สอดคล้องและพร้อมเพรียงกับเครื่องวัดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า ของการไฟฟ้า

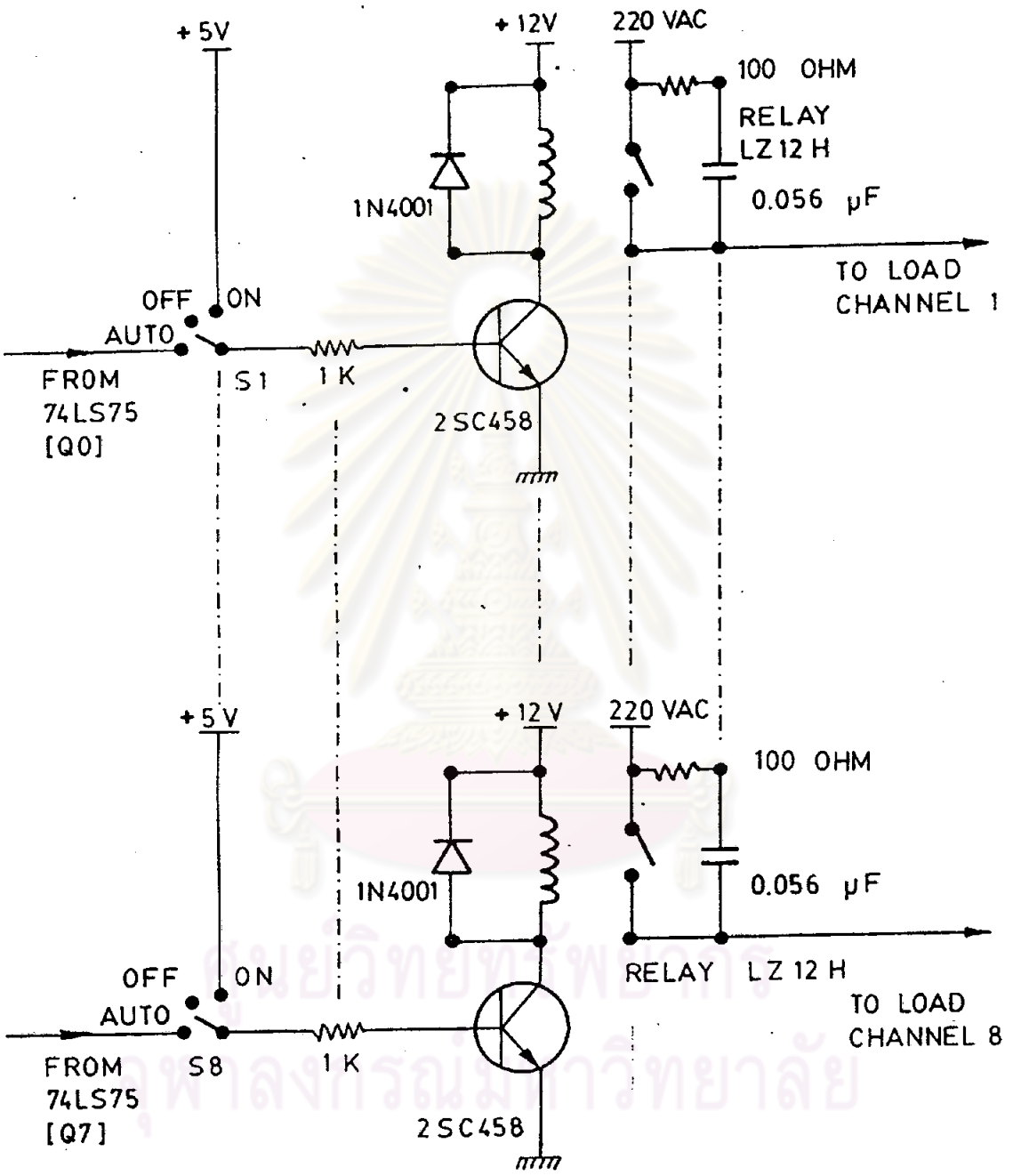
3.3 การออกแบบหน่วยอินเตอร์เฟสกับเครื่องพิมพ์

