บทที่ 5

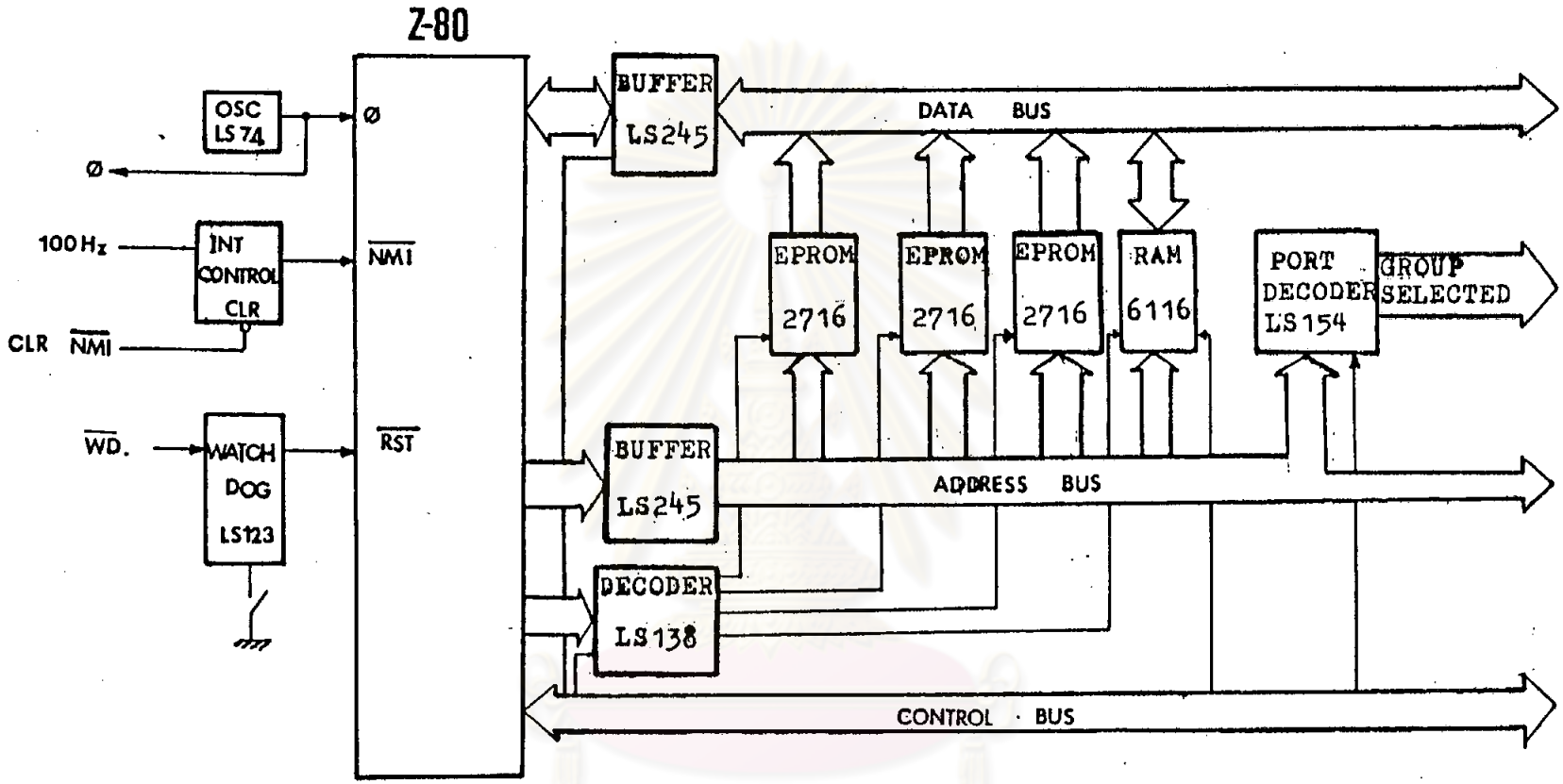
การออกแบบวงจรควบคุม

5.1 วงจร ซีพียูและพอร์ท (13), (14), (19)

5.1.1 การออกแบบวงจร

หน่วยควบคุมประกอบด้วย ซีพียู หน่วยความจำถาวร, หน่วยความจำชั่วคราว, พอร์ท และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ ในการเลือกใช้ ซีพียู นั้น ได้พิจารณาจาก คำสั่ง, ตัวอย่างของโปรแกรม และสิ่งสำคัญ คือเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมที่มีส่วนสำคัญอย่างมากในการตัดสินใจเลือกใช้ ซีพียู ซึ่งมาใช้ควบคุมระบบ ซึ่งจากการพิจารณาในแง่ความเหมาะสมแล้วจึงเลือกใช้ ซีพียู เบอร์ z80 ซึ่งมีความเหมาะสมในเหตุผลที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วสำหรับในแง่ของฮาร์ดแวร์แล้วหน่วยควบคุมระบบ ก็จะมีลักษณะวงจรเหมือนกับวงจร ซีพียู ทั่วๆ ไป ดังรูปที่ 5.1 โดยมีหน่วยความจำถาวรขนาด 6 กิโลไบท์ โดยใช้ ไอซี 2716 3 ตัว กับหน่วยความจำชั่วคราวขนาด 2 กิโลไบท์ ใช้ไอซี เบอร์ 6116 ซึ่งเป็นซีมอสแรม สำหรับบัสข้อมูลและบัส แอดเดรส ใช้ไอซี 74LS245 ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ สำหรับแอดเดรส A15 -A8 นั้นไม่ได้ใช้บัฟเฟอร์ เพราะเป็นการขับไอซีเฉพาะหน่วยความจำเท่านั้น และไม่ได้นำไปใช้ควบคุมอุปกรณ์ภายนอกแต่อย่างใด

