ปีการศึกษา 2531

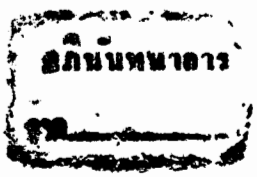
เครื่องตอบรับและส่งงานทางโทรศัพท์

โดย

นายโกมล ศิริสมบูรณ์เวช

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์วิทยา ทิพย์ชุวรรณพร



023162 -9 ส.ค. 2532

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตอบรับและสั่งงานทางโทรศัพท์

โกมล ศิริสมบูรณ์เวช
อาจารย์วิทยา ทิพย์ชุวรรณพร อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2531

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เรียบเรียงจากผลงานที่ได้พัฒนาขึ้นมาเป็นเครื่องตอบรับและสั่งงานทางโทรศัพท์ โดยควบคุมด้วยระบบดิจิตอลที่ใช้วงจรดิจิตอลทั่วไปแทนการใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อให้เป็นโครงงานราคาประหยัด และเหมาะสมกับงานซึ่งไม่ซับซ้อนมากนัก

โครงงานนี้เป็นโครงงานที่กำหนดให้เสร็จใน 1 ภาคเรียน จึงไม่อาจพัฒนาให้ถึงขั้นดีเลิศได้เพราะมีเวลาจำกัด อย่างไรก็ดีผู้จัดทำก็หวังว่าคงจะให้แนวคิดและประสพการณ์แก่ผู้ที่จะพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TELEPHONE ANSWER - CONTROLLER UNIT

GOMON SIRISOMBOONWECH

WITTAYA TIPSUWANPORN ADVISOR

1988

ABSTRACT

This thesis is prepared from the project which developed as Telephone Answer - Controller Unit. It controls by digital CMOS Component instead of microcomputer since it wants to be a low cost project and appropriate with condition of this work.

This project is assigned as one semester - project, therefor it can't be perfectly developed because it has a little time, however it is expected that this project will give some idea and experience for ones next will develop.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
1.	บทนำ	1
2.	ทฤษฎี และ หลักการ	2
	2.1 ระบบโทรศัพท์	2
	2.2 สัญญาณพื้นฐานของโทรศัพท์	3
	2.3 ระบบการต่อของเครื่องที่รุมสายโทรศัพท์	5
	2.4 หลักการของวงจรเครื่องตอบรับและสั่งงานทางโทรศัพท์	8
3.	การคำนวณและการสร้าง	17
	3.1 ส่วนตรวจจับสัญญาณเสียงกริ่ง	17
	3.2 ส่วนจัดพัลซ์สัญญาณเสียงกริ่ง	18
	3.3 ส่วนสร้างสัญญาณเมื่อสิ้นสุดเสียงกริ่ง	19
	3.4 ส่วนสร้างสัญญาณทริกชั่วขณะ	20
	3.5 การใช้งานไอซี 555 ในลักษณะโมโนสเตเบิล	21
4.	การทดลองและผลการทดลอง	24
5.	วิจารณ์และสรุป	27
	– ภาคผนวก	
	– บรรณานุกรม	
	– กิตติกรรมประกาศ	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในโลกปัจจุบันอาจกล่าวได้ว่าเป็นโลกแห่งธุรกิจ ดังนั้นการสื่อสาร จึงมีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์อย่างมากจนแทบจะกล่าวว่า เป็นปัจจัยที่ห้าแห่งการดำรงชีวิต เพราะในการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน ต้องอาศัยเทคโนโลยีในการสื่อสาร เพื่อ ความสะดวกรวดเร็วในการดำเนินธุรกิจ ซึ่งหากขาดมันไปก็อาจทำให้ธุรกิจหยุดชะงัก หรือ ขาดความคล่องตัว อันเป็นผลสะท้อนต่อการแสวงหาปัจจัยดังกล่าวด้วย

เทคโนโลยีในการสื่อสารในปัจจุบันได้ก้าวไกลออกไปอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็น เทเลเท็กซ์ (Teletext) หรือแฟคซิมิล (Facsimile) แต่อย่างไรก็ตาม โทรศัพท์ก็ยังมีความสำคัญและมีใช้กันแพร่หลายทั่วไปทั้งในสำนักงานและในครัวเรือน จึงทำให้มีการสร้างอุปกรณ์สนับสนุนเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งาน หรือ สร้างอรรถประโยชน์อื่น ๆ จากการใช้งานโทรศัพท์ โทรทวนนี้ก็เป็นส่วนหนึ่งในการเพิ่มประสิทธิภาพ และสร้างอรรถประโยชน์จากการใช้งานโทรศัพท์ โดยมันสามารถทำการตอบรับโทรศัพท์ในขณะที่ไม่มีคนอยู่ในบ้าน และ สามารถสั่งงานให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงาน หรือหยุดทำงานได้โดยการควบคุมผ่านทางโทรศัพท์ มีดังนี้

คุณสมบัติของเครื่อง มีดังนี้

1. กินไฟน้อย เพราะใช้ไอซีชนิด ซีมอส (CMOS) ซึ่งกินกำลังไฟน้อยมาก
2. สามารถสั่งให้ อุปกรณ์ไฟฟ้าที่บ้านทำงานโดย โทรฯ ไปที่บ้านให้เสียงกริ่งดัง 2-3 ครั้ง จากนั้นวางหูลักษณะแล้ว โทรฯ ไปเช่นเดิมอีกครั้ง
3. สามารถสั่งให้อุปกรณ์ไฟฟ้า ซึ่งสั่งให้ทำงานไปแล้วหยุดทำงานได้โดยกระทำเช่นเดียวกับข้อ 2 อีกครั้ง
4. ไม่เสียค่าโทรศัพท์ ในการสั่งงาน เพราะไม่มีการรับสาย
5. สามารถตอบรับโทรศัพท์ในขณะไม่มีคนอยู่บ้านได้ โดยบันทึกข้อมูลลงเทป

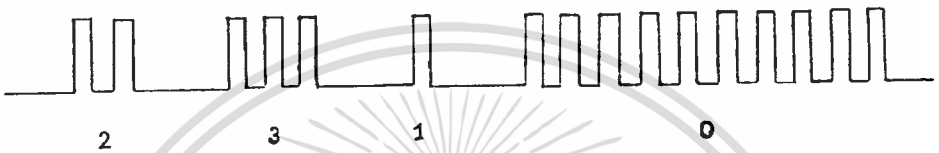
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์ในปัจจุบันสามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ ๆ คือ

2.1.1 ระบบพัลซ์ (PULSE) ระบบนี้จะผลิตจำนวนพัลส์เป็นช่วง ๆ ตามหมายเลขที่โทร ดังรูป



รูป 2.1 แสดงสัญญาพัลซ์ที่ผลิตขึ้นเมื่อโทรหมายเลข 2310.....

การผลิตพัลส์นั้นอาจทำโดยการตัดต่อด้วยสวิทย์ทางกล เช่น ในระบบจานหมุน (Dial) หรือใช้การผลิตความถี่ ด้วยออสซิลเลเตอร์ แบบ ระบบปุ่มกด (Touch Pulse) ก็ได้

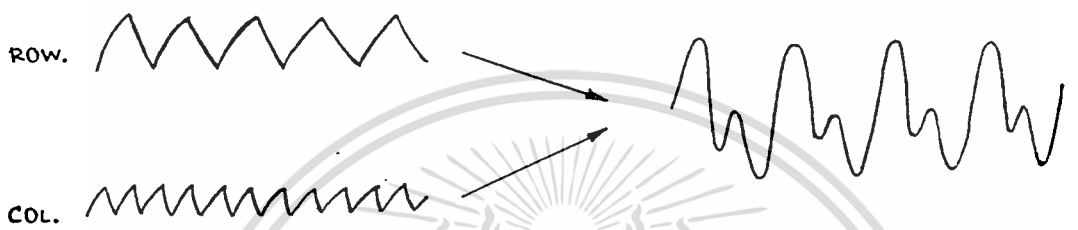
2.1.2 ระบบ DTMF (Dual Tone Multi Frequency Dialing)

ระบบนี้บางที่เรียกกันสั้นๆ ว่า ระบบทัชโทน (Touch Tone) โดยการส่งหมายเลขหนึ่ง หมายเลขใด จะประกอบด้วยโทนเสียง 2 ความถี่ผสมกัน โดยถ้าเราพิจารณาปุ่มกด หรือ คีย์บอร์ด ประกอบกับตารางการแบ่งกลุ่มความถี่ตามแถวและหลัก ดังรูป 2.2

	1209 Hz	1366 Hz	1477 Hz	1633 Hz
679 Hz	1	2	3	สำรอง A
770 Hz	4	5	6	สำรอง B
852 Hz	7	8	9	สำรอง C
941 Hz	*	0	#	สำรอง D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากกดหมายเลข 2 ซึ่งตรงกับ แถวที่ 1 หลักที่ 2 วงจรภายในเครื่องจะทำเข้ารหัสข้อมูลที่ได้ แล้วส่งให้วงจรผลิตสัญญาณผสม ระหว่างความถี่ 679 Hz กับ 1336 ออกไป หรือในกรณีหมายเลข 9 ก็จะประกอบด้วยความถี่ในแถว 3คือ 825 Hz กับความถี่ในหลักที่ 3 คือ 1477 Hz ผสมออกไปยังคู่สายโทรศัพท์ ซึ่งถ้าเราจับสัญญาณที่ส่งออกไปจะได้ดังรูป 2.3



รูป 2.3

2.2 สัญญาณพื้นฐานของโทรศัพท์

2.2.1 สัญญาณให้หมุน (Dial Tone : DT) เป็นสัญญาณต่อเนื่องกล่าวความถี่ประมาณ 50 Hz ใช้เพื่อแสดงให้ผู้เรียกรู้ว่า "พร้อมรับหมายเลขโทรศัพท์ได้"

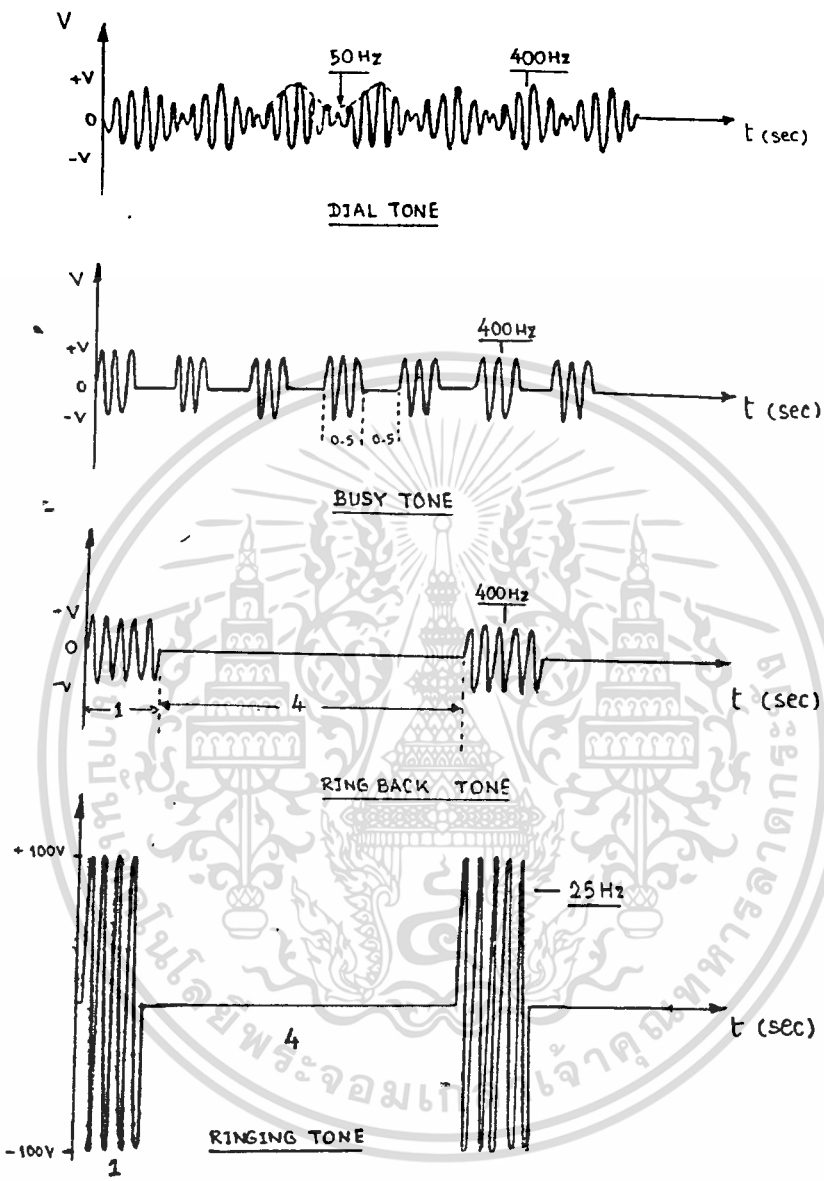
2.2.2 สัญญาณไม่ว่าง (Busy Tone : BT) เป็นสัญญาณ 400 Hz ช่วงเวลาประมาณ 0.5 วินาที เงียบ 0.5 วินาที ใช้เพื่อเตือนให้ผู้เรียกทราบว่า "สายไม่ว่าง" ควรวางหูสักพักแล้วค่อยโทร ฯไปใหม่

2.2.3 สัญญาณเรียกกลับ (Ring Back Tone : RBT) เป็นสัญญาณ 400 Hz ส่ง 1วินาทีเงียบประมาณ 4 วินาที เป็นสัญญาณที่ชุมสายแจ้งให้ผู้เรียกทราบว่า "การเรียกเป็นผลสำเร็จ" ให้รอการรับสายของผู้รับได้

2.2.4 สัญญาณกริ่งเรียก (Ringing Tone : RGT) เป็นสัญญาณ 25 Hz 100V_p ส่ง1 วินาที เงียบประมาณ 4 วินาที เป็นสัญญาณที่ชุมสายแจ้งให้ผู้รับทราบว่า "มีคนโทร ฯเข้ามา" ให้ไปรับสายได้ สัญญาณกริ่งเรียกนี้ ในระบบเกามักใช้ความถี่ประมาณ 16 Hz โดยจะส่งเป็นเสียงกริ่งให้ได้ยินประมาณ 15 ครั้ง

รูปแบบของสัญญาณจะเป็นดังรูป 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.4 แสดงสัญญาณพื้นฐานของโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ระบบการทำงานของเครื่องที่ชุมสายโทรศัพท์

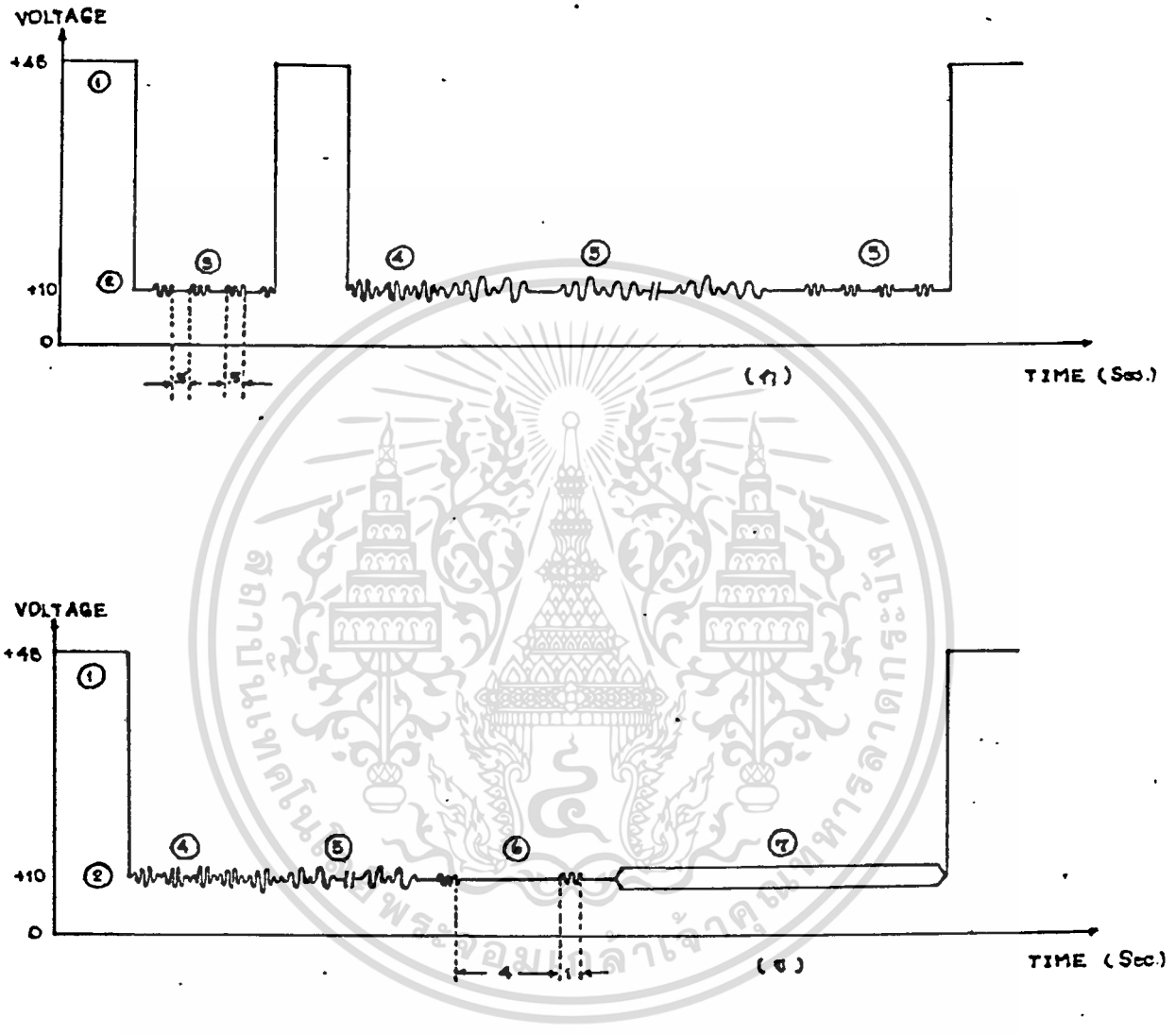
2.3.1 ระบบการต่อด้านผู้เรียก

ปกติเมื่อยังไม่ยกหู จะมีระดับแรงดันไฟตรงที่คู่สายประมาณ 48 V. เมื่อผู้เรียกยกหูขึ้นเพื่อที่จะทำการโทร ฯ ไปยังผู้รับ จะทำให้ระดับแรงดันไฟตรงที่คู่สายโทรศัพท์เปลี่ยนแปลงจากระดับ 48 V. (1) เป็น 10 V. (2) ดังรูป 2.5 เครื่องชุมสายจะรู้ว่าเป็นการเริ่มต้นการเรียก ฉะนั้นมันก็จะส่งสัญญาณให้หมุน : DT (4) ไปยังผู้เรียก แต่ถ้าหาก ทรังค์ขาออก (OUTGOING TRUCK) ไม่ว่าง มันก็จะสั่งสัญญาณไม่ว่าง : BT (3) ไปยังผู้เรียก เพื่อให้ผู้เรียกวางหู แล้วค่อยเริ่มทำการเรียกใหม่

เมื่อผู้เรียกได้ยินสัญญาณให้หมุน: DT ก็จะทำการกดหมายเลขของผู้รับ ปลายทางวงจรภายในเครื่องโทรศัพท์ก็จะสร้างสัญญาณรหัสตามหมายเลข แล้วส่งไปยังเครื่องที่ชุมสาย เครื่องที่ชุมสายก็จะตัดสัญญาณให้หมุน: DT ออกทันที ที่ได้รับหมายเลขโทรตัวแรก จากนั้นเมื่อรู้ตำแหน่งหมายเลขของผู้รับแล้ว ก็จะจองทางผ่านระหว่างผู้เรียกและผู้รับ แล้วส่งสัญญาณกริ่งเรียกกลับ : RBT (6) ไปยังผู้เรียก พร้อมทั้งส่งสัญญาณกริ่งเรียก : RGT ไปยังผู้รับแต่ถ้าหาก คู่สายด้านผู้รับไม่ว่าง เครื่องก็จะส่งสัญญาณไม่ว่าง : BT ไปให้ผู้เรียกทราบเพื่อให้ผู้เรียกทำการวางหู แล้วค่อยทำการเรียกใหม่

เมื่อผู้รับได้ยินเสียงกริ่งเรียก: RGT แล้วทำการยกหู ก็จะเกิดสัญญาณตอบรับส่งไปยังเครื่องที่ชุมสาย เครื่องที่ชุมสายก็จะตัดสัญญาณกริ่งเรียก: RGT ด้านผู้รับและยกเลิกสัญญาณเรียกกลับ: RBT ด้านผู้เรียก ทำให้ทางผ่านระหว่างทรังค์ขาออกกับ ผู้เรียก และทรังค์ขาเข้า (INCOMING TRUCK) กับผู้รับ ว่าง การสนทนาจึงจะสามารถเริ่มต้นได้ เมื่อสนทนาเสร็จคู่สนทนาก็จะทำการวางหู ทำให้เครื่องชุมสายรู้ว่าเป็นการเลิกติดต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.5 แสดงลักษณะสัญญาณการติดต่อทางโทรศัพท์

(ก) เมื่อการเรียกไม่สำเร็จ

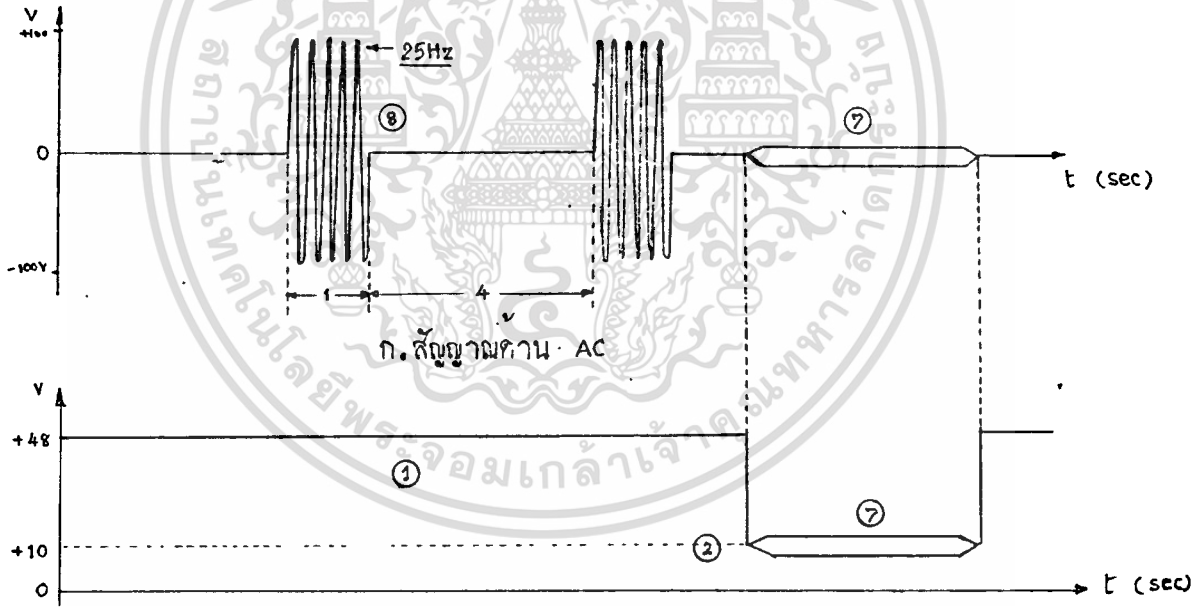
(ข) เมื่อการเรียกเป็นผลสำเร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2 ระบบการต่อต้านผู้รับ

เมื่อผู้รับถูกเรียกจากผู้เรียก เครื่องชุมสายโทรศัพท์จะส่งสัญญาณกริ่งเรียก : RGT ขนาด 100 V_p ไปยังผู้รับ เพื่อทำการเรียกผู้รับ ดังรูป 2.6 (ก) ถ้าผู้รับยังไม่มารับสายสัญญาณกริ่งเรียก : RGT ก็จะดำเนินอยู่จนกว่าวงจรคู่สายจะตัดสัญญาณ เมื่อหากไม่มีการตอบรับและส่งสัญญาณไม่ว่าง : BT ไปยังผู้เรียกเพื่อให้ทำการเรียกใหม่

เมื่อผู้รับทำการรับสายจะทำให้ระดับแรงดันไฟตรงที่คู่สายของผู้รับเปลี่ยนจาก 48 V. (1) เป็น 10 V. (2) ดังรูป 2.6 (ข) ทำให้วงจรคู่สายตัดสัญญาณกริ่งเรียก : RGT ต้านผู้รับ และสัญญาณเรียกกลับ : RBT ต้านผู้เรียกออก พร้อมทั้งสร้างทางผ่านระหว่าง ผู้รับ และผู้เรียก จากนั้นการสนทนาจึงจะสามารถเริ่มต้นได้ (7) เมื่อสนทนาเสร็จและผู้เรียกทำการวางหู ซึ่งจะผ่านทางเสียงบี๊พให้ผู้รับได้ยิน ทำให้ผู้รับวางหูตาม วงจรคู่สายก็จะตรวจรู้ว่าเป็นการเลิกติดต่อกัน

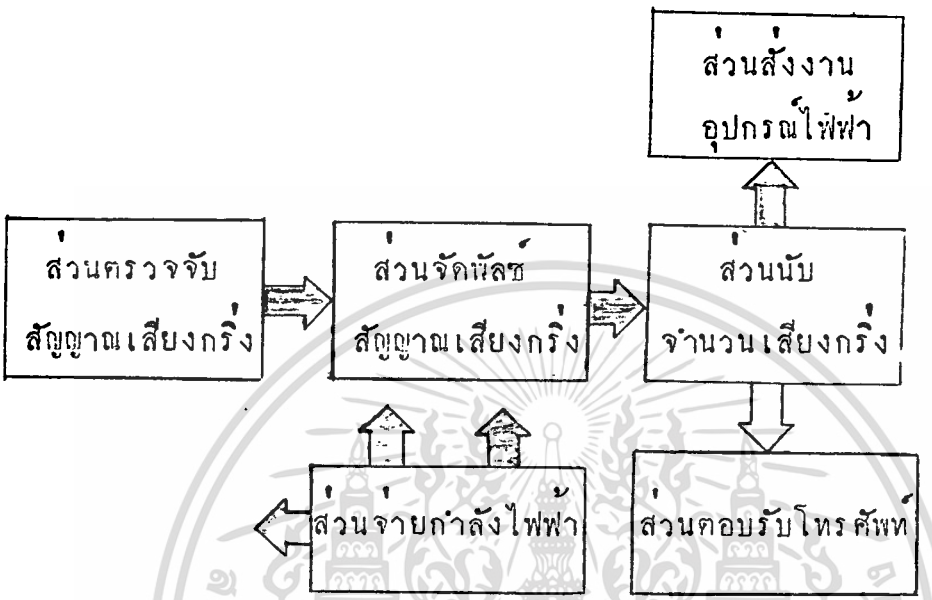


รูป 2.6 แสดงลักษณะของสัญญาณทางผู้รับเมื่อถูกเรียก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 หลักการของวงจร เครื่องตอบรับ และสั่งงานทางโทรศัพท์

วงจรเครื่องตอบรับและสั่งงานทางโทรศัพท์ ตามโครงงานนี้ สามารถแบ่งออกเป็น 6 ส่วน ตามบล็อคไดอะแกรม (BLOCK DIAGRAM) ดังรูป 2.7



รูป 2.7 แสดงบล็อคไดอะแกรมของโครงงาน

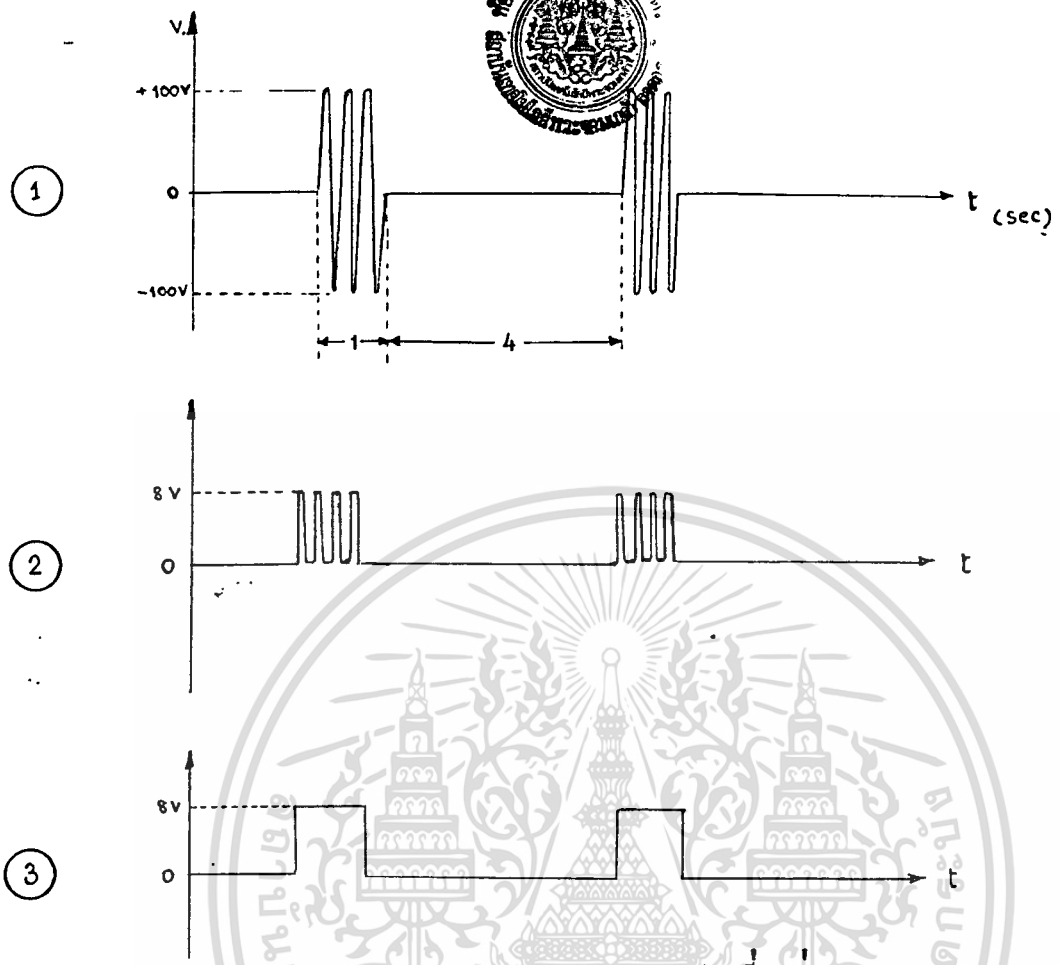
2.4.1 ส่วนตรวจจับสัญญาณเสียงกริ่ง (ดูรูป 2.8 และ 2.9 ประกอบ)

ส่วนนี้จะรับสัญญาณเสียงกริ่งจากสายโทรศัพท์ผ่าน C_1 ซึ่งจะกันส่วนของไฟตรงแล้วผ่านไดโอดบริดจ์ เรคติฟาย DB_1 เพื่อแปลงเป็นพัลซ์ไฟตรง แล้วก็ลดระดับแรงดันด้วย R_1 และ ZD_1 แล้วผ่านไปให้แก่ ออพโตคับเบิล (OPTO COUPLE) 4N28 เพื่อแยกส่วนของวงจรไม่ให้เชื่อมต่อกันทางไฟฟ้า ซึ่งจะเป็นการลดสัญญาณรบกวนได้ดี

2.4.2 ส่วนจัดพัลซ์สัญญาณเสียงกริ่ง

สัญญาณเสียงกริ่งที่ได้จากออพโตคับเบิล 4N28 นั้นยังไม่ถูกต้องตามที่เราต้องการคือเสียงกริ่งดัง 1 ครั้ง ต้องได้ พัลซ์ 1 ลูก ฉะนั้น เราจึงใช้วงจรโมโนสเตเบิลแบบทริกช้า ซึ่งสร้าง ไอซี 4527 # 2มาจัดให้ได้สัญญาณพัลซ์ตามต้องการ (ดูรูป 2.8 และ2.9 ประกอบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

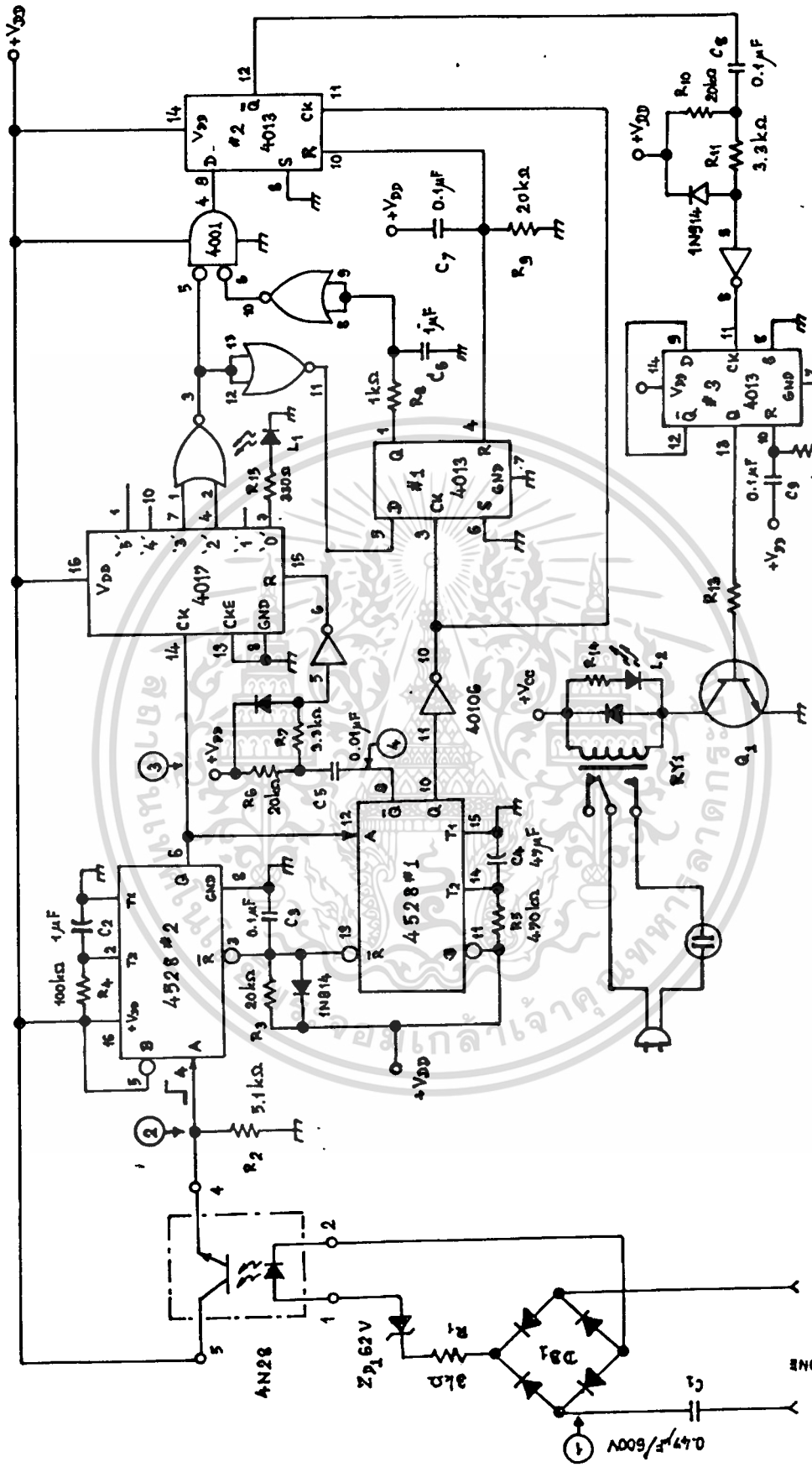


รูป 2.8 แสดงลักษณะสัญญาณที่จุดต่าง ๆ

2.4.3 ส่วนนับจำนวนเสียงกริ่ง

เมื่อได้ผ่านตามสัญญาณเสียงกริ่งดังรูป 2.8 (จุด 3) แล้วก็จะส่งต่อไปยังส่วนของวงจรนับที่ใช้ไอซี 4017 เป็นหัวใจของการทำงาน ซึ่งเราจัดให้ป้อนสัญญาณเข้าขา CK เพื่อให้เป็นการนับในช่วงขาขึ้นของพัลซ์ วงจรจะทำการนับตามจำนวนสัญญาณเสียงกริ่ง โดยในทุก ๆ สัญญาณกริ่งลูกแรก วงจรนับ 4017 จะถูกรีเซ็ท ให้เริ่มต้นที่เอาท์พุท "0" โดยอาศัยการเปลี่ยนสถานะจาก HIGH เป็น LOW ของขา $\bar{Q}$ ใน 4528 # 1 มากระตุ้นวงจรทริก แบบฮาล์ฟ-โมโนสเตเบิล (Half - monostable) มาทริกที่ขา RESET ของ 4017

023162
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.9 แสดงวงจรส่วนสั่งงานทางโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 ส่วนสั่งงานอุปกรณ์ไฟฟ้า

จุดประสงค์ของส่วนนี้ คือ ให้ทำการสั่งอุปกรณ์ไฟฟ้า ให้เปิด หรือ เปิด โดยการโทรฯ เรียกมา 2 ครั้ง แล้วตรงให้เสียงกริ่งดัง 3 หรือ 4 ที ซึ่งการสร้างวงจรให้สอดคล้องกับเงื่อนไขนี้ค่อนข้างยากพอสมควร การทำงานของวงจรโดยอธิบายอย่างคร่าว ๆ ได้ดังนี้: -

1) ในขณะแรกเมื่อเริ่มเปิดไฟเข้าเครื่อง ไอซีทุกตัวจะได้รับการรีเซ็ทให้ ขา Q เป็น "0" และขา $\bar{Q}$ เป็น "1" เพื่อเป็นการเตรียมการทำงาน

2) ถ้าหนแรกโทรมาให้เสียงกริ่งดัง 3 หรือ 4 ครั้ง จะมีผลให้ขา 4 หรือขา7 ของไอซี 4017 เป็น "1" ทำให้ขา 3 และขา 5 ของ 4001 เป็น "0" และขา 5ซึ่งเป็นขาข้อมูลของ 4013 # 1 เป็น "1" รอไว้ โดยขณะนี้ขา 6 ของ 4001 ยังคงเป็น "1" เพราะว่า ขา Q ของ 4013 # 1 ยังอยู่สภาวะ "0" เช่นเดิม

3) ภายหลังสัญญาณกริ่งลูกสุดท้าย ผ่านไปประมาณ 6 วินาที ไอซี 4528 ก็จะเสร็จสิ้นการหน่วงเวลา ทำให้ ขา Q เปลี่ยนจาก"1" เป็น "0" ซึ่งมีผลให้ขา CK ของ 4013 # 1 ซึ่งผ่าน อินเวอร์ทเตอร์เกท (Inverter Gate) 4049 เปลี่ยนสภาวะจาก "0" เป็น "1" (การที่เราไม่ใช้การต่อขา CK โดยตรงกับขา $\bar{Q}$ ของ 4528 # 1 เพราะทำให้เกิดสภาวะที่สัญญาณนาฬิกาไม่สมบูรณ์ ทำให้วงจรทำงานผิดพลาด) เป็นผลให้เกิดการแลทช์ (Latch) ข้อมูลที่ขา D ซึ่งขณะนี้เป็น"1" เข้าไปที่ขา Q แล้วจึงผ่านวงจรหน่วงเวลา R_8 C_6 ส่วนหนึ่งก็ยอนส่งไปทำให้ขา 6 ของ 4001 เป็น "0" เพื่อส่งเข้าขา D ของ 4013 # 2 เป็น "1" เตรียมที่จะทำงานต่อไป ทั้งนี้เพราะในช่วงที่ 4013 # 1 ทำการแลทช์ข้อมูลนั้น ไอซี 4013 # 2 ก็จะทำการแลทช์ ข้อมูลเช่นเดียวกัน เพราะต่อขา CK ร่วมกัน หากไม่มีการหน่วงเวลาด้วย R_8 C_6 ก็จะทำให้เกิดการแกว่งกัน จนอาจทำให้เอาท์พุทของ 4013 # 2 เปลี่ยนสถานะในช่วงการโทรสั่งในครั้งแรก ซึ่งไม่ถูกต้องตามเงื่อนไข ที่ต้องการลดโอกาสการเกิดการสั่งงานโดยไม่เจตนา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

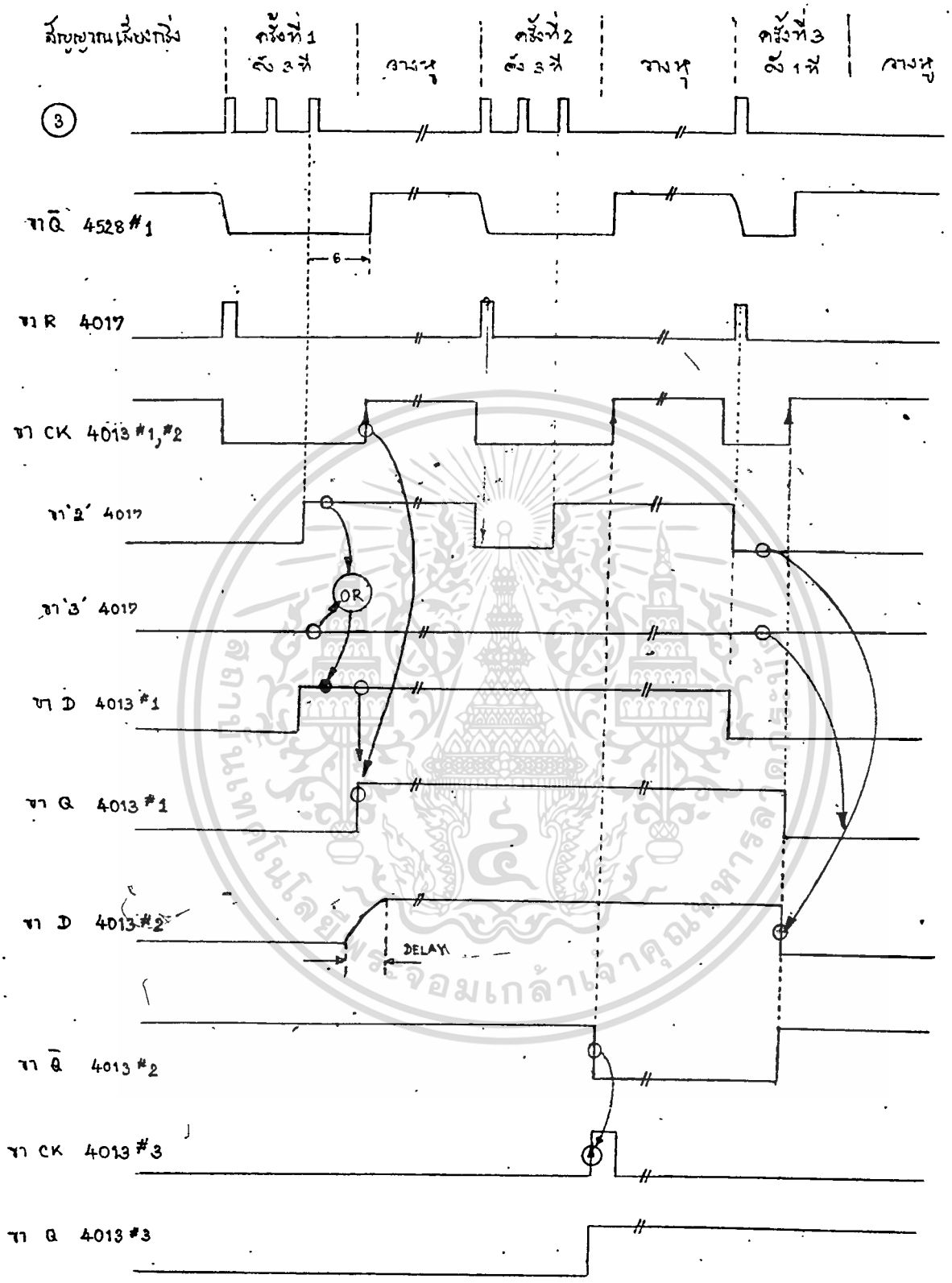
4) ถ้าโทรเข้ามาในกรณีที่สอง ให้เสียงกริ่งดัง 3-4 ครั้ง เช่นเดิมก่อน ก็จะมีผลให้ ขา $\overline{Q}$ ของ 4013 # 2 เปลี่ยนสถานะจาก "1" เป็น "0" (เพราะข้อมูลที่ขา D จะเป็น"1" ค้างอยู่แล้ว) เป็นผลให้เกิดสัญญาณ CK ที่เอาต์ 4013 # 3 ซึ่งสร้างเป็น ที-ฟลิปฟลอบ (T - Flip Flop) ทำให้ขา Q ของมันเป็น "1" ขับให้ทรานซิสเตอร์ Q_1 นำกระแสเข้มผลให้รีเลย์ทำงาน ต่อวงจรให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้า

5) ถ้าการโทรเข้ามา มีจำนวนเสียงกริ่งไม่ใช่ 3-4 ครั้ง วงจรก็จะไม่ทำงานและจะเป็นการรีเซ็ทให้ ขา ต่าง ๆ กลับสู่สภาวะปกติดังเดิม คือ ขา Q ของ 4013 # 1 และ 4013 # 2 เป็น "0" และขา $\overline{Q}$ ของ 4013 # 2 เป็น"1" ดังเดิม แต่ถ้าหากการโทรฯ มีสัญญาณเสียงกริ่งดังถึงครั้งที่ 6 ก็จะมีผลให้ วงจรในส่วนตอบรับโทรศัพท์ทำงาน และจะเป็นการประกันได้ว่าจะไม่มีการนับวนให้วงจรทำงานผิดพลาด (สัญญาณกริ่งเรียกนั้นจะดังต่อเนื่องไปเรื่อย ๆ ประมาณ 15 ครั้ง หากไม่มีการรับสายต้นผู้รับจะมีผลให้ การนับของ 4017 วนจาก "10"→ "0"→"1"→"2"→"3" ได้)

6) ถ้ามีการโทรสั่งงานซ้ำอีก คือโทรให้มีสัญญาณเสียงกริ่ง 3-4 ครั้ง จำนวน2 หน จะทำให้เกิดการเปลี่ยนสภาวะที่ขา $\overline{Q}$ ของ 4013 # 2 อีกครั้ง ซึ่งจะเป็นผลให้เกิดสัญญาณคล็อก ที่ขา CK ของ 4013# 3 ทำให้สภาวะที่ขา Q เปลี่ยนจากเดิมเช่น สมมุติแต่เดิม เป็น "1" (คือถูกสั่งงานให้อุปกรณ์ไฟฟ้าทำงาน) ก็จะเป็น "0" ทำให้ ทรานซิสเตอร์ Q_1 หยุดนำกระแส รีเลย์ก็จะเปิดหน้าสัมผัสทำให้อุปกรณ์ไฟฟ้าหยุดทำงาน

(สัญญาณที่จุดต่าง ๆ ของวงจรสั่งงาน จะเป็นดังรูป 2.10)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.10 แสดงรูปสัญญาณที่ขาต่าง ๆในสภาวะสั่งงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 ส่วนตอบรับโทรศัพท์

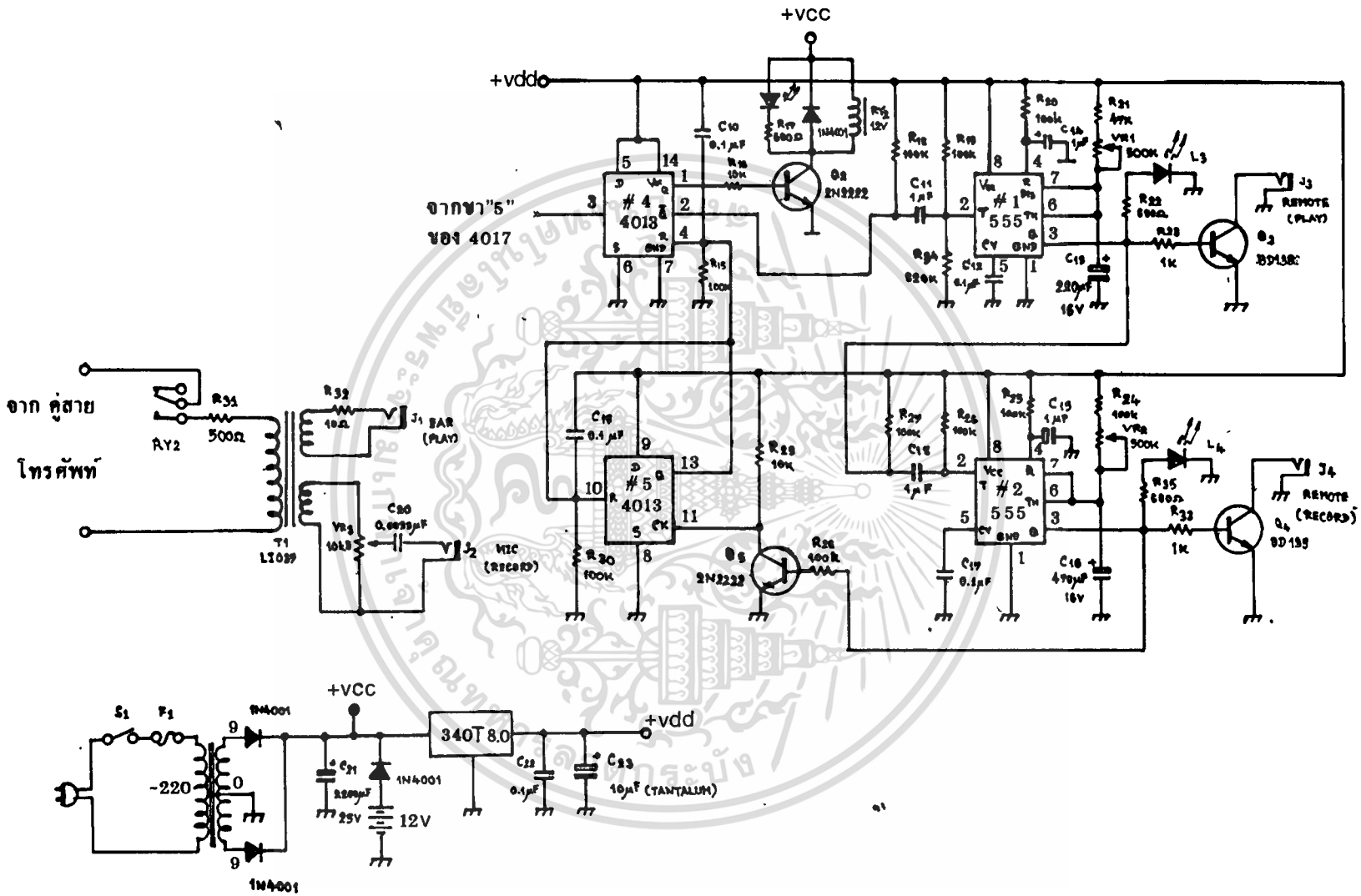
จุดประสงค์ของส่วนนี้ คือ ทำการตอบรับโทรศัพท์ ในขณะไม่มีคนอยู่บ้าน โดยใช้สัญญาณเสียงจากเทป หรือ โมดูลเสียงแบบไอซีเสียงพูด ส่งข่าวสารให้ผู้โทรเรียกเข้ามาทราบว่า" ขณะนี้ไม่มีคนอยู่บ้าน ให้พูดสั่งข้อความไว้ " หลังจากสิ้นเสียงพูดนี้แล้ว วงจรก็จะกระตุ้นให้เครื่องบันทึกเทปทำงาน บันทึกข้อความเสียงพูดของผู้โทรเข้าไว้เป็นระยะเวลาหนึ่ง แล้วทำการวางสายให้เป็นที่เรียบร้อย วงจรจะเป็นดังรูป 2.11 ซึ่งมีหลักการทำงานดังนี้: -

เมื่อเกิดการนับถึง ๑ ครั้ง จะทำให้ขา 1 ของไอซี 4017 เปลี่ยนสภาวะจาก"0" เป็น"1" ด้วยเหตุที่เราต่อขานี้เข้ากับขา CK ของไอซี 4013 # 4 จึงทำให้เกิดการแลทช์ข้อมูลที่ขา D ซึ่งมีสภาวะเป็น "1" (เพราะต่อกับไฟเลี้ยง) ทำให้ขา Q เป็น "1" ส่งผลให้ Q_2 นำกระแสให้รีเลย์ RY_2 ทำงาน ต่อขดไรมารี่ของ T_1 และ R 500 Ω เข้ากับคู่สายโทรศัพท์ ทำให้ความต้านทานรวมของคู่สายใกล้เคียงกับสภาวะการยกหูโทรศัพท์จริง ๆ

ในเวลาเดียวกันที่ ขา Q เปลี่ยนจาก "0" เป็น "1" นี้ ขา $\bar{Q}$ จะเปลี่ยนสภาวะจาก "1" เป็น "0" ทำให้เกิดสัญญาณไปกระตุ้น ขาทริก (ขา2)ของไอซี 555 ให้ทำการหน่วงเวลา โดยทำให้ ขา Q ของมันเป็น HIGH ชั่วขณะหนึ่ง (ซึ่งปรับค่าเวลาได้จาก VR_1)ทำให้ Q_3 นำกระแสให้วงจรเสียงพูด(อาจจะเป็นเทปที่อยู่ในโหมด PLAY) ทำงาน ส่งสัญญาณเสียง ผ่านทาง T_1 เข้าสู่คู่สายโทรศัพท์

เมื่อสิ้นสุดระยะเวลาที่หน่วง เอาทพุทที่ขา Q ของไอซี 555 # 1 ก็จะเปลี่ยนสภาวะจาก HIGH เป็น LOW ทำให้วงจรในส่วนเสียงพูดหยุดทำงาน พร้อมๆ กันนั้นก็จะเป็นสัญญาณไปกระตุ้นให้ ไอซี 555# 2 เริ่มทำงาน โดยทำให้ขา Q ของมันเป็น HIGH ชั่วขณะหนึ่งซึ่งใช้เป็นช่วงเวลาบันทึกเสียงของผู้โทรเข้า (สามารถปรับช่วงเวลาด้วย VR_2) จะนำกระแสให้มอเตอร์เทปที่ใช้เป็นเทปบันทึก (RECORD) ทำงาน โดยสัญญาณจากผู้เรียกจะถูกเหนี่ยวนำเข้าผ่านทาง T_1 ผ่าน VR_3 ซึ่งใช้ปรับระดับแรงดันที่เป็นสัญญาณบันทึก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

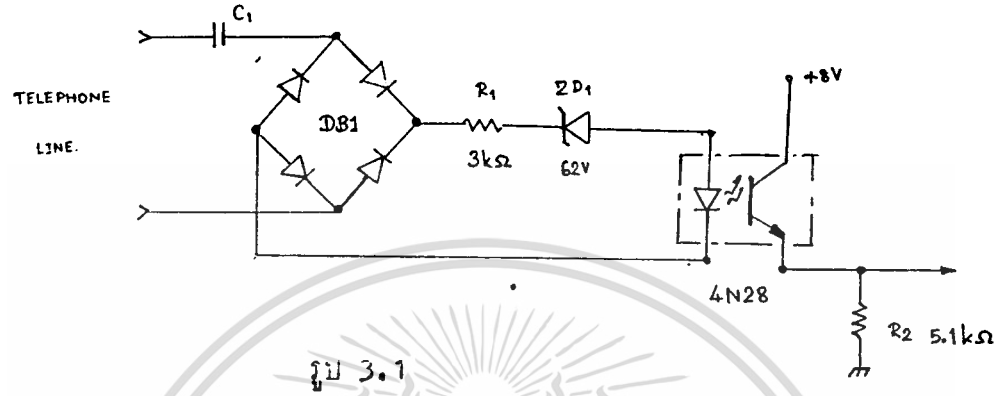


รูป 2.11 แสดงวงจรในส่วนตอบรับฯ และ ภาคจ่ายไฟ

บทที่ 3

การคำนวณ และ การสร้าง

3.1 ส่วนตรวจจับสัญญาณกริ่งเรียก



รูป 3.1

จากรูป เราใช้ C_1 เพื่อกันส่วนของไฟตรงออกไป ใช้ DB_1 เป็นบริดจ์เร็กติฟาย เพื่อให้สามารถต่อเข้ากับคู่สายได้โดยไม่ต้องพะวงเรื่องขั้วของสาย ใช้ R_1 เพื่อจำกัดกระแสที่ไหลผ่านออปโต ไดโอด (OPTO DIODE) ใน 4N28 ให้มีค่าประมาณ 10 mA เพื่อให้ทรานซิสเตอร์ใน 4N28 ทำงานในสภาวะอิ่มตัวได้ นั่นคือ คำนวณได้ที่เช่

$$R_1 = \frac{V_p \text{ เสียงกริ่ง} - V \text{ ตกคร่อม } DB_1 - V_Z - V_F}{I_F}$$

$$= \frac{100 - 1.4 - 62 - 1.5 \text{ V.}}{10\,mA}$$

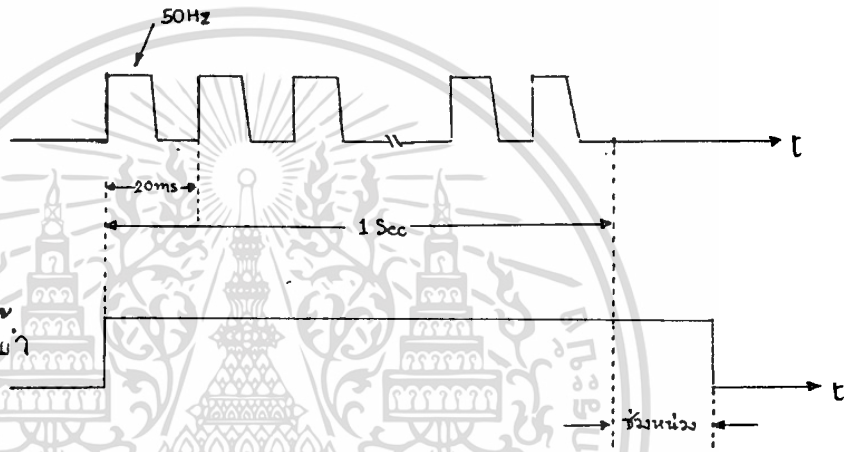
$$= 3.51\ k\Omega$$

ในที่นี้ใช้ 3 kΩ เพื่อให้เกิดการทำงานแม้ในช่วงแรงดันกริ่งสัญญาณที่ยังไม่ถึง V_p ซีเนอร์ไดโอด ZD_1 ใช้ขนาดแรงดัน 62 V. เพื่อลดค่าแรงดันของสัญญาณเสียงกริ่ง และเพื่อป้องกันสัญญาณรบกวน จากการยกหู วางหู ซึ่งทำให้เกิดเข็มแรงดันไฟตรงเปลี่ยนแปลงย้อนเข้ามายังวงจรได้สำหรับ R_2 เลือกค่า ซึ่งไม่ทำให้ขณะนำกระแส มี I_C ไม่สูงเกินไป จนเป็นอันตรายแก่ทรานซิสเตอร์ และในขณะเดียวกันก็ต้องไม่มากเกินไป จนทำให้ ทรานซิสเตอร์ไม่อยู่ในสภาวะอิ่มตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนจัดพัลส์สัญญาณเสียงกริ่ง

พัลส์สัญญาณเสียงกริ่งที่ได้จาก 4N28 นั้นยังใช้ไม่ได้เพราะช่วงเวลาแคบ ดังนั้นเราจึงต้องทำการยืดช่วงเวลาพัลส์ออกไป จนทำให้ได้พัลส์ 1 ลูก เท่ากับสัญญาณเสียงกริ่ง 1 ครั้ง ซึ่งในครั้งแรกอธิบายอย่างง่าย ๆ โดยการใช้ วงจรหน่วงเวลาด้วย R และ C ปรากฏว่าไม่สามารถนำไปใช้ได้เพราะ รูปสัญญาณพัลส์ไม่เรียบร้อยพอ ที่จะทำให้วงจรนับทำงานอย่างถูกต้องนะนั้น จึงออกแบบใหม่โดยการใช้ วงจรโมโนสเตเบิลแบบทริกซ้ำได้ (Retrigable Monostable) ทำการยืดสัญญาณช่วงพัลส์ดังรูป 3.2



เสียงกริ่ง 1 ครั้ง เท่ากับพัลส์สัญญาณเล็ก ๆ จำนวน 50 ลูก

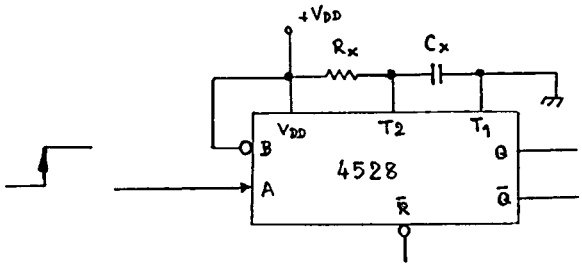
สัญญาณเอาท์พุทของโมโนสเตเบิลแบบทริกซ้ำ

รูป 3.2

จะเห็นว่าจากสัญญาณกริ่งซึ่งมีความถี่ 25 Hz เมื่อแปลงโดยบริดจ์เรคติฟาย จะทำให้มีความถี่เป็น 2 เท่า คือ 50 Hz จึงทำให้ได้สัญญาณพัลส์เล็ก ๆ ที่มีคาบเวลา 20 mS นะนั้นในช่วงกริ่งเรียก ซึ่งมีความยาวนาน 1 วินาที ก็จะมีพัลส์เล็ก ๆ จำนวน $\frac{1}{20\times10^{-3}}$ = 50 ลูก การออกแบบวงจรโมโนสเตเบิล แบบทริกซ้ำนั้น จะต้องให้มีช่วงเวลาหน่วง ยาวกว่าช่วงคาบเวลาของพัลส์แต่ละลูก ในที่นี้คือต้องให้มีเวลาหน่วงนานกว่า 20 ms. เพื่อให้เกิดการทริกซ้ำ ยืดช่วงกว้างของพัลส์ออกไปอีกได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากเราเลือกใช้ ไอซี 4528 ก็จะมีการต่อวงจรดังรูป 3.3



รูป 3.3

ซึ่งจะเป็นลักษณะพิกโนว์วงขาขึ้นของสัญญาณที่ป้อนเข้า ขา A และช่วงเวลาหน่วง t_w จะมีค่าประมาณ $0.2\ R_x C_x \ln V_{DD}$ ซึ่งจากวงจรในรูป 2.9 จะเห็นว่าเราใช้ไฟเลี้ยง 8 V., $R_x = 100\ k\Omega$, $C_x = 1\mu F$ ฉะนั้น

เวลาหน่วง $t_w \approx 0.2 \times 100\,k\Omega \times 1\mu F \ln 8$

≈ 41.6 mS.

ซึ่งจะยาวนานกว่า 20 mS. และเป็นการเพียงพอสำหรับระบบเก่าที่ใช้สัญญาณเสียงกริ่งความถี่ 16 Hz ด้วย เพราะเมื่อผ่านส่วนตรวจจับ จะได้สัญญาณสัญญาณความถี่ 32 Hz ซึ่งมีคาบเวลาเท่ากับ 31.25 mS.

3.3 <u>ส่วนสร้างสัญญาณพิกโนว์ขึ้นสุดท้ายเสียงกริ่ง</u>

วงจรในส่วนนี้ก็อาศัย ไอซี 4528 เป็นวงจรโมโนสเตเบิล แบบพิกซ้ำเช่นกันแต่ช่วงเวลาหน่วยจะต้องยาวกว่าช่วงคาบเวลาของกริ่ง 1 ลูกคือ 5 วินาที จากวงจรรูป 2.9 เราจะเห็นว่า 4528 # 1 จะรับหน้าที่นี้โดยรับสัญญาณเสียงกริ่งที่ได้จากขา ของ 4528 # 2 มาเป็นอินพุท โดยช่วงเวลาหน่วงที่ $R_x = 470k\Omega$ $C_x = 47\mu F$ ที่ ไฟเลี้ยง 8 V. จะมีค่าเท่ากับ $t_w = 0.2 \times 470\,k\Omega \times 47\mu F \times \ln 8$

≈ 9 วินาที

แต่ในทางปฏิบัติจะใช้ประมาณ 7 วินาที ซึ่งก็เพียงพอที่จะพิกซ้ำได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ส่วนสร้างสัญญาณกริ๊กชั่วขณะ

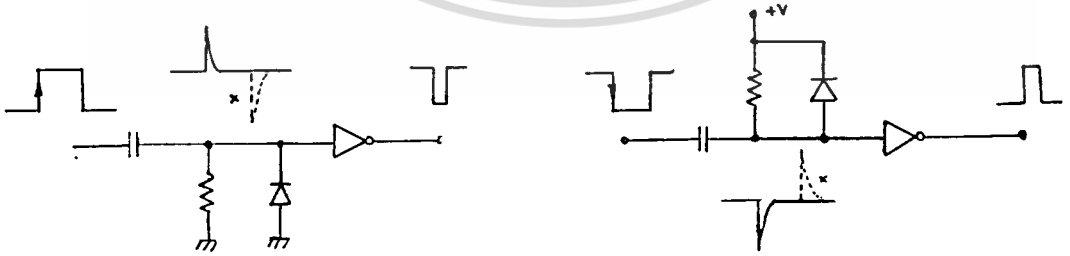
ในวงจรสั่งงานทางโปรเซ็สมีหลายจุดที่เราต้องการสร้างสัญญาณกริ๊กชั่วขณะจากการเปลี่ยนแปลงของโลจิค เช่น ในแฟลิปฟล็อป 4017 ต้องป้อนกริ๊กให้ขา CK ของไอซี 4013#3 ลักษณะของวงจรดังกล่าวเป็นแบบหนึ่งของวงจร ฮาล์ฟ - โมโนสเตเบิล (Half - Monostable) ซึ่งสามารถจัดวงจรได้หลายลักษณะดังรูป 3.4

ก. ลักษณะต่อพ่วงของกำเนิดสัญญาณช่วงขาขึ้น

ข. ลักษณะการต่อพ่วงของกำเนิดสัญญาณช่วงขาลง

รูป 3.4

ช่วงเวลาชั่วขณะ ชั่วขณะ (t_w) จะประมาณ 0.6 RC และถ้าต้องการป้องกันแรงกันกระชากในช่วงที่ไม่ต้องการก็อาจใช้ไดโอดต่อป้องกันได้ดังรูป 3.5

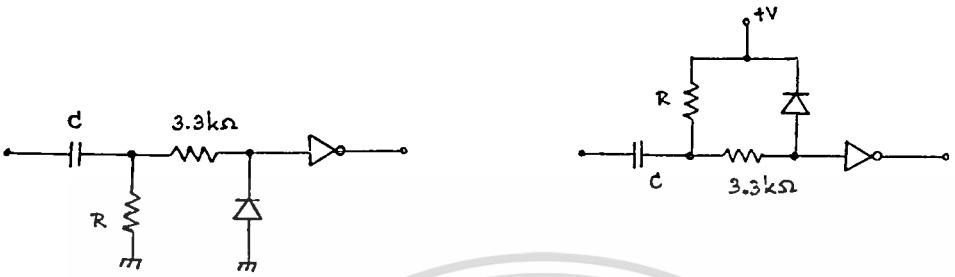


ก. ป้องกันแรงกันช่วงขาลง ข. ป้องกันแรงกันช่วงขาขึ้น

รูป 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

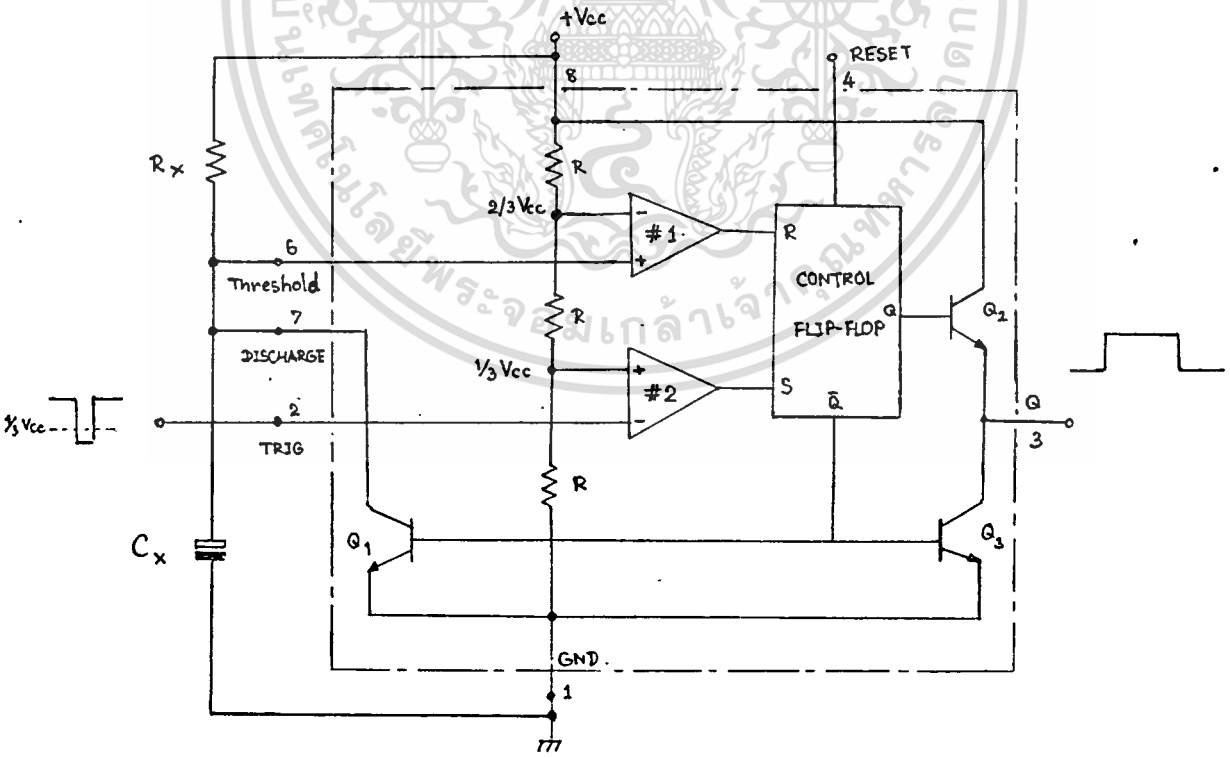
แต่การใช้ไดโอดป้องกันดังกล่าวก็อาจสร้างปัญหาในเรื่องช่วงเวลาคืนตัว (Recovery Time) ของไดโอดฉะนั้นจึงควรต่อตัวต้านทานขนาด 3.3 kΩ อนุกรมเข้าไปดังรูป 3.6เพื่อปรับปรุงรูปร่างของสัญญาณในช่วงเวลากลับตัว



รูป 3.6

3.5 การใช้งานไอซี 555

ไอซี 555 เป็นไอซีตั้งเวลา ซึ่งสามารถกำหนดให้ทำงานในโหมดโมโนสเตเบิล และแบบอะสเตเบิล (Astable), ได้ โครงสร้างภายใน และลักษณะการทำงานในโหมดหน่วงเวลาหรือโมโนสเตเบิล จะเป็นดังรูป 3.7



รูป 3.7 แสดงโครงสร้างภายในและการต่อใช้งานในโหมดโมโนสเตเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานของไอซี 555 ในโหมดโมโนสเตเบิล จะเป็นดังนี้ คือ ในสภาวะเริ่มแรกที่จ่ายไฟเข้าหรือเมื่อ รีเซ็ทที่ขา 4 จะทำให้ Q_2 ไม่นำกระแสในขณะที่ Q_1, Q_3 นำกระแสจึงทำให้เอาท์พุท Q ที่ขา 3 เป็น LOW และลัดตัวเก็บประจุ C_x ผ่านทาง Q_1 แต่ถ้าเมื่อใดก็ตามที่มีสัญญาณทริกชั่วขณะ ทางพัลซ์ลบ ซึ่งมีระดับแรงดันต่ำกว่า $\frac{1}{3}$ Vcc ป้อนเข้ามาทางขา 2 จะทำให้วงจรเปรียบเทียบตัวที่ 2 (COMPARATOR # 2) ทำงานเซ็ทให้ขา Q ภายในเป็น HIGH และ $\bar{Q}$ เป็น LOW ทำให้ Q_2 นำกระแส ในขณะที่ Q_1 และ Q_3 หยุดนำกระแสเอาท์พุทที่ขา 3 จึงเป็น HIGH และขณะเดียวกันเมื่อ Q_1 หยุดนำกระแสจะทำให้เกิดการประจุ (charge) ให้ ตัวเก็บประจุ C_x ผ่านทาง R_x ในลักษณะเอ็กซโพเนนท์เชียล ซึ่งเมื่อมีการประจุจนมีระดับแรงดันเท่ากับ $\frac{2}{3}$ Vcc ก็จะทำให้ วงจรเปรียบเทียบชุดที่ 1 (COMPARATOR # 1) ทำงานรีเซ็ทให้ฟลิป-ฟลอป มีสภาวะ Q เป็น LOW และ $\bar{Q}$ เป็น HIGH ทำให้ Q_2 หยุดนำกระแสในขณะที่ Q_1 และ Q_3 นำกระแส จึงทำให้เอาท์พุท Q ที่ขา 3 เป็น LOW ตามเดิมพร้อมๆ กันนั้น ตัวเก็บประจุ C_x ก็จะถูกคายประจุผ่านทางทรานซิสเตอร์ Q_1 อย่างรวดเร็ว เป็นการสิ้นสุดการทำงาน ช่วงเวลาหน่วงนั้นจะขึ้นอยู่กับค่า R_x และ C_x โดย ช่วงเวลาหน่วงคือช่วงเวลาที่ ตัวเก็บประจุ C_x ทำการประจุถึงแรงดัน $\frac{2}{3}$ Vcc นั่นคือ

$$Vcc\left(1 - e^{-\frac{t}{R_x C_x}}\right) = \frac{2}{3} Vcc$$

$$e^{-\frac{t}{R_x C_x}} = 1 - \frac{2}{3}$$

take ln $$\ln e^{-\frac{t}{R_x C_x}} = \ln\left(\frac{1}{3}\right)$$

$$-\frac{t}{R_x C_x} = -1.0986$$

$$t = +1.0986\, R_x C_x$$

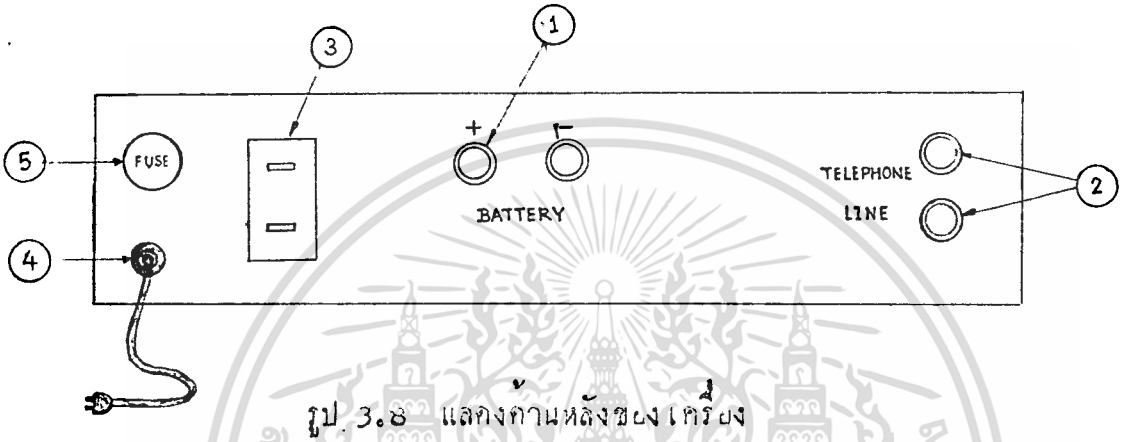
$$\boxed{t_w \approx 1.1\, R_x C_x}$$

แต่ในทางปฏิบัติไม่ควรใช้ R_x เกิน 1 MΩ และ C_x ไม่ควรใช้เกิน 500 μF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

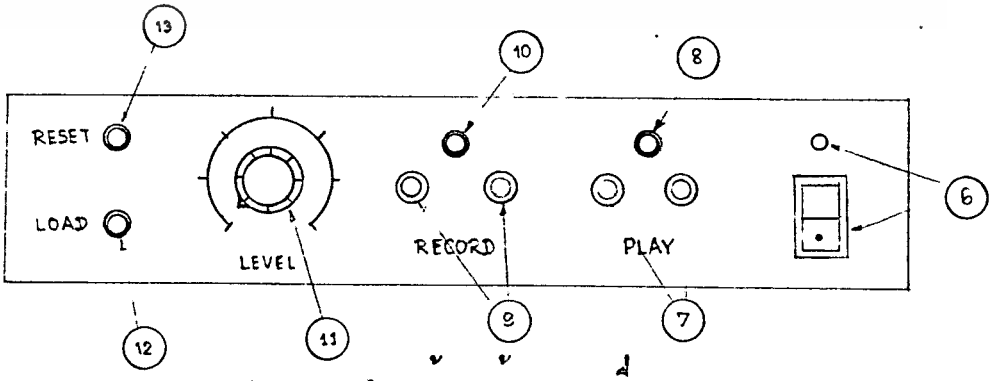
3.6 จุดต่อใช้งาน และ การแสดงผลของเครื่อง

1) ขั้วต่อกับแบตเตอรี่สำรอง
2) ขั้วต่อกับ คู่สาย ของโทรศัพท์
3) เต้าเสียบสำหรับต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า
4) ทางเข้าของสายไฟ
5) กระบอกฟิวส์



รูป 3.8 แสดงด้านหลังของเครื่อง

6) สวิทช์ไฟ และ แอลอีดี แสดงผล
7) ขั้วต่อแจ็คโมโน J_1 และ J_3 สำหรับการส่งสัญญาณเสียงดูด
8) แอล.อี.ดี แสดงสภาวะการทำงานในขณะส่งสัญญาณเสียงดูด
9) ขั้วต่อแจ็คโมโน J_2 และ J_4 สำหรับการบันทึกข้อความ
10) แอล อี ดี แสดงสภาวะการทำงานในขณะบันทึกข้อความลงเทป
11) โวลลุ่ม ปรับระดับสัญญาณที่จะป้อนเข้าวงจรบันทึกเทป
12) แอล อี ดี แสดงสภาวะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า ที่ต้องการควบคุม
13) แอล อี ดี แสดงสภาวะการรีเซ็ทวงจรนับ จากสัญญาณกริ่งลูกแรก



รูป 3.9 แสดงด้านหน้าของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

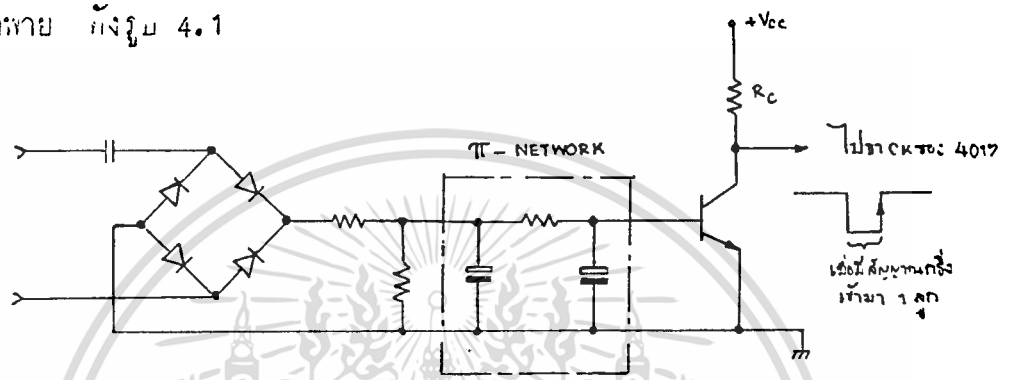
บทที่ 4

การทดลอง และ ผลการทดลอง

สำหรับขั้นในการทดลองและแก้ปัญหามีดังนี้

4.1 สร้างวงจรที่เทคเสียงกริ่ง

ในครั้งแรกสร้างเป็นวงจรง่าย ๆ โดยใช้ทรานซิสเตอร์ร่วมกับวงจรกรองแรงดันแบบพาย ดังรูป 4.1

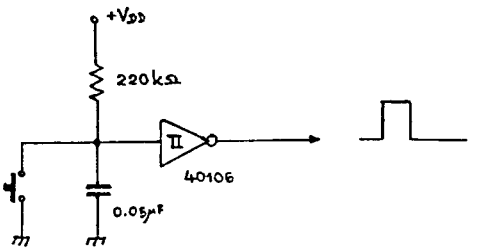


รูป 4.1

ปรากฏว่าใช้ไม่ได้ เพราะสัญญาณพัลซ์ที่ได้ไม่เรียบร้อย ทำให้วงจรนับผิดพลาด ไม่มีความแน่นอน เพราะเกิดสัญญาณรบกวนได้ง่าย จึงแก้ปัญหาโดยการใช้ออพโตคัปเปิล 4N28 และใช้วงจรโมโนสเตเบิล แบบทริกเกอร์ 4528 มาแก้ปัญหาดังกล่าว จนได้ผลที่พอใจกับวงจรนับต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง

4.2 สร้างวงจรผลิตพัลส์แทนการใช้สัญญาณจากเสียงกริ่ง

เมื่อมีความแน่ใจในวงจรที่เทคเสียงกริ่งว่าผลิตพัลส์นับได้อย่างถูกต้องคือ พัลส์ 1 ลูก ต่อ สัญญาณกริ่ง 1 ที เราก็ตัดวงจรส่วนนี้ออกโดยสร้างวงจรผลิตพัลส์จากสวิตช์กดแทน เพื่อลดปัญหาการรบกวนโทรโข่งและเครื่องวงจร วงจรผลิตสัญญาณพัลส์อย่างง่าย ๆ จะเป็นดังรูป 4.2



รูป 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ออกแบบวงจรสั่งงานทางไทรดัลท์

การออกแบบในส่วนนี้ใช้เวลาค่อนข้างมาก ให้ลองออกแบบและลองหลายครั้ง โดยพิจารณาการเลือกใช้ ไอซี การระวังกันไอซี เป็นหลัก จนได้ผลสมบูรณ์ที่สุด และในขั้นตอนนี้ต้องแก้ปัญหาอุปกรณ์ประกอบที่ด้วย

4.3.1 วางแนวทางการออกแบบ และ จำลองลักษณะการทำโดยการพิจารณาความเป็นไปได้และการแก้ไขปัญหาจากไดอะแกรมเวลา

4.3.2 การสร้างสภาวะรีเซ็ทสำหรับวงจรนับ 4017 โดยออกแบบให้มีการรีเซ็ทเมื่อเสียงกริ่งลูกแรกเข้ามา โดยการต่อวงจรมัลติไวเบรเตอร์ 4528 1 ประกอบกับวงจร อาร์.ซี.-โมโนสเตเบิล เพื่อสร้าง พัลซ์คริก

4.3.3 จัดสภาวะการรีเซ็ทในสภาวะเริ่มต้นของไอซี ด้วยวงจรเพาเวอร์-ออนรีเซ็ท โดยใช้วงจรดังรูป 4.3

รูปที่ 4.3

โดยวงจรในรูป ก. จะใช้สำหรับ อินพุทรีเซ็ทแบบแอคทีฟ-ไฮ (Active - HIGH) โดยเมื่อเริ่มจ่ายไฟเลี้ยง แรงดันที่คร่อม R จะมีค่าเกือบเท่ากับไฟเลี้ยง แล้วจึงค่อยๆ ลดลงตามเวลาจนเป็นศูนย์ เมื่อตัวเก็บประจุเก็บประจุจนเต็มที่

ในวงจรรูป ข จะใช้สำหรับ อินพุทรีเซ็ท แบบ แอคทีฟ-โลว์ (Active - LOW) โดยสภาวะเริ่มแรกเมื่อจ่ายไฟเลี้ยง ตัวเก็บประจุเพิ่งเริ่มเก็บประจุ ดังนั้นจึงมีแรงดันต่ำจนเมื่อเวลาผ่านไป จึงมีแรงดันคร่อมตัวมันเกือบเท่ากับแรงดันไฟเลี้ยง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 แก้ปัญหาการรบกวนจากแหล่งจ่ายไฟ โดยการใช้แหล่งจ่ายไฟแยกรักษาระดับแรงดัน ใช้หม้อแปลงที่จ่ายกระแสให้สูงพอกับความต้องการของวงจร และทำการกรองสิ่งสกปรกของสายจ่ายไฟเข้าวงจร และบริเวณใกล้ๆกับขาจ่ายไฟเลี้ยงของไอซี แต่ละตัว โดยขั้นตอนดังกล่าวกระทำในระหว่างออกแบบลายวงจร

4.4 สร้างวงจรหยุดรับโทรศัพท์

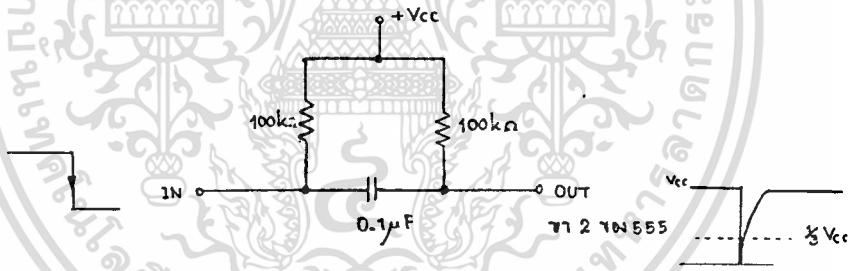
ขั้นตอนการออกแบบ

1) วิเคราะห์สภาพการทำงาน เพื่อแบ่งเวลาวงจรออกเป็นส่วน ๆ

2) สร้างสภาวะการออกคู่ และวางคู่

3) ออกแบบวงจรหน่วงเวลา ด้วยไอซี 555 เพื่อทั้งเวลาเริ่มและสิ้นสุด

4) สร้างวงจรทริกเกอร์ลบ ให้แก่ขาทริก(ขา 2)ของไอซี 555 ดังรูป4.4



รูป 4.4

5) ออกแบบวงจรขับทรานซิสเตอร์ โดยวิเคราะห์จาก กำลังสิ้น ทางเอาท์พุท และความสามารถในการจ่ายกระแสของไอซี

6) ออกแบบวงจรในส่วนรีเซ็ทให้หยุดการทำงานโดยใช้ ไอซี 4013 # 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
วิจารณ์ และ สรุป

5.1 ลำดับขั้นในการดำเนินงาน

– พฤศจิกายน	เสนอโครงงาน และ หาข้อมูล
– ธันวาคม	ออกแบบ และจัดซื้ออุปกรณ์
– มกราคม	ทดลองวงจรบนโปรโตบอร์ด และแก้ปัญหาต่าง ๆ
– กุมภาพันธ์	ออกแบบลายวงจร ประกอบวงจร แก้ไขข้อผิดพลาด แล้วประกอบลงกล่อง
– มีนาคม	จัดทำปริญญานิพนธ์

5.2 สรุปผลและวิจารณ์

เนื่องจากโครงงานนี้สร้างขึ้นในระยะสั้น ๆ ฉะนั้นระบบที่สร้างขึ้นจึงไม่อาจสมบูรณ์เต็มที่ มีบางส่วนที่ควรพัฒนาต่อไปอีก เช่น การสร้างโมดูลเสียงพูดด้วยไอซี แทนการใช้เทป และการทำงานของวงจรยังมีความแน่นอนไม่เต็มที่ จึงขอฝากไว้สำหรับ ผู้ที่จะนำโครงงานนี้ไปดัดแปลง หรือปรับปรุงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

ข้อมูลรายละเอียดของอุปกรณ์

<u>รีเลย์ โคอิเกะ</u> (KOIICE) รุ่น ME-1 DC 12V

ลักษณะการต่อ แบบ SPDT

อัตราทนของหน้าสัมผัส AC 120 V. 5 A.

DC 30 V. 5 A.

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ DC 0.36 W

ค่าความต้านทานของขดลวด 225 Ω

แรงดันพัง ระหว่างหน้าสัมผัส AC 500 V.

อายุการใช้งานต่ำสุด 2×10^7

<u>ทรานซิสเตอร์</u> 2N2222

ชนิด NPN

$V_{CE(SAT)}$ = 0.3 V. ที่ I_C = 150 mA

$H_{FE(MIN)}$ = 100 ที่ I_C = 150 mA

P_{TOT} = 500 mW.

$V_{CE(MAX)}$ = 40 V.

$I_{C(MAX)}$ 800 mA.

<u>ออฟโตคับเปิล</u> 4N28

-ไดโอด (ที่ V_{CC} = 10V, I_F = 10 mA) V_F = 1.15 V. (Typ.)

= 1.5 V. (Max)

-ทรานซิสเตอร์ (ที่ V_{CC} = 10 V., I_F = 10 mA) I_C = 5 mA.

$V_{CE(SAT)}$ = 0.15 V. (Typ.)

= 0.5 V. (Max)

H_{FE} = 500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดโอด 1N4148

กระแสรั่วไหลในสภาวะไบอัสกลับ	25 nA ที่แรงดันไบอัสกลับ (V_R) = 20 V.
แรงดันตกคร่อมในสภาวะไบอัสตรง	1.0 V. ที่กระแส I_F = 10 mA.
แรงดันพัง (Break down Voltage)	100 V.
ค่าความจุภายในตัว (สูงสุด)	4.0 pF.
Reverse recovery time (t_{rr})	4.0 nS. (สูงสุด)

ไดโอด 1N4001

แรงดันย้อนกลับที่ทนได้	50 V. ที่ I_R = 10 μA
แรงดันตกคร่อมในสภาวะไบอัสตรง	1.1 V. ที่ I_F = 1.0 A
กระแสสูงสุดที่ทนได้	1.0 A.

ไอซีเร็คกูเลต 3 ขา (7808)

ชนิด	เร็คกูเลตไฟบวก คงที่
แรงดันเอาท์พุท	8 V.
กระแสเอาท์พุท (สูงสุด)	1.0 A.
LINE REGULATION	0.03%
LOAD REGULATION	0.5%
DROPOUT VOLTAGE	1.6–2.0 V.
แรงดันอินพุทสูงสุด	35 V.
Ripple Rejection Ratio	66–80 dB
กระแสเฉื่อย (I_Q) สูงสุด	8.5 mA.
ตัวถัง	TO 220
กำลังไฟฟ้าสูงสุดที่ทนได้	15 W.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

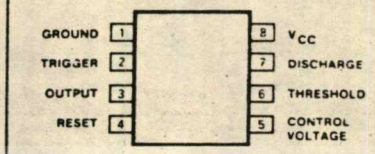
SA555F,N,N-14 • SE555F,T,N,N-14 • SE555C,F,T,N,N-14 • NE555F,T,N,N-14

FEATURES

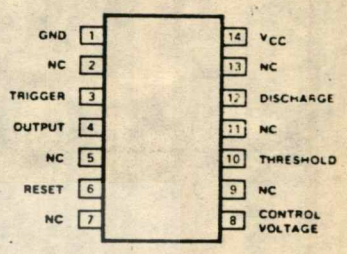
- Turn off time less than 2μs
- Maximum operating frequency greater than 500kHz
- Timing from microseconds to hours
- Operates in both astable and monostable modes
- High output current
- Adjustable duty cycle
- TTL compatible
- Temperature stability of 0.005% per °C
- SE555 Mil std 883A,B,C available M38510 (JAN) approved, M38510 processing available.

PIN CONFIGURATIONS

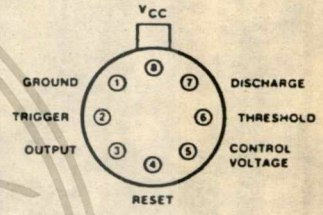
N PACKAGE



F,N-14 PACKAGE



T PACKAGE



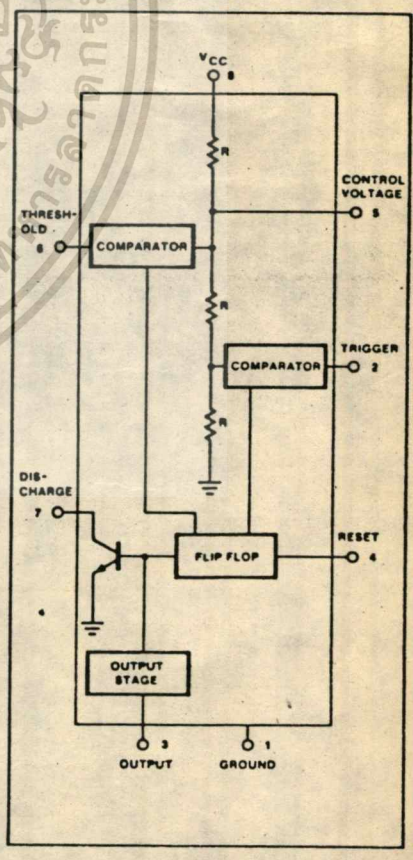
APPLICATIONS

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Missing pulse detector

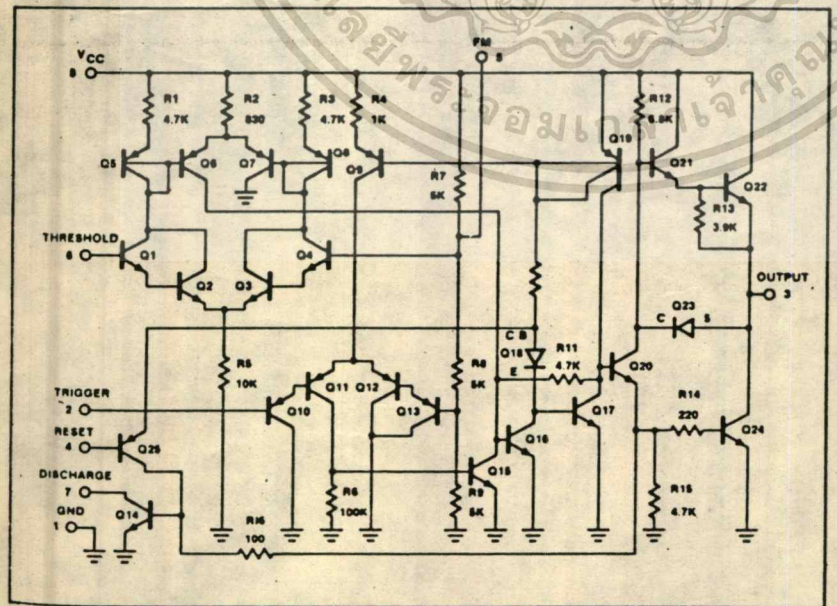
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

PARAMETER	RATING	UNIT
Supply voltage		
SE555	+18	V
NE555, SE555C, SA555	+16	V
Power dissipation	600	mW
Operating temperature range		
NE555	0 to +70	°C
SA555	-40 to +85	°C
SE555, SE555C	-55 to +125	°C
Storage temperature range	-65 to +150	°C
Load temperature (soldering, 60sec)	300	°C

BLOCK DIAGRAM



EQUIVALENT SCHEMATIC



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SA555F,N,N-14 • SE555F,T,N,N-14 • SE555C,F,T,N,N-14 • NE555F,T,N,N-1

DC ELECTRICAL CHARACTERISTICS $T_A = 25°C$, $V_{CC} = +5V$ to $+15$ unless otherwise specified.

PARAMETER	TEST CONDITIONS	SE555			NE555/SE555C/SA555			UNIT
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Supply voltage		4.5		18	4.5		16	V
Supply current (low state)[1]	$V_{CC} = 5V$ $R_L = \infty$		3	5		3	6	mA
	$V_{CC} = 15V$ $R_L = \infty$		10	12		10	15	mA
Timing error (monostable)	$R_A = 2K\Omega$ to $100K\Omega$							
Initial accuracy[2]	$C = 0.1\mu F$		0.5	2.0		1.0	3.0	%
Drift with temperature			30	100		50		ppm/°C
Drift with supply voltage			0.05	0.2		0.1	0.5	%/V
Timing error (astable)	R_A, $R_B = 1k\Omega$ to $100k\Omega$							
Initial accuracy[2]	$C = 0.1\mu F$		1.5			2.25		%
Drift with temperature	$V_{CC} = 15V$		90			150		ppm/°C
Drift with supply voltage			0.15			0.3		%/V
Control voltage level	$V_{CC} = 15V$	9.6	10.0	10.4	9.0	10.0	11.0	V
	$V_{CC} = 5V$	2.9	3.33	3.8	2.6	3.33	4.0	V
Threshold voltage	$V_{CC} = 15V$	9.4	10.0	10.6	8.8	10.0	11.2	V
	$V_{CC} = 5V$	2.7	3.33	4.0	2.4	3.33	4.2	V
Threshold current[3]			0.1	0.25		0.1	0.25	μA
Trigger voltage	$V_{CC} = 15V$	4.8	5.0	5.2	4.5	5.0	5.6	V
	$V_{CC} = 5V$	1.45	1.67	1.9	1.1	1.67	2.2	V
Trigger current	$V_{TRIG} = 0V$		0.5	0.9		0.5	2.0	μA
Reset voltage[4]		0.4	0.7	1.0	0.4	0.7	1.0	V
Reset current			0.1	0.4		0.1	0.4	mA
Reset current	$V_{RESET} = 0V$		0.4	1.0		0.4	1.5	mA
Output voltage (low)	$V_{CC} = 15V$							
	$I_{SINK} = 10mA$		0.1	0.15		0.1	0.25	V
	$I_{SINK} = 50mA$		0.4	0.5		0.4	0.75	V
	$I_{SINK} = 100mA$		2.0	2.2		2.0	2.5	V
	$I_{SINK} = 200mA$		2.5			2.5		V
	$V_{CC} = 5V$							
	$I_{SINK} = 8mA$		0.1	0.25		0.3	0.4	V
	$I_{SINK} = 5mA$		0.05	0.2		0.25	0.35	V
Output voltage (high)	$V_{CC} = 15V$							
	$I_{SOURCE} = 200mA$		12.5			12.5		V
	$I_{SOURCE} = 100mA$	13.0	13.3		12.75	13.3		V
	$V_{CC} = 5V$							
	$I_{SOURCE} = 100mA$	3.0	3.3		2.75	3.3		V
Turn off time[5]	$V_{RESET} = V_{CC}$		0.5	2.0		0.5		μs
Rise time of output			100	200		100	300	ns
Fall time of output			100	200		100	300	ns
Discharge leakage current			20	100		20	100	na

NOTES

1. Supply current when output high typically 1mA less
2. Tested at $V_{CC} = 5V$ and $V_{CC} = 15V$
3. This will determine the maximum value of $R_A + R_B$, for 15V operation, the max total R = 10 megohm, and for 5V operation, the max total R = 3.4 megohm.
4. Specified with trigger input high.
5. Time measured from a positive going input pulse from 0 to 0.8×V_{CC} into the threshold to the drop from high to low of the output. Trigger is tied to threshold.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4001B, SCL4002B
SCL4025B, SCL4078B

CMOS NOR GATES

SCL4001B – Quad 2-Input NOR
SCL4002B – Dual 4-Input NOR
SCL4025B – Triple 3-Input NOR
SCL4078B – 8-Input NOR

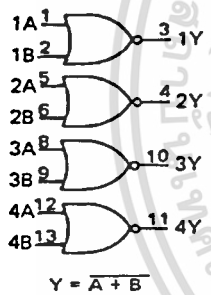
FEATURES

- Buffered Outputs
- Diode Protection on all Inputs
- Fully "B" - Series Compatible
- Balanced Output Drive Current Specifications

Inputs	Output
0 0 . . . 0	1
All other combinations	0

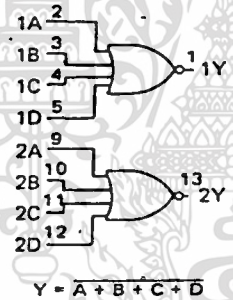
FUNCTION DIAGRAMS

SCL4001B



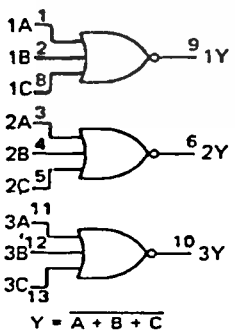
$Y = \overline{A + B}$

SCL4002B



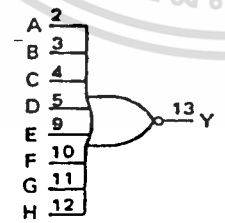
$Y = \overline{A + B + C + D}$

SCL4025B



$Y = \overline{A + B + C}$

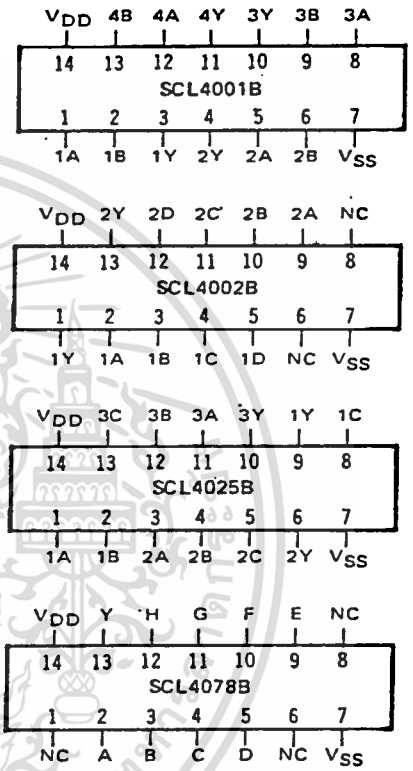
SCL4078B



$Y = \overline{A+B+C+D+E+F+G+H}$

V_{DD} = Pin 14
V_{SS} = Pin 7
for All Devices

CONNECTION DIAGRAMS
(all packages)



Add suffix for package:

C	14-pin Cerdip
D	14-pin Ceramic
E	14-pin Epoxy
F	14-pin Flat
H	Chip

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

DC Supply Voltage	$V_{DD} - V_{SS}$	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	T_A		
C, D, F, H Device		-55 to +125	°C
E Device		-40 to +85	°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

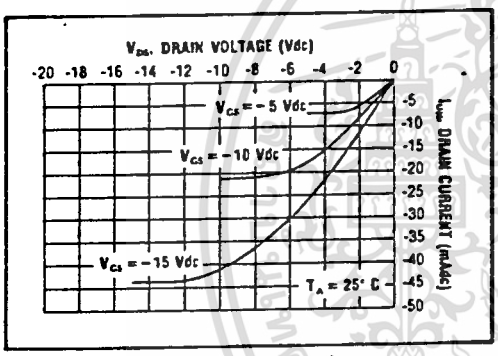
STATIC CHARACTERISTICS [1,3]

PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T_{LOW} [2] Min.	T_{LOW} [2] Max.	+25°C Min.	+25°C Typ.	+25°C Max.	T_{HIGH} [2] Min.	T_{HIGH} [2] Max.	Units
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I_{DD}	5	$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}	–	0.05	–	0.0005	0.05	–	1.5	μAdc
		10	All valid input	–	0.10	–	0.001	0.10	–	3.0	
		15	combinations	–	0.20	–	0.002	0.20	–	6.0	

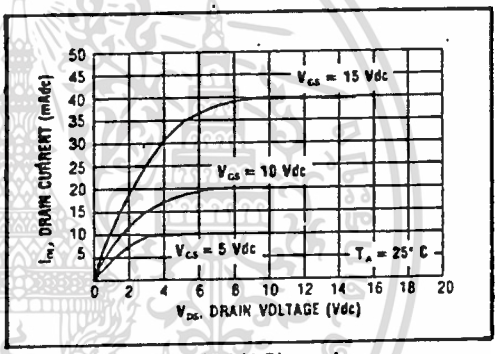
NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".
[2] T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.
= -40°C for E device.
T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.
= + 85°C for E device.
[3] These devices have been designed for balanced output drive current specifications. Consult Family Specifications.

DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50pF, T_A = 25°C)

PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
PROPAGATION DELAY TIME	t_{PLH}, t_{PHL}	5	–	125	250	ns
		10	–	60	120	
		15	–	45	90	
OUTPUT TRANSITION TIME	t_{TLH}, t_{THL}	5	–	100	200	ns
		10	–	50	100	
		15	–	40	80	

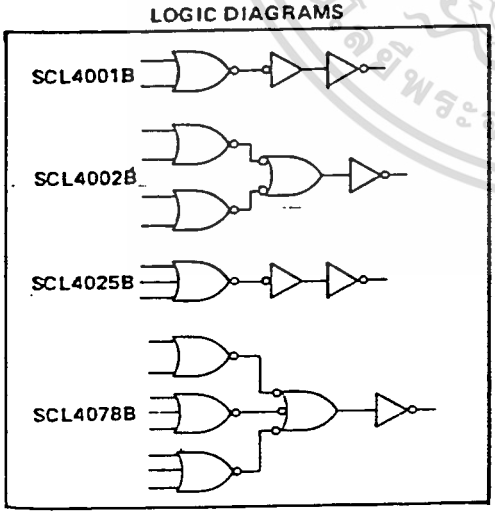


Typical P-Channel
Source Current Characteristics

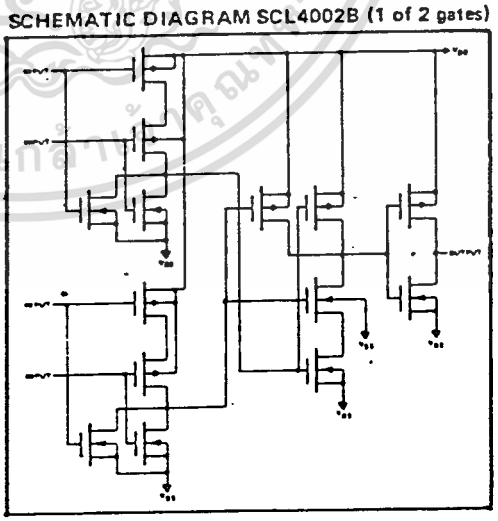


Typical N-Channel
Sink Current Characteristics

LOGIC DIAGRAMS



SCHEMATIC DIAGRAM SCL4002B (1 of 2 gates)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4013B

CMOS DUAL D-TYPE FLIP-FLOP

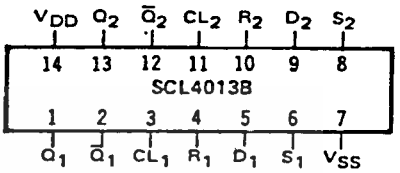
FEATURES

- Independent Set and Reset Controls
- Static Operation
- Logic Edge-Clocked Design
- 16MHz Toggle Rate @ 10Vdc
- Balanced Output Drive Current Specifications

DESCRIPTION

The SCL4013B consists of two identical, independent D-type Flip-Flops. These devices can be used for shift register applications, and, by connecting the $\overline{Q}$ output to the Data input, for counter and toggle applications. The logic level present at the D input is transferred to the Q output during the positive-going transition of the Clock pulse. Setting or resetting is independent of the Clock and is accomplished by a high level on the Set or Reset line, respectively.

CONNECTION DIAGRAM
(all packages)



Add suffix for package:

C	14-pin Cerdip
D	14-pin Ceramic
E	14-pin Epoxy
F	14-pin Flat
H	Chip

TRUTH TABLE

CL ▲	D	R	S	Q	$\overline{Q}$	
▲	0	0	0	0	1	
▲	1	0	0	1	0	
▲	x	0	0	Q	$\overline{Q}$	NO CHANGE
x	x	1	0	0	1	
x	x	0	1	1	0	
x	x	1	1	1	1	

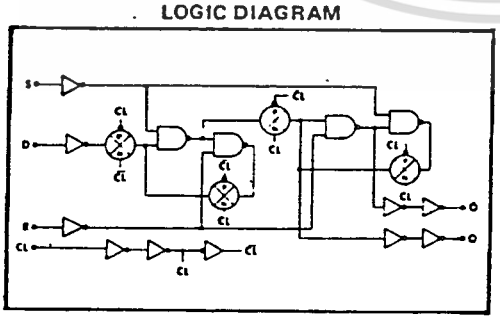
▲ = Level Change
x = Don't Care

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

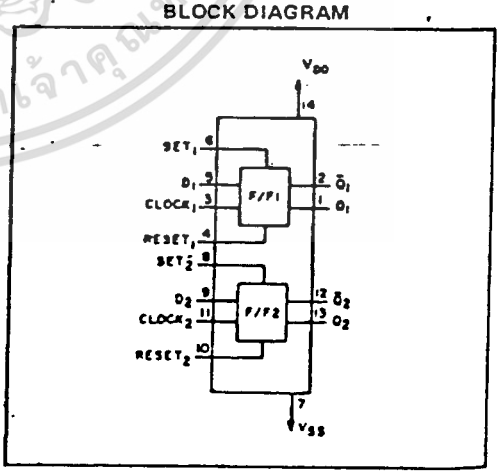
For maximum reliability:

DC Supply Voltage	$V_{DD} - V_{SS}$	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	T_A		
C, D, F, H Device		-55 to +125	°C
E Device		-40 to +85	°C

LOGIC DIAGRAM



BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS [1,3]

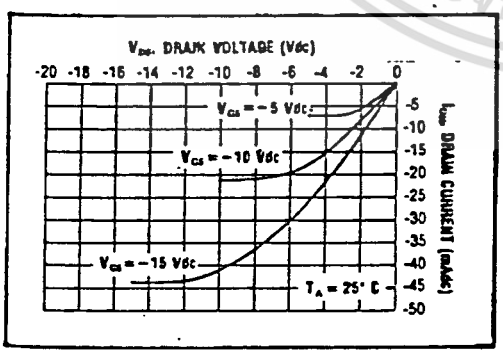
PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T_{LOW} [2]		+25°C			T_{HIGH} [2]		Units
				Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.	
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I_{DD}	5	$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}	–	1.0	–	0.005	1.0	–	30	μAdc
		10	All valid input	–	2.0	–	0.01	2.0	–	60	
		15	combinations	–	4.0	–	0.02	4.0	–	120	

NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".
[2] T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.
= -40°C for E device.
T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.
= +85°C for E device.
[3] This device has been designed for balanced output drive current specifications. Consult Family Specifications.

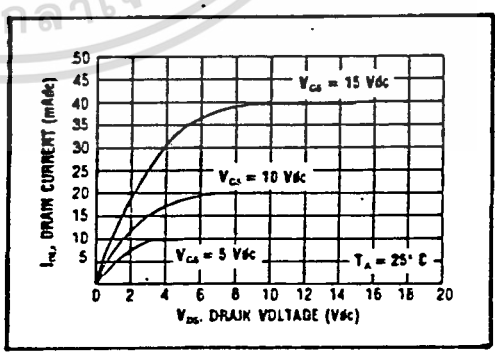
DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50pF, T_A = 25°C)

PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
CLOCKED OPERATION						
PROPAGATION DELAY TIME	t_{PLH}, t_{PHL}	5	–	125	250	ns
		10	–	65	130	
		15	–	45	90	
OUTPUT TRANSITION TIME	t_{TLH}, t_{THL}	5	–	100	200	ns
		10	–	50	100	
		15	–	40	80	
MINIMUM CLOCK PULSE WIDTH	PW_{CL}	5	–	70	140	ns
		10	–	30	60	
		15	–	20	40	
MAXIMUM CLOCK FREQUENCY	f_{CL}	5	3.5	7.0	–	MHz
		10	8.0	16	–	
		15	12.5	25	–	
MAXIMUM CLOCK RISE AND FALL TIME[1]	t_{rCL}, t_{fCL}	5	15	–	–	μs
		10	10	–	–	
		15	5	–	–	
MINIMUM SETUP TIME	t_{su}	5	–	25	50	ns
		10	–	10	20	
		15	–	7.5	15	
MINIMUM HOLD TIME	t_{hold}	5	–	-25	0	ns
		10	–	-10	0	
		15	–	-5	0	
SET AND RESET OPERATIONS						
PROPAGATION DELAY TIME S to Q, R to $\overline{Q}$	t_{PLH}	5	–	125	250	ns
		10	–	65	130	
		15	–	45	90	
MINIMUM SET AND RESET PULSE WIDTH	PW_S, PW_R	5	–	65	130	ns
		10	–	30	60	
		15	–	25	50	
SET AND RESET REMOVAL TIME	t_{rem}	5	–	0	25	ns
		10	–	0	10	
		15	–	0	5	

[1] When units are cascaded, the maximum rise and fall times of the clock input should be equal to or less than the transition times of the data outputs driving data inputs, plus the propagation delay of the output driving stage for the output capacitive load.



Typical P-Channel
Source Current Characteristics



Typical N-Channel
Sink Current Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4017AB

CMOS DECADE COUNTER/DIVIDER

FEATURES

- 10 Decoded Decimal Outputs
- Direct Reset
- Trigger from either Edge of Clock Input
- Carry Output for Cascading Stages
- Fully Static Operation - DC to 5MHz @ 10Vdc

DESCRIPTION

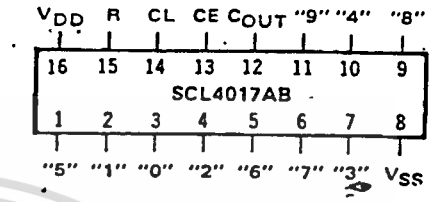
The SCL4017AB consists of a 5-stage Johnson Decade Counter and an Output Decoder. Inputs include Clock, Reset, and Clock Enable signals.

The counter has interchangeable Clock and Clock Enable lines for incrementing on either a positive-going or negative-going transition, respectively. A high Reset signal clears the counter to its zero count.

Use of the Johnson decade counter configuration permits high-speed operation, 2-input decode gating, and spike-free decoded outputs. Anti-lock gating is provided, thus assuring proper counting sequence. The 10 decoded outputs are normally low and go high only at their respective decoded time slot. Each decoded output remains high for one full clock cycle. A Carry-out (C_{OUT}) signal completes one cycle every 10 clock input cycles and is used to directly clock the succeeding counter in multi-stage applications.

This part can be used in frequency division circuits as well as decade counter or decimal decode display applications.

CONNECTION DIAGRAM
(all packages)



Add suffix for package:

C	16-pin Cerdip
D	16-pin Ceramic
E	16-pin Epoxy
F	16-pin Flat
H	Chip

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

DC Supply Voltage	$V_{DD} - V_{SS}$	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	T_A		
C, D, F, H Device		-55 to +125	°C
E Device		-40 to +85	°C

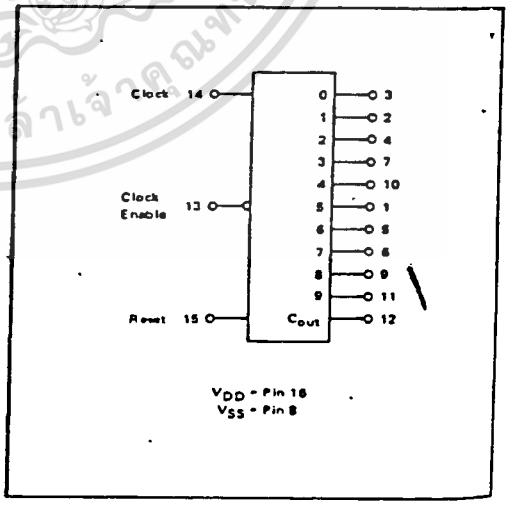
FUNCTIONAL TRUTH TABLE
(Positive Logic)

Clock	Clock Enable	Reset	Decode Output = n
0	X	0	n
X	1	0	n
X	X	1	"0"
⌐	0	0	n + 1
X	⌐	0	n
X	⌐	0	n
1	⌐	0	n + 1

x = Don't Care

If n < 5 Carry = "1", Otherwise = "0"

BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

STATIC CHARACTERISTICS [1]

PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T_{LOW} [2] Min.	T_{LOW} [2] Max.	+25°C Min.	+25°C Typ.	+25°C Max.	T_{HIGH} [2] Min.	T_{HIGH} [2] Max.	Units
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I_{DD}	5	$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}	–	5	–	0.05	5	–	150	µAdc
		10	All valid input	–	10	–	0.1	10	–	300	
		15	combinations	–	20	–	0.2	20	–	600	
OUTPUT HIGH (SOURCE) CURRENT											
C, D, F, H device											
Decoded Outputs	I_{OH}	5	V_{OH}= 4.6V	-0.05	–	-0.04	-0.3	–	-0.028	–	mAdc
		10	V_{OH}= 9.5V	-0.125	–	-0.1	-0.75	–	-0.07	–	
		15	V_{OH}= 13.5V	-0.375	–	-0.3	-2.5	–	-0.21		
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
Carry Output		5	V_{OH}= 4.6V	-0.25	–	-0.2	-0.75	–	-0.14	–	mAdc
		10	V_{OH}= 9.5V	-0.62	–	-0.5	-1.1	–	-0.35	–	
		15	V_{OH}= 13.5V	-1.9	–	-1.5	-3.5	–	-1.1	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
E device											
Decoded Outputs	I_{OH}	5	V_{OH}= 4.6V	-0.048	–	-0.04	-0.3	–	-0.032	–	mAdc
		10	V_{OH}= 9.5V	-0.12	–	-0.1	-0.75	–	-0.08	–	
		15	V_{OH}= 13.5V	-0.36	–	-0.3	-2.5	–	-0.24	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
Carry Output		5	V_{OH}= 4.6V	-0.24	–	-0.2	-0.75	–	-0.16	–	mAdc
		10	V_{OH}= 9.5V	-0.6	–	-0.5	-1.1	–	-0.4	–	
		15	V_{OH}= 13.5V	-1.8	–	-1.5	-3.5	–	-1.2	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
OUTPUT LOW (SINK) CURRENT											
C, D, F, H device											
Decoded Outputs	I_{OL}	5	V_{OL}= 0.4V	0.05	–	0.04	0.4	–	0.028	–	mAdc
		10	V_{OL}= 0.5V	0.125	–	0.1	1.0	–	0.07	–	
		15	V_{OL}= 1.5V	0.375	–	0.3	3.0	–	0.21	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
Carry Output		5	V_{OL}= 0.4V	0.25	–	0.2	0.75	–	0.14	–	mAdc
		10	V_{OL}= 0.5V	0.62	–	0.5	1.3	–	0.35	–	
		15	V_{OL}= 1.5V	1.9	–	1.5	4.0	–	1.1	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
E device											
Decoded Outputs	I_{OL}	5	V_{OL}= 0.4V	0.048	–	0.04	0.4	–	0.032	–	mAdc
		10	V_{OL}= 0.5V	0.12	–	0.1	1.0	–	0.08	–	
		15	V_{OL}= 1.5V	0.36	–	0.3	3.0	–	0.24	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								
Carry Output		5	V_{OL}= 0.4V	0.24	–	0.2	0.75	–	0.16	–	mAdc
		10	V_{OL}= 0.5V	0.6	–	0.5	1.3	–	0.4	–	
		15	V_{OL}= 1.5V	1.8	–	1.5	4.0	–	1.2	–	
			$V_{IN}=V_{SS}$ or V_{DD}								

NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".
[2] T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.
= -40°C for E device.
T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.
= + 85°C for E device.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

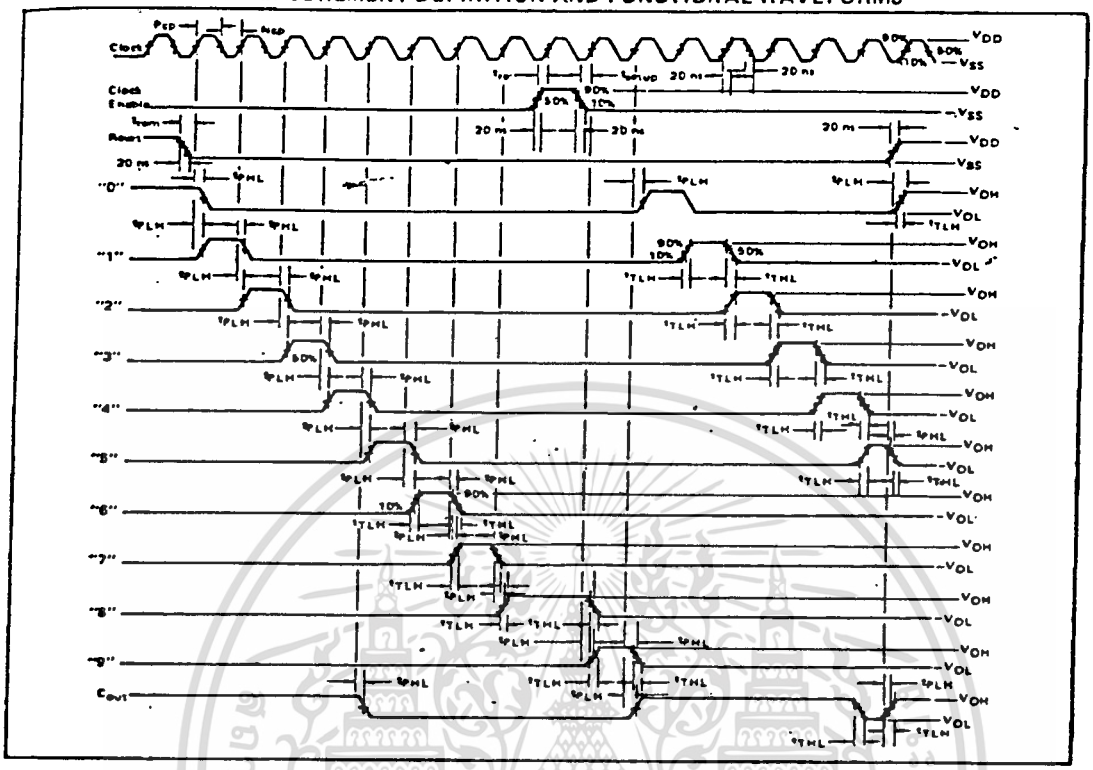
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Continued)

DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50pF, T_A = 25°C)

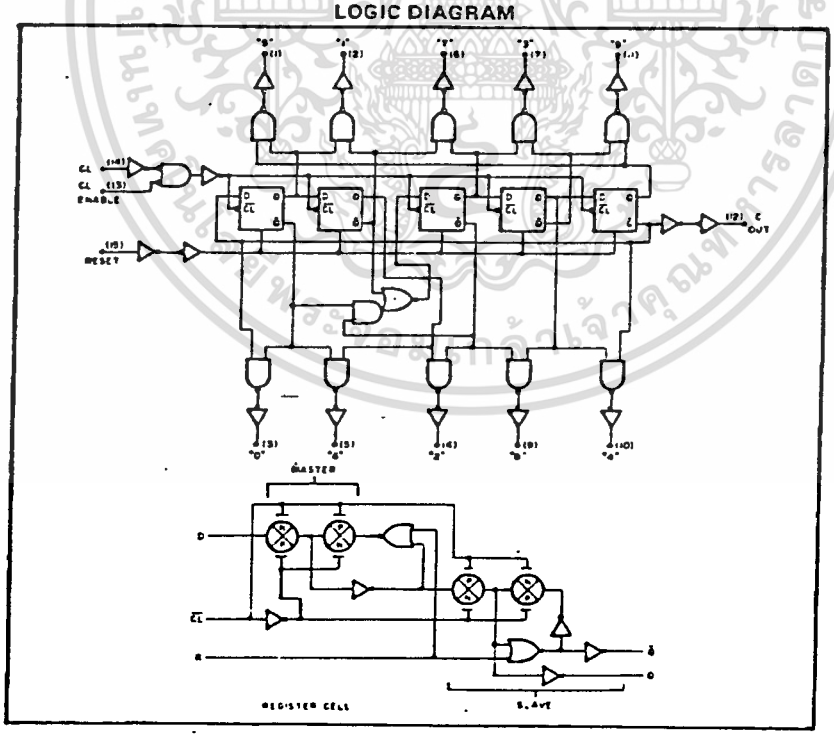
PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
CLOCKED OPERATION						
PROPAGATION DELAY TIME To Decoded Outputs	t_{PLH}, t_{PHL}	5	–	600	1200	ns
		10	–	240	480	
		15	–	180	360	
To Carry Output	t_{PLH}, t_{PHL}	5	–	500	1000	ns
		10	–	200	400	
		15	–	150	300	
OUTPUT TRANSITION TIME Decoded Outputs	t_{TLH}, t_{THL}	5	–	250	500	ns
		10	–	125	250	
		15	–	90	180	
Carry Output	t_{TLH}, t_{THL}	5	–	180	360	ns
		10	–	90	180	
		15	–	65	130	
MINIMUM CLOCK PULSE WIDTH	PW_{CL}	5	–	200	400	ns
		10	–	100	200	
		15	–	80	160	
MAXIMUM CLOCK FREQUENCY	f_{CL}	5	1.25	2.5	–	MHz
		10	2.5	5.0	–	
		15	3.0	6.0	–	
MAXIMUM CLOCK OR ENABLE RISE AND FALL TIME	t_{rCL}, t_{fCL}	5	15	–	–	μs
		10	15	–	–	
		15	5	–	–	
MINIMUM ENABLE SETUP TIME	t_{setup}	5	–	175	350	ns
		10	–	75	150	
		15	–	55	110	
MINIMUM ENABLE REMOVAL TIME	t_{rem}	5	–	250	500	ns
		10	–	100	200	
		15	–	75	150	
RESET OPERATION						
PROPAGATION DELAY TIME To Decoded Outputs	t_{PLH}, t_{PHL}	5	–	500	1000	ns
		10	–	200	400	
		15	–	140	280	
To Carry Output	t_{PLH}	5	–	400	800	ns
		10	–	150	300	
		15	–	110	220	
MINIMUM RESET PULSE WIDTH	PW_R	5	–	150	300	ns
		10	–	75	150	
		15	–	60	120	
RESET REMOVAL TIME	t_{rem}	5	–	250	500	ns
		10	–	100	200	
		15	–	80	160	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC MEASUREMENT DEFINITION AND FUNCTIONAL WAVEFORMS



LOGIC DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4528B

CMOS DUAL MONOSTABLE MULTIVIBRATOR

FEATURES

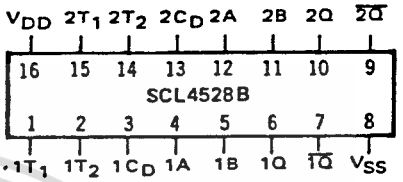
- Two Independent Multivibrators on One Chip
- Triggerable from Leading- or Trailing-Edge Pulse
- Retriggerable
- Resettable
- Q and $\overline{Q}$ Buffered Outputs Available
- Wide Range of Output Pulse Widths

DESCRIPTION

The SCL4528B Dual Multivibrator provides stable retriggerable/resettable one-shot operation for any fixed-voltage timing application. Timing for the circuit is controlled by an external resistor-capacitor combination (R_X-C_X). Adjustment of these components permits generation of output pulse widths from nanoseconds to minutes. Leading-edge and trailing-edge Trigger inputs are provided, and both positive-going and negative-going pulses are available from complementary outputs.

Timing pulses may be terminated at any time by applying a low logic level to the Reset input C_D.

CONNECTION DIAGRAM
(all packages)



Add suffix for package:

C	16-pin Cerdip
D	16-pin Ceramic
E	16-pin Epoxy
F	16-pin Flat
H	Chip

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

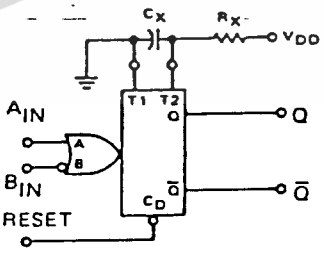
DC Supply Voltage	$V_{DD} - V_{SS}$	3 to 15	Vdc
Operating Temperature	T_A		
C, D, F, H Device		-55 to +125	°C
E Device		-40 to +85	°C

FUNCTION TABLE

INPUTS			OUTPUTS	
C_D	A	B	Q	$\overline{Q}$
L	X	X	L	H
X	H	X	L	H
X	X	L	L	H
H	↑	H	⎍	⎎
H	L	↓	⎍	⎎

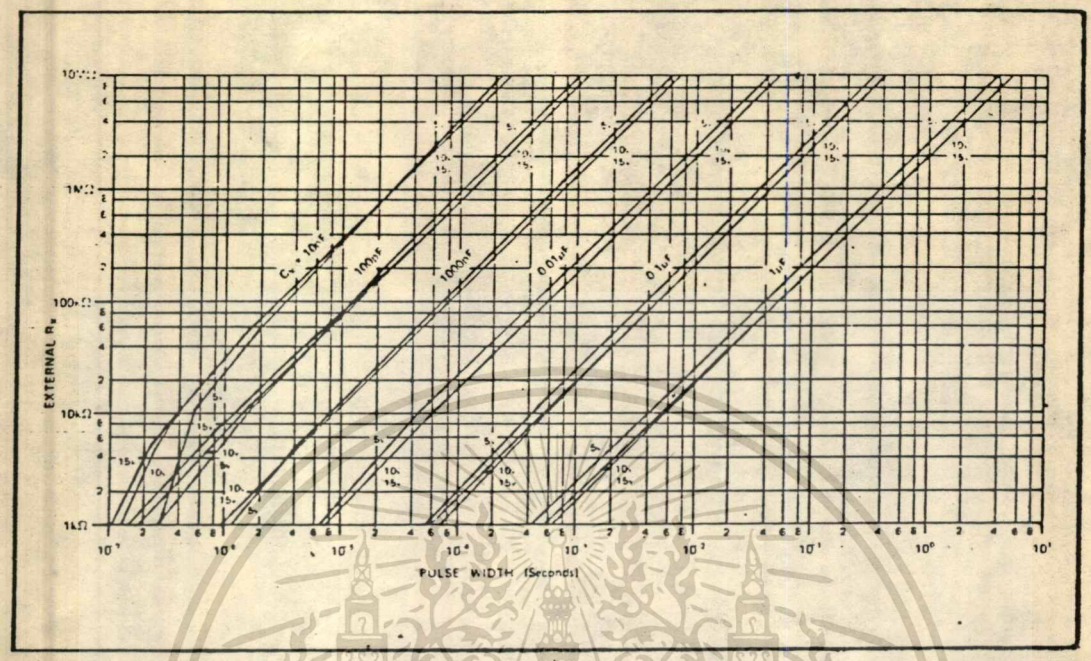
H = High Level (Steady State)
L = Low Level (Steady State)
↑ = Transition, Low-to-High
↓ = Transition, High-to-Low
X = Irrelevant (Inc. Transitions)
⎍ = One High-Level Pulse
⎎ = One Low-Level Pulse

BLOCK DIAGRAM
(one of two devices)

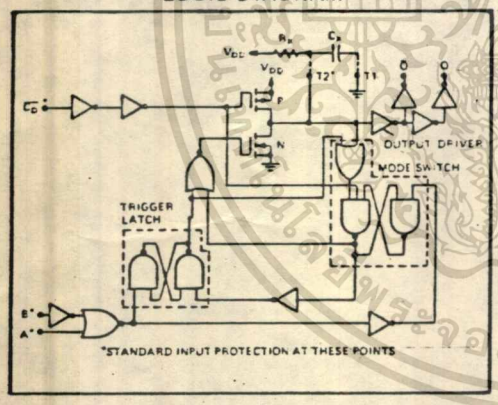


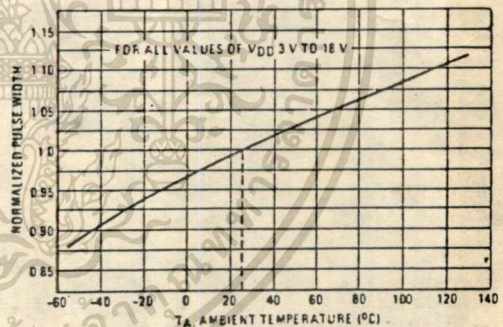
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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



LOGIC DIAGRAM





Normalized Pulse Width versus Temperature

Notes:

There is no effective maximum limit on R_X; recommended minimum value for R_X is 1KΩ. There are no restrictions on the value of C_X.

For proper operation all unused inputs should be tied to a logic level. The mode point (T2) of a unused half of device should be tied high through an external resistor to V_{DD}.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

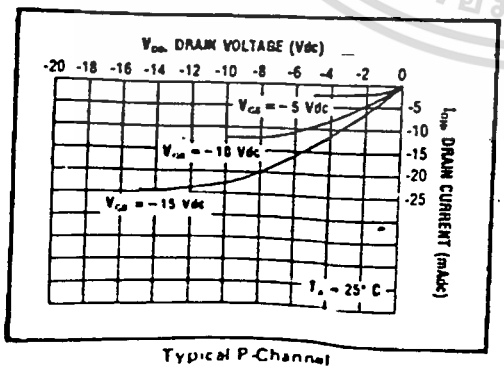
STATIC CHARACTERISTICS [1]

PARAMETER		V_{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T_{LOW} [2]		+25°C			T_{HIGH} [2]		Units
				Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.	
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I_{DD}	5	$V_{IN} = V_{SS}$ or V_{DD}	–	5	–	0.05	5	–	150	μAdc
		10	All valid input	–	10	–	0.1	10	–	300	
		20	combinations	–	20	–	0.2	20	–	600	

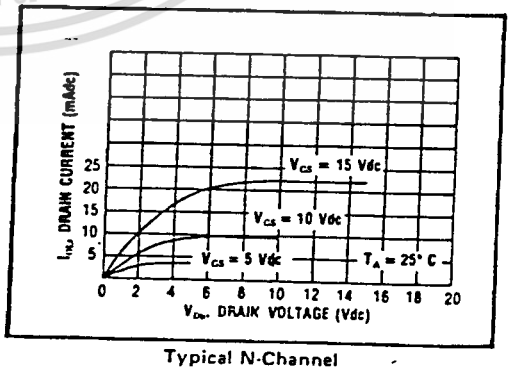
NOTES: [1] Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications"
[2] T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.
= -40°C for E device.
T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.
= + 85°C for E device.

DYNAMIC CHARACTERISTICS (C_L = 50pF, T_A = 25°C)

PARAMETER		C_X (pF)	R_X (kΩ)	V_{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
PROPAGATION DELAY TIME	t_{PLH}, t_{PHL}							
From A or B		15	5	5	–	270	540	ns
				10	–	90	180	
				15	–	70	140	
		1000	10	5	–	510	1020	ns
				10	–	170	340	
				15	–	120	240	
From C_D		15	5	5	–	270	540	ns
				10	–	90	180	
				15	–	70	140	
		1000	10	5	–	550	1100	ns
				10	–	300	600	
				15	–	250	500	
OUTPUT TRANSITION TIME	t_{TLH}, t_{THL}							
		–	–	5	–	130	260	ns
				10	–	65	130	
				15	–	50	100	
Note: $\overline{Q}$ Output	t_{TLH}	15	5	5	–	130	260	ns
				10	–	65	130	
				15	–	50	100	
		1000	10	5	–	270	540	ns
				10	–	240	480	
				15	–	220	440	
MINIMUM INPUT PULSE WIDTH A or B Input	PW_{in}							
		–	–	5	–	70	140	ns
				10	–	30	60	
				15	–	25	50	
OUTPUT PULSE WIDTH MATCH	ΔPW_{out}							
Same package		1000	10	5	–	± 7.5	±15	%
				10	–	±10	±20	
				15	–	±10	±20	
Different packages		1000	10	5	–	–	±50	%
				10	–	–	±50	
				15	–	–	±50	



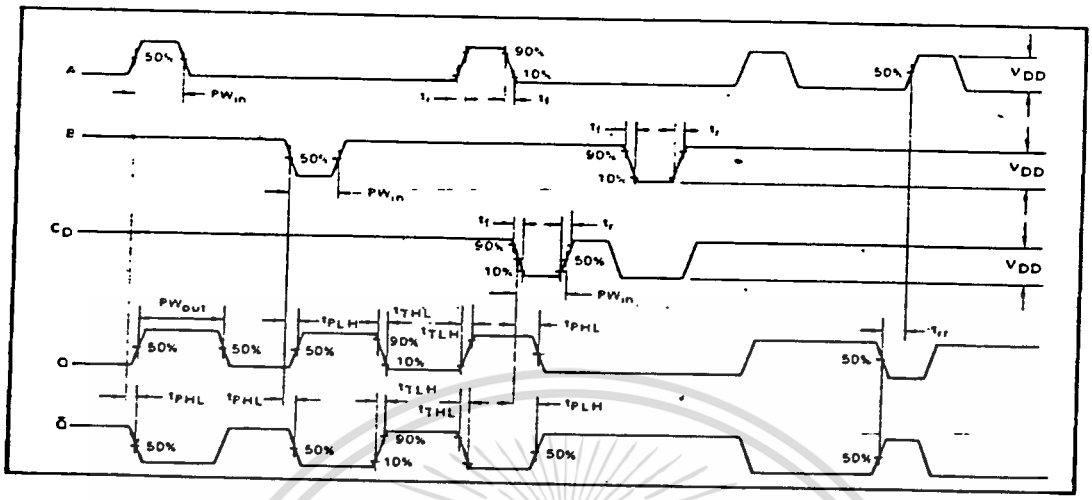
Typical P-Channel
Source Current Characteristics



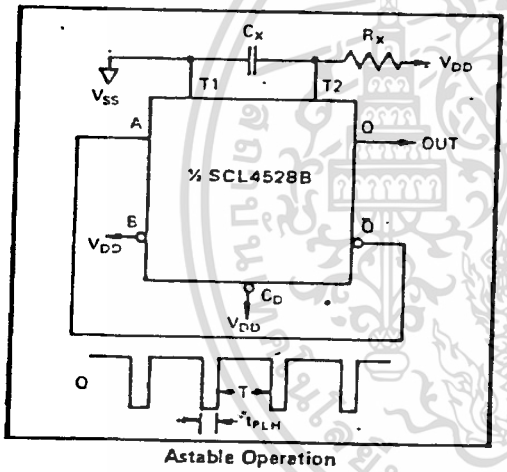
Typical N-Channel
Sink Current Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

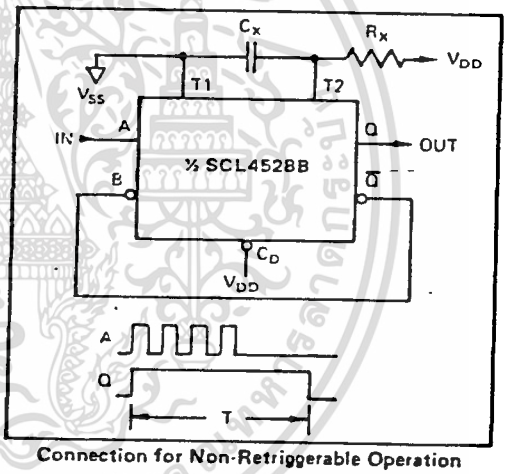
AC TEST WAVEFORMS



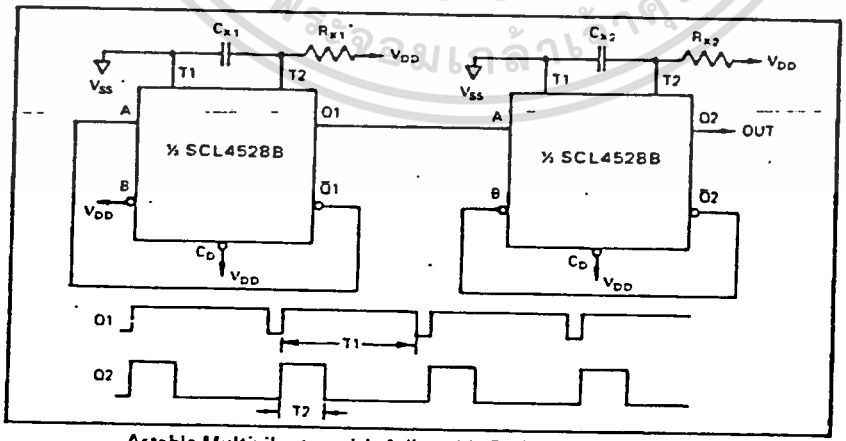
APPLICATIONS INFORMATION



Astable Operation



Connection for Non-Retriggerable Operation



Astable Multivibrator with Adjustable Period and Duty Cycle

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

ก. เอกสารอ้างอิงภาษาไทย

1) บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, "คู่มือ ไอซี ซีมอส ตระกูล 4000", เกษมการพิมพ์, กรุงเทพฯ, 2522

2) บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, "บันทึก 380 วงจรไอซี"

3) บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด, "รวมโครงงานเล่ม 2", เอเชียเพรส จำกัด กรุงเทพฯ, 2524

4) ประทีป บัญญัตินพรัตน์, "ทฤษฎีและการใช้งานวงจรดิจิตอล", ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์, ส.จ.ล., 2532

ข. เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ

1) **Franklin F. Kuo, "An Introduction to Computer Logic", Printice-Hall**

2) **Louis Nashelsky, "Introduction to Digital Computer Technology", John Wiley & Sons, 1972**

3) **Arthur B. Williams, "Designer's Handbook of Integrated Circuits", McGraw - Hill Book Company**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานชิ้นนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือจากท่านอาจารย์ที่ปรึกษา และอาจารย์ภาควิชาเทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรมทุกท่าน ที่ช่วยชี้แนะแนวทางในการออกแบบ ตลอดจนวิธีการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น และ ขอขอบคุณ คุณรจนา กวยะปาณิก ที่ได้ช่วยจัดพิมพ์ปริญญานิพนธ์นี้จนแล้วเสร็จ

ฉะนั้น ผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่กล่าวข้างต้นไว้ ณ ที่นี้ด้วย ที่กรุณาให้ความเอื้อเฟื้อ จนโครงงานชิ้นนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้