ในการควบคุมค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดนั้น บางครั้งมีความจำเป็นที่จะต้องมีข้อมูลของการใช้พลังงานไฟฟ้า และกำลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไปในช่วงเวลาต่าง ๆ เพื่อให้ผู้ใช้ใช้เป็นข้อมูลในการจัดการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ ให้เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เครื่องควบคุมนี้จึงจัดเตรียมหน่วยอินเตอร์เฟส (Interfacing Unit) กับเครื่องพิมพ์เข้าไว้ด้วยเพื่อให้ผู้ใช้สามารถต่อพ่วงเครื่องพิมพ์เพิ่มเข้าไปสำหรับบันทึกค่าข้อมูลที่สำคัญต่าง ๆ ได้

หน่วยอินเตอร์เฟสกับเครื่องพิมพ์ที่ออกแบบและสร้างนี้ใช้ไอซี เบอร์ 8251 (USART) เป็นตัวจัดการจัดเรียงข้อมูลที่ต้องการจะพิมพ์ แล้วส่งข้อมูลนั้นออกมาแบบอนุกรมโดยใช้มาตราฐานของการส่งรหัสแบบ ASCII (ASCII-Code) และสำหรับไอซี เบอร์ 75150 และ 75154 ใช้เป็นตัวจัดการเรื่องการเปลี่ยนระดับแรงดัน เพื่อที่จะทำให้การส่งข้อมูลเป็นแบบมาตราฐานของ EIA-RS-232C [10] คือเปลี่ยนระดับแรงดันจาก 0 - 5 โวลท์ เป็น +12 และ -12 โวลท์ตามลำดับ เพื่อที่จะได้ทำให้การส่งข้อมูลสามารถส่งได้ไกลขึ้น และลดผลของสัญญาณรบกวนที่จะเข้ามาสอดแทรกให้น้อยลงด้วย

3.4 การออกแบบหน่วยควบคุมภาระไฟฟ้า

ในการส่งสัญญาณควบคุมที่ใช้ในการตัดหรือต่อภาระไฟฟ้าในแต่ละช่องนั้นใช้ไอซี เบอร์ 74LS75 จำนวน 2 ตัว ทำหน้าที่รับข้อมูลที่ส่งออกมาจากซีพียู แล้วส่งสัญญาณนั้นต่อออกไปยังหน่วยควบคุมรีเลย์ (Control Relay Unit) พร้อมกับหน่วยแสดงสถานะของการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าในช่องต่าง ๆ ทางหลอดแอลอีดี จำนวน 8 ตัวด้วย



รูปที่ 3.3 หน่วยควบคุมรีเลย์

สำหรับหน่วยควบคุมรีเลย์ จำนวน 8 ชุด จะมีวงจรต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.2 และ 3.3 โดยใช้ทรานซิสเตอร์ เบอร์ 2SC458 รับสัญญาณจากไอซี เบอร์ 74LS75 เข้ามาทางขา B แล้วไปควบคุมรีเลย์ที่ต่ออยู่ที่ขา C เพื่อใช้ในการตัดหรือต่อภาระไฟฟ้าในช่องต่าง ๆ

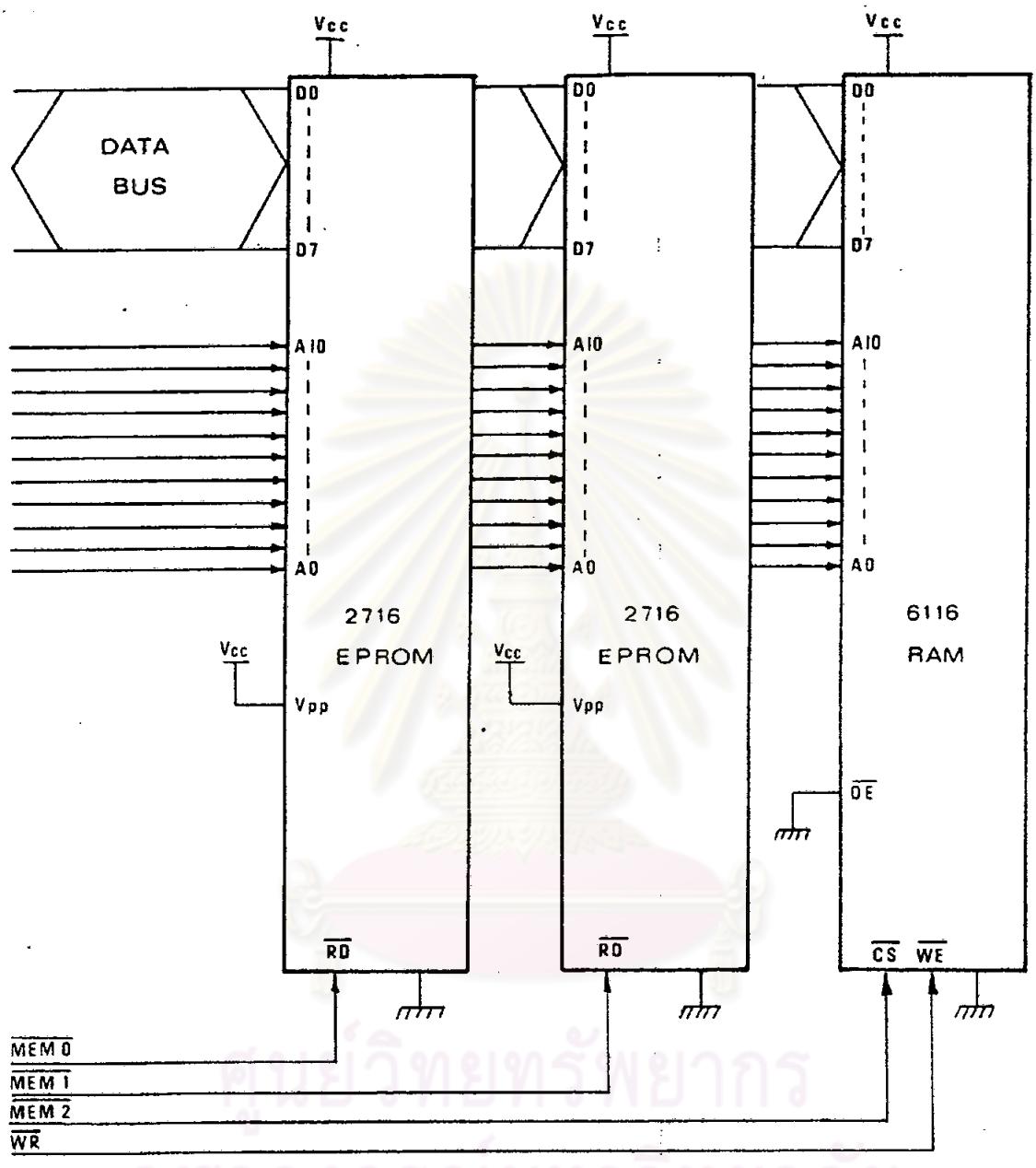
ในวงจรควบคุมรีเลย์ได้ออกแบบให้ผู้ใช้สามารถทำการตัดหรือต่อภาระไฟฟ้าได้ด้วยตนเอง โดยจะมีสวิทช์เลือก ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.3 เพื่อให้ผู้ใช้สามารถจะเลือกการใช้ภาระไฟฟ้าในช่องต่าง ๆ ให้ตัดหรือต่อตลอดเวลาหรืออาจจะใช้แบบอัตโนมัติโดยที่เครื่องควบคุมจะส่งสัญญาณออกมาควบคุมเองก็ได้

3.5 การออกแบบหน่วยความจำ

เนื่องจากโปรแกรมที่ใช้งานหรือโปรแกรมโมนิเตอร์ (Monitor Program) ของระบบควบคุมนี้จะมีความยาวประมาณ 4 กิโลไบท์ จึงใช้หน่วยความจำที่เป็นไอซีหน่วยความจำแบบถาวร (EPROM) เบอร์ 2716 จำนวน 2 ตัว ซึ่งแต่ละตัวจะมีความจุ 2 กิโลไบท์ ทำหน้าที่เก็บข้อมูลของโปรแกรมโมนิเตอร์

ระบบควบคุมนี้ยังต้องการหน่วยความจำที่สามารถเก็บข้อมูลแบบชั่วคราว เพื่อใช้ในการเก็บข้อมูลที่ใช้ในการควบคุมและสามารถเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้ตลอดเวลา ซึ่งจะใช้ความจุในการเก็บข้อมูลนี้ประมาณ 1/2 กิโลไบท์ จึงใช้ไอซี เบอร์ 6116 ซึ่งเป็นหน่วยความจำแบบชั่วคราว (RAM) ที่มีความจุ 2 กิโลไบท์ ถึงแม้ว่าระบบควบคุมนี้จะใช้หน่วยความจำแบบชั่วคราวนี้อย่างไม่เต็มที่ แต่ก็เพื่อการพัฒนาระบบต่อไปในอนาคต และราคาของไอซีเบอร์นี้ก็ไม่แพงไปกว่าราคาของหน่วยความจำที่มีขนาดเล็กกว่ามากนัก โดยวงจรของการต่อหน่วยความจำได้แสดงไว้ในรูปที่ 3.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4 แสดงการต่อวงจรหน่วยความจำ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.6 การออกแบบหน่วยปฏิบัติงานกลาง

หน่วยปฏิบัติงานกลางเป็นหัวใจในการทำงานของระบบทั้งหมด ประกอบไปด้วยซีพียู เบอร์ Z80-CPU ร่วมกับวงจรในหน่วยต่าง ๆ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.5 ซึ่งสามารถแยกออกเป็นส่วนต่างๆ ที่สำคัญดังต่อไปนี้

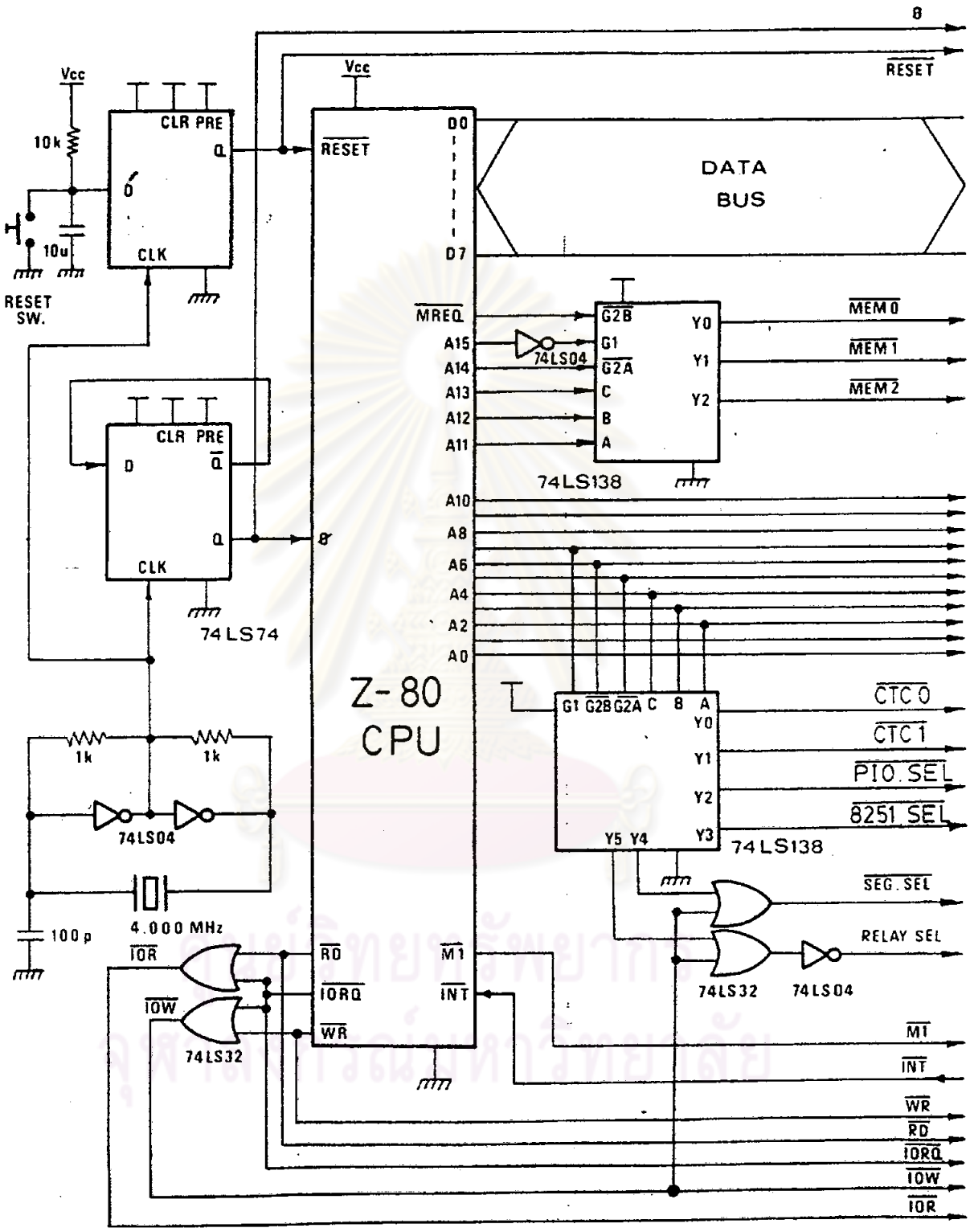
ส่วนกำเนิดสัญญาณนาฬิกาให้กับซีพียู ใช้ไอซี เบอร์ 74LS04 ร่วมกับคริสตัล (Crystal) ที่มีค่าความถี่ 4 เมกกะเฮิร์ท เป็นชุดกำเนิดสัญญาณความถี่ 4 เมกกะเฮิร์ท เพื่อป้อนให้กับไอซี เบอร์ 74LS74 ทำการหารความถี่ลงด้วย 2 เป็นสัญญาณความถี่ 2 เมกกะเฮิร์ท เพื่อป้อนให้กับซีพียู และอุปกรณ์ตัวอื่น ๆ ที่ต้องการสัญญาณนาฬิกาเป็นตัวกำหนดขั้นตอนการทำงานภายในตัวเอง เช่น ไอซี เบอร์ Z80-CTC และ Z80-PIO เป็นต้น

ส่วนกำเนิดสัญญาณรีเซท ใช้ไอซี เบอร์ 74LS74 ซึ่งภายในตัวไอซีเบอร์นี้ประกอบด้วย ดี-ฟลิปฟลอป (D-Flip Flop) จำนวน 2 ตัว โดยตัวแรกได้ใช้ไปในการหารค่าความถี่ของสัญญาณนาฬิกาเพื่อป้อนให้กับซีพียูแล้ว ส่วนที่เหลืออีกตัวนี้จึงนำมาใช้ในการกำเนิดสัญญาณรีเซท ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.5

ส่วนจัดการเกี่ยวกับสัญญาณควบคุม ประกอบไปด้วยวงจรตรรกที่เป็นเกท (Gate) ต่าง ๆ เพื่อทำการรวมสัญญาณที่ให้ออกมาจากซีพียูบางอัน สำหรับใช้ส่งต่อออกไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องการสัญญาณควบคุมเหล่านี้

ส่วนส่งสัญญาณเพื่อไปเลือกตัวอุปกรณ์ที่ซีพียูต้องการจะติดต่อด้วย ประกอบด้วยวงจรเข้ารหัส (Decoder) ต่าง ๆ ทำหน้าที่เข้ารหัสจากสัญญาณทางแอดเดรสบัส (Address Bus) แยกออกเป็น 2 ส่วนย่อย คือส่วนเข้ารหัสเพื่อเลือกหน่วยความจำใช้ไอซี เบอร์ 74LS138 ทำหน้าที่เข้ารหัสจากแอดเดรสบัส สายที่ A11 ถึง A15 ร่วมกับสัญญาณ $\overline{\text{MREQ}}$ เพื่อแยกการใช้อุปกรณ์พวกหน่วยความจำไม่ให้ปะปนกับการเลือกหน่วย อินพุท/เอาท์พุท (Input/Output) ในส่วนที่ 2 จะเป็นส่วนที่ทำหน้าที่เข้ารหัสจากสายแอดเดรสบัส สายที่ A3 ถึง A7 เพื่อให้กำเนิดสัญญาณเลือกการติดต่อกับอุปกรณ์ อินพุท/เอาท์พุท โดยใช้ไอซี เบอร์ 74LS138 เช่นกัน

ในการติดต่อกันระหว่างซีพียูกับหน่วยความจำ ซีพียูจะส่งสัญญาณเป็นรหัสประจำตำแหน่ง



รูปที่ 3.5 แสดงหน่วยปฏิบัติงานกลางพร้อมกับวงจรให้กำเนิดสัญญาณควบคุมต่าง ๆ

ของหน่วยความจำที่ต้องการจะติดต่อด้วยออกทางแอดเดรสบัส (Address Bus) พร้อมกับสัญญาณขอติดต่อกับหน่วยความจำออกทางขา $\overline{\text{MREQ}}$ โดยรหัสประจำตำแหน่งของหน่วยความจำที่ตรงกับไอซีหน่วยความจำตัวต่าง ๆ ได้แสดงไว้ตามตารางที่ 3.1

ตำแหน่งของหน่วยความจำ	ไอซีหน่วยความจำที่ซีพียูต้องการจะติดต่อด้วย
0000 - 07FF	ไอซีหน่วยความจำ เบอร์ 2716 ตัวที่ 1 (MEM0)
0800 - 0FFF	ไอซีหน่วยความจำ เบอร์ 2716 ตัวที่ 2 (MEM1)
1000 - 17FF	ไอซีหน่วยความจำ เบอร์ 6116 (MEM2)

ตารางที่ 3.1 แสดงตำแหน่งไอซีหน่วยความจำที่ซีพียูจะติดต่อด้วย

ส่วนการติดต่อกันระหว่างซีพียูกับหน่วย อินพุท/เอาท์พุท ซีพียูจะส่งสัญญาณเป็นหมายเลขประจำพอร์ท (Port Number) ออกทางแอดเดรสบัส สายที่ A0 ถึง A7 พร้อมกับสัญญาณขอติดต่อกับหน่วย อินพุท/เอาท์พุท ออกทางขา $\overline{\text{IORQ}}$ โดยหมายเลขประจำพอร์ทที่ตรงกับตัวไอซีหน่วยอินพุท/เอาท์พุท ต่าง ๆ ได้แสดงไว้ในตารางที่ 3.2

หมายเลขประจำพอร์ท	อุปกรณ์ อินพุท/เอาท์พุท ที่ซีพียูต้องการติดต่อด้วย
80 - 83	ไอซี เบอร์ Z80 - CTC ตัวที่ 1 (CTC0)
84 - 87	ไอซี เบอร์ Z80 - CTC ตัวที่ 2 (CTC1)
88 - 8B	ไอซี เบอร์ Z80 - PIO (PIO)
8C - 8D	ไอซี เบอร์ 8251 (USART)
90	ไอซี เบอร์ 74LS273 เพื่อเลือกการติดดับของส่วนต่าง ๆ ของหน่วยแสดงผลแบบตัวเลข 7 ส่วน ($\overline{\text{SEG.SEL}}$)
94	ไอซี เบอร์ 74LS75 เพื่อเลือกการ ตัด/ต่อ ภาระไฟฟ้าในช่องต่าง ๆ (RELAY SEL)

ตารางที่ 3.2 แสดงหมายเลขประจำพอร์ทของอุปกรณ์ อินพุท/เอาท์พุท