ปีการศึกษา 2531

เครื่องเพิ่มการใช้งานโทรศัพท์โดยอาศัยรหัสสัญญาณกระดิ่ง

โดย

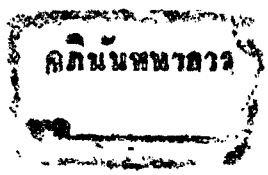
นาย เติมพงษ์ เพ็ชรกูล

นาย ธีระศักดิ์ วรมังคะรัตน์

นาย ภาณุวัฒน์ จิวรรจนะโรดม

อาจารย์ที่ปรึกษา

ดร. แดเนียล บรีน



ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2531

ภาควิชา อิเลคทรอนิคส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องเพิ่มการงานโทรศัพท์โดยอาศัยรหัสสัญญาณกระดิ่ง

ผู้จัดทำ

1. นายเติมพงษ์ เพ็ชรกูล 281080
2. นายธีระศักดิ์ วรมังคะรัตน์ 281087
3. นายภาณุวัฒน์ จิวรรจนะโรดม 281174

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ดร. แดเนียล บรีน)

023180

เครื่องเพิ่มการใช้งานโทรศัพท์โดยอาศัยรหัสสัญญาณกระดิ่ง

นายเติมพงษ์ เพ็ชรกูล
นายธีระศักดิ์ วรมังคะรัตน์
นายภาณุวัฒน์ จิวรรจนะโรดม
ดร.แดเนียล บรีน อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2531

บทคัดย่อ

เครื่องเพิ่มการใช้งานโทรศัพท์โดยอาศัยรหัสสัญญาณกระดิ่ง เป็นอุปกรณ์ทางอิเลคทรอนิคส์ เพื่อช่วยเพิ่มการใช้งานให้กับระบบชุมสายภายใน ที่มีคู่สายไม่เพียงพอแก่การใช้งาน โดยลักษณะการใช้งาน จะอาศัยการพ่วงโทรศัพท์เข้าด้วยกันทางผู้รับ และอุปกรณ์ชิ้นนี้จะใช้พ่วงกับโทรศัพท์ผู้ส่ง โดยอุปกรณ์นี้จะทำให้ผู้ส่งสามารถรับรหัสหมายเลขเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งหมายเลข ต่อท้ายหมายเลขปกติ และส่งรหัสสัญญาณควบคุมสัญญาณกระดิ่งไปทางผู้รับให้มีความแตกต่างกันตามรหัสตัวที่เพิ่มเข้ามา จะทำให้สามารถแยกแยะผู้รับได้ตามสัญญาณกระดิ่ง และสัญญาณกระดิ่งที่ใช้ยังคงมาจากชุมสายภายในเช่นเดิม

TELEPHONE SUBSTATION CODER

TOEMPONG PHETCHAKUL

THERASAK VORAMANGKARAT

PHANUVAT JIVATJANARODOM

DR. DANIEL BREEN ADVISER

ACADEMIC YEAR 1988

ABSTRACT

Telephone Substation Coder is a device that supplements the operation of a PABX in cases where the number of telephone numbers is insufficient. The Telephone Substation Coder operates by encoding ringing signals to the telephone line in order to indicate the destination telephone among a number of telephones connected together. It appends a single number to the old telephone numbers and controls the PABX to generate the ringing signal which discriminates the destination telephone.

สารบัญ

	บทคัดย่อ	
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	ทฤษฎี และหลักการ	3
บทที่ 3	การออกแบบวงจร และการสร้าง	15
บทที่ 4	การทดลอง และผลการทดลอง	35
บทที่ 5	บทวิจารณ์ และสรุป	39
	ภาคผนวก	40
	กิตติกรรมประกาศ	52
	หนังสืออ้างอิง	53

สารบัญภาพ

บทที่ 1

ภาพที่ 1.1 การนำเอา Telephone Substation Coder ต่วงกับโทรศัพท์ธรรมดา 1

ภาพที่ 1.2 การนำเอา Telephone Substation Coder ต่วงกับโทรศัพท์ตัว Operator 2

บทที่ 2

ภาพที่ 2.1 ลักษณะสัญญาณต่างๆ ของโทรศัพท์ 6

ภาพที่ 2.2 โฟลว์ชาร์ตแสดงแนวคิดการทำงานของวงจร Telephone Substation Coder 8

ภาพที่ 2.3 ลักษณะสัญญาณทางด้านผู้ส่ง และผู้รับ เมื่อกดเข้ารหัสคีย์แพ็ดเลข 2 9

ภาพที่ 2.4 ลักษณะสัญญาณทางด้านผู้ส่ง และผู้รับ เมื่อกดเข้ารหัสคีย์แพ็ดเลข 1 11

ภาพที่ 2.5 ลักษณะสัญญาณทางด้านผู้ส่ง และผู้รับ เมื่อกดเข้ารหัสคีย์แพ็ดเลข 3 12

ภาพที่ 2.6 ลักษณะสัญญาณกระดิ่งทางด้านผู้รับ เมื่อมีการกดเข้ารหัสคีย์แพ็ดเลข 1 , 2 , 3 ตามลำดับ 13

ภาพที่ 2.7 ลักษณะสัญญาณกระดิ่งทางด้านผู้รับ เมื่อไม่เข้ารหัสและต่อออกสายนอกตามลำดับ 14

บทที่ 3

ภาพที่ 3.1 โฟลว์ชาร์ตแสดงขั้นตอนการทำงานจริงของวงจร Telephone Substation Coder 16

ภาพที่ 3.2 ลักษณะการอ้างอิงรหัสของคีย์แพ็ด 17

ภาพที่ 3.3 ลักษณะการเก็บรหัสคีย์แพ็ดลงหน่วยความจำอย่างคร่าวๆ 18

ภาพที่ 3.4 วงจรหน่วยความจำที่ใช้เก็บรหัสคีย์แพ็ด 19

ภาพที่ 3.5 แผนภาพเวลาแสดงการควบคุมให้มีการเก็บรหัสคีย์แพ็ด 20
ภาพที่ 3.6 วงจรควบคุมช่วงเวลาการทำงานของ 21
ไอซี ดี ที เอ็มเอฟ เจนเนอเรเตอร์ 5089
ภาพที่ 3.7 วงจรตรวจสอบการกดคีย์แพ็ดครั้งที่ 3 23
ภาพที่ 3.8 วงจรเก็บข้อมูลคีย์แพ็ดสำหรับการกดคีย์แพ็ดครั้งที่ 3 24
ภาพที่ 3.9 ลักษณะสัญญาณกระดิ่งที่ปรากฏ ณ เลขหมายปลายทาง 25
สำหรับการเข้ารหัสในแบบต่างๆ
ภาพที่ 3.10 วงจรการส่งสัญญาณ ดี ที เอ็ม เอฟ เข้าไลน์โทรศัพท์ 26
ภาพที่ 3.11 ลักษณะของวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ 28
ภาพที่ 3.12 วงจรสร้างรหัสให้กับสัญญาณกระดิ่ง 30
ภาพที่ 3.13 วงจรรีเซตการทำงาน ณ สภาวะเริ่มต้นการทำงาน 31
ภาพที่ 3.14 วงจรจ่ายไฟสำหรับ Telephone Substation Coder 32
ภาพที่ 3.15 วงจรรวมของ Telephone substation Coder 33

บทที่ 4

ภาพที่ 4.1 ลักษณะพัลซ์ของสัญญาณกระดิ่งที่เกิดจากการทดลองจริงของตัว 38
Telephone Substation Coder ในการเข้ารหัสแบบต่างๆ

ภาคผนวก

ภาพที่ ผ.1 วงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบพลาสซีฟ ที่ใช้งาน 41
ภาพที่ ผ.2 วงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบแอคทีฟ ที่ใช้งาน 41
ภาพที่ ผ.3 ตารางช่วยในการพิจารณาค่าตัวเก็บประจุ ให้กับวงจรกรอง 42
ความถี่สูงผ่านแบบแอคทีฟ
ภาพที่ ผ.4 ตารางช่วยในการพิจารณาค่าตัวความต้านทาน ให้กับวงจร 43
กรองความถี่สูงผ่านแบบแอคทีฟ
ภาพที่ ผ.5 วงจร โทน ดีโค้ดเดอร์ 567 ที่ใช้งาน 44

ภาพที่ ผ.6 ตารางแสดงวิธีการคำนวณหาค่าตัวความต้านทาน และค่าตัวเก็บประจุ สำหรับการตั้งช่วงกว้างพัลซ์ให้กับตัวโมโนสเตเบิ้ล 46

ภาพที่ ผ.7 ลายปริ้นท์ของวงจร Telephone Substation Coder ส่วนที่ 1 ด้านบน 48

ภาพที่ ผ.8 ลายปริ้นท์ของวงจร Telephone Substation Coder ส่วนที่ 1 ด้านล่าง 49

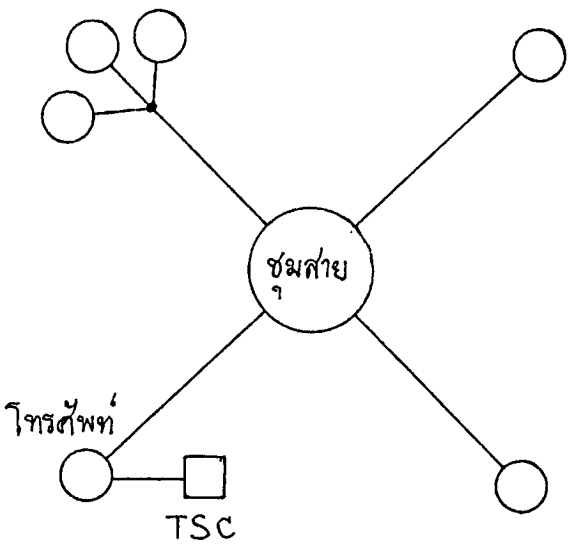
ภาพที่ ผ.9 ลายปริ้นท์ของวงจร Telephone Substation Coder ส่วนที่ 2 ด้านบน 50

ภาพที่ ผ.10 ลายปริ้นท์ของวงจร Telephone Substation Coder ส่วนที่ 2 ด้านล่าง 51

บทที่ 1

บทนำ

การใช้งานโทรศัพท์ในปัจจุบัน โดยเฉพาะในชุมสายย่อยภายใน บางครั้งประสบปัญหามีเลขหมายจำกัด และไม่พอเพียงแก่การใช้งาน จึงมีผู้ที่ต้องการใช้งานนำเอาเครื่องโทรศัพท์มาพ่วงหมายเลขที่มีอยู่เดิม เพื่อขยายการใช้งานให้เพียงพอแก่ความต้องการ แต่ก็ประสบปัญหาควบคู่กันไป คือ ผู้ที่ถูกติดต่อด้วยไม่อาจทราบว่าต้องการจะติดต่อกับผู้ใดที่ใช้เครื่องพ่วงหมายเลขเดียวกันอยู่ และในส่วนผู้ติดต่อก็ไม่สามารถที่จะเจาะจงไปว่าต้องการติดต่อกับใครโดยเฉพาะ

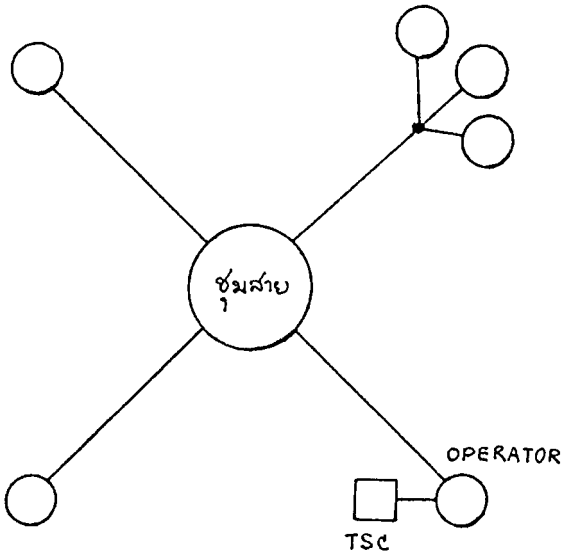


ภาพที่ 1.1 การนำเอา Telephone Substation Coder พ่วงกับโทรศัพท์ธรรมดา

เครื่องเพิ่มการใช้งานโทรศัพท์โดยอาศัยรหัสสัญญาณกระดิ่ง เป็นโปรเจ็คที่ทำงานร่วมกันกับเครื่องโทรศัพท์ทั่วๆ ไปชนิดกดปุ่ม เพื่อแก้ปัญหาข้างต้น โดยสามารถจำนวนผู้ใช้โทรศัพท์ให้มากขึ้น และไม่ต้องเพิ่มเลขหมายโทรศัพท์ในกรณีที่ชุมสายย่อยมีเลขหมายจำกัด อุปกรณ์ชิ้นนี้จะทำให้เสียงกระดิ่งโทรศัพท์ทางผู้รับมีความแตกต่างกันตามรหัสที่เราต้องการ ในที่นี้ เราใช้เพียง 3 รหัสเท่านั้น โดยอาศัยรหัสสัญญาณจากชุมสายเป็นตัวปล่อยสัญญาณกระดิ่งออกมา รหัสที่แตกต่างกันนี้ จะเจาะจงผู้รับที่แตกต่างกันด้วย และจะต้องมีการตกลงกันก่อน

ระหว่างผู้รับแต่ละคน กับผู้โทร ทำให้ผู้โทรสามารถติดต่อกับผู้รับคนใดคนหนึ่งได้โดยเฉพาะ

นอกจากการใช้งานกับโทรศัพท์ธรรมดาแล้ว เรายังสามารถประยุกต์เพื่อให้ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นได้ โดยใช้พ่วงกับโทรศัพท์ที่ตัวโอเปอเรเตอร์ ซึ่งในกรณีที่ผู้อื่นโทรเข้ามาให้โอเปอเรเตอร์ต่อสายภายในให้ ถ้าที่เครื่องของโอเปอเรเตอร์มีอุปกรณ์นี้อยู่ ก็จะสามารถเจาะจงไปยังผู้รับคนใดก็ได้ ทั้งที่ใช้เครื่องพ่วงอยู่และไม่ใช้ แต่จะต้องเพิ่มในบางส่วนเข้าไปเพื่อใช้งานกับโทรศัพท์ที่เครื่องโอเปอเรเตอร์ด้วย



ภาพที่ 1.2 การนำเอา Telephone Substation Coder พ่วงกับโทรศัพท์ตัว Operator

สำหรับในส่วนที่ทำนี้จะยังไม่เข้าไปใช้กับตัวโอเปอเรเตอร์ แต่จะใช้กับโทรศัพท์ธรรมดาเพียงอย่างเดียว และได้บอกแนวทางการประยุกต์ใช้กับตัวโอเปอเรเตอร์ไว้ด้วย สำหรับเนื้อหาภายใน แบ่งได้ 4 บท ด้วยกัน บทที่ 2 จะแสดงถึงทฤษฎี และหลักการโดยพื้นฐานที่จำเป็น ในบทที่ 3 จะเป็นการออกแบบวงจร และการสร้าง ในบทที่ 4 จะแสดงผลการทดลองที่ทำได้ และในบทที่ 5 เป็นบทวิจารณ์ และสรุป พร้อมทั้งแสดงการประยุกต์แก้ไขต่างๆ

บทที่ 2

ทฤษฎี และหลักการ

จากที่มีความต้องการในการติดต่อสื่อสารมากยิ่งขึ้น ทำให้เกิดการขาดแคลนเลขหมายของโทรศัพท์ และเพื่อเป็นการประหยัดเลขหมายโทรศัพท์ จึงได้มีผู้คิดระบบชุมสายภายในขึ้น ซึ่งนอกจากจะเป็นการประหยัดเลขหมายที่ต้องขอจากองค์การโทรศัพท์แล้ว ยังเป็นการประหยัดเงินค่าใช้จ่ายที่ต้องเสียให้กับองค์การโทรศัพท์ในการขอเลขหมายด้วย โดยที่การติดต่อสื่อสารของผู้ติดตั้งระบบชุมสายภายในนั้นๆ ยังเป็นไปโดยมีประสิทธิภาพ ทั้งนี้จากการพิจารณาถึงความเหมาะสมของการติดตั้งคู่สายภายนอก กับจำนวนคู่สายภายใน โดยอาศัยทฤษฎีทางคณิตศาสตร์ แต่ในบางครั้งพบว่า ระบบชุมสายภายในที่ติดตั้งในหน่วยงานหนึ่งๆ อาจมีไม่เพียงพอต่อการใช้งาน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการไม่คำนึงถึงการขยายตัวทางการสื่อสารในอนาคต หรืออาจเนื่องจากทุนรอนในการติดตั้งระบบ ที่ทำให้ต้องจำกัดขนาดของระบบให้เหมาะสมในสภาวะนั้นๆ ซึ่งปัญหานี้ บางแห่งก็แก้ไขโดยการเปลี่ยนระบบชุมสายภายในใหม่ให้มีขนาดใหญ่มากขึ้น โดยระบบเก่าก็โอนไปใช้ในหน่วยงานอื่นที่เหมาะสม หรือไม่ก็ขายคืนให้กับบริษัทผู้ขาย แต่ในกรณีที่ทุนรอนมีจำกัด หรือหน่วยงานนั้นๆ ไม่มีทุนสำหรับการขยายระบบทางด้านนี้ ก็มักจะแก้ปัญหา โดยการเอาโทรศัพท์หลายเครื่องมาพ่วงเข้าด้วยกัน (เราพิจารณาเฉพาะโทรศัพท์ที่พ่วงเข้าด้วยกันนั้น และมีผู้ใช้เป็นคนละคนกันเท่านั้น) ซึ่งก็นับว่าสามารถตอบสนองต่อความต้องการที่จะใช้งานโทรศัพท์ได้ดีพอควร แต่ก็จะเกิดปัญหาควบคู่กันไป อันเนื่องจากการพ่วงโทรศัพท์หลายเครื่องเข้าด้วยกัน จะไม่เป็นการเพิ่มคู่สายให้มากขึ้น ซึ่งถ้าในกรณีที่คู่สายนั้นๆ ทำหน้าที่เป็นผู้เรียก จะพบว่าไม่มีปัญหาในด้านการเรียกเลขหมายปลายทางอื่นๆ มากนัก ทั้งนี้เพราะเครื่องโทรศัพท์ที่พ่วงเข้าด้วยกันทุกเครื่องนั้น สามารถทำหน้าที่เป็นผู้เรียกได้ทุกเครื่อง (แต่ในเวลาหนึ่งๆ จะสามารถเป็นผู้เรียกได้เพียง 1 เครื่อง) แต่ในกรณีที่เครื่องโทรศัพท์ที่พ่วงเข้าด้วยกันนี้ทำหน้าที่เป็นผู้ถูกเรียก จะพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นมาโดยทันทีที่ว่า เครื่องโทรศัพท์ที่พ่วงอยู่ด้วยกันนั้น เครื่องไหนล่ะที่ยกหูขึ้นมาแล้วทำให้ผู้เรียกบรรลุจุดประสงค์

จากปัญหาที่เกิดขึ้น จากการที่ไม่สามารถแยกแยะผู้ถูกเรียกได้ ในกรณีที่ผู้ถูกเรียกมีโทรศัพท์หลายเครื่องพ่วงเข้าด้วยกัน ทำให้มีความคิดที่ว่า ถ้าเราสามารถสร้างรหัสสัญญาณ

กระดิ่งให้กับผู้ถูกเรียกได้โดยการที่ผู้เรียกกดคีย์แพ็ดเพิ่มขึ้นอีก 1 ตัว แล้วทำให้รหัสสัญญาณกระดิ่งที่ไปปรากฏ ณ ฝ่ายถูกเรียกมีลักษณะที่ต่างกันไป ก็สามารถทำให้บรรลุจุดประสงค์ของการเรียกได้ ทั้งนี้ โดยอาศัยการตกลงกันก่อน สำหรับเครื่องโทรศัพท์ที่พ่วงเข้าด้วยกันหลายเครื่องในฝ่ายถูกเรียกว่า รหัสสัญญาณกระดิ่งแบบนี้ หมายถึง โทรศัพท์เครื่องนี้เป็นผู้ถูกเรียก รหัสสัญญาณกระดิ่งลักษณะนี้ หมายถึง โทรศัพท์เครื่องนั้นเป็นผู้ถูกเรียก เป็นต้น

จากแนวความคิดดังกล่าว ทำให้ต้องพิจารณาถึงความเป็นไปได้ในการที่จะสร้างสัญญาณให้มีการเข้ารหัสทางเลขหมายปลายทาง ซึ่งได้พิจารณาออกเป็นกรณีได้ว่า เราอาจสามารถสร้างสัญญาณกระดิ่งในลักษณะดังกล่าว โดยการสร้างอุปกรณ์เพิ่มเข้าไปในส่วนของชุมสายภายใน หรืออาจสร้างเป็นอุปกรณ์พ่วงกับเครื่องโทรศัพท์ที่ จะทำหน้าที่เป็นผู้เรียก ซึ่งจะพิจารณาในลักษณะเป็นกรณีๆ ได้ดังนี้

- กรณีที่สร้างเป็นอุปกรณ์เพิ่มเข้าไปในชุมสายภายใน จำเป็นอย่างยิ่งที่ว่าอุปกรณ์ดังกล่าวจะต้องไปควบคุมให้ชุมสายภายใน ไม่ส่งสัญญาณกระดิ่งไปที่เลขหมายปลายทางโดยทันที แต่จะให้ส่วนชุมสายภายในรับรู้ถึงคีย์แพ็ดที่กดเพิ่มเข้าไปอีก 1 ตัว แล้วค่อยทำการส่งสัญญาณกระดิ่งไปยังเลขหมายปลายทาง โดยลักษณะของสัญญาณกระดิ่งที่ส่งไปนี้ เกิดจากการสร้างโดยอุปกรณ์ที่ต่อเพิ่มเข้าไปนี้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าการทำงานของอุปกรณ์นี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการทำงานของตัวมนสูงมาก เมื่อเทียบกับอีกวิธีหนึ่งที่จะกล่าวถึงต่อไป

- กรณีที่สร้างเป็นอุปกรณ์พ่วงกับเครื่องโทรศัพท์ วิธีนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด เมื่ออุปกรณ์ดังกล่าวนี้พ่วงเข้าด้วยกับตัวโอเปอเรเตอร์ (Operator) โดยการทำงานของอุปกรณ์นี้จะเป็นไปในลักษณะ ที่มีการควบคุมให้เกิดสัญญาณกระดิ่งจากชุมสายภายในที่ส่งไปยังเลขหมายปลายทางมีลักษณะเปลี่ยนไปจากเดิม ทั้งนี้จากการที่อุปกรณ์ที่ต่อพ่วงเข้าไปนี้ จะทำหน้าที่ควบคุมการต่อไลน์ ตัดไลน์ ให้กับเครื่องโอเปอเรเตอร์ที่จะต่อไปยังเลขหมายปลายทาง

จากลักษณะของการทำงานของอุปกรณ์ ที่จะให้มีการเข้ารหัสสัญญาณกระดิ่งไปยังเลขหมายปลายทางที่กล่าวมา ทำให้เราเลือกการสร้างอุปกรณ์ในกรณีแบบหลัง คือ กรณีที่สร้างเป็นอุปกรณ์พ่วงเข้ากับตัวโอเปอเรเตอร์ (ทั้งนี้ เนื่องจากโอกาสที่จะเข้าไปยุ่งกับภายในวงจรส่วนชุมสายภายในเป็นไปได้ยากมาก (ไม่ได้รับการอนุญาต)) ซึ่งในการสร้างอุปกรณ์ในกรณีนี้ ทำให้เราจำเป็นต้องมีการศึกษาถึงลักษณะของสัญญาณต่างๆ ในไลน์โทรศัพท์ โดยจากการศึกษาทำให้ทราบว่า สัญญาณต่างๆ ในไลน์โทรศัพท์มีดังที่จะได้กล่าวถึงในหัวข้อต่อไป

สัญญาณโทรศัพท์มีอยู่ด้วยกัน 5 แบบ ดังนี้

1) สัญญาณให้หมุน (dial tone) เป็นสัญญาณบอกให้ผู้ใช้โทรศัพท์สามารถเรียกได้ หรือบอกให้ทราบว่ามีช่องสัญญาณว่างนั่นเอง สัญญาณให้หมุนนี้มีความถี่ 400 เฮิร์ต ส่งอย่างต่อเนื่อง

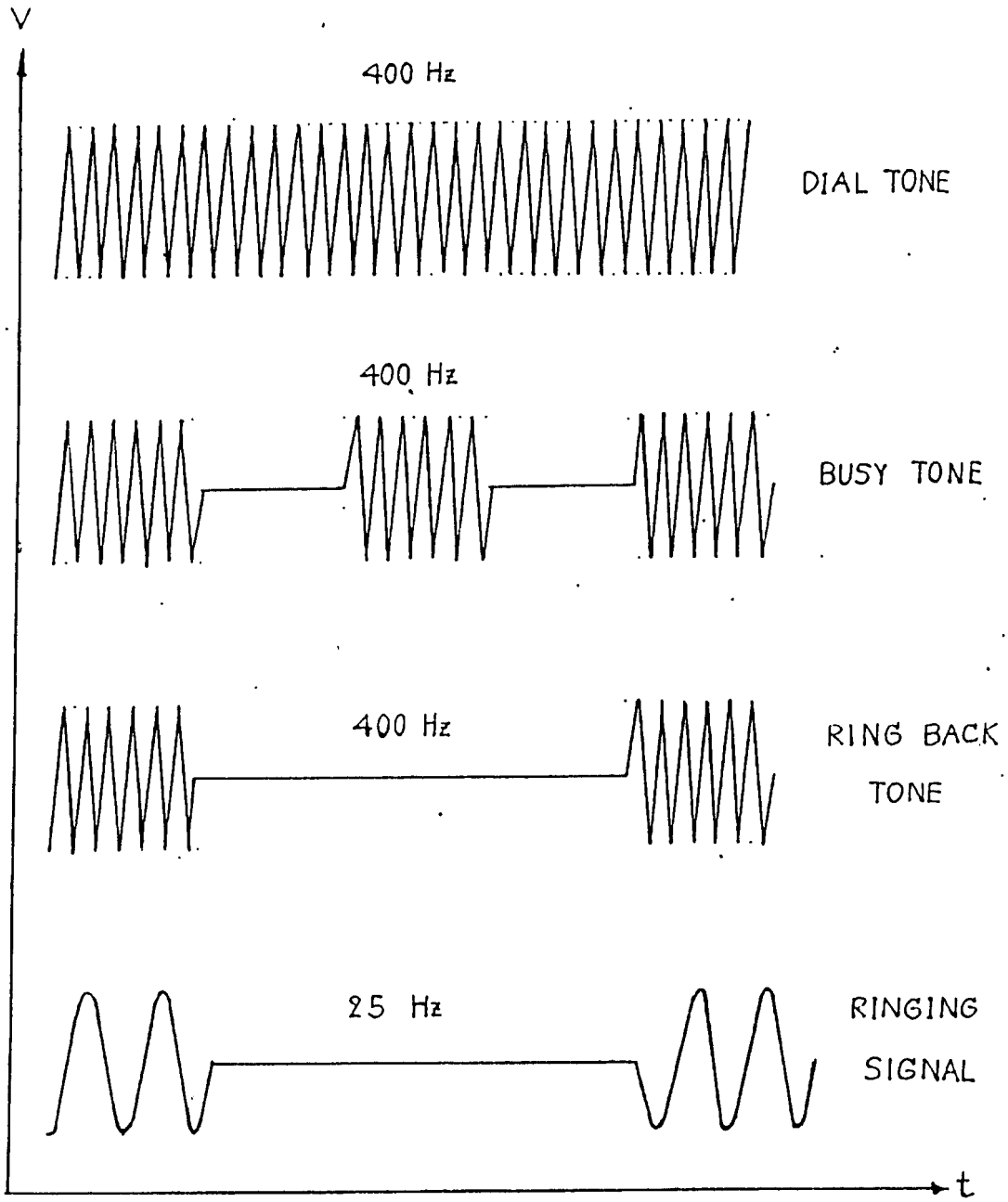
2) สัญญาณช่องสัญญาณไม่ว่าง (unobtainable tone) เป็นสัญญาณบอกให้ทราบว่าช่องสัญญาณไม่ว่าง ต้องเลิกเรียกก่อนจนกว่าช่องสัญญาณจะว่าง สัญญาณช่องไม่ว่างนี้จะมีความถี่ 400 เฮิร์ต ส่งอย่างไม่ต่อเนื่อง โดย 3 ชุดแรกเปิด 0.1 วินาที และปิด 0.1 วินาที และชุดหลังเปิด 0.3 วินาที โดยมีช่วงหยุด (pause) 0.1 วินาที

3) สัญญาณไม่ว่าง (busy tone) เป็นสัญญาณบอกให้ทราบว่าเครื่องโทรศัพท์หมายเลขที่เราเรียกไปถึงนั้นไม่ว่าง ขณะนี้กำลังใช้ติดต่อกับผู้อื่น เราจึงต้องเลิกการติดต่อชั่วขณะ สัญญาณไม่ว่างนี้จะมีความถี่ 400 เฮิร์ต ส่งแบบเป็นช่วงๆ ช่วงเปิด 0.5 วินาที และช่วงปิด 0.5 วินาที

4) สัญญาณเรียก (ringing signal) เป็นสัญญาณที่บอกให้ทราบว่ามีผู้ต้องการจะติดต่อด้วย เรียกมาให้รับการติดต่อด้วย สัญญาณเรียกนี้จะมีความถี่ 25 เฮิร์ต ส่งเป็นช่วงๆ ช่วงเปิด 1 วินาที ช่วงปิด 4 วินาที และมีศักดาประมาณ 60-90 โวลท์

5) สัญญาณเรียกกลับ (ring back tone) เป็นสัญญาณบอกให้ผู้เรียกทราบว่าขณะนี้กำลังเรียกผู้ถูกเรียกให้รับการติดต่ออยู่ สัญญาณเรียกกลับนี้จะมีความถี่ 400 เฮิร์ต ส่งเป็นช่วงๆ ช่วงเปิด 1 วินาที และช่วงปิด 4 วินาที โดยปกติจะส่งพร้อมๆ กับสัญญาณเรียก

จากลักษณะสัญญาณพื้นฐานต่างๆ ของสัญญาณโทรศัพท์ ที่กล่าวมานี้พอที่จะแสดงได้ดังในภาพหน้าต่อไป



ภาพ 2.1 ลักษณะสัญญาณต่างๆ ของโทรศัพท์

ในขั้นตอนต่อไปนี้ ก็จะแสดงถึงแนวความคิด และขั้นตอนหลักการในการที่จะทำการออกแบบเพื่อให้วงจรทำงานตามคุณประโยชน์ที่ต้องการ

หลักการของวงจรนี้ จะต้องการทำให้ทางผู้รับปลายทางที่ใช้เครื่องพ่วงได้ยินสัญญาณกระดิ่งต่างกัน และสัญญาณกระดิ่งนี้จะใช้จากชุมสายภายในเช่นเดิม วงจรที่ใช้จะไม่สามารถสร้างสัญญาณกระดิ่ง และเพื่อให้เกิดสัญญาณกระดิ่งที่แตกต่างกันจะใช้การตัดต่อ และส่งหมายเลข คือเมื่อเราส่งหลายเลขโทรศัพท์ และปลายทางต่อติดแล้ว จะได้ยินสัญญาณกระดิ่ง และจากนั้นทางผู้เรียก ก็จะได้ยินสัญญาณเรียกกลับ จากนั้นจะตัดสายโทรศัพท์และก็ต่อใหม่หลังจากทิ้งช่วงสักระยะหนึ่ง ทางผู้รับก็จะได้ยินสัญญาณกระดิ่งต่างไปจากจังหวะปกติ และถ้าช่วงการตัดต่อแคบเข้า ผู้รับก็จะได้ยินสัญญาณกระดิ่งตรงช่วงที่ผู้ส่งตัดต่อเป็นเสียงติดกัน 2 ครั้ง แปลกกว่าช่วงอื่นๆ

เราอาศัยหลักการนี้เอง โดยให้ตัดต่อสายต่างตำแหน่งกัน ก็จะสามารถแยกแยะผู้รับได้ และในการนี้เราต้องเพิ่มหมายเลขตัวที่สาม (ชุมสายภายในใช้ 2 ตัว) เพื่อให้วงจรรับรู้ เพื่อนำมากำหนดตำแหน่งของจังหวะให้แตกต่างตามหมายเลขตัวที่สาม หลักการได้แสดงไว้ตามโฟล์วชาร์ตดังในภาพที่ 2.2

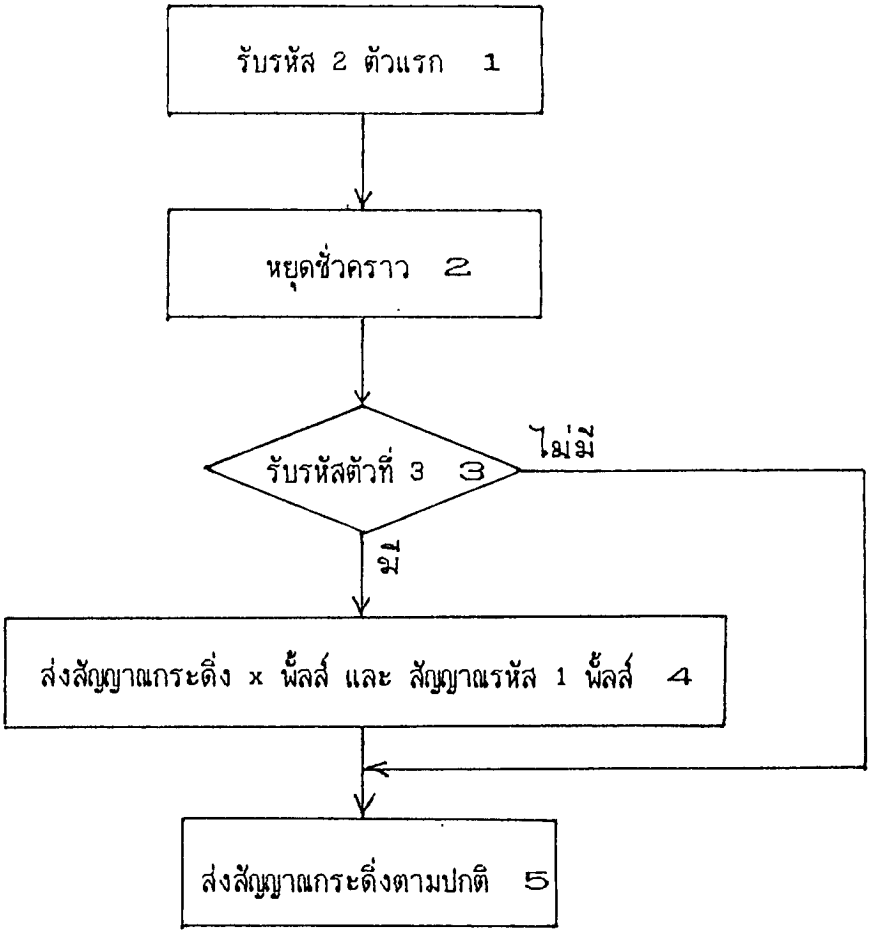
นอกจากนี้แล้ว ถ้าไม่มีการใช้กดรหัสตัวที่สาม วงจรจะทำให้โทรศัพท์ทำงานตามปกติ คือไม่มีการเข้ารหัส โดยวิธีตัดต่อด้วย

ขั้นตอนต่างๆ ดังรูปสามารถอธิบายได้ดังนี้

1. <u>รับรหัสสัญญาณ</u> คือขั้นตอนปกติทั่วไป ที่กดรหัสหมายเลขเบอร์ภายใน ขั้นตอนนี้จะมีการเก็บรหัสหมายเลขเอาไว้

2. <u>หยุดชั่วคราว</u> หลังจากขั้นตอนที่หนึ่ง โดยปกติโทรศัพท์ก็จะส่งรหัสหมายเลขออกทันทีที่กด แต่ขั้นตอนนี้จะยังไม่ยอมให้โทรศัพท์ส่งหมายเลขออกไป จะหน่วงเวลาเพื่อรอรับรหัสหมายเลขที่สามก่อน จึงจะยอมให้ส่ง

3. <u>รับรหัสตัวที่ 3</u> คือ รหัสที่เราต้องการเพิ่มเข้าไป เพื่อให้ผู้ใช้โทรสัพท์สามารถเลือกว่าต้องการโทรกับผู้ใด ในกรณีที่ไม่มีการกดรหัสตัวที่สาม ก็จะไปทำงานตามปกติ คิดเป็นการใช้งานโทรศัพท์ทั่วไป การรอรับรหัสตัวที่สาม จะตั้งเวลาไว้ช่วงเวลาหนึ่ง ถ้าในช่วงเวลาที่ตั้งไว้ไม่มีการกดรหัสตัวที่สาม วงจรก็จะรับรู้ว่าไม่มีการกดรหัสตัวที่สาม

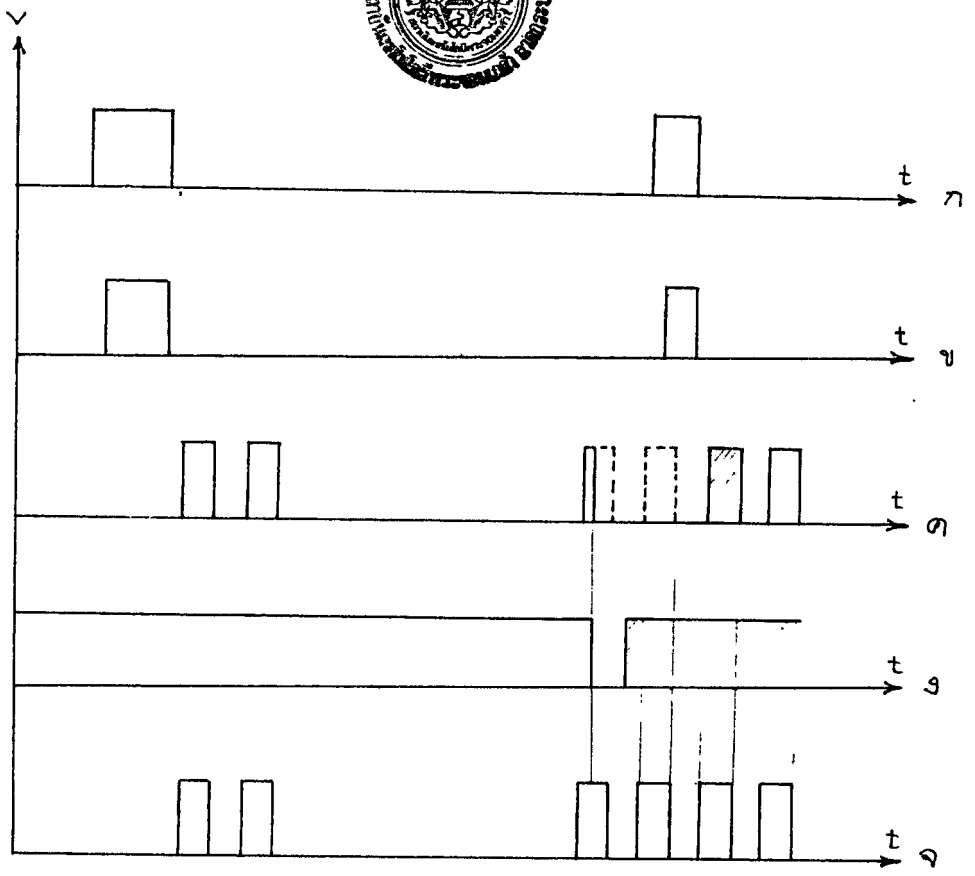


ภาพที่ 2.2 โฟลว์ชาร์ตแสดงแนวความคิดการทำงานของวงจร Telephone Substation Coder

4. <u>ส่งรหัสสัญญาณกระดิ่ง</u> เป็นการส่งรหัสควบคุมสัญญาณกระดิ่งด้วยการตัด และต่อสายโทรศัพท์ จะทำให้สัญญาณกระดิ่งต่างกันทางผู้รับ

5. <u>ส่งสัญญาณกระดิ่งตามปกติ</u> ขั้นตอนนี้ คือช่วงหลังจากที่รีเลย์ที่วงจรผู้ส่งตัดและต่อสายโทรศัพท์แล้ว ก็จะทำให้สัญญาณกระดิ่งหลังจากนี้เป็นไปตามปกติ

จากโฟล์วชาร์ตแสดงขั้นตอนการทำงานของวงจรแล้ว เพื่อให้เข้าใจดียิ่งขึ้น จะแสดงแผนภาพเวลาทางด้านผู้ส่ง และสัญญาณกระดิ่งทางด้านผู้รับ



ภาพที่ 2.3 ลักษณะสัญญาณทางด้านผู้ส่ง และผู้รับ เมื่อกดเข้ารหัสคีย์แพ็ดเลข 2

จากแผนภาพเวลาทางผู้ส่ง เราสามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้ โดยสมมุติว่ารหัสหมายเลขที่สาม กดหมายเลข 2 โดยจะตัดต่อสายโทรศัพท์ให้สัญญาณกระดิ่งลูกที่สองของผู้รับ ได้ยินสองสูกซ้อน ต่างจากลูกอื่น

1. จากรูปที่ 2.3 ก. ณ ตำแหน่งหมายเลข (1) เป็นตำแหน่งที่ผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์ จะเห็นได้ว่า หลังจากยกโทรศัพท์แล้ว จะมีช่วงเวลาระยะหนึ่งคือ ณ ตำแหน่ง (2) จะมีสัญญาณให้โทรเกิดขึ้น แสดงว่าพร้อมที่จะโทรได้แล้ว

2. จากรูปที่ 2.3 ข. ส่วนแลเงา แสดงส่วนของช่วงการกดหลายเลขรวมการกดรหัสตำแหน่งสามด้วย จะสังเกตเห็นว่า จะเกิดอยู่ในช่วงของสัญญาณให้โทร

3. จากรูปที่ 2.3 ค. เมื่อหมายเลขตัวสุดท้ายถูกส่งเสร็จ หลังจากนั้นจะมีสัญญาณเรียกกลับดังขึ้น (ในช่วงนี้สัญญาณให้โทรจะหมดตั้งแตกดรหัสตัวที่หนึ่งเลย ในรูปเป็นรูปพัลซ์ 2 ลูก ซึ่งขึ้นอยู่กับชุมสายแต่ละแห่ง ในที่นี้เราจะรวมเป็นสัญญาณเรียกกลับครั้งที่หนึ่ง และ

023180

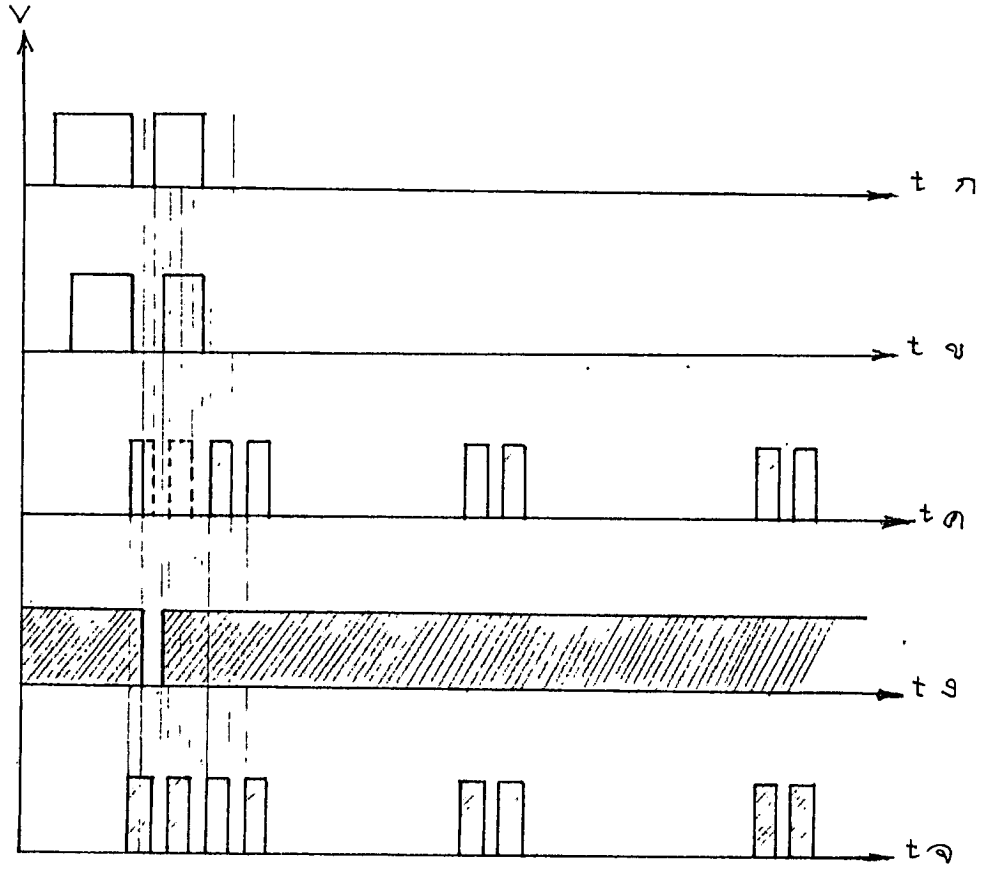
เราสมมุติว่ารหัสหมายเลขที่สาม กดหลายเลข 2 คือ จะทำให้มีการตัดสายโทรศัพท์ที่สัญญาณเรียกกลับครั้งที่สอง ดังนั้น เมื่อสัญญาณเรียกกลับครั้งที่หนึ่งมา จะเห็นว่าปกติ แต่จากรูปดูต่อไปยังสัญญาณเรียกกลับครั้งที่สอง พอเริ่มมาเล็กน้อย สัญญาณจะขาดไป แทนที่จะเห็นเหมือนครั้งแรก

4. จากรูปที่ 2.3 ง. ต่อเนื่องจากข้อ 3 ฉ ตอนแรกรีเลย์จะยังคงเชื่อมสายโทรศัพท์ แต่พอถึงสัญญาณเรียกกลับครั้งที่ 2 ช่วงนี้รีเลย์จะตัดสาย และรอเวลาพัก จะต่อใหม่

5. ในขณะที่รีเลย์ต่อแล้วสักพัก ก็จะมีสัญญาณให้โทร ซึ่งพร้อมที่จะให้ส่งรหัสหมายเลขได้อีก

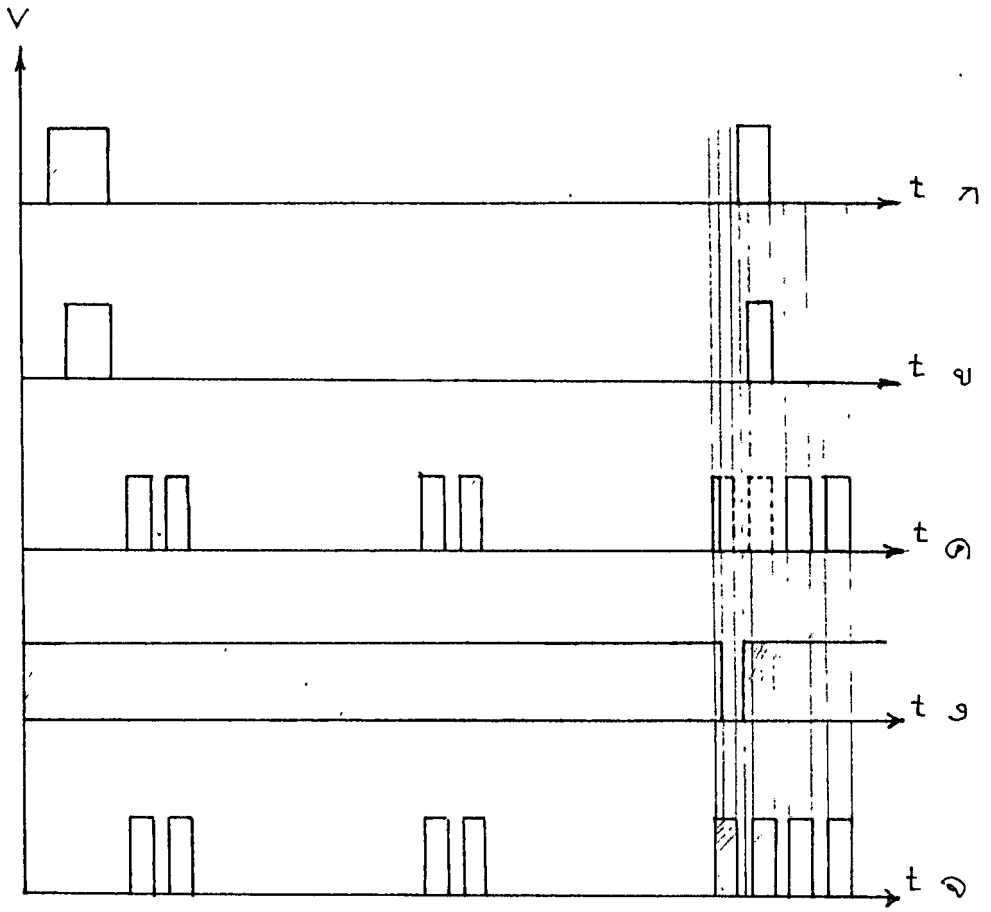
6. ดูที่รูป 2.3 ข. หลังจากที่สัญญาณให้โทรมาแล้ว ก็จะส่งรหัสหมายเลขออกไป และสักพักก็จะมีสัญญาณเรียกกลับ

7. ทางด้านผู้รับ จะได้ยินสัญญาณกระดิ่ง ดังรูป 2.3 จ. ส่วนในกรณีที่รหัสตัวที่สามกดหมายเลข 1 หรือ 3 ได้แสดงไว้ดังรูป



ภาพที่ 2.4 ลักษณะสัญญาณทางด้านผู้ส่ง และผู้รับ เมื่อกดเข้ารหัสคีย์แน็ดเลข 1

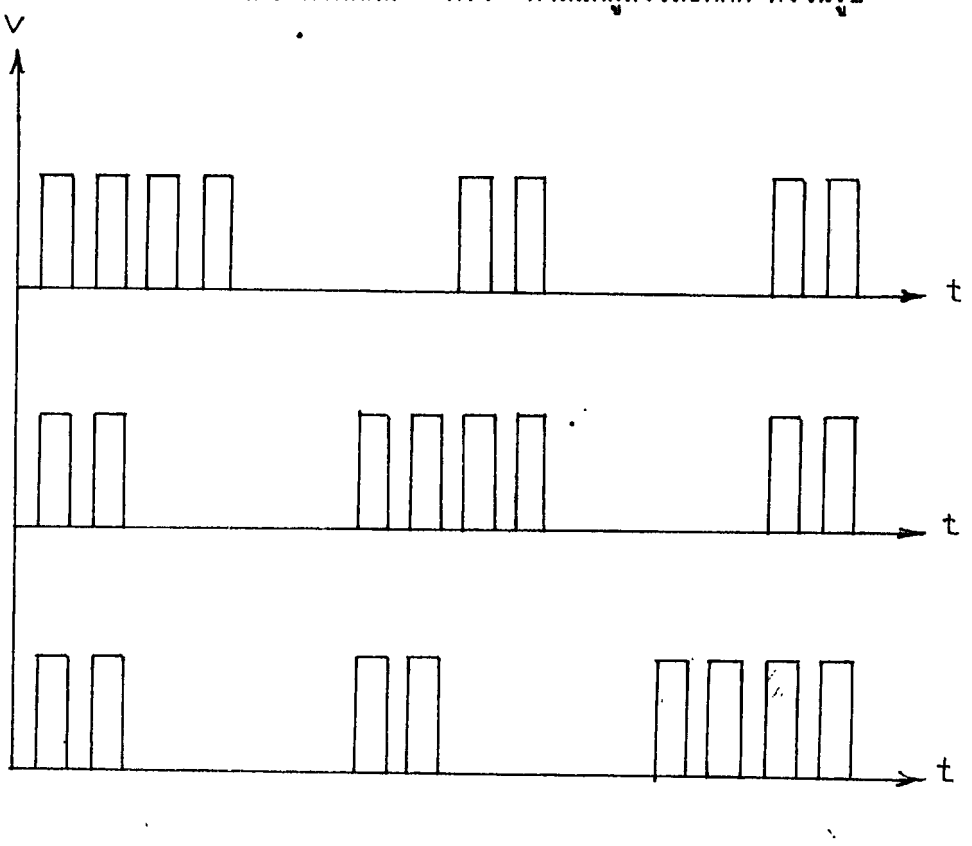
จากภาพข้างบน แสดงกรณีกดรหัสหมายเลขที่สามเป็นเลข 1 จะเห็นว่าการทำงานจะคล้ายกัน เพียงแต่ว่าสัญญาณควบคุมเสียงกระดิ่งตำแหน่งที่หนึ่งจะต่างจากตำแหน่งอื่น คือจะได้ยิน 2 ชุดติดต่อกัน ส่วนขั้นตอนอื่นๆ ก็จะเหมือนกับในกรณีที่กดรหัสหมายเลขที่สามเป็นเลข 2 สามารถดูภาพประกอบความเข้าใจได้



ภาพที่ 2.5 ลักษณะสัญญาณทางด้านผู้ส่ง และผู้รับ เมื่อกดเข้ารหัสคีย์แพ็ดเลข 3

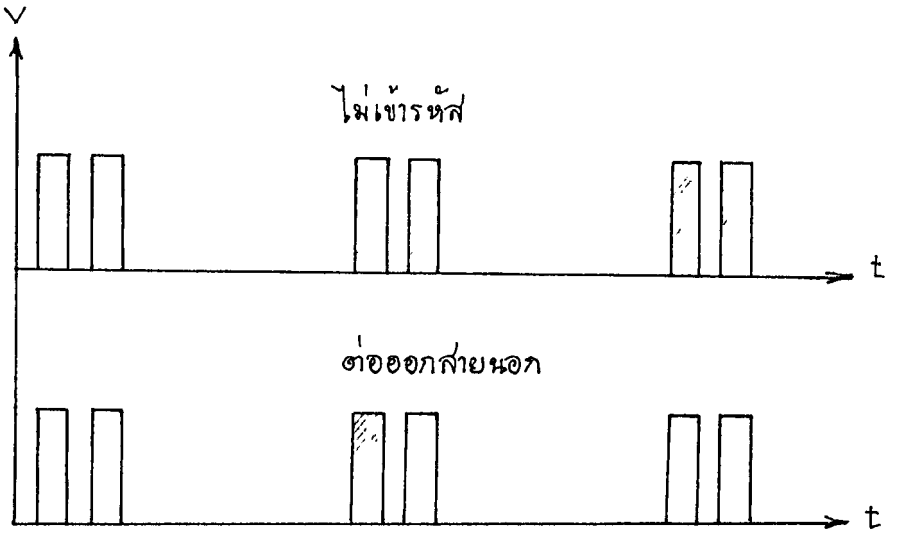
จากภาพข้างบน แสดงกรณีที่กดรหัสกดหมายเลขที่สามเป็นเลข 3 ก็เช่นเดียวกัน คือ มีการตัด และต่อโทรศัพท์ในช่วงสัญญาณเรียกกลับลูกที่ 3 และสัญญาณกระดิ่งในช่วงที่ 3 ก็จะได้ยินแตกต่างกว่าช่วงอื่น คือ ได้ยิน 2 ชุดติดกัน และสำหรับการทำงานอื่นๆ ก็เหมือนที่อธิบายไว้แล้วใน 2 กรณีที่ผ่านมา สามารถดูภาพประกอบความเข้าใจได้

ในขณะที่ทางผู้ส่งตัดสายโทรศัพท์ ขณะนั้นทางผู้รับจะได้ยินสัญญาณกระดิ่งครั้งที่ 1 หรือ 2 หรือ 3 ได้ยินกระดิ่งติดกัน 2 ครั้ง ตามแต่ผู้ส่งเลือกกด ดังในรูป



ภาพที่ 2.6 ลักษณะสัญญาณกระดิ่งทางด้านผู้รับ
เมื่อมีการกดเข้ารหัสคีย์แพ็ดเลข 1,2,3 ตามลำดับ

นอกจากนี้ การทำงาน แยกตามรหัสหมายเลขที่สามแล้วนั้น ในกรณีที่ผู้ใช้ไม่กดรหัสตัวที่สาม จะทำให้วงจรกลับไปทำงานเหมือนโทรศัพท์ปกติ และในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการโทรออกไปภายนอกชุมสาย ก็สามารถทำได้โดยกดหลายเลข 81 จากนั้นรอสักพัก เพื่อให้โทรศัพท์ทำงานแบบไม่กดรหัสหมายเลขสาม พอโทรศัพท์ส่งหลายเลข 81 ก็สามารถที่จะกดเบอร์ภายนอกที่ต้องการได้



ภาพที่ 2.7 ลักษณะสัญญาณกระดิ่งทางด้านผู้รับ
เมื่อไม่เข้ารหัส และต่อออกสายนอกตามลำดับ

ในวงจรที่จะออกแบบ จะต้องมีส่วนเก็บข้อมูลของรหัสหมายเลข ซึ่งใช้แลทช์ช่วยเก็บข้อมูล และต้องมีส่วนตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ มีส่วนวงจรนับ เพื่อนับครั้งของการกด และสัญญาณเรียกกลับ นอกจากนี้ยังมีส่วนควบคุมการส่งรหัสจากแลทช์ ส่วนขับรีเลย์ และส่วนต่างๆ อีก ซึ่งการออกแบบ และการคำนวณ ในขั้นตอนต่างๆ จะได้กล่าวอย่างละเอียดในบทต่อไป

บทที่ 3

การออกแบบวงจร และการสร้าง

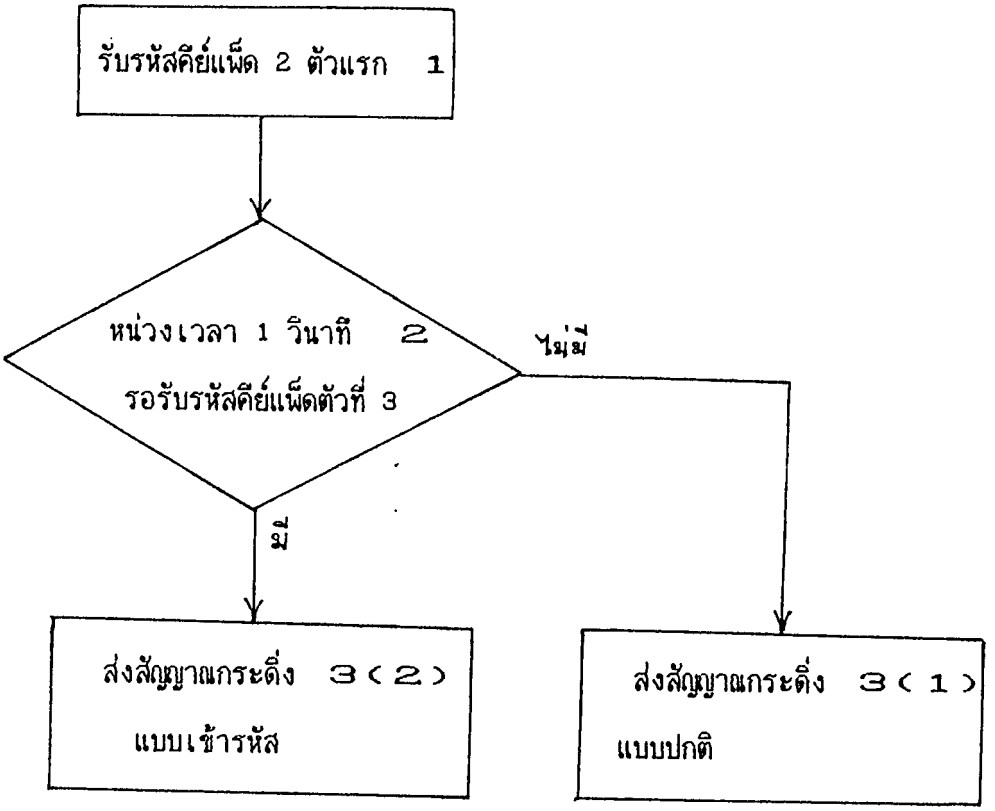
จากทฤษฎี และหลักการต่างๆ ของวงจร Telephone substation coder ที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 2 ทำให้เราทราบถึงลักษณะการเข้ารหัสสัญญาณกระดิ่ง และประโยชน์ของการเข้ารหัสสัญญาณกระดิ่งมาเป็นอย่างดีแล้ว นอกจากนี้ยังได้มีการกล่าวถึงลักษณะการทำงานของวงจรพอสมควร ในบทที่ 3 นี้ เราจะนำทฤษฎี และหลักการดังกล่าวเหล่านั้นมาสร้างเป็นวงจรที่ให้ทำงานได้ตรงตามจุดประสงค์นั้น

สำหรับในการออกแบบวงจรนี้ จำเป็นต้องรู้ถึงพื้นฐานของระบบการทำงานของตัว Telephone substation coder เสียก่อน ซึ่งนั่นหมายถึง ขั้นตอนการทำงานของระบบ ส่วนรายละเอียดปลีกย่อยต่างๆ นั้น สามารถเพิ่มเติมภายหลัง หลังจากที่ระบบทำงานตามขั้นตอนพื้นฐานแล้ว สำหรับส่วนในการออกแบบนี้ เราจำเป็นต้องมีการศึกษาการทำงานของระบบแบบคร่าวๆ โดยมีการพิจารณาการทำงานของระบบเป็นส่วนๆไป และเราอาศัยโฟลว์ชาร์ต (Flow Chart) เป็นเครื่องมือที่ช่วยเป็นแนวทางในการออกแบบวงจร ทำให้เราสามารถออกแบบวงจรได้อย่างเป็นระบบ สำหรับโฟลว์ชาร์ตที่ใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการออกแบบวงจรนี้ สามารถเขียนออกมาในลักษณะดังภาพที่ 3.1

จากโฟลว์ชาร์ตดังกล่าว จะเห็นว่า มีการแสดงการทำงานเป็นแบบขั้นตอนจนถึงขั้นที่ระบบสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ ดังนั้น สำหรับในการออกแบบวงจรนี้ เราจะยึดหลักการของโฟลว์ชาร์ตนี้ เป็นแนวทางพื้นฐานในการออกแบบวงจร Telephone substation coder ต่อไป

จากบล็อคที่ 1 ของภาพที่ 1 ซึ่งแสดงถึงส่วนรับรหัสการกดคีย์แพ็ด (Key pad) ของโทรศัพท์ 2 ตัวแรกเท่านั้น เมื่อเราได้พิจารณามองเลยไปยังบล็อคอื่นๆ จะพบว่าการทำงานของบล็อคที่ 1 จะเป็นเพียงการรับรหัสการกดคีย์แพ็ดเท่านั้น นั่นคือ ในบล็อคนี้จะต้องมีการดึงรหัสสัญญาณการกดคีย์แพ็ดออกมาเพื่อเก็บลงหน่วยความจำ และต้องมีส่วนที่บังคับไม่ให้ ไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ เจนเนอเรเตอร์ 5089 (IC DTMF Generator 5089) ส่งสัญญาณ ดี ที เอ็ม เอฟ ออกไปในทันทีที่มีการกดคีย์แพ็ดแต่ละครั้ง (เนื่องจากวงจรที่จะทำการ

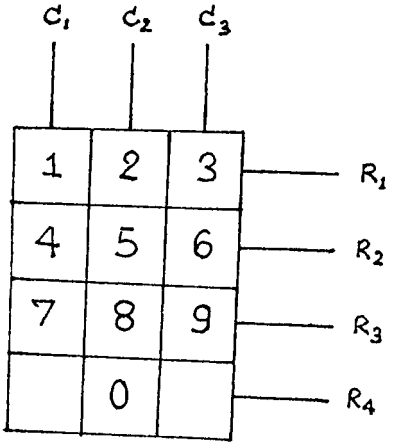
ออกแบบนี้จะเป็นวงจรชนิดที่ต่อเพิ่มเข้าไปเพียงอย่างเดียว โดยไม่มีการตัดทำลายวงจรของระบบโทรศัพท์เดิม ทำให้จำเป็นต้องมีส่วนวงจรบังคับการทำงานของตัวไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ เจนเนอเรเตอร์ 5Ø89 ส่วนนี้ ภาคผนวก (1)) ซึ่งรายละเอียดวงจรในบล็อกนี้จะเป็นดังนี้



ภาพที่ 3.1 โฟลว์ชาร์ตแสดงขั้นตอนการทำงานจริงของ
วงจร Telephone Substation Coder

- <u>ส่วนดึงสัญญาณการกดคีย์แพ็ด</u> จากการที่ได้ศึกษาถึงการรับรู้การกดคีย์แพ็ดของตัว ไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ 5Ø89 เอง พบว่า ปกติสัญญาณที่ขาทางแถว (Row) และทางหลัก (Column) ต่างๆ ของ ไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ 5Ø89 ที่ใช้ในการส่งรหัสคีย์แพ็ดนั้นจะมีศักดาประมาณ 3 โวลท์ (เทียบเท่าลอจิก 1 ทางดิจิตอล) การที่ ไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ เจนเนอเรเตอร์ 5Ø89 ตรวจจับได้ว่า คีย์แพ็ดใดถูกกดนั้น เกิดจากการรับรู้ศักดา Ø โวลท์

(เทียบเท่าลอจิก Ø ทางดิจิตอล) ที่ขาอ้างอิงทางแถว และทางหลักของคีย์แพ็ด ตัวนั้นๆ ดังภาพที่ 3.2



normal $C_n = R_m = 3$ V.

(m = 1,2,3,4)

(n = 1,2,3)

$R_1 = C_1 = Ø$ V. -> 1

$R_1 = C_2 = Ø$ V. -> 2

$R_1 = C_3 = Ø$ V. -> 3

$R_2 = C_1 = Ø$ V. -> 4

$R_2 = C_2 = Ø$ V. -> 5

$R_2 = C_3 = Ø$ V. -> 6

$R_3 = C_1 = Ø$ V. -> 7

$R_3 = C_2 = Ø$ V. -> 8

$R_3 = C_3 = Ø$ V. -> 9

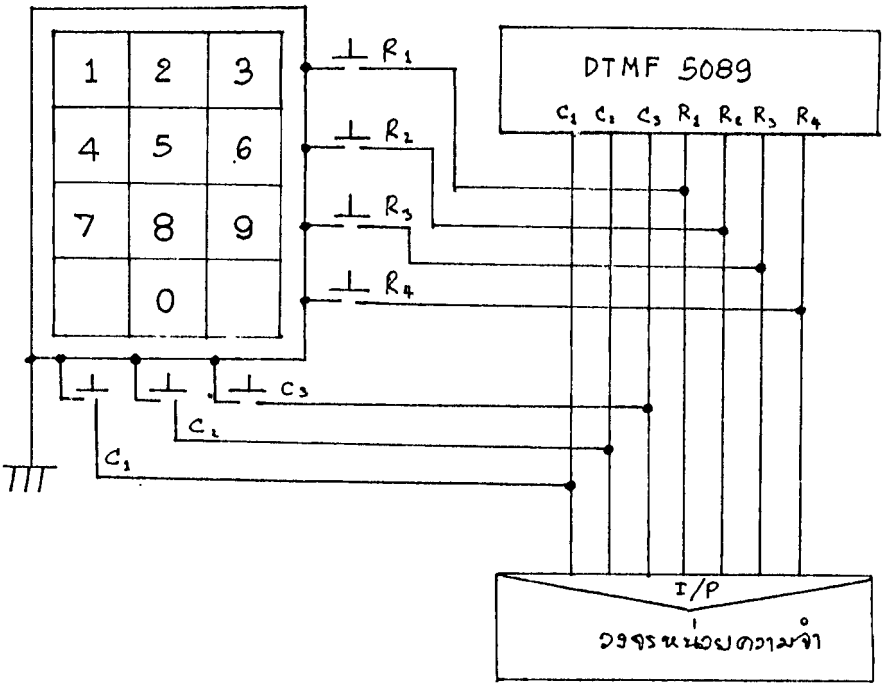
$R_4 = C_2 = Ø$ V. -> Ø

ภาพที่ 2.2 ลักษณะการอ้างอิงรหัสของคีย์แพ็ด

จากหลักการส่งรหัสคีย์แพ็ดให้กับไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ 5Ø89 เราอาศัยรหัสคีย์แพ็ดดังกล่าว เป็นข้อมูลเก็บลงหน่วยความจำ โดยอาศัยการต่อสายออกจากทางแถว และทางหลักต่างๆ ของไอซี่ ดี ที เอ็ม เอฟ 5Ø89 เข้าวงจรหน่วยความจำดังภาพที่ 3.3

- <u>วงจรหน่วยความจำ</u> ในวงจรหน่วยความจำนี้ เรามีหน่วยความจำสำหรับเก็บรหัสคีย์แพ็ด 2 ตัว (เลขหมายชุมสายภายในที่ใช้ทดลองมีเพียง 2 ตัว (ภาคผนวก (2)) ซึ่งหน่วยที่ 1 ไว้เก็บรหัสคีย์แพ็ดสำหรับการกดครั้งที่ 1 และหน่วยที่ 2 ไว้เก็บรหัสคีย์แพ็ดสำหรับการกดครั้งที่ 2 จากการทำงานในลักษณะนี้ ทำให้ในวงจรในหน่วยความจำต้องประกอบด้วย ส่วนวงจรนับ (Counter) และส่วนควบคุมการเก็บรหัสคีย์แพ็ดลงหน่วยความจำ

ในระยะเวลาที่เหมาะสม ซึ่งพอที่จะอธิบายได้ดังนี้

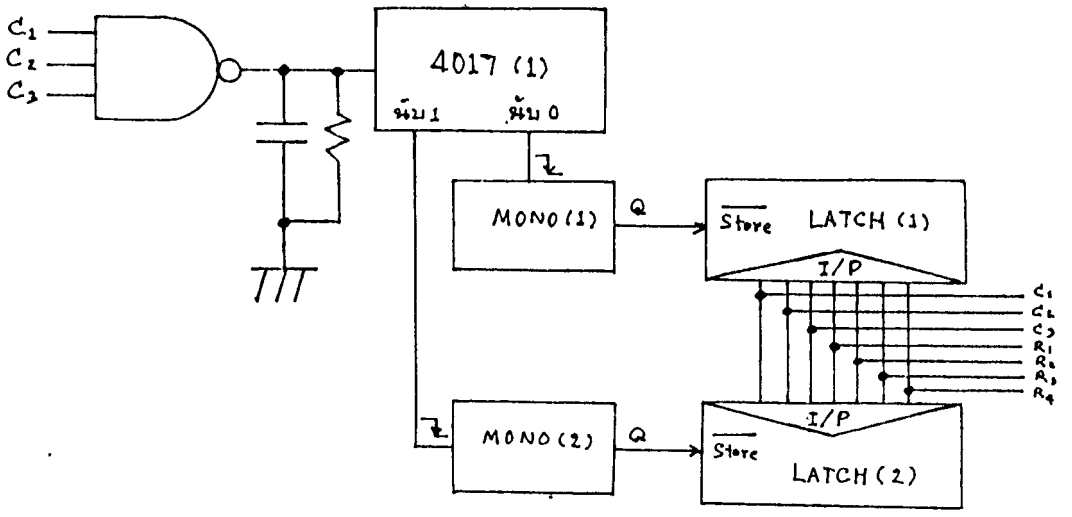


ภาพที่ 3.3 ลักษณะการเก็บคีย์แพ็ดลงหน่วยความจำอย่างคร่าวๆ

<u>ส่วนวงจรนับ</u> ในส่วนนี้ เราอาศัย ไอซีนับสิบ 4017 เป็นตัวนับจำนวนครั้งการกดคีย์แพ็ด โดยใช้เอาท์พุทของ ไอซี 4017 เป็นตัวอ้างอิงในการควบคุมการเก็บข้อมูลรหัสลงหน่วยความจำได้อย่างถูกต้อง

<u>ส่วนควบคุมการเก็บรหัสคีย์แพ็ด</u> ในส่วนนี้จะหมายถึง ส่วนที่ส่งสัญญาณออกไปควบคุมหน่วยความจำให้เก็บข้อมูลที่มาปรากฏ ณ ขาอินพุท เข้าไปไว้ในหน่วยความจำภายในตัวมัน

จากลักษณะการทำงานต่างๆ ที่ได้อธิบายมา ทำให้เราออกแบบวงจรหน่ายความจำในลักษณะดังภาพที่ 3.4

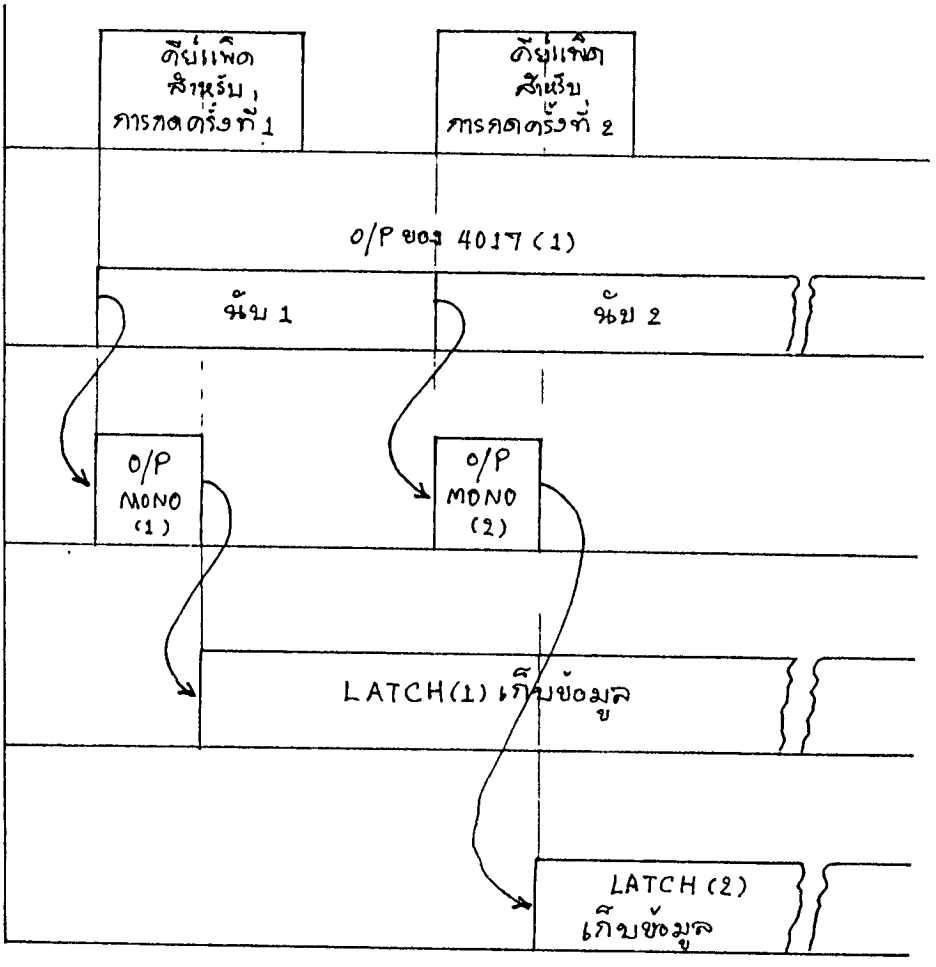


ภาพที่ 3.4 วงจรหน่วยความจำที่ใช้เก็บรหัสคีย์แพ็ด

จากภาพที่ 3.4 จะเห็นว่า ในส่วนการทริก (Trig) การนับของไอซีนับสิบ 4017 เราอาศัยการเอาแนนด์เกท (Nand Gate) แบบ 3 อินพุท มาเป็นตัวทริกการนับ โดยมีอินพุทที่ดึงสัญญาณมาจากขาทางหลักทั้ง 3 ของไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ เจนเนอเรเตอร์ 5089 ทำให้ได้ว่า ทุกครั้งที่มีการกดคีย์แพ็ด เอาท์พุทของแนนด์เกทจะให้ลอจิก 1 และจากส่วนเอาท์พุทของแนนด์เกทออกไป ได้ต่อเข้ากับวงจรส่วนแก้ปัญหาเบ้าส (Bouncing) เพื่อให้การทริกของไอซี 4017 เป็นไปอย่างถูกต้องโดยไม่มีปัญหาเบ้าสอันเนื่องจากการกดคีย์แพ็ดมาเกี่ยวข้อง โดยลักษณะของวงจรในส่วนแก้ปัญหาเบ้าสนี้ เราอาศัยการเอาตัวต้านทานและตัวเก็บประจุมาต่อขนานกัน ซึ่งการทำงานของวงจรนี้ ก็คือ ยะเป็นตัวบายพาสสัญญาณความถี่สูง อันเนื่องจากเบ้าส ในขณะที่เริ่มกด และปล่อยการกด โดยตัวความต้านทานจะเป็นทางไหลของกระแสคายประจุของตัวเก็บประจุ ขณะที่ไม่มีการกดคีย์แพ็ด

เมื่อมีการกดคีย์แพ็ด ไอซีนับสิบ 4017 จะนับจำนวนครั้งการกดคีย์แพ็ด ส่งเอาท์พุทให้กับโมโนสเตเบิ้ล ซึ่งทำหน้าที่เป็นส่วนควบคุมการเก็บรหัสคีย์แพ็ด โดยบังคับให้ไอซีแล็ทช์ 4508 (IC Latch 4508) เก็บข้อมูลที่ปรากฏ ณ ขาอินพุท เข้าไว้ภายในตัวมันใน

ระยะเวลาที่เหมาะสม (ซึ่งหมายถึงระยะเวลาที่มีข้อมูลที่ถูกต้องมาปรากฏ ณ ขาอินพุทของไอซีแล็ทช์) ดังภาพที่ 3.5



ภาพที่ 3.5 แผนภาพเวลาแสดงการควบคุมให้มีการเก็บรหัสคีย์แพ็ดลงหน่วยความจำ

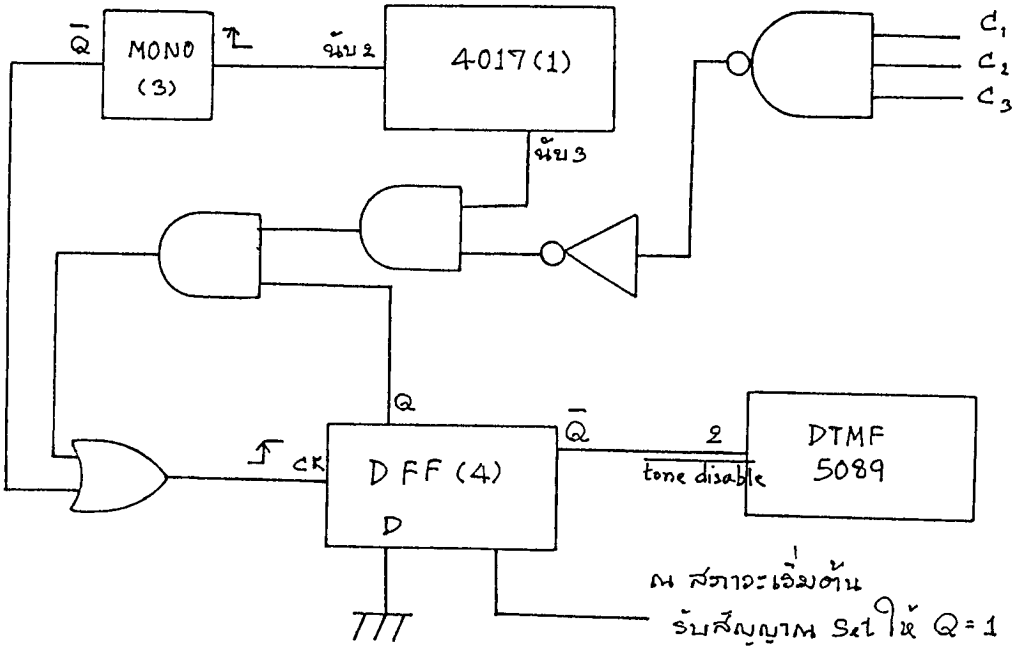
ภาพที่ 5 จะเห็นว่า โมโนสเตเบิ้ล (1),(2) ที่รับอินพุทมาจากไอซีนับสิบ 4017 นั้น จะต้องตั้งให้เอาท์พุทตกลงสู่ภาวะลอจิก 0 เมื่อข้อมูลรหัสคีย์แพ็ดอยู่ในภาวะเสถียรภาพ ซึ่งจะทำให้เกิดการแล็ทช์ข้อมูลให้กับไอซีแล็ทช์ 4508 ได้อย่างถูกต้อง

จากที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 ว่า ตัว Telephone substation coder อาศัยการเข้ารหัสสัญญาณกระดิ่งโดยการตัดต่อไลน์ ดังนั้นการควบคุมการต่อไลน์ (Line)

จึงนับเป็นส่วนสำคัญยิ่ง ซึ่งหมายถึงว่าเราสามารถบังคับได้ว่า เวลาไหนที่จะให้ ไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ อยู่ในช่วงที่สามารถต่อไลน์ได้ ช่วงเวลาไหนอยู่ในช่วงที่ไม่สามารถต่อไลน์ได้ ซึ่งต่อไปนี้ เราจะมาศึกษาในส่วนวงจรบังคับการทำงานของ ไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ นี้

- <u>ส่วนบังคับการทำงานของ ไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ</u> เป็นส่วนวงจรที่ทำหน้าที่บังคับให้ ไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ เริ่มเข้าสู่ภาวะการทำงานแบบปกติ ในระยะเวลาที่เหมาะสม นั่นคือเมื่อเรามองเลยไปยังบล็อคที่ 2,3(1),3(2) จะพิจารณาได้ว่า การทำงานของไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ จะเข้าสู่ภาวะที่ปล่อยสัญญาณ ดี ที เอ็ม เอฟ ได้ หลังจากที่เราปล่อยการกดคีย์แพ็ดครั้งที่ 3 หรือในกรณีที่เรากดคีย์แพ็ดเพียง 2 ครั้ง การทำงานของ ไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ จะเข้าสู่ภาวะปล่อยสัญญาณ ดี ที เอ็ม เอฟ ได้เมื่อ การหน่วงเวลารอการกดคีย์แพ็ดครั้งที่ 3 ได้สิ้นสุดลง

จากลักษณะการทำงานที่ได้อธิบายมานี้ ทำให้เราออกแบบวงจรในลักษณะ ดังภาพที่ 3.6



ภาพที่ 3.6 วงจรควบคุมช่วงเวลาการทำงานของไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ เจนเนอเรเตอร์ 5089

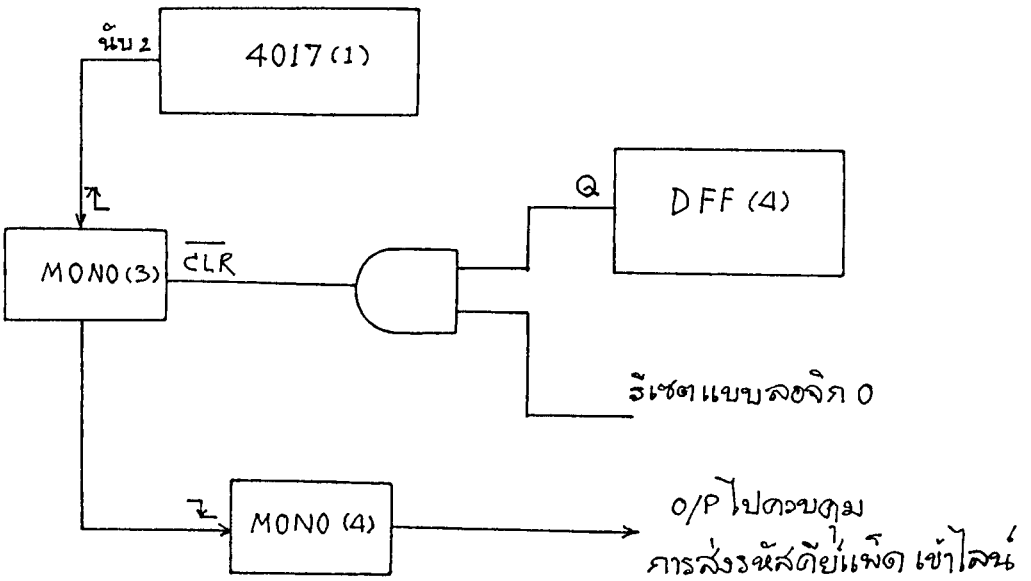
จากภาพที่ 3.6 จะเห็นได้ว่า ไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ 5089 ถูกควบคุมการทำงานด้วย ไอซี ดี ฟลิบฟล็อบ (IC D Flip Flop) โดยตัว ดี ฟลิบฟล็อบ นี้ จะเปรียบเสมือนเป็นแฟล็ก (Flag) คอยเซตสภาพการทำงานให้กับตัว ไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ 5089 โดยการเซตค่าแฟล็กนี้ ขณะช่วงเริ่มต้นการทำงาน ค่าแฟล็กที่ขาคิวบาร์ ($\overline{Q}$) นี้จะถูกเซตให้เป็นลอจิก 0 และออร์เกท (OR Gate) จะทำหน้าที่เป็นตัวทริกให้มีการเซตค่าแฟล็กเป็น 1 เมื่อระยะเวลาการหน่วงหลังการกดคีย์แพ็ดครั้งที่ 2 ได้สิ้นสุดลง หรือในกรณีหลังจากปล่อยการกดคีย์แพ็ดครั้งที่ 3

จากที่กล่าวมา จะเห็นว่าในบล็อคที่ 1 ของโฟลว์ชาร์ตภาพที่ 1 นั้น มีส่วนวงจรที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับบล็อคอื่นๆ ด้วย ยากที่จะระบุออกมาอย่างเด่นชัดว่า วงจรส่วนนี้สมควรอยู่ในบล็อคใด และต่อไปนี้ จะเป็นการพิจารณาส่วนวงจรในบล็อคอื่นๆ ต่อไป

ในบล็อคที่ 2 แสดงถึงส่วนหน่วงเวลารอรับรหัสคีย์แพ็ดตัวที่ 3 และมีการตัดสินใจว่าตัว Telephone substation coder จะทำงานในโหมดส่งรหัสสัญญาณกระดิ่ง หรือทำงานในโหมดส่งสัญญาณกระดิ่งแบบปกติ ซึ่งพอจะอธิบายหลักการทำงานของบล็อคนี้ ดังนี้คือ หลังจากการกดคีย์แพ็ดครั้งที่ 2 ตัว Telephone substation coder จะทำการหน่วงเวลาไว้ประมาณ 1 วินาที เพื่อรอว่ามีการกดคีย์แพ็ดครั้งที่ 3 ในคาบเวลา 1 วินาทีนั้นหรือไม่ ถ้ามี ตัว Telephone substation coder ก็จะทำงานอยู่ในสภาวะโหมดเข้ารหัสสัญญาณกระดิ่ง โดยรหัสดังกล่าวเป็นไปตามคีย์แพ็ดตัวที่ 3 ที่ถูกกด แต่ถ้าไม่มีการกดคีย์แพ็ดตัวที่ 3 และคาบเวลา 1 วินาทีนั้น ได้สิ้นสุดลง ตัว Telephone substation coder ก็จำทำงานในโหมดส่งสัญญาณกระดิ่งแบบปกติ ซึ่งจากการทำงานในลักษณะดังกล่าว ทำให้ในบล็อคที่ 2 นี้ ต้องมีวงจรที่ประกอบด้วยวงจรคอยเช็ค (Check) การกดคีย์แพ็ดครั้งที่ 3 และส่วนวงจรการเก็บรหัสคีย์แพ็ดตัวที่ 3 สำหรับวงจรเช็คการกดคีย์แพ็ดครั้งที่ 3 เราสร้างวงจรได้ดังภาพที่ 3.7

จากภาพที่ 3.7 โมโนสเตเบิ้ล (3) ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวหน่วงเวลารอรับรหัสคีย์แพ็ดตัวที่ 3 จะถูกทริกให้ทำงานเมื่อมีการกดคีย์แพ็ดครั้งที่ 2 ซึ่งการเปลี่ยนสถานะเอาท์พุทของโมโนสเตเบิ้ล (4) หลังจากที่มันทำงานแล้ว มีได้ 2 ทาง คือ จากการที่ตัวมันเองหยุดทำงานเมื่อครบกำหนดเวลาที่ตั้งไว้ กับการที่มันถูกสัญญาณรีเซตเข้าที่ขาเคลียร์ โดยในภาพแอนด์เกท (AND Gate) จะทำหน้าที่เป็นตัวป้อนสัญญาณการเคลียร์โมโนสเตเบิ้ล (3) ,

โดยรับสัญญาณอินพุทสำหรับการเคลียร์มา 2 ทาง คือ 1. ทางวงจรรีเซต เมื่อเริ่มต้นสภาวะการทำงาน 2. เมื่อ ดี ฟลิบฟล็อบ ทำหน้าที่เป็นแฟล็กได้เปลี่ยนสถานะไป ดังนั้นจะได้ว่า โมโนสเตเบิ้ล (4) จะให้เอาท์พุทออกมาเสมอเมื่อค่าแฟล็ก หรือเอาท์พุทของโมโนสเตเบิ้ล (3) เปลี่ยนสถานะจากลอจิก 1 ไปเป็นลอจิก ø โดยเอาท์พุทดังกล่าวจะไปควบคุมให้มีการส่งสัญญาณ ดี ที เอ็ม เอฟ เข้าไลน์โทรศัพท์ต่อไป

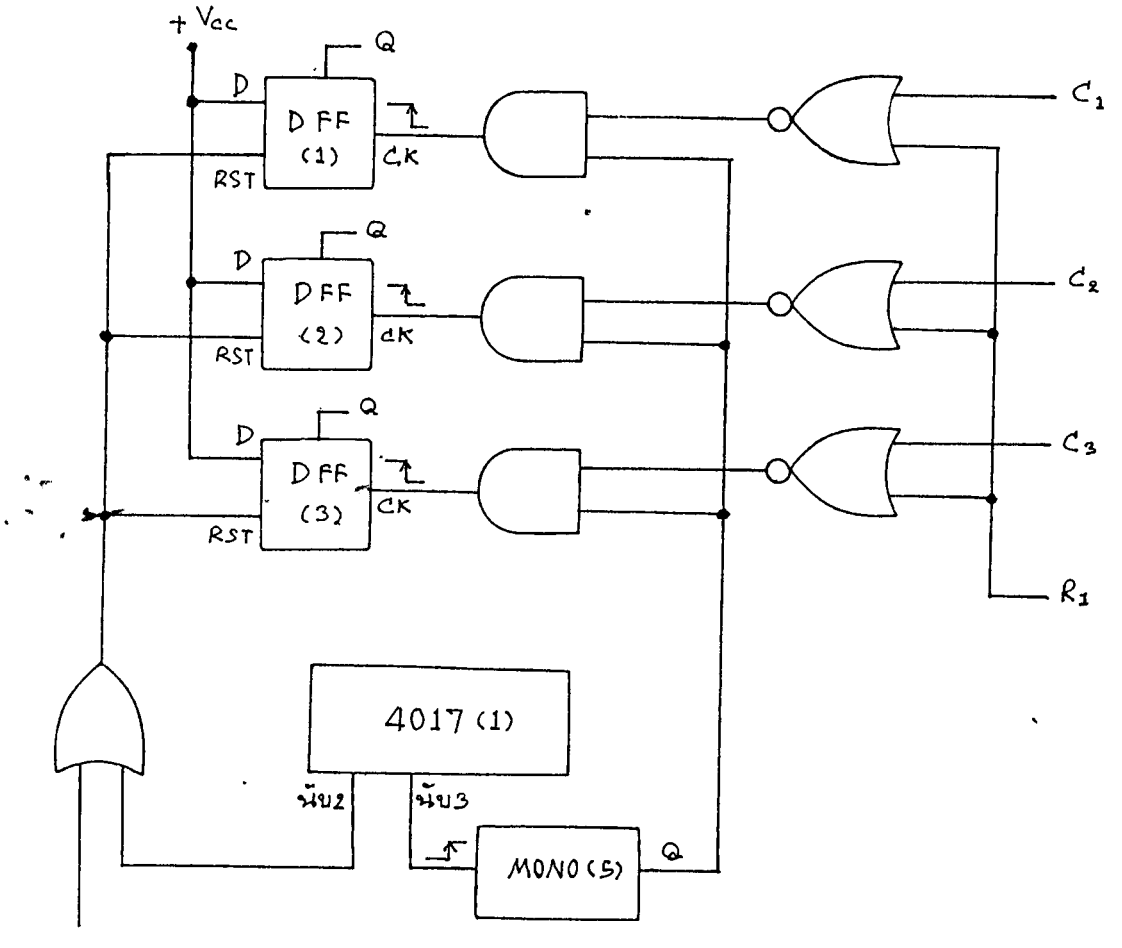


ภาพที่ 3.7 วงจรตรวจสอบการกดคีย์แพ็ดครั้งที่ 3

สำหรับวงจรเก็บรหัสคีย์แพ็ดตัวที่ 3 นี้ เราอาศัยการดึงสัญญาณออกจากขาทางแถว และทางหลักของ ไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ 5089 มาเก็บลง ดี ฟลิบฟล็อบ ดังในภาพที่ 3.8

จากภาพที่ 3.8 จะพิจารณาได้ว่า รหัสที่เก็บลง ดี ฟลิบฟล็อบ นั้น เป็นรหัสเฉพาะสำหรับคีย์แพ็ดเลข 1,2,3 เท่านั้น ซึ่งนั่นหมายถึงว่า จากเลขหมายเดิม 2 ตัว สามารถเพิ่มรหัสตัวที่ 3 เข้าไปได้อีก 1 ตัว โดยการกดคีย์แพ็ดเลข 1,2,3 ตัวใดตัวหนึ่ง โดยในภาพ โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 5 จะเป็นตัวควบคุมให้มีการเปิดเกทชั่วครู่ สำหรับการกดคีย์แพ็ดครั้งที่ 3 ในช่วงเวลาที่หน่วงไว้ เพื่อว่าการเก็บข้อมูลรหัสคีย์แพ็ดตัวที่ 3 ลงใน ดี ฟลิบฟล็อบ นั้นจะเป็นไปอย่างถูกต้อง ส่วนออร์เกท จะทำหน้าที่เป็นตัวควบคุมให้ ดี ฟลิบฟล็อบ

เปลี่ยนการทำงานจากโหมดรีเซตเข้าสู่โหมดปกติ เมื่อมีการกดคีย์แพ็ดครั้งที่ 3



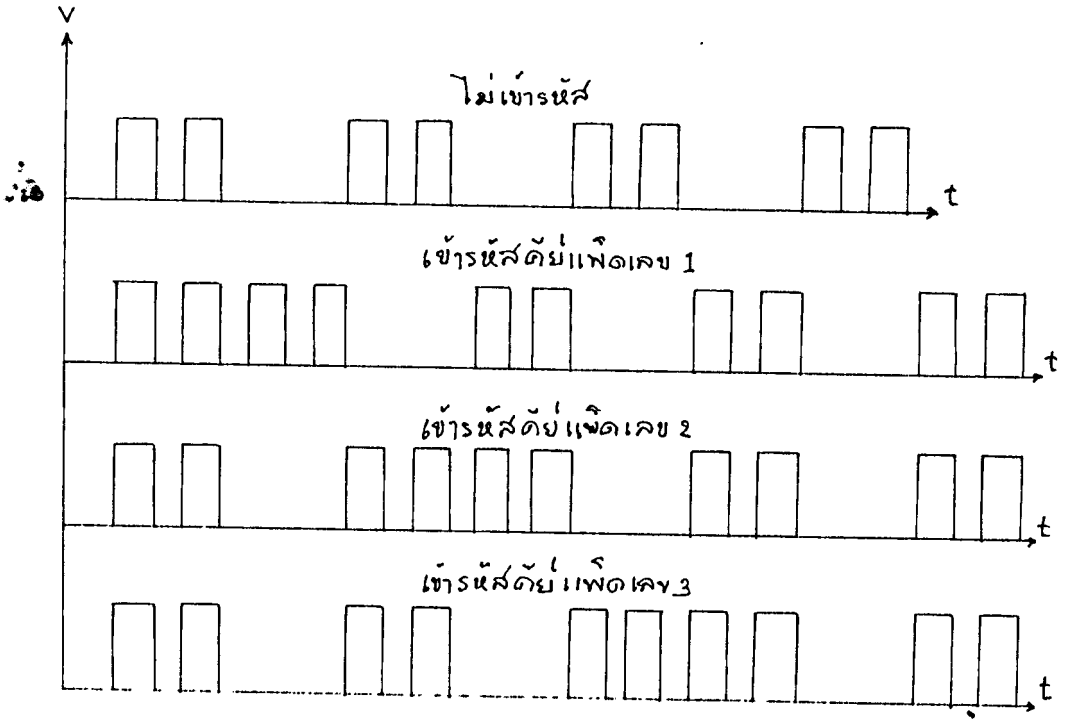
ภาพที่ 3.8 วงจรเก็บข้อมูลคีย์แพ็ดสำหรับการกดคีย์แพ็ดครั้งที่ 3

หลังจากที่วงจรทำงานผ่านบล็อคที่ 2 แล้ว นั่นหมายถึงว่าวงจรได้มีการตัดสินใจเรียบร้อยแล้ว ว่าจะทำงานอยู่ในโหมดส่งรหัสสัญญาณกระดิ่ง หรือโหมดส่งสัญญาณกระดิ่งแบบปกติ ซึ่งต่อไปนี้ เราจะมาพิจารณาการทำงานในบล็อคที่ 3 ต่อไป

ในการทำงานในบล็อคที่ 3 จะเห็นว่า มีลักษณะการทำงานของวงจรออกเป็น 2 โหมด คือ โหมดส่งสัญญาณกระดิ่งแบบปกติ และโหมดการส่งสัญญาณกระดิ่งแบบเข้ารหัส ซึ่งการทำงานของบล็อคที่ 3 ว่าจะอยู่ในโหมดการทำงานใดนั้น มาจากผลการตัดสินใจของวงจรการทำงานในบล็อคที่ 2 ดังที่อธิบายมาแล้วข้างต้น

สำหรับลักษณะการทำงานของบล็อคที่ 3 ในโหมดการส่งสัญญาณกระดิ่งแบบปกตินั้น เกิดจากตัว Telephone substation coder ส่งรหัสสัญญาณ ดี ที เอ็ม เอฟ เข้า ไลน์ แบบปกติ เพื่อให้ทางชิมสายภายในส่งสัญญาณกระดิ่งไปให้เลขหมายปลายทาง ซึ่งลักษณะของสัญญาณกระดิ่งที่ไปที่ปลายทางจะเป็นแบบปกติด้วย

ส่วนการทำงานในโหมดการส่งสัญญาณกระดิ่งแบบเข้ารหัส จะอาศัยหลักการต่อไลน์ , ตัดไลน์ , ต่อไลน์ ในจังหวะที่เหมาะสม เพื่อว่าสัญญาณกระดิ่งที่ปรากฏ ณ เลขหมายปลายทาง จะมีลักษณะเป็นไปตามรูปแบบของการเข้ารหัส ดังภาพที่ 3.9



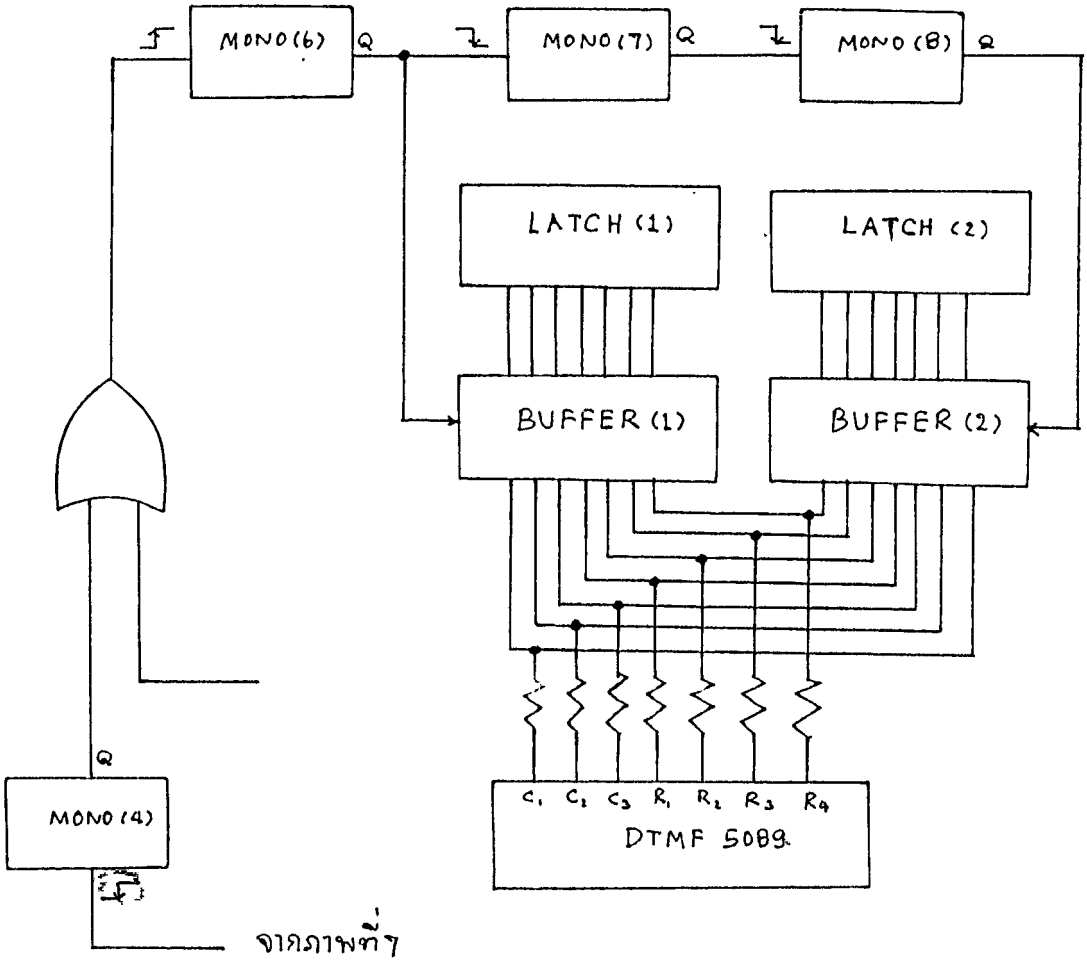
ภาพที่ 3.9 ลักษณะสัญญาณกระดิ่งที่ปรากฏ ณ เลขหมายปลายทาง
สำหรับการเข้ารหัสในแบบต่างๆ

จากภาพที่ 3.9 จะเห็นได้ว่า การกดรหัสคีย์แพ็ดตัวที่ 3 เพิ่มขึ้นมา ทำให้เราสามารถสร้างสัญญาณกระดิ่งไปที่เลขหมายปลายทางได้ต่างๆ กัน โดยจะพบว่ามีพัลซ์สัญญาณกระดิ่งเพิ่มมากขึ้น ณ ตำแหน่งสัญญาณกระดิ่งที่เกิดขึ้นครั้งที่ 1 , ครั้งที่ 2 , ครั้งที่ 3 ตามการกดคีย์แพ็ดของผู้เรียกในครั้งที่ 3 เป็นเลข 1, 2 และ 3 ตามลำดับ

จากที่ได้อธิบายการทำงานของบล็อคที่ 3 มา ทำให้เราพบว่าในการทำงานของบล็อคที่ 3 นั้น ต้องอาศัยวงจรที่ประกอบไปด้วย วงจรต่อไลน์ , วจจรตรวจจับสัญญาณ

เรียกกลับ (Ring back tone) , วงจรควบคุมการตัดไลน์ และต่อไลน์ตามการเข้ารหัสสัญญาณคีย์แพ็ดตัวที่ 3 ซึ่งลักษณะของวงจรต่างๆ ดังกล่าวนี้ ได้ทำการออกแบบดังนี้

กรณีของวงจรต่อไลน์จะเป็นดังภาพที่ 3.10



ภาพที่ 3.10 วงจรการส่งสัญญาณ ดี ที เอ็ม เอฟ เข้าไลน์โทรศัพท์

ในภาพที่ 3.10 นี้ อธิบายได้ว่า เอาท์พุทจากโมโนสเตเบิ้ล (4) จะไปควบคุมให้โมโนสเตเบิ้ล (6) ส่งสัญญาณไปควบคุมบัฟเฟอร์ (1) ให้ส่งรหัสคีย์แพ็ดที่ถูกเก็บอยู่ในแลทช์ตัวที่ 1 ให้กับไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ เพื่อไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ จะได้ผลิตสัญญาณ ดี ที เอ็ม เอฟ สำหรับรหัสคีย์แพ็ดตัวที่ 1 เป็นระยะเวลาประมาณ 100 มิลลิวินาที

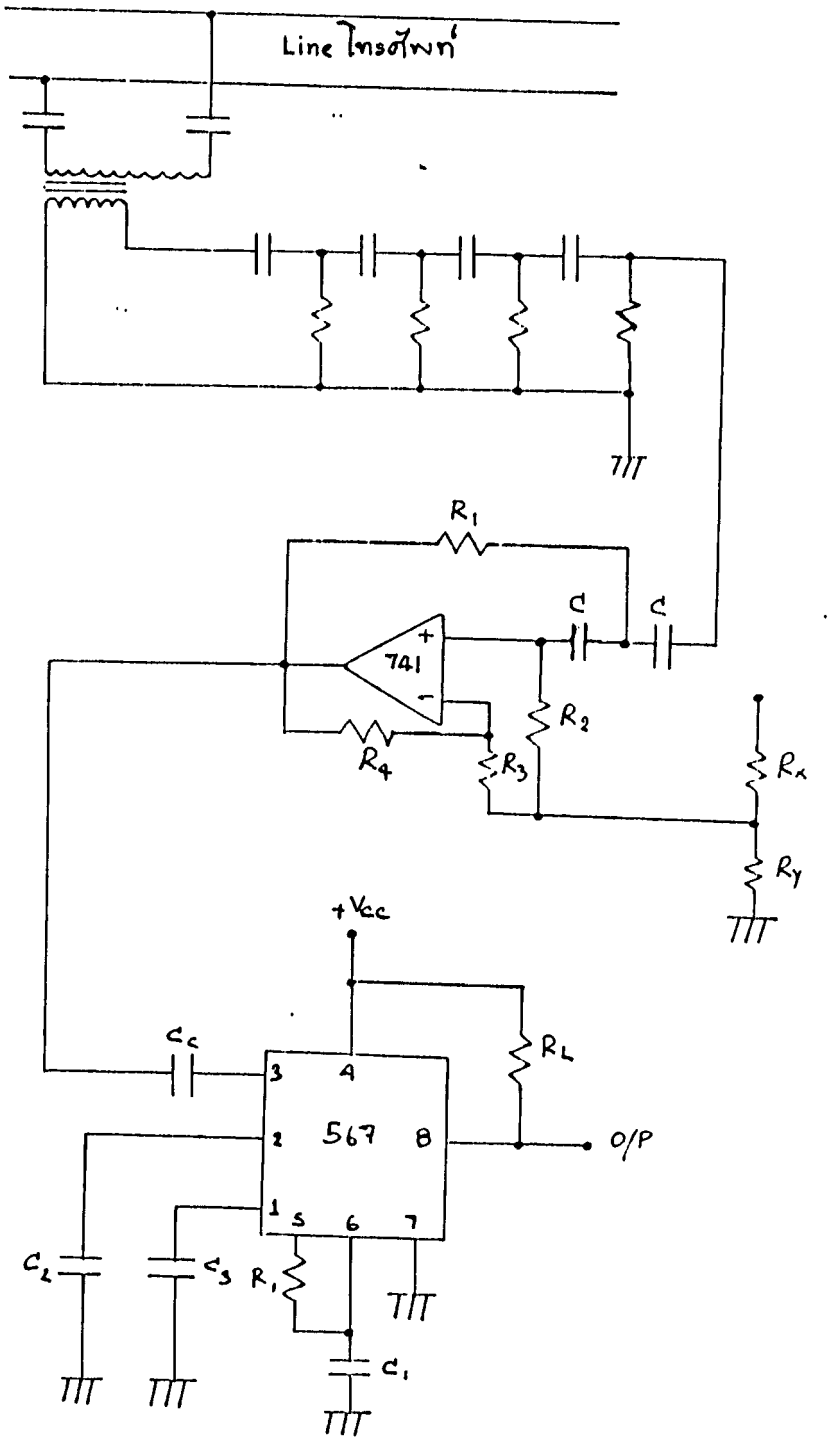
(Milisecond) หลังจากนั้นจะมีการหน่วงเวลาโดยอาศัยไมโนสเตเบิ้ล 7 ประมาณ 100 มิลลิวินาที เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวคั่นระหว่างรหัสคีย์แพ็ด และมีการส่งรหัสคีย์แพ็ดตัวที่ 2 ต่อ การส่งรหัสคีย์แพ็ดตัวที่ 1 โดยอาศัยการควบคุมจากโมโนสเตเบิ้ล (8)

สำหรับกรณีวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับนั้น เราใช้ไอซี โทน ดีโค้ดเดอร์ 567 (Tone decoder) เป็นตัวตรวจจับ โดยภาคอินพุทนั้น เราอาศัยการดึงสัญญาณเรียกกลับ จากไลน์ โดยการใช้แมทชิ่ง ทรานสฟอร์มเมอร์ (Matching transformer) เข้าวงจรกรองแบบพลาสซีฟความถี่สูงผ่าน(High pass passive filter) และวงจรแอคทีฟแบบความถี่สูงผ่าน (High pass active filter) ตามลำดับ ซึ่งลักษณะของวงจรเป็นดังภาพที่ 3.11

จากภาพที่ 3.11 นี้ แมทชิ่งทรานสฟอร์มเมอร์ ทำหน้าที่เป็นตัวไอโซเลทกราวน์ (Isolated Grounding) ของวงจรจากไลน์โทรศัพท์ และทำหน้าที่แมทชิ่งอิมพีแดนท์ (Matching Impedance) โดยการดึงสัญญาณเรียกกลับจากไลน์เข้าวงจรกรองแบบพลาสซีฟความถี่สูงผ่าน ในวงจรพลาสซีฟแบบความถี่สูงผ่านนี้ มีไว้เพื่อเป็นวงจรป้องกันในส่วนของวงจรกรองแบบแอคทีฟแบบความถี่สูงผ่าน ในกรณีที่มีสัญญาณกระดิ่งความถี่ 25 เฮิร์ต ศักดาประมาณ 125 โวลท์ (สำหรับชุมสายภายในที่ทดลองอยู่นี้ มีศักดาของสัญญาณกระดิ่งประมาณ 125 โวลท์ จากยอดคลื่นบนถึงยอดคลื่นล่าง (Peak to peak)) เรียกมายังเลขหมายของเรา ส่วนวงจรกรองแบบแอคทีฟแบบความถี่สูงผ่าน จะทำหน้าที่ลดสัญญาณของสัญญาณเรียกกลับเพื่อให้สัญญาณอินพุทที่ดีกับไอซี โทน ดีโค้ดเดอร์ 567 สำหรับไอซี โทน ดีโค้ดเดอร์ 567 นี้ จะถูกตั้งค่าการตรวจจับไว้ที่ค่าความถี่ประมาณ 325 เฮิร์ต (ชุมสายภายในที่ทดลองอยู่นี้มีค่าความถี่ของสัญญาณเรียกกลับประมาณ 325 เฮิร์ต) โดยทันทีที่มีสัญญาณความถี่ 325 เฮิร์ต เข้าที่ขาอินพุท ก็จะให้สัญญาณเอาท์พุทจากภาวะลอจิก 1 เป็นลอจิก 0

สำหรับการตั้งค่าความต้านทาน (Resistor) และค่าคาปาซิเตอร์ (Capacitor) ในวงจรกรองแบบพลาสซีฟ , แบบแอคทีฟ และในวงจรโทน ดีโค้ดเดอร์ นี้ สามารถดูได้จากภาคผนวก (3),(4) และ (5) ตามลำดับ

หลังจากที่เราตรวจจับสัญญาณเรียกกลับได้แล้ว วงจรควบคุมการตัดไลน์ ต่อไลน์ตามการเข้ารหัสคีย์แพ็ดตัวที่ 3 ก็จะทำหน้าที่เป็นตัวพิจารณาการตัดต่อไลน์ต่อไป โดยการทำงานจะเป็นไปในลักษณะที่มีการเพิ่มสัญญาณกระดิ่งให้มากขึ้นในตำแหน่งของพัลซ์ของสัญญาณกระ

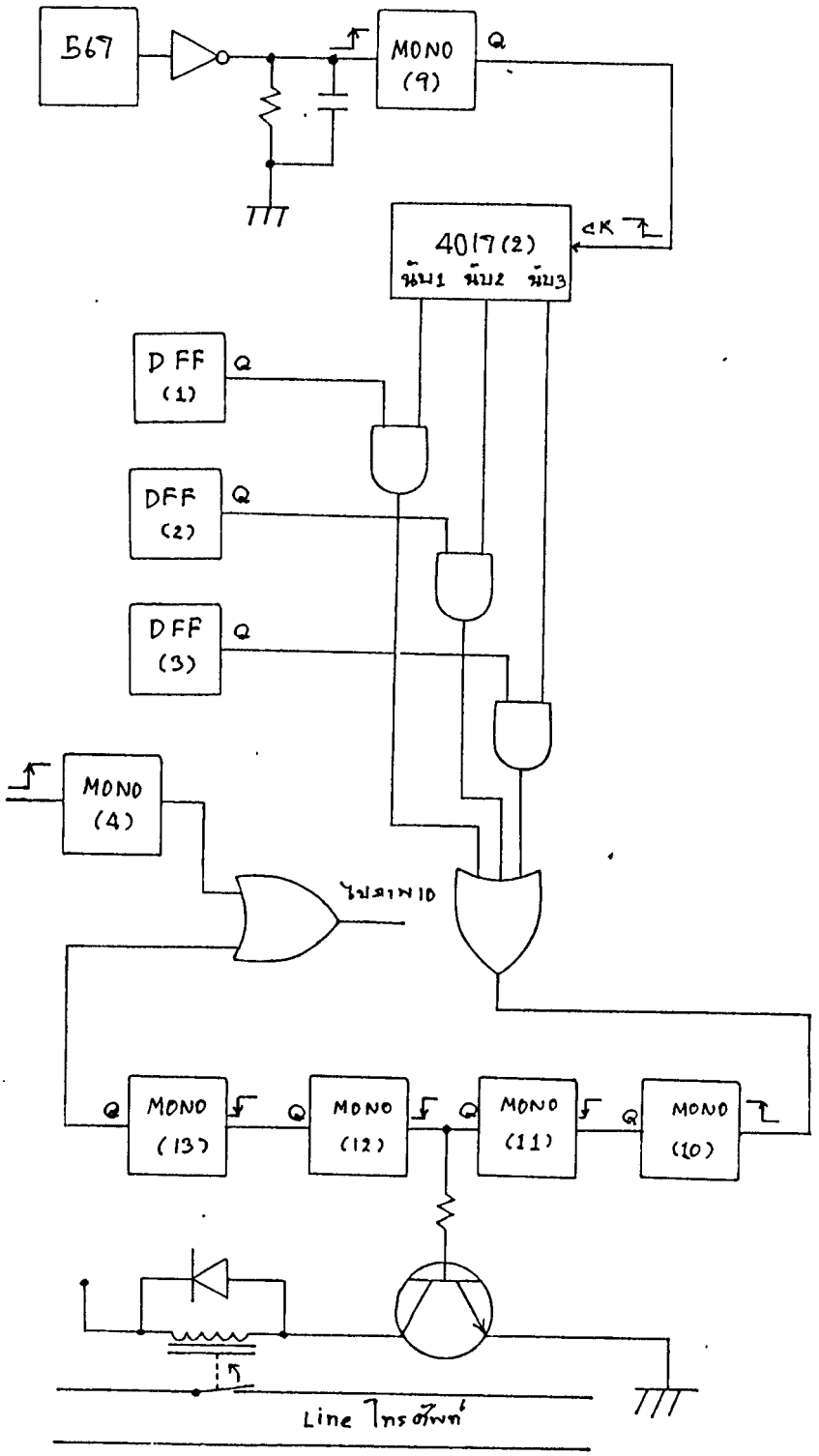


ภาพที่ 3.11 ลักษณะของวงจรตรวจจับสัญญาณเรียกกลับ

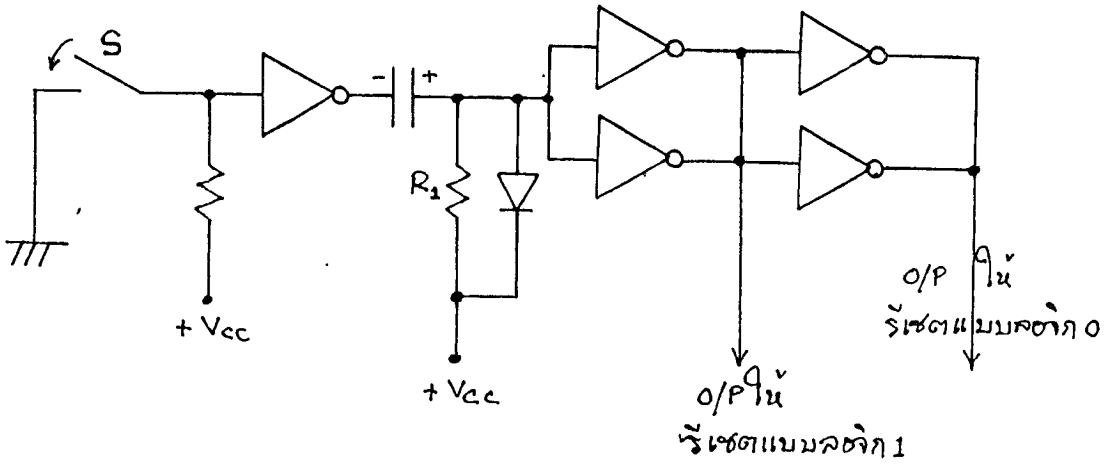
ดิ่งที่มีค่าลำดับตรงกับค่าของคีย์แพ็ดที่เข้ารหัสตัวที่ 3 ดังพิจารณาได้จากภาพที่ 9 โดยลักษณะการทำงานดังกล่าว เราสามารถสร้างได้เป็นวงจรดังภาพที่ 3.12

จากภาพที่ 3.12 อธิบายได้ว่า อินเวอร์เตอร์ (Inverter) ที่เอาท์พุทของไอซี โทน ดีโค้ดเดอร์ 567 จะทำหน้าที่เปลี่ยนสภาวะสัญญาณเอาท์พุทของไอซี โทน ดีโค้ดเดอร์จากสภาวะการทำงานแบบลอจิก 0 มาเป็นสภาวะการทำงานแบบลอจิก 1 ส่งสัญญาณไปเข้าตัวความต้านทาน และคาปาซิเตอร์ที่ต่อแบบขนาน (Shunt) เพื่อลดสัญญาณสวิงที่เกิดจากการเริ่มตรวจจับสัญญาณได้ของไอซี 567 และโมโนสเตเบิ้ล (9) ก็จะรับสัญญาณการทริกจากตัวอินเวอร์เตอร์ มาทำหน้าที่ปรับสัญญาณอินพุทที่ได้แบบ 2 พัลซ์ใน 1 ครั้ง ให้เหลือเพียงพัลซ์เดียว (สัญญาณกระดิ่งของชุมสายภายในระบบที่ทดลองนี้ สัญญาณกระดิ่งใน 1 ครั้ง จะมีลักษณะแยกเป็น 2 พัลซ์ อย่างชัดเจน ซึ่งลักษณะของสัญญาณเรียกกลับนั้น ก็มีลักษณะเช่นเดียวกัน) แล้วส่งสัญญาณไปทริกการนับให้กับไอซี 4017 เพื่อนับจำนวนครั้งของสัญญาณเรียกกลับที่ส่งตอบกลับมา ต่อจากนั้นไอซี 4017(2) และ ดี ฟลิบฟล็อบ (1-3) ที่ทำหน้าที่เก็บรหัสคีย์แพ็ดตัวที่ 3 ก็จะร่วมกันทำงานเพื่อส่งสัญญาณควบคุมการตัดไลน์ (คล้ายกับการกดฮุคสวิทช์ (Hook switch) ในจังหวะที่สัมพันธ์กับรหัสคีย์แพ็ดตัวที่ 3 โดยโมโนสเตเบิ้ล 10 เป็นตัวหน่วงเวลาที่สิ้นที่สุด ที่เมื่อมีการตัดไลน์ทางต้นทางแล้ว ยังสามารถส่งผลให้เกิดสัญญาณกระดิ่งที่เลขหมายปลายทางอย่างสมบูรณ์ , โมโนสเตเบิ้ล (11) เป็นตัวควบคุมการตัดไลน์ อาศัยการส่งเอาท์พุทไปควบคุมการทำงานของรีเลย์ โดยการตั้งระเวลาการส่งเอาท์พุท เพื่อให้เกิดการตัดไลน์ที่สิ้นที่สุดที่สามารถทำให้ไลน์การติดต่อตัดขาดลง โดยมีโมโนสเตเบิ้ล (12) เป็นตัวหน่วงเวลารอให้เกิดสัญญาณให้โทร (Dial tone) ก่อนที่โมโนสเตเบิ้ล (13) จะส่งสัญญาณไปควบคุมให้เกิดการส่งรหัสคีย์แพ็ดให้กับไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ เพื่อผลิตสัญญาณ ดี ที เอ็ม เอฟ เข้าไลน์ต่อไป

จากวงจรที่ต่างๆ ที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่า อุปกรณ์บางตัวจำเป็นต้องใช้สัญญาณการรีเซต หรือเซตค่า ณ สภาวะเริ่มต้นการทำงาน ทำให้เราจำเป็นต้องออกแบบวงจรเพื่อสร้างสัญญาณการรีเซต หรือเซตดังกล่าว ซึ่งลักษณะของวงจรที่ได้ทำการออกแบบเป็นดังภาพที่ 3.13



ภาพที่ 3.12 วงจรสร้างรหัสให้กับสัญญาณกระดิ่ง

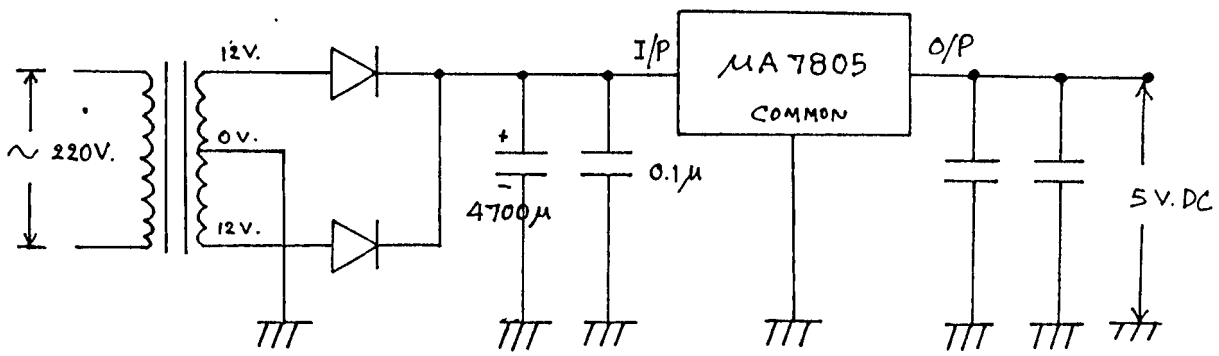


ภาพที่ 3.13 วงจรรีเซตการทำงาน ณ สภาวะเริ่มต้นการทำงาน

ตัวไมโครสวิทช์ (Microswitch) ในภาพที่ 3.13 จะถูกติดตั้งภายในโทรศัพท์ ณ ตำแหน่งใต้คานอุคสวิทช์ ซึ่งตัวสวิทช์นี้จะปิดวงจรเมื่ออุคสวิทช์ถูกกดโดยหูฟัง (Hand set) และสวิทช์จะเปิดวงจรเมื่อตัวหูฟังถูกยกขึ้น ซึ่งนี่นหมายถึงว่า เป็นการส่งสัญญาณรีเซตไป ในตัวขณะที่ตัวหูฟังถูกยกขึ้นจากอุคสวิทช์ ค่าตัวความต้านทาน R_1 และค่าตัวเก็บประจุในภาพ นั้น พิจารณาจากความเหมาะสมของช่วงเวลาในการให้สัญญาณรีเซต หรือเซตอุปกรณ์แต่ละตัว ในวงจร . เพื่อให้เกิดการรีเซต หรือเซตสภาพการทำงานของอุปกรณ์อย่างแท้จริง โดยค่าตัว ความต้านทานมีค่าเท่ากับ 100 กิโลโอห์ม และค่าตัวเก็บประจุมีค่าความจุเท่ากับ 4.7 ไมโคร ฟารัด สำหรับตัวไดโอด (Diode) จะทำหน้าที่เป็นทางบายพาส (Bypass) กระแสคาย ประจุ (Discharge) ให้กับตัวคาปาซิเตอร์ เมื่อไมโครสวิทช์ถูกปิดวงจรอีกครั้งหนึ่ง ส่วน อินเวอร์ 1 , 2 และ 3 , 4 นั้น จะทำหน้าที่ให้สัญญาณรีเซตแบบลอจิก 1 และลอจิก 0 ณ สภาวะเริ่มต้นตามลำดับ (ภาคผนวก 6)

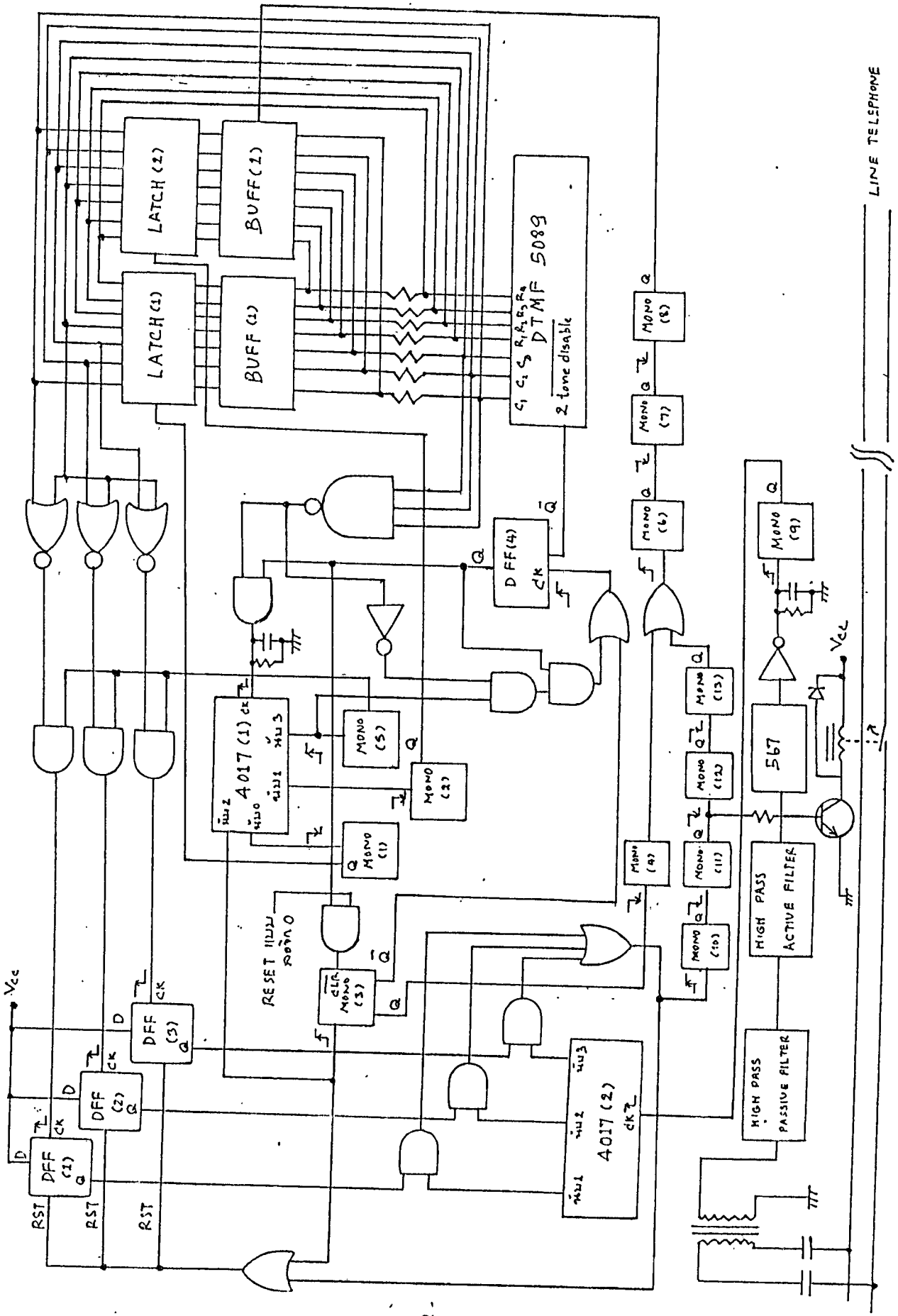
สำหรับวงจรจ่ายไฟของวงจรนี้ เราพิจารณาค่าการจ่ายกระแสของตัวจ่ายไฟ จากการพิจารณาถึงการกินกระแสของตัวไอซีแต่ละตัว และโหลดของวงจรแต่ละตัว ซึ่งจาก การพิจารณาพบว่า ไอซีที่สามารถทำงานแบบความถี่ได้ มักจะกันกระแสไม่เกิน 2 มิลลิแอมแปร์ ณ ศักดา 5 โวลท์ ที่ความถี่ 1 เมกกะเฮิร์ต ส่วนโหลดรีเลย์กินกระแสประมาณ 50 มิลลิแอม

แปร์ ซึ่งเมื่อพิจารณาโดยรวมจากวงจรจะพบว่ากินกระแสไม่เกิน 500 มิลลิแอมแปร์ ซึ่งสำหรับในตัว Telephone substation coder เราใช้ตัวจ่ายไฟขนาด 800 มิลลิแอมแปร์ โดยใช้ไอซีเรคกูเลเตอร์ 7805 (IC Recgulator 7805) เป็นตัวจ่ายไป ซึ่งลักษณะของวงจรจ่ายไฟที่ใช้นั้นเป็นดังภาพที่ 3.14



ภาพที่ 3.14 วงจรจ่ายไฟสำหรับ Telephone Substation Coder

จากที่กล่าวมาข้างต้น ได้แสดงถึงวงจรในลักษณะเป็นส่วนๆ ไป ซึ่งในภาพที่ 3.15 นั้นจะแสดงถึงภาพในลักษณะเป็นวงจรรวมของตัว Telephone substation coder ที่ใช้ในโปรเจ็คครั้งนี้


LATCH (2)
BUFF (1)
LATCH (1)
BUFF (2)
DTMF 5089
2 tone disable
DFF (4)
MONO (8)
MONO (7)
MONO (6)
MONO (9)
MONO (13)
MONO (12)
MONO (11)
MONO (10)
MONO (5)
MONO (2)
MONO (1)
MONO (3)
MONO (4)
4017 (1)
4017 (2)
DFF (3)
DFF (2)
DFF (1)
RESET แบบ MONO
567
HIGH PASS ACTIVE FILTER
HIGH PASS PASSIVE FILTER
LINE TELEPHONE
Vcc
RST

รูปที่ 3.15

วงจรรวมที่แสดงในภาพที่ 15 นี้ ได้รวบรวมในส่วนวงจรต่างๆ ที่ได้อธิบายมาเป็นส่วนๆ ในข้างต้นเข้าด้วยกัน ทำให้สามารถวาดภาพถึงลักษณะการทำงานของวงจรได้เข้าใจยิ่งขึ้น โดยการไล่การทำงานของวงจรเป็นส่วนๆ ต่อเนื่องกันไป สำหรับลายปริ้นท์วงจรที่ได้ทำการออกแบบนั้นอยู่ในหมวดภาคผนวก ภาพ ผ.7 - ผ.10

ในบทนี้ ขอกล่าวไว้แต่เพียงเท่านี้ สำหรับเรื่องการทดลองของวงจรที่ได้สร้างขึ้นในลักษณะรูปแบบต่างๆ นั้น จะได้กล่าวถึงในบทต่อไป

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ ทำโดยการติดต่อระหว่างโทรศัพท์ภายใน 2 เครื่อง โดยเครื่องส่งจะมีการพ่วงเครื่องเพิ่มการใช้งาน ส่วนทางเครื่องรับไม่มี ซึ่งสามารถแยกแยะเป็นหัวข้อการทดลองได้ดังนี้

1. ทดสอบการส่งรหัสแบบ 1
2. ทดสอบการส่งรหัสแบบ 2
3. ทดสอบการส่งรหัสแบบ 3
4. ทดสอบการทำงานเมื่อไม่ส่งรหัสตัวที่สาม
5. ทดลองการใช้งานการโทรออกไปชุมสายภายนอก

1. ทดสอบการส่งรหัสแบบ 1

1.1 กดหมายเลข 2 ตัว ของเบอร์ชุมสายภายใน จากนั้นกดรหัสตัวที่สามคือหมายเลข 1

1.2 ฟังสัญญาณการส่งรหัส จะส่งรหัสเพียงสองตัวแรกเท่านั้น

1.3 หลังจากการต่อโทรศัพท์ติดแล้ว ฟังสัญญาณเรียกกลับครั้งที่ 1 จะต้องมีการตัดต่อรีเลย์เกิดขึ้น

1.4 เมื่อรีเลย์ตัดช่วงระยะเวลาหนึ่งแล้ว จะต่ออีกครั้ง โดยจะส่งหมายเลข 2 ตัวเดิม

1.5 หลังจากต่อโทรศัพท์ปลายทางติดแล้ว จะได้ยินสัญญาณเรียกกลับตามปกติ และหลังจากนี้จะไม่มีการตัดต่อของรีเลย์เลย

1.6 สำหรับทางด้านผู้รับ จะได้ยินสัญญาณกระดิ่งครั้งแรก แตกต่างจากครั้งอื่นๆ ซึ่งสัญญาณได้แสดงไว้ดังรูป 4.1 ก.

2. ทดสอบการส่งรหัสแบบ 2

2.1 กดหมายเลข 2 ตัว ของเบอร์ชุมสายสภายใน จากนั้นกดรหัสตัวที่สาม คือหมายเลข 2

2.2 หลังจากนั้น ฟังสัญญาณการส่งรหัส จะส่งรหัสเพียงสองตัวแรกเท่านั้น

2.3 หลังจากการต่อโทรศัพท์ติดแล้ว ฟังสัญญาณเรียกกลับครั้งที่หนึ่งจะปกติ หลังจากสัญญาณเรียกกลับครั้งที่ 2 จะมีการตัดรีเลย์เกิดขึ้น และหลังจากนั้นสักระยะรีเลย์จะต่อ และส่งรหัสสัญญาณ 2 ตัวเดิมออกไปเช่นเดียวกัน

2.4 หลังจากต่อโทรศัพท์ปลายทางติดแล้ว จะได้ยินสัญญาณเรียกกลับตามปกติ และหลังจากนี้จะไม่มีการตัดรีเลย์อีก

2.5 สำหรับทางด้านผู้รับ จะได้ยินสัญญาณกระดิ่งครั้งที่ 2 แตกต่างจากครั้งอื่น ดังรูป

3. ทดสอบการส่งรหัสแบบ 3

3.1 กดหมายเลข 2 ตัว ของเบอร์ชุมสายภายใน จากนั้นกดรหัสตัวที่สาม คือหมายเลข 3

3.2 จากนั้นมีการส่งรหัสเพียง 2 ครั้ง

3.3 หลังจากการต่อโทรศัพท์ติดแล้ว ฟังสัญญาณเรียกกลับครั้งที่ 3 จะมีการตัดต่อเกิดขึ้น

3.4 หลังจากรีเลย์ต่อแล้ว จะส่งรหัสสัญญาณเดิมออกไปอีกครั้ง

3.5 หลังจากต่อโทรศัพท์ติดแล้ว ฟังสัญญาณเรียกกลับ จะเป็นตามปกติ และไม่มีการตัดต่ออีก

3.6 สำหรับทางด้านผู้รับ จะได้ยินสัญญาณกระดิ่งครั้งที่ 3 ต่างจากครั้งอื่นๆ ซึ่งแสดงไว้ดังรูป

4. ทดสอบการทำงานเมื่อไม่ส่งรหัสตัวที่สาม

4.1 กดหมายเลข 2 ตัวของเบอร์ชุมสายภายใน และไม่กดรหัสตัวที่สาม

4.2 หลังจาก 4.1 รอสักพัก จะมีการส่งรหัสสัญญาณออกไป

4.3 เมื่อโทรศัพท์ต่อติด ฟังสัญญาณเรียกกลับ จะเป็นไปตามปกติ และรีเลย์จะไม่มีการตัด

4.4 ทางผู้รับ จะได้ยินสัญญาณกระดิ่งตามปกติ

นอกจากนี้แล้ว เราจะต้องให้โทรศัพท์ สามารถโทรไปยังชุมสายภายนอกได้ด้วย เพื่อการใช้งานจะได้เป็นไปตามปกติ ดังที่จะทดสอบในหัวข้อต่อไป

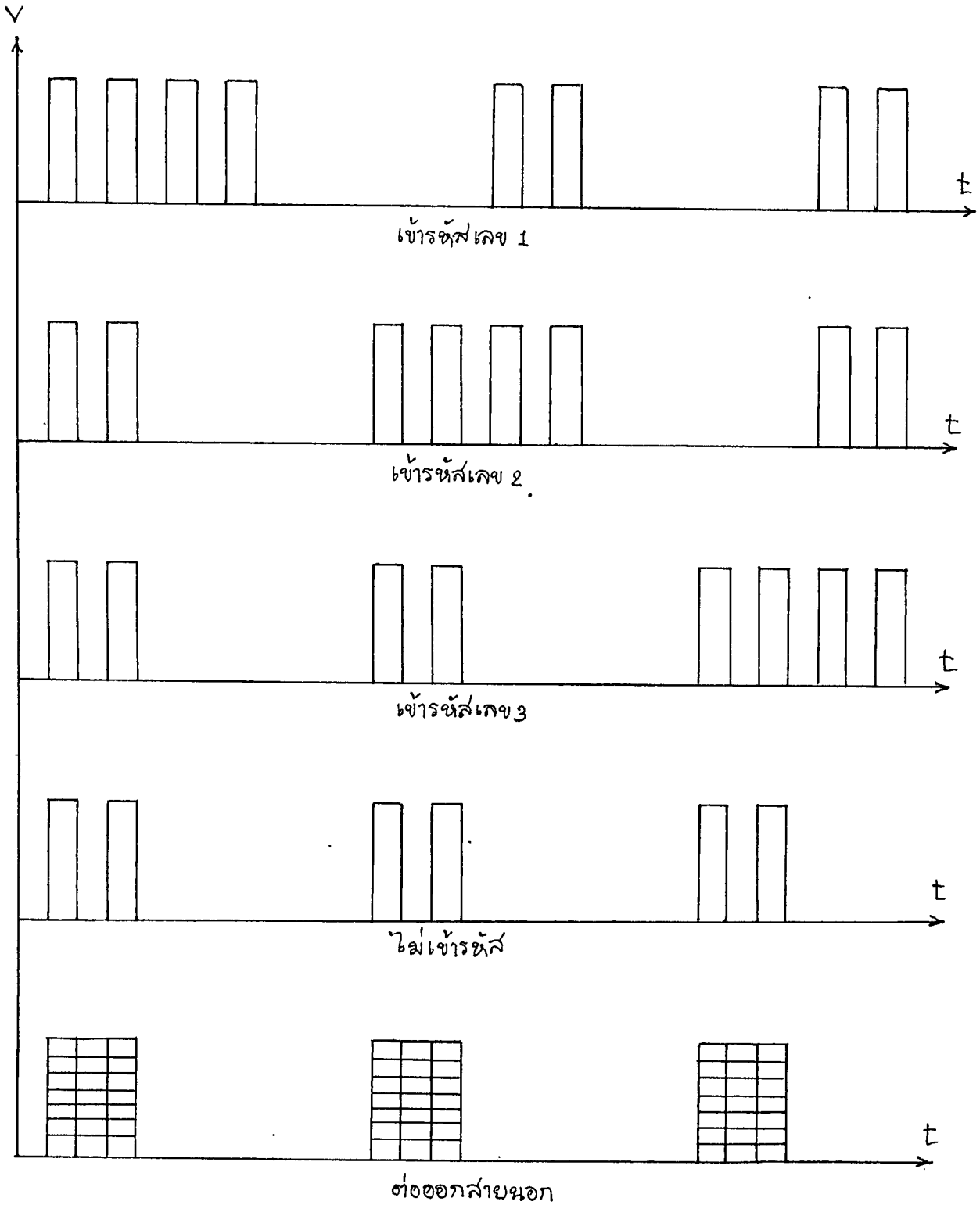
5. ทดสอบการโทรออกไปยังชุมสายภายนอก

5.1 กดหมายเลข 81 เพื่อทำการต่อใช้งานสายภายนอก

5.2 รอสักระยะหนึ่ง จะส่งหมายเลข 81 และได้ยินเสียงพร้อมที่จะโทรออกสายภายนอก

5.3 ทดลองสามารถโทรไปยังชุมสายภายนอกได้ตามปกติ และไม่มีการตัดต่อสายใดๆ ทั้งสิ้น

ในหน้าต่อไป จะแสดงลักษณะพัลซ์ของสัญญาณกระดิ่งที่เกิดจากการทดลองจริงของตัว Telephone substation Coder ในการเข้ารหัสแบบต่างๆ



ภาพที่ 4.1 ลักษณะพัลซ์ของลักษณะพัลซ์ของสัญญาณกระดิ่งที่เกิดจาก
การทดลองจริงของตัว Telephone substation Coder ในการเข้ารหัสแบบต่างๆ

บทที่ 5

บทวิจารณ์ และสรุป

จากโปรเจ็คที่ได้ทดลองสร้างในครั้งนี้ จะเห็นว่าอุปกรณ์ดังกล่าวสามารถเข้ารหัสสัญญาณกระดิ่งไปยังเลขหมายปลายทางได้จริง โดยลักษณะของสัญญาณกระดิ่งที่เกิดขึ้น จะแตกต่างกันไป 3 แบบ ซึ่งนั่นหมายถึงว่า ในเลขหมายเดิม 1 เลขหมาย สามารถเพิ่มการใช้งานได้เป็น 3 เครื่อง โดยอาศัยลักษณะสัญญาณกระดิ่งที่ดังขึ้น และการตกลงกันก่อนของผู้ที่พ่วงโทรศัพท์ถึงลักษณะสัญญาณกระดิ่งตามเลขหมายที่เพิ่มขึ้นของตน ทำให้ผู้เรียกสามารถระบุผู้รับปลายทางที่พ่วงกันได้อย่างเจาะจง สำหรับอุปกรณ์ที่ได้ทดลองสร้างนี้ ได้ออกแบบเพื่อให้มีการเพิ่มเลขหมายเดิมเป็น 3 เลขหมายเป็นอย่างมาก (3 เลขหมาย แต่คู่สายเดียว) ทั้งนี้เพื่อไม่เป็นการโหลดกระแสจากชุมสายจนเกินไป ซึ่งในกรณีที่สร้างเป็นอุปกรณ์เพิ่มเติมให้กับชุมสายภายใน ก็เท่ากับว่าสามารถเพิ่มการใช้งานได้อีกประมาณ 60 เปอร์เซนต์ ในการใช้งานจริงนี้ อุปกรณ์ชิ้นนี้ นับว่ายังไม่สามารถสร้างประโยชน์ต่อการใช้งานได้อย่างสูงสุด ทั้งนี้เนื่องจากไม่ได้สร้างเป็นอุปกรณ์เพิ่มเติมให้กับตัวชุมสายภายใน หรือเป็นอุปกรณ์พ่วงกับตัวโอเปอเรเตอร์ แต่เป็นลักษณะของอุปกรณ์พ่วงกับโทรศัพท์ทั่วๆไป ทั้งนี้เนื่องจากระบบชุมสายภายใน และตัวโอเปอเรเตอร์มีการใช้งานอยู่ตลอดเวลา แต่สำหรับหน่วยงานที่ขาดแคลนเลขหมายชุมสายภายใน มีทุนทรัพย์จำกัด และมีความต้องการที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการสื่อสารทางโทรศัพท์ ก็สามารถอาศัยแนวความคิดในการเข้ารหัสสัญญาณกระดิ่งได้ โดยการสร้างเป็นอุปกรณ์เพิ่มเติมให้กับตัวชุมสายภายใน ซึ่งจะก่อให้เกิดอรรถประโยชน์สูงสุดจากการใช้หลักการนี้ โดยราคาในการสร้างนับว่าถูกมากทีเดียว เมื่อเทียบกับการขยายระบบ หรือเปลี่ยนระบบใหม่

ภาคผนวก

(1) ปกติในเครื่องโทรศัพท์ทั่วๆ ไป ทุกครั้งที่มีการยกหูฟัง และกดคีย์แพ็ด พบว่า เราจะได้ยินสัญญาณ ดี ที เอ็ม เอฟ โดยทันทีที่มีการกดคีย์แพ็ด ซึ่งการที่เราจะไม่ให้เกิดสัญญาณ ดี ที เอ็ม เอฟ ทุกครั้งที่มีการกดนี้โดยทันที เราอาจสามารถทำได้โดยการตัดลายวงจรเดิมในโทรศัพท์ไม่ให้ ไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ เจนเนอเรเตอร์ รับรหัสคีย์แพ็ด โดยให้รหัสคีย์แพ็ดที่กดไปเก็บไว้ในวงจรของเราก่อน แล้วค่อยทำการส่งออกไปให้ ไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ เจนเนอเรเตอร์ ในภายหลัง หรืออาจจะใช้วงจรที่ไปควบคุม ไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ เจนเนอเรเตอร์ ไม่ให้ผลิตสัญญาณ ดี ที เอ็ม เอฟ ทั้งๆ ที่ได้รับรหัสคีย์แพ็ด โดยรหัสคีย์แพ็ดที่กดนั้น ก็ถูกเก็บไว้ในวงจรของเราด้วย แล้วค่อยทำการส่งให้ ไอซี ดี ที เอ็ม เอฟ เจนเนอเรเตอร์ ในภายหลัง

(2) ในการทดลองโปรเจ็คนี้ ได้ใช้ระบบชุมสายภายในรุ่น KX - T308 และตัวโทรศัพท์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวโอเปอเรเตอร์รุ่น KX - T30820 ยี่ห้อ NATIONAL

(3) วงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบพลาสชีฟ ในภาพที่ 3.11 นั้น ค่าตัวความต้านทาน และค่าตัวเก็บประจุที่ใช้ พิจารณาจากสูตร

$$f = 1/2\pi RC$$

โดย f คือ ความถี่คัทออฟ (Cut off frequency) ในหน่วยเฮิร์ต

R คือ ค่าตัวความต้านทานในหน่วยโอหม์

C คือ ค่าตัวเก็บประจุในหน่วยฟารัด

ลักษณะของวงจรกรองที่ออกแบบ เราได้ทำการออกแบบเป็นลักษณะแบบมัลติสเตรท เพื่อให้มีความคมของการกรองสัญญาณมากยิ่งขึ้น (Sharpness of response)

โดยใน 2 สเตรทแรก เราตั้งความถี่คัทออฟไว้ที่ 185 เฮิร์ต

ให้ค่าตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับ 0.22 ไมโครฟารัด

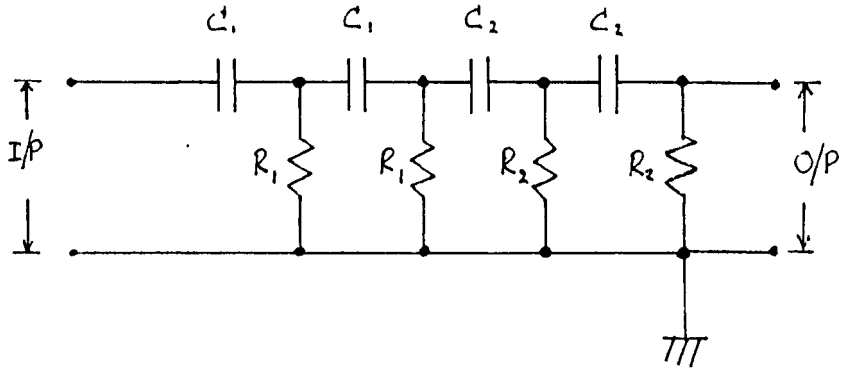
จะได้ค่าตัวความต้านทานมีค่าเท่ากับ 3.9 กิโลโอห์ม

สำหรับ 2 สเตรทหลัง เราตั้งความถี่คัทออฟไว้ที่ 200 เฮิร์ต

ให้ค่าตัวเก็บประจุมีค่าเท่ากับ 0.47 ไมโครฟารัด

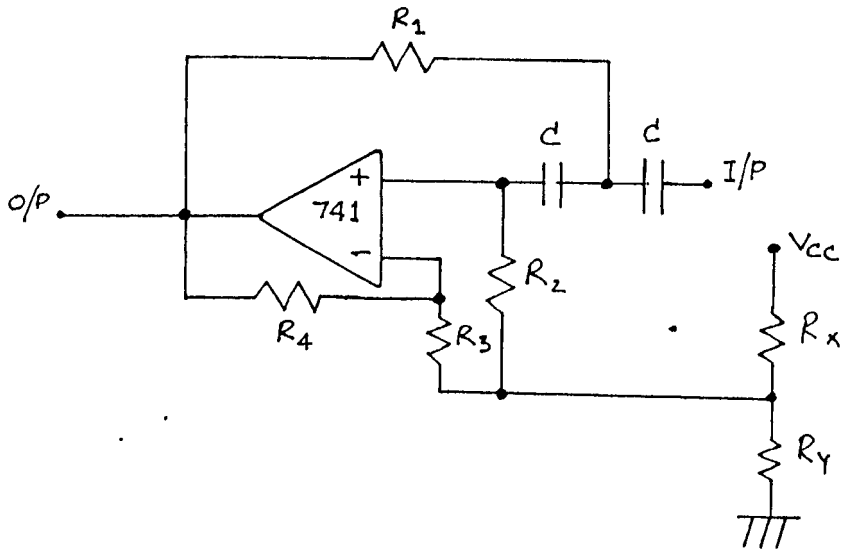
จะได้ค่าตัวความต้านทานมีค่าเท่ากับ 1.68 กิโลโอห์ม

ซึ่งลักษณะของวงจรความถี่สูงผ่านแบบพลาสซีฟที่ได้ออกแบบจะเป็นดังภาพที่ ผ.1



ภาพที่ ผ.1 วงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบพลาสซีฟ ที่ใช้งาน

(4) ในภาพที่ 3.11 วงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบแอคทีฟ เราต่อแบบ Second order high pass frequency โดยใช้ ไอซี OP-AMP 741 แบบ Single supply ต่อร่วมกับ R และ C ซึ่งลักษณะของวงจรเป็นดังภาพที่ ผ.2



ภาพที่ ผ.2 วงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบแอคทีฟ ที่ใช้งาน

ในการคำนวณค่า C , R_1 , R_2 , R_3 , R_4 นั้น เราอาศัยจากการตั้งค่าความถี่คัทออฟไว้ที่ 200 เฮิร์ต โดยให้มีอัตราการขยายของวงจรมีค่าเท่ากับ 4 และเปิดค่าในตาราง เพื่อพิจารณาหาค่า R และ C ที่เหมาะสม

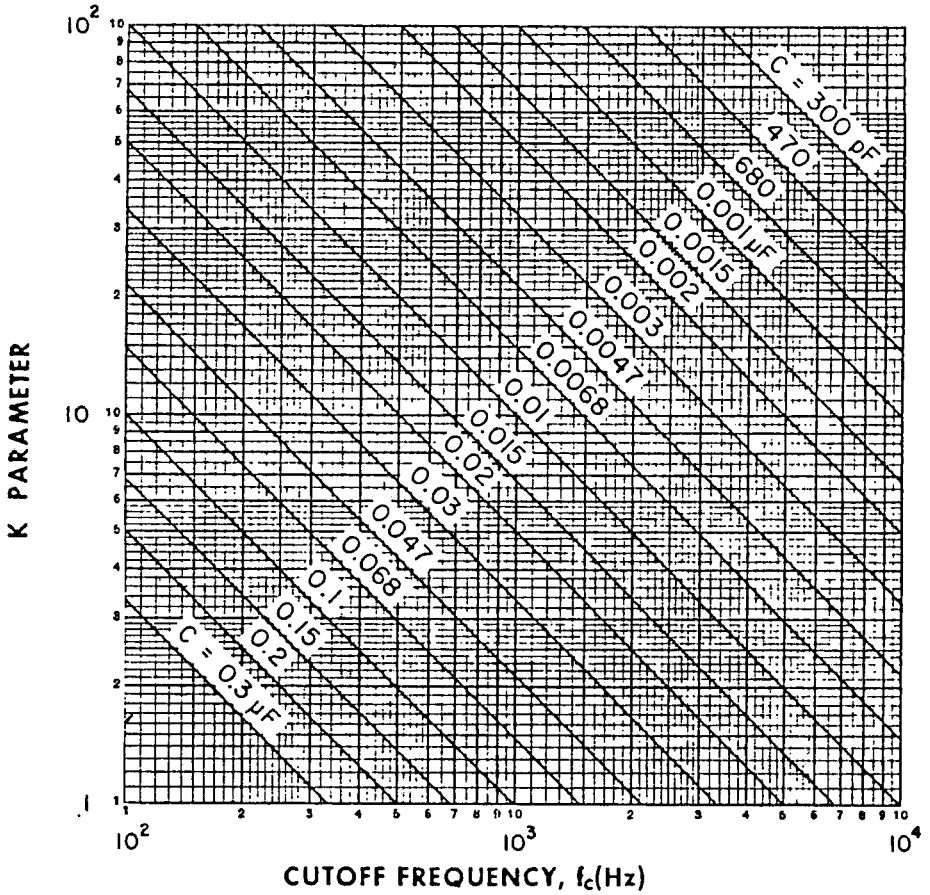


Fig. 3.6. (*b*) *K* parameter versus frequency.

ภาพที่ ผ.3 ตารางช่วยในการพิจารณาค่าตัวเก็บประจุให้กับวงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบแอคทีฟ

เริ่มต้นจากการเซตค่าความถี่คัทออฟไว้ที่ 200 เฮิร์ต

ในภาพ เราพิจารณาค่าตัวเก็บประจุที่เหมาะสม คือ 0.1 ไมโครฟารัด จะได้ค่า K parameter เท่ากับ 5 ซึ่งเราจะนำค่า K parameter ที่ได้นี้ไปใช้ในการพิจารณาหาค่า R_1 , R_2 , R_3 , R_4 ที่เหมาะสมต่อไป

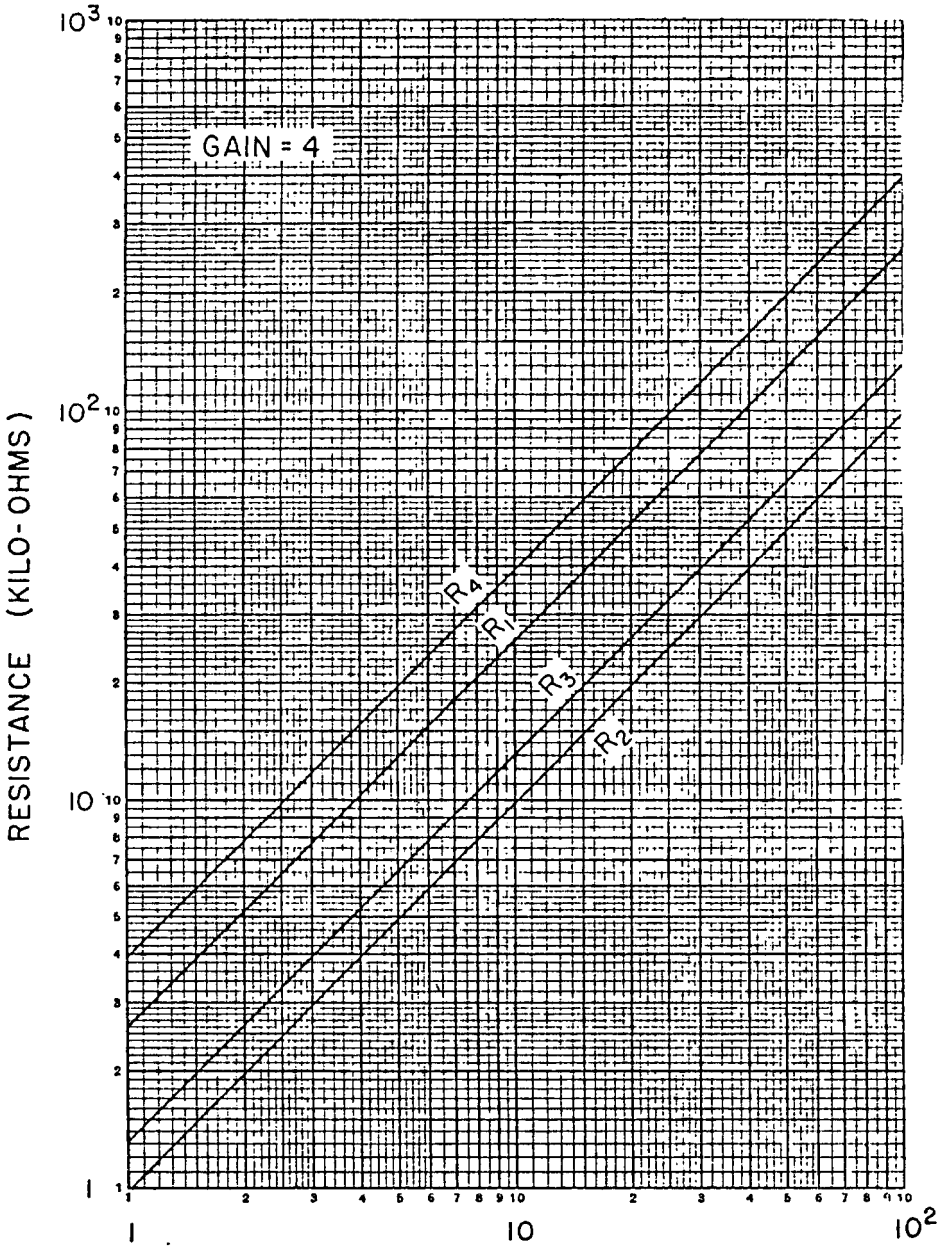


Fig. 3.9. Second-order high-pass Butterworth filter.

ภาพที่ ผ.4 ตารางช่วยในการพิจารณาค่าตัวความต้านทาน

ให้กับวงจรกรองความถี่สูงผ่านแบบแอคทีฟ

จากตาราง K_i parameter เราเลือกค่าอัตราการขยายของวงจรเท่ากับ 4 ดังนั้นเมื่อ

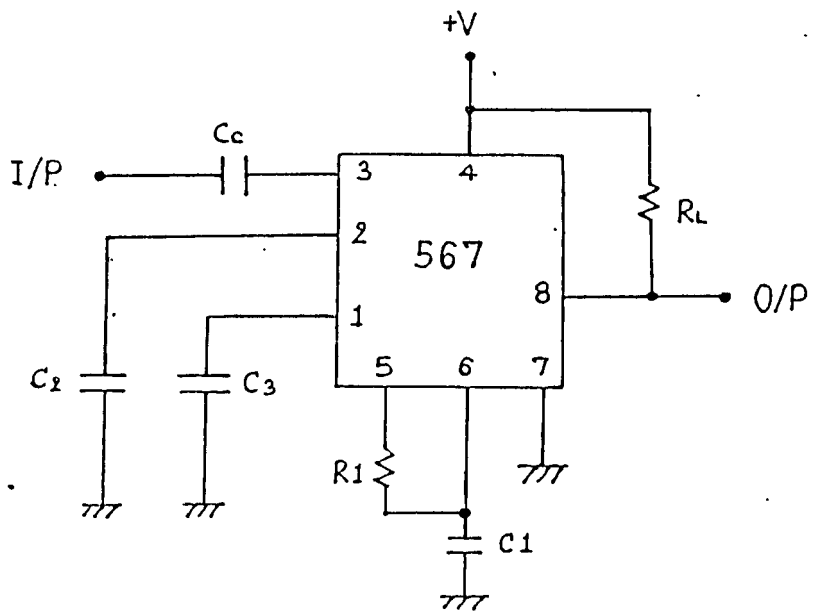
พิจารณาจากตาราง เราจะได้ค่า R_1 = 12 กิโลโอห์ม

R_2 = 5 กิโลโอห์ม

R_3 = 6.8 กิโลโอห์ม

R_4 = 20 กิโลโอห์ม

(5) สำหรับการออกแบบในส่วน โทนดีโค็ดเดอร์ 567 นั้น เราอาศัยวงจรดังภาพที่ ผ.5



ภาพที่ ผ.5 วงจรโทน ดิโค็ดเดอร์ 567 ที่ใช้งาน

จากภาพที่ ผ.5 เราคำนวณค่าต่างๆ ได้จากสูตร

$f_o = 1/(1.1R_1C_1)$

กำหนดค่า f_o = 325 เฮิร์ต

C_1 = 100 นาโนฟารัด

จะได้ตัวต้านทาน R_1 = 28 กิโลโอห์ม

เราจะใช้ค่า R คงที่ 20 k ต่ออนุกรมกับ R ที่ปรับค่าได้ 22 K สำหรับค่า R_1 นี้

ส่วนค่า แบนวิดท์ ของวงจรคำนวณได้จากสูตร

$$BW = 1070\sqrt{v_1/(fC_2)}$$

โดยค่า BW นี้ มีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์

f มีหน่วยเป็นเฮิร์ต

C มีหน่วยเป็นไมโครฟารัด

v_1 มีหน่วยเป็นโวลท์

กำหนด ค่า BW = 10 เปอร์เซนต์

ได้ค่าตัวเก็บประจุ C_2 = 7 ไมโครฟารัด

กำหนดให้ค่า C_2 = 10 ไมโครฟารัด

$C_3 = 2C_2$

ดังนั้นได้ค่า C_3 = 22 ไมโครฟารัด

(6) การให้สัญญาณรีเซตกับโมโนสเตเบิ้ล , ดี ฟลิบฟล็อบ , ไอซี นับสิบ 4017 และ ไอซี แล็ทช์ (Latch) มีลักษณะการให้สัญญาณรีเซตดังนี้

จากภาพที่ 3.15

โมโนสเตเบิ้ลทุกตัว ให้เอาสัญญาณรีเซตแบบลอจิก 0 เข้าขาเคลียร์

ดี ฟลิบฟล็อบ ทุกตัว ใช้สัญญาณรีเซตแบบลอจิก 1 โดย ดี ฟลิบฟล็อบ ตัวที่ 1 ,2 ,3 ให้เอาเข้าที่ขาเคลียร์ ส่วนตัวที่ 4 ให้เอาเข้าที่ขา เซต

ไอซี นับสิบ 4017 ทุกตัว ให้เอาสัญญาณรีเซตแบบลอจิก 1 เข้าที่ขารีเซต

ไอซี แล็ทช์ ทุกตัว ให้เอาสัญญาณรีเซตแบบลอจิก 1 เข้าที่ขา เคลียร์ และขาดีสเอเบิ้ล (Disable)

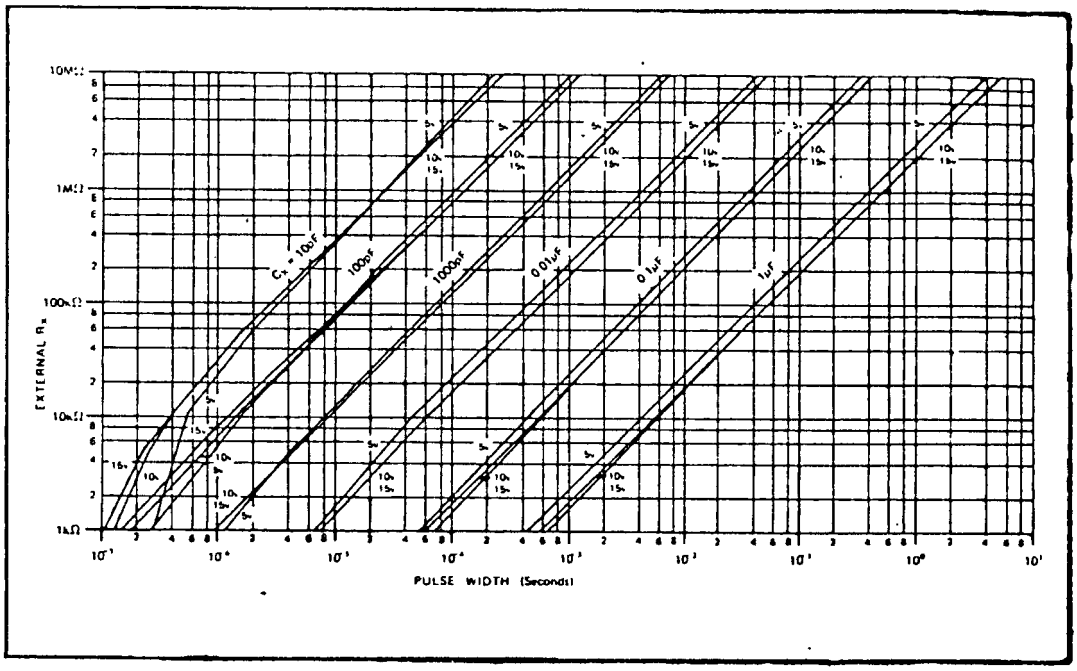
สำหรับรายละเอียดการต่อไอซีเหล่านี้ใช้งานนั้น ค่อนข้างง่าย จึงไม่ขอกล่าว ณ ที่นี้ เพราะสามารถหาดูได้จาก ด้าต้าบุ๊ค

ในภาพที่ 3.15 ค่า R ,C ที่กำหนดเวลาช่วงกว้างพัลซ์ (Pulse time) ของโมโนสเตเบิ้ล แต่ละตัว เราสามารถคำนวณได้จากสูตร $t = RC$ แต่ในการทดลองนี้อาศัยการพิจารณาค่าตัวความต้านทาน และค่าตัวเก็บประจุจากตาราง ทั้งนี้เนื่องจากมีความแม่นยำมากกว่าการคำนวณจากสูตรมาก

สำหรับตารางพิจารณาการหาค่าตัวความต้านทาน และค่าตัวเก็บประจุ เพื่อใช้ตั้งช่วงพัลซ์ให้กับตัวโมโนสเตเบิ้ล แสดงดังภาพที่ ผ.6

SCL4528B

SCL4528B PULSE WIDTH VS R_X, C_X, V_{DD}



ภาพที่ ผ.6 ตารางแสดงวิธีการคำนวณหาค่าตัวความต้านทาน และค่าตัวเก็บประจุ สำหรับการตั้งช่วงกว้างพัลซ์ให้กับตัวโมโนสเตเบิ้ล

จากวงจร เรากำหนดให้

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 1 มีค่าช่วงกว้างพัลซ์ เท่ากับ 5 มิลลิวินาที

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 2 มีค่าช่วงกว้างพัลซ์ เท่ากับ 5 มิลลิวินาที

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 3 มีค่าช่วงกว้างพัลซ์ เท่ากับ 1 วินาที

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 4 มีค่าช่วงกว้างพัลซ์ เท่ากับ 5 มิลลิวินาที

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 5 มีค่าช่วงกว้างพัลซ์ เท่ากับ 10 มิลลิวินาที

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 6 มีค่าช่วงกว้างพัลซ์ เท่ากับ 100 มิลลิวินาที

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 7 มีค่าช่วงกว้างพัลซ์ เท่ากับ 100 มิลลิวินาที

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 8 มีค่าช่วงกว้างพัลซ์ เท่ากับ 100 มิลลิวินาที

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 9 มีค่าช่วงกว้างพัลซ์ เท่ากับ 1.5 วินาที

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 10 มีค่าช่วงกว้างพัลซ์ เท่ากับ 100 มิลลิวินาที

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 11 มีค่าช่วงกว้างพัลซ์ เท่ากับ 500 มิลลิวินาที

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 12 มีค่าช่วงกว้างพัลซ์ เท่ากับ 200 มิลลิวินาที

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 13 มีค่าช่วงกว้างพัลซ์ เท่ากับ 5 มิลลิวินาที

ดังนั้น เราจะได้ค่า R ,C ที่กำหนดค่าเวลาช่วงกว้างพัลซ์ โมโนสเตเบิ้ล แต่ละตัวดังนี้

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 1 ใช้ค่า R = 120 กิโลโอห์ม ค่า C = 0.1 ไมโครฟารัด

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 2 ใช้ค่า R = 120 กิโลโอห์ม ค่า C = 0.1 ไมโครฟารัด

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 3 ใช้ค่า R = 3.3 เมกกะโอห์ม ค่า C = 1 ไมโครฟารัด

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 4 ใช้ค่า R = 120 กิโลโอห์ม ค่า C = 0.1 ไมโครฟารัด

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 5 ใช้ค่า R = 240 กิโลโอห์ม ค่า C = 0.1 ไมโครฟารัด

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 6 ใช้ค่า R = 240 กิโลโอห์ม ค่า C = 1 ไมโครฟารัด

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 7 ใช้ค่า R = 240 กิโลโอห์ม ค่า C = 1 ไมโครฟารัด

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 8 ใช้ค่า R = 240 กิโลโอห์ม ค่า C = 1 ไมโครฟารัด

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 9 ใช้ค่า R = 3.9 เมกกะโอห์ม ค่า C = 1 ไมโครฟารัด

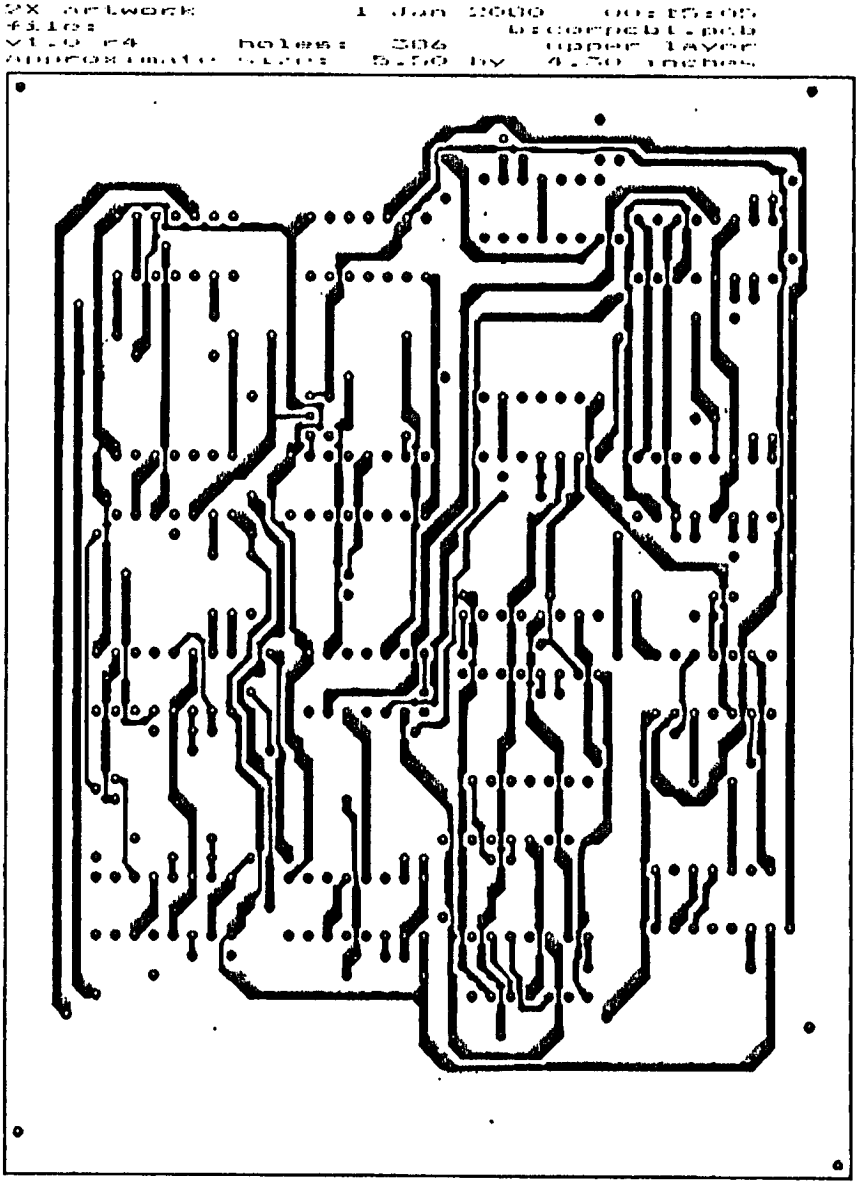
โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 10 ใช้ค่า R = 240 กิโลโอห์ม ค่า C = 1 ไมโครฟารัด

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 11 ใช้ค่า R = 1.5 เมกกะโอห์ม ค่า C = 1 ไมโครฟารัด

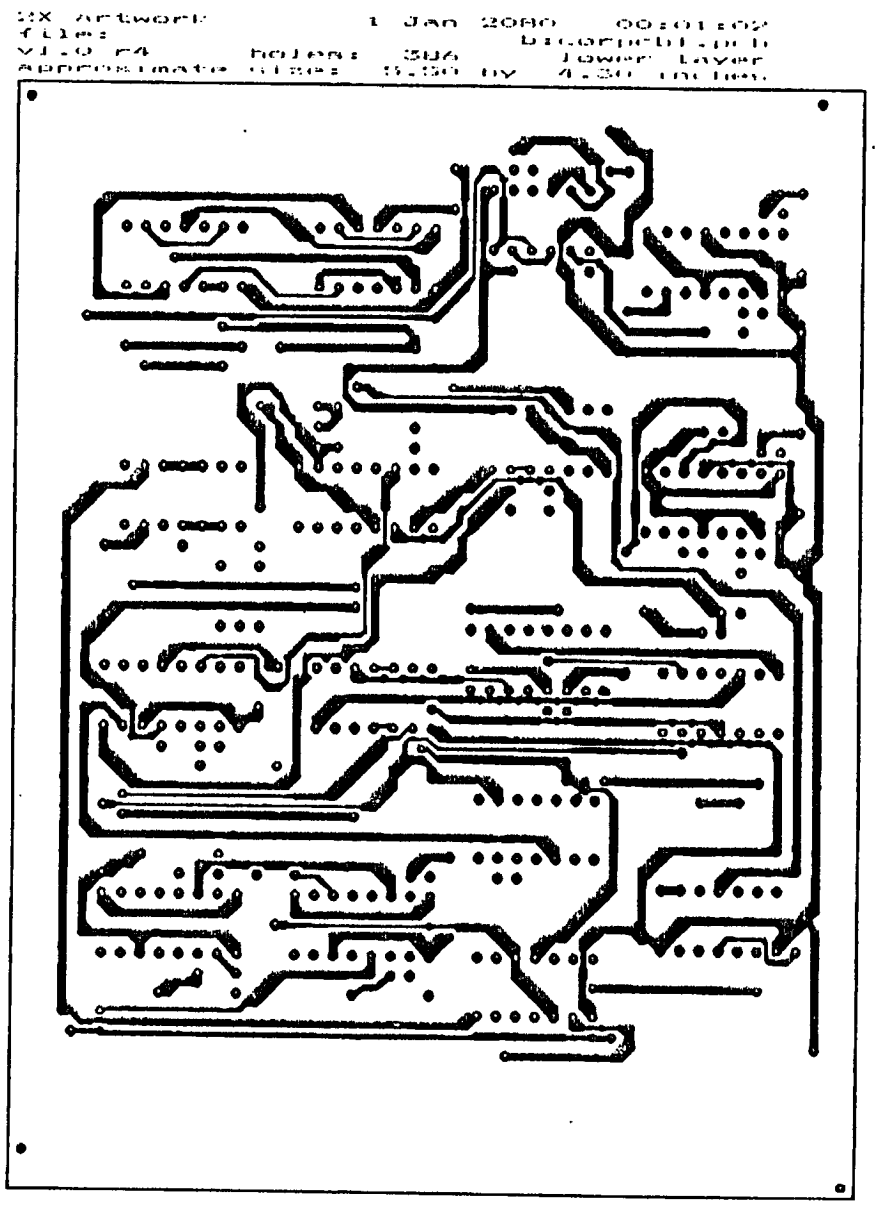
โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 12 ใช้ค่า R = 470 กิโลโอห์ม ค่า C = 1 ไมโครฟารัด

โมโนสเตเบิ้ลตัวที่ 13 ใช้ค่า R = 120 กิโลโอห์ม ค่า C = 0.1 ไมโครฟารัด

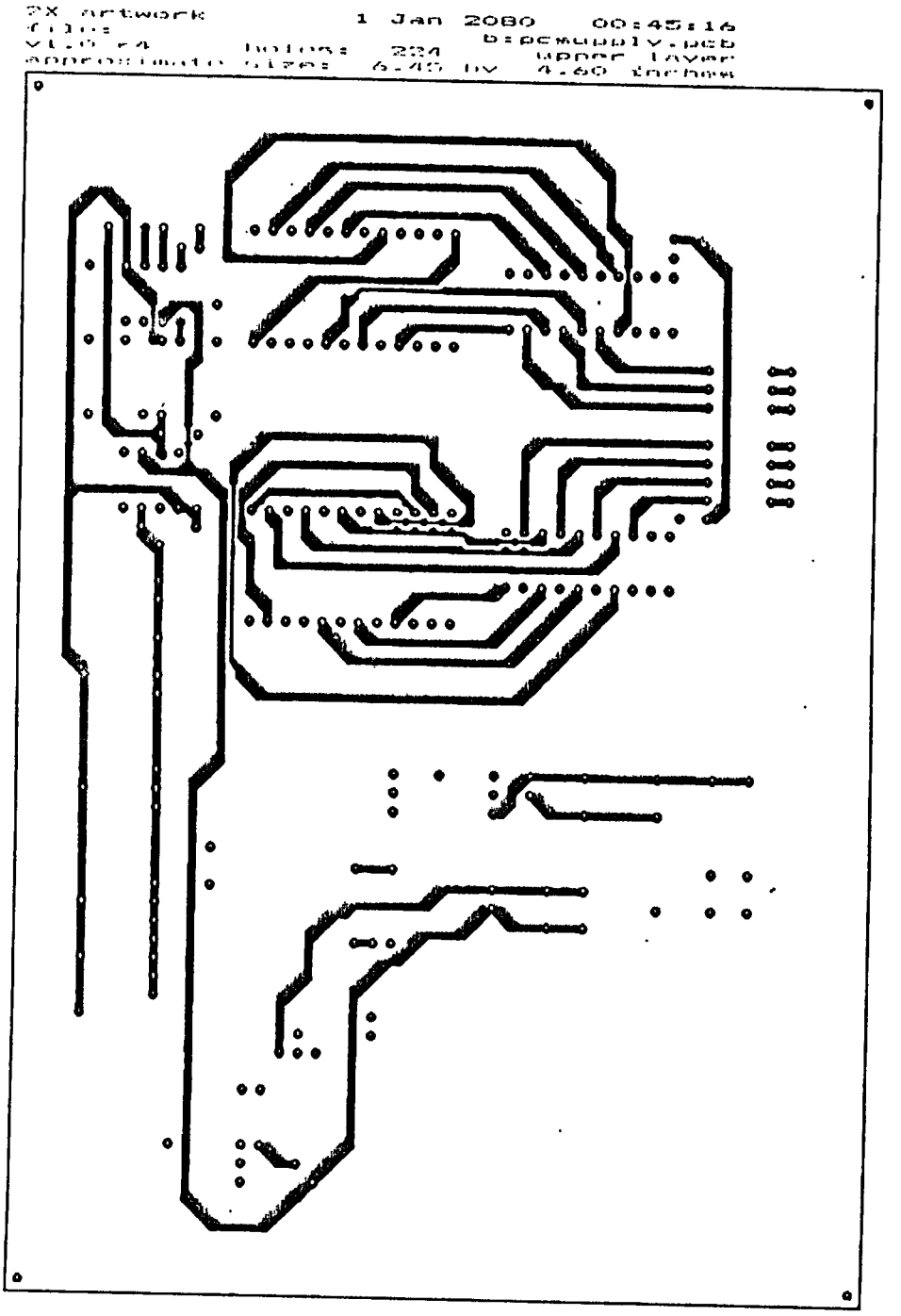
(7) สำหรับลายปริ้นท์วงจร (Print Circuit Board) Telephone Substation Coder ได้แสดงดังภาพที่ ผ.7 - ผ.10



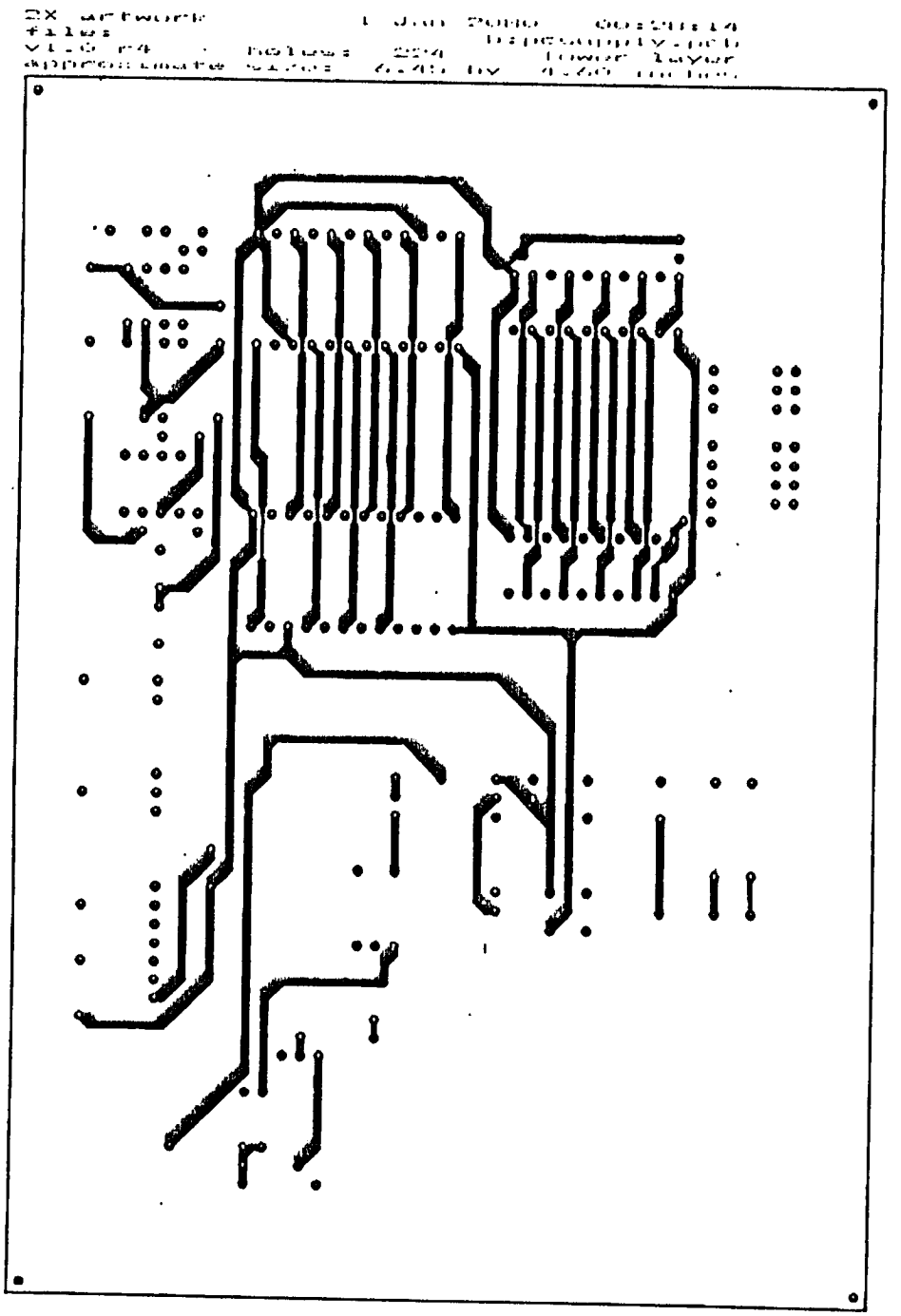
ภาพที่ ผ.7 ลายปริ้นท์ของวงจร Telephone Substation Coder ส่วนที่ 1 ด้านบน



ภาพที่ ผ.8 ลายปริ้นท์ของวงจร Telephone Substation Coder ส่วนที่ 1 ด้านล่าง



ภาพที่ ผ.9 ลายปริ้นท์ของวงจร Telephone Substation Coder ส่วนที่ 2 ด้านบน



ภาพที่ ผ.10 ลายปริ้นท์ของวงจร Telephone Substation Coder ส่วนที่ 2 ด้านล่าง

กิตติกรรมประกาศ

ทางคณะผู้จัดทำต้องขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ ดร. แดเนียล บรีน อาจารย์ที่ปรึกษาเป็นอย่างยิ่ง ที่ได้กรุณาให้ทั้งแนวคิด และช่วยอำนวยความสะดวกในการทำโปรเจ็คในหลายๆ ด้าน นอกจากนี้ยังต้องขอบพระคุณ ดร. สมเกียรติ ศุภเดช อาจารย์ศูนย์วิจัยอิเลคทรอนิคส์ ที่ได้กรุณาให้ทางคณะผู้จัดทำได้ทดลองโปรเจ็คกับระบบชุมสายภายในของศูนย์ฯ และที่ขาดไม่ได้ คือ คุณจรินทร์ บุญสิทธิ์ และคุณรำพึง เจริญผ่อง ฝ่ายธุรการภาควิชาอิเลคทรอนิคส์ ที่ได้ช่วยอำนวยความสะดวกในการทดลองโปรเจ็คในครั้งนี้

หนังสืออ้างอิง

1. โกศล เพ็ชรสุวรรณ์ และชิเงกิ โซจิ , "เทคโนโลยีโทรคมนาคม" , พิมพ์ครั้งที่ 3 , เรือนแก้วการพิมพ์ , กรุงเทพ , 270 หน้า , 2527.
2. Anthony J.Caristi , "Electronic Telephone Projects" , First Edition , Fifth printing , Howard W. Sams & Co. , Indiana , 168 p. , 1984.
3. Fredrick W. Hughes , " Op-Amp Handbook " , Second Edition , Prentice - Hall , New Jersey , 308 p. , 1986.
4. John L. Hilburn & David E. Johnson , " Manual of Active Filter Design ", McGRAW - HILL BOOK COMPANY , 189 p. , 1973.
5. Don Lancaster , " CMOS COOKBOOK ", First Edition , Howard W. Sams & Co. , Indiana , 414 p. , 1977.