ส่วนที่น่าสนใจและต่างไปจาก วงจรซีพียูทั่วๆ ไปคือ ใช้ฐานเวลาในการอินเตอรัพท์ ทุกๆ 10 มิลลิวินาที โดยนำฐานเวลาของระบบความถี่ 1789772HZไปหารในวงจรกำเนิดสัญญาณซึ่งอยู่ภายนอกวงจรนี้ ให้ได้100HZหรือ 10 มิลลิวินาที กลับมาทำเป็นเวลาในการอินเตอรัพท์ เพื่อกำหนดเวลาในการอ่านสถานะของโทรศัพท์ ซึ่งขบวนการดังกล่าวนี้ได้กล่าวรายละเอียดในบทที่ 6 ต่อไป ส่วนอีกวงจรคือวงจรวอทช์ด็อก (WATCH DOG TIMER) ซึ่งนำเอาฮาร์ดแวร์มาใช้ร่วมกับโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของระบบไม่ให้เกิดอาการหลุดเข้าออกจากโปรแกรมสำหรับควบคุมระบบ

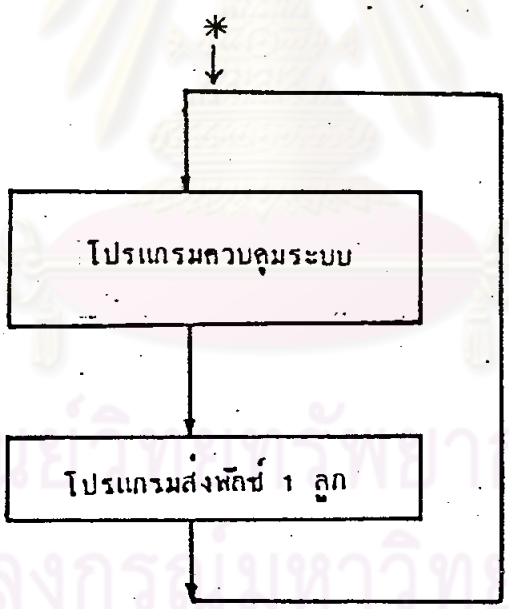


รูปที่ 5.1 บล็อคไดอะแกรมของหน่วยควบคุม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การทำงานของวอทช์ด็อก

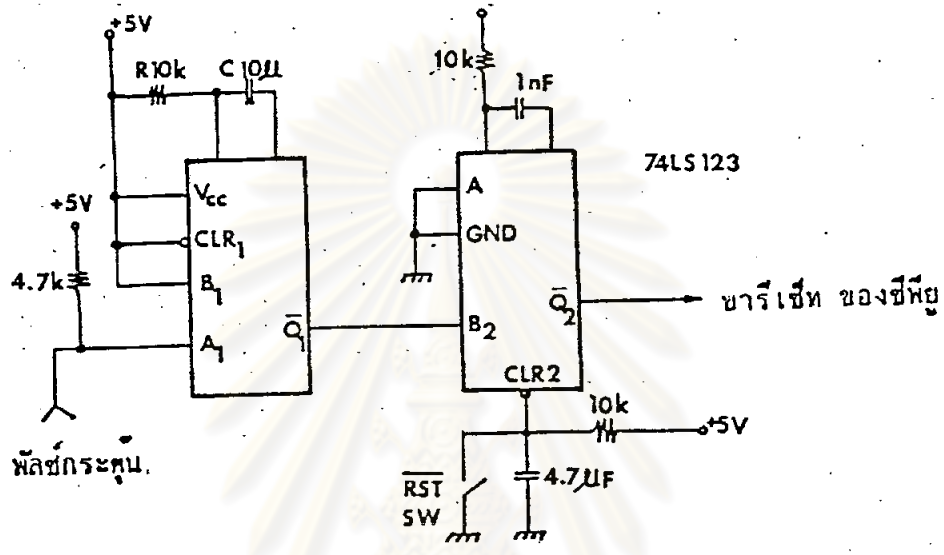
ปัญหาที่ใช้ระบบไมโครโปรเซสเซอร์ มาใช้ในงานควบคุมระบบต่างๆ นั้นมักจะประสบกับปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวน ทำให้ระบบทำงานผิดพลาดหรือหยุดทำงานโดยไม่ทราบสาเหตุ หรือบางทีทราบก็ยากที่จะป้องกัน เช่น การรบกวนจากการเปิดปิดแหล่งไฟฟ้ากำลัง สัญญาณรบกวนจากคลื่นวิทยุสัญญาณรบกวนที่มาตามสายไฟฟ้าเข้าสู่ระบบ ทั้งที่ผู้ออกแบบพยายามอย่างเต็มที่ที่จะกำจัดสัญญาณรบกวนดังกล่าวนี้ แต่ก็ยากที่จะพ้นไปได้ ฉะนั้นจึงนำเทคนิคซึ่งใช้ ฮาร์ดแวร์ บางส่วนคอยตรวจสอบการทำงานของไมโครโปรเซสเซอร์ ว่ายังทำงานถูกต้องหรือไม่ ถ้าไม่ถูกต้องก็จะทำการรีเซ็ท ไมโครโปรเซสเซอร์ กลับมาวงรอบการทำงานใหม่ ซึ่งเทคนิคในการตรวจสอบดังกล่าวเรียกว่า วอทช์ด็อก (WATCH DOG) ดังนั้นในส่วนของซอฟแวร์เมื่อทำงานครบวงรอบแล้ว จะส่งเอาท์พุทมากระตุ้นให้ฮาร์ดแวร์รับทราบ 1 ครั้ง ถ้าหากพัลซ์ที่มากระตุ้นนี้ขาดหายไปนานกว่าเวลาที่กำหนดไว้ ฮาร์ดแวร์จะทำการรีเซ็ททันที ในรูปที่ 5.2 เป็นแผนผังของโปรแกรม



* ถ้าไม่มีพัลซ์ ระบบจะถูกรีเซ็ทแล้วเริ่มต้นโปรแกรมใหม่

รูปที่ 5.2 แผนผังโปรแกรม

สำหรับวงจรวอทช์ดือกนี้ ใช้ไอซีโมโนสเตเบิ้ล 2 ตัว ตัวแรกมีเฉาที่รับการกระตุ้นจากพอร์ท บิทใดบิทหนึ่ง ซึ่งพอร์ทบิทนี้จะถูกโปรแกรมสั่งให้ส่งพัลซ์ทุกๆ ครั้งของวงรอบโปรแกรม ดังนั้นโมโนสเตเบิ้ลตัวแรกนี้จะได้รับการกระตุ้นตลอดเวลา จึงเอาท์พุทนั้นขณะได้รับการกระตุ้นจะเปลี่ยนสถานะ



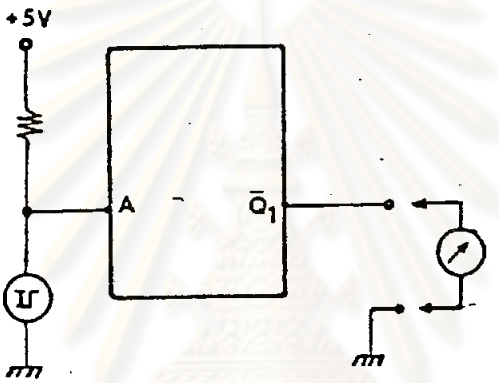
รูปที่ 5.3 วงจรวอทช์ดือก

จากโลจิก 1 เป็นโลจิก 0 แต่เนื่องจาก 74LS123เป็นRETRIGABLE MONOSTABLE ดังนั้น จะไม่ยอมเปลี่ยนสภาวะกลับมาเป็นโลจิค 1 ตราบถ้าอินพุท A1 ยังได้รับการกระตุ้นอยู่เรื่อยๆ ดังนั้น ถ้าเมื่อใดเกิดการหลุดโปรแกรมทำให้พัลซ์ขาดหายไป $\bar{Q}_1$ ทำการเปลี่ยนสถานะโลจิก หลังจากเวลาที่ขาดการกระตุ้นไปประมาณเวลาเท่ากับ 0.69RC เมื่อเวลาหลังจากที่ $\bar{Q}_1$ เปลี่ยนสถานะกลับปกติแล้ว คือ $\bar{Q}_1$=1 โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 2 ซึ่งถูกจัดให้กระตุ้นแบบ ขอบขาขึ้น(คือเปลี่ยนสถานะจาก 0 เป็น 1) จะทำงานส่งพัลซ์แคบๆ ไปทำการรีเซ็ท ซีพียูต่อไป ซึ่งจะเท่ากับเป็นการเริ่มต้นทำงานตามโปรแกรม และท้ายสุดของโปรแกรมก็ส่งพัลซ์มากระตุ้นเหมือนเดิม และถ้าหากมีการขาดหายไป การทำงานก็จะเป็นดังที่กล่าวมาแล้ว

จะเห็นว่าวงจรวอทช์ดือก เป็นเทคนิคง่ายๆ ซึ่งสามารถเพิ่มเสถียรภาพของระบบควบคุม ให้มีความเชื่อถือมากกว่าการไม่ใช้วอทช์ดือกมาก

สำหรับพอร์ท ที่ส่งมากระตุ้นนั้นใช้สัญญาณเลือกชิพจากวงจรถอดรหัสหมายเลขพอร์ท 2FH ซึ่งเป็นสัญญาณเลือกพอร์ทในส่วนที่ไม่ได้ใช้ต่อสัญญาณมากระตุ้น ดังนั้นท้ายโปรแกรมควบคุมจะมีคำสั่ง OUT (2FH), A และมี PULSE ไปกระตุ้นอินพุทของวงจรวาวท์ช์ต่อไป

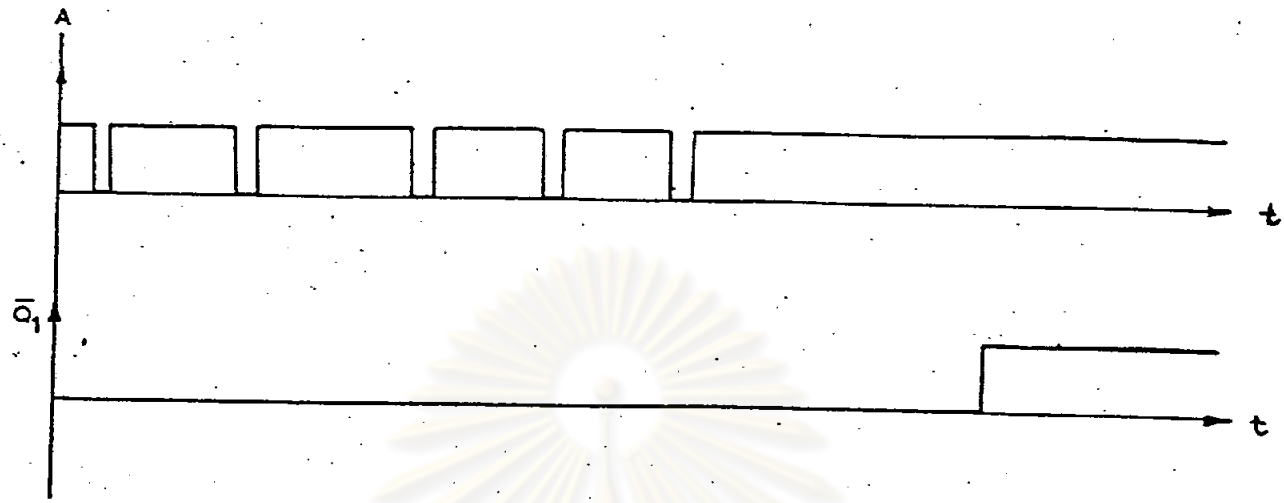
5.1.2 <u>การทดสอบวงจรวาวท์ช์ต่อ</u> การทดสอบใช้วงจรในรูปที่ 5.3 โดยการป้อนพัลช์เป็นจังหวะวัดที่เอาท์พุท $\overline{Q1}$ ได้แรงดันไฟฟ้า



รูปที่ 5.4 การทดสอบวงจร

ประมาณ 0 โวลท์ ต่อมาตัดพัลช์จากอินพุทออก เอาพุท ก็กลับมาเป็น 5 โวลท์ อีกครั้ง ดังในรูปที่ 5.5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.5 รูปคลื่นของวงจรวอทช์ด็อก

5.2 วงจรกำเนิดสัญญาณ (TONE TIMING CONTROL)

ในชุมสายโทรศัพท์ต้องมีการกำเนิดสัญญาณขึ้นมาเพื่อบอกให้ผู้ใช้โทรศัพท์ ทราบถึงสภาวะต่างๆ ของการใช้โทรศัพท์ สัญญาณที่กล่าวนี้จะใช้ความถี่ 425 เฮริทซ์เป็นหลักในการใช้พัลซ์มากำหนดการส่งความถี่หรือหยุดส่งความถี่ 425 เฮริทซ์ ดังนั้นผู้ใช้โทรศัพท์จึงได้ยินเสียงด้วยความถี่ 425 เฮริทซ์ ตามช่วงเวลาที่กำหนดไว้ จะหมายความถึงสภาวะอย่างไร รายละเอียดของสัญญาณที่จะเป็นตัวควบคุมความถี่ 425 เฮริทซ์ จะเป็นดังนี้

ก. DIAL TONE เป็นสัญญาณความถี่ 425 เฮริทซ์เรียบไม่มีการผสมกับพัลซ์ใดๆ (อย่างเช่นที่เรียกว่าเสียงเมวกรน) สัญญาณนี้เป็นการบอกผู้ใช้ว่าขณะนี้ชุมสายโทรศัพท์พร้อมที่จะรับหมายเลขจากผู้ใช้ได้แล้ว ดังนั้นเมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ยกหูขึ้นก็จะได้รับสัญญาณดังกล่าวนี้ทันที สัญญาณนี้จะสิ้นสุดเมื่อผู้ใช้เริ่มหมุนหน้าปัด เพื่อส่งเลขหมายตัวแรก หรือกรณีที่ผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์โดยไม่หมุนเลขหมายเกินเวลาที่กำหนดไว้ก็จะเปลี่ยนสัญญาณนี้ให้เป็นสัญญาณไม่ว่างทันที ที่เป็นเช่นนี้ก็เพราะว่าในการหมุนเลขหมายโทรศัพท์นั้นชุมสายต้องมาเสียเวลาในการรอรับเลขหมาย หากผู้ใช้โทรศัพท์ล่าช้าในการหมุนเลขหมายแล้วก็เท่ากับสร้างความคับคั่งของวงจรรับเลขหมายซึ่งชุมสายจะ

บริการรับเลขหมายไว้ชั่วคราว จึงจำเป็นต้องมีการกำหนดเวลาในการหมุนหน้าปัด เอาไว้

ช. BUSY TONE เป็นสัญญาณแสดงความไม่ว่าง เช่น ผู้เรียกหมุนเลขหมายของผู้ถูกเรียกจนครบแล้วถ้าหากผู้ถูกเรียกกำลังใช้เครื่องโทรศัพท์อยู่ ชุมสายก็จะส่งสัญญาณดังกล่าวนี้มายังผู้เรียกเพื่อแสดงความไม่ว่างให้ผู้เรียกได้ทราบ สัญญาณ BUSY นี้จะใช้พัลซ์ขนาดความกว้าง 0.6 วินาที ทั้งช่วงส่งและช่วงหยุดผสมกับความถี่ 425 เฮริทซ์ สัญญาณนี้จะสิ้นสุดเมื่อผู้เรียกวางหูโทรศัพท์

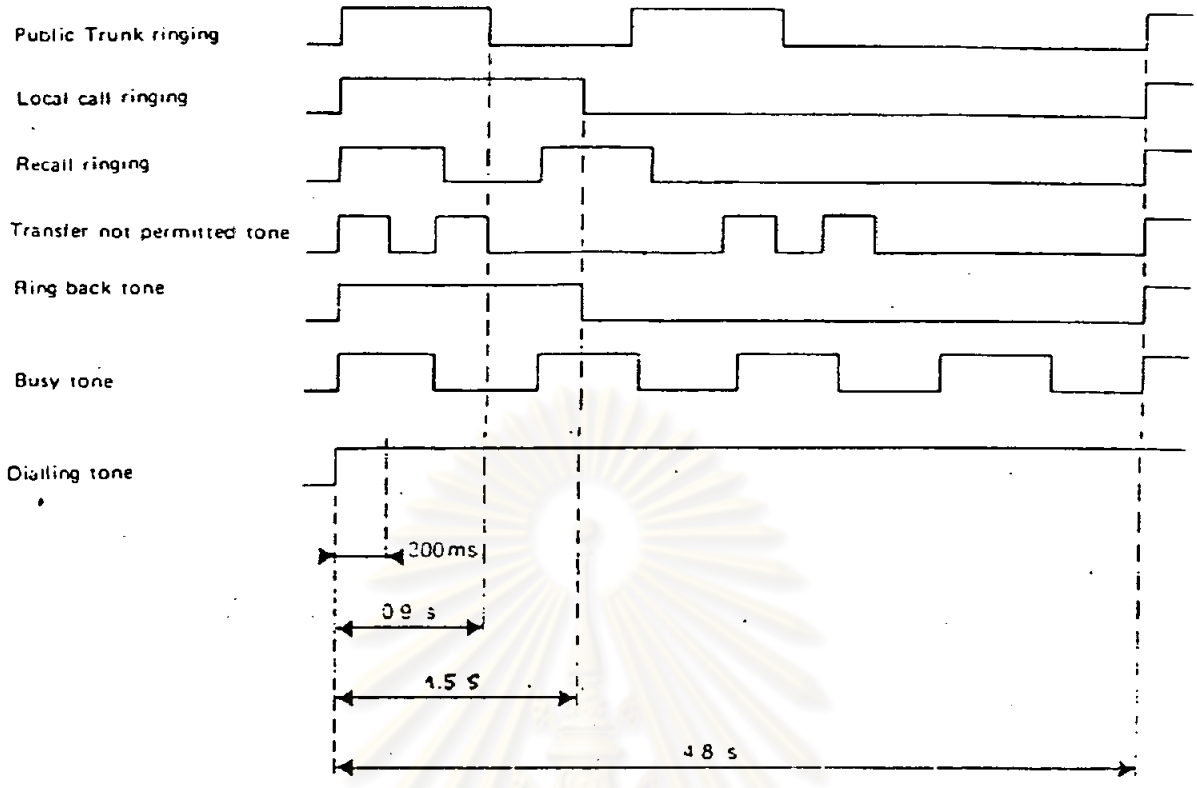
ค. RINGBACK TONE เป็นสัญญาณที่บอกให้ผู้ใช้ทราบในการคอยเรียกสัญญาณนี้จะปรากฏเมื่อผู้เรียกหมุนเลขหมายจนครบจำนวนแล้ว และผู้ถูกเรียกอยู่ในสภาพว่าง สัญญาณนี้ก็จะถูกส่งไปยังผู้เรียกทันที ส่วนผู้ถูกเรียกก็ได้รับสัญญาณเรียกขนาด 90 โวลต์ ด้วยจังหวะการเรียกที่เหมือนกับจังหวะที่ส่งไปยังผู้เรียก (ช่วงเวลาของเสียง แสดงในรูปที่ 5.6)

ง. RECALL RINGING เป็นสัญญาณเรียกกลับในกรณีที่ผู้เรียก เรียกไปนั้นถ้าผู้ถูกเรียกไม่ว่าง ผู้เรียกก็จะได้รับสัญญาณไม่ว่างถ้าผู้เรียกจะใช้เลขหมายพิเศษเพื่อจองเลขหมายดังกล่าว เมื่อผู้ถูกเรียกหมดภาระกับคู่สนทนาแล้ววางหูโทรศัพท์ชุมสายโทรศัพท์ก็จะใช้สัญญาณเรียกไปยังผู้เรียกกับผู้ถูกเรียกทั้งสองฝ่าย (ช่วงเวลาของเสียง แสดงในรูปที่ 5.6)

จ. TRANSFER NOT PERMITTED เป็นสัญญาณบอกให้ทราบว่าในการโอนเลขหมายโทรศัพท์นั้นผู้ที่ต้องการจะโอนเลขหมายไม่ว่าง ดังนั้นผู้โอนจึงต้องหมุนกลับมาสนทนากับเลขหมายเดิมต่อไป (ช่วงเวลาของเสียง แสดงในรูปที่ 5.6)

รายละเอียดของช่วงเวลาในการผสมกับสัญญาณความถี่ 425 เฮริทซ์ แสดงในรูปที่ 5.6

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.6 รูปรวมสัญญาณ

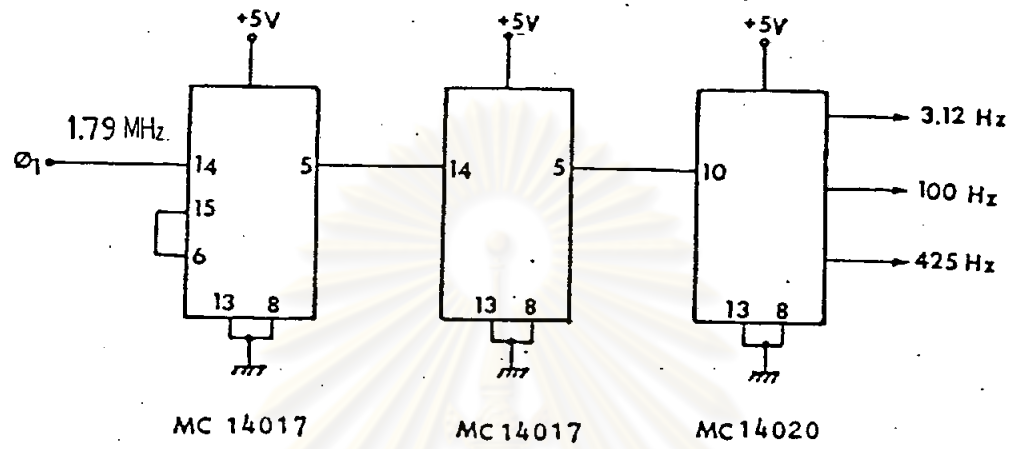
5.2.1 การกำเนิดห้วงเวลา

ใช้ความถี่พื้นฐานจาก CLOCK ซึ่งจ่ายให้กับ CPU มาทำการหารความถี่ ในการหารความถี่นี้นอกจากเป็นการหารเพื่อกำเนิดห้วงเวลาแล้วยังเป็นการกำเนิดสัญญาณ 425 เฮริทซ์อีกด้วย สัญญาณ 425 เฮริทซ์นี้จะถูกสลับตามห้วงเวลาด้วย ภาคสวิทชิ่ง เนทเวิค ตามการสั่งการของ CPU

5.2.2 การกำเนิดสัญญาณ 425 เฮริทซ์

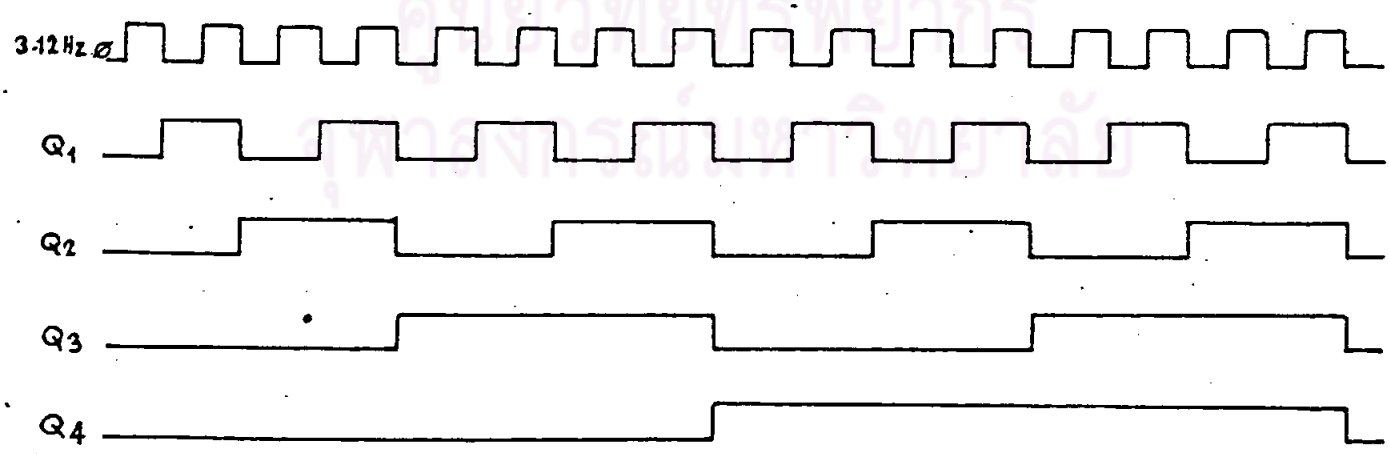
โดยการหารความถี่ 1789772HZ ซึ่งเป็น CLOCK ของระบบ การหารดังกล่าวนี้จะหารด้วยเลข 4480 โดยใช้ไอซีเบอร์ MC14017 จำนวน 2 ตัว และเบอร์MC14020 อีก 1ตัว โดยจัดวงจรให้ MC14017 ตัวแรกหาร 7 ส่วนตัวหลัง จัดให้หาร 10 จากนั้นจะถูกหารด้วย 64 โดยไอซี MC14020 จะได้ความถี่ 436.9 เฮริทซ์ หรือประมาณ 425 เฮริทซ์ เพื่อกำหนดให้เป็นฐานสำหรับให้ภาคสวิทชิ่งเนทเวิคเปิด – ปิดวงจรตามห้วงเวลาต่อไป นอกจากนี้ยังมีเอาท์พุทของ MC14020 เหลือเพื่อหารให้ได้ ความถี่ 100 เฮริทซ์ หรือ 10 มิลลิวินาที กับความถี่ 3.12 เฮริทซ์ความถี่ 100 เฮริทซ์หรือ 10 มิลลิวินาทีใช้เป็นฐานเวลาในการอินเตอร์รัพท์ให้

CPU ส่วนความถี่ 3.12 เฮริทซ์ใช้เป็นฐานเวลาในการกำเนิดห้วงเวลาสำหรับวงจรหาร ความถี่นี้ แสดงในรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 วงจรหารเพื่อกำเนิดสัญญาณ

ในการกำเนิดห้วงเวลา ใช้ 4 บิทไบนารี่เคาว์เตอร์ มาทำการหารความถี่ 3.12 เฮริทซ์ ซึ่งเราจะนำเอาคอมบิเนชั่นของเอาท์พุทที่ได้จากการหารครั้งนี้มากำเนิดห้วงเวลาต่อไป สำหรับไดอะแกรมเวลาของการหาร แสดงในรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.8 ไดอะแกรมเวลาของการหาร

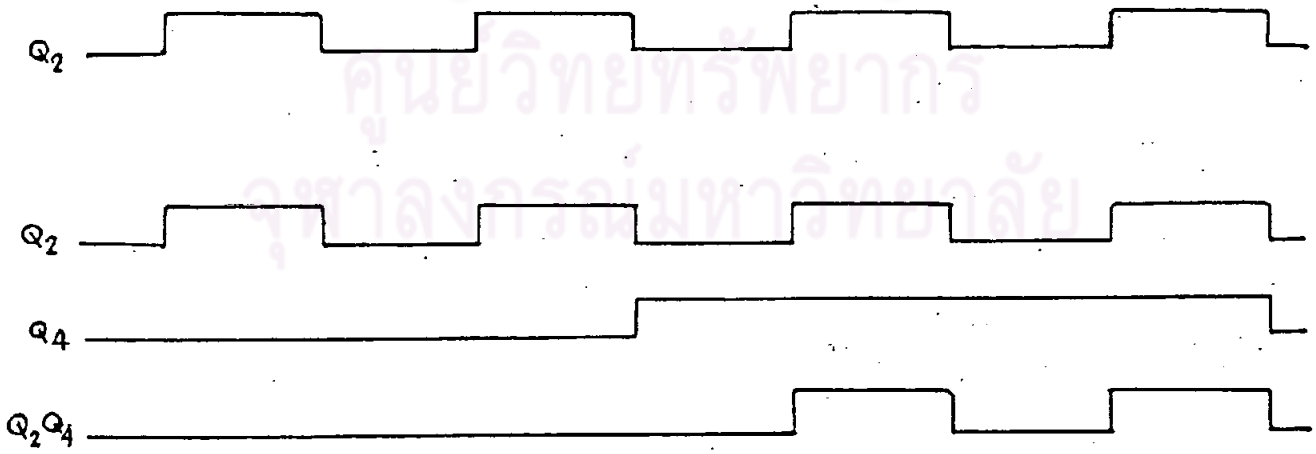
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.3 การกำเนิดสัญญาณ BUSY TONE

ในรูปที่ 5.6 นั้นเรากำหนดว่าสัญญาณ BUSY จะเป็นพัลซ์ซึ่งมีห้วงเวลาของการเปิดวงจรเป็น 0.6 วินาที และการ ปิดวงจรเป็น 0.6 วินาทีสลับกันไปตลอดเวลา เมื่อพิจารณาความถี่ฐานเวลา 3.12 เฮริทซ์แล้วจะพบว่า CLOCK จะเป็นขนาด 0.16 วินาที นั่นคือสัญญาณ BUSY เป็นผลลัพธ์ของการหาร 4 จากฐานความถี่ 3.12 เฮริทซ์นั่นเอง ดังนั้นเราจะใช้เอาท์พุท Q_2 เป็นเอาท์พุทของสัญญาณ BUSY (สัญญาณ BUSY TONE ที่ได้จะคลาดเคลื่อนจากเวลา 0.6 วินาทีเล็กน้อย เนื่องจากฐานเวลาไม่ใช่ 0.15 วินาที) ซึ่งเป็นห้วงเวลา แสดงในรูปที่ 5.8 ซึ่งเป็นไดอะแกรมเวลา

5.2.4 การกำเนิดสัญญาณ RECALL RINGING TONE

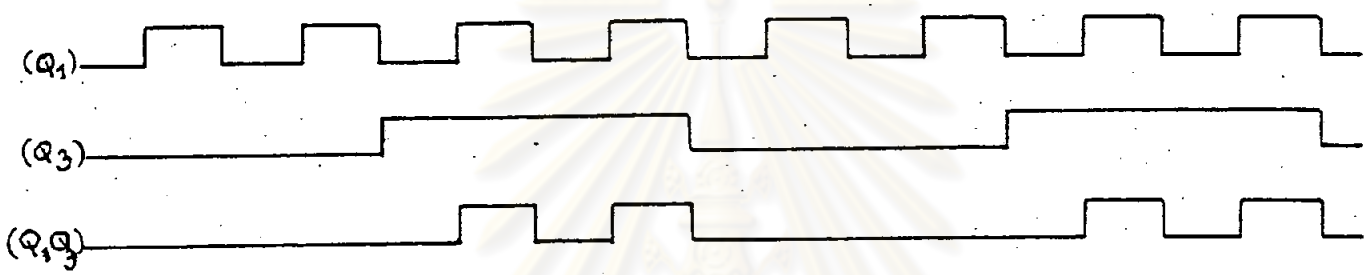
ห้วงเวลาของ RECALL RINGING คล้ายกับห้วงเวลาของ BUSY TONE มากเพียงแต่ในช่วง 4.8 วินาทีนั้น BUSY จะมีพัลซ์ 4 ลูกแต่ RECALL RINGING มีพัลซ์เพียง 2 พัลซ์ส่วนห้วงเวลาที่เหลือ (2.4 วินาที) จะไม่เกิดพัลซ์ ซึ่งสามารถกำเนิดห้วงเวลาดังกล่าวด้วยการ AND ระหว่าง Q_2 กับ Q_4 จะได้เอาท์พุทของคอมบิเนชั่นดังในรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.9 การกำเนิด RECALL RINGING TONE

5.2.5 การกำเนิดสัญญาณ TRANSFER NOT PERMITTED

สัญญาณ TRANSFER NOT PERMITTED ถูกกำหนดให้เป็นพัลซ์ขนาดความกว้าง 0.3 วินาทีจำนวน 2 พัลซ์ในช่วง 2.4 วินาทีซึ่งพัลซ์ดังกล่าวเกิดจากการ AND ระหว่าง Q_1 และ Q_3 จะได้รูปคลื่น ในรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 รูปคลื่นการเกิดสัญญาณ TRANSFER NOT PERMITTED

5.2.6 การกำเนิดสัญญาณ RINGBACK TONE

สัญญาณ RINGBACK TONE ถูกกำหนดให้มีความกว้างของพัลซ์ 0.9 วินาทีเมื่อพิจารณาจากเอาท์พุทของเคาว์เตอร์แล้วเราสามารถหาคอมบิเนชั่นของ $(Q_3Q_4) + (Q_1Q_2Q_4)$ ซึ่งเอาท์พุทที่ได้จากคอมบิเนชั่นจะแสดงดังรูปที่ 5.11

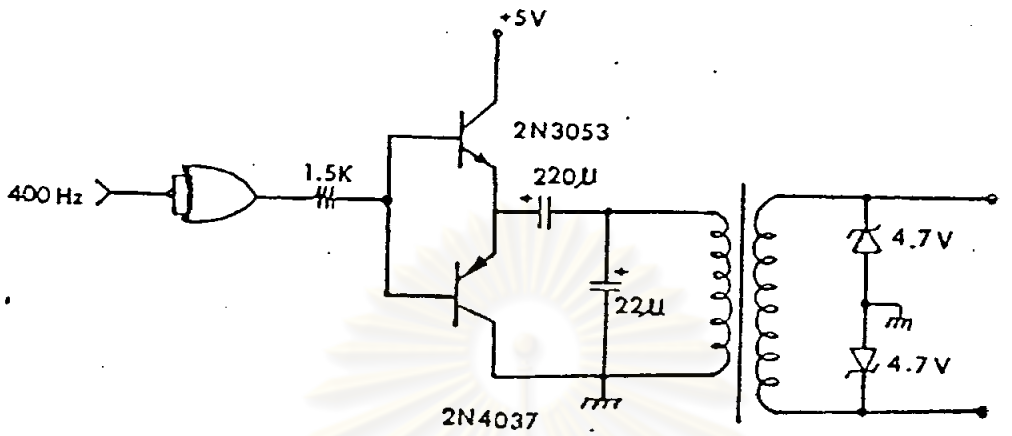
รูปที่ 5.11 การกำเนิด RINGBACK TONE

เมื่อได้แหล่งกำเนิดห้วงเวลาต่างๆ ตามต้องการแล้วสัญญาณเหล่านี้จะถูกอ่านโดยผ่าน 3STATE BUFFER กับ DATA BUS ซึ่ง CPU จะสั่งภาคสวิทชิ่งเนทเวิคให้ทำการเปิด – ปิดวงจรตามสถานะของผู้ใช้โทรศัพท์ดังกล่าว

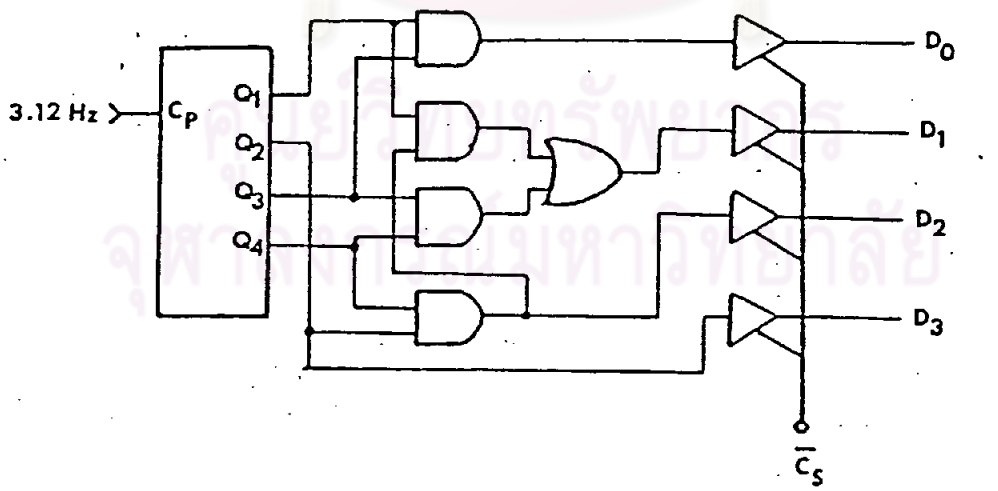
5.2.7 วงจรขยายกำลังของสัญญาณ 425 เฮริทซ์

สัญญาณ 425 เฮริทซ์ ซึ่งเป็นฐานสัญญาณสำหรับวงจรสวิทชิ่งเนทเวิคตัดต่อวงจรตามห้วงเวลาที่กำหนดไปยังผู้ใช้โทรศัพท์ ซึ่งในเวลาเดียวกันการจ่ายสัญญาณนี้อาจจะต้องจ่ายให้กับโทรศัพท์หลายๆ เครื่องในเวลาเดียวกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวงจรขยายกำลัง เพื่อให้สามารถจ่ายสัญญาณ 425 เฮริทซ์ ได้โดยไม่เป็นภาระกับวงจรการจัดวงจรเป็นแบบ พุชพูล ผ่านสัญญาณแบบทรานสฟอร์เมอร์ ตัวทรานซิสเตอร์เป็นชนิดขยายกำลังปานกลางคู่คอมพลีเมนต์ คือ เบอร์ 2N3053 กับเบอร์ 2N4037 ซึ่งวงจรการขยายกำลังแสดงในรูปที่ 5.12

รูปที่ 5.13 เป็นการใช้คอมบิเนชั่นโลจิกเพื่อกำเนิดสัญญาณ TIMMING



รูปที่ 5.12 วงจรขยายกำลัง 425 เฮิรซ์



รูปที่ 5.13 วงจรคอมบิเนชั่น โลจิก

5.3 วงจรแหล่งจ่ายไฟ

แหล่งจ่ายไฟจะต้องจ่ายไฟให้กับวงจรต่างๆ ในระบบดังนี้

ก. -48 โวลต์ 2 แอมแปร์ จ่ายให้กับ ภาครับสถานะโทรศัพท์

ข. +15 โวลต์ 1 แอมแปร์ จ่ายให้กับ สวิทชิ่งเนทเวิค

ค. +5 โวลต์ 2 แอมแปร์ จ่ายให้กับ อุปกรณ์ทางโลจิกของระบบ

ง. +6 โวลต์ 1 แอมแปร์ จ่ายให้กับ รีเลย์

จ. 90 โวลต์ 400 มิลลิแอมป์ จ่ายให้กับ วงจรกระดิ่ง

ซึ่งในรายละเอียดของวงจร แหล่งจ่ายไฟนี้ก็ใช้วงจรมาตรฐานทั่วไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย