บทที่ 4

การออกแบบวงจร

4.1 วงจรรับสถานะของโทรศัพท์ (3),(4),(8)

เป็นภาคที่ติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ ซึ่งถือว่าโทรศัพท์นั้น เป็นส่วนหนึ่งของวงจร ทำหน้าที่ดังนี้

ก. เป็นแหล่งจ่ายไฟให้กับเครื่องโทรศัพท์

ข. เป็นส่วนรับสัญญาณเสียงเพื่อส่งต่อไปยังภาคอื่น ๆ

ค. ตรวจสอบสถานะการยกหู – วางหูโทรศัพท์

ง. รับสถานะการหมุนหน้าปัด โทรศัพท์

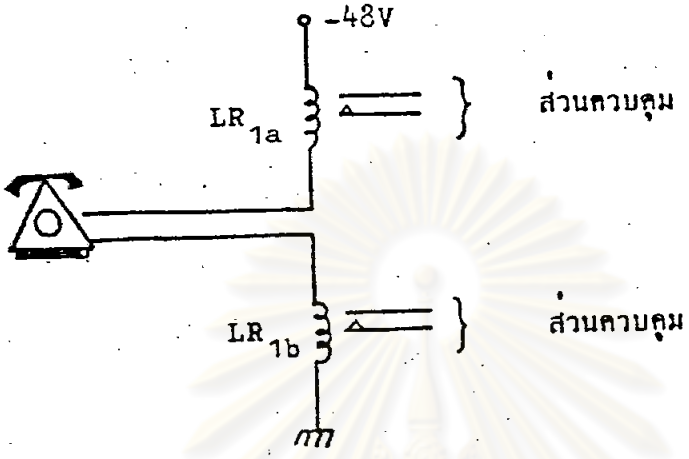
จ. ส่งสัญญาณกระดิ่งเพื่อเรียกไปยังโทรศัพท์

4.1.1 แนวความคิดในการรับสถานะของโทรศัพท์

ในการรับสถานะของโทรศัพท์นั้นยึดหลักแนวความคิดเดิมของชุมสาย แบบกล – ไฟฟ้า โดยพัฒนามาใช้อุปกรณ์อิเล็กตรอนิกส์แทน เพื่อให้ได้ประสิทธิภาพของวงจรดีกว่าระบบเดิม

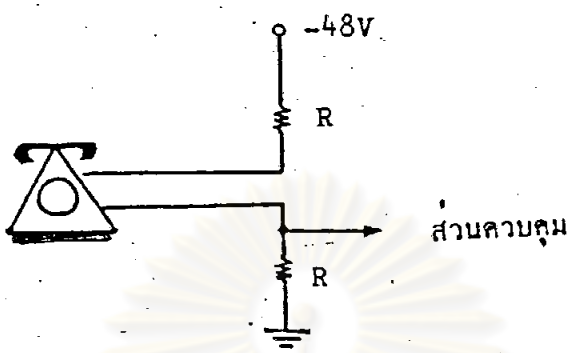
4.1.1.1 การรับสถานะยกหู – วางหูโทรศัพท์

ในระบบเดิมการตรวจสถานะการยกหู–วางหูโทรศัพท์ใช้รีเลย์เป็นตัวตรวจรับสถานะ เรียกว่า ไลน์ รีเลย์ (LINE RELAY) ซึ่งต่ออนุกรมกับโทรศัพท์ ดังรูปที่ 4.1



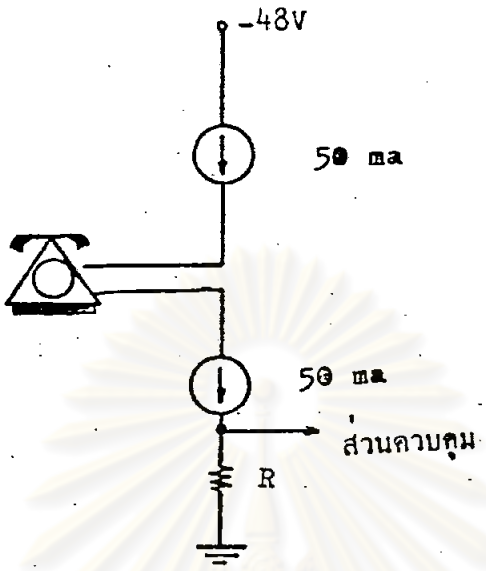
รูปที่ 4.1 การตรวจรับสถานะ ยกหู – วางหู โทรศัพท์แบบเดิม

จากรูปที่ 4.1 ในสภาวะปกติ จะไม่มีกระแสไหลผ่านโทรศัพท์เนื่องจากการวางหูโทรศัพท์ ทำให้เปิดวงจรคงมีเฉพาะวงจรกระดิ่งเท่านั้น แต่เนื่องจากวงจรกระดิ่งมีตัวเก็บประจุต่ออนุกรมกับกระดิ่ง ดังนั้น ไฟตรง-- 48 โวลต์ จึงไม่สามารถผ่านวงจรได้ เมื่อผู้ใช้โทรศัพท์ยกหูโทรศัพท์ขึ้นชุดสวิทช์บนเครื่องโทรศัพท์จะต่อวงจร ทำให้ครบวงจร ไฟ – 48 โวลต์ ไหลผ่านรีเลย์ LR1a ผ่านโทรศัพท์ ผ่าน LR1b ครบวงจรที่กราวด์ทำให้รีเลย์ทำงาน ซึ่งหน้าสัมผัสของ รีเลย์ จะเป็นตัวส่ง สัญญาณไปให้หน่วยควบคุมรับสถานะการยกหูโทรศัพท์ แล้วดำเนินการต่อไป ในแนวความคิดนี้ ถ้าใช้ตัวต้านทานมาใส่ต่อแทนรีเลย์ แล้วนำแรงดันคร่อมความต้านทานไปใช้ ก็จะได้ผลเช่นกัน ดังรูปที่ 4.2



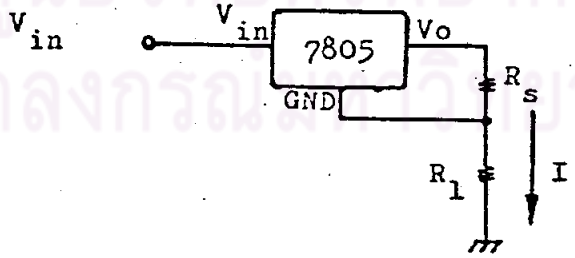
รูปที่ 4.2 ให้ตัวต้านทานแทนรีเลย์ ในการรับสถานะ

ในปกติ ความต้านทานของโทรศัพท์ ขณะยกหูโทรศัพท์ประมาณ 250 Ω และกระแสขณะยกหูโทรศัพท์ ประมาณ 20 – 50 มิลลิแอมป์ ดังนั้นค่าความต้านทานที่นำมาต่อแทนรีเลย์ จะมีค่าประมาณ 350Ω ซึ่งถ้าเป็นไปตามนี้กระแสที่ไหลขณะยกหูโทรศัพท์ จะได้ค่าประมาณ 50 มิลลิแอมป์ ด้วยค่าความต้านทานดังกล่าว ถ้ามีการลัดวงจรขึ้นดังนั้นกระแสไฟจะไหลผ่านแค่ความต้านทาน 2 ตัวเท่านั้น ดังนั้นถ้าเกิดการลัดวงจรของโทรศัพท์กระแสในวงจรจะเพิ่มเป็น 68 ma หรือ ประมาณ 37% ซึ่งเป็นอัตราค่อนข้างสูง ดังนั้นควรมีวงจรสำหรับ จำกัดกระแสเพื่อไม่ให้กระแสเกินกว่าขีดที่กำหนดซึ่งแนวความคิดในการจำกัดกระแสคือการใช้แหล่งจ่ายกระแสคงที่ 50 มิลลิแอมป์แทนค่า ความต้านทาน ดังในรูป 4.3



รูปที่ 4.3 การแทนตัวต้านทานด้วย แหล่งจ่ายกระแสคงที่

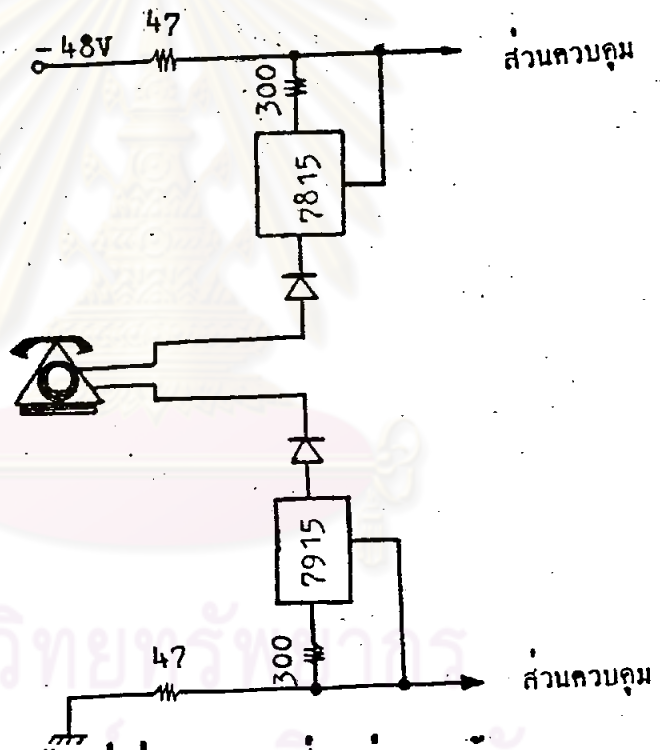
ในการปฏิบัติจริงแล้วใช้แหล่งจ่ายแรงดันคงที่ ชนิด 3 ขา ซึ่งเป็น ไอซี สำเร็จรูปมาใช้เป็นแหล่งจ่ายกระแสคงที่ ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 การนำไอซีรักษาระดับแรงดันคงที่มาเป็นแหล่งจ่ายกระแสคงที่

จากรูป 4.4 ไอซี เบอร 7805 เป็นไอซีรักษาระดับแรงไฟคงที่ขนาด 5 โวลต์ ระหว่างขา V_o กับ GND ถ้าต้องการให้กระแสผ่าน R_s 50 มิลลิแอมป์ ค่าของ R_s จะต้องเท่ากับ 5 โวลต์/50 มิลลิแอมป์ เท่ากับ 100 โอห์ม ถ้าค่าของ R_s ไม่เปลี่ยนแปลงแล้ว กระแสที่ไหลผ่านก็จะคงที่ด้วย ดังนั้นถ้าวงจรตามรูป 4.4 แล้ว กระแสผ่าน R_L จะเท่ากับ 50 มิลลิแอมป์เช่นกัน (แต่ผลรวมของแรงดัน ตกคร่อม R_L,R_s ต้องไม่มากกว่า ค่า V_{in} ด้วย มิฉะนั้น สมมุติฐานนี้จะไม่เป็นจริง)

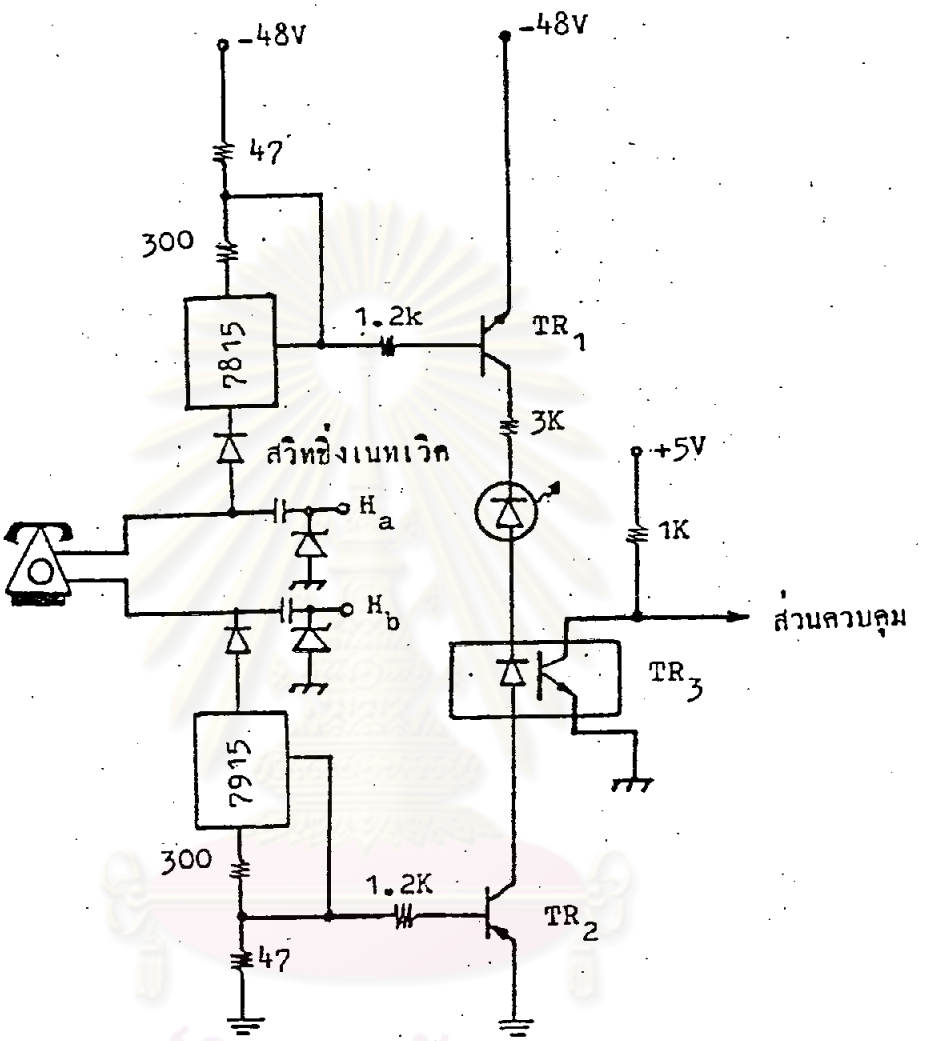
ในการแทนแหล่งจ่ายกระแสคงที่ แทนค่าความต้านแทนเพื่อให้เป็นไปตามแนวความคิดเดิมนั้น ใช้แหล่งจ่ายกระแสคงที่ 2 ตัว ดังในรูป 4.5



รูปที่ 4.5 การใช้ แหล่งจ่ายกระแสคงที่แทนค่าความต้านทาน

จากรูป ใช้ ไอซี รักษาระดับแรงดันคงที่แบบ 3 ขา 2 ตัว คือ เบอร์ 7815 และ 7915 ประกอบตัวต้านทาน300Ω ประกอบเป็นแหล่งจ่ายกระแสคงที่ให้กับโทรศัพท์ โดยให้กระแสผ่านตัวต้านทาน47Ω ให้เกิดเป็นแรงดันตกคร่อมสำหรับร่วมกันส่ง ให้กับระบบควบคุมต่อไป สำหรับเหตุผลที่ใช้สัญญาณการยกหูที่จะส่งไปส่วนควบคุม 2 สัญญาณนั้น เพื่อให้แน่ใจว่าสัญญาณที่เกิดขึ้นเป็นสัญญาณเกิดจากในวงจรเดียวกันเพื่อป้องกัน การไปรบกวนกับวงจรโทรศัพท์อื่นนั่นเอง สัญญาณที่ส่งไปส่วนควบคุมทั้งสองต้องทำการ AND กัน แล้วส่งต่อสัญญาณ ไปส่วนควบคุมผ่านอุปกรณ์ส่งต่อทางแสง

(OPTO COUPLER) ดังรูปที่ 4.6 ส่วนสัญญาณเสียงที่เกิดจากพูดหรือรับฟังเข้ามา ก็ส่งผ่านทางตัวเก็บประจุ เพื่อต่อไปยังภาคสวิทชิ่งเนทเวิคต่อไป

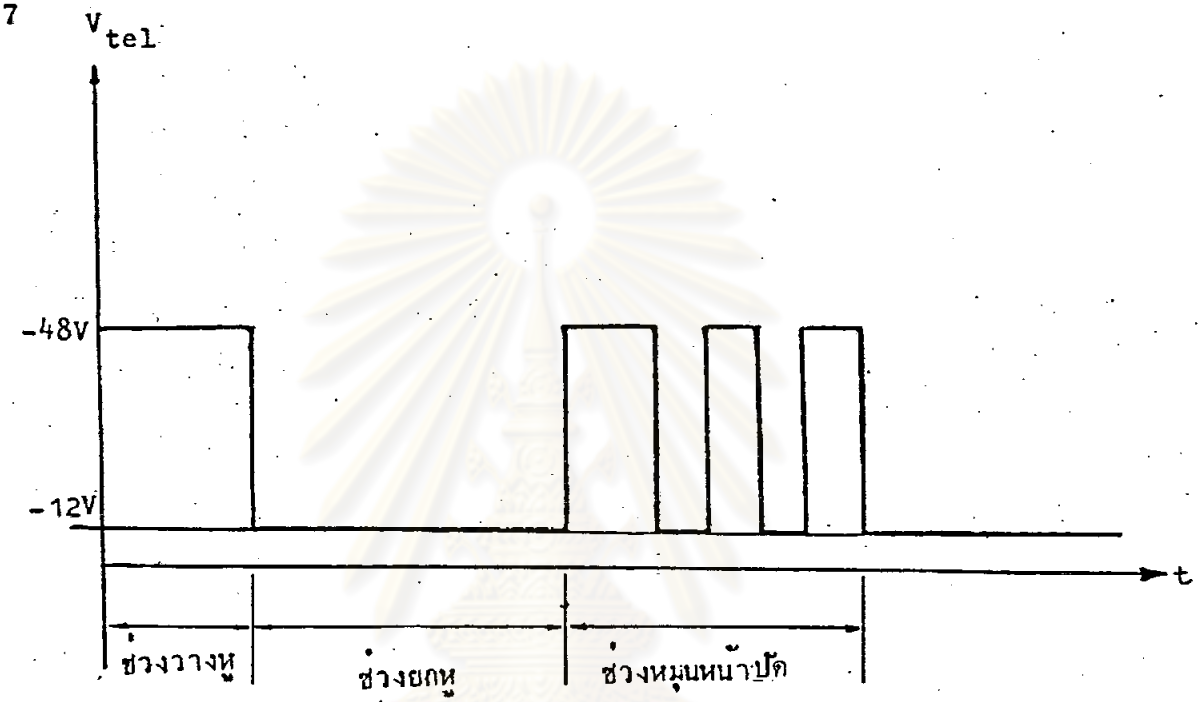


รูปที่ 4.6 วงจรรับ สถานะการยกหูวางหูโทรศัพท์

จากรูปที่ 4.6 นั้น เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้นก็จะครบวงจร เกิดแรงดันตกคร่อมตัวต้านทาน 47Ω ทั้ง 2ตัว ทำให้ TR_1 และ TR_2 นำกระแส และมีกระแสไหลจาก - 48 V ผ่านTR_1ผ่านตัวต้านทาน 3K ผ่าน LED ผ่าน OPTO COUPLER มาครบวงจรที่ TR_2 ทำให้ TR_3 ซึ่ง เป็นส่วนประกอบของ OPTO COUPLER นำกระแสเกิดเป็นระดับโลจิก 0 ให้กับส่วนควบคุมต่อไป

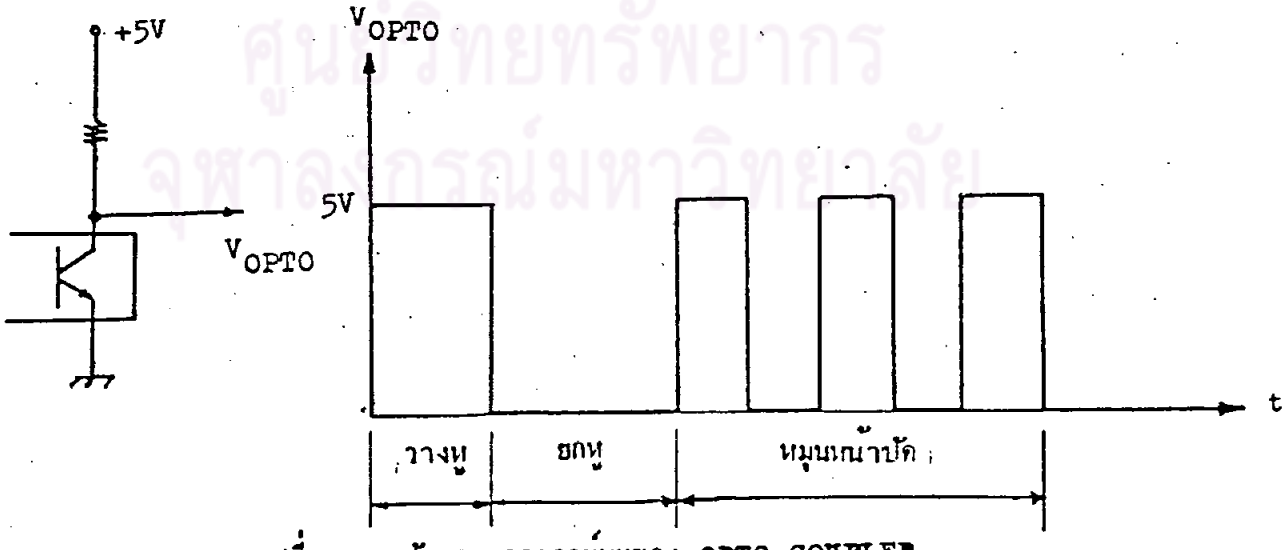
4.1.1.2 การรับเลขหมายจากการหมุนหน้าปัด โทรศัพท์

ในการหมุนหน้าปัทม์โทรศัพท์นั้น ขณะทำการปล่อยหน้าปัด ให้หมุนกลับมาเองนั้น วงจรของโทรศัพท์ จะถูกตัดเป็นห้วง ๆ ตามจังหวะของเลขหมาย เช่น ถ้าเป็น เลข 1 วงจรจะถูกตัด 1 ครั้ง เลข 2 วงจรจะถูกตัด 2 ครั้งเป็นต้น สำหรับ เลข 0 วงจรจะถูกตัด 10 ครั้ง ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แรงดันไฟฟ้าตกคร่อมโทรศัพท์ในสภาวะต่าง ๆ

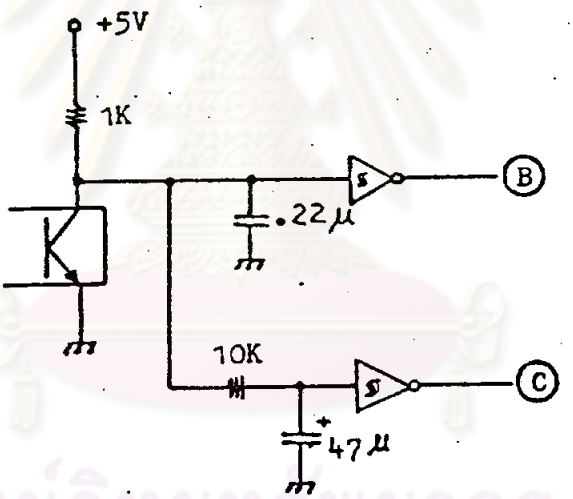
ดังนั้นในการหมุนโทรศัพท์ ถ้าใช้วงจรในรูป 4.6 แล้วก็จะได้เอาท์พุท ในรูป 4.8



รูปที่ 4.8 สัญญาณจากเอาท์พุทของ OPTO COUPLER

จากรูป 4.8 แสดงให้เห็นสถานะต่าง ๆ ที่ได้จากเอาท์พุทของ OPTO COUPLER สิ่งที่น่าสังเกต คือ ระดับของสัญญาณเป็นระดับทางโลจิกทั้งหมด ซึ่งต่างกับระดับที่ได้จากทางด้านโทรศัพท์ อีกประการหนึ่งการใช้ OPTO COUPLER เพื่อจุดประสงค์ในการแยกระบบกราวด์ ของทางไฟที่จ่ายให้กับโทรศัพท์ กับกราวด์ของส่วนควบคุม ซึ่งเกี่ยวพันกับสัญญาณเสียงด้วย

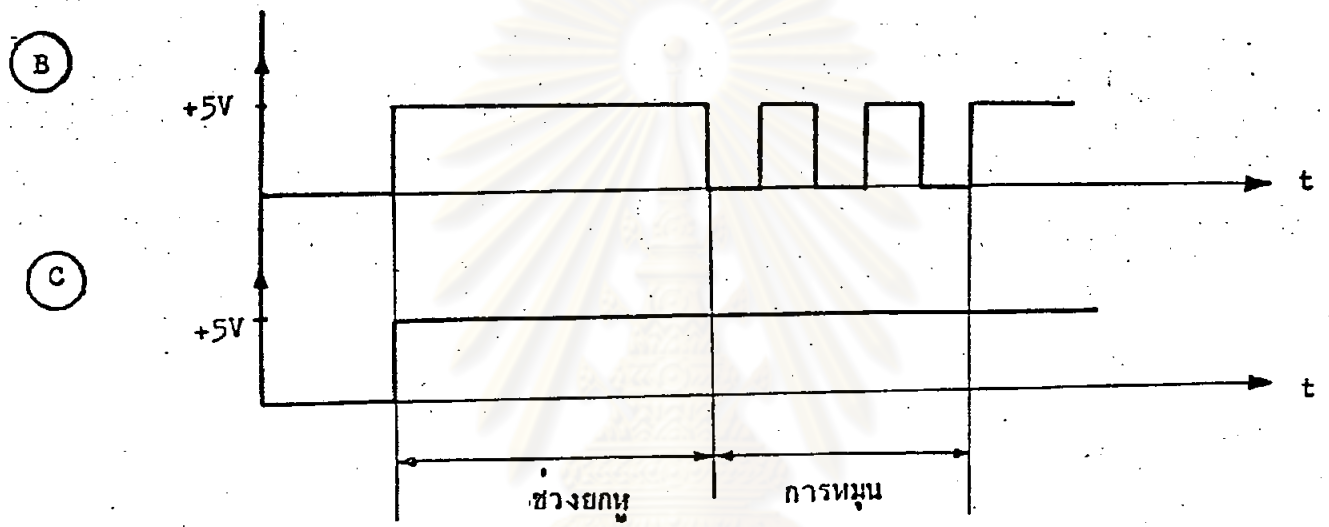
สถานะที่ต่างกันระหว่างการวางหูโทรศัพท์ กับช่วงทำการหมุนหน้าปัด นั้น ไม่สามารถจะแยกกันได้ด้วยระดับของสัญญาณโลจิก แต่สิ่งที่แยกได้ก็คือ ห้วงเวลา เพราะในการหมุนหน้าปัด มีห้วงพัลซ์ ซึ่งมีเวลาไม่มากนัก ดังนั้นในทางปฏิบัติ จึงต้องแยกสัญญาณที่ได้ เพื่อเป็นสัญญาณแสดงสถานะการวางหู – ยกหูโทรศัพท์ โดยรับสัญญาณที่ได้ดังกล่าวมาแยกเข้าวงจรชัฟเฟอร์ ซึ่งทำงานเป็นวงจร โมโนสเตเบิล ให้มีคาบเวลาที่ต่างกัน ดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 วงจรแยกสถานะการวางหู การหมุนหน้าปัด

รูปที่ 4.9 ใช้ ไอซี ชมิททริกเกอร์ ร่วมกันกับตัวเก็บประจุและตัวต้านทาน เพื่อทำหน้าที่แยกสถานะการวางหูกับการหมุนหน้าปัด โดยคิดว่าความเร็วในการหมุนหน้าปัด อย่างช้าที่สุด คือ 8 พัลซ์ต่อวินาที นั่นคือเวลาที่ช้าที่สุด ในการที่เกิดพัลซ์ คือ $\frac{1000 \text{ มิลลิวินาที}}{8} = 125$ มิลลิวินาที (รวมช่วงเปิดปิดวงจรด้วย) ดังนั้น ช่วงเวลาในการหน่วงเวลาสำหรับสถานะการวางหู คือ เวลาที่มากกว่า 125 มิลลิวินาที ในที่นี้เลือกใช้ค่าหน่วงเวลา ประมาณ 250 มิลลิวินาที ซึ่งได้ค่าความต้าน

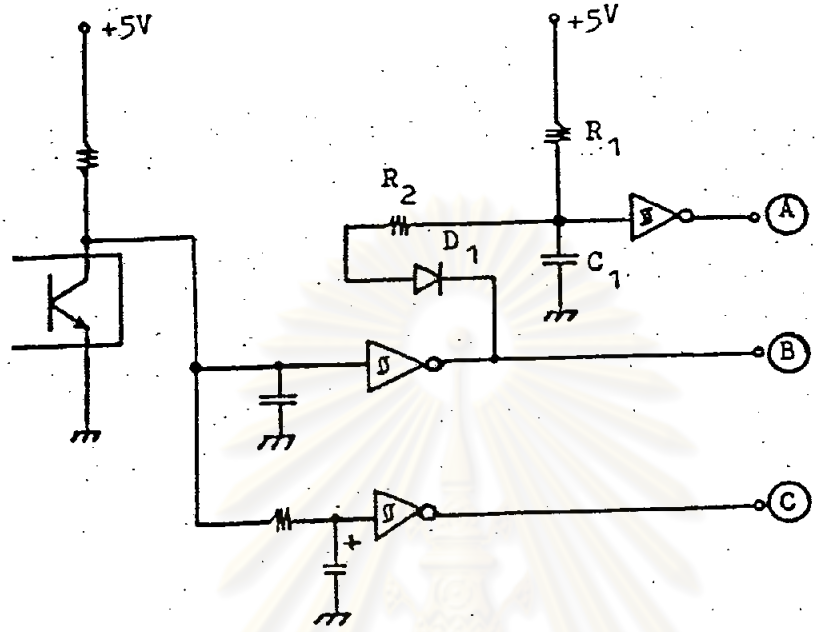
ทาน 10K และค่าตัวเก็บประจุเป็น 47MF ดังนั้น ในช่วงที่เกิดพัลซ์จากการหมุน ซึ่งเป็นพัลซ์แคบ ๆ ก็ไม่ทำให้ เอาท์พุทCซึ่งเป็นเอาพุทสำหรับ การตรวจรับสถานะการยกหูและวางหูเปลี่ยนแปลงและเมื่อเกิดการวางหูต้องวางหูนานเกินกว่า 250 มิลลิวินาที จึงจะตรวจพบสถานะการวางหู ส่วนการรับสถานะของการหมุนหน้าปัทม์ ก็ใช้สภานะเดิมโดยเพียงแต่ผ่านบัฟเฟอร์เท่านั้น ซึ่งสถานะของสัญญาณ ดังกล่าวแสดงในรูป 4.10



รูปที่ 4.10 สถานะของการวางหู – ยกหู และการหมุนหน้าปัด

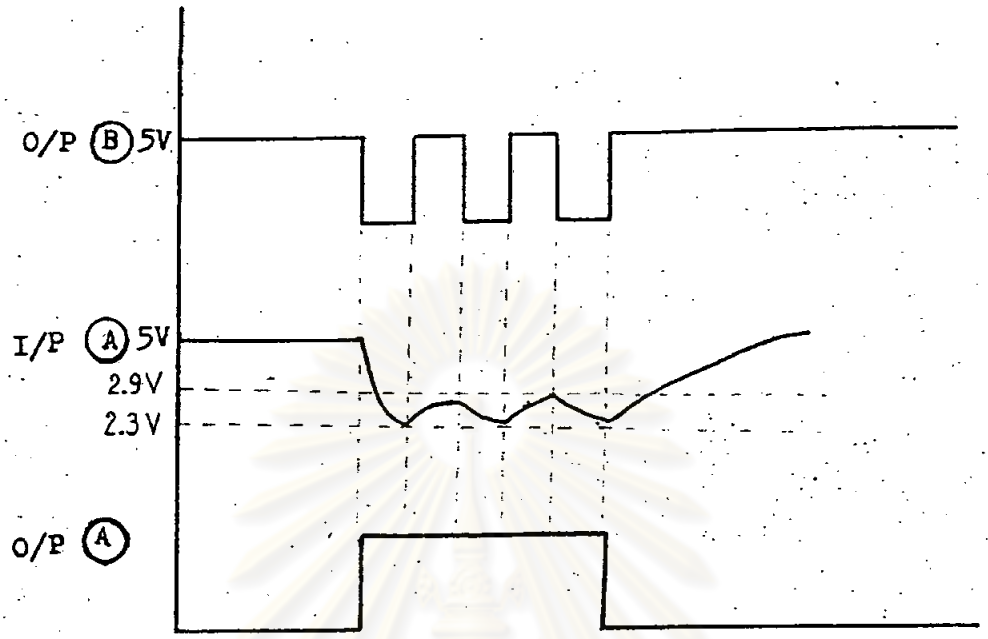
ในรูปที่ 4.10 คือสถานะที่วัดจากเอาท์พุท B และ C สำหรับในช่วงเวลา สำหรับการหมุนนั้น ก็สามารถใช้โมโนสเตเบิลช่วงหน่วงเวลาสำหรับการเปลี่ยนแปลงในพัลซ์สั้น ๆ ได้ จากแนวความคิดนี้จึงได้พัฒนาส่วนรับสัญญาณในช่วงหมุนขึ้นมา ดังรูปที่ 4.11

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.11 วงจรที่เพิ่มเติมขึ้นมา

จากส่วนที่เพิ่มเติม C_1 ทำการประจุจาก +5V ผ่านทาง R_1 ส่วนการคายประจุทำการคายประจุ ผ่าน R_2 และ D_1 ขณะที่เอาท์พุท B เป็น 0 ซึ่งในเนวความคิดที่จะตรวจจับช่วงเวลาการหมุน ก็คือ นำพัลซ์ที่ได้จากการหมุนมาผ่านวงจรโมโนสเตเบิล โดยให้ช่วงการคายประจุเร็วและการประจุช้า ดังนั้นในที่นี้ต้องเลือกค่า R_1 มากกว่า ค่า R_2 ให้พอเพียง ดังรูปที่ 4.12



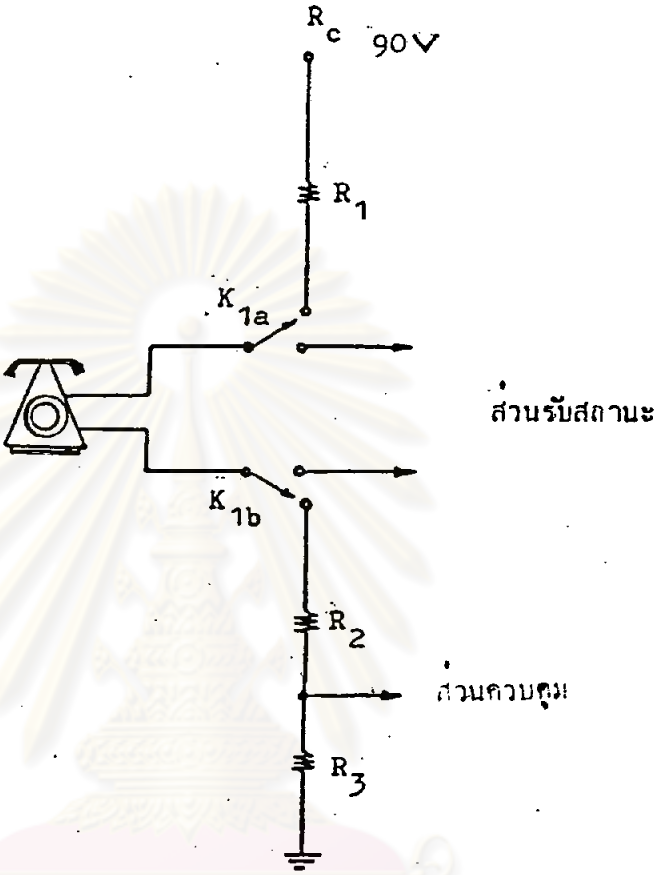
รูปที่ 4.12 แสดงสถานะช่วงการหมุนหน้าปัด

จากรูปที่ 4.12 ใช้คุณสมบัติของชมิททริกเกอร์ ช่วยในการแสดงสถานะช่วงการหมุนหน้าปัด โดยมีหลักการให้ C_1 คายประจุเร็วและประจุช้า การประจุของ C_1 จะประจุผ่าน R_1 ดังนั้นในการที่พัลซ์จากเอาท์พุท B ตกลงมาเป็น 0 C_1 จะคายประจุอย่างรวดเร็ว เมื่ออินพุทของชมิททริกเกอร์มีแรงดันต่ำกว่า 2.9 โวลต์ (คุณสมบัติของไอซี เบอร์ MC 14584 ชมิททริกเกอร์) จะให้เอาท์พุทเป็นโลจิก 1 ทันที เวลาต่อมาเมื่อ เอาท์พุท B เปลี่ยนสถานะเป็น 1 C_1 จะประจุผ่าน R_1 อย่างช้า ซึ่งค่าแรงดันที่จะทำให้เอาท์พุท A เป็น 0 ได้ อินพุทต้องมีแรงดันเกิน 2.3 โวลต์ แต่เนื่องจากขณะที่ C_1 ทำการประจุอยู่นั้นแรงดันบน C_1 เริ่มสูงขึ้น ถ้าจังหวะเวลาที่เหมาะสมก็จะนานกว่าเวลาที่พัลซ์ ของเอาท์พุท B เป็น 0 ใหม่ ทำให้แรงดันที่อินพุทไม่สูงพอที่จะขับให้เอาท์พุท A เป็น 0 ได้ ก็เริ่มต้นคายประจุกันใหม่ เหตุการจะเป็นเช่นนี้ตลอดจนกระทั่งหมดชุดของพัลซ์ที่เกิดจากการหมุนหน้าปัด เอาท์พุท A ก็กลับมาเป็น 0 อีกครั้ง ดังนั้นจึงได้สถานะแสดงช่วงเวลาของการหมุนหน้าปัด โทรศัพท์

4.1.3 <u>การรับสถานะยกหูโทรศัพท์ขณะเรียก</u>

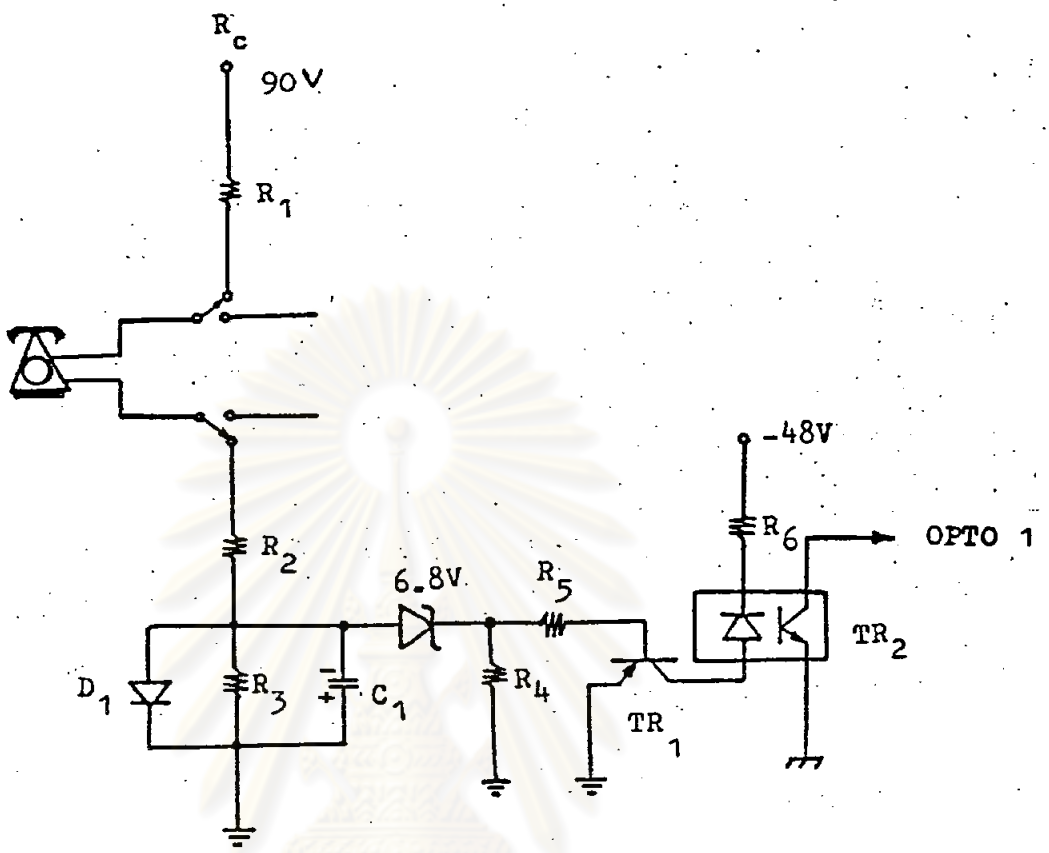
ในการส่งสัญญาณกระดิ่งไปยังโทรศัพท์นั้น วงจรต้องตัดการ ควบคุมออกจากการรับสถานะ

อื่นไปต่อกับแหล่งจ่ายไฟสลับ 90 โวลต์ ดังนั้นจำเป็นต้องมีการรับสถานะในขณะที่ทำการเรียกอยู่ นั่นคือ ต้องมีรีเลย์ตัดส่วนรับสถานะออกมาต่อกับวงจรกระดิ่งดังรูป 4.13(a)



รูปที่ 4.13(a)แนวความคิดในการส่งสัญญาณกระดิ่ง

จากรูป 4.13(a) R_1,R_2 และ R_3 ร่วมกับวงจรกระดิ่งของโทรศัพท์ถูกต่อเข้ากับวงจรกำเนิดสัญญาณสลับ 90 โวลต์ เพื่อส่งไฟเรียกไปยังโทรศัพท์โดยรีเลย์K1a,bตัดวงจรเดิมออก ในขณะนี้ เครื่องโทรศัพท์จะกำเนิดเสียงกระดิ่งขึ้น ความต้านทาน R_1, R_2, R_3 ประกอบวงจรเข้าไปเพื่อมิให้เป็นภาระ ของแหล่งจ่ายไฟ 90 โวลต์มาก แต่ก็ไม่มีผลในขณะทำการเรียก ดังนั้น แรงดันส่วนใหญ่ไปตกคร่อมที่โทรศัพท์หมด ในขณะที่ทำการ ยกหูโทรศัพท์ขึ้น ก็เป็นการตัดวงจรกระดิ่งในเครื่องโทรศัพท์ออกกลายเป็นความต้านทานของเครื่องโทรศัพท์ ซึ่งต่ำมาก ดังนั้นแรงดันส่วนมากจะตกคร่อมอยู่ที่ความต้านทานเกือบทั้งหมด ซึ่งแรงดันตกคร่อมความต้านทาน R_3 จะใช้ในการตรวจสถานะการยกหู ขณะทำการเรียกจากแนวความคิดนี้ จึงทำการพัฒนาต่อได้วงจรในรูปที่ 4.13(b)



รูปที่ 4.13(b)วงจรรับสถานะการยกหู ขณะทำการเรียก

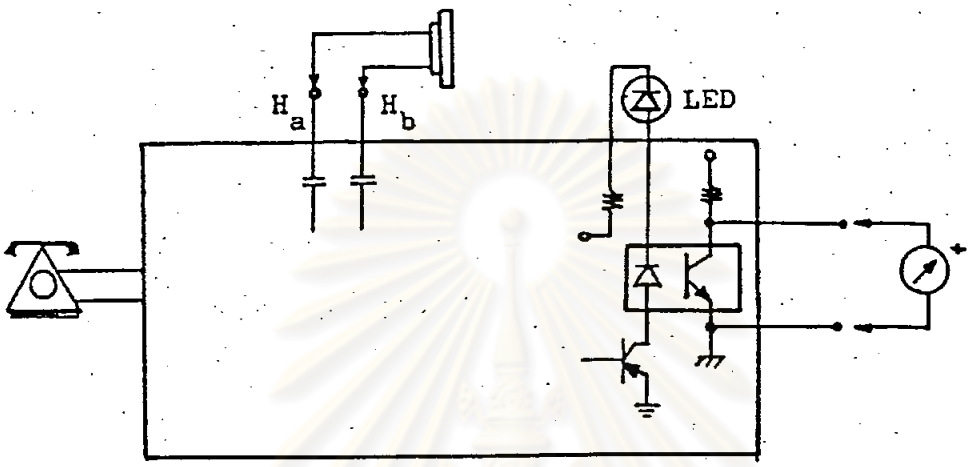
จากรูปที่ 4.13 เป็นการพัฒนาวงจรรับสถานะการยกหูโทรศัพท์ ขณะเรียกสามารถอธิบายได้ดังนี้คือ

เมื่อในสภาวะที่ทำการเรียกไปยัง เครื่องโทรศัพท์วงจรระดิ่งมีอิมพีแดนซ์สูงมากเมื่อเทียบกับ R_1, R_2, R_3 ทำให้แรงดันตกคร่อม R_3 ไม่มากพอที่จะถึงจุดแรงดันพังของเซ็นเนอร์ไดโอดได้ เมื่อโทรศัพท์ถูกยกหูขึ้นแรงดันคร่อม R_3 มีค่ามากกว่าค่าแรงดันพังของเซ็นเนอร์เป็นผลให้เกิดแรงดันตกคร่อม R_4 เป็น ไบอัสให้ TR_1 นำกระแส และ TR_2 นำกระแสด้วย เพื่อส่งไปยังหน่วยควบคุมต่อไป ในทางปฏิบัติจริงแล้ว ขา C ของ TR_2 จะต่อเข้ากับส่วนรับสถานะการยกหูโทรศัพท์ในสภาวะปกติ

4.1.2 การทดลองตามแนวความคิด

4.1.2.1 การทดลองรับสถานะ ยกหู – วางหูโทรศัพท์

เมื่อทดลองประกอบวงจรตามรูปที่ 4.6 แล้วนำเครื่องโทรศัพท์มาต่อ จากนั้นก็จ่ายไฟให้กับวงจร ใช้มัลติมิเตอร์วัดแรงดัน ที่ ขา คอลเลคเตอร์ ของ $OPTO_1$ ได้ 5 โวลต์ ขณะนี้ LED ไม่สว่าง ทดลองวัดแรงดันครอม โทรศัพท์ อ่านค่าได้ 48 โวลต์



รูปที่ 4.14 การทดลองรับสถานะยกหู - วางหูโทรศัพท์

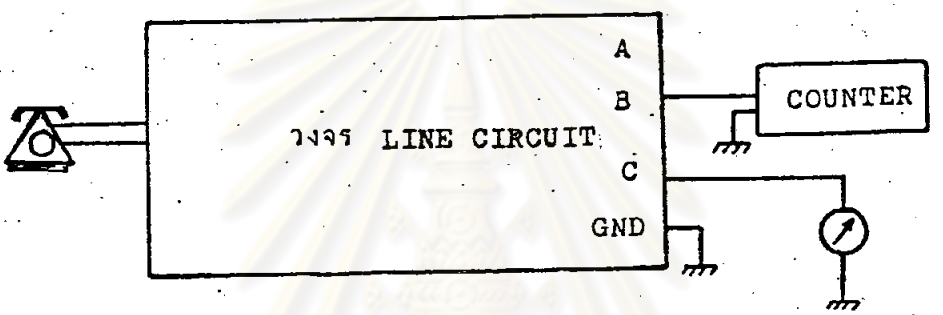
ต่อมาทดลองยกหูโทรศัพท์ขึ้น แรงดันครอมโทรศัพท์ ลดลงมาเหลือประมาณ 12 โวลต์ ขณะเดียวกัน LED สว่าง ทดลองวัดแรงดันที่ ขาคอลเลคเตอร์ ที่ OPTO ได้ประมาณ 0 โวลต์ จากนั้นต่อหูฟังโทรศัพท์เข้ากับจุดต่อ Ha และ Hb ซึ่งเป็นทางผ่านสัญญาณเสียง แล้วทดลองพูดจากปากพูดโทรศัพท์ ได้ยินเสียงชัดเจนดีมาก

ทดลองใช้ ความต้านทาน ค่า 1,800 โอห์ม ต่อแทนเครื่องโทรศัพท์ แล้วสังเกต มิเตอร์ที่วัดที่จุด คอลเลคเตอร์ ยังได้ประมาณ 0 โวลต์ เช่นเดิม แล้ว LED ยังสว่างอยู่เหมือนเดิม แสดงลูปรีซิสแตนซ์ ที่ภาครับสถานะต้องการมากกว่า 1,800 โอห์ม ซึ่งปกติ โดยทั่วไป ค่าลูป-รีซิสแตนซ์ ที่ดีนั้นต้องมีค่า 1,800 โอห์ม หรือมากกว่า

ต่อมาใช้ ความต้านทาน ค่า 20,000 โอห์ม ต่อแทนค่าเดิม ปรากฏว่า มิเตอร์ ที่วัดที่จุดคอลเลคเตอร์ ของ OPTO ได้ 5 โวลต์ และ LED ไม่สว่างแสดงว่าค่า รั่วไหล ระหว่างสายโทรศัพท์มีค่าต่ำกว่า 20,000 โอห์ม

4.1.2.2 การทดลองรับเลขหมายจากการหมุนหน้าปัด

ทดลองเขียนวงจรเป็นรูป 4.11 แล้วต่อ เครื่องนับพัลซ์เข้ากับ เอาท์พุท B แล้วลองหมุนหน้าปัด โทรศัพท์ อ่านค่าจากการหมุน แต่ละครั้งเพื่อดูจำนวนพัลซ์ที่กำเนิด ปรากฏว่าได้ผลตามจำนวนพัลซ์ที่ทำการหมุน



รูปที่ 4.15 การทดลองรับเลขหมาย

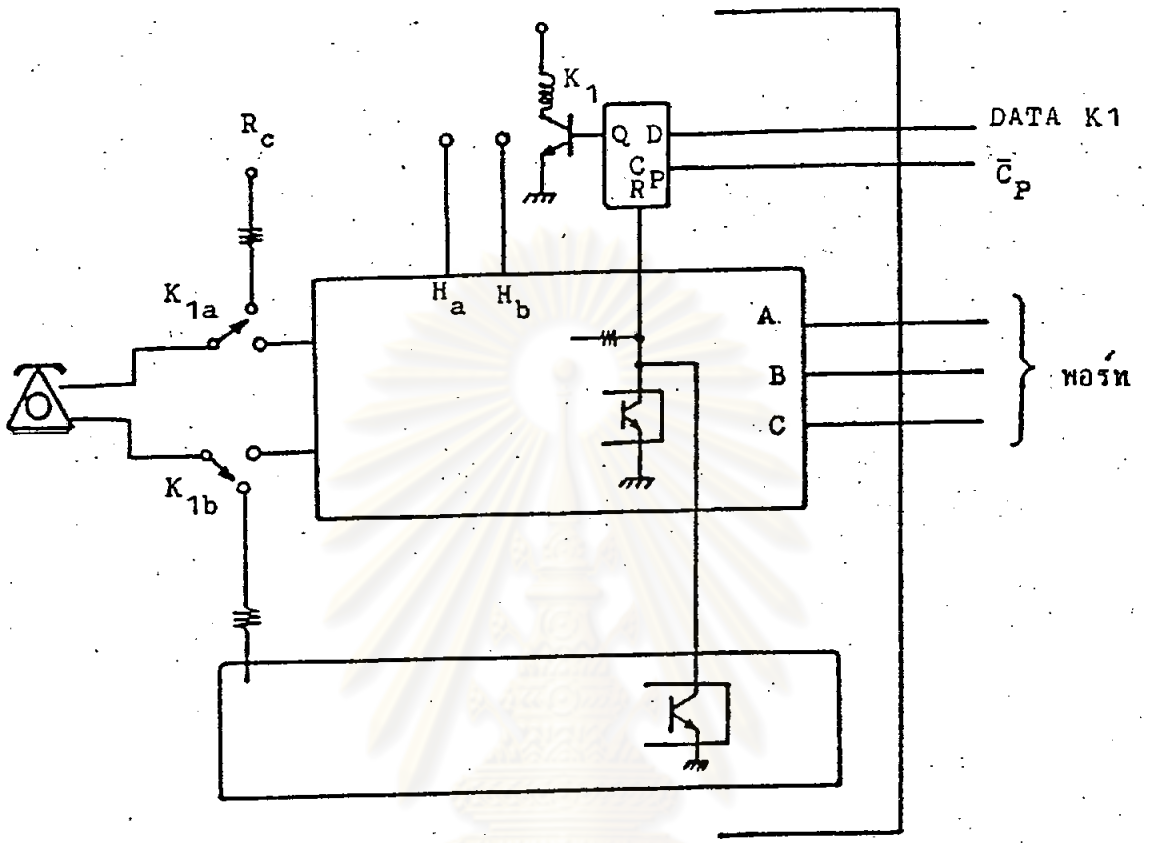
ต่อมานำมิเตอร์ มาวัดที่เอาท์พุท C ยกหูโทรศัพท์ อ่านค่า มิเตอร์ ได้ 5 โวลต์ ทดลองหมุนหน้าปัด หลาย ๆ เลขหมายไม่ปรากฏว่ามีการเปลี่ยนแปลงแรงดัน ที่เอาท์พุท แต่อย่างใด แสดงว่าการทดลองตามแนวความคิดเดิม ถูกต้อง

จากนั้นนำมิเตอร์ มาต่อที่เอาท์พุท A วัดค่าแรงดันไฟฟ้า ได้ 0 โวลต์ ขณะทำการยกหู จากนั้น ลองหมุนหน้าปัด ขณะที่กำลังนับพัลซ์ แรงดันจากมิเตอร์ ชี้ที่ 5 โวลต์ จนกระทั่งพัลซ์ จากหน้าปัทม์หมด แรงดันที่มิเตอร์กลับมาเป็น 0 โวลต์ ใหม่อีกครั้ง

ซึ่งผลจากการทดลอง เป็นไปตามแนวความคิดทุกประการ

4.1.3. การออกแบบวงจรรับสถานะของโทรศัพท์

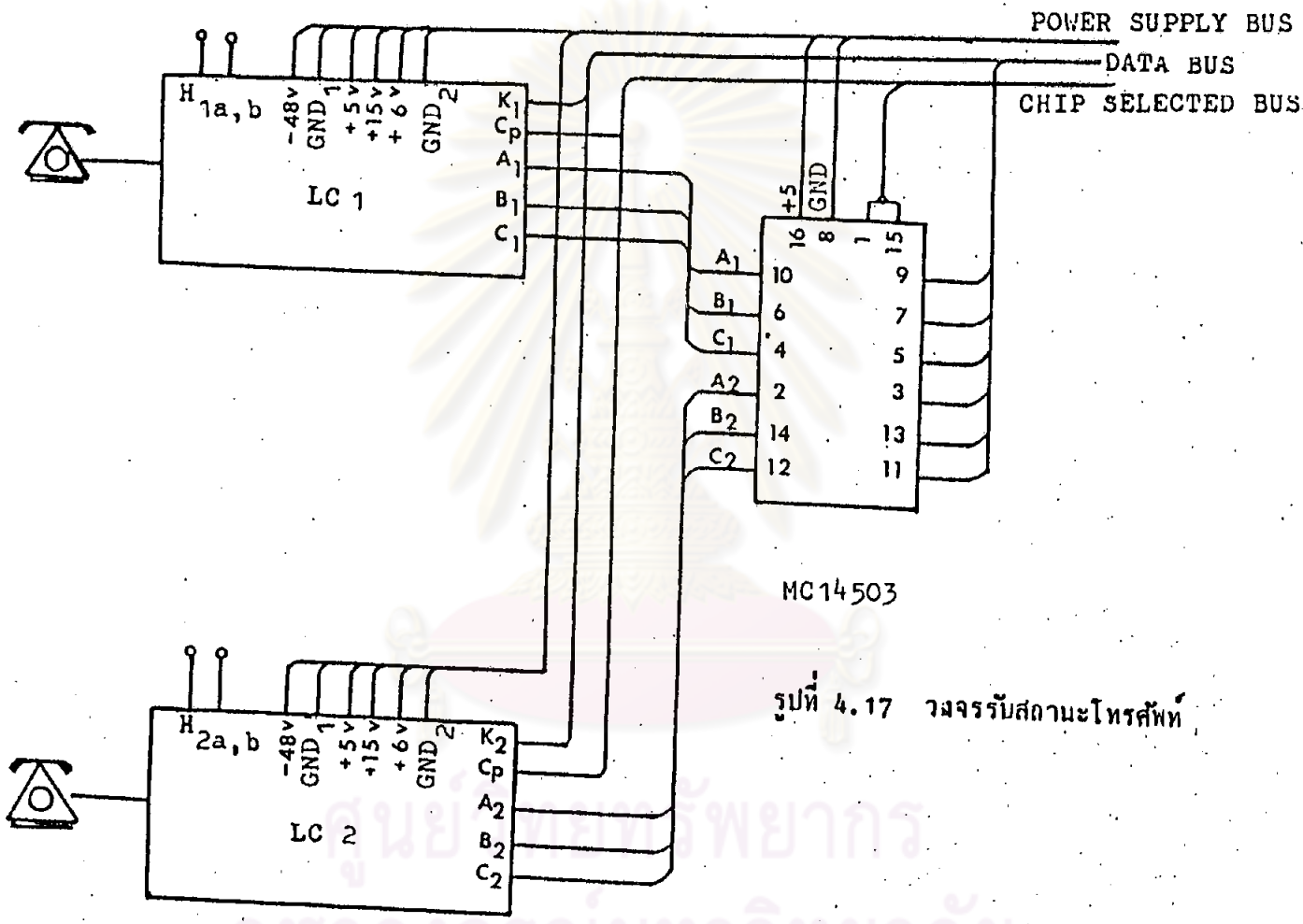
จากแนวความคิดและผลการทดลอง ที่ผ่านมา เพื่อนำมาประกอบกันเป็นภาครับสถานะของโทรศัพท์ แล้วจะได้ ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 การนำเอาวงจร ที่ได้จากแนวความคิดมาออกแบบ

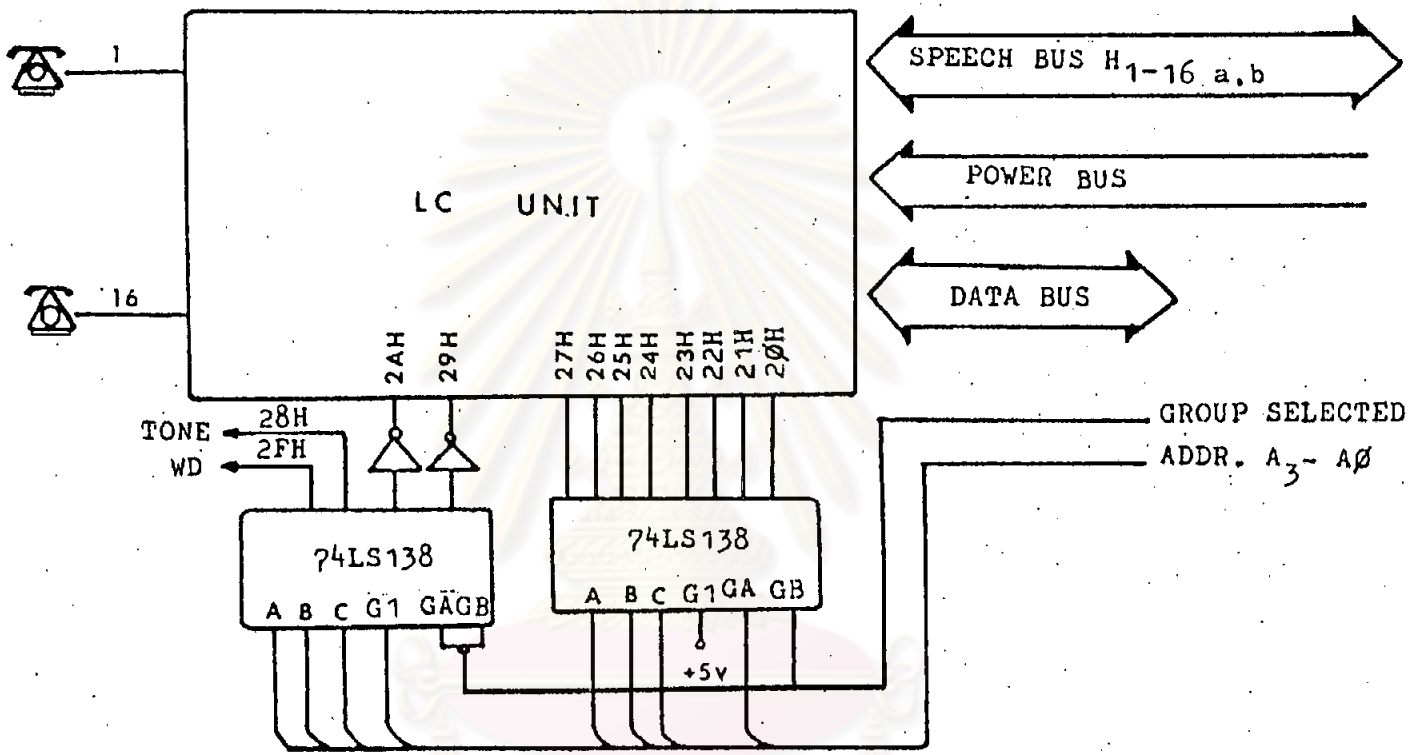
ในรูป 4.16 มีส่วนเพิ่มเติมคือ ฟลิปฟลอป สำหรับรับคำสั่งจากระบบควบคุม มาทำการสั่งให้รีเลย์ทำงาน ข้อสังเกตก็ คือ ในกรณีการยกหูโทรศัพท์ ไม่ว่าเป็นการยกหูจากการเรียกหรือการยกหูโทรศัพท์ ปกติฟลิปฟลอปจะถูกรีเซ็ท ตลอดเวลา

สำหรับการออกแบบลายวงจรพิมพ์นั้นใช้วงจรพิมพ์ 1 แผ่น ต่อ 2 เลขหมาย และมีส่วนเชื่อมต่อกับระบบควบคุมร่วมกัน ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 วงจรรับสถานะโทรศัพท์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.18 หน่วยรับเลขหมายประกอบกลุ่มสัญญาณ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

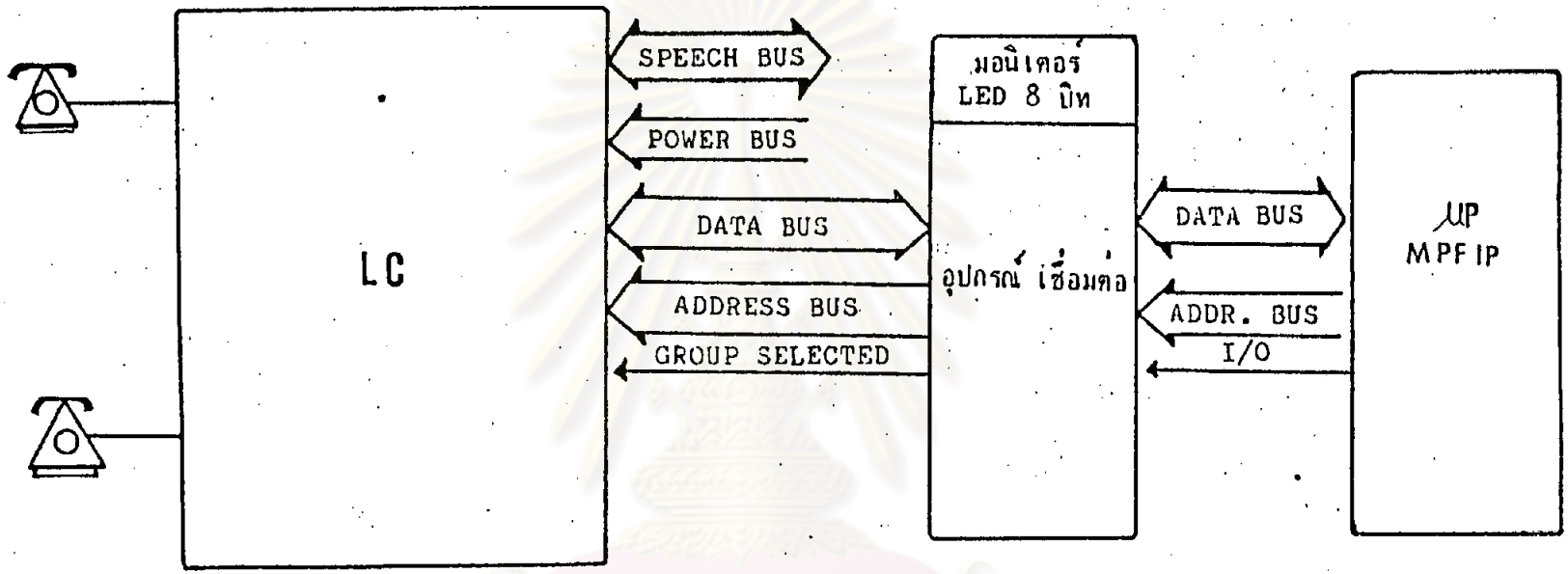
4.1.4 การทดสอบวงจร

เมื่อได้ทำการออกแบบวงจรแล้วก็ประกอบวงจรที่ได้ทดลอง โดยใช้ภาครับสถานะโทรศัพท์ 2 เลขหมาย ต่อ 1 วงจรพิมพ์ ดังนั้น จึงใช้ 8 แผ่นวงจรพิมพ์ ต่อ 16 เลขหมาย ประกอบเข้ากับแผ่นซึ่งใส่ชุดรับเสียงแบบขอบ (EDGE CONNECTER) รวมเป็นหน่วยรับสถานะโทรศัพท์ ซึ่งแสดง ไดอะแกรม ในรูปที่ 4.18

สำหรับการเชื่อมต่อกับหน่วยรับสถานะโทรศัพท์นั้น จะมีกลุ่มของสัญญาณต่าง ๆ ดังนี้

ก.	กลุ่มคู่สายโทรศัพท์ จำนวน	16 คู่สาย
ข.	กลุ่มสัญญาณเสียงสำหรับเชื่อมต่อกับหน่วยสวิทชิ่งเนทเวิค	16 คู่สาย
ค.	กลุ่ม แหล่งจ่ายไฟ	7 เส้น
ง.	กลุ่ม บัสข้อมูลสำหรับเชื่อมต่อกับบัสข้อมูลของหน่วยควบคุม (D_7- D_0)	8 เส้น
จ.	กลุ่มแอดเดรสบัส (A_3- A_0) และสัญญาณเลือก กลุ่ม (GROUP SELECTED)	5 เส้น
ฉ.	สัญญาณเลือกชิพ (CHIP SELECTED) ออกมาจากวงจรถอดรหัสส่วนที่ไม่ได้ใช้ในหน่วยรับสถานะ (28H, 2BH - 2FH)	6 เส้น

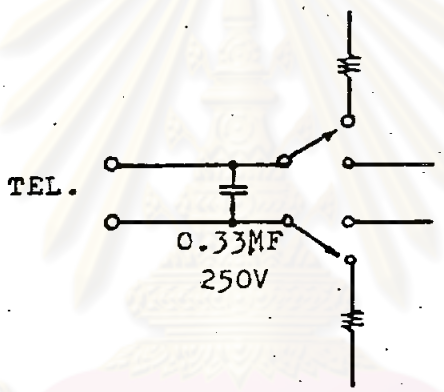
ซึ่งในการทดสอบหน่วยรับสถานะโทรศัพท์ ทั้ง 16 เลขหมายนี้ ใช้ ไมโครคอมพิวเตอร์แผ่นพิมพ์เดียว (SINGLE BOARD MICROCOMPUTER) ทำการทดลอง โดยให้จำลองสภาพ คล้ายกับการสั่งการด้วย หน่วยควบคุมระบบ ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 การเชื่อมต่อเพื่อทดสอบวงจร

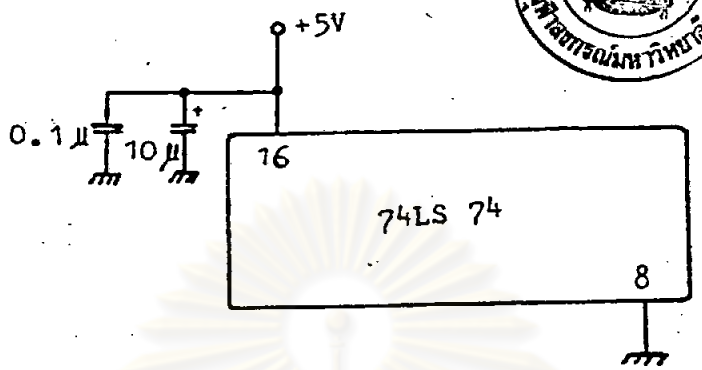
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับการทดสอบ ทั้งหน่วยรับสถานะนี้ เป็นการทดสอบโดยการเขียน โปรแกรม ง่าย ๆ ให้รับสถานะการยกหู – วางหูโทรศัพท์, การรับสถานะในช่วงหมุนหน้าปัด การนับพัลซ์ที่ได้จากการหมุน โดยการแสดงผลทาง LED ขนาด 8 บิท ซึ่งเรียกว่า เป็น มอนิเตอร์ ปรากฏผลตามแนวความคิดที่ได้ทดลอง ขั้นต้น ต่อมาทดลอง เขียนโปรแกรม ให้ รีเลย์ ต่อสัญญาณกระดิ่งไปยังเครื่องโทรศัพท์ ปรากฏว่ามีการรบกวนจากการตัดต่อหน้าสัมผัสของ รีเลย์ ไปยังเครื่อง ไมโครคอมพิวเตอร์ ที่ใช้แทนหน่วยควบคุม จึงดำเนินการแก้ไขโดยใช้ ตัวเก็บประจุ ขนาด 0.33 ไมโครฟารัด ต่อคร่อมที่จุดต่อสายโทรศัพท์ ดังรูปที่ 4 . 20



รูปที่ 4 . 20 การเพิ่มเติมตัวเก็บประจุคร่อมสายโทรศัพท์

ข้อสำคัญก็คือ ต้องต่อตัวเก็บประจุให้ใกล้ รีเลย์ มากที่สุดมิฉะนั้นจะแก้ปัญหาได้ไม่ค่อยนัก นอกจากนี้ยังต่อตัวเก็บประจุเพิ่มเติมที่ ขา 16 ของไอซี 74LS74 ด้วยค่าความจุ 10 ไมโครฟารัด และ 0.1 ไมโครฟารัด อย่างละ 1 ตัว ซึ่ง ไอซี 74LS74 นี้จะเป็นตัว ฟลิปฟลอป สำหรับขับ รีเลย์ ผ่าน ทรานซิสเตอร์



รูปที่ 4 . 21 เพิ่มตัวเก็บประจุ ที่ ขา Vcc ของ 74LS74

ข้อพิจารณาก็คือ รีเลย์ ที่ใช้ติดต่อสัญญาณเรียกกระดิ่งนี้ ใช้ รีเลย์ แบบธรรมดาที่มีขายตามห้องตลาด จะมีการรบกวนที่หน้าสัมผัสมาก ดังนั้นในการพัฒนาต่อไป ควรเปลี่ยนไปใช้ รีดรีเลย์ (REED RELAY) ซึ่งมีลักษณะเป็นเปลือกแก้ว หุ้ม หน้าสัมผัส ทำให้การรบกวนจากหน้าสัมผัสมีน้อยกว่ามากแต่ที่มีขนาดเล็กหาซื้อยากในห้องตลาด และมีเป็นบางโอกาสเท่านั้น

การทดลอง เชื่อมต่อทางเสียงพูดใช้สายสัญญาณเสียง 2 คู่สายต่อเชื่อมกัน แล้วยกหูโทรศัพท์สนทนากันปรากฏผลให้เสียงชัดเจนดีมาก

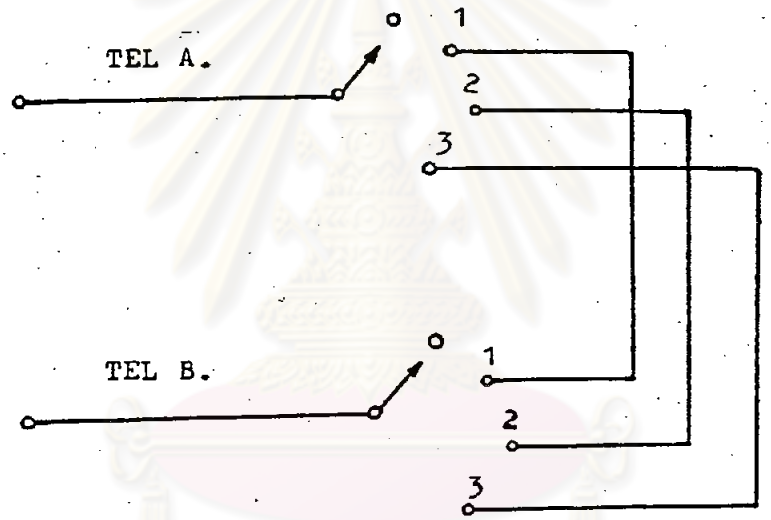
สรุปปัญหาที่เกิดขึ้น ของหน่วยรับสถานะโทรศัพท์นี้ เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นโดยไม่ได้คาดถึงมาก่อน เช่น การรบกวนจากหน้าสัมผัสที่รุนแรงมาก ถ้าหากใช้ลีดรีเลย์แล้วการรบกวนจะลดน้อยลงไปมาก

4.2 วงจรสวิทชิ่งเบทเวิค (8), (9), (16)

4.2.1 แนวความคิดในการติดต่อสัญญาณพูด

ในชุมสายระบบพนักงานต่อวงจรนั้น เมื่อพนักงานรับทราบว่า มีการเรียกเข้ามายังชุมสาย

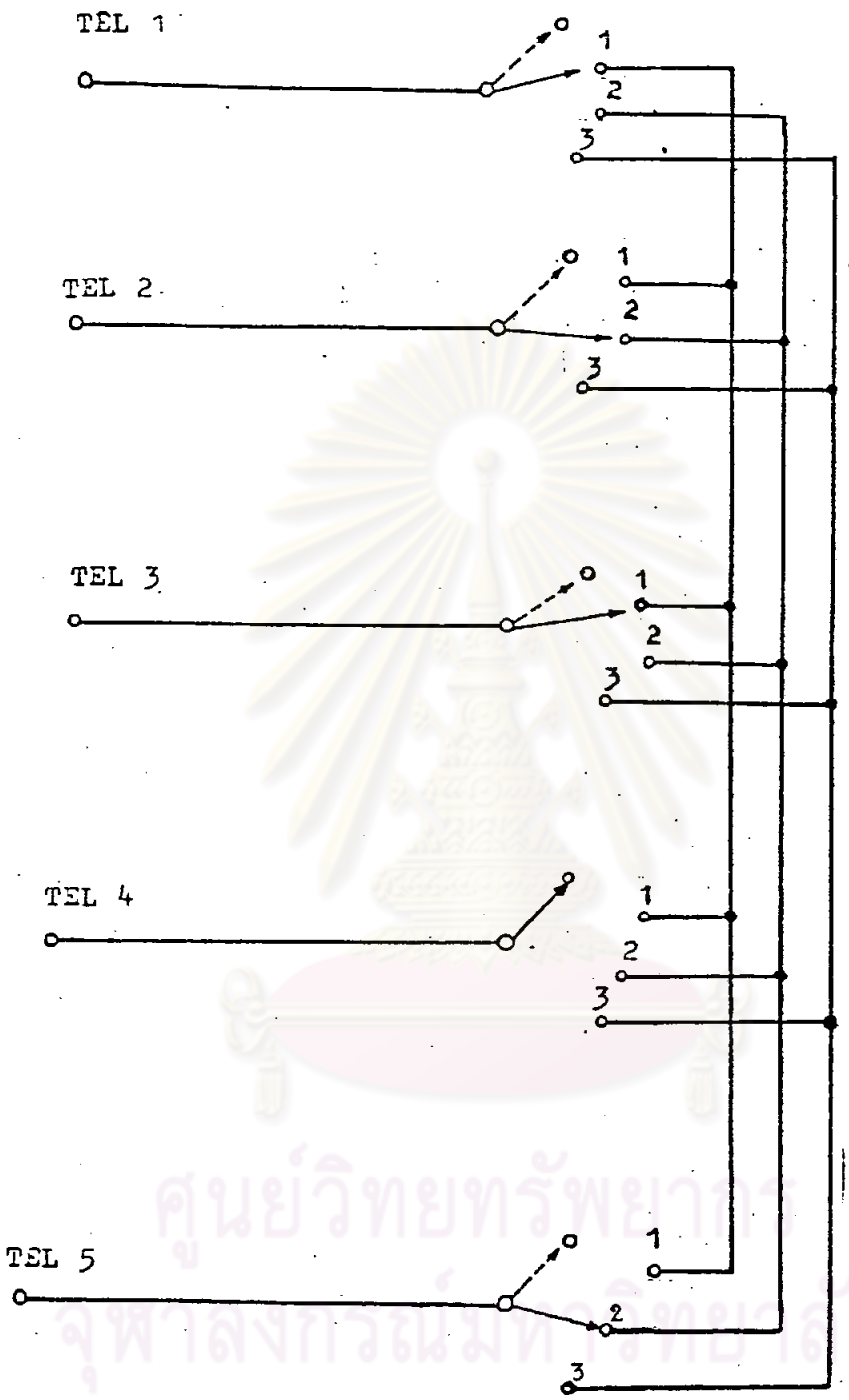
พนักงานจะใช้สายเสียบต่อวงจร เสียบต่อวงจรผู้เรียกกับคู่สนทนาเข้าด้วยกัน ก็จะสามารถสนทนากันได้ ซึ่งก็ถือว่าสายเสียบวงจร คือ ส่วนหนึ่งของสวิทชิ่งเนตเวิคนั่นเอง ต่อมาเมื่อพัฒนา จนมาถึงชุมสายอัตโนมัติ แบบกล-ไฟฟ้า อุปกรณ์ กล-ไฟฟ้า เช่น ครอสบาร์ รีเลย์ ก็คือ สวิทชิ่งเนทเวิคนั่นเอง ในแนวความคิดเบื้องต้น คือ การที่เลขหมาย แต่ละเลขหมาย มีความสามารถในการต่อเข้ากับทางสายร่วมเท่ากัน เช่น ถ้ามีทางสายร่วมสำหรับใช้ในการต่อวงจรคู่สายโทรศัพท์จำนวน 3 ทางสายร่วม ดังนั้น ในแต่ละเลขหมายต้องมีความสามารถในการต่อ ทางสายใดทางสายหนึ่ง ใน 3 ทางสายร่วมด้วย ดังรูปที่ 4.22



รูปที่ 4.22 แนวความคิดของการต่อวงจร

จากรูปที่ 4.22 ถ้าเลขหมาย A จะต่อกับ B ผ่านทางสายร่วม ที่ 1 ก็ปิดสวิทช์ทั้งสองมาที่ตำแหน่ง 1 ทั้งคู่ก็สนทนากันได้ ดังนั้น ถ้ามี 5 เลขหมาย 3 ทางร่วม ก็จะมีการต่อวงจรดังรูป 4.23 โดยเลขหมายที่ 1 กับ 3 สามารถสนทนากันได้โดยผ่านทางร่วมที่ 1 และเลขหมายที่ 2 กับ 5 สนทนากันได้โดยผ่านทางสายร่วมที่ 2 ส่วนเลขหมาย 4 อยู่ตำแหน่งว่าง

ในตัวอย่างที่แสดงในรูป 4.22 และ 4.23 นั้น ในทางเป็นจริงต้องเป็นสวิทช์แบบ 2 ขั้ว เพราะสายสัญญาณ มี 2 เส้น นั่นเอง

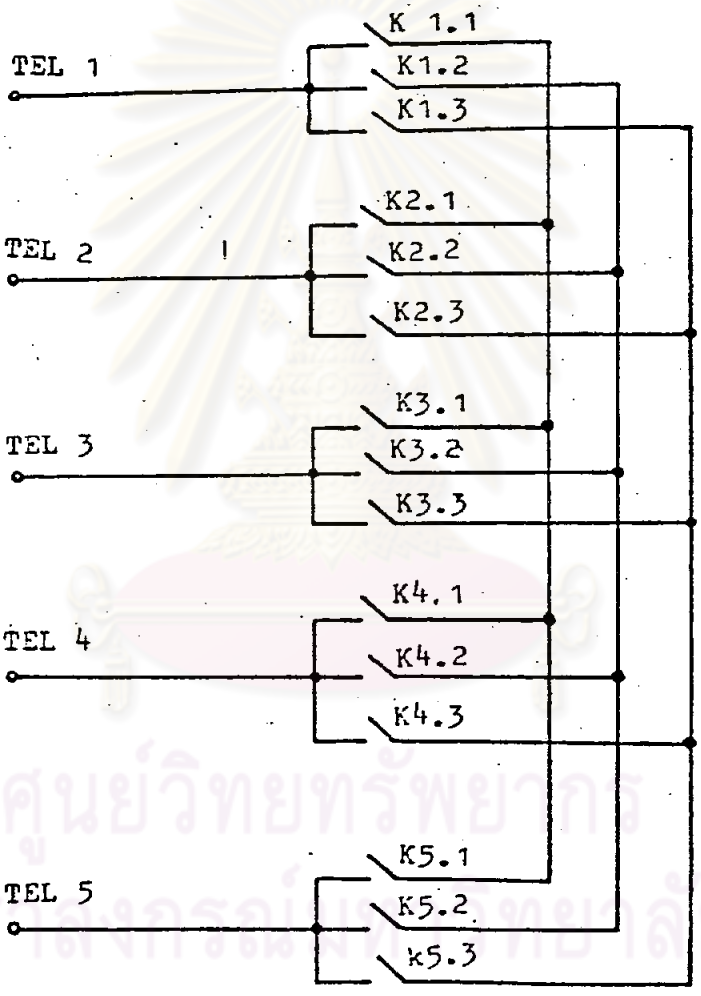


รูปที่ 4.23 แนวความคิดของระบบสวิทชิ่งเนทเวิค

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

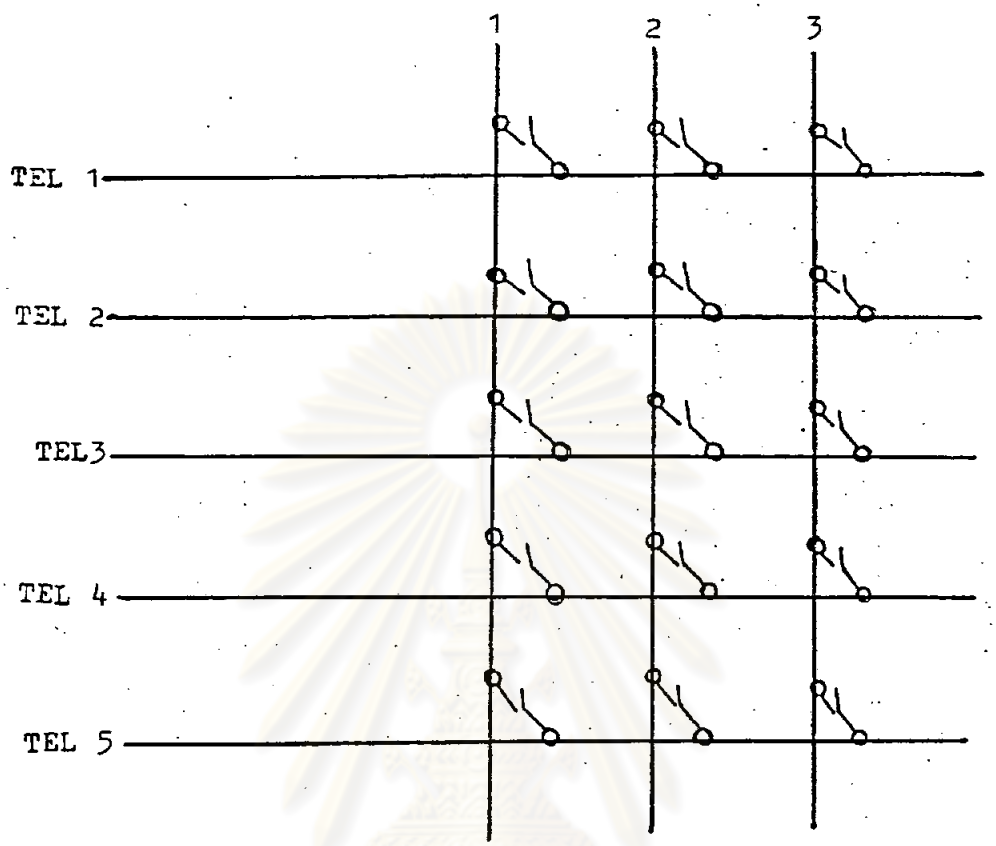
4.2.1.1 การใช้ รีเลย์ ตัดต่อวงจร

จากแนวความคิดที่ผ่านมานี้ เป็นการไม่สะดวกในการใช้สวิทช์เป็นตัวตัดต่อวงจร เพราะใช้การทำงานด้วยมือ (ยกเว้นโรตารี่ สวิทช์ ในชุมสาย แบบ STEP BY STEP) และการทำงานก็ช้าด้วย จึงไม่เหมาะสมกับการใช้งาน การพัฒนาต่อจากแนวความคิดที่ได้กล่าวมานี้ ก็คือ ใช้รีเลย์ ต่อแทนวงจร ก็จะได้วงจรที่ 4.24



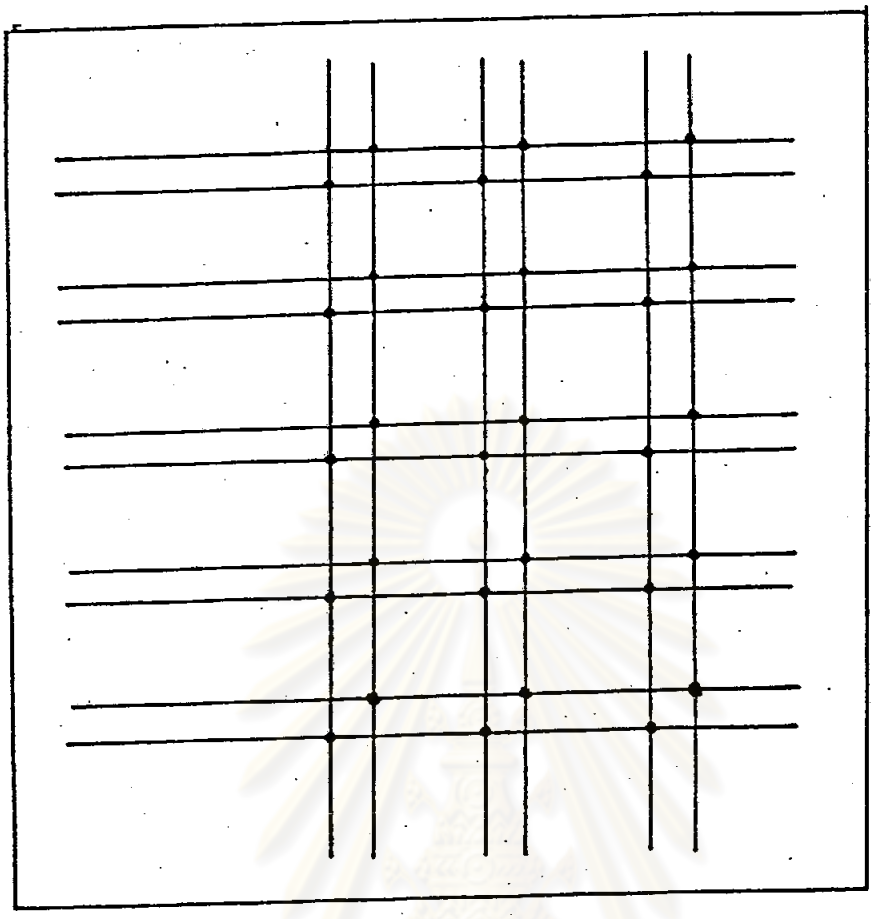
รูปที่ 4.24 แนวความคิดในการใช้ รีเลย์ ตัดต่อวงจร

ในรูป 4.24 ถ้าต้องการให้เลขหมาย 1 กับ 3 ต่อผ่านทางสายร่วม 1 ก็ให้ รีเลย์ K1.1 และ K3.1 ปิดวงจร หรือถ้าให้เลขหมาย 2 กับ 5 ต่อกันผ่านทางสายร่วม 2 ก็ให้ รีเลย์ K2.2 และ K5.2 ปิดวงจร เป็นต้น จากการพัฒนาแนวความคิดนี้ ก็สามารถเขียนวงจรให้อยู่ในรูปของ เมทริกซ์ เพื่อการทำความเข้าใจได้ง่ายขึ้น ดังรูป 2.25

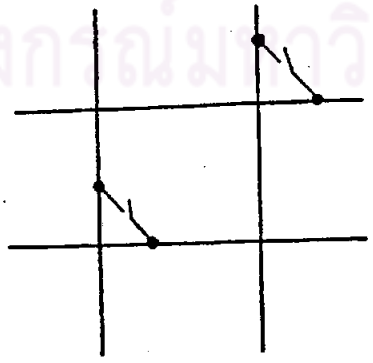


รูปที่ 4.25 การเขียนวงจร ในรูป แมทริกซ์

สำหรับรูป 4.26 เขียน จุด (CROSS POINT) แทน รีเลย์ นอกจากนี้ยังเป็น รีเลย์ ชนิด 2 ขั้วอีกด้วย ตามรูป 4.27 แต่ละจุดต่อจะเรียกว่า CROSS POINT SWITCH หรือ อิลลิเมนต์ โดยถือว่า 1 อิลลิเมนต์ แทน รีเลย์ ชนิด 2 ขั้ว 1 ตัว และอาจเขียนเพียงเส้นเดียว เพื่อแทน 1 คู่สาย ดังรูป 4.28

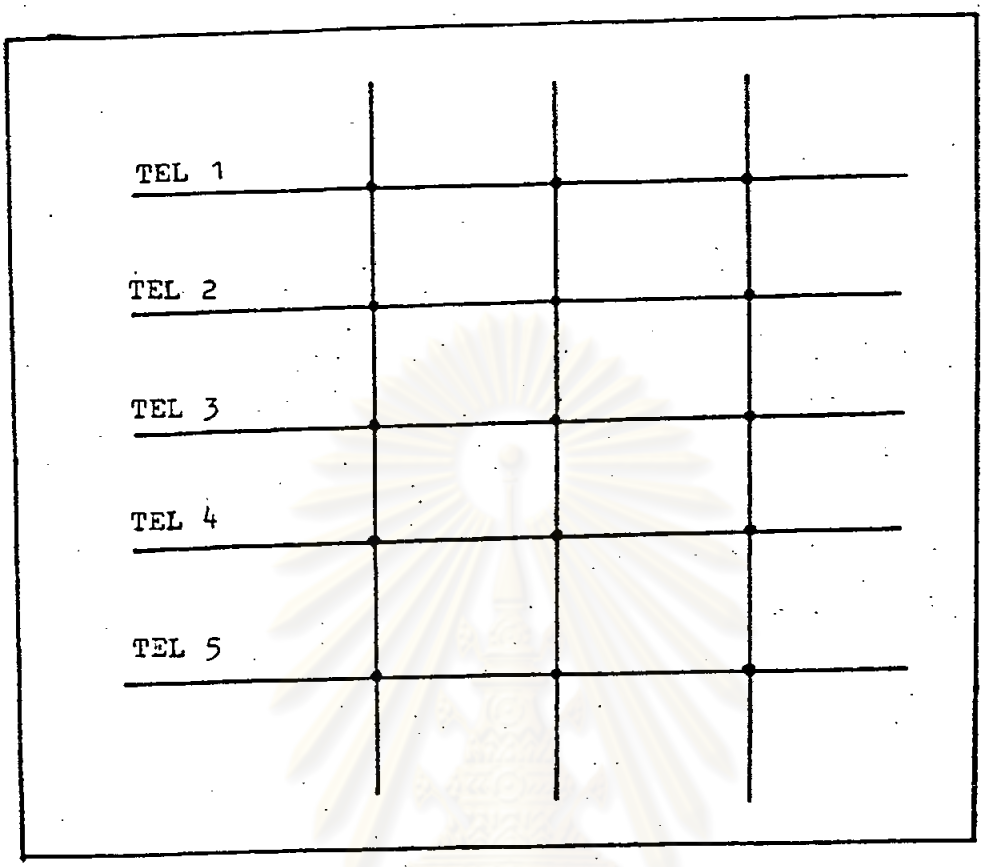


รูปที่ 4.26 การใช้จุดแทนรีเลย์



รูปที่ 4.27 จุดในเมทริกซ์ แทนรีเลย์ 1 คู่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.28 ใช้การเชื่อมเส้นเดียว แทน 1 คู่สาย

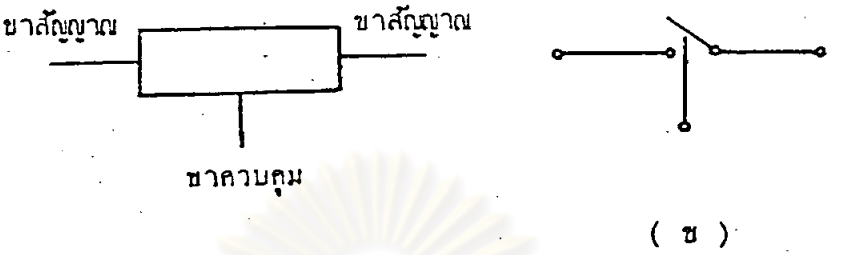
ในการใช้ รีเลย์ ตัดต่อวงจรในสวิทชิ่งเมทเวิคมีปัญหา ในด้านขนาดของ สวิทชิ่งเมทเวิค จะใหญ่ และมีความสิ้นเปลืองกระแสไฟฟ้ามาก จึงไม่เป็นการเหมาะสมในการใช้ รีเลย์

4.2.1.2 <u>การใช้อนาลอคสวิทช์แทนรีเลย์</u> (8),(17),(18),(20)

จากความไม่เหมาะสมของ รีเลย์ ในด้านขนาดและความสิ้นเปลืองกระแสของ รีเลย์ ทำให้จำเป็นต้องหาอุปกรณ์ อิเล็กตรอนิกส์ อื่น ๆ แทน รีเลย์ ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าว อนาลอคสวิทช์ จะเหมาะสม ในการทดแทน รีเลย์ เนื่องจากคุณสมบัติการเป็นสวิทช์และสามารถหาซื้อได้ในท้องตลาดได้ง่าย

อนาลอกสวิทช์ ที่มีในท้องตลาดมีหลายเบอร์แต่ที่เลือกมาใช้ คือ MC14066 เนื่องจากมีค่าความต้านทานขณะปิดวงจร 80 โอห์ม ซึ่งต่ำกว่า เบอร์ อื่น ๆ สำหรับรายละเอียดทางคุณ

สมบัติอื่น หาได้จากคู่มือ ไอซี ซีมอส



รูปที่ 4.29 ก. รูปแบบง่ายของ อนาลอกสวิทช์
ข. รูปเสมือน

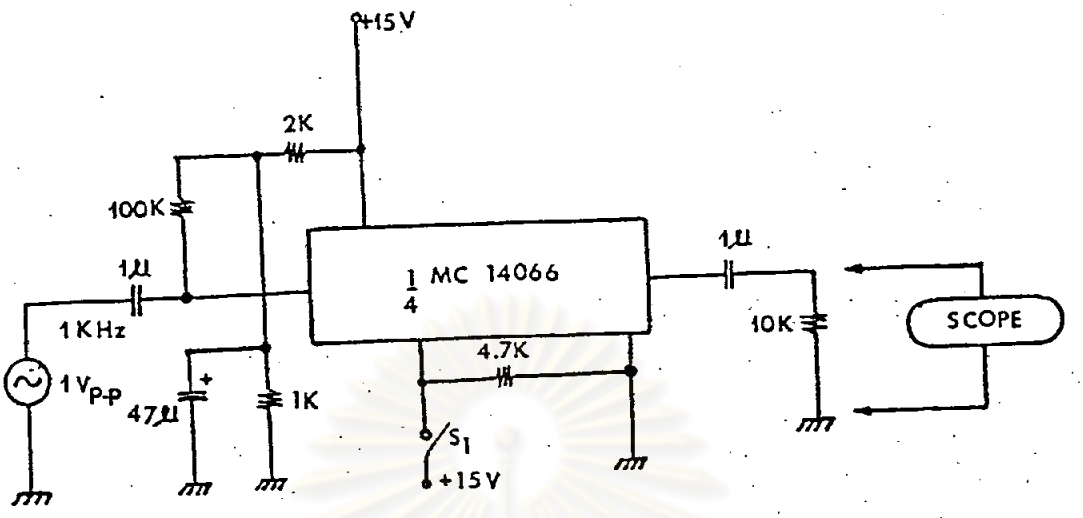
อนาลอกสวิทช์ ประกอบด้วย ขาสัญญาณเข้าและออก (สามารถสลับกันได้ และขาควบคุม โดยปกติ ถ้าขาควบคุมมีศักย์เท่ากับ กราวด์ (ขา 7 ของ ไอซี) ความต้านทานระหว่างขาสัญญาณสูงมาก เสมือนสวิทช์ เปิดวงจรแต่ถ้าขาควบคุม มีศักย์ไฟ เท่ากับ Vcc ความต้านทานระหว่างขาสัญญาณ จะต่ำมาก (ประมาณ 80 โอหม์) เหมือนกับสวิทช์ปิดวงจร สำหรับ ขา Vcc นั้นสามารถจ่ายไฟได้ 3 - 15 โวลต์

ใน ไอซี MC14066 1 ตัว มีอนาลอกสวิทช์ 4 ตัว สามารถแทน อิลลิเมนต์ ได้ 2 อิลลิเมนต์ ในการใช้งานจริง ขาสัญญาณต้องไม่ให้แกว่งสูงเกิน Vcc หรือ ต่ำกว่า กราวด์ มิฉะนั้น อนาลอกสวิทช์จะเสียได้

4.2.2 การทดลองใช้ อนาลอกสวิทช์ ในการตัดต่อวงจร

4.2.2.1 การทดลองใช้ อนาลอกสวิทช์ MC14066

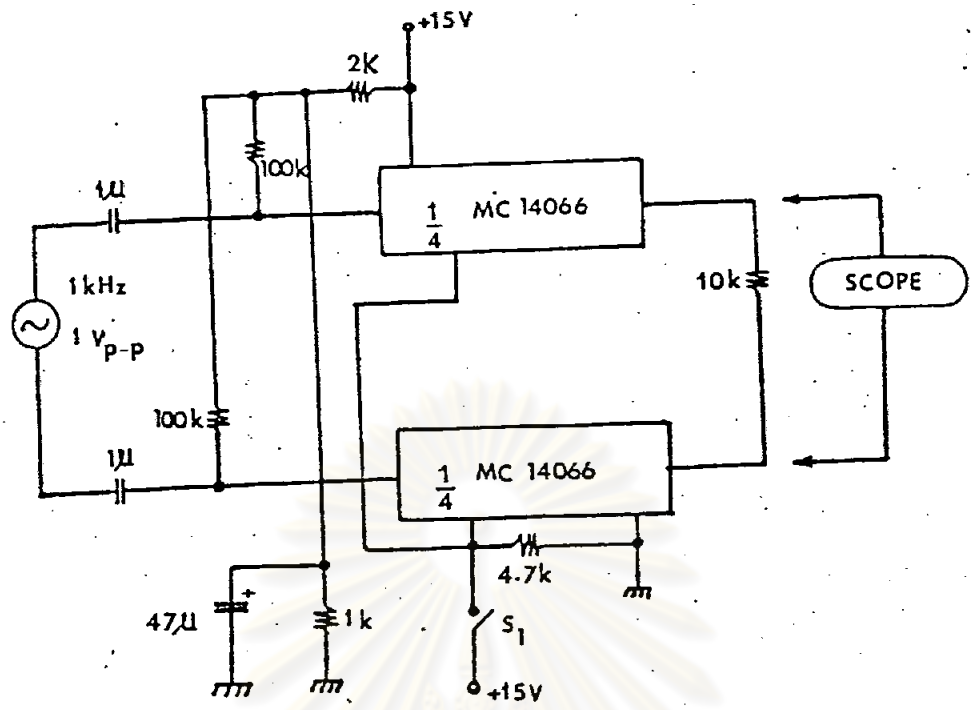
จากเนื้อความคิดดังกล่าวนี้ ได้ทดลอง ใช้อนาลอกสวิทช์ตัดต่อวงจร โดยการป้อนสัญญาณความถี่ 1000 เฮิทช์ แล้ววัดเอาท์พุทด้วย ออสซิลโลสโคป ดังรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 การทดลองใช้ อนาลอกสวิทช์ ศึกษาวงจร

จากรูป การทดลองบ้อนความถี่ รูป ซายน์ 1000 เฮิทซ์ 1 โวลต์ พีค ทู พีค แล้ววัดเอาท์พุทด้วย ออสซิลโลสโคป โดย S_1 ต่ออยู่กับ ขาควบคุม เพื่อให้ศักย์ไฟกับขาควบคุม ในขณะที่ขาควบคุมเป็นโลจิก 0 นั้น จะไม่มีเอาท์พุท ใดออกมา แต่เมื่อขาควบคุมเป็นโลจิค 1 ก็จะได้เอาท์พุท ตามอินพุท และสังเกตดูจากออสซิลโลสโคปก็ไม่มีการลดขนาดสัญญาณด้วย ต่อมาทดลองใช้อนาลอกสวิทช์สองตัว

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.30 ทดลองใช้ อนาลอคสวิทช์ 2 ตัว ตัดต่อวงจร

การตัดต่อวงจรโทรศัพท์จริงนั้น ต้องทำการตัดต่อวงจร 2 ข้างสาย ดังที่กล่าวมาแล้ว ดังนั้นจึงทำการทดลองโดยใช้ อนาล็อคสวิทช์ ตัดต่อวงจร โดยป้อนอินพุทระหว่างข้างทั้งสองแทนการป้อนเทียบกับกราวด์ ส่วนเอาพุทก็วัดที่ข้างทั้งสองเช่นกัน แล้วทดลองตามแนวการทดลองเดิม ได้ผลเช่นกัน

ต่อมาใช้ อินพุทจากสัญญาณเสียงที่ได้จากภาครับสถานะและ เอาท์พุท ก็ใช้สัญญาณเสียงของอีกเลขหมาย จากนั้นลองสนทนากัน ปรากฏว่าผลการทดลองสามารถสนทนากันได้ และสามารถตัดวงจร โดยใช้ S_1 ควบคุม ซึ่งขณะตัดวงจรคู่สนทนาไม่สามารถสนทนาได้

จากผลการทดลองสามารถยืนยันการนำเอา อนาลอคสวิทช์มาใช้แทน รีเลย์ ได้อย่างแน่นอน ซึ่งต้องมีการป้องกัน แรงดันของสัญญาณไม่ให้แกว่งเกินกว่า V_{cc} หรือต่ำกว่ากราวด์ เมื่อวัดศักย์ของสัญญาณเทียบกับกราวด์

4.2.2.2 ปัญหาในการใช้ อนาลอคสวิทช์ MC 14066

ในการนำ ไอซี อนาลอคสวิทช์ MC 14066 มาใช้งานต้องใช้ประกอบกับ แลทช์ —

(LATCH) เพื่อให้คงสภาพการตัดหรือต่อวงจร เมื่อระบบควบคุมสั่งการแต่ละครั้ง ดังนั้นสมมุติว่าต้องการ สวิทชิ่งเนทเวิค ขนาด 4 x 4 อิลลิเมนต์ 2 ชั้น ต้องใช้ อนาลอกสวิทช์อีก 8 ตัว และแลทช์ ขนาด 8 บิท 2 ตัว รวมเป็น ไอซี ที่ใช้ 10 ตัว ซึ่งก็นับว่าขนาดของสวิทชิ่งเนทเวิค ยังมีขนาดใหญ่ ซึ่งเมื่อรวมอุปกรณ์อื่นเข้าไปแล้ว ทำให้ระบบของชุมสายใหญ่ตามไปด้วย ดังนั้นจึงมีเหตุผลที่จะหา ไอซี เบอร์อื่นเพื่อทดแทน MC14066 ต่อไป

4.2.2.3 การเลือกใช้ อนาลอกสวิทช์ ชนิดพิเศษ

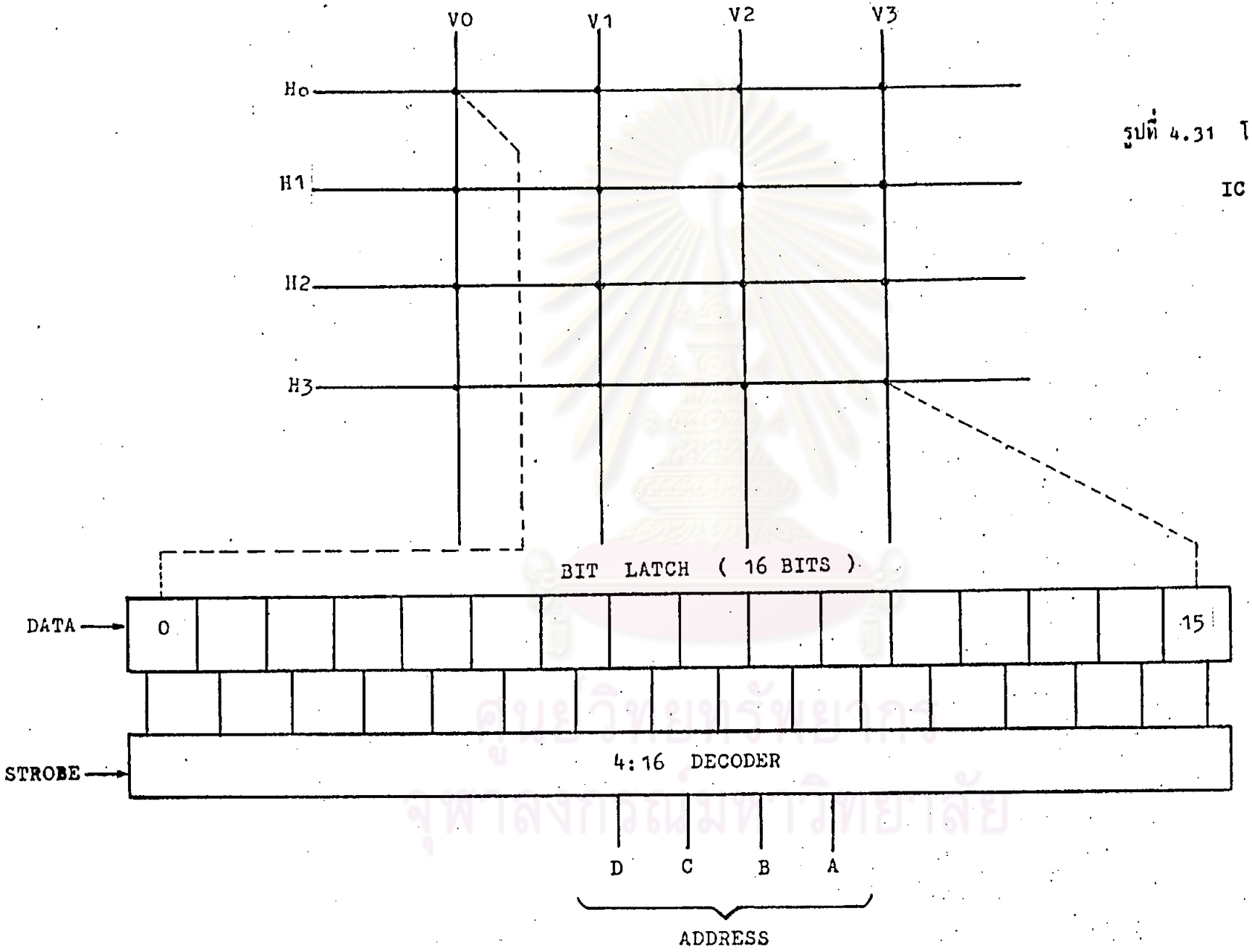
ในการหา อนาลอกสวิทช์ มาใช้ทดแทน MC14066 นั้น ต้องเลือกชนิดที่มีคุณสมบัติที่พิเศษกว่าเพื่อลดขนาดของสวิทชิ่งเนทเวิค เป็นผลให้ความผิดพลาดอันเนื่องจากการประกอบมีส่วนลดลงด้วย ไอซี ที่เลือกใช้ในที่นี้ คือ เบอร์ MC142100 ซึ่งมีคุณสมบัติพอสรุปได้ ดังนี้คือ

- เป็น อนาลอกสวิทช์ ชนิด 4 x 4 เมทริกซ์
- มีวงจร แลทช์ ภายใน

ดังนั้น ถ้าใช้เป็นสวิทชิ่งเนทเวิค ขนาด 4 x 4 อิลลิเมนต์ 2 ทิศทางแล้วจะใช้ ไอซี MC142100 เพียง 2 ตัว เท่านั้น แทนที่จะใช้ MC14066 8 ตัว กับ LATCH อีก 2ตัว ดังรูป 4.31

รูปที่ 4.31 แสดงโครงสร้าง ให้เห็นว่า ภายในเป็น อนาลอกสวิทช์ ซึ่งวางเรียงกันเป็นแบบ 4 x 4 เมทริช์ ซึ่งสามารถอ้างอิงด้วย แอดเดรส 4 บิท การปิดวงจรสำหรับ อนาลอกสวิทช์ตัวใด ต้องให้แอดเดรส ประจำอนาลอกสวิทช์นั้น กับให้ ขาข้อมูลเป็น 1 แล้วให้ สโตรปพัลช์ชนิดพัลช์บวก 1 พัลช์ ส่วนการเปิดวงจรก็ทำเช่นเดียวกันเพียงแต่ ขาข้อมูลเป็น 0 เท่านั้น สำหรับอนาลอกสวิทช์ตัวอื่น ๆ ก็ทำได้เช่นเดียวกัน และเป็นอิสระแก่กันด้วย

จากที่ได้กล่าวมาแล้ว จึงเป็นการเหมาะสมในการเลือกใช้ อนาลอกสวิทช์ เบอร์ 142100 สำหรับรายละเอียดของ ไอซี เบอร์นี้แสดงในภาคผนวก ซ.



รูปที่ 4.31 โครงสร้างของ IC MC 142100

4.2.3 การออกแบบวงจรสวิทชิ่งเนทเวิค

4.2.3.1 โครงสร้างของสวิทชิ่งเนทเวิค (10),(11),(18)

จากที่ได้กล่าวมาแล้ว สวิทชิ่งเนทเวิค คือ แหล่งรวมการต่อคู่สายโทรศัพท์ เข้ากับทางสายร่วมเพื่อต่อเข้ากับคู่สายภายในด้วยกัน หรือต่อออกภายนอก แม้แต่สัญญาณสถานะก็ต่อผ่านทางสายร่วม ดังนั้น แมทริกซ์ ของสวิทชิ่งเนทเวิค จะเท่ากับ จำนวนเลขหมาย คูณ จำนวนทางสายร่วมทั้งหมด เช่น มี จำนวนคู่สาย 64 คู่สาย ทางสายร่วมทั้งหมด 16 ทางสายร่วมสวิทชิ่งเนทเวิค จะมีขนาด 64 x 16 แมทริกซ์ โครงสร้างของสวิทชิ่งเนทเวิคในลักษณะนี้ เรียกว่าเป็นแบบ ฟูลแมทริกซ์ (FULLMATRIX)

ยังมีสวิทชิ่งเนทเวิคอีกชนิดหนึ่ง ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการใช้สำหรับการลดขนาดของจำนวนคู่สาย ให้น้อยลง ก่อนส่งเข้าภาคสวิทชิ่งเนทเวิค เรียกว่า ไลน์ คอนเซนเตรท (LINE - CONCENTRATE)ตัวอย่างการใช้งานนี้ นิยมใช้ในชุมสายรุ่นใหม่ ๆ โดยมากจะเป็นชุมสายของบริษัท NEC เช่น รุ่น NEAX 22 เป็นต้น

ลักษณะ การทำ ไลน์ คอนเซนเตรทนั้น มักจะใช้ในระบบชุมสายขนาดใหญ่มีจำนวนคู่สายมากมาย จึงแบ่งคู่สายที่ผ่านจากภาครับสถานะโทรศัพท์ (LC) เป็นเฟรม แต่ละเฟรมจะลดจำนวนด้วยการทำแมทริกซ์ ให้มีทางสายร่วมน้อยลง อาจเป็นอัตราส่วน 2:1 หรือ 3:1 จากนั้นจึงนำเอาทางสายร่วมแต่ละเฟรมมาเข้า สวิทชิ่งเนทเวิคแบบไทม์ ดิวิชั่น (TIME DIVISION) อีกครั้ง

สำหรับในวิทยานิพนธ์นี้ เป็นระบบชุมสายขนาดเล็ก จึงไม่จำเป็นต้องทำ ไลน์ คอนเซนเตรท ดังนั้น จึงใช้ สวิทชิ่งเนทเวิค แบบ ฟูลแมทริกซ์ โดยมีโครงสร้างของสวิทชิ่งเนทเวิค ดังรูป 4.32 ซึ่งเป็นชนิด 16 X 12 แมทริกซ์ และสามารถแบ่งเป็นทางสายร่วมได้ คือ

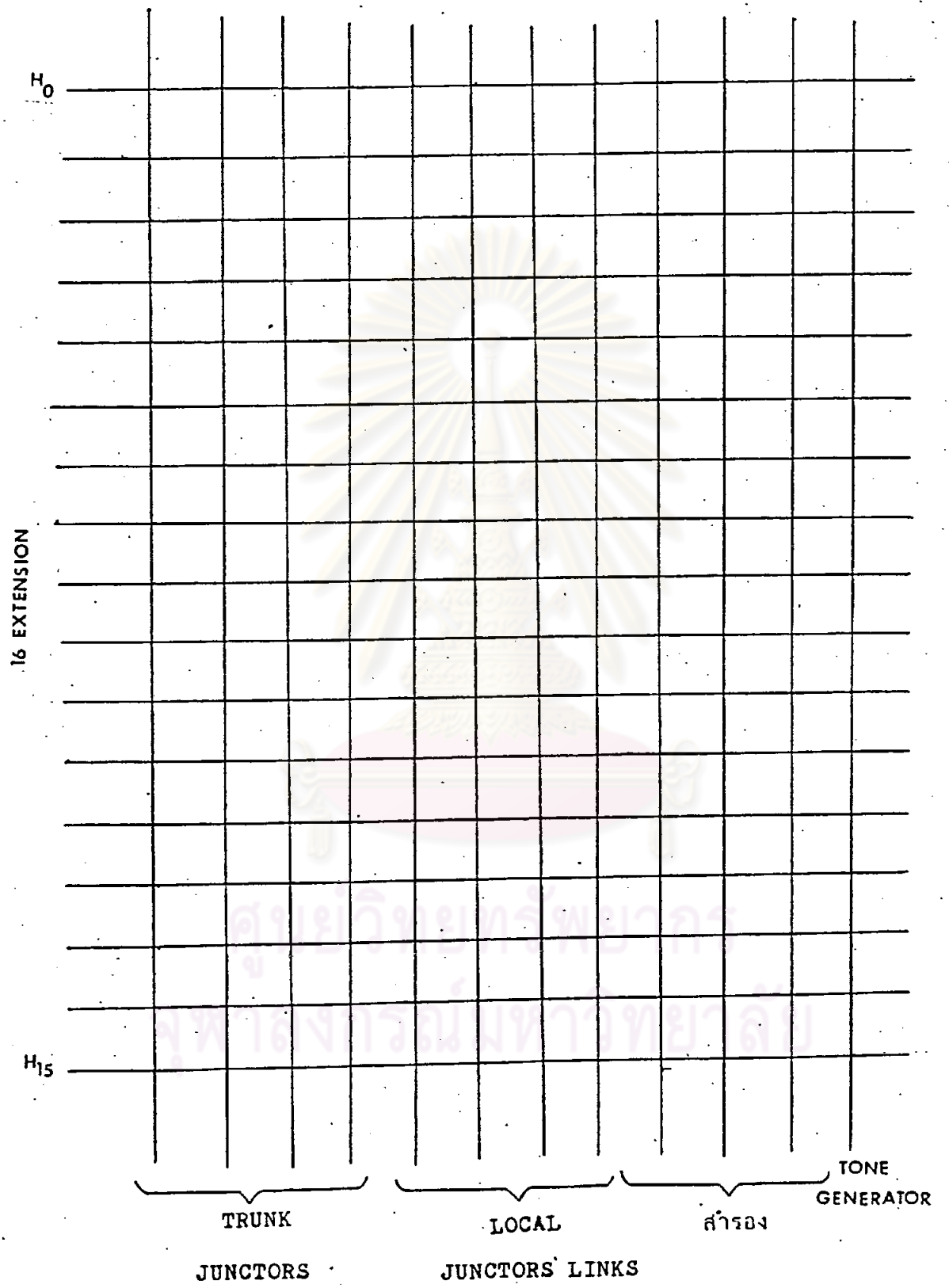
ก. ทางสายร่วม สำหรับต่อกับชุมสายภายนอก

ข. ทางสายร่วมภายใน

ค. ทางสายร่วมของสัญญาณเสียงบอกสถานะ

ง. ทางสายร่วมสำรอง

โดย เส้นทางแนวนอนจะแทนคู่สายโทรศัพท์ และเส้นทางแนวตั้งแทน ทางสายร่วม เมื่อแทนทางสายร่วมด้วย ไอซี MC 142100 แล้วจะต้องใช้ ไอซี ทั้งหมด 24 ตัว



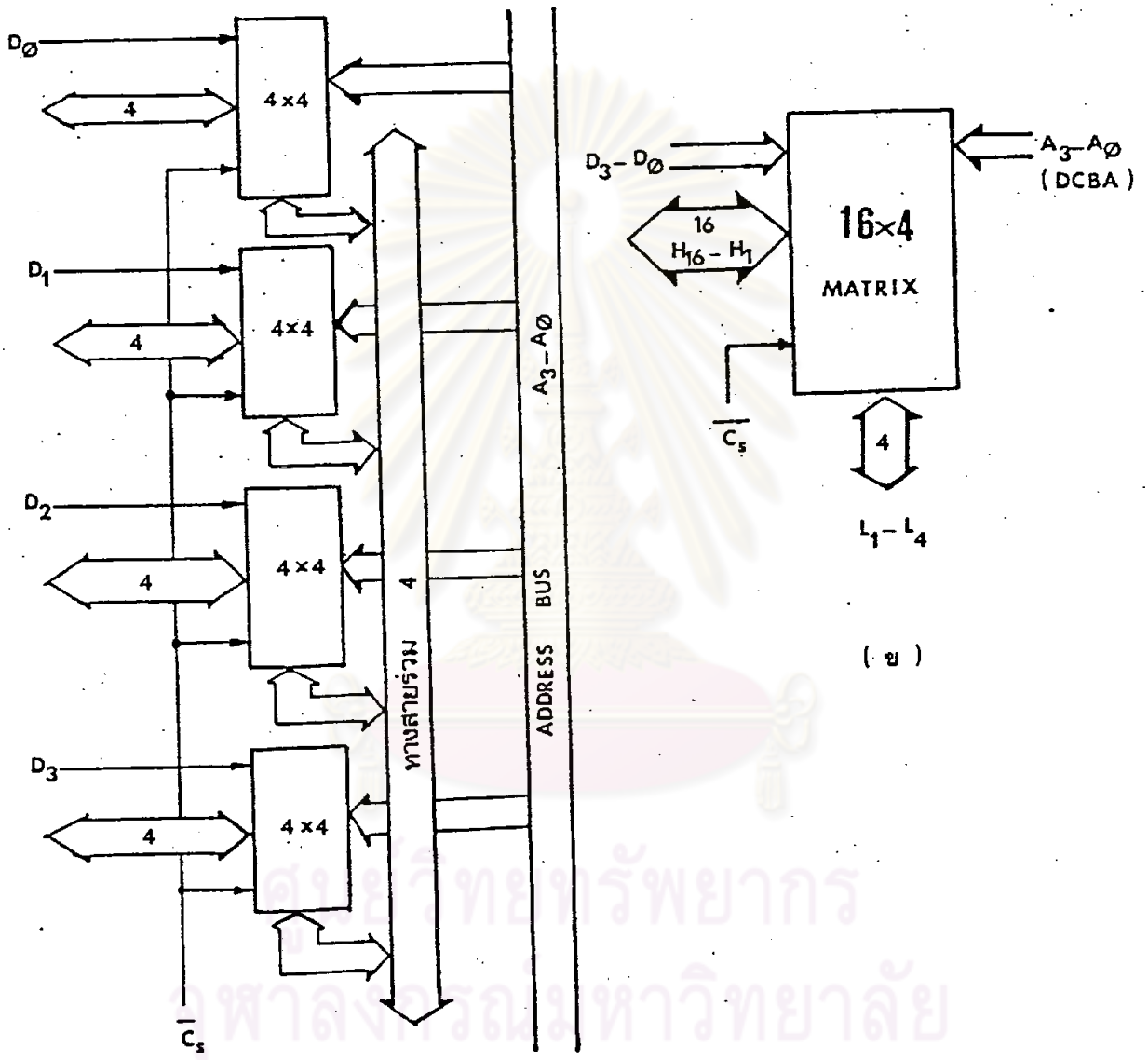
รูปที่ 4.32 โครงสร้างสวิทชิ่งเนทเวิค

4.2.3.2 การออกแบบตามโครงสร้าง

จากโครงสร้างของสวิทชิ่งเนทเวิค ดังกล่าวแล้ว สามารถ อธิบายได้เป็นส่วน ๆ ดังนี้

ก. เมทริกซ์ที่เล็กที่สุด คือ ไอซี MC 142100 1 ตัว เป็นแบบ 4 × 4 เมทริกซ์

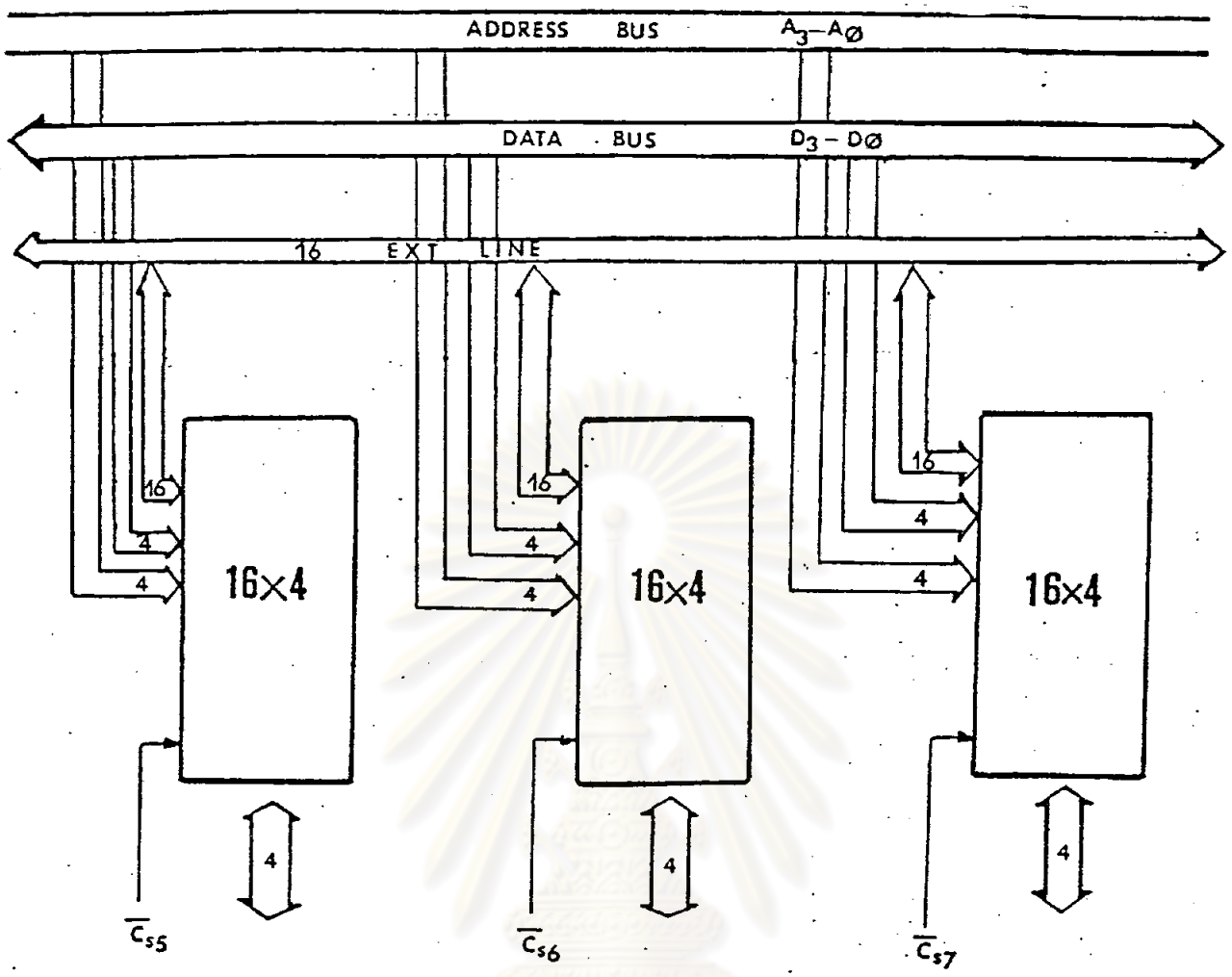
ข. ในกรณีที่ต้องการ เมทริกซ์ ขนาด 16 X 4 เมทริกซ์ แล้วต้องใช้ ไอซี MC 142100 4 ตัว โดยให้มีทางร่วม (หรือเส้นแนวตั้งร่วมกัน) ดังรูป 4.33 (ก) และ (ข)



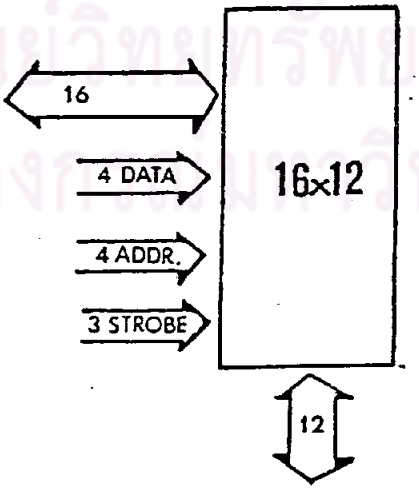
รูปที่ 4.33 (ก) MC 142100 4 ตัวต่อร่วมกันเป็น 16 X 4 เมทริกซ์

(ข) รูปเสมือนแบบง่าย จากข้อ (ก)

จากรูป 4.33 (ข) เป็น บล็อค ขนาด 16 X 4 เมทริกซ์ ประกอบด้วยสายสัญญาณเข้า 16 เส้น สายสัญญาณออก 4 เส้น สัญญาณจาก บัสข้อมูล D_3-$D_\emptyset$ จำนวน 4 เส้น สายแอดเดรสจาก บัสแอดเดรส A_3-$A_\emptyset$ 4 เส้น และสายสัญญาณสโตรบ 1 เส้น ดังรูป 4.34

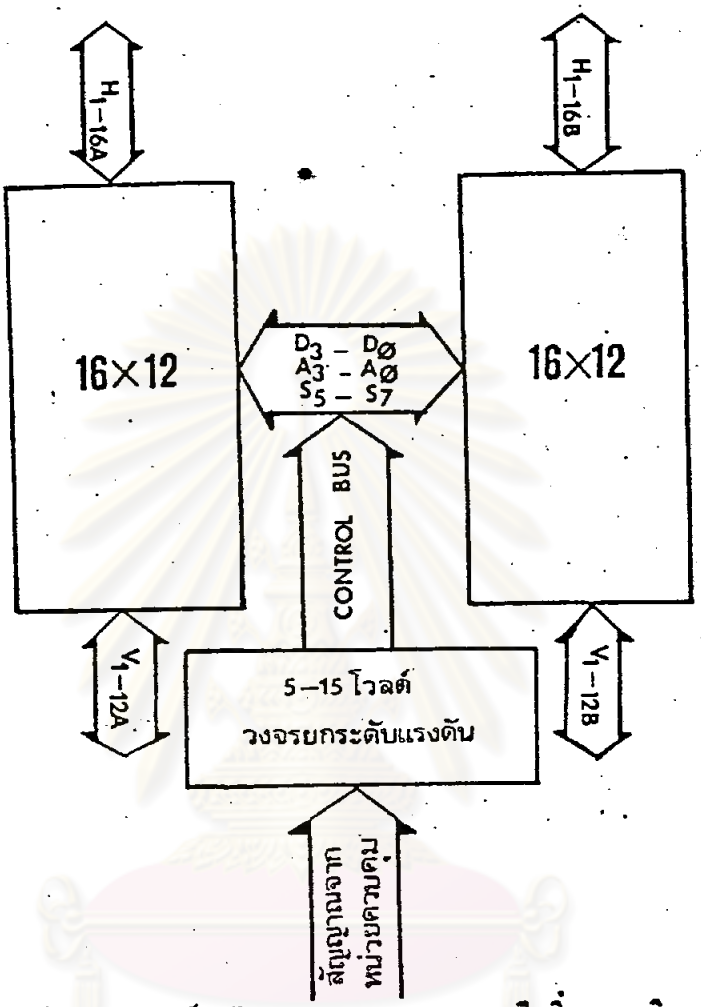


รูปที่ 4.34 รูป 16 X 12 เมทริกซ์



รูปที่ 4.35 บล็อคไดอะแกรม 16 X 12 เมทริกซ์

ในรูป 4.35 เมื่อรวมทั้งภาค 16 X 12 เมทริกซ์ จะได้บล็อค ดังกล่าว แต่เนื่องจากว่า การต่อคู่สายทำการต่อวงจร ทั้ง 2 เส้น จึงต้องมีบล็อคไดอะแกรม ในรูป 4.36



รูปที่ 4.36 บล็อคไดอะแกรมของวงจร สวิทชิ่งเมทเวิค

ในรูป 4.36 เป็นบล็อคไดอะแกรม ของวงจรสวิทชิ่งเมทเวิค 2 ชุด ต่อร่วมกัน โดยใช้กลุ่มของสัญญาณควบคุม ชุดเดียวกัน โดยต่อกับหน่วยควบคุม ผ่านวงจรยกระดับ แรงดันจาก 5 โวลต์ เป็น 15 โวลต์ เนื่องจาก MC 142100 ใช้แรงดัน 15 โวลต์ ดังนั้นสัญญาณควบคุมทั้งหมด (D_3-$D_\emptyset$, A_3-$A_\emptyset$ และ $\overline{C}_{S5}$-$\overline{C}_{S7}$ จากหน่วยควบคุม) จึงต้องยกระดับ ด้วยวงจรยกระดับ ซึ่งเป็นเพียง ไอซี บัฟเฟอร์ เบอร์ MC 14504 TTL TO CMOS LEVEL SHIFTER เท่านั้น สำหรับในรายละเอียดของวงจรแสดงในภาคผนวก

4.2.3.3 <u>การควบคุมการต่อ</u>

ก. สัญญาณ จาก บัสข้อมูล D_3-$D_\emptyset$ เป็นข้อมูลสำหรับการเปิดหรือปิดวงจร

โดยที่ $D_{\emptyset}$ สำหรับ H_1- H_3

D_1 สำหรับ H_4- H_7

D_2 สำหรับ H_8- 12

D_3 สำหรับ H_{13}- H_{16}

ข. สัญญาณเลือกกลุ่ม $\bar{C}_{s5}$- $\bar{C}_{s7}$ ใช้เลือกกลุ่มของทางสายร่วม กลุ่มละ 4 ทางสายร่วมคือ

$\bar{C}_{s5}$ เลือกกลุ่ม V_1- V_4

$\bar{C}_{s6}$ เลือกกลุ่ม V_5- V_8

$\bar{C}_{s7}$ เลือกกลุ่ม V_9- V_{12}

ค. บัสแอดเดรส A_3- $A_{\emptyset}$ เลือก อิลลิเมนต์ ใด ๆ ตามการอ้างอิง ของ แอดเดรส (1 ใน 16 ตัว)

ดังนั้นถ้าต้องต่อวงจรระหว่าง H_1 กับ V_1 จะต้องทำดังนี้คือ

- H_1 การเปิดวงจรทำโดย $D_{\emptyset}$ เป็นโลจิค 1 (ดูข้อ ก.)
- V_1 อยู่ในกลุ่ม $\bar{C}_{s5}$ ดังนั้นต้องอ้างกลุ่ม $\bar{C}_{s5}$ หรือพัลซ์สโครป จาก $\bar{C}_{s5}$ (ข้อ ข.)
- แอดเดรส A_3- $A_{\emptyset}$ ต้องเป็น $\emptyset$H ($\emptyset\emptyset\emptyset\emptyset$ ไบนารี) จากข้อ ค.

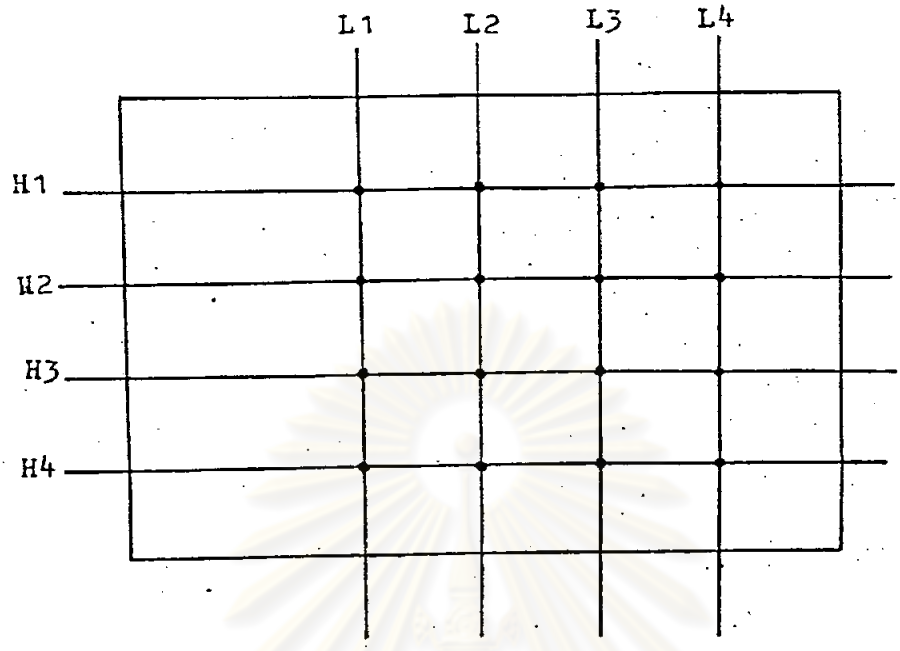
ในทางปฏิบัติจริง สัญญาณ $\bar{C}_{s5}$- $\bar{C}_{s7}$ มาจากสัญญาณเลือกจากวงจร ออดรหัสในหน่วยควบคุม ซึ่งออดรหัสจาก A_7- A_4 (วงจรหน่วยควบคุมในภาคผนวก) ดังนั้น ถ้าต้องการให้ H_1 กับ V_1 ต่อกัน เพียงแต่เอาท์พุทพอร์ท 5$\emptyset$H ด้วย $D_{\emptyset}$ เป็น 1 H_1 ก็จะต่อกับ V_1 ทันที ส่วนการตัดวงจรก็อ้าง แอดเดรสของพอร์ท เช่นเดียวกัน เพียงแต่ให้ $D_{\emptyset}$ เป็น $\emptyset$ เท่านั้น

สำหรับการสั่งการจริงจากหน่วยควบคุม จะทำการสั่งการทีเดียว ด้วยข้อมูล 4 บิท (ความจริงเป็น 8 บิท แต่ต่อเพียง 4 บิท เท่านั้น) ซึ่งรายละเอียดของ การสั่ง อธิบายในเรื่องของการเขียนโปรแกรม

4.2.3.4 การเลือกอิลลิเมนต์

เพื่อให้เข้าใจในการสั่งการเปิดปิดวงจร ของอิลลิเมนต์ ในสวิทชิ่งเนทเวิค จึงสรุปการสั่งการในหัวข้อนี้ โดยเริ่มต้น จาก การสั่งการ ใน ไอซี MC142100 ก่อน ดังรูปที่ 4.37 และ

ตารางที่ 4.1, 4.2



รูปที่ 4.37 โครงสร้าง ภายใน ไอซี MC14210

แอดเดรส		การเลือก
A_3	A_2	
0	0	H_1
0	1	H_2
1	0	H_3
1	1	H_4

ตารางที่ 4.1

การเลือกทางแนวนอน

แอดเดรส		การเลือก
A_1	A_0	
0	0	L_1
0	1	L_2
1	0	L_3
1	1	L_4

ตารางที่ 4.2

การเลือกทางแนวตั้ง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในรูปที่ 4.37 เป็นโครงสร้างของแมทริกซ์สำหรับ ไอซี MC142100 1ตัว ซึ่งประกอบด้วย สัญญาณควบคุม ขา แอดเดรสA_3- A_0 จำนวน 4 เส้น สัญญาณ DATA ซึ่งสั่งการปิดวงจรด้วย โลจิค 1 และเปิดวงจรโลจิค 0 จำนวน 1 เส้น กับ สัญญาณ สโตรป 1 เส้น ดังนั้น ถ้าต้องการ ให้ H_1 ต่อกับ L_1 แล้วสิ่งที่จะต้องทำก็คือ เลือก แอดเดรส จาก ตารางที่ 4.1 และ 4.2 กล่าวคือ ในการเลือก H_1 แล้ว (ดูตาราง 4.1) A_3 และ A_2 ต้องเป็น 00 และในการเลือก L_1 A_2 และ A_0 ต้องเป็น 00 ดังนั้น อิลลิเมนต์ ที่จะต่อ H_1 กับ L_1 คือ แอดเดรส 0000 H นั่นเอง จากนั้นให้ ขา DATA เป็น 1 พร้อมกับสโตรป 1 พัลซ์ ดังนั้น H_1 และ L_1 จะต่อกัน ด้วยอิลลิเมนต์ที่ถูกเลือก ดังกล่าว สำหรับการเปิดวงจร ใช้การเลือกเช่นเดียวกัน แต่ขา DATA เป็น 0 แทนที่จะเป็น 1 สำหรับการเลือกอิลลิเมนต์ อื่น ๆ ก็เช่นเดียวกัน

เมื่อรวมกลุ่มของ แมทริกซ์เป็น 16 x 4 แมทริกซ์ (ดูรูปที่ 4.33 ประกอบ) ซึ่งใช้ ไอซี MC 142100 จำนวน 4 ตัว ก็จะได้เส้นทางแนวนอน 16 เส้น (H_1- H_{16}) กับเส้นทางแนวตั้ง 4 เส้น (V_1- V_4) โดยขาแอดเดรส A_0- A_3 ต่อร่วมกันหมด รวมทั้งสาย สัญญาณสโตรบ ที่ต่อรวมกันด้วยเรียกว่า $\bar{C}_S$ โดยแยกสัญญาณ DATA ออกเป็น 4 เส้น คือ D_0- D_3 โดยที่ D_0 ควบคุม การเปิดปิดวงจรของ H_1- H_4, D_1 ควบคุม H_5- H_8, D_2ควบคุม H_9- H_{12} และ D_3 ควบคุม H_{13}-H_{16}ดังแสดงในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การแบ่งสัญญาณ DATA ในการควบคุม

การเลือกทางแนวนอน						การเลือกทางแนวตั้ง		
แอดเดรส		D_3	D_2	D_1	D_0	แอดเดรส		ทางสายรวม
A_3	A_2					A_1	A_0	
0	0	H_{13}	H_9	H_5	H_1	0	0	V_1
0	1	H_{14}	H_{10}	H_6	H_2	0	1	V_2
1	0	H_{15}	H_{11}	H_7	H_3	1	0	V_3
1	1	H_{16}	H_{12}	H_8	H_4	1	1	V_4

ในการจัดโครงสร้าง ของสวิทชิ่งเนทเวิคตามที่กำหนดไว้ ในรูปที่ 4.32 นั้น ก็คือ การรวมเอากลุ่มของ แมทริกซ์ 16 x 4 จำนวน 3 กลุ่ม เข้าด้วยกัน ดังรูป 4.34 โดยการใช้สัญญาณสโตรบ เป็นตัวแยกกลุ่ม เช่น กลุ่ม หางสายร่วม V_1- V_4 ใช้สัญญาณสโตรบ C_{s5} กลุ่ม V_{5-8} ใช้สัญญาณ C_{s6} และกลุ่ม V_9- V_{12} ใช้สัญญาณ C_{s7} ดังตารางที่ 4.4 ซึ่งเป็นตารางการเลือกหางสายร่วม โดยกำหนดจากสัญญาณสโตรบ

ตารางที่ 4.4 การเลือกหางสายร่วมโดยสัญญาณสโตรบ

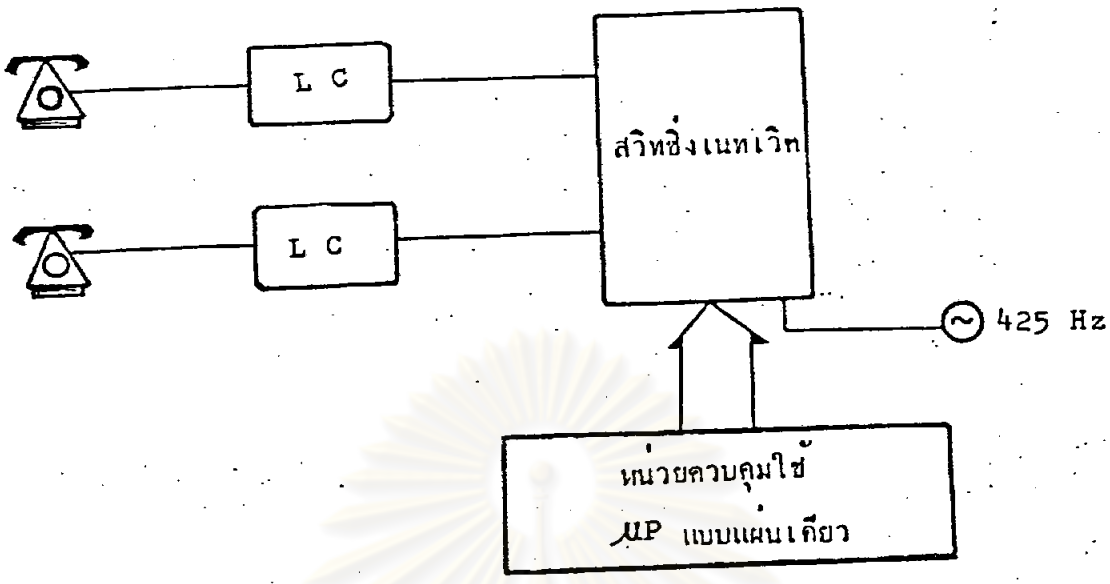
แอดเดรส		C_{s5}	C_{s6}	C_{s7}	หมายเหตุ
A_3	A_2				
0	0	V_1	V_5	V_9	ส่วนการเลือกทางแนวนอน
0	1	V_2	V_6	V_{10}	(H_1 - H_{16})
1	0	V_3	V_7	V_{11}	ใช้แอดเดรส A_0 - A_1
1	1	V_4	V_8	V_{12}	ประกอบกับ D_0 - D_3 เป็นตัวเลือก

สำหรับสัญญาณสโตรบ C_{s5}-C_{s7} นั้น ความจริงแล้ว ก็คือ สัญญาณเลือกพอร์ท จากหน่วยควบคุมนั่นเอง เช่น C_{s5} คือ กลุ่มแอดเดรสของพอร์ท ที่ขึ้นด้วย 5 เช่น พอร์ท 50 H หมายความว่า เป็นการเลือก C_{s5} แอดเดรส A_3, A_2, A_1, A_0 เป็น 0000 หรือ เมื่ออ้างชื่อ พอร์ท 6 5H หมายความว่า เลือก C_{s6} โดยแอดเดรสเป็น 0101 นั่นเอง

4.2.4 การทดสอบวงจร

4.2.4.1 การทดสอบการต่อวงจร

เมื่อประกอบวงจรตามแนวความคิด ในรูปที่ 4.36 แล้ว ก็ทำการทดสอบ โดยต่อสัญญาณเสียงที่ออกจาก ภาครับสถานะ (LC) มาทดลอง ติดต่อกันโดยผ่านภาคสวิทชิ่งเนทเวิค ดังรูปที่ 4.38



รูปที่ 4.38 การทดลองคัดต่อวงจร

จากการทดลองปรากฏว่า ในช่วงการคัดต่อวงจร ไม่มีการรบกวนและสามารถพูดสนทนากันได้ ปัญหาที่เกิดขึ้นก็คือ หน้าสัมผัส ระหว่างแผ่นวงจรพิมพ์กับคอนเนคเตอร์ถ้าไม่แน่นหรือสัมผัสไม่ดี การสนทนาจะขาดหาย และมีสัญญาณรบกวนด้วย

4.2.4.2 การทดสอบป้อนความถี่ 425 Hz

จากรูป 4.38 ทดลองป้อนความถี่ 425 Hz เพื่อกำเนิดเสียงสัญญาณหน้าปัด แล้วสั่งต่อวงจรเข้ากับเครื่องโทรศัพท์ ได้ยินเสียงชัดเจนดี ส่วนเครื่องโทรศัพท์ที่ไม่ได้สั่งต่อวงจรไม่สามารถรับสัญญาณได้ ต่อมาทดลองคัดต่อสัญญาณ เป็นช่วง ๆ เหมือนกับการกำเนิดสัญญาณไม่วาง ก็ได้ผลดี เช่นกัน และไม่มีการรบกวนกันระหว่างเลขหมาย

จากการได้ทดลองออกแบบสร้างวงจรสวิทชิ่งเนทเวิคตามแนวความคิดที่ได้กำหนดเอาไว้ ได้ผลดีตามความมุ่งหมาย

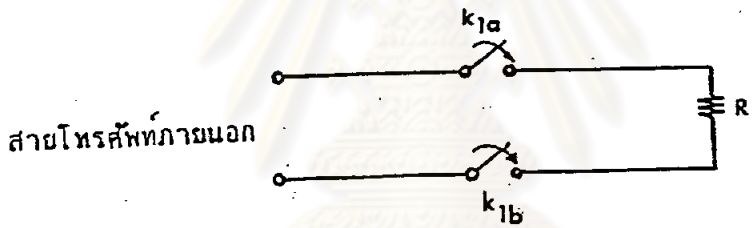
4.3 วงจรเชื่อมต่อ กับชุมสายภายนอกแบบ 2 ทิศทาง

4.3.1 แนวความคิดในการเชื่อมต่อ

ในการเชื่อมต่อกับชุมสายภายนอกนั้น ตัวเชื่อมต่อ TRUNK ต้องทำตัวเหมือนกับเป็นเครื่องโทรศัพท์ 1 เครื่อง คือ มีวงจรรับสัญญาณกระดิ่ง มีตัวทำลูปให้กับวงจรคู่สาย กับมีตัวส่งสัญญาณหน้าปัด ตัววงจรเป็นหัวง ๆ ส่วนในการเชื่อมต่อสัญญาณพูดนั้น ต้องเชื่อมต่อด้วยหม้อแปลง เพื่อไม่ให้ไฟตรงของระบบชุมสาย เกี่ยวพันกันด้วย

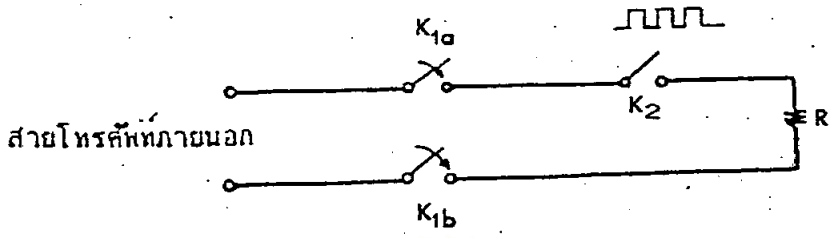
4.3.1.1 วงจรเรียกออกภายนอกชุมสาย

การเรียกออกภายนอกชุมสายนั้น ปกติแล้ว ถ้าเป็นโทรศัพท์เมื่อยกหูโทรศัพท์จะทำให้เกิดการครบวงจรของคู่สาย โทรศัพท์ ดังนั้น ในที่นี้ หรั้งค์ ภายนอกที่จะทดลองนี้ ต้องมี รีเลย์สำหรับต่อกับคู่สายโทรศัพท์เพื่อต่อให้กับตัวต้านทาน ดังรูปที่ 4.39



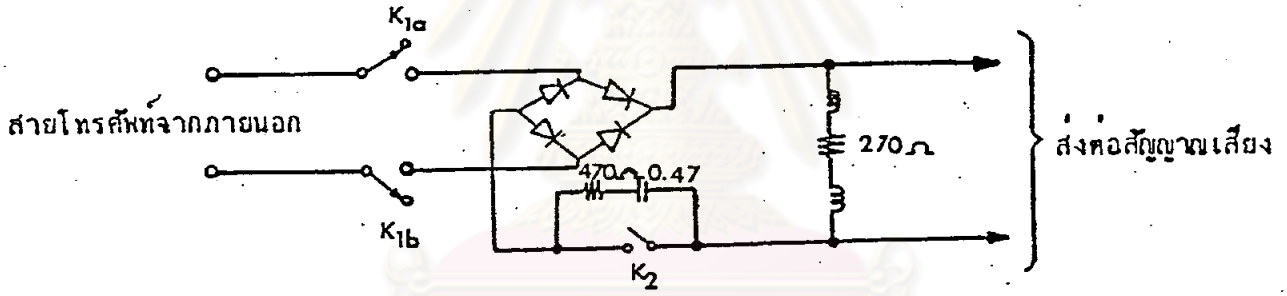
รูปที่ 4.39 การทำให้ครบวงจรคู่สายโทรศัพท์

จากรูปที่ 4.39 เมื่อ รีเลย์ $K_{1a,b}$ ต่อวงจรเข้ากับตัวต้านทาน จะทำให้เกิดการครบวงจรของสายโทรศัพท์ภายนอก ขณะนี้ เปรียบเสมือนการ ยกหูโทรศัพท์ เมื่อจะมีการวางหู รีเลย์ก็ทำการเปิดวงจร สำหรับการหมุนหน้าปัด นั้น ก็คือ การทำให้วงจรขาดเป็น ช่วง ๆ ในแนวความคิดนี้ก็คือ เพิ่ม รีเลย์ ตัวใหม่เข้าไปเพื่อสำหรับใช้ในการหมุนหน้าปัด ดังรูปที่ 4.40



รูปที่ 4.40 การเพิ่ม รีเลย์ เพื่อการตัดต่อวงจรเสมือนการหมุนหน้าปัด

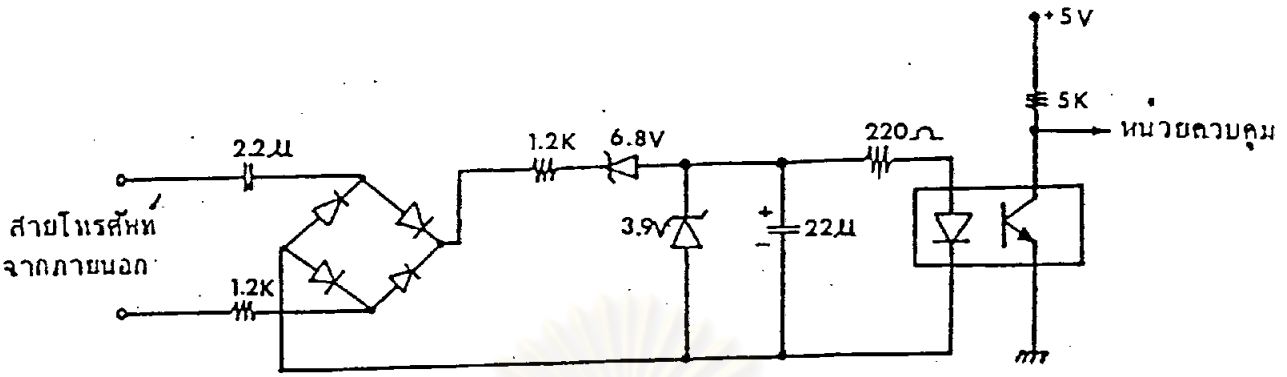
จากแนวความคิดนี้ สามารถออกแบบวงจร ได้ดังรูปที่ 4.41



รูปที่ 4.41 วงจรลูป ของชุมสายภายนอก

4.3.1.2 <u>วงจรรับสัญญาณเรียกจากภายนอก</u>

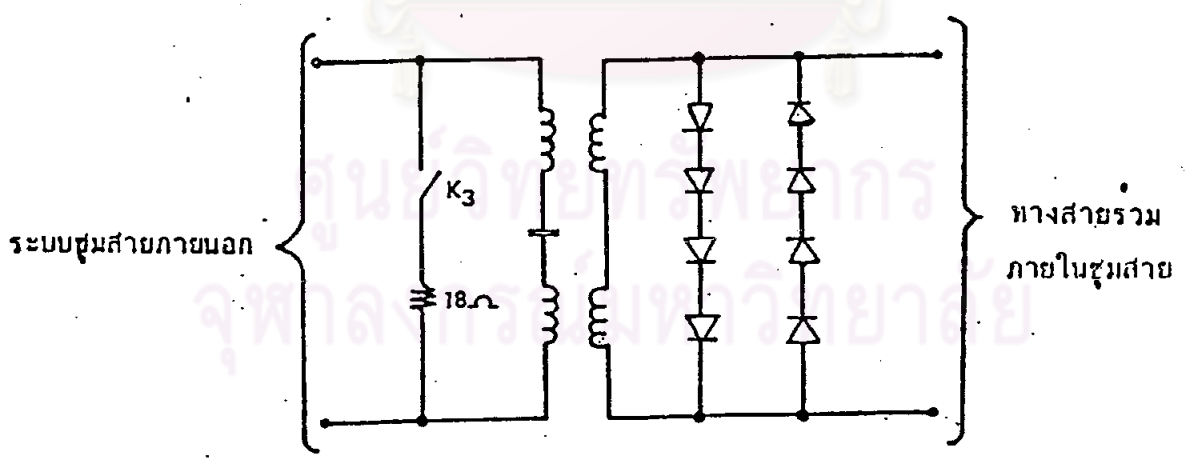
ในการ ที่ชุมสายภายนอกเรียกเข้ามานั้น จะทำการส่งไฟสลับขนาด 80 – 90 โวลต์ เข้ามาเพื่อให้กระดิ่งสัญญาณดังขึ้น ดังนั้น ทรั้งค์จะต้องการทำการแปลงสัญญาณไฟสลับดังกล่าว ให้เป็นระบบสัญญาณที่หน่วยควบคุมสามารถรับทราบได้



รูปที่ 4.42 วงจรรับสัญญาณกระดิ่ง

4.3.1.3 การเชื่อมต่อสัญญาณพูด

ในการเชื่อมต่อสัญญาณพูดเป็นการเชื่อมต่อระหว่าง สัญญาณพูดของระบบชุมสายภายนอก เข้ากับระบบชุมสวยสาขา โดยการเชื่อมต่อด้วยหม้อแปลง ดังรูปที่ 4.43 ส่วน รีเลย์ K_3 สำหรับปิดวงจรขณะทำการหมุนเพื่อตัดเสียงเนื่องจากการหมุน

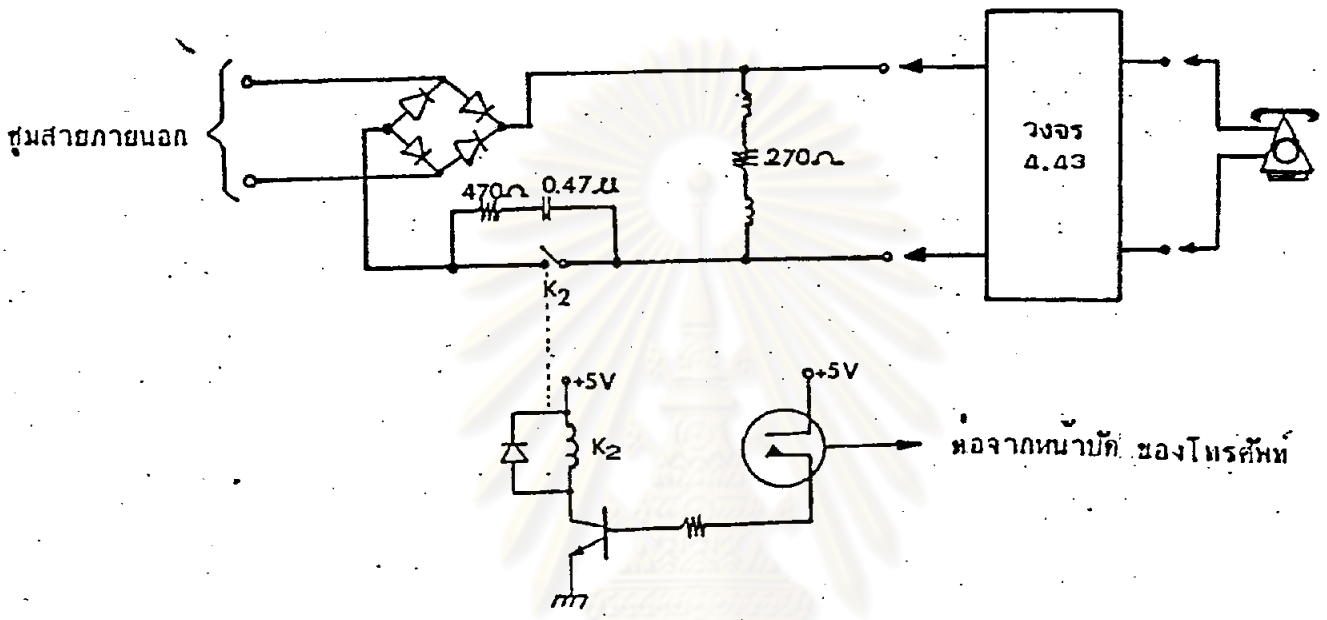


รูปที่ 4.43 การเชื่อมต่อสัญญาณพูด

4.3.2 การทดลอง

4.3.2.1 การทดลองเชื่อมต่อภายนอก

จากแนวความคิดข้างต้นได้ทำการทดลองวงจร โดยต่อเข้ากับชุมสายภายนอก ดังรูปที่ 4.44



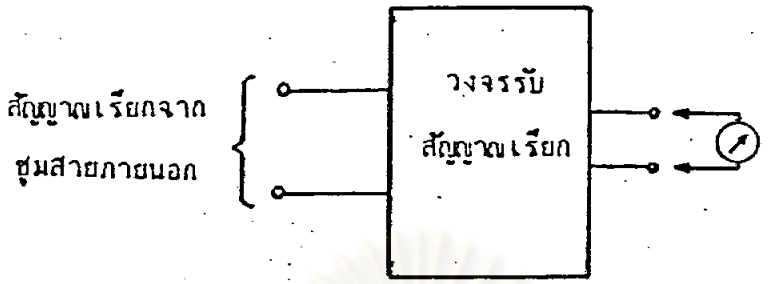
รูปที่ 4.44 การทดลอง หมุนหน้าปัด โทรศัพท์

จากรูปที่ 4.44 ทดลองใช้สวิทช์การหมุนหน้าปัด โทรศัพท์ มาควบคุม รีเลย์ สำหรับตัดต่อวงจร แทนการหมุนหน้าปัดจริง ปรากฏผลว่า สามารถหมุนส่งพัลซ์ จากการตัดต่อวงจรของ รีเลย์ ตามจังหวะการหมุนของหน้าปัด โทรศัพท์ และ ชุมสายโทรศัพท์ ภายนอกก็สามารถรับพัลซ์จากการส่ง พัลซ์ จาก รีเลย์ ได้ด้วย

ต่อมาทดลอง เชื่อมต่อเข้ากับวงจร ในรูป 4.43 ก็สามารถสนทนากันระหว่างหมายเลขจากชุมสายภายนอก กับโทรศัพท์ที่ทดลองรับฟังสัญญาณได้

4.3.2.2 การทดลองเรียกจากชุมสายภายนอก

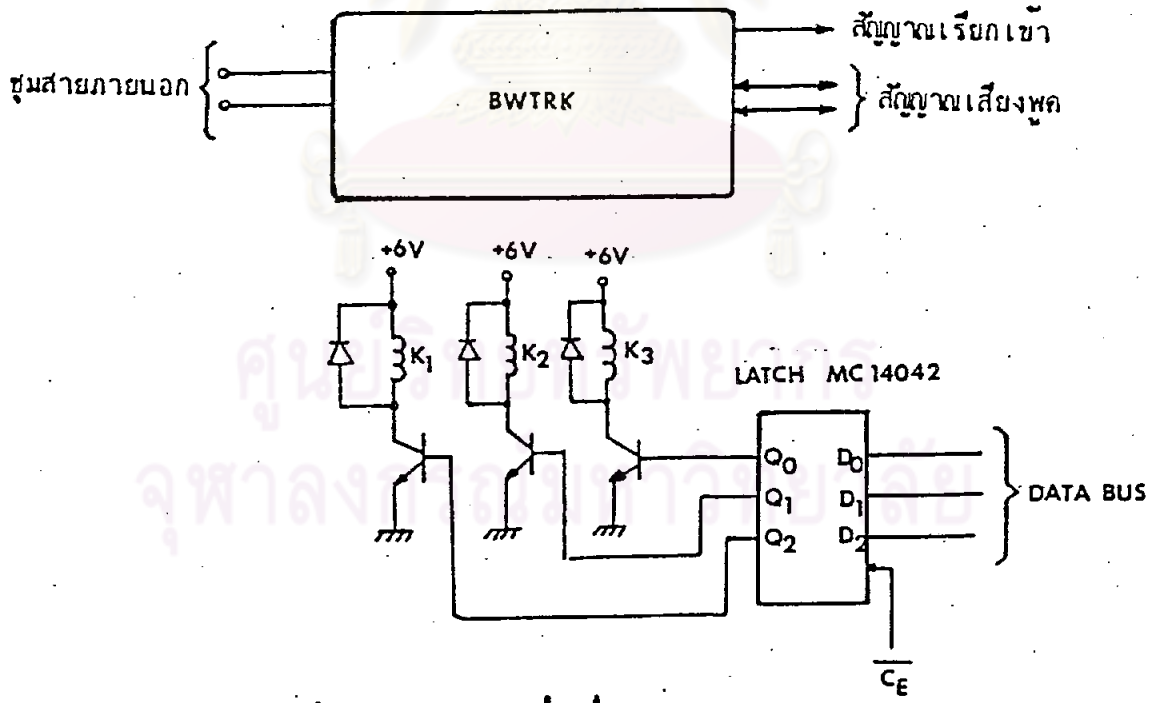
จากรูปที่ 4.42 ทำการเรียกจากชุมสายภายนอก เข้ามายังวงจร แล้วใช้มัลติมิเตอร์วัดเอาท์พุท สามารถ รับสัญญาณการเรียกได้



รูปที่ 4.45 การทดลองเรียกเข้ามาจากชุมสายภายนอก

4.3.3 การออกแบบวงจรเชื่อมต่อกับชุมสายภายนอก

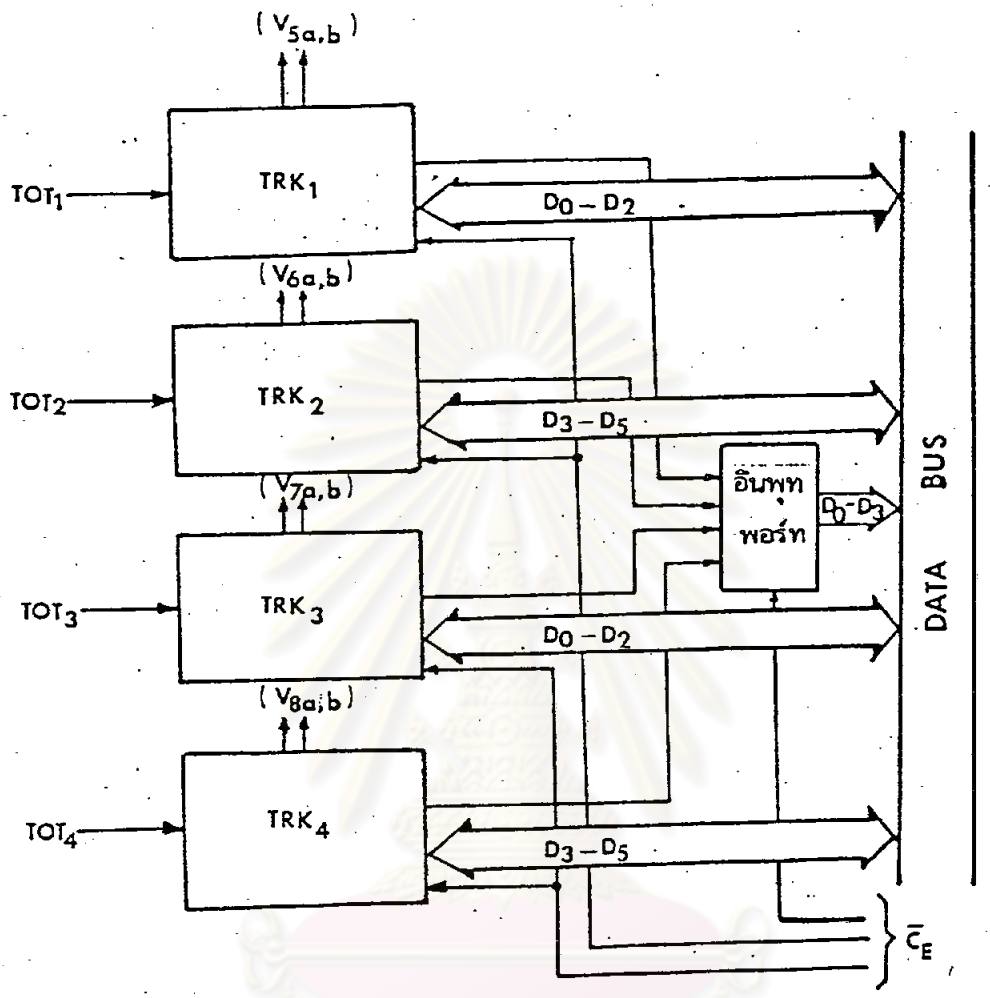
เมื่อได้ทดสอบตามแนวความคิดแล้ว ก็นำเอาวงจรต่าง ๆ มาประกอบเข้าด้วยกัน ดังรูปที่ 4.46



รูปที่ 4.46 วงจรเชื่อมต่อกับชุมสายภายนอก

สำหรับในตู้ชุมสายสาขาของวิทยานิพนธ์ นี้ ได้กำหนดจำนวน ทรังค์ ไว้ 4 ทรังค์ ประกอบ

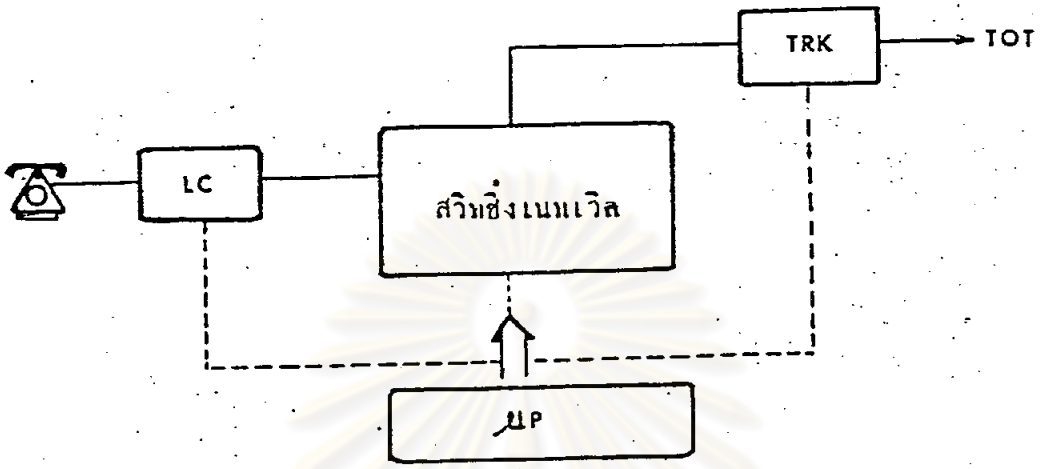
กันเป็นรูปที่ 4.47



รูปที่ 4.47 การรวมระบบ เชื่อมต่อภายนอก

4.3.4 การทดสอบวงจร

ในการทดสอบวงจร ใช้การทดสอบในรูป ที่ 4.48 โดยการต่อวงจร ทรั้งค์ เข้ากับโทรศัพท์ ผ่านภาคสวิทชิ่งเนทเวิค ปรากฏผลสามารถสนทนากันได้



รูปที่ 4.48 การทดสอบวงจรเชื่อมต่อภายนอก

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย