สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคลื่นวิทยุ 27MHz

27 MHz REMOTE ON-OFF ELECTRICAL EQUIPMENTS CONTROLLER

โดย

นายณัฐชัย เลียงเจริญสิทธ์

นายนิเวศน์ วิทยาเต็ม

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา2542

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....37095
วัน, เดือน, ปี 4 ต.ค. 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคลื่นวิทยุ 27MHz

27 MHz REMOTE ON-OFF ELECTRICAL EQUIPMENTS CONTROLLER

โดย

นายณัฐชัย เลียงเจริญสิทธ์ 39014159

นายนิเวศน์ วิทยาเต็ม 39014269

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.นิภา ลีลารุจิ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา2542

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องควบคุมการเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าด้วยคลื่นวิทยุ 27 MHz

27 MHz REMOTE ON-OFF ELECTRICAL EQUIPMENT CONTROLLER

โดย นายณัฐชัย เลียงเจริญสิทธิ์ 39014159
นายนิเวศน์ วิทยาเต็ม 39014269

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.นิภา ลีลารุจิ

บทคัดย่อ

โครงงานนี้นำเสนอโครงงานระยะไกลด้วยคลื่นวิทยุย่าน HF ซึ่งได้นำเอาสัญญาณความถี่คู่ (Dual tone multi-frequency) หรือ DTMF มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมระยะไกลที่มีลักษณะของสวิทช์เปิด-ปิด โดยใช้หลักการแปลงสัญญาณ DTMF ที่ส่งเข้ามาเพื่อควบคุมโหลดให้เป็นสัญญาณ ดิจิตอลระบบเลขฐานสิบหก แล้วส่งสัญญาณผ่านวงจรนำไปถอดรหัสควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้าได้ตามต้องการ

ABSTRACK

This Project is concerns about the remote controlling by using of HF radio wave in 27 MHz as carrier with Dual tone multi-frequency (DTMF) signal. The remote control can be applied for controlling the on-off function of any electrical equipment. The principle of transformation of DTMF signal is sent through the circuit that will be decoded to control the desired electrical device.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2542

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าด้วยคลื่นวิทยุ 27 MHz

27 MHz REMOTE ON-OFF ELECTRICAL EQUIPMENTS CONTROLLER

ผู้จัดทำ

1. นายณัฐชัย เลียงเจริญสิทธิ์ 39014159

2. นายนิเวศน์ วิทยาเต็ม 39014269

อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.นิภา ลีลารุจิ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อ

ABSTRACK

หน้า

บทที่1 บทนำ 1

1.1 หลักการทำงาน 1

บทที่2 ทฤษฎีพื้นฐานของโครงงาน 3

2.1 ความรู้พื้นฐานการสื่อสารไร้สาย 3

2.2 ระบบคลื่นพาหะที่เป็นคลื่นวิทยุ 3

2.3 การมอดูเลชั่น 3

2.4 การมอดูเลชั่นทางแอมพริจูด 4

2.5 การมอดูเลชั่นทางความถี่ 8

2.6 ความถี่ข้างเคียงและดัชนีการมอดูเลชั่น 8

2.7 เครื่องส่งสัญญาณคลื่นวิทยุ 10

2.8 วงจรสร้างสัญญาณพาหะ 10

2.9 วงจรมอดูเลทสัญญาณ 10

2.10 วงจรขยาย 10

2.10.1 วงจรขยายคลาส A 10

2.10.2 วงจรขยายคลาส B 11

2.10.3 วงจรขยายคลาส AB 11

2.10.4 วงจรขยายคลาส C 11

2.11 วงจรอิมพีแดนซ์แมตชิ่ง 12

2.12 เครื่องรับสัญญาณ 12

2.12.1 ค่าซีเล็กติวิตี้ 12

2.12.2 ค่าเซ็นซิทิวิตี้ 12

2.13 ชุดภาคกำเนิดสัญญาณและส่งสัญญาณ DTMF 13

2.13.1 การป้อนสัญญาณ 13

2.13.2 ลักษณะการกำเนิดสัญญาณ 13

2.13.3 ลักษณะการส่งสัญญาณ 14

2.14 ไอซีถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

2.14.1 ไอซีถอดความถี่โทรศัพท์ 15
2.14.2 คุณสมบัติไอซี MT 8870 15
2.14.3 การนำ MT 8870 ไปใช้งาน 15
2.14.4 โครงสร้าง ไอซี MT 8870 15
2.15 การเชื่อมโยงทางแสง 16
2.15.1 ทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์ 18
2.15.2 คาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์ 19
2.15.3 ออปโต้คัพเปลอร์ที่ใช้สวิตช์สองทางหรือไตรแอค 19
2.15.4 ออปโต้คัพเปลอร์ที่ใช้ SCR ที่ถูกกระตุ้นด้วยแสง 19
2.16 การประยุกต์ใช้งานในการนำไปใช้ควบคุมโหลด 20
บทที่3 การสร้างและการคำนวน 22
3.1 แนวความคิด 22
3.2 ภาคถอดรหัส DTMF 22
3.3 ภาค ON-OFF PASSWORD 23
3.4 ภาคควบคุมสัญญาณ 24
3.5 ภาคแปลงรหัสเลขฐานสิบหกเป็นฐานสิบ 24
3.6 ภาคกำเนิดสัญญาณรีเซ็ท 25
3.7 ภาค LATCH OUTPUT SIGNAL 26
3.8 ภาคเอาท์พุทขับโหลด 26
3.9 วงจรภาคส่ง 30
3.10 วงจรภาครับ 30
บทที่4 การทดลองและผลการทดลอง 33
บทที่5 บทสรุปและวิจารณ์ 40
ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมชุดภาคส่ง 1
รูปที่ 1.2 บล็อกไดอะแกรมชุดภาครับ 1
รูปที่ 2.1 แสดงสัญญาณข้อมูลสัญญาณพาหะและสัญญาณผลลัพธ์จากการมอดูเลท 4
รูปที่ 2.2 สัญญาณแอมปริจูดมอดูเลชั่นในแกนความถี่ 6
รูปที่ 2.3 แสดงแถบความถี่สัญญาณ FM 9
รูปที่ 2.4 แสดงกลุ่มความถี่ของวงจรกำเนิดสัญญาณโทรศัพท์ 13
รูปที่ 2.5 ภาคกำเนิดสัญญาณ DTMF 14
รูปที่ 2.6 โครงสร้างไอซี MT 8870 16
รูปที่ 2.7 ออปโต้คัพเปลอร์แบบทั่วๆไป 17
รูปที่ 2.8 (ก) แสงที่เกิดขึ้นหลังจากมีการไบแอสตรงไหลผ่าน 18
(ข) อิเล็กตรอนส่วนเกินข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮลพร้อมปล่อยแสงออกมา 18
รูปที่ 2.9 ออปโต้แบบทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์ 18
รูปที่ 2.10 ออปโต้แบบดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์ 19
รูปที่ 2.11 ออปโต้แบบไตรแอคคัพเปลอร์ 19
รูปที่ 2.12 ออปโต้แบบ SCR คัพเปลอร์ 19
รูปที่ 2.13 วงจรที่ใช้ควบคุมกำลังงานของไฟฟ้ากระแสสลับที่มีค่าไม่สูงนัก 20
รูปที่ 2.14 วงจรที่ใช้ควบคุมกำลังงานของไฟฟ้ากระแสสลับที่มีค่าสูงๆ 20
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องควบคุมระยะไกล 22
รูปที่ 3.2 วงจรภาคถอดรหัส DTMF 23
รูปที่ 3.3 วงจรภาค ON-OFF PASSWORD 24
รูปที่ 3.4 วงจรภาคควบคุมสัญญาณ 24
รูปที่ 3.5 ภาคถอดรหัสเลขฐานสิบหกเป็นฐานสิบ 25
รูปที่ 3.6 วงจรภาคกำเนิดสัญญาณรีเซ็ต 25
รูปที่3.7 ภาค LATCH OUTPUT SIGNAL 26
รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมโดยใช้ตัวควบคุมทางแสง 27
รูปที่ 3.9 วงจรภาคส่ง 28
รูปที่ 3.10 วงจรภาครับ 29
รูปที่ 3.11 วงจรเข้ารหัสควบคุม 31
รูปที่ 3.12 วงจรภาคขับโหลด 32
รูปที่ 4.1 สัญญาณคลื่นพาหะวัดที่เสาอากาศภาคส่ง 27 MHz 33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 สัญญาณที่เสาอากาศเมื่อกดแป้นโทรศัพท์เบอร์ 0 34
รูปที่ 4.3 สัญญาณที่เสาอากาศเมื่อกดแป้นโทรศัพท์เบอร์ * 34
รูปที่ 4.4 สัญญาณที่เสาอากาศเมื่อกดแป้นโทรศัพท์เบอร์ # 35
รูปที่ 4.5 สัญญาณที่เสาอากาศเมื่อกดแป้นโทรศัพท์เบอร์ 6 35
รูปที่ 4.6 สเปกตรัมคลื่นพาหะ 27 MHz 36
รูปที่ 4.7 สเปกตรัมคลื่นพาหะ 27 MHz พร้อมความถี่ทั้งสองด้าน 37
รูปที่ 4.8 สเปกตรัมคลื่นพาหะ 27 MHz พร้อมความถี่ข้างเคียงด้านความถี่สูง 37
รูปที่ 4.9 รูปสเปกตรัมเมื่อกดแป้นโทรศัพท์หมายเลข 6 38
รูปที่ 4.10 รูปสเปกตรัมเมื่อกดแป้นโทรศัพท์หมายเลข 0 38
รูปที่ 4.11 รูปสเปกตรัมเมื่อกดแป้นโทรศัพท์หมายเลข 0 และขยายให้กว้างขึ้น 39
รูปที่ 5.1 การต่อวงจรสนับเปอร์ป้องกันตัวไตรแอคถูกรบกวน 41

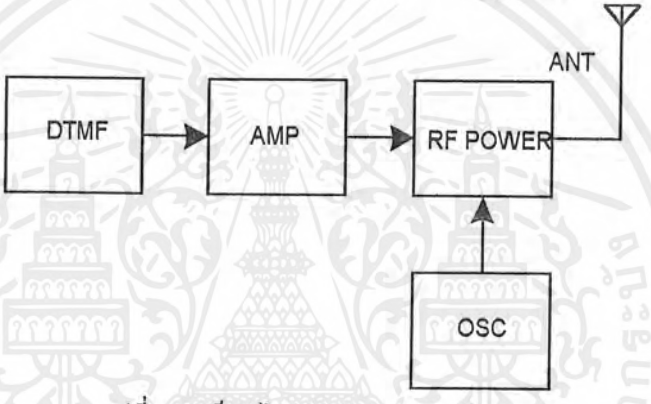
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

โครงงานนี้เป็นการออกแบบสร้างระบบควบคุมระยะไกล ที่สามารถนำไปใช้ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ได้หลายชนิด โดยจะใช้คลื่นวิทยุ 27 MHz เป็นสื่อในการนำพาคำสั่งหรือสัญญาณความถี่โทรศัพท์ (Dual Tone Multi - frequency : DTMF)

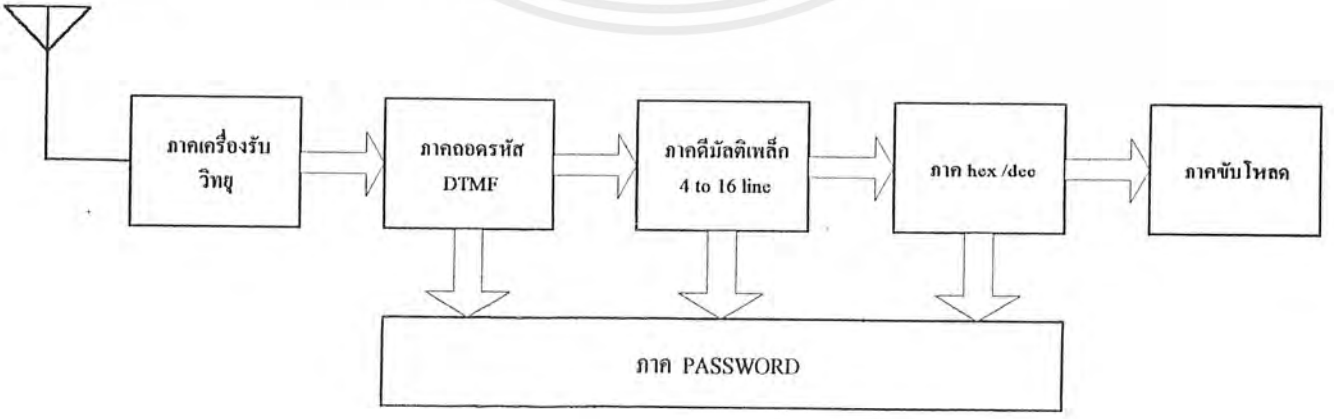
1.1 หลักการทำงาน

โครงงานนี้จะประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วน คือ ชุดภาคส่งและชุดภาครับ ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 บล็อกไดอะแกรมชุดภาคส่ง

ในการทำงานชุดภาคส่งจะทำการสร้างสัญญาณความถี่โทรศัพท์ (DTMF) ตามหมายเลขจากแป้นกด ซึ่งจะได้ความถี่ผลรวมของกลุ่มความถี่สูงและความถี่ต่ำหนึ่งค่า ออกมาจากไอซีกำเนิดสัญญาณความถี่โทรศัพท์ ซึ่งสัญญาณที่ได้นี้จะถูกนำไปมอดดูเลตกับความถี่คลื่นพาหะความถี่ 27 MHz ที่ภาคเครื่องส่ง เพื่อส่งออกอากาศต่อไป



รูปที่ 1.2 บล็อกไดอะแกรมชุดภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานในส่วนภาครับนั้น เมื่อได้รับเอาสัญญาณคลื่นวิทยุเข้ามาแล้วจะทำการดีมอดดูเลต เพื่อแยกสัญญาณความถี่โทรศัพท์ออกมา และนำสัญญาณความถี่โทรศัพท์ที่ได้นั้นไปถอดรหัส โดยใช้ไอซีถอดรหัสสัญญาณความถี่โทรศัพท์ (ไอซีเบอร์ MT 8870) จะได้เอาท์พุทออกมาเป็นสัญญาณดิจิตอลของเลขฐานสอง (Binary code decimal) ขนาด 4 บิต และสัญญาณดิจิตอลทั้ง 4 บิตนี้จะถูกนำไปแปลงเป็นสัญญาณเลขฐานสิบ ซึ่งเอาท์พุทที่ได้นี้จะตรงกับหมายเลขที่ส่งมาจากทางด้านชุดภาคส่ง ต่อจากนั้น จึงนำสัญญาณเลขฐานที่ได้นี้ ไปออกแบบเพื่อนำไปขับโหลดต่อไป และเพื่อเป็นการป้องกันสัญญาณความถี่เดียวกันไม่ให้สามารถเข้ามาควบคุมโหลดได้ จึงทำการออกแบบ PASSWORD ป้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ความรู้พื้นฐานการสื่อสารไร้สาย

การทำความเข้าใจระบบสื่อสารไร้สายควรที่จะทราบว่าสิ่งใดเป็นองค์ประกอบเบื้องต้นบ้าง ความคิดในครั้งแรกนั้นคงสงสัยว่าในเมื่อไม่มีสาย สิ่งใดบ้างที่เป็นตัวกลางสำหรับระบบ หากพิจารณาย้อนไปในอดีตของวิธีการสื่อสารที่มนุษย์เคยใช้มาจะพบว่ามีรูปแบบการใช้พาหะในการสื่อสารเป็นหลักใหญ่ๆ อยู่สองรูปแบบ นั่นคือ

1. ระบบที่ใช้เป็นคลื่นวิทยุเป็นพาหะ (Radio Carrier) ได้แก่ ระบบโทรศัพท์เคลื่อนที่ ระบบวิทยุ- ติดตามตัว ระบบสื่อสารผ่านดาวเทียม ระบบวิทยุกระจายเสียง และระบบ คลื่นไมโครเวฟ
2. ระบบที่ใช้คลื่นแสงเป็นพาหะ (Light Carrier) ได้แก่ ระบบสื่อข้อมูลผ่านแสงอินฟราเรดที่นำไปประยุกต์ใช้ เช่น ระบบโลคอลแอเรียเน็ตเวอร์ก (LAN) ระบบสื่อสารผ่านแสงเลเซอร์อินฟราเรด

2.2 ระบบคลื่นพาหะที่เป็นคลื่นวิทยุ (Radio Carrier)

การสื่อสารด้วยคลื่นวิทยุ อาจเรียกได้ว่าเป็นการพัฒนาให้มนุษย์สามารถส่งข้อมูลหรือเสียงไปได้ไกลโดยไม่ต้องพึ่งสาย โดยธรรมชาติของคลื่นวิทยุนั้นเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ขั้นตอนคือ มีการแพร่กระจาย พลังงานคลื่นจากสายอากาศด้านผู้ส่ง ซึ่งคลื่นสามารถเดินทางได้เร็วเท่าความเร็วของแสง นั่นคือ 186,000 ไมล์ต่อวินาที หรือ 300,000,000 เมตรต่อวินาที เมื่อคลื่นเดินทางมาถึงสายอากาศด้านผู้รับ จะเกิดค่าความ ต่างศักย์ไฟฟ้าจำนวนน้อยๆ ค่าหนึ่ง ซึ่งหากมีการขยายและแปลงสัญญาณที่มีการส่งมา ก็จะได้สัญญาณเดิม กลับมา ส่วนข้อมูลข่าวสารหรือเสียงของมนุษย์นั้นมีวิธีการก็คือ นำเสียงพูดรวมเข้าไปกับสัญญาณคลื่นวิทยุ ที่เป็นสื่ออีกช่วงความถี่หนึ่ง เราเรียกขั้นตอนดังกล่าวว่าการมอดูเลต (Modulation)

2.3 การมอดูเลชั่น (Modulation Technique)

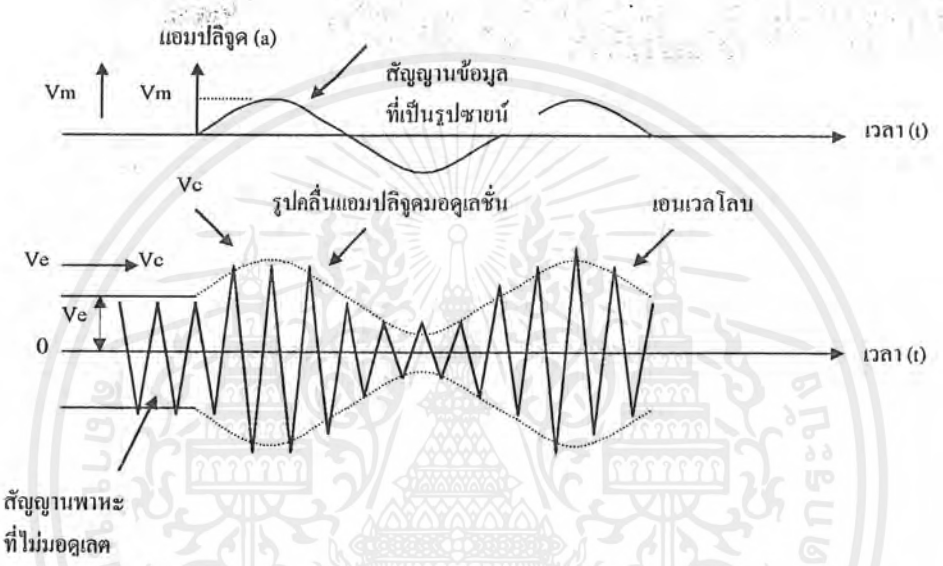
จากความต้องการติดต่อสื่อสารระยะไกล สัญญาณเสียงพูดของมนุษย์ซึ่งอยู่ในช่วงความถี่ต่ำมีความยาวคลื่นมาก หากต้องการส่งเสียงพูดออกไปในอากาศ ก็จำเป็นที่ต้องใช้เสาอากาศที่มีขนาดสูงมาก ซึ่งไม่ เหมาะสมและอาจมีสัญญาณรบกวนได้ง่าย จึงมีการคิดค้นเทคนิคที่จะทำให้เปลี่ยนความถี่ของเสียงพูดให้ไปอยู่ ในอีกช่วงความถี่หนึ่งบนแถบความถี่ซึ่งเหมาะสมสำหรับการส่งออกอากาศ

การมอดูเลชั่นเป็นเทคนิคที่สำคัญ เป็นวิธีการเปลี่ยนรูปแบบของสัญญาณหนึ่ง (ในที่นี้คือ สัญญาณ-พาหะ Carrier) ให้เป็นไปตามรูปแบบของสัญญาณอีกชุดหนึ่งซึ่งเป็นข้อมูลหรือเสียงพูดที่ต้องการส่ง สัญญาณข้อมูลหรือเสียงพูดจะถูกเรียกว่ามอดูเลติ้งซิกแนล (Modulating Signal) ส่วนสัญญาณจะถูกเรียกว่าแคเรียร์ (Carrier) หรือมอดูเลตเวฟ (Modulated Wave)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การมอดูเลชั่นทางแอมปลิจูด (Amplitude Modulation)

แอมปลิจูดมอดูเลชั่นเป็นวิธีการที่คิดค้นได้ก่อนในบรรดาเทคนิคการมอดูเลตอื่นๆ เป็น การนำสัญญาณ 2 ชุดมาผสมกัน โดยสัญญาณแรกเป็นข้อมูลหรือเสียงที่ต้องการส่ง สัญญาณที่สองเป็นสัญญาณพาหะ แอมปลิจูดมอดูชั่นเป็นการนำสัญญาณข้อมูลมาปรับเปลี่ยนขนาดแอมปลิจูดของสัญญาณพาหะ โดยที่ความถี่ของสัญญาณพาหะไม่มีการเปลี่ยนแปลง ในที่นี้สมมุติว่าสัญญาณข้อมูลที่ต้องการนำมาทำการมอดูเลชั่นมีความถี่ค่าหนึ่ง คือ f_s และสัญญาณข้อมูลที่เป็นพาหะมีความถี่อีกค่าหนึ่งคือ f_c ผลลัพธ์จากการมอดูเลชั่นจะเป็นดังรูป



รูปที่ 2.1 แสดงสัญญาณข้อมูล สัญญาณพาหะ และสัญญาณผลลัพธ์ที่ได้จากการมอดูเลต

จากรูป เส้นประซึ่งเกิดจากการต่อของแอมปลิจูดสัญญาณผลลัพธ์จะมีชื่อเรียกว่า เอนเวลโลป (Envelope) ซึ่งมีลักษณะเช่นเดียวกับคลื่นของ f_s

2.4.1 ลักษณะของสัญญาณที่ได้รับจากการทำแอมปลิจูดมอดูชั่น

สัญญาณรูปซายน์นั้น โดยปกติจะสามารถอธิบายได้ด้วยสมการดังนี้

$$v = V\sin(2\pi ft)$$

เมื่อกำหนดให้

v_s = แอมปลิจูดสูงสุดของสัญญาณรูปซายน์ความถี่ f_s เป็นความต่างศักย์มีหน่วยเป็นโวลต์

v_c = แอมปลิจูดของสัญญาณรูปซายน์ความถี่ f_c เป็นความต่างศักย์มีหน่วยเป็นโวลต์

V_c = แอมปลิจูดสูงสุดของสัญญาณรูปซายน์ความถี่ f_c เป็นความต่างศักย์มีหน่วยเป็นโวลต์

t = เป็นเวลาใดๆ มีหน่วยเป็นวินาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ว่าสัญญาณ $v_s = V_s \sin(2\pi f_s t)$

$v_c = V_c \sin(2\pi f_c t)$

ข้อสังเกต

ค่าของแอมปลิจูดสูงสุดของความถี่สัญญาณข้อมูลไม่ควรที่จะมากกว่าแอมปลิจูดสูงสุดของความถี่สัญญาณพาหะ (Carrier) มิฉะนั้นจะเกิดการผิดเพี้ยนของสัญญาณข้อมูลได้ หลังจากทำการ มอดูเลชั่น หากค่าแอมปลิจูดของสัญญาณข้อมูลสูงกว่าของสัญญาณพาหะมากๆ จะเรียกได้ว่าเกิดการ โอเวอร์มอดูเลชั่น (Over-modulation) และความสัมพันธ์ของค่าความต่างศักย์ของสัญญาณทั้งสองนั้น มีการกำหนดขึ้นเรียกว่าดัชนีการมอดูเลต (Modulation Index) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างค่าความ ต่างศักย์ของสัญญาณข้อมูลกับความต่างศักย์ของสัญญาณพาหะ ดังสมการข้างล่างนี้

$$m = V_s / V_c$$

ค่าของดัชนีการมอดูเลชั่น จะอยู่ในช่วง $0 < m < 1$ เพราะหาก m มากกว่า 1 ก็จะเกิดการ โอเวอร์มอดูเลชั่นขึ้น และนิยมคูณ 100 เข้าไปเพื่อแสดงค่าเป็นเปอร์เซ็นต์การมอดูเลชั่น

จากรูปคลื่นผลลัพธ์ทำให้พอสรุปได้ว่า ค่าความต่างศักย์ที่เวลาใดๆของสัญญาณเกิดจากผลรวมของค่าแอมปลิจูดสูงสุดของสัญญาณพาหะกับค่าแอมปลิจูดที่เวลาใดๆ ของสัญญาณข้อมูล จะได้ค่าตาม สมการข้างล่างนี้

$$v1 = V_c + v_s$$
$$v1 = V_c + V_s \sin(2\pi f_s t)$$

ค่าของ v1 เป็นค่าของแอมปลิจูดของสัญญาณผลลัพธ์ตามที่เรียกว่า เอนเวลโลป ดังนั้น สมการที่แสดงถึงรูปคลื่นผลลัพธ์คือ

$$v2 = v_1 \sin(2\pi f_c t)$$
$$v2 = [V_c + V_s \sin(2\pi f_s t)] \sin(2\pi f_c t)$$
$$= V_c \sin(2\pi f_c t) + V_s \sin(2\pi f_s t) \sin(2\pi f_c t)$$

หากพิจารณาจากสมการจะได้ว่า สัญญาณพาหะ + (สัญญาณข้อมูล x สัญญาณพาหะ)

นั่นคือส่วนแรกจะเป็นสัญญาณพาหะ และส่วนที่สองจะเป็นผลคูณของสัญญาณพาหะและสัญญาณข้อมูล ดังนั้นวงจรที่จะนำมาใช้สร้างแอมปลิจูดมอดูเลชั่นจะต้องเป็นวงจรคูณสัญญาณ มีชื่อเรียกวงจรสำหรับทำ AM ว่ามอดูเลเตอร์ (Modulator) และจากสูตรตรีโกณ มิติที่ผลคูณของซายน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\sin A.\sin B = \cos(A-B) - \cos(A+B)$$

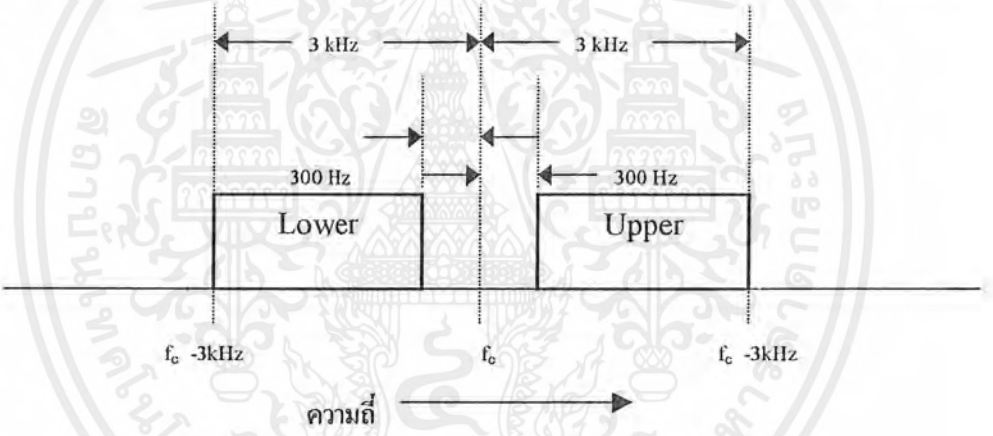
$$v2 = V_C \sin(2\pi f_C t) + 1/2V_S \cos 2\pi(f_C - f_S) - 1/2 V_S \cos 2t (f_C + f_S)$$

จากสมการข้างต้นชี้ให้เห็นว่า ผลที่ได้จากการทำแอมปลิจูดมอดูเลชั่นจะได้สัญญาณที่ความถี่ใกล้เคียงกับสัญญาณพาหะ (Carrier) ออกมาด้วย เป็นสัญญาณที่ความถี่ต่ำและสูงกว่าสัญญาณพาหะ เรียกว่าไซด์แบนด์หรือไซด์ฟรีเควนซี่ (Sidebands or Side Frequency)

f_{USB} = Upper Sidebands Frequency = $(f_C + f_S)$

f_{LSB} = Lower Sidebands Frequency = $(f_C - f_S)$

จากการวัดด้วยออสซิลโลสโคป (Oscilloscope) สัญญาณที่ได้จะไม่สามารถแยกได้ว่ามีความถี่ข้างเคียงเกิดขึ้นด้วย แต่ถ้าใช้เครื่องมือสเปกตรัมอะนาไลเซอร์ (Spectrum Analyzer) วิเคราะห์สัญญาณของแอมปลิจูดมอดูเลชั่น จะได้รูปกราฟของฟรีเควนซี่โดเมน (Frequency Domain) ดังรูป



รูปที่ 2.2 สัญญาณแอมปลิจูดมอดูเลชั่นในแกนความถี่

จากรูปทำให้ทราบว่า สัญญาณที่ได้จากการมอดูเลตจะมีความถี่ใกล้เคียงเกิดขึ้นด้วยทั้งด้านบนและด้านล่างของความถี่พาหะ และจะได้ว่า AM ใช้ความกว้างของแถบสัญญาณหรือที่เรียกว่าแบนด์วิดธ์ (Bandwidth) เป็นจำนวนสองเท่าของความถี่สูงสุดของสัญญาณข้อมูล ถ้าหากสัญญาณ ข้อมูลมีความถี่ $f_S = 5$ kHz จะได้ว่าต้องใช้แบนด์วิดธ์เท่ากับ 10 kHz สำหรับสัญญาณ AM

เมื่อพิจารณาถึงกำลัง (Power) ที่ส่งออกอากาศ จะประกอบด้วยกำลังของคลื่นพาหะบวกกับกำลังของคลื่นความถี่ข้างเคียงทั้งสองด้าน (Sidebands) เนื่องจากกำลังส่งของความถี่ข้างเคียงมีค่า ขึ้นอยู่กับค่าของดัชนีมอดูเลชั่น (m : Modulation Index) และค่าของกำลังส่งของไซด์แบนด์มีค่าดังนี้

$$P_{LSB} = P_{USB} = P_C (m)^2/4$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ P_C = ค่ากำลังส่งของสัญญาณพาหะ

P_{LSB} = ค่ากำลังส่งของสัญญาณด้านที่ต่ำกว่าสัญญาณพาหะ

P_{USB} = ค่ากำลังส่งของสัญญาณด้านที่สูงกว่าสัญญาณพาหะ

จากสมการของกำลังข้างต้นทำให้ทราบว่า ยิ่งเปอร์เซ็นต์มอดูเลชั่นยิ่งสูงมากเท่าใด กำลังส่งของสัญญาณข้างเคียงก็จะยิ่งสูงมากขึ้น ทำให้การรับและการส่งสัญญาณดีขึ้น

แม้ว่า AM จะมีความง่ายและได้ผลที่ดีวิธีหนึ่ง แต่เป็นการส่งสัญญาณที่ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ หากพิจารณาจากกำลังส่งทั้งหมด เมื่อ P_t = กำลังส่งสัญญาณทั้งหมด

$$P_t = P_C + P_{LSB} + P_{USB}$$

$$P_t = P_C + P_C(m)^2/4 + P_C(m)^2/4$$

ที่ m =1 หรือ 100% มอดูเลชั่นจะได้สัญญาณไซด์แบนด์ที่มีกำลังสูงสุด

$$P_t = P_C + P_C/2$$

หากกำลังส่งของสัญญาณพาหะเป็น 100 วัตต์ กำลังส่งของสัญญาณไซด์แบนด์จะมีค่า 50 วัตต์ จากผลรวมทั้งหมด 150 วัตต์ ซึ่งเป็นสัญญาณข้อมูลเพียง 50 วัตต์ มีการสูญเสียไปกับกำลังส่ง ของสัญญาณพาหะถึง 2 ใน 3 ของพลังงานทั้งหมดโดยที่ไม่มีข้อมูลใดๆ อยู่ในสัญญาณนี้เลย ด้วย สาเหตุข้างต้นจึงมีการลดหรือเอาสัญญาณพาหะออกไปซึ่งเรียกว่าการซับเพรสชั่น (Suppression) ทำให้สัญญาณที่ได้มีเฉพาะสัญญาณไซด์แบนด์ สัญญาณ AM ที่มีการเอาสัญญาณพาหะออก เรียกว่า ดับเบิลไซด์แบนด์ซับเพรสแคร์เรียร์ (Double sideband suppressed carrier : DSSC หรือ DSB) วงจร ที่ใช้ในการสร้างสัญญาณ DSB เรียกว่าบาลานซ์มอดูเลเตอร์ (Balanced Modulater) ด้วยการใช้ DSB จะทำให้กำลังถูกใส่ลงในสัญญาณ Sideband ได้มากขึ้น และหากพิจารณาต่อไปอีกจะพบว่าสัญญาณ ข้อมูลนั้นมีอยู่ซ้ำกันทั้งความถี่ด้านบน (Upper Sideband) และความถี่ด้านล่าง (Lower Sideband) จึงมีการคิดค้นให้ส่งสัญญาณเพียงสัญญาณข้างเคียงด้านเดียว เรียกว่าซิงเกิลไซด์แบนด์ซับเพรส- แคร์เรียร์ (Single Sideband Suppressed Carrier : SSSC หรือ SSB) เมื่อมีการใช้สัญญาณเพียงข้างเดียว ทำให้สามารถประหยัดการครอบครองแถบความถี่ (Spectrum) ไปได้ครึ่งหนึ่ง จากเดิมที่สัญญาณ AM ต้องการใช้ทั้ง DSB และ SSB มีประสิทธิภาพที่มากกว่าในแง่ของกำลังส่งที่ใช้ เนื่องจากมีการ ประหยัดกำลังส่งของสัญญาณพาหะ ทำให้สามารถนำกำลังส่งไปใส่เพิ่มในไซด์แบนด์ได้

สิ่งที่เกี่ยวข้องกับการมอดูเลชั่นทางความถี่อีกเรื่องหนึ่งคือ ฟรีเควนซี่คอนเวอร์ชั่น (Frequency Conversion) เป็นการแปลงสัญญาณข้อมูลหรือเสียงพูดไปยังความถี่ที่สูงหรือต่ำกว่า ในขณะที่ยังคงรักษาข้อมูลเบื้องต้นไว้ทั้งหมด เป็นเพียงการเลื่อนความถี่ไปเท่านั้น ในการแปลงความถี่ให้สูงขึ้นนั้น มีการใช้งานในการส่งสัญญาณออกอากาศ ส่วนการแปลงความถี่ให้ต่ำลงนั้น มักมีใช้ในเครื่องรับวิทยุ เพื่อทำให้สามารถสามารถเลือกช่องสัญญาณ (Selectivity) ได้สะดวกขึ้น และเพิ่มค่ากำลังขยาย (Gain)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้ดีขึ้น ซึ่งฟรีเควนซี่คอนเวอร์ชั่นก็เป็นรูปแบบหนึ่งของแอมปลิจูดมอดูชั่น และกระทำได้โดยใช้ วงจรที่เรียกว่ามิกเซอร์ (Mixer) ในอุปกรณ์บางชนิด มิกเซอร์หมายถึงตัวแปลง (Converter) และฟังก์ชั่นการทำงานของมิกเซอร์เรียกว่า เฮตเทอโรไดนิ่ง (Heterlodyning)

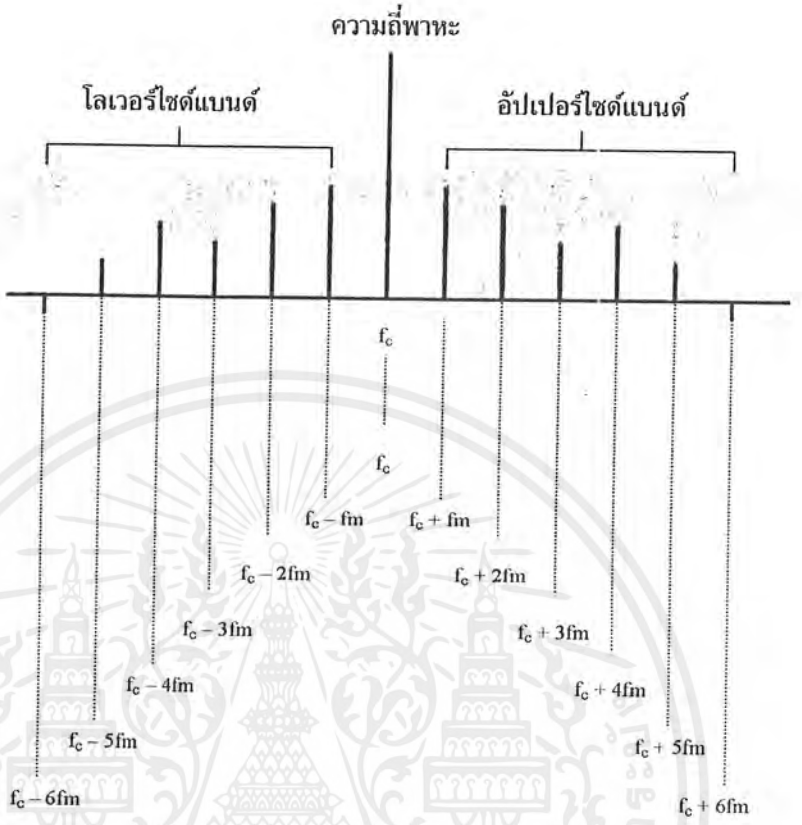
2.5 การมอดูเลชั่นทางความถี่ (Frequency Modulation)

เป็นการเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณพาหะตามการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณข้อมูล โดยที่ค่าแอมปลิจูดของสัญญาณยังคงที่ การเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณพาหะจะมีความสัมพันธ์กับค่าแอมปลิจูดของสัญญาณ ข้อมูล เช่น เมื่อสัญญาณข้อมูลมีแอมปลิจูดสูง สัญญาณพาหะก็จะมีความถี่สูงขึ้นด้วย ขณะที่ไม่มีสัญญาณข้อมูลเข้ามาทำการมอดูเลตสัญญาณพาหะจะมีค่าความถี่กลางอยู่ค่าหนึ่ง ซึ่งเรียกว่า เซนเตอร์ฟรีเควนซี่ (Center Frequency) เมื่อมีสัญญาณข้อมูลเข้ามาก็จะทำให้เกิดความถี่เปลี่ยนแปลงสูงขึ้น ถูกเรียกว่าค่าความถี่เบี่ยงเบน (Frequency Deviation) ค่าสูงสุดของความถี่เบี่ยงเบนจะเกิดขึ้นเมื่อสัญญาณข้อมูลมีแอมปลิจูดสูงสุด ความถี่ของสัญญาณข้อมูล จะเป็นตัวกำหนดให้ทราบถึงจำนวนครั้งในหนึ่งวินาทีที่เกิดการเบี่ยงเบนความถี่ขึ้นไปสูงและต่ำกว่าค่าความถี่กลาง และอัตราดังกล่าวถูกเรียกว่าอัตราความถี่เบี่ยงเบน (Frequency Deviation Rate) ความถี่ของสัญญาณข้อมูลจะมีผลต่ออัตราการเบี่ยงเบนทางความถี่ดังกล่าว แต่จะไม่มีผลต่อปริมาณของความถี่เบี่ยงเบนไปจากค่าความถี่กลาง ซึ่งขึ้นอยู่กับแอมปลิจูดของสัญญาณข้อมูลเท่านั้น

2.6 ความถี่ข้างเคียงและดัชนีการมอดูเลชั่น

ในการมอดูเลตทางความถี่จะทำให้เกิดความถี่ข้างเคียงขึ้น เป็นความถี่ของผลรวมและผลต่างของสัญญาณพาหะและสัญญาณข้อมูล ตามทฤษฎีแล้วจะเกิดคู่ของความถี่ข้างเคียงขึ้นเป็นจำนวนอนันต์คู่ ทั้งด้านบนและด้านล่างของความถี่กลาง ทำให้สัญญาณที่ถูกมอดูเลตทางความถี่มีการใช้งานแถบความถี่ (Spectrum) มากกว่าสัญญาณที่มอดูเลตทางแอมปลิจูด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 แสดงแถบความถี่ของสัญญาณ FM

จากรูปจะเห็นว่า แถบความถี่ของสัญญาณมอดูเลตทางความถี่โดยทั่วไปที่สัญญาณพาหะถูกมอดูเลตด้วยสัญญาณรูปซายน์ที่ความถี่เดียว จะเห็นว่าความถี่ข้างเคียงจะเว้นระยะห่างจากสัญญาณความถี่พาหะและความถี่ข้างเคียงด้วยกันเป็นระยะเท่าๆ กันเท่ากับความถี่สัญญาณข้อมูล และแอมปลิจูดของสัญญาณข้างเคียง ไม่เท่ากัน หากสมมุติว่าสัญญาณความถี่ข้างเคียงต่างๆ เป็นสัญญาณรูปซายน์ที่มีความถี่และแอมปลิจูดเฉพาะตัว เมื่อนำมารวมกันจะได้ผลลัพธ์เป็นสัญญาณที่ถูกมอดูเลตทางความถี่นั่นเอง

ลักษณะต่างๆ ของจำนวนความถี่ข้างเคียง ขนาดแอมปลิจูดของความถี่ข้างเคียง และระยะห่างระหว่างความถี่จะขึ้นอยู่กับค่าเบี่ยงเบนความถี่และความถี่ของสัญญาณข้อมูล แม้ว่าสัญญาณมอดูเลชั่นทางความถี่จะมีความถี่ข้างเคียงจำนวนอนันต์ แต่ความถี่ข้างเคียงที่มีแอมปลิจูดสูงเพียงพอเท่านั้นจึงจะถือว่าเป็นสัญญาณที่มี ข้อมูลอยู่ โดยปกติสัญญาณที่มีแอมปลิจูดต่ำกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ของสัญญาณพาหะที่ยังไม่ถูกมอดูเลต จะถือว่า ไม่มีความสำคัญ

จากความสัมพันธ์ข้างต้น ทำให้เกิดอัตราส่วนระหว่างค่าเบี่ยงเบนความถี่กับความถี่ของสัญญาณข้อมูล ซึ่งเรียกว่าดัชนีการมอดูเลต (Modulation Index : m)

$$m = f_d / f_m$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ f_d = ค่าความถี่เบี่ยงเบน

f_m = ความถี่ของสัญญาณข้อมูล

ค่าเบี่ยงเบนความถี่และค่าความถี่ของสัญญาณข้อมูลมักจะใช้ค่ามากที่สุด เพื่อนำมาคำนวณดัชนีการมอดูเลต และนอกจากนั้นค่าดัชนีดังกล่าวก็ถูกเรียกว่าอัตราการเบี่ยงเบนด้วย

สัญญาณที่ถูกมอดูเลตทางความถี่ (FM) จะใช้แถบความถี่กว้างเท่าใดก็ขึ้นอยู่กับดัชนีการมอดูเลต หากค่าดัชนีการมอดูเลตมากก็จะใช้แถบความถี่กว้างมาก ดังนั้นสามารถประหยัดแถบความถี่ได้ด้วยการจำกัด ค่าของดัชนีการมอดูเลต

แถบความกว้างของความถี่ (Bandwidth) = $2 f_m$ x จำนวนของความถี่ข้างเคียงที่สำคัญ

2.7 เครื่องส่งสัญญาณคลื่นวิทยุ (Radio Transmitters)

จุดเริ่มต้นของการส่งคลื่นวิทยุนั้น ประกอบด้วยการสร้างสัญญาณที่เป็นสื่อหรือพาหะที่เรียกว่าแคเรียร์-เจเนอร์เรชั่น (Carrier generation) นำสัญญาณเมามอดูเลตกับสัญญาณข้อมูลหรือเสียง แล้วจึงทำการขยายสัญญาณเพื่อส่งออกไปยังสายอากาศหรือตัวนำคลื่นเป็นสัญญาณความถี่วิทยุ (RF)

2.8 วงจรสร้างสัญญาณพาหะ (Carrier Generator)

โดยส่วนมากจะเป็นวงจรคริสตอลออสซิลเลเตอร์ (Crystal Oscillator) ซึ่งจะให้สัญญาณความถี่ที่ต้องการได้เที่ยงตรงและมีเสถียรภาพดี โดยส่วนมากมักมีการต่อวงจรขยายแบบบัฟเฟอร์เข้าไปเพื่อแยกวงจรออสซิลเลเตอร์ออกจากโหลด เป็นการป้องกันการเปลี่ยนความถี่เนื่องจากค่าโหลดของวงจรออสซิลเลเตอร์ มีการเปลี่ยนแปลงไป

2.9 วงจรมอดูเลตสัญญาณ (Modulator)

ทำการแปลงคุณสมบัติของสัญญาณพาหะให้มีลักษณะตามการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลหรือเสียงพูดที่ต้องการส่ง

2.10 วงจรขยาย (Amplifier)

เป็นการขยายสัญญาณในรูปแบบต่างๆ ในขั้นตอนที่ต่างกัน สำหรับวงจรขยายมีการจัดออกเป็น หลายแบบมีการเรียกเป็นคลาส (Class) ตามวิธีการไบแอสวงจรขยาย ดังนี้

2.10.1 <u>วงจรขยายคลาสเอ (Class A)</u>

เป็นวงจรขยายที่ต่อทรานซิสเตอร์แบบที่มีการไบแอสให้วงจรทรานซิสเตอร์มีกระแสไหลผ่านขาคอลเลคเตอร์ (Collector) หรือที่เรียกว่ากระแสเดรน (Drain Current) ตลอดเวลา เป็นวงจรขยาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แบบเชิงเส้น (Linear Amplifier) เนื่องจากสัญญาณที่ได้ในขาออกเป็นสัดส่วนโดยตรงกับสัญญาณ ขาเข้า แต่วงจรคลาสเอก็เป็นวงจรขยายที่ไม่ค่อยมีประสิทธิภาพ เนื่องจากวงจรมีการขยายสัญญาณ โดยการทำงานตลอดลูกคลื่นสัญญาณซายน์ขาเข้า หรือที่เรียกว่าครบ 360 องศา ดังนั้นวงจรขยาย คลาสเอจึงไม่เหมาะที่จะเป็นวงจรขยายกำลัง (Power Amplifier) เพราะโดยปกติมักใช้ในวงจรขยาย ชั้นต้นที่มีสัญญาณความต่างศักย์ต่ำหรือวงจรขยายกำลังต่ำ (Low - power Amplifier) ตัวอย่างเช่น วงจรขยายแบบบัฟเฟอร์ (Buffer Amplifier)

2.10.2 <u>วงจรขยายคลาสบี (Class B)</u>

เป็นวงจรขยายที่ต่อทรานซิสเตอร์แบบที่มีการไบแอสให้ทรานซิสเตอร์อยู่ในช่วงคัตออฟ (Cutoff) เป็นสภาวะที่ไม่มีกระแสไหล โดยปกติเมื่อไม่มีสัญญาณขาเข้าก็จะไม่มีกระแสไหลที่ขา คอลเลคเตอร์ ตัวทรานซิสเตอร์จะทำงานนำกระแสเพียงช่วงครึ่งลูกของสัญญาณซายน์ที่ต้องการขยาย จึงมีการต่อวงจรแบบที่เรียกว่าพุชแอนด์พูล (Push and Pull) โดยใช้วงจรขยายคลาสบีสองชุด ทำงานทั้ง ในช่วงสัญญาณบวกและสัญญาณลบสลับต่อเนื่องกันไป วงจรขยายคลาสบีมีประสิทธิภาพดีกว่าวงจรขยายคลาสเอ เนื่องจากการไหลของกระแส จะเกิดเพียงช่วงหนึ่งของสัญญาณเท่านั้น ซึ่งเหมาะสำหรับวงจรขยายกำลัง แต่สัญญาณที่ได้ก็ยัง มีความเพี้ยนผิดรูปแบบ (Distortion) ดังนั้นจึงมีการต่อวงจรขยายแบบพุชแอนด์พูลเพื่อลดความเพี้ยนของสัญญาณด้วย

2.10.3 <u>วงจรขยายคลาสเอบี (Class AB)</u>

เป็นวงจรขยายที่มีการไบแอสทรานซิสเตอร์ให้อยู่ในช่วงที่เกือบจะคัตออฟ จึงมีกระแสไหลที่ขาคอลเลคเตอร์เพียงเล็กน้อย ทำให้เมื่อมีสัญญาณขาเข้ามาถึงก็จะทำงานในช่วงของสัญญาณที่มากกว่า 180 องศาแต่ไม่ถึง 360 องศาของลูกคลื่นซายน์ และก็มักมีการต่อใช้ในรูปของวงจรขยายแบบพุชแอนด์พูลเช่นเดียวกับคลาสบี ซึ่งทำให้มีความเพี้ยนของสัญญาณน้อยกว่าในคลาสบี นั่นคือมีความเป็นเชิงเส้นมากกว่าแต่ยังมีประสิทธิภาพน้อยกว่าในแบบคลาสบี

วงจรขยายในแบบคลาสเอ คลาสบี และคลาสเอบี เป็นวงจรขยายเชิงเส้นที่มักใช้ในการขยายสัญญาณคลื่นวิทยุที่มีการเปลี่ยนแปลงแอมปลิจูด เช่น วงจรขยาย AM แบบกำลังต่ำหรือแบบซิงเกิลไซด์แบนด์ (SSB) วงจรขยายแบบไม่เชิงเส้น เช่น วงจรขยายคลาสซี (Class C) ที่เป็นวงจรซึ่งใช้มากในเครื่องส่งแบบ AM และ FM สำหรับการขยายกำลังในรูปของวงจรขับ (Driver) วงจรคูณความถี่ และวงจรขยายภาคสุดท้าย

2.10.4 <u>วงจรขยายคลาสซี (Class C)</u>

เป็นวงจรทรานซิสเตอร์ที่ถูกไบแอสที่ทำให้มีการนำสัญญาณเพียงส่วนที่น้อยกว่า 180 องศาของลูกคลื่นซายน์ขาเข้า วิธีการไบแอสทรานซิสเตอร์สำหรับคลาสซีมีอยู่ด้วยกัน 3 วิธี คือ ไบแอสด้วยสัญญาณ (Signal Bais) ไบแอสด้วยวงจรภายนอก (External Bias) และไบแอสด้วยตนเอง (Self Bias) และปกติมีมุมช่วงทำงานของวงจรอยู่ในช่วง 90 - 150 องศา นั่นหมายถึง มีเพียงสัญญาณพัลส์เล็กๆ เท่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นออกมาที่ขาออก ดังนั้น การทำให้มีสัญญาณขยายเต็มลูกคลื่นจะต้องมีการนำวงจรเรโซแนนซ์ (Resonant Tuned Circuit) มาต่อที่ขาออกเพื่อที่จะได้สัญญาณลูกคลื่นซายน์เต็มลูกคลื่น ที่เหนือกว่าคลาสอื่นๆ ก็คือคลาสซีที่มีการขยายสัญญาณขาเข้าเพียงช่วงสั้นๆ เท่านั้น ดังนั้นจึงมีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในบรรดาวงจรขยายทั้งหมด

2.11 วงจรอิมพีแดนซ์แมตชิ่ง (Impedance Matching Circuit)

เป็นวงจรที่ใช้สำหรับเชื่อมต่อระหว่างวงจรขยายความถี่วิทยุ (RF amplifier) ในแต่ละภาค เพื่อให้ได้กำลังส่งที่มากที่สุด การที่จะทำให้มีการถ่ายพลังงานมากที่สุดจากวงจรขยายชุดหนึ่งไปยังอีกชุดหนึ่ง จะต้องมีค่าของ อิมพีแดนซ์ของวงจรแรกเท่ากับค่าอิมพีแดนซ์ขาเข้าของวงจรถัดไป วงจรอิมพีแดนซ์แมตชิ่งโดยทั่วไปเป็นวงจร ของตัวนำและตัวเก็บประจุ LC (Inductors and Capacitors) ที่มีรูปแบบการต่อต่างๆ กัน เช่น โครงข่ายรูป L และโครงข่ายรูป T หรืออาจจะเป็นหม้อแปลงรูปโดนัทที่เป็นแกนผงเหล็กเรียกว่าทอรอยด์ (Toroid)

2.12 เครื่องรับสัญญาณ (Communications Receivers)

หน้าที่ของเครื่องรับสัญญาณคือทำการเลือกช่องสัญญาณที่ต้องการออกมาจากสัญญาณอื่นๆ ที่ถูกส่งออกมาในอากาศและขยายสัญญาณกลับไปเป็นสัญญาณข้อมูลที่ส่งมาได้ โดยปกติเครื่องรับจะมีปัจจัย 2 ประการที่ต้องคำนึงถึง ดังนี้

2.12.1 <u>ค่าซีเล็กติวิตี้ (Selectivity)</u>

หมายถึง ความสามารถในการรับสัญญาณ โดยเลือกเอาเฉพาะช่องสัญญาณที่ต้องการเข้ามา เท่านั้น หากค่าเครื่องรับสัญญาณมีค่าซีเล็กติวิตี้ที่ดีก็จะสามารถรับสัญญาณช่องที่ต้องการและกำจัด ช่องสัญญาณข้างเคียงออกไปได้

2.12.2 <u>ค่าเซนซิติวิตี้ (Sensitivity)</u>

หมายถึง ความสามารถในการรับสัญญาณที่ต้องการที่มีขนาดเล็กหรือสัญญาณอ่อนแล้วนำมาขยายให้ได้สัญญาณที่มีความแรงมากขึ้น โดยปกติค่าเซนซิติวิตี้จะแสดงถึงการขยายสัญญาณด้วย นั่นคือ ยิ่งมีกำลังขยายมาก ค่าเซนซิติวิตี้ก็ยิ่งดี และจะแสดงอยู่ในรูปของค่าแรงดันของสัญญาณขาเข้า ที่มีขนาดเล็กที่สุดซึ่งจะสามารถขยายสัญญาณได้มากกว่า 10 เท่าของสัญญาณรบกวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.13 ชุดภาคกำเนิดสัญญาณและส่งสัญญาณ DTMF

2.13.1 ลักษณะการป้อนสัญญาณ

ระบบนี้เรียกว่าระบบ 4 x 4 ในระบบนี้สัญญาณประกอบด้วย การรวมความถี่ 2 ค่า ที่เลือกมาจากความถี่ 2 กลุ่ม (กลุ่มความถี่สูงและกลุ่มความถี่ปกติ) ซึ่งในแต่ละกลุ่มมีความถี่ตัวเลข และโค้ด ดังแสดงในรูปที่ 2.4

ความถี่ (Hz)		กลุ่มความถี่สูง (K2)		
		H1 1209	H1 1336	H3 1477
กลุ่มความถี่ปกติ (K1)	L1 697	1	2	3
	L2 770	4	5	6
	L3 852	7	8	9
	L4 941	*	0	#

รูปที่ 2.4 แสดงกลุ่มความถี่ของวงจรกำเนิดสัญญาณโทรศัพท์

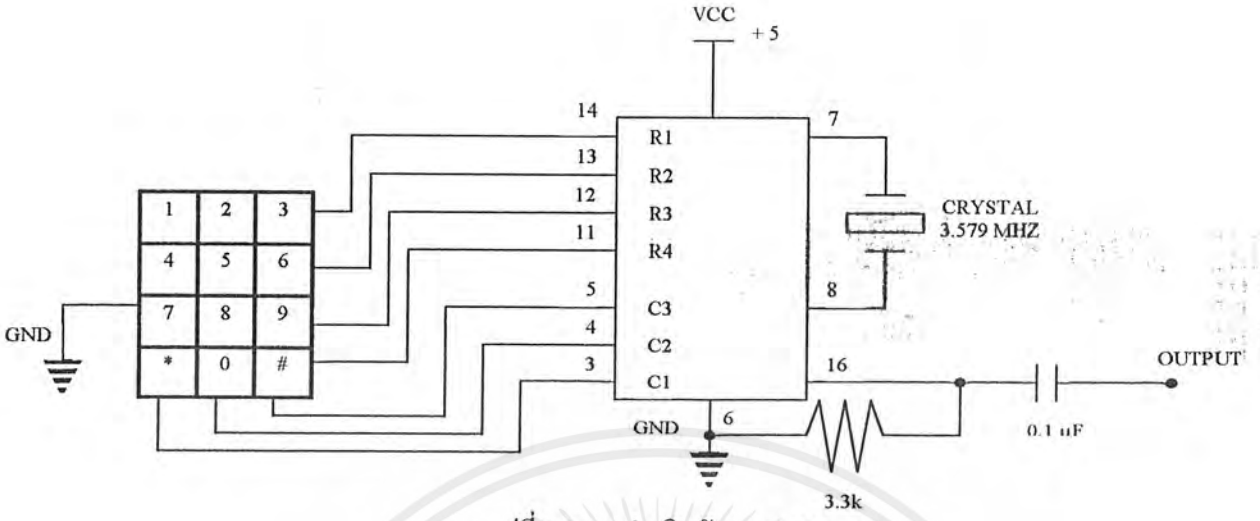
ส่วนที่อยู่ภายในเส้นประเป็นวงจรของหน้าปัทม์ (dial circuit) K1, K2 เป็นสวิตช์ที่ทำงานด้วยการกดปุ่มบนหน้าปัทม์และประกอบเข้าด้วยกัน ดังต่อไปนี้

การจัดปุ่มกดมีลักษณะดังแสดงในตาราง สวิตช์ 4 ตัวของ K1 จัดไว้ตรงกับแถวทั้ง 4 และสวิตช์ 3 ตัวของ K2 จัดไว้ตรงกับคอลัมภ์ทั้ง 3 ตัวอย่างเช่น เมื่อกดปุ่ม 5 คอนแทค ระหว่าง 1-4 และระหว่าง 1-14 จะสัมผัสกัน และเมื่อกดปุ่ม 0 คอนแทคระหว่าง 1-2 และระหว่าง 11-14 จะสัมผัสกัน

2.13.2 ลักษณะการกำเนิดสัญญาณ

โดยใช้ไอซีเบอร์ TCM 5089 ซึ่งเป็นไอซี DTMF (Dual Tone Multi Frequency) ที่ต่อกับ Key Board 3x4 โดยมี X-TAL ขนาด 3.579 MHz เป็นตัวกำเนิดความถี่อ้างอิงให้กับไอซี เมื่อกด ปุ่มใด ปุ่มหนึ่ง ไอซีจะผลิตความถี่ 2 ความถี่ออกมาที่เอาท์พุทที่ขา 16 และพร้อมกันนั้น ขา 10 จะเป็น Logic High ตลอดเวลาที่กดปุ่ม เมื่อปล่อยขา 10 จะกลับเป็น Logic Low และ สัญญาณเอาท์พุทที่ขา 16 จะหายไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ภาคกำเนิดสัญญาณ DTMF

Key	ความถี่ต่ำ (Hz)	ความถี่สูง (Hz)
1	697	1209
2	697	1336
3	697	1477
4	770	1209
5	770	1336
6	770	1477
7	852	1209
8	852	1336
9	852	1477
*	941	1209
0	941	1336
#	941	1477

ตารางที่ 2.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปุ่มที่กดกับความถี่เอาท์พุท

2.13.3 <u>ลักษณะการส่งสัญญาณ</u>

สัญญาณความถี่ 2 ความถี่ที่ถูกผลิตออกจากไอซี DTMF ที่เอาท์พุทขาที่ 16 จะถูกนำไปต่อ เข้ากับอินพุทของเครื่องส่งวิทยุ (Transmitter) เครื่องส่งก็จะทำการมอดดูเลต (Modulate) สัญญาณ จากนั้นก็จะส่งออกเป็นคลื่นวิทยุออกอากาศไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.14 ไอซีถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ (Integrated DTMF Receiver)

2.14.1 ไอซีถอดรหัสความถี่โทรศัพท์

การถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ หมายถึง การแปลงสัญญาณความถี่ ซึ่งเกิดจากการกดปุ่ม ตัวเลขของโทรศัพท์ชนิดกดปุ่ม (ชนิด Tone หรือ DTMF) ให้เป็นระบบตัวเลขทางดิจิตอล ซึ่งไอซี MT8870 ใช้แปลงความถี่ DTMF ให้เป็นเลขฐานสองขนาด 4 บิท

สมัยก่อน การออกแบบวงจรถอดรหัสความถี่โทรศัพท์มักใช้ไอซีจำพวกเฟสล็อคลูป ซึ่งสร้างปัญหาในการทำงานมากมาย เช่น เรื่องความถี่ที่เปลี่ยนแปลงไป การปรับแต่งวงจร ขนาดของไอซีที่ใหญ่เพราะต้องใช้ไอซีมาก เป็นต้น ปัจจุบัน ด้วยเทคโนโลยีขั้นสูง จึงมีหลายบริษัทที่ผลิตไอซีเบอร์ MT8870

2.14.2 คุณสมบัติของ MT8870

- เป็นตัวรับ และถอดรหัสความถี่ (DTMF Receiver)
- กินไฟน้อย ใช้ไฟเลี้ยงระดับเดียวกับ TTL
- สามารถตั้งอัตราขยายภายในตัวไอซีได้
- สามารถปรับการ์ดไทม์ (Guard Time)
- เป็นไอซีคุณภาพสูง

2.14.3 การนำ MT8870 ไปใช้งาน

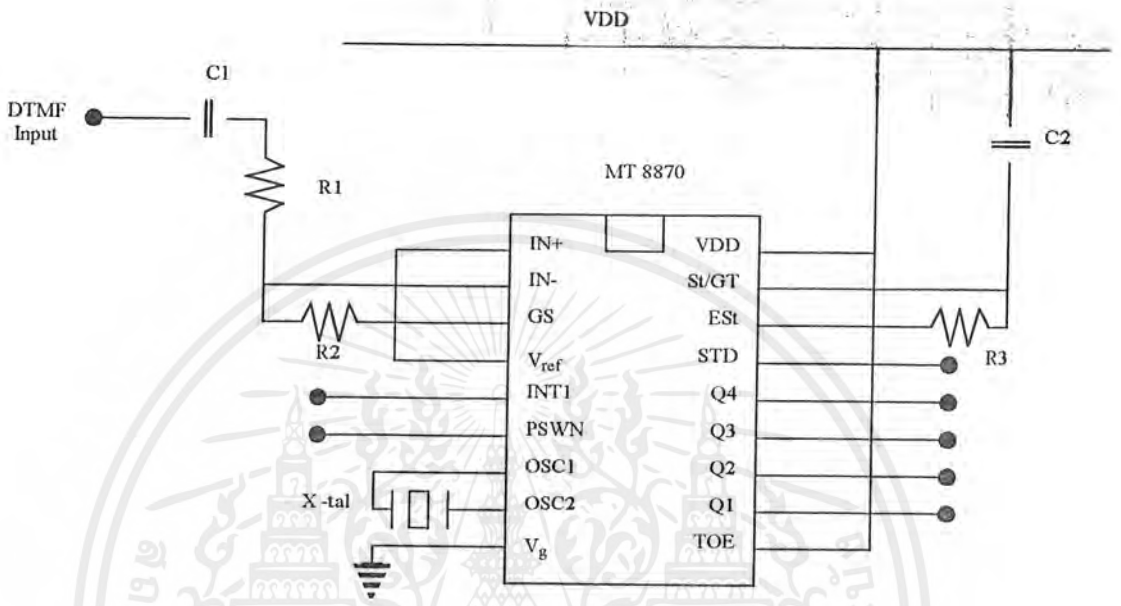
- นำไปใช้งานด้านรีโมทคอนโทรล (Remote Control)
- เครื่องป้องกันโทรศัพท์ทางไกล
- ใช้งานเกี่ยวกับเครดิตการ์ด
- ใช้งานร่วมกับคอมพิวเตอร์
- ใช้ในเครื่องชุมสายขนาดย่อย หรือ PABX
- เครื่องกันขโมย
- การควบคุมอุปกรณ์ทางโทรศัพท์

2.14.4 โครงสร้างของ MT8870

โครงสร้างภายในของ MT8870 ประกอบไปด้วยวงจรกรองความถี่และวงจรถอดรหัสฟังก์ชั่นทางดิจิตอล เป็นไอซีที่สร้างขึ้นโดยใช้เทคโนโลยี ISO-CMOS ในส่วนวงจรกรองความถี่ ใช้เทคนิคของสวิตซ์คาปาซิเตอร์ฟิลเตอร์ (Switch capacitor filter) สำหรับกรองความถี่สูงและกรองความถี่ต่ำ ส่วนวงจรถอดรหัสใช้เทคนิคการนับทางดิจิตอล เพื่อตรวจจับและถอดรหัสทั้ง 16 ความถี่ออกเป็นเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานสองขนาด 4 บิท และเช็คช่วงเวลาที่สัญญาณเข้ามา ส่วนภาคอินพุทเป็นออปแอมป์ ซึ่งสามารถปรับอัตราขยายได้โดยต่ออุปกรณ์ภายนอกเอาท์พุทเป็นวงจรแลทช์ 3 สถานะ รูปที่ 2.6 แสดง โครงสร้างของไอซี MT8870



รูปที่ 2.6 โครงสร้างไอซี MT8870

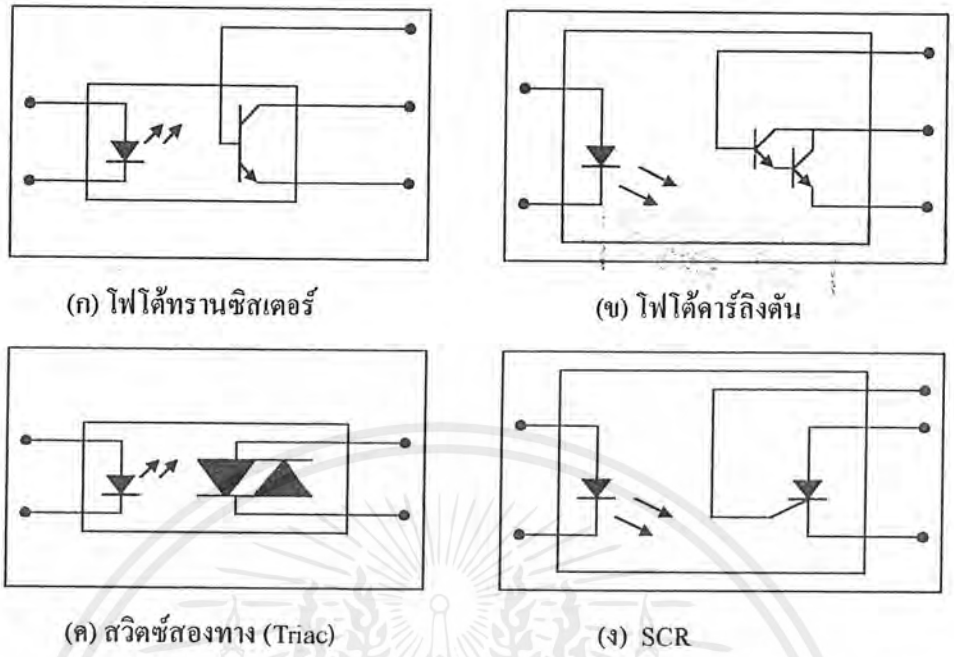
2.15 การเชื่อมโยงทางแสง

ตัวเชื่อมโยงทางแสง (Optocoupler) หรือตัวแยกโดยใช้แสง (Optoisolator) เป็นอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติพิเศษหลายประการ เช่น คุณสมบัติในการไอโซเลท (Isolate) ทำให้สามารถนำมาใช้ในการเชื่อมโยงสัญญาณต่างๆ ของวงจรที่มีกราวด์ต่างกัน สามารถป้องกันการรบกวนซึ่งกันและกันระหว่างภาคอินพุทกับเอาท์พุทได้อย่างเด็ดขาดซึ่งการคัพปลิ้งด้วยวิธีอื่นๆ จะทำไม่ได้ จึงได้นำเอาออปโต้คัพเปลอร์มาประยุกต์ใช้ในวงจร เพื่อประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือของวงจร

ออปโต้คัพเปลอร์เป็นอุปกรณ์เดี่ยวที่ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงและตัวตรวจจับแสง โดยที่ทั้งสองส่วนนี้จะแยกจากกันและกัน มีฉนวนที่โปร่งใส เช่น กระจกบางๆ คั่น และชิ้นส่วนทั้งหมดจะถูกบรรจุในตัวถังทึบแสง รูปร่างภายนอกมีอยู่หลายแบบ แต่ที่พบบ่อยๆ ส่วนมากเป็นแบบดิพ (DIP : Dual In-Line Package) เหมือนไอซีแต่มี 6 ขา แหล่งกำเนิดแสงส่วนใหญ่จะใช้ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด (IRED : Infraed Emitter Diode) ทำจากสารแกลเลี่ยมอาร์เซไนด์ (GaAs) ส่วนตัวตรวจจับหรืออุปกรณ์ภาคเอาท์พุทนั้นอาจจะเป็นโฟโต้ทรานซิสเตอร์ โฟโต้ดาร์ลิงตัน สวิตช์สองทิศทาง (Triac) ซึ่งทำงานเมื่อมีแสงมากระตุ้น และ SCR ที่ถูกกระตุ้นด้วยแสง เป็นต้น รูปที่ 2.7 แสดงสัญลักษณ์ของวงจรชนิดต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



(ก) โฟโต้ทรานซิสเตอร์ (ข) โฟโต้ดาร์ลิงตัน

(ค) สวิตซ์สองทาง (Triac) (ง) SCR

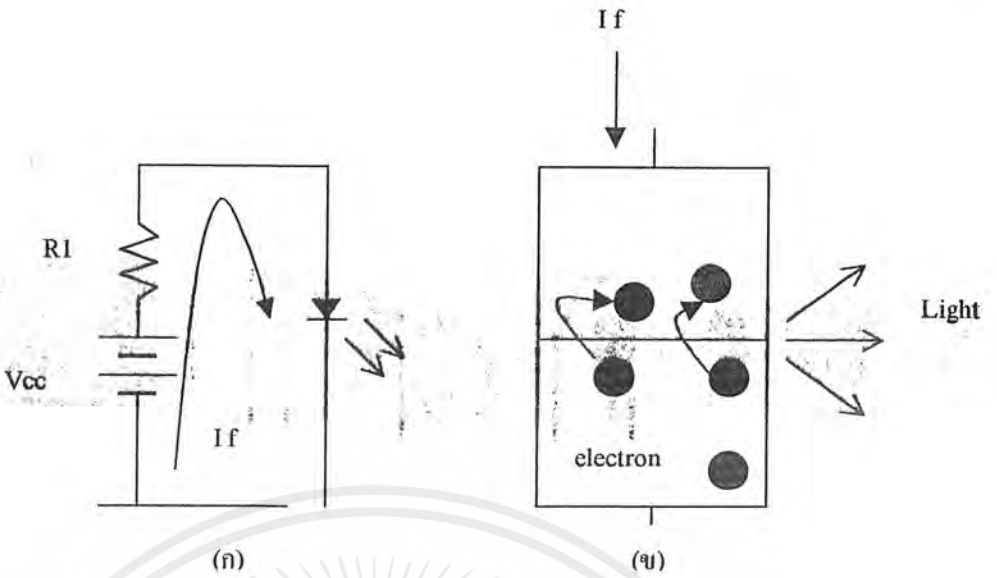
รูปที่ 2.7 ออปโต้คัพเปลอร์แบบทั่ว ๆ ไป

ออปโต้คัพเปลอร์หรือออปโต้ไอโซเลทเตอร์ ได้รับการออกแบบไว้ให้ทำการป้องกันอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไม่ให้ได้รับแรงดันกระชากสูงๆ หรือคุ้มครองระดับนอยส์ (noise) ต่ำๆ ซึ่งเป็นต้นเหตุให้เกิดเอาท์พุทไม่ถูกต้อง หรือทำให้เกิดคลื่นผิดพลาดขึ้นมา ออปโต้คัพเปลอร์เป็นอุปกรณ์ที่สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ ตัวอื่นๆ ที่มีระดับลอจิกต่างกัน ในออปโต้คัพเปลอร์สัญญาณอินพุทจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานแสง เพราะมี LED ที่อยู่ภายใน พลังงานจึงถูกส่งไปยังโฟโต้ดีเทคเตอร์ ดังนั้นมันจึงทำงานตรงกับพลังงานของแสงที่ได้จาก LED และมีสเปคตามอัตราส่วนการส่งผ่านกระแส (CRT) กับ Isolation Voltage CTR เป็นอัตราส่วนระหว่าง กระแสอินพุทต่อกระแสเอาท์พุท ซึ่งเป็นการวัดความสามารถของออปโต้คัพเปลอร์ในเรื่องความสามารถให้ สัญญาณอินพุทถูกส่งไปยังเอาท์พุทอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของ IRED ช่องว่าง ระหว่างชิ้นส่วนทางอินพุทและเอาท์พุทรวมทั้งพื้นที่ความไว (Sensitivity) และอัตราขยายของตัวตรวจจับ สำหรับ Isolation Voltage ของออปโต้คัพเปลอร์ คือ ปริมาณแรงดันที่ออปโต้คัพเปลอร์สามารถทำงานได้ อย่างปลอดภัย

เมื่อมีกระแสไหลผ่าน IRED ของออปโต้คัพเปลอร์ในลักษณะไบแอสตรง จนมีอิเล็กตรอนส่วนเกินกระโดดข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮล ในขณะเดียวกันก็ได้ปล่อยพลังงานโฟตอนหรือแสงออกมา ดังรูปที่ 2.8 (ก) และ (ข) แสงที่ได้เป็นแสงอินฟราเรด เพราะสารกึ่งตัวนำทำด้วยสารแกลเลี่ยม อาร์เซไนด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

37095

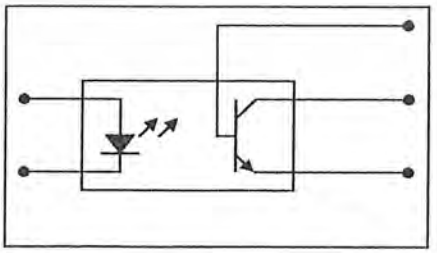


รูปที่ 2.8 (ก) แสงที่เกิดขึ้นหลังจากมีกระแสไบแอสตรงไหลผ่าน
(ข) อิเล็กตรอนส่วนเกินข้ามรอยต่อไปรวมกับโฮลพร้อมกับเปล่งแสง ออกมา

ตัวแปรอินพุททางด้านไฟฟ้ากระแสตรง เป็นตัวกำหนดตัวแปรทางด้านไฟฟ้าของไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด (IRED) ได้แก่ กระแสไดโอด เมื่อได้รับไบแอสตรง (If) แรงดันตกคร่อมไดโอด เมื่อได้รับไบแอสตรง (Vf) และแรงดันสูงสุดที่ทนได้เมื่อได้รับไบแอสกลับ (Vr) เนื่องจากตัวแปรเอาท์พุททางด้านไฟฟ้ากระแสตรงและตัวแปรส่งถ่าย (Transfer paramiter) นั้นจะแตกต่างกัน โดยขึ้นอยู่กับชนิดของชิ้นส่วนที่เป็นตัวตรวจจับที่ใช้ออปโต้คัพเปลอร์ซึ่งมีรายละเอียดแตกต่างกันขึ้นอยู่กับตัวตรวจจับนั้นๆ

2.15.1 <u>ทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์ (Transistor Coupler)</u>

อุปกรณ์ประเภทนี้ได้รับความนิยมมากที่สุด มีความไวระดับกลาง มีราคาถูก ตรงจุดเชื่อมต่อภายในระหว่างคอลเลคเตอร์-เบส (Collector-Base) ของทรานซิสเตอร์สามารถเอาสายมาต่อข่างนอกให้ทำหน้าที่เป็นโฟโต้ไดโอด ซึ่งมีความเร็วในการทำงานสูงยิ่งไปกว่าเดิม

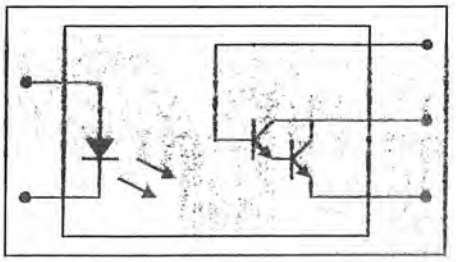


รูปที่ 2.9 ออปโต้แบบทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์

2.15.2 <u>คาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์ (Darlington Transistor Coupler)</u>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

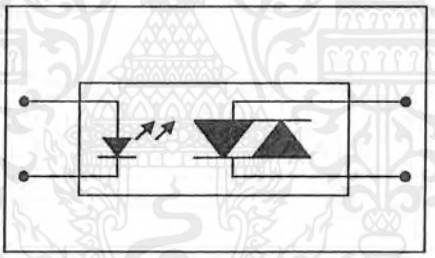
อุปกรณ์ประเภทนี้ ให้อัตราส่วนการส่งกระแสหรือมีเกนการขยายสูง สามารถให้กระแส เอาท์พุทเพิ่มขึ้น ซึ่งจะได้เกนการขยายสูงเป็น 10 เท่า แต่มีความเร็วในการทำงานช้ากว่า 10 เท่าของ การใช้ทรานซิสเตอร์ตัวเดียว



รูปที่ 2.10 ออปโต้แบบดาร์ลิงตันทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์

2.15.3 ออปโต้คัพเปลอร์ที่ใช้สวิตซ์สองทิศทางหรือ ไตรแอค (Triac)

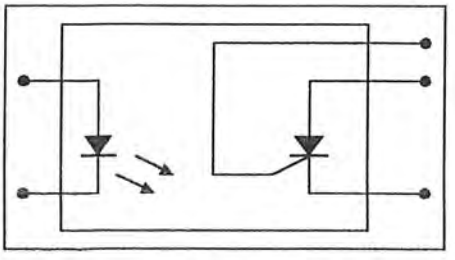
ทำงานเมื่อมีแสงมากระตุ้นเป็นภาคเอาท์พุท ถูกออกแบบมาสำหรับใช้ในงานซึ่งต้องการ การแยกการทริกหรือกระตุ้นในตัวไตรแอค การแยกสวิตซ์ทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับที่มีขนาดกระแส ต่ำ และการแยกทางไฟฟ้ามีค่าสูง



รูปที่ 2.11 ออปโต้แบบไตรแอคคัพเปลอร์

2.15.4 ออปโต้คัพเปลอร์ที่ใช้ SCR ที่ถูกกระต้นด้วยแสง

ถูกออกแบบมาสำหรับใช้งานที่ต้องการแยกกันทางไฟฟ้าที่มีค่าสูงระหว่างวงจรด้านแรงดันต่ำ ซึ่งใช้ไอซี และทางด้านไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันสูง

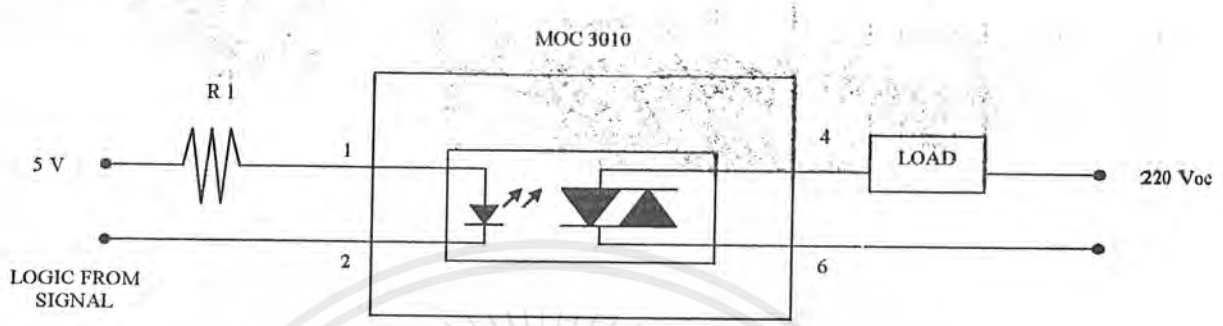


รูปที่ 2.12 ออปโต้แบบ SCR คัพเปลอร์

2.16 การประยุกต์ใช้งานในการนำไปใช้ควบคุมโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในโครงงานนี้ได้นำเอาออปโต้แบบไตรแอคลัพเปลอร์มาใช้ควบคุมโหลดที่เป็นไฟสลับ 220 โวลท์ แทนการใช้รีเลย์และการควบคุมปราศจากข้อยุ่งยากเหมือนวงจรที่ออกแบบโดยใช้รีเลย์ ดังนั้น จึงขอกล่าวถึงเฉพาะการนำเอาออปโต้แบบไตรแอคมาประยุกต์ใช้งานเท่านั้น



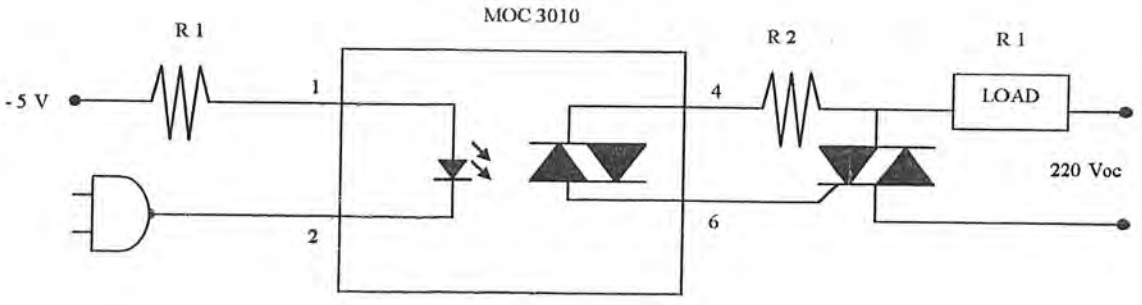
รูปที่ 2.13 วงจรที่ใช้ควบคุมกำลังงานของไฟฟ้ากระแสสลับที่มีค่าไม่สูงนัก

รูปที่ 2.13 แสดงการใช้ MOC 3010 ในการเป็นสวิตซ์ปิด-เปิด กระแสผ่านโหลดที่ต้องการกำลังงานจากไฟฟ้ากระแสสลับเพียงเล็กน้อย เมื่อเอาท์พุทจากลอจิกเกตมีค่าเป็นลอจิก "0" กระแสจะไหลผ่านไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดที่อยู่ภายในถ้าค่า If มีค่าเท่ากับ Ift เอาท์พุทของสวิตซ์สองทิศทางจะถูกกระตุ้นให้นำกระแส เนื่องจากสวิตซ์สองทิศทางจะนำกระแสทั้งสองทิศทาง กำลังงานจะถูกป้อนเข้าสู่โหลดทั้งในระหว่างครึ่งไซเคิลบวกและครึ่งไซเคิลลบ และเมื่อเอาท์พุทของลอจิกเกตซึ่งป้อนเข้าสู่ออปโต้มีค่าเป็นลอจิก "1" และกระแส If จะลดลงต่ำกว่ากระแสยึด (Ih) จะทำให้สวิตซ์สองทิศทางหยุดนำกระแส

ค่าที่มากที่สุดของ R1 หาได้จาก

$$R1 = [\, Vcc(min) - Vf(max) - Vo1 \,] / Ift$$

โดยที่ Vf และ Ift เป็นตัวแปรของออปโต้ที่ใช้ และ Vo1 เป็นแรงดันเอาท์พุทลอจิก "0" ของ ลอจิกเกต และลอจิกเกตจะต้องสามารถทนค่ากระแสชิงค์ (Ift) ได้ โดยมีค่าเผื่อไว้เพื่อความ ปลอดภัย



รูปที่ 2.14 วงจรที่ใช้ควบคุมกำลังงานของไฟฟ้ากระแสสลับที่มีค่าสูง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

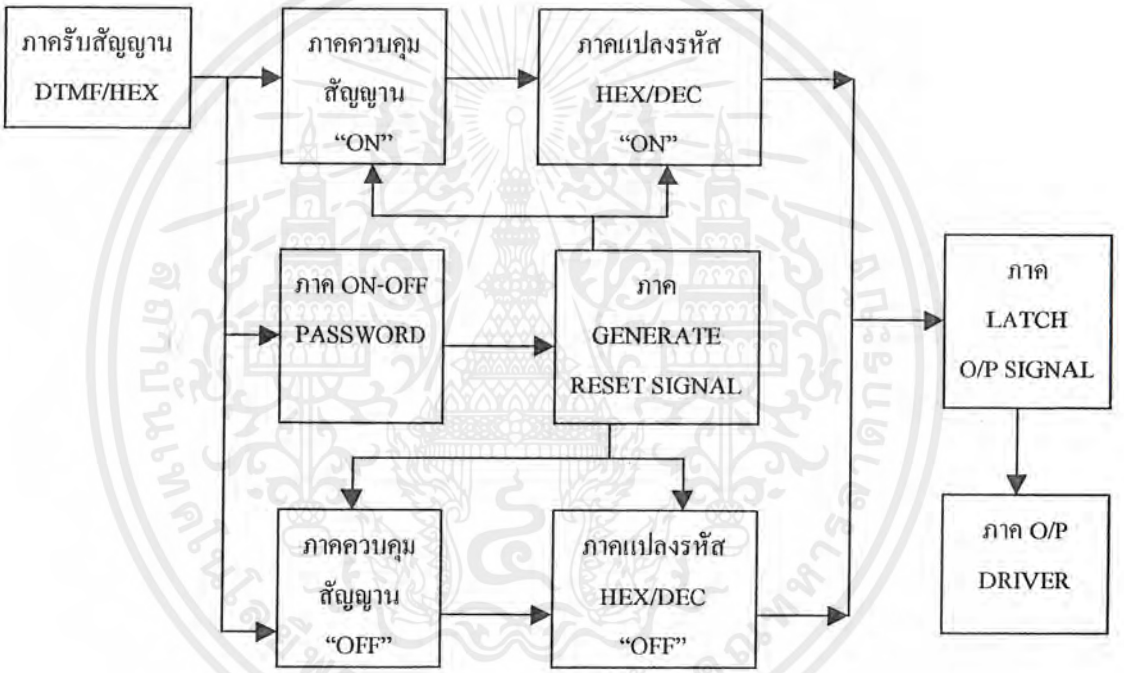
ออปโต้คัพเปลอร์ MOC 3010 มีไตรแอคขนาดเล็กเป็นเอาท์พุทสามารถทนกระแสไหลผ่านได้ 100 มิลลิแอมป์ ซึ่งน้อยเกินไปสำหรับการควบคุมไฟฟ้ากระแสสลับผ่านเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป แต่ก็เหมาะที่จะนำมาสร้างสัญญาณทริกเกอร์ไตรแอคกำลังงานสูงภายนอกวงจร ดังรูปที่ 2.14 เอาท์พุทของ ออปโต้คัพเปลอร์ MOC 3010 ป้อนเข้าสู่เกตของไตรแอคกำลังงานสูง ไตรแอคภายนอกจะต้องเลือกให้ทนกำลังงานได้พอสำหรับโหลด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การสร้างและการคำนวณ

3.1 แนวความคิด

จากแนวความคิดที่ต้องการนำเอาระบบความถี่ผสมของสัญญาณโทรศัพท์มาใช้ในการควบคุมเครื่องใช้ไฟฟ้า จึงได้ออกแบบส่วนต่างๆ ของวงจร โดยนำความรู้ทางด้านเบสิกเทคนิคและด้านวงจรอิเลกทรอนิกส์มาใช้งาน องค์ประกอบการทำงานของวงจรแสดงด้วยบล็อกไดอะแกรม ดังรูปที่ 3.1



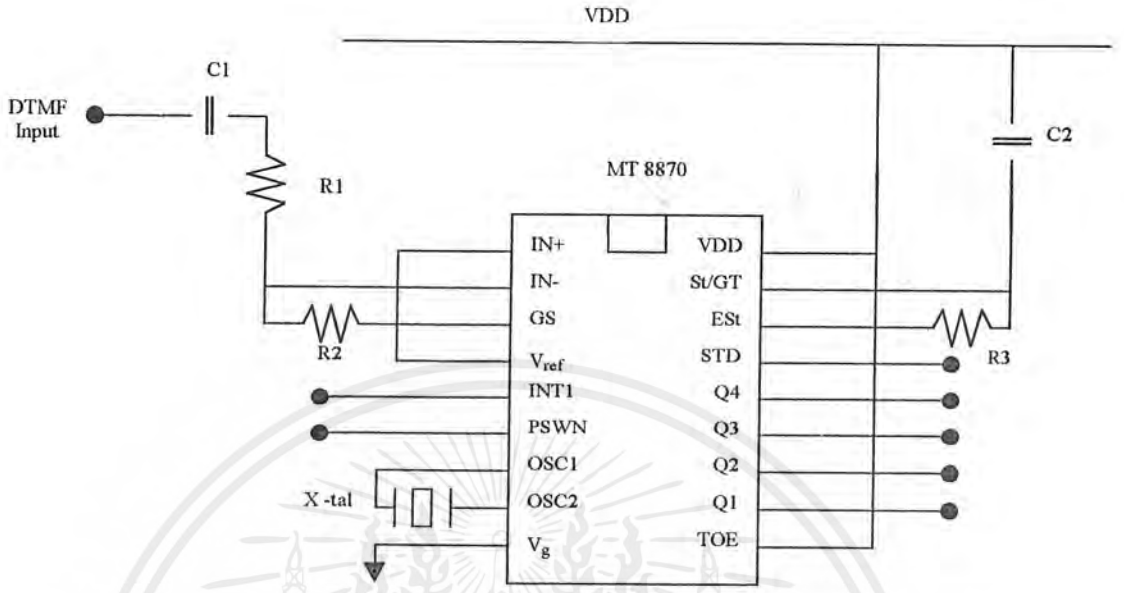
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมการทำงานของเครื่องควบคุมระยะไกล

3.2 ภาคถอดรหัส DTMF

สัญญาณที่ได้จากภาคดีมอดดูเลเตอร์ ซึ่งเป็นสัญญาณ DTMF (Dual Tone Multi-Frequency) ที่ส่ง มาจากภาคกำเนิดสัญญาณ DTMF

ภาคถอดรหัสใช้ไอซี DTMF เบอร์ MT8870 เป็นตัวเปลี่ยนสัญญาณ DTMF เป็นสัญญาณดิจิตอล ในระบบเลขฐานสิบหก (Hexadacimal : HEX)โดยต่อคริสตอลค่า 3.579 MHz ต่อร่วมกับวงจรออสซิลเลเตอร์ภายในตัวไอซีทำหน้าที่ผลิตความถี่ คือ ช่วงความถี่สูงและความถี่ต่ำ และความถี่ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าสู่วงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลขโดยใช้เทคนิคการนับแบบดิจิตอล เพื่อส่งไปยังภาคควบคุมสัญญาณต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



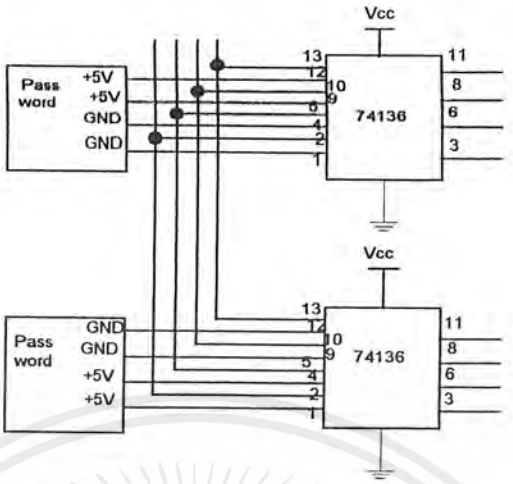
รูปที่ 3.2 วงจรภาคถอดรหัส DTMF

3.3 ภาค ON - OFF PASSWORD

สัญญาณดิจิตอลจะส่งต่อไปยังภาค ON-OFF PASSWORD ก่อนที่จะสั่งการให้เอาท์พุท หรือโหลดหมายเลขใดทำงานหรือหยุดทำงานได้นั้นจะต้องมีการขอผ่านสัญญาณเข้าไปยังภาคควบคุมสัญญาณ และส่งหมายเลขที่ต้องการตามไป ในวงจรภาครหัสผ่านนี้จะคอยตรวจว่ารหัสที่ขอผ่านเข้ามาเป็น 1011 (โดยการกด *) หรือ 1100 (โดยการกด #) ถ้าเป็น 1011 ก็จะส่งสัญญาณไปควบคุมในภาคควบคุมสัญญาณชุด "ON" ยอมให้มีการผ่านของสัญญาณ HEX ที่จะส่งตามไปยังภาค HEX / DEC ต่อไป หรือถ้าเป็น 1100 ก็จะส่งสัญญาณ ไปควบคุมสัญญาณชุด "OFF" ยอมให้มีการผ่านของสัญญาณ HEX ที่จะส่งตามมาเช่นเดียวกัน แต่ถ้าไม่ใช่ทั้ง 1011 และ 1100 ก็จะไม่มีการส่งสัญญาณไปภาคควบคุม สัญญาณ

วงจรภาคนี้ได้นำไอซี Quadruple 2 - Input Exclusive- OR Gate with Open - Collector Output เบอร์ 74136 มาใช้เปรียบเทียบสัญญาณรหัสผ่านกับสัญญาณอ้างอิงจำนวน 2 ชุด คือชุด ON และ OFF (IC3 และ IC4 ตามลำดับ) กำหนดให้ IC3 ตรวจสอบรหัสผ่านสำหรับการ ON LOAD โดยขาอินพุทหนึ่งขาของ EX - OR GATE แต่ละตัวจะต่อไว้กับลอจิก "1" และ "0" เป็น HEX Code : 1011 และ IC4 ตรวจสอบรหัสผ่านสำหรับการ OFF LOAD โดยขาอินพุทหนึ่งขาของ EX - OR Gate แต่ละตัวจะต่อไว้เป็นรหัส 1100 เมื่อสัญญาณ HEX Code ที่ส่งมาจากภาครับสัญญาณเป็นรหัส 1011 หรือ 1100 ตรงกันกับ IC3 หรือ IC4 จะให้เอาท์พุทที่ออกมาเป็นลอจิก "0" ทั้งหมด และจะถูกส่งไปที่ IC5 ที่ภาค Generate reset signal เพื่อใช้ ในการควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ส่วนอื่นต่อไป

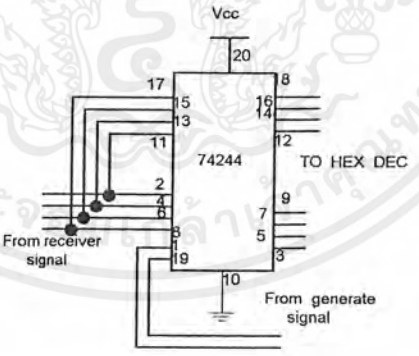
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจรภาค ON-OFF PASSWORD

3.4 ภาคควบคุมสัญญาณ

ส่วนนี้จะเปรียบเสมือนประตูปิด - เปิด เพื่อรับสัญญาณ HEX จากภาครับสัญญาณไปยังภาค HEX / DEC โดยการใช้ไอซี Octal Buffer / Line Driver / Line Receiver เบอร์ 74244 ทำเป็นบัฟเฟอร์ เมื่อมีสัญญาณจากภาค Generate reset signal มาทริก จะทำให้ทำงานเปิดทางให้ข้อมูลจากภาครับสัญญาณผ่านไปยังภาคแปลงรหัส HEX / DEC ได้ และจะปิดทางผ่านของข้อมูลเมื่อไม่มีสัญญาณมาทริก

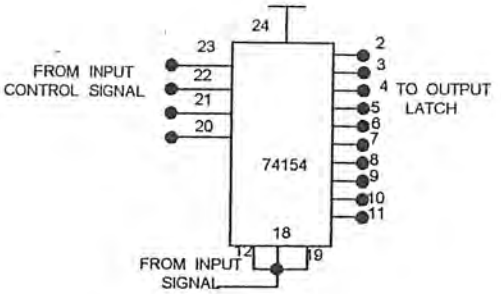


รูปที่ 3.4 วงจรภาคควบคุมสัญญาณ

3.5 ภาคแปลงรหัสฐานสิบหกเป็นฐานสิบ (HEX / DEC)

วงจรส่วนนี้ทำหน้าที่แปลงสัญญาณระบบเลขฐานสิบหกให้เป็นเลขฐานสิบ ใช้ไอซี 4 - Line to 16 - Line Decoder / Demultiplexer เบอร์ 74154 เป็นตัวถอดรหัส ด้านอินพุทจะรับสัญญาณระบบเลขฐานสิบหกมาจากภาคควบคุมสัญญาณ และจะให้เอาท์พุทล่าเป็น “0” ในระบบเลขฐานสิบ

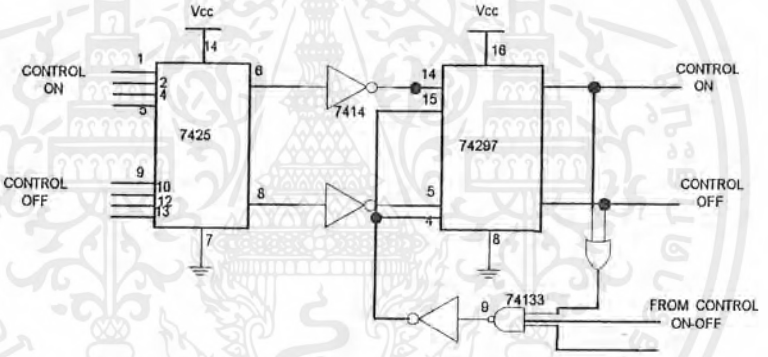
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ภาคแปลงรหัสเลขฐานสิบหกเป็นฐานสิบ

3.6 ภาคกำเนิดสัญญาณรีเซต (GENERATE RESET SIGNAL)

ภาค GENERATE RESET SIGNAL หรืออาจเรียกว่าภาค Reset for start วงจรส่วนนี้ทำหน้าที่ส่งสัญญาณ Reset ไปควบคุมการทำงานของภาคควบคุมสัญญาณให้ปิดหรือเปิดทางให้ข้อมูลผ่านไปได้



รูปที่ 3.6 วงจรภาคกำเนิดสัญญาณรีเซต

IC Quadruple 2 - Input Positive - OR Gate เบอร์ 7432 ทำหน้าที่ป้องกันการกดปุ่มส่งสัญญาณ ผิดพลาดกรณีกดปุ่ม * แล้วมีการกดปุ่ม # ตามมาอีก ซึ่งจะทำให้ได้สัญญาณเอาท์พุทที่ขา 4 และ 7 ของ IC 6 เป็น "0" ทั้งคู่ เป็นผลให้ภาครับสัญญาณและภาคแปลงรหัส HEX / DEC ทั้งส่วน ของ ON LOAD และ OFF LOAD ต่างก็ถูกทริกให้ทำงาน ซึ่งอาจจะทำให้วงจรเกิดการเสียหายได้ เพื่อเป็นการป้องกันกรณีดังกล่าว จึงได้นำสัญญาณเอาท์พุทของ IC6 ทั้งสองมา OR กันไว้ เมื่ออินพุทของ OR Gate เป็น "0" ทั้งคู่จะได้ เอาท์พุท เป็น "0" ส่งไปแนนเกตซึ่งจะเป็นการรีเซต IC6 เป็นผลให้วงจรภาครับสัญญาณและภาคแปลงรหัส หยุดทำงาน

ไอซีเบอร์ 74133 เป็นไอซี Input Positive - Nand Gate สภาวะเดมด้านอินพุทจะมีค่าเป็น ลอจิก "1" ทั้งหมด ซึ่งเอาท์พุทก็จะมีค่าเป็นลอจิก "0" เมื่อมีการกดปุ่มหมายเลข 0 ส่งสัญญาณเข้ามายังเครื่องควบคุมสัญญาณ จะมีผลให้สัญญาณเอาท์พุทจากขา 2-11 ลอจิก "0" (จากการควบคุมของ ภาคแปลงรหัสชุด ON หรือชุด OFF แล้วแต่การใช้งานในขณะนั้น) จะส่งเข้ามาเป็นอินพุทของแนนเกต ซึ่งจะทำให้สภาวะเอาท์พุทของแนนเกตเปลี่ยนเป็น "1" ผ่านอินเวอร์เตอร์ไปยังขา 15 ของ ไอซีเบอร์ 74279 ซึ่งจะมีผลให้เอาท์พุทของ

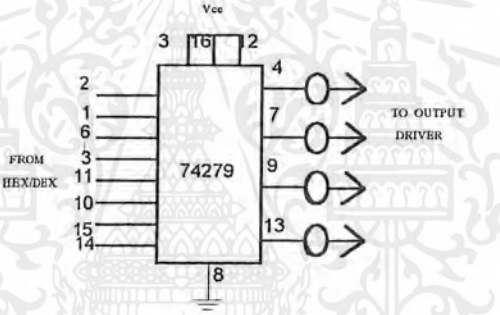
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอซีเปลี่ยนแปลงสภาวะจาก "1" เป็น "0" ทำให้วงจรภาคควบคุมสัญญาณและภาคแปลงรหัส HEX / DEC หยุดการทำงานกลับเข้าสู่สภาวะปกติ

3.7 ภาค LATCH OUTPUT SIGNAL

ภาค LATCH OUTPUT SIGNAL ส่วนนี้จะรับสัญญาณรหัส DECIMAL มาจากภาคควบคุมสัญญาณชุด "ON" เมื่อต้องการจะ ON LOAD และจากภาคควบคุมสัญญาณชุด "OFF" เมื่อต้องการ จะ OFF LOAD และทำการ LATCH สภาวะเอาไว้ และส่งผ่านไปยังภาคขับเอาท์พุท

การออกแบบวงจรใช้ไอซี Quadruple S-R Latch เบอร์ 74249 เอาท์พุทจะเปลี่ยนสภาวะเป็นตรงกันข้ามทุกครั้งที่มีสัญญาณค่า "0" เข้ามากระตุ้น ซึ่งลักษณะนี้สามารถนำมาใช้ในการเปลี่ยน สภาวะการควบคุมโหลดให้อยู่ในสภาวะทำงานหรือหยุดทำงาน

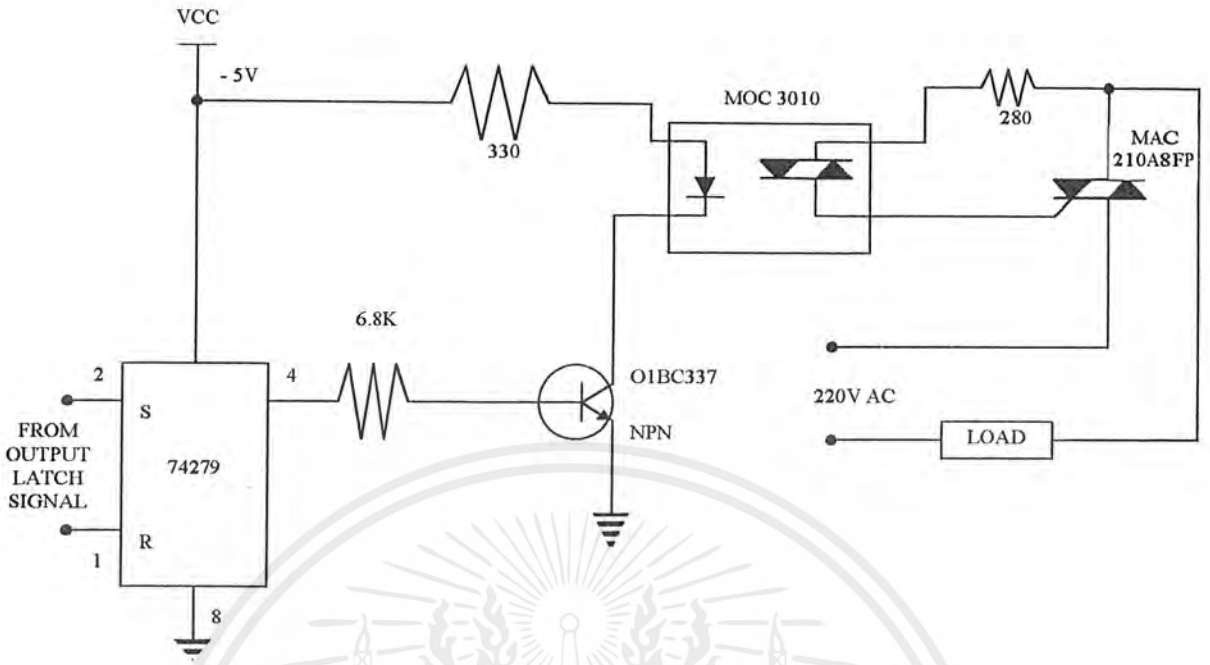


รูปที่ 3.7 ภาค LATCH OUTPUT SIGNAL

3.8 ภาคเอาท์พุทขับโหลด (OUTPUT DRIVER)

การออกแบบโดยใช้ตัวเชื่อมโยงทางแสง อินพุทและเอาท์พุทจะมีการแยกกันทางไฟฟ้าให้มีความ มั่นใจต่อการสั่นสะเทือน ต่ออุณหภูมิและการรบกวนทางไฟฟ้า และการควบคุมปราศจากข้อยุ่งยากเหมือนกับ วงจรที่ออกแบบโดยใช้รีเลย์

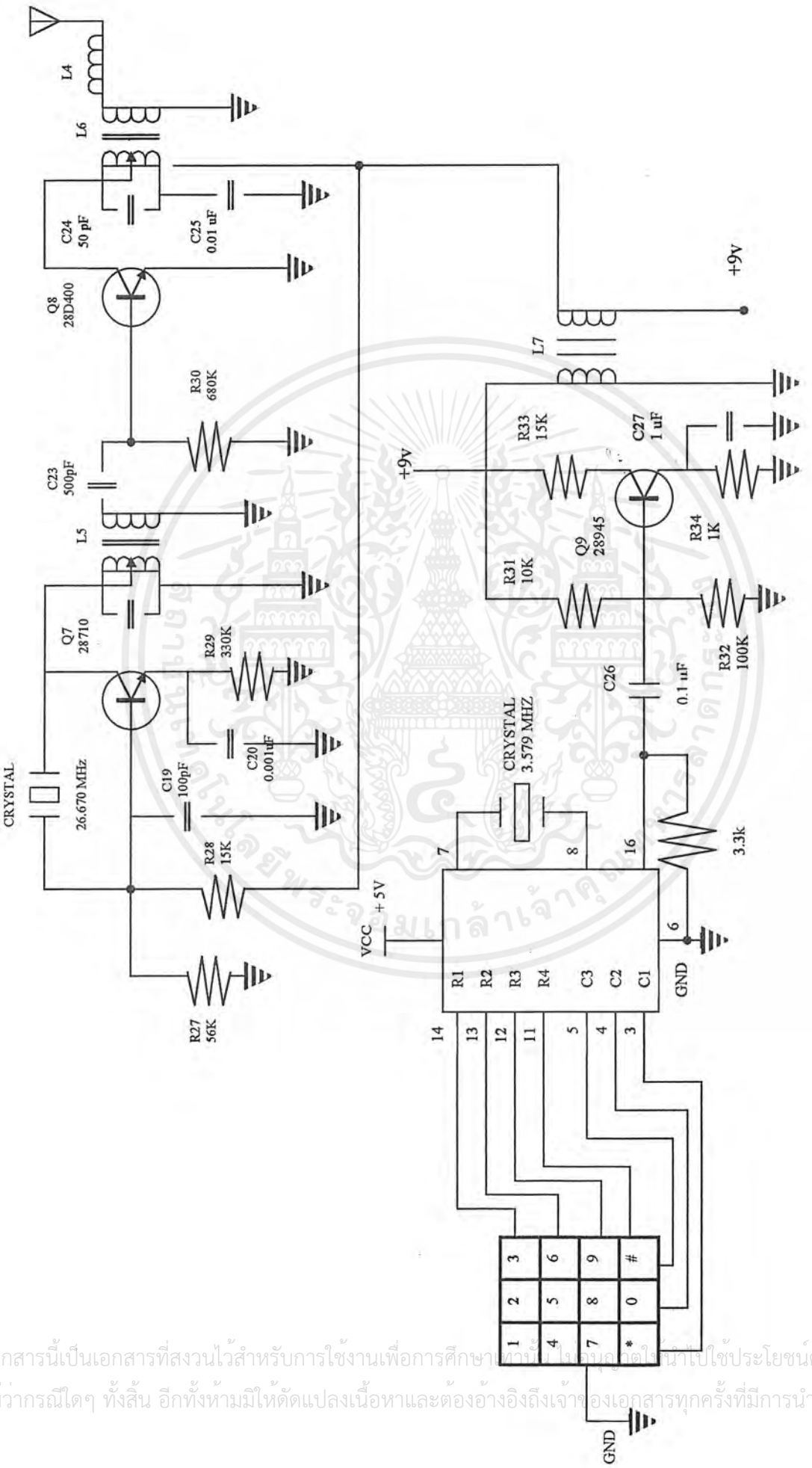
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 วงจรควบคุมโดยใช้ตัวควบคุมทางแสง

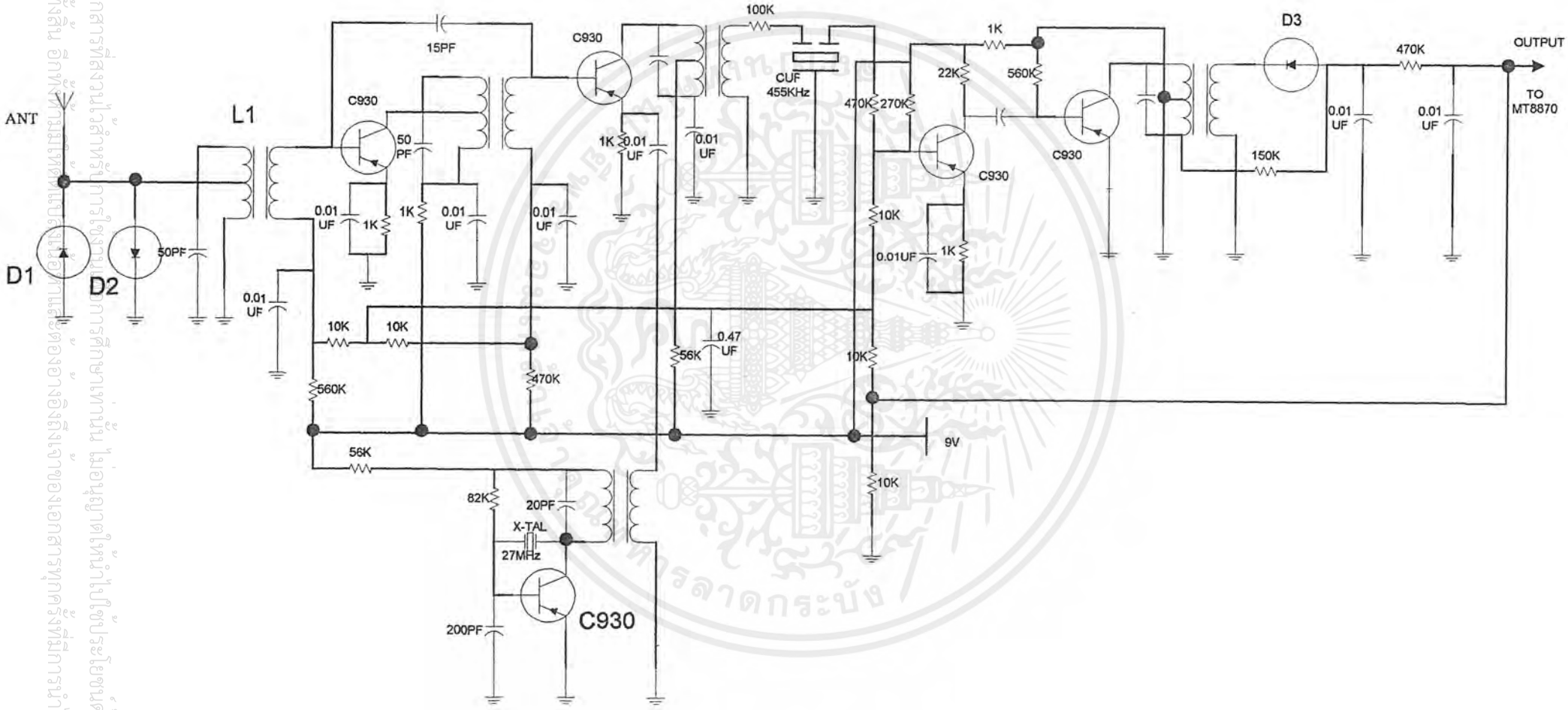
จากวงจรเมื่อเอาท์พุท Q ขา 4 ของ IC เบอร์ 74279 มีค่าเป็นลอจิก "1" จะทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 นำกระแส ทำให้ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดนำกระแสตามไปด้วย แสงจากไดโอดดังกล่าวจะไปตกกระทบ ตัวตรวจรับแสง ทำให้นำกระแสไปกระตุ้นไตรแอคให้ทำงานจ่ายกำลังงานเข้าสู่โหลดต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.9 วงจรชุดกดส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 วงจรภาครับสัญญาณ

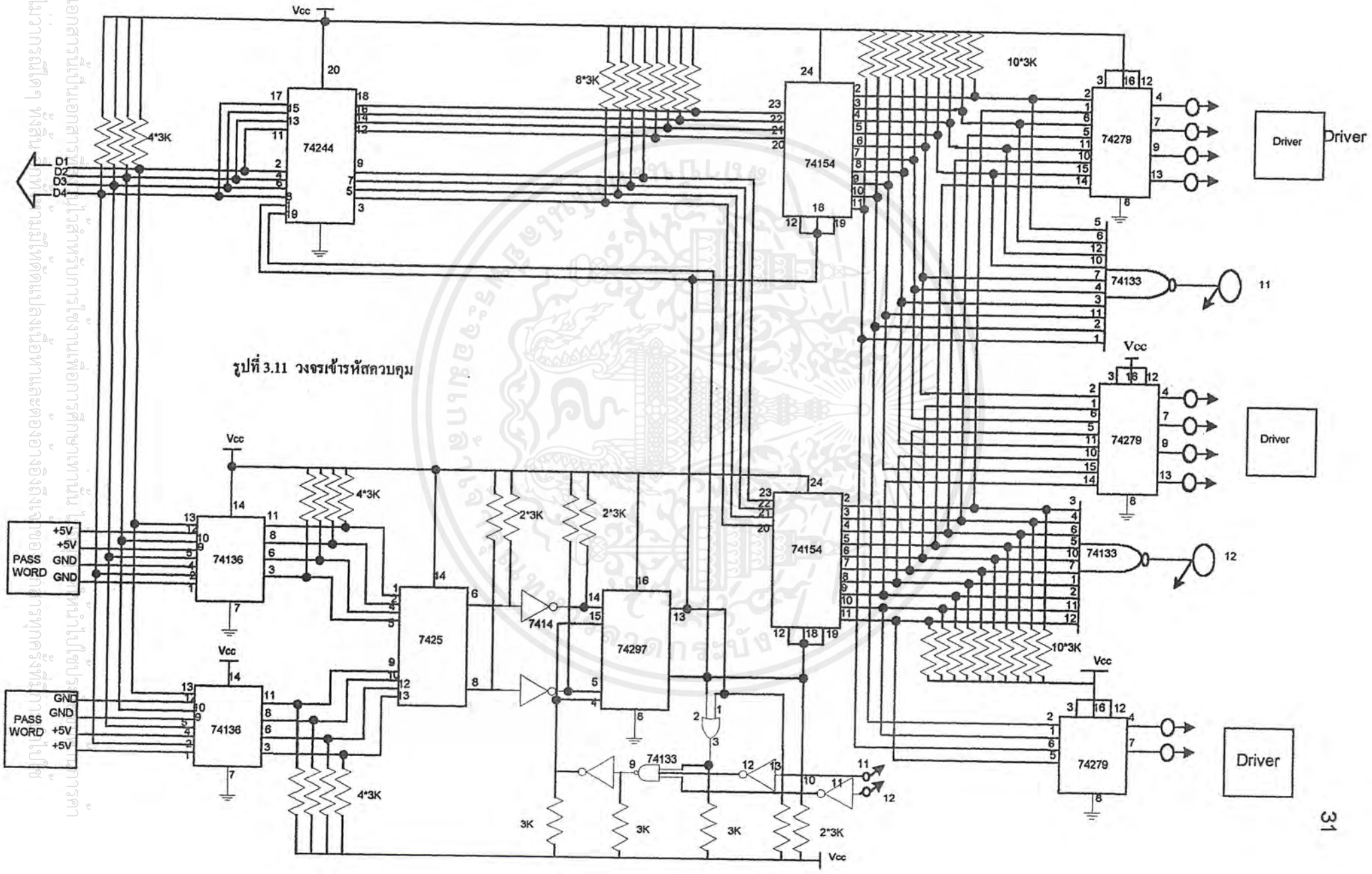
3.9 วงจรภาคส่ง

จากรูปที่3.9 Q1 เป็นวงจรออสซิเลเตอร์ ผลิตความถี่RF ตามค่าของคริสตอล 27.125 MHz ความถี่นี้จะถูกขยายด้วยทรานซิสเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่เป็น RF POWER AMP ในขณะเดียวกันสัญญาณ DTMF ที่ถูกขยายโดย Q2 จะถูกส่งไปมอทดูเลทกับสัญญาณ RF ที่เอาท์พุททรานสฟอเมอร์ โดยในที่นี้ ทำหน้าที่เป็นมอทดูเลชั่นทรานสฟอเมอร์ สัญญาณ RF ที่ถูกมอทดูเลทในลักษณะแอมพริจูดมอทดูเลชั่น จะถูกส่งออกอากาศโดยผ่าน L1 ซึ่งเป็นแมชชิ่งอิมพิแดนซ์(matching impedance) ช่วยให้สายอากาศ เหมาะสมกับเอาท์พุทของวงจรและความถี่ขนาด 27 MHz

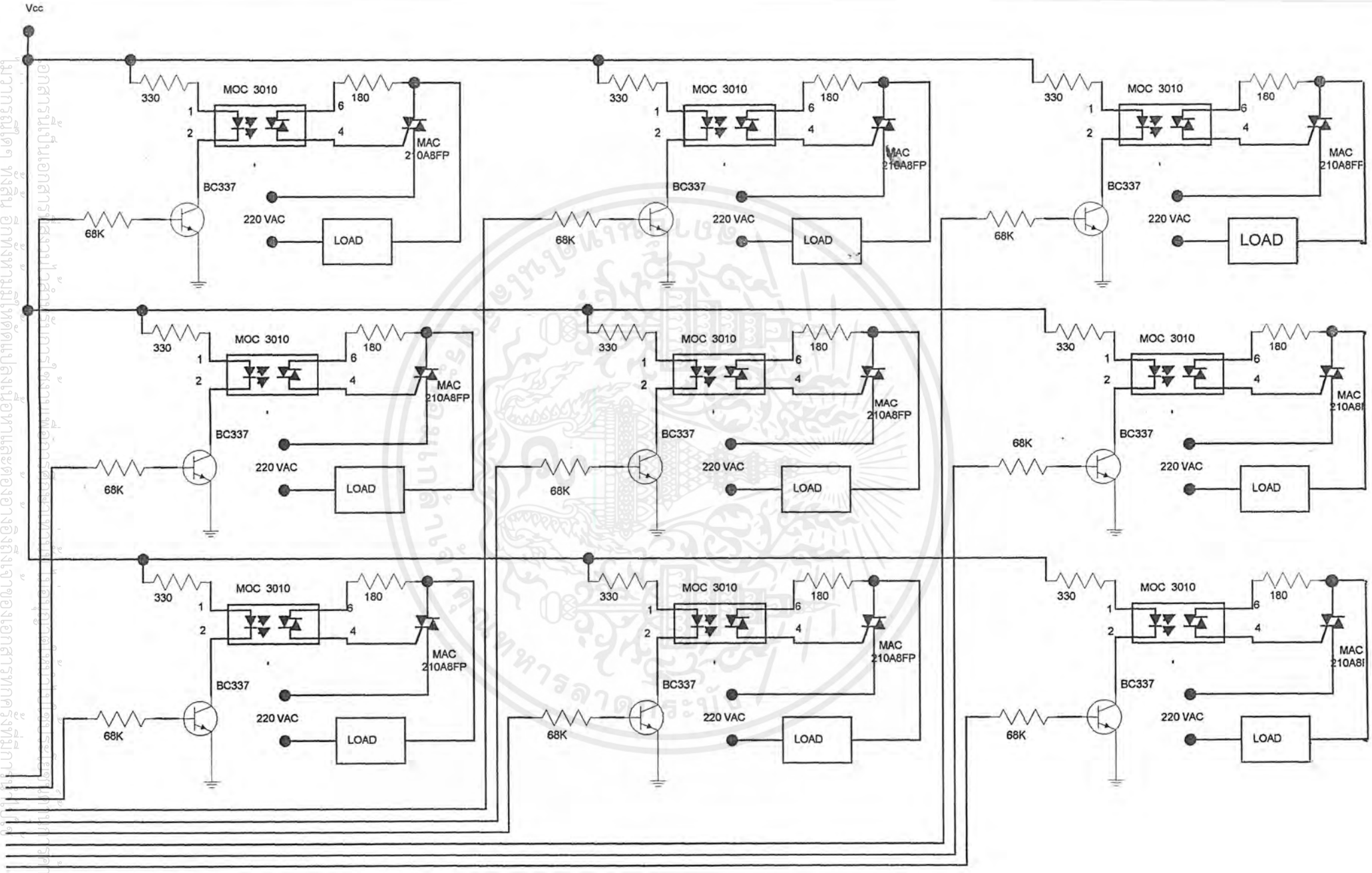
3.10 วงจรภาครับ

สำหรับวงจรภาครับรูปที่3.10 สัญญาณ RF จากสายอากาศผ่านคอยล์ เข้ามายังวงจรจูน 27 MHz ซึ่งประกอบด้วย L1 และ C1 ส่วน D1 กับ D2 เป็นตัวป้องกันไม่ให้สัญญาณRF ที่มีขนาดแรงเกินไปเข้ามายังวงจรได้ ความถี่ 27 MHz ที่รับเข้ามาจะถูกคัปปลิงมายัง Q1 ขยายให้แรงขึ้น และส่งไปยังขาเบสของ Q2 ในขณะเดียวกัน Q3 ซึ่งเป็นวงจรออสซิเลเตอร์จะสร้างความถี่ ซึ่งถูกกำหนดโดยคริสตอล เพื่อให้ได้ความถี่เที่ยงตรงส่งไปยังขาอิมิเตอร์ของ Q2 ความถี่ทั้งสองจะหักล้างกันเหลือเป็นความถี่ผลต่าง 455 kHz ส่งไปยัง IF ทรานสฟอเมอร์ซึ่งเป็นวงจรจูนที่ความถี่ IF 455 kHz ความถี่ดังกล่าวจะผ่าน R14 เข้าไปยัง CUF 455 kHz ซึ่งเป็นตัวกรองให้ผ่านเฉพาะความถี่ 455 kHz อีกครั้ง ความถี่ดังกล่าวจะถูกขยายให้แรงขึ้นด้วย Q4, Q5 และผ่าน IF ทรานสฟอเมอร์มายัง D5 ซึ่งทำหน้าที่ดีเทล เอาสัญญาณ AF ออกจาก RF ผ่านวงจรฟิลเตอร์เพื่อให้ได้สัญญาณ AF ที่ดี จากสัญญาณ AF จะผ่าน R17, R18, R2, R4 ซึ่งเป็น AUTOMATIC GAIN CONTROL เข้าไปควบคุมไบอัสที่เบสของ Q2, Q4, Q1 เพื่อให้มีอัตราขยายคงที่ ไม่ว่าสัญญาณที่เข้ามาจะแรงหรือค่อยก็ตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 วงจรเข้ารหัสควบคุม



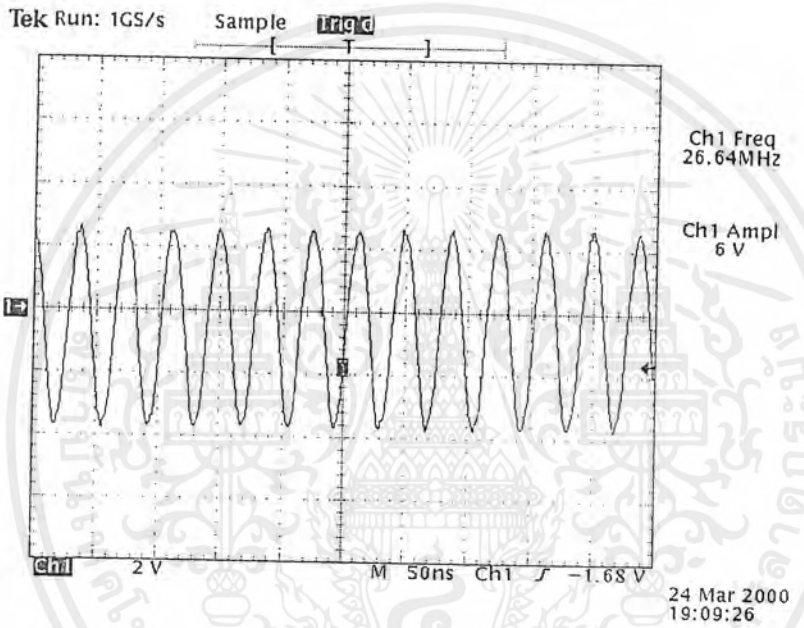
รูปที่ 3.12 วงจรภาคขับโหลด

บทที่ 4
ผลการทดลอง

4.1 การทดลองวัดสัญญาณจากวงจรกำเนิดความถี่โทรศัพท์ (DTMF)

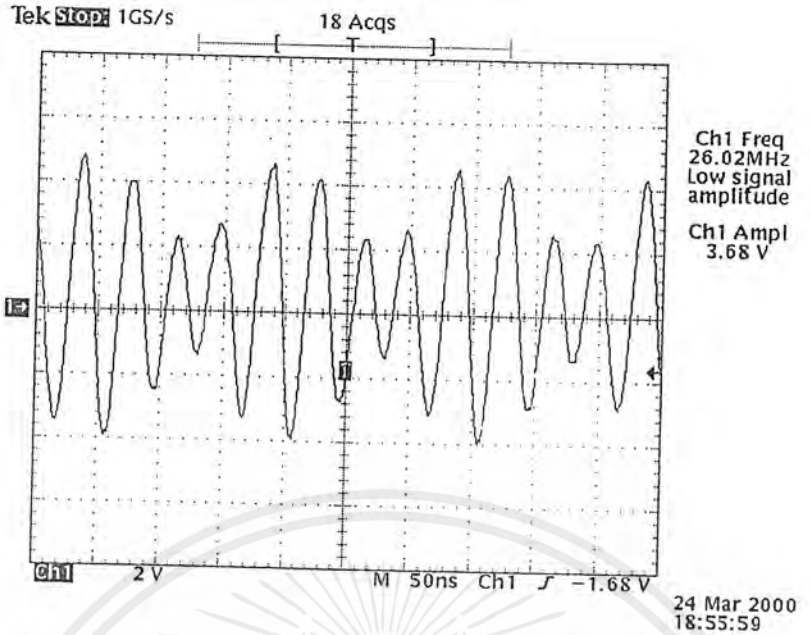
วัตถุประสงค์เพื่อต้องการวัดสัญญาณความถี่โทรศัพท์ (DTMF) ของสัญญาณหมายเลขต่าง ๆ ที่ได้จากการกดแป้นโทรศัพท์

4.2 ผลการทดลอง

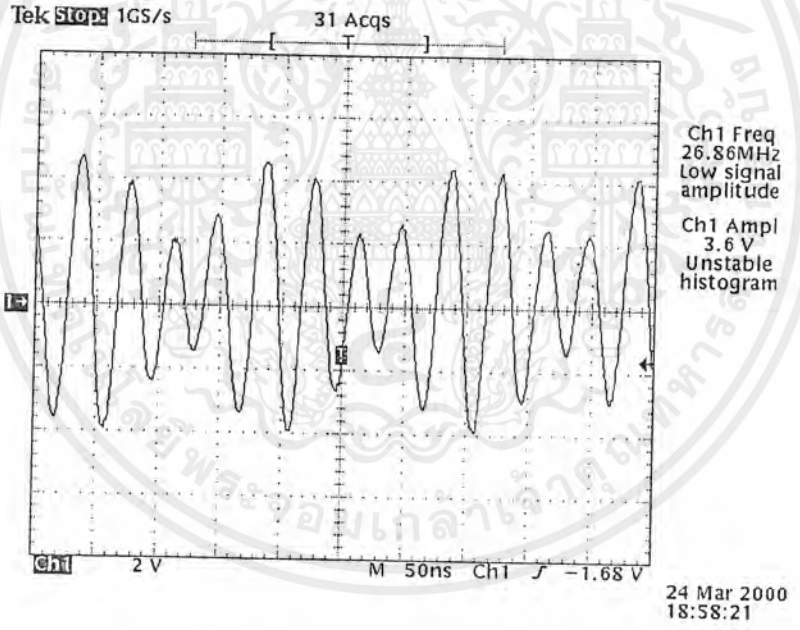


รูปที่4.1 สัญญาณคลื่นพาหะวัดที่เสาอากาศภาคส่ง 27 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

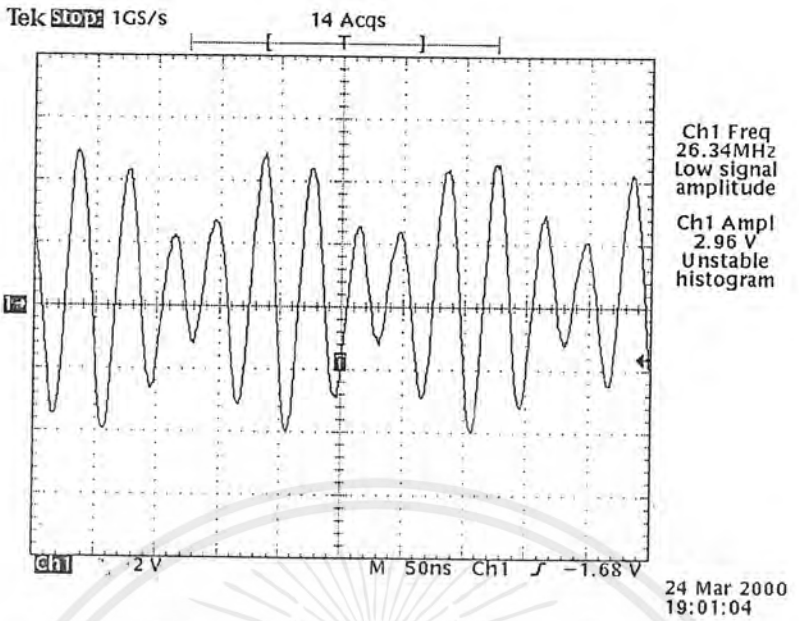


รูปที่4.2 สัญญาณที่เสาอากาศเมื่อกดแป้นโทรศัพท์เบอร์ 0

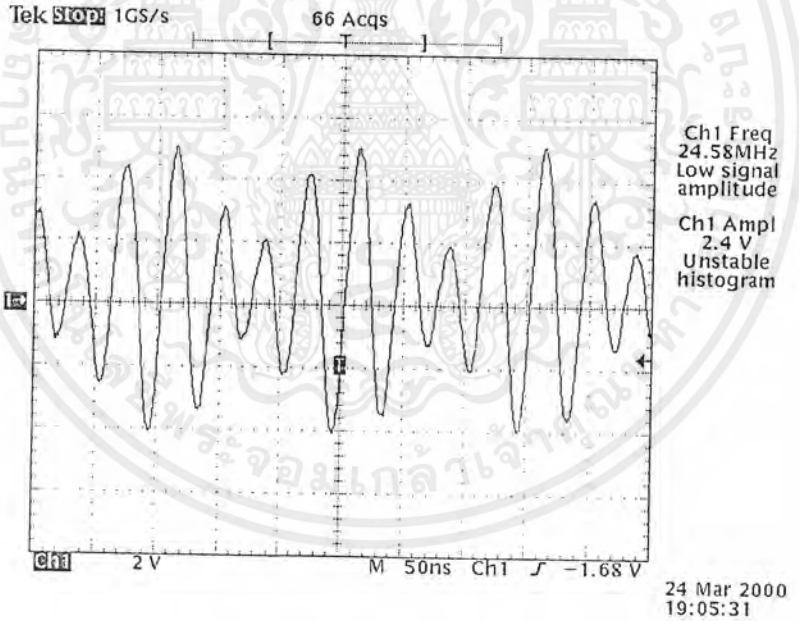


รูปที่4.3 สัญญาณที่เสาอากาศเมื่อกดแป้นโทรศัพท์เบอร์ *

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

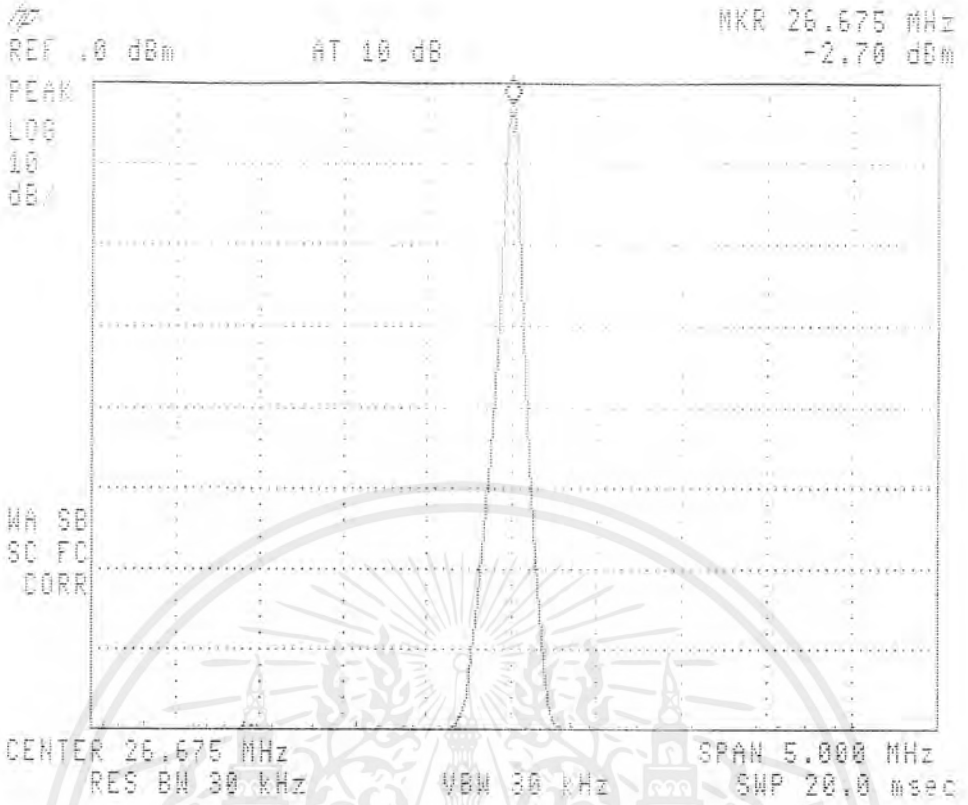


รูปที่4.4 สัญญาณที่เสาอากาศเมื่อกดแป้นโทรศัพท์เบอร์ #



รูปที่4.5 สัญญาณที่เสาอากาศเมื่อกดแป้นโทรศัพท์เบอร์ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

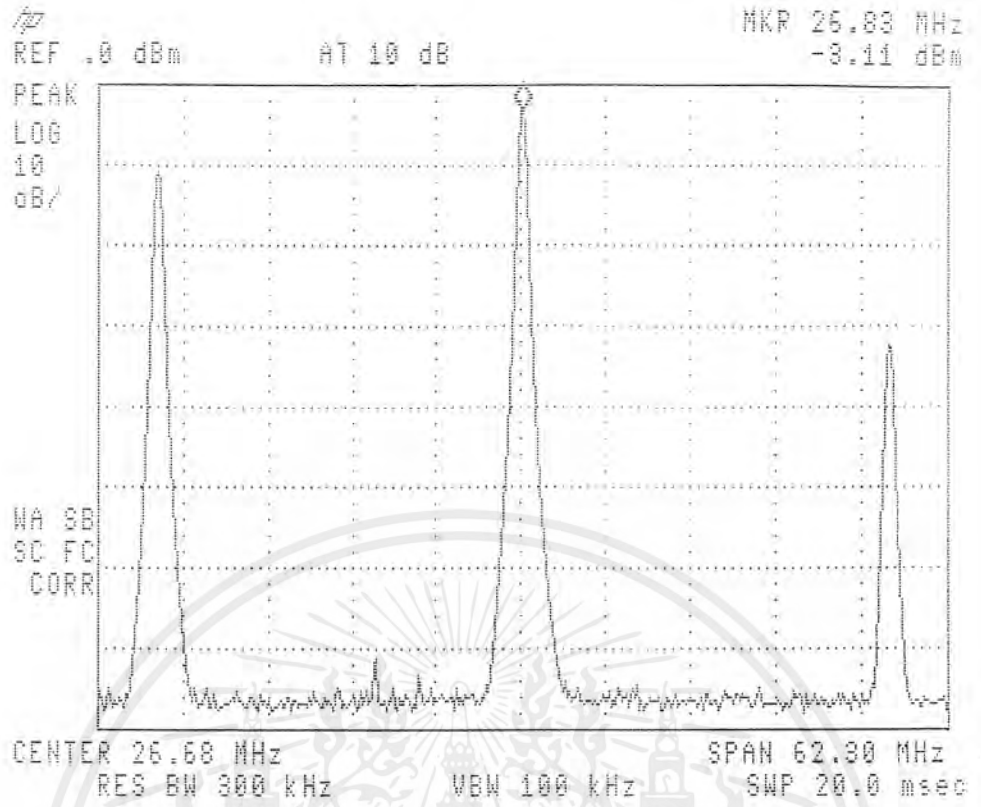


รูปที่ 4.6 สเปกตรัม 27 MHz ที่เสาอากาศ

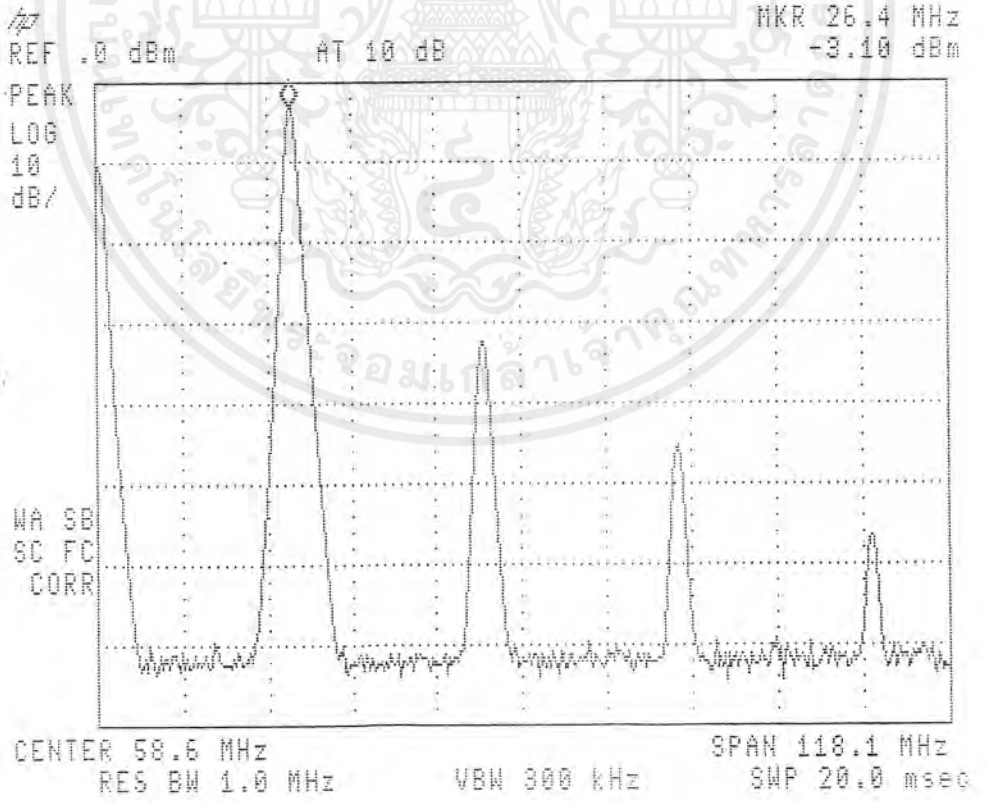
จากรูปที่ 4.6 สเปกตรัมมีค่า –2.70 dBm แต่ว่าถูกลดทอนเนื่องจากเครื่องวัด 20 dB ดังนั้นจะเห็นว่าเครื่องส่งมีกำลังส่ง (Tx Output Power) ประมาณ 18 dBm โดยมีความถี่วัดได้ที่ 26.675 MHz สำหรับรูปที่ 4.7 เมื่อกำหนดขอบเขตให้มีค่าสูงขึ้น ทางซ้ายจะเป็นความถี่ 0 Hz ส่วนทางด้านขวาคือความถี่ 2 เท่าของความถี่ 27 MHz ความถี่ทั้งสองมีระดับสัญญาณต่ำกว่าสัญญาณ 27 MHz

ในขณะที่รูป 4.8 แสดงถึงความถี่ ฮาร์โมนิคต่างๆ ทางด้านบวกซึ่งความถี่จะต่างกันอยู่ 2 เท่า สำหรับความถี่ที่อยู่ติดกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

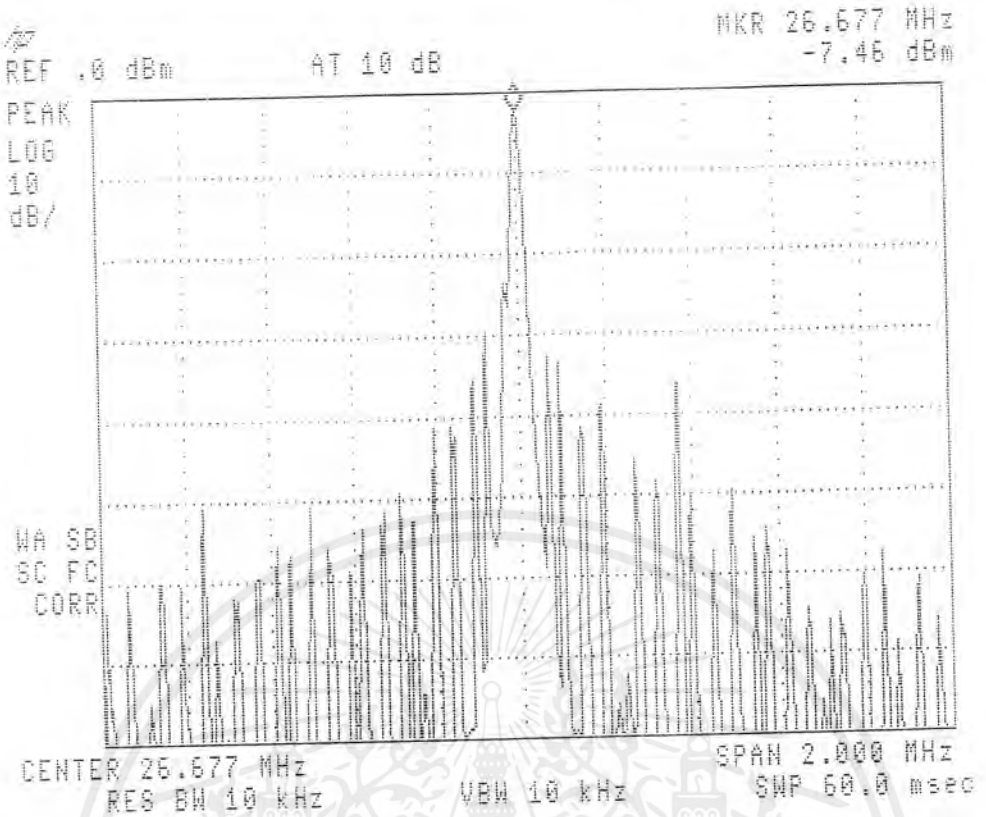


รูปที่ 4.7 สเปกตรัม 27 MHz และความถี่ข้างเคียง

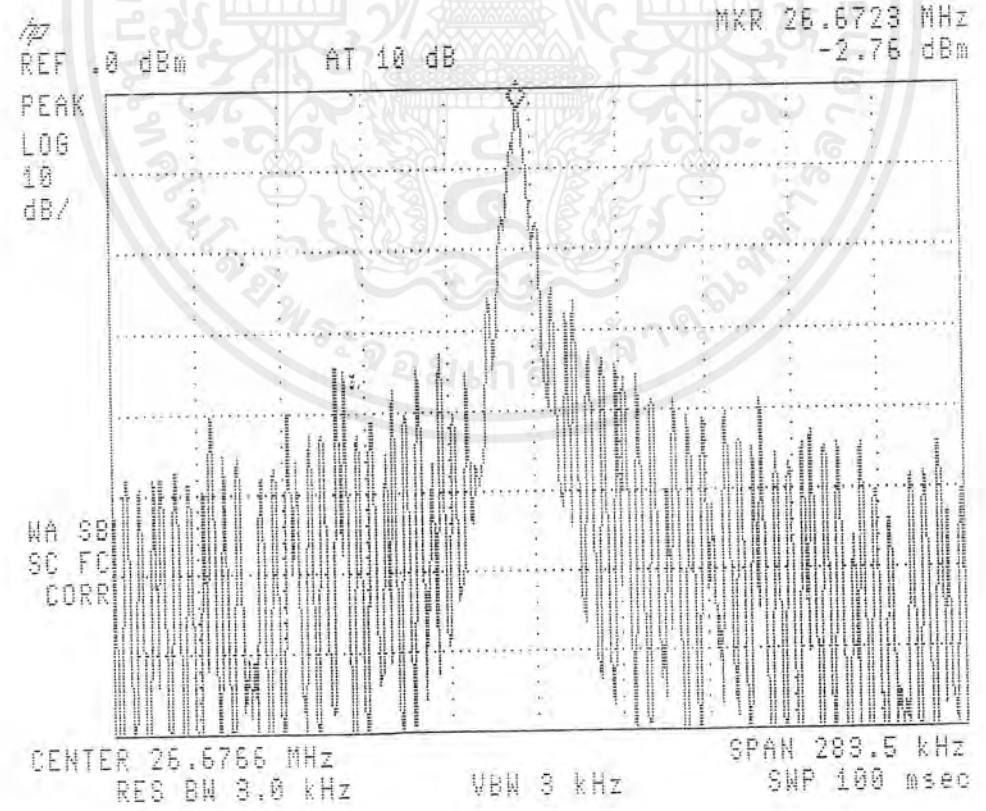


รูปที่ 4.8 สเปกตรัม 27 MHz พร้อมความถี่ลำดับที่สูงกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

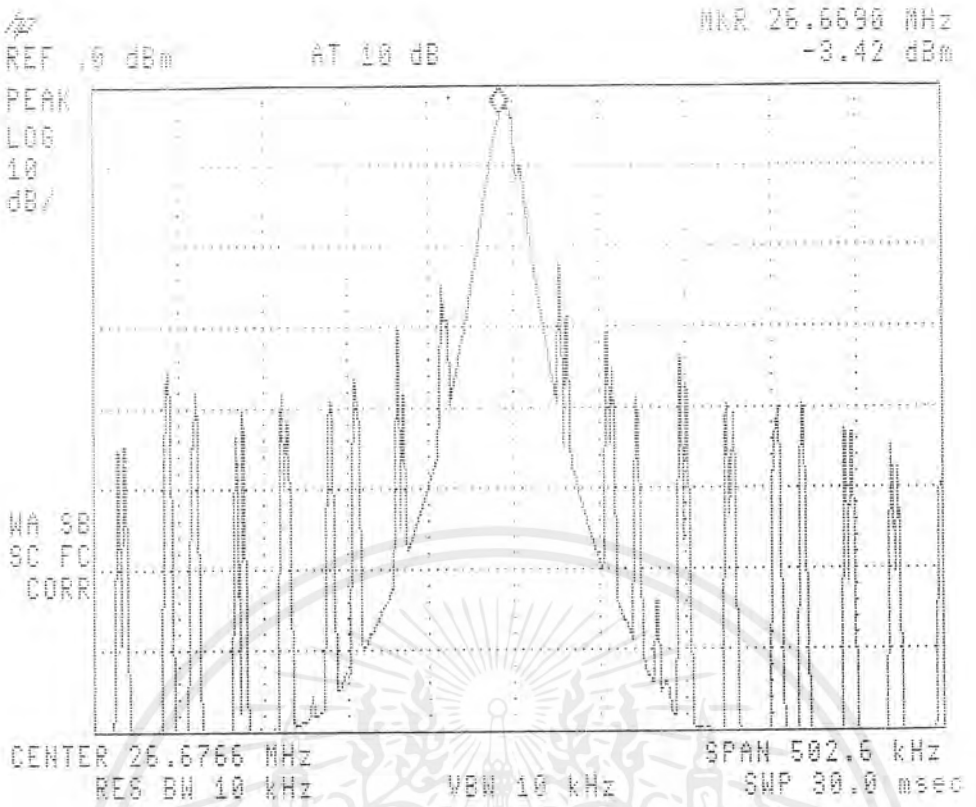


รูปที่ 4.9 สเปกตรัม 27 MHz เมื่อกดแป้นโทรศัพท์เลข 0



รูปที่ 4.10 สเปกตรัม 27 MHz เมื่อกดแป้นโทรศัพท์เลข 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 สเปกตรัม 27 MHz เมื่อกดแป้นโทรศัพท์เลข 6 และขยายให้ใหญ่ขึ้น

รูปที่ 4.9, 4.10, 4.11 แสดงให้เห็นถึงสัญญาณข้อมูลที่ถูกมอทดูเลชั่น ทั้งทาง Lower sideband และ Upper sideband จากภาพจะเห็นสัญญาณฮาร์โมนิคต่างๆของสัญญาณ DTMF อันเนื่องมาจากความแรงของสัญญาณดังกล่าว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปและวิจารณ์

จากผลการทดลองวัดค่าสเปคตรัม(Spectrum) ของวงจรภาคส่งสามารถวัดค่ากำลังส่งของเครื่องส่งซึ่งมีค่าประมาณ 18 dBm (Tx Output Power) ในขณะที่เครื่องรับมีค่าความไวในการรับสัญญาณ (Sensitivity) ต่ำสุดประมาณ -20 dBm จึงจะสามารถทำให้วงจรรับข้อมูลและทำงานได้ถูกต้อง เครื่องส่งและเครื่องรับสามารถส่งได้ไกลสุดประมาณ 20 เมตร และสามารถส่งต่างห้องกันได้ หากไกลกว่านี้การทำงานอาจจะผิดพลาดได้ สำหรับผลการทดลองเมื่อกดแป้นโทรศัพท์จะมีฮาร์โมนิค (Harmonic) ของสัญญาณข้อมูลเกิดขึ้น อันเนื่องมาจากความแรงของสัญญาณโทรศัพท์ (DTMF) ก่อนนำมามอดูเลตมีค่าสูงเกินไป ดังนั้นหากต้องการลดขนาดของสัญญาณจะต้องต่อตัวต้านทานและตัวเก็บประจุเพื่อปรับและลดขนาดของสัญญาณก่อนที่จะมามอดูเลชั่น อย่างไรก็ตามจากผลการทดลองแม้จะมีสัญญาณฮาร์โมนิค อุปกรณ์ก็ยังสามารถทำงานได้ตามปกติ

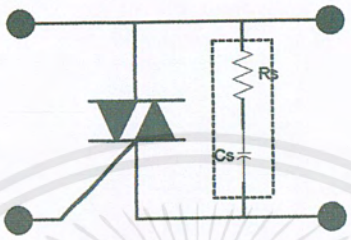
การทำงานของวงจรในการสั่งให้เครื่องควบคุม ON-OFF LOAD

- ก่อนที่จะ ON-OFF LOAD หมายเลขใดๆ จะต้องกดปุ่มส่งรหัสผ่านก่อน คือกดปุ่ม * ก่อนที่จะส่ง ON LOAD และกดปุ่ม # ก่อนที่จะสั่ง OFF LOAD
- ภายหลังจากที่กดปุ่ม ON-OFF LOAD ได้ตามต้องการแล้ว ให้กดปุ่มหมายเลข 0 เพื่อเซตวงจรของเครื่องควบคุม ให้เข้าสู่สภาวะเตรียมพร้อม หรือเลิกการติดต่อกับเครื่องควบคุม
- ในกรณีที่ผู้เรียกกดปุ่มสั่ง ON หรือ OFF ผิดพลาด เช่น ต้องการจะ ON LOAD หมายเลข 1 , 2 ,3 แต่กดปุ่มหมายเลข 4 , 2 , 3 สามารถที่จะแก้ไขได้โดยมีขั้นตอนก่อนที่จะเปลี่ยนจาก ON LOAD เป็น OFF LOAD จะต้องกดปุ่มหมายเลข 0 ก่อน เพื่อรีเซตวงจรแล้วจึงกดปุ่มส่งรหัสผ่านอีกครั้งหนึ่ง
- การสั่งให้ ON-OFF LOAD โดยไม่ส่งรหัสผ่านก่อนจะไม่สามารถ ON-OFF LOAD ได้
- กรณีที่ผู้เรียกกดปุ่มรหัสผ่าน * และ # ติดต่อกัน วงจรจะมีระบบป้องกันเพื่อมิให้เกิดการเสียหายต่อวงจร โดยจะรีเซตให้วงจรภาคควบคุมสัญญาณและภาคแปลงรหัส HEX / DEC หยุดทำงานและวงจรเข้าสู่สภาวะเตรียมพร้อม

ปัญหาที่พบจากการควบคุมโหลดซึ่งเป็นอุปกรณ์ไฟฟ้าก็คือ เมื่อเสียบปลั๊กไฟเข้ากับเครื่องจะมีผลทำให้ไฟที่หลอด LED และโหลด บางช่องติดหรือดับขึ้นมาเองโดยที่ยังไม่ได้ส่งสัญญาณไปควบคุม ซึ่งอาจสันนิษฐานเบื้องต้นได้ว่าเมื่อมีการเสียบปลั๊กอาจจะมีการสปาค (Spark) ของไฟขึ้นจนมีผลทำให้เกิดสัญญาณรบกวนไปรบกวนวงจรซึ่งใช้ไตรแอค (Triac) ตัวอื่น ๆ ให้ไฟติดขึ้นมาเอง เราอาจแก้ไขได้โดยการใช้ไตรแอคที่มีความไวให้น้อยลงกว่าเดิมเพื่อขจัดปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวน หรืออาจจะใช้วิธีใช้ความต้านทานที่ปรับค่าได้ที่ตัวไตรแอคเพื่อปรับให้สัญญาณรบกวนลดลง ข้อสันนิษฐานอีกข้อก็คืออาจเกิดจากความไม่มีเสถียรภาพของสัญญาณที่ตัวฟลิบฟลอบ (IC เบอร์ 74279) ทำให้สัญญาณที่ออกมาอาจจะผิดเพี้ยนไปจากที่ต้องการ ซึ่งแก้ไขได้โดยการต่อความต้านทานเข้ากับไฟ (Pull Up)หรือกราวน์ (Pull Down)ที่ขาออกของไอซีเพื่อให้สัญญาณมีเสถียรภาพมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการใช้ไตรแอคเป็นตัวสวิตซ์ชิ่งหากโหลดมีค่าความเหนี่ยวนำมากวนทำให้เกิดไฟกระชากอย่างแรงเมื่อเปิดปิดสวิตซ์หรือเกิดไฟตก ซึ่งผลของความเป็นตัวเหนี่ยวนำจะทำให้อุปกรณ์ไตรแอคทำงานได้เองโดยไม่ต้องทริกเกต ดังนั้นเราจึงต้องมีวงจรที่สามารถกำจัดสัญญาณรบกวนที่เกิดจากความเหนี่ยวนำ ก็คือวงจรสนับเบอร์ (Snubber) วงจรสนับเบอร์เป็นเพียงแค่ค่า RC ต่ออนุกรมแล้วขนานไปกับขั้วหลักของไตรแอค ดูได้จากรูป



รูปที่ 5.1 ไตรแอคที่ต่อวงจรสนับเบอร์

ในการคำนวณวงจรสนับเบอร์ก่อนอื่นต้องหาค่าความเหนี่ยวนำ (L) ของโหลดให้ได้ก่อน

$$f = (dv/dt) / 2\P V_p \qquad Hz$$

$$C_s = 1/(2\P f)^2 L \qquad F$$

$$R_s = \sqrt{L/C_s} \qquad \Omega$$

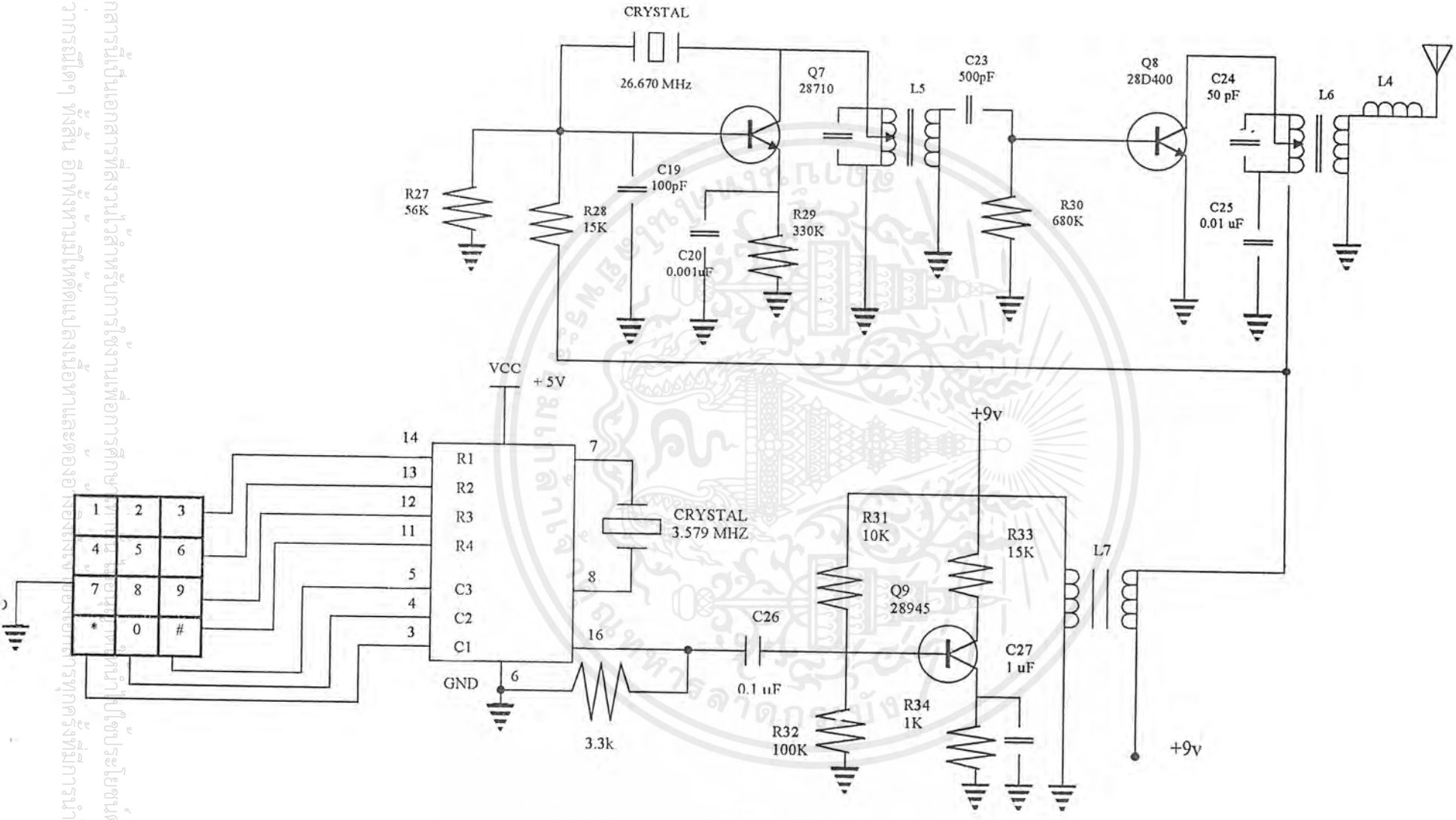
V_P คือค่าแรงดันสูงสุด

หลังจากคำนวณได้ค่า f แล้วนำไปแทนหาค่า C_s และ R_s ต่อไป C_s ในวงจรสนับเบอร์จะจำกัดค่า dv/dt จากภายนอกไม่ให้เกิดค่า dv/dt ของไตรแอค ส่วน R_s เป็นตัวจำกัดกระแสกระชากจาก C_s ขณะที่ไตรแอคนำกระแส

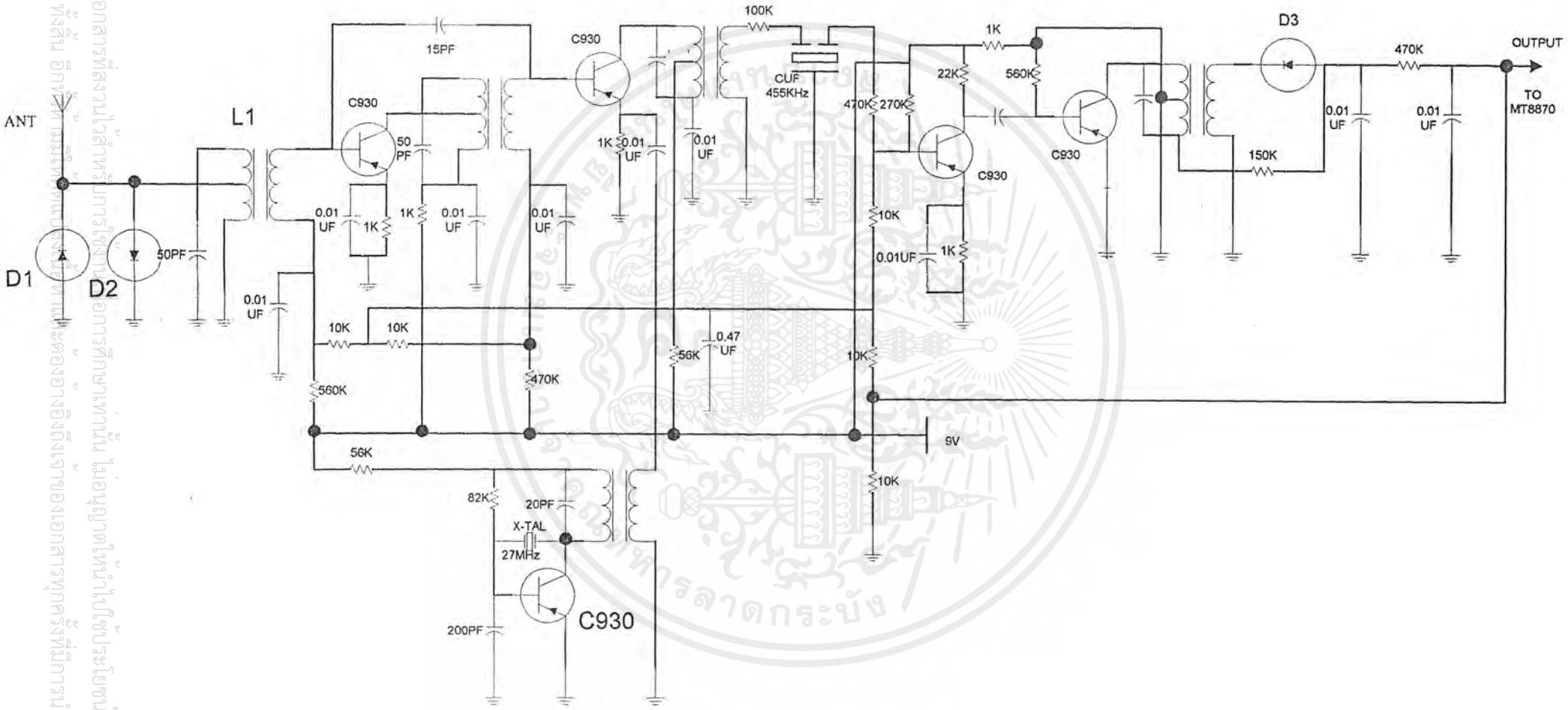
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

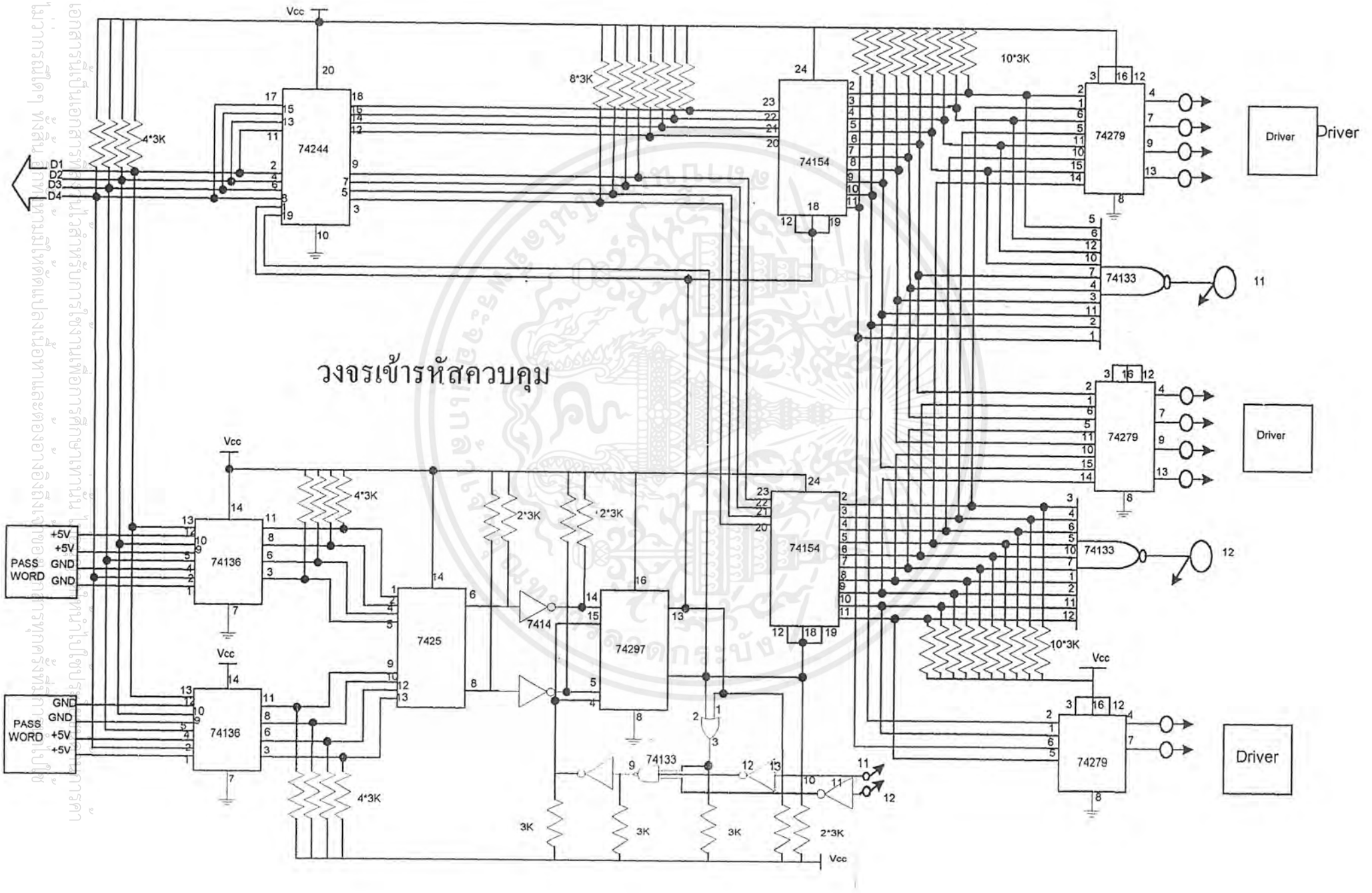
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

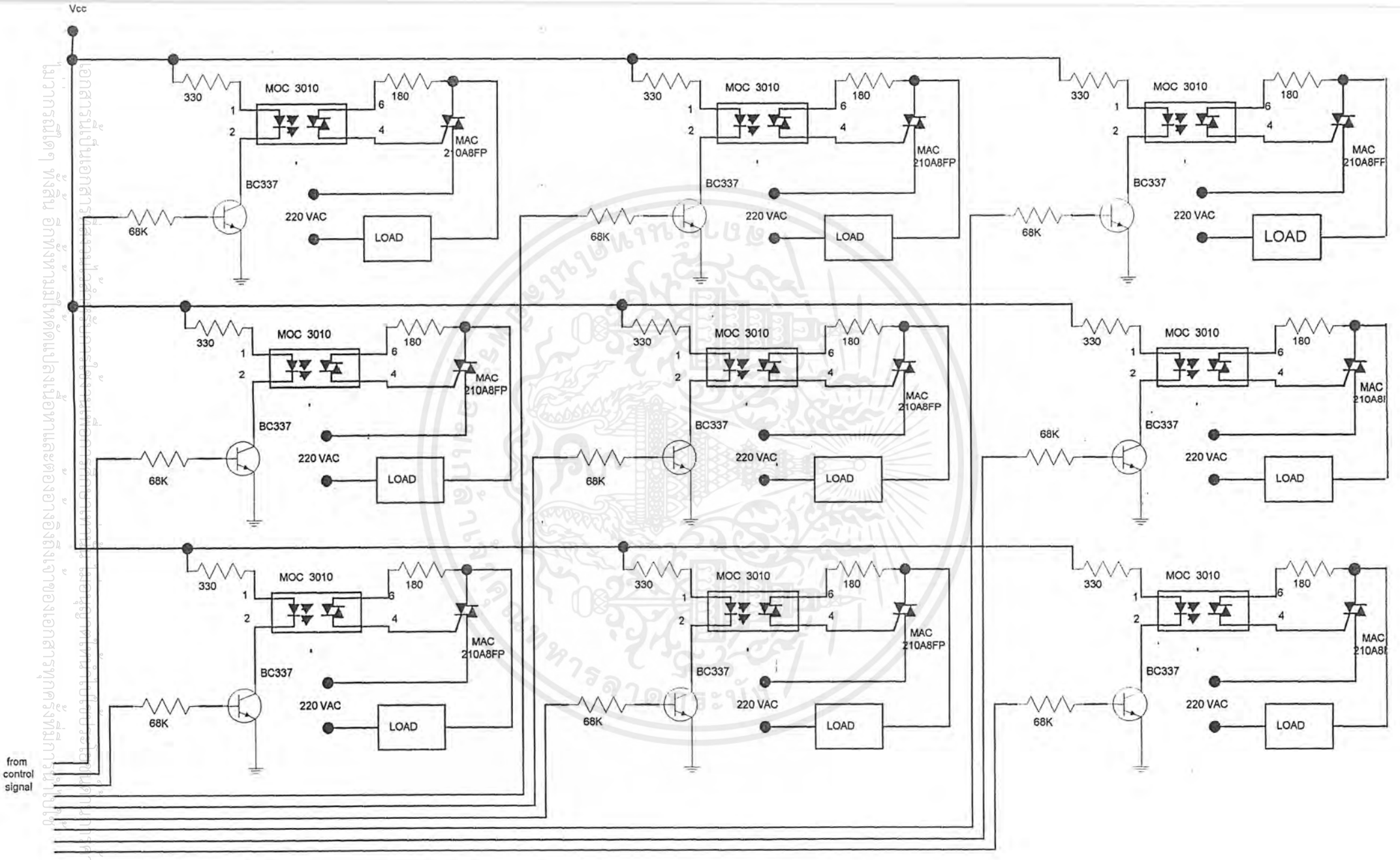


วงจรชุดภาคส่ง



วงจรภาครับสัญญาณ


วงจรเข้ารหัสควบคุม
Vcc
74244
74154
74279
74133
74136
7425
7414
74297
4*3K
8*3K
10*3K
2*3K
3K
D1
D2
D3
D4
PASS WORD
+5V
GND
Driver
11
12



วงจรภาคขับโหลด

MAC210A8FP, MAC210A10FP

Triacs

Silicon Bidirectional Thyristors

Designed primarily for full-wave ac control applications, such as light dimmers, motor controls, heating controls and power supplies; or wherever full-wave silicon gate controlled solid-state devices are needed. Triac type thyristors switch from a blocking to a conducting state for either polarity of applied main terminal voltage with positive or negative gate triggering.

- Blocking Voltage to 800 Volts
- All Diffused and Glass Passivated Junctions for Greater Parameter Uniformity and Stability
- Small, Rugged, Thermowatt Construction for Low Thermal Resistance, High Heat Dissipation and Durability
- Gate Triggering Guaranteed in Four Modes
- Ⓤ Indicates UL Registered — File #E69369
- Device Marking: Logo, Device Type, e.g., MAC210A8FP, Date Code

MAXIMUM RATINGS (T_J = 25°C unless otherwise noted)

Rating	Symbol	Value	Unit
Peak Repetitive Off–State Voltage(1) (T_J = –40 to +125°C, Sine Wave, 50 to 60 Hz, Gate Open) MAC210A8FP MAC210A10FP	V_{DRM}, V_{RRM}	 600 800	Volts
On-State RMS Current (T_C = +70°C)(2) Full Cycle Sine Wave 50 to 60 Hz	$I_{T(RMS)}$	10	Amps
Peak Non–repetitive Surge Current (One Full Cycle Sine Wave, 60 Hz, T_C = +70°C) Preceded and followed by rated current	I_{TSM}	100	Amps
Circuit Fusing Consideration (t = 8.3 ms)	I^2t	40	A^2s
Peak Gate Power (T_C = +70°C, Pulse Width = 10 μs)	P_{GM}	20	Watts
Average Gate Power (T_C = +70°C, t = 8.3 ms)	$P_{G(AV)}$	0.35	Watt
Peak Gate Current (T_C = +70°C, Pulse Width = 10 μsec)	I_{GM}	2.0	Amps
RMS Isolation Voltage (T_A = 25°C, Relative Humidity ≤ 20%) Ⓤ	$V_{(ISO)}$	1500	Volts
Operating Junction Temperature Range	T_J	–40 to +125	°C
Storage Temperature Range	T_{stg}	–40 to +150	°C

(1) V_{DRM} and V_{RRM} for all types can be applied on a continuous basis. Blocking voltages shall not be tested with a constant current source such that the voltage ratings of the devices are exceeded.

(2) The case temperature reference point for all T_C measurements is a point on the center lead of the package as close as possible to the plastic body.

ON Semiconductor

http://onsemi.com

ISOLATED TRIAC (Ⓤ)
10 AMPERES RMS
600 thru 800 VOLTS

ISOLATED TO–220 Full Pack
CASE 221C
STYLE 3

PIN ASSIGNMENT	
1	Main Terminal 1
2	Main Terminal 2
3	Gate

ORDERING INFORMATION

Device	Package	Shipping
MAC210A8FP	ISOLATED TO220FP	500/Box
MAC210A10FP	ISOLATED TO220FP	500/Box

© Semiconductor Components Industries, LLC, 1999

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	2.2	°C/W
Thermal Resistance, Case to Sink	$R_{\theta CS}$	2.2 (typ)	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	60	°C/W
Maximum Lead Temperature for Soldering Purposes 1/8″ from Case for 10 Seconds	T_L	260	°C

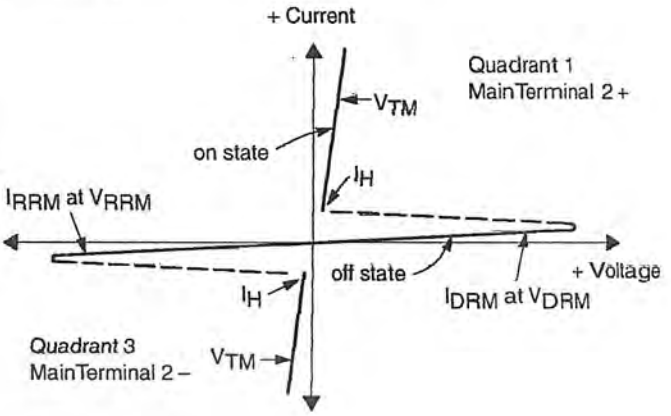
ELECTRICAL CHARACTERISTICS (T_C = 25°C unless otherwise noted; Electricals apply in both directions)

Characteristic		Symbol	Min	Typ	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS						
Peak Repetitive Blocking Current (V_D = Rated V_{DRM}, V_{RRM}; Gate Open)	T_J = 25°C T_J = +125°C	I_{DRM}, I_{RRM}	— —	— —	10 2.0	μA mA
ON CHARACTERISTICS						
Peak On-State Voltage (I_{TM} = ±14 A Peak; Pulse Width = 1 to 2 ms, Duty Cycle ≤ 2%)		V_{TM}	—	1.2	1.65	Volts
Gate Trigger Current (Continuous dc) (Main Terminal Voltage = 12 Vdc, R_L = 100 Ohms)		I_{GT}				mA
MT2(+), G(+)			—	12	50	
MT2(+), G(−)			—	12	50	
MT2(−), G(−)			—	20	50	
MT2(−), G(+)			—	35	75	
Gate Trigger Voltage (Continuous dc) (Main Terminal Voltage = 12 Vdc, R_L = 100 Ohms)		V_{GT}				Volts
MT2(+), G(+)			—	0.9	2.0	
MT2(+), G(−)			—	0.9	2.0	
MT2(−), G(−)			—	1.1	2.0	
MT2(−), G(+)			—	1.4	2.5	
Gate Non−Trigger Voltage (Continuous dc) (Main Terminal Voltage = 12 V, R_L = 100 Ω, T_J = +125°C) All Four Quadrants		V_{GD}	0.2	—	—	Volts
Holding Current (Main Terminal Voltage = 12 Vdc, Gate Open, Initiating Current = ±200 mA)		I_H	—	6.0	50	mA
Turn-On Time (V_{DRM}, I_{TM} = 14 A, I_{GT} = 120 mA, Rise Time = 0.1 μs, Pulse Width = 2 μs)		t_{gt}	—	1.5	—	μs
DYNAMIC CHARACTERISTICS						
Critical Rate of Rise of Commutation Voltage (V_D = Rated V_{DRM}, I_{TM} = 14 A, Commutating di/dt = 5.0 A/ms, Gate Unenergized, T_C = +70°C)		$dv/dt_{(c)}$	—	5.0	—	V/μs
Critical Rate of Rise of Off−State Voltage (V_D = Rated V_{DRM}, Exponential Voltage Rise, Gate Open, T_C = +70°C)		dv/dt	—	100	—	V/μs

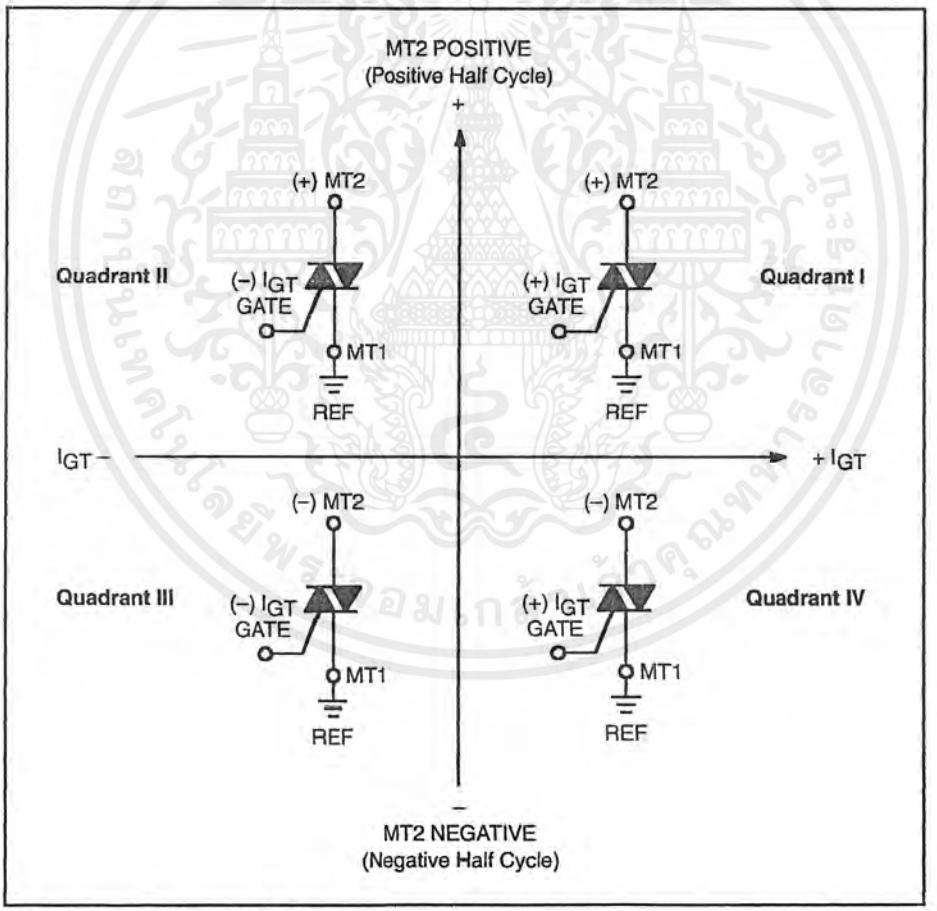
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Voltage Current Characteristic of Triacs (Bidirectional Device)

Symbol	Parameter
V_{DRM}	Peak Repetitive Forward Off State Voltage
I_{DRM}	Peak Forward Blocking Current
V_{RRM}	Peak Repetitive Reverse Off State Voltage
I_{RRM}	Peak Reverse Blocking Current
V_{TM}	Maximum On State Voltage
I_H	Holding Current



Quadrant Definitions for a Triac



All polarities are referenced to MT1.
With in–phase signals (using standard AC lines) quadrants I and III are used.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TYPICAL CHARACTERISTICS

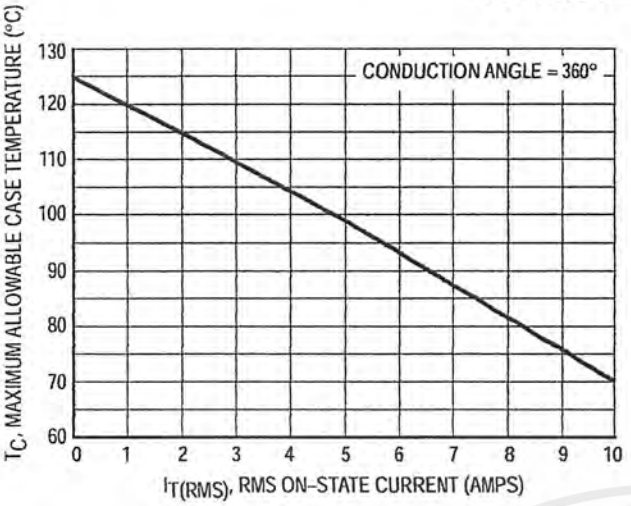


Figure 1. Current Derating

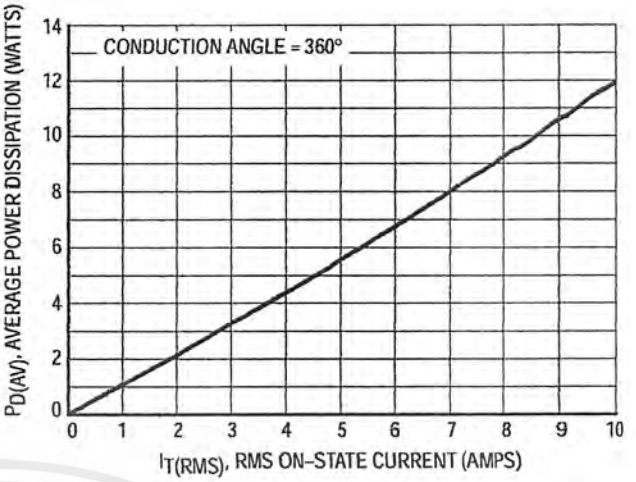


Figure 2. Power Dissipation

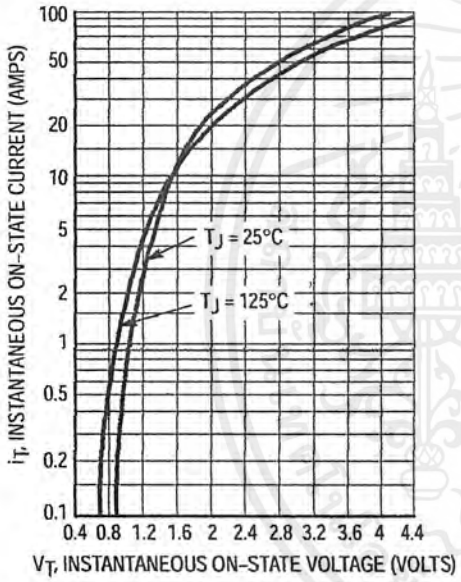


Figure 3. Maximum On–State Characteristics

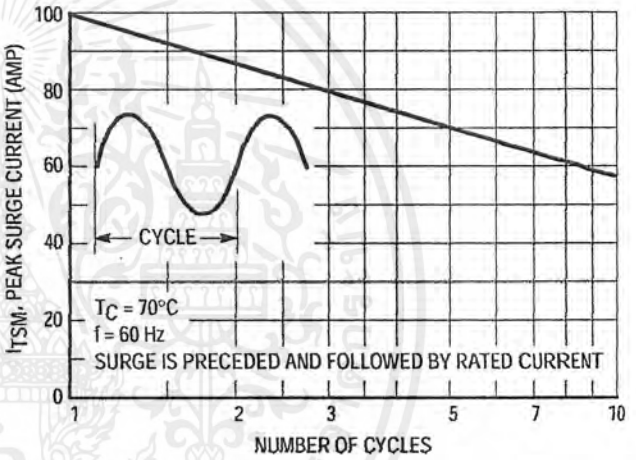


Figure 4. Maximum Nonrepetitive Surge Current

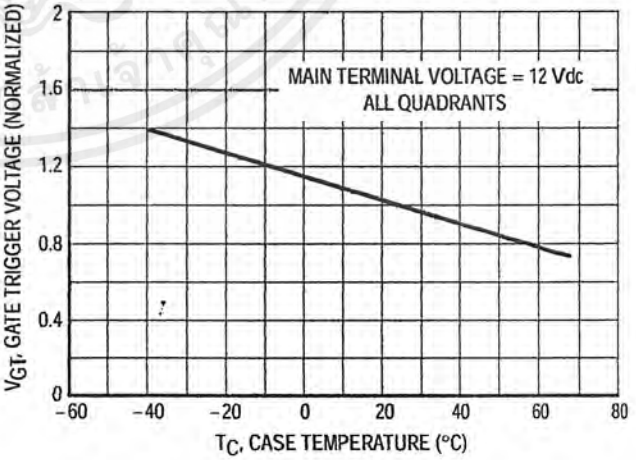


Figure 5. Typical Gate Trigger Voltage

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

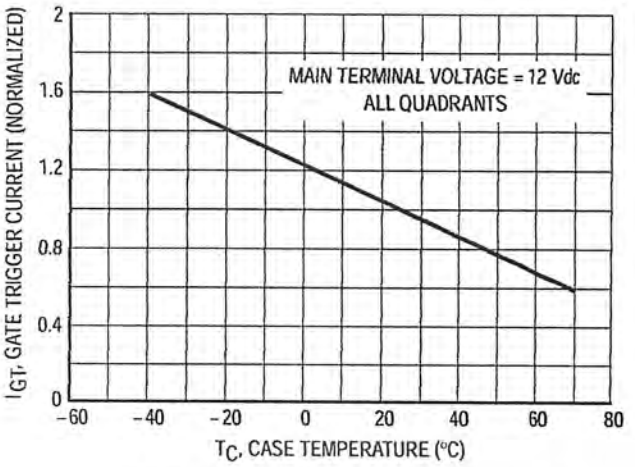


Figure 6. Typical Gate Trigger Current

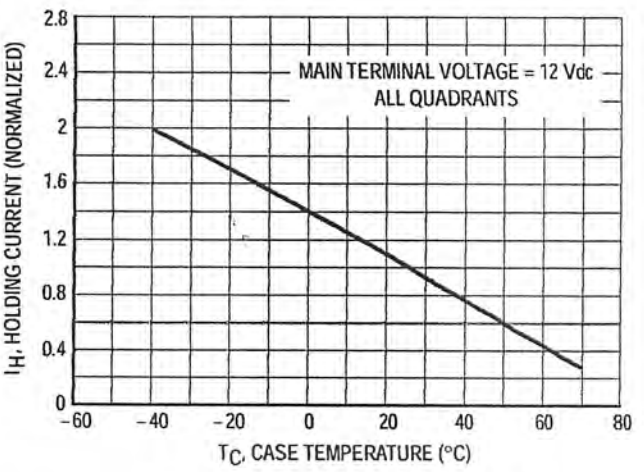


Figure 7. Typical Holding Current

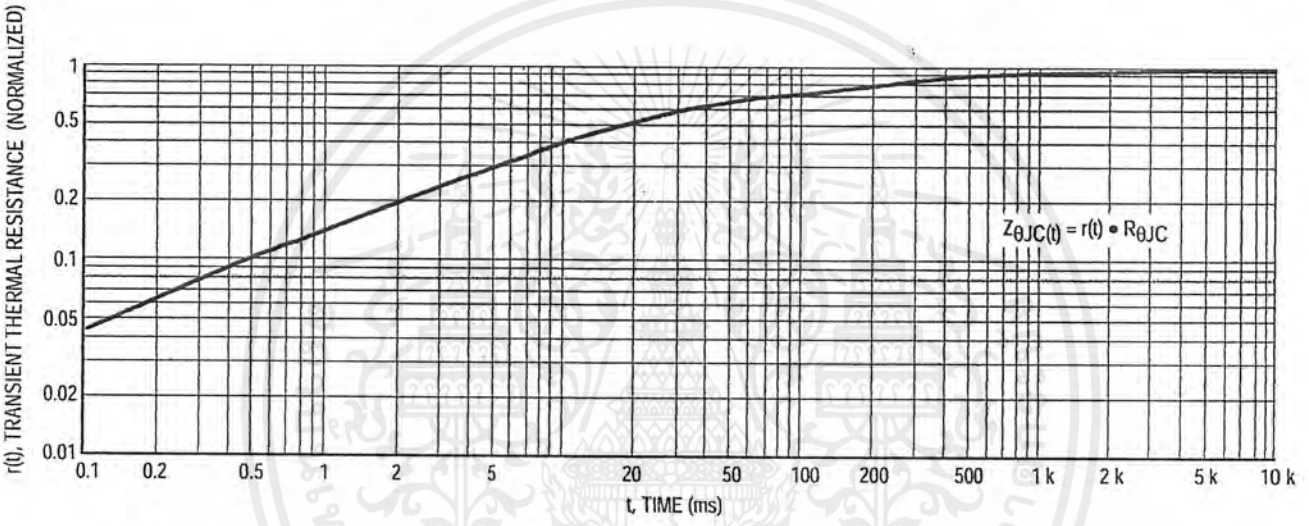
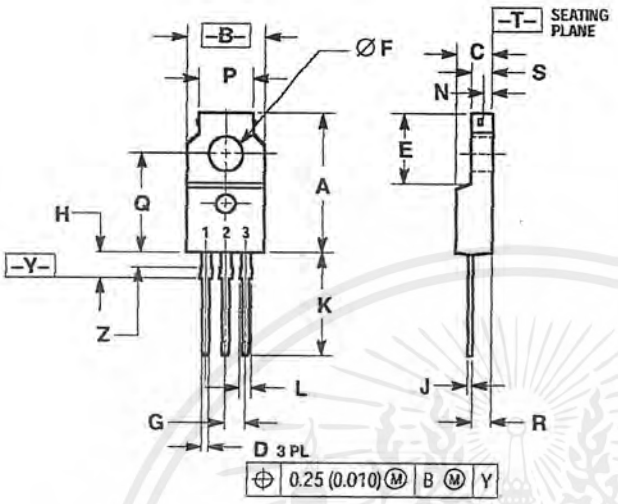


Figure 8. Thermal Response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE DIMENSIONS

ISOLATED TO–220 Full Pack
CASE 221C–02
ISSUE C



NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
3. LEAD DIMENSIONS UNCONTROLLED WITHIN DIMENSION Z.

	INCHES		MILLIMETERS	
DIM	MIN	MAX	MIN	MAX
A	0.680	0.700	17.28	17.78
B	0.388	0.408	9.86	10.36
C	0.175	0.195	4.45	4.95
D	0.025	0.040	0.64	1.01
E	0.340	0.355	8.64	9.01
F	0.140	0.150	3.56	3.81
G	0.100 BSC		2.54 BSC	
H	0.110	0.155	2.80	3.93
J	0.018	0.028	0.46	0.71
K	0.500	0.550	12.70	13.97
L	0.045	0.070	1.15	1.77
N	0.049	—	1.25	—
P	0.270	0.290	6.86	7.36
Q	0.480	0.500	12.20	12.70
R	0.090	0.120	2.29	3.04
S	0.105	0.115	2.67	2.92
Z	0.070	0.090	1.78	2.28

STYLE 3:
PIN 1. MT 1
2. MT 2
3. GATE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5414/7414 Hex Schmitt-Trigger Inverter

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package			
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF
T.I.											SN54LS14					SN5414									
											SN74LS14					SN7414									
FAIRCHILD											[illegible]					[illegible]									
											[illegible]					[illegible]									
MOTOROLA											SN74LS14					MC7414									
N.S.C.											DM54LS14					DM5414									
											DM74LS14					DM7414									
PHILIPS											N74LS14					N7414									
SIGNETICS											S74LS14					7414									
SIEMENS																									
FUJITSU											74LS14														
HITACHI											HD74LS14					HD7414									
MITSUBISHI											M74LS14					M53214									
NEC																									
TOSHIBA																									

Electrical Characteristics SN54LS14/SN74LS14

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS14	−55°C to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS14	0°C to 70°C
		Storage temperature range		−65°C to 150°C

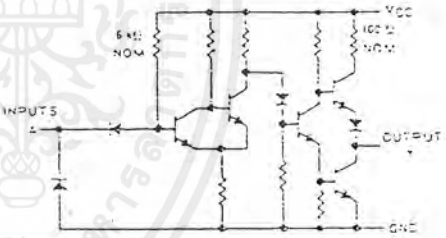
recommended operating conditions

	SN54LS14			SN74LS14			Unit
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−400			−400	μA
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

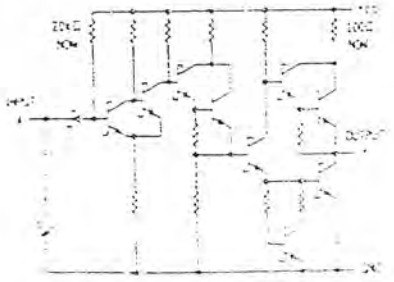
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER		TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{T+}	Positive-going threshold voltage	V_{CC}=5V	1.4	1.6	1.9	V
V_{T-}	Negative-going threshold voltage	V_{CC}=5V	0.5	0.8		V
	Hysteresis ($V_{T+}-V_{T-}$)	V_{CC}=5V	0.4	0.8		V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC}=MIN, I_I=−18mA			−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_I=V_{T-} max, I_{OH}=MAX	2.7	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC}=MIN, V_I=V_{T+} max, I_{OL}=4mA		0.25	0.4	V
I_{T-}	Input current at positive-going threshold	V_{CC}=5V, V_I=V_{T-}		−0.14		mA
I_{T+}	Input current at negative-going threshold	V_{CC}=5V, V_I=V_{T+}		−0.18		mA
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC}=MAX, V_I=7V			0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC}=MAX, V_I=2.7V			20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC}=MAX, V_I=0.4V			−0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current*	V_{CC}=MAX	−20		−100	mA
I_{CC}	Supply current: Total, output high	V_{CC}=MAX		4.6	10	mA
	Total, output low			12	22	
	Average per gate	V_{CC}=5V, See Fig. 1		1.2		
t_{PLH}	Propagation delay time, high-to-low-level output	V_{CC}=5V, T_A=25°C		15	22	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output	R_L=390Ω, C_L=15pF		15	22	ns

Schematics (each gate)

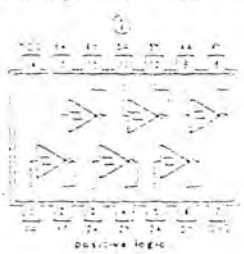


'14 CIRCUIT



'LS14 CIRCUIT

Pin Assignment (Top View)



positive logic

Y = $\overline{A}$

Resistor values shown are nominal and in ohms.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at V_{CC}=5V, T_A=25°C.

* Not more than one output should be shorted at a time.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5415/7415 Triple 3-Input Positive-AND Gate with Open-Collector Output

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package		
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF
T.I.	SN54S15	J⑭			W⑭	SN54H15	J⑭			W⑭	SN54LS15	J⑭			W⑭						
	SN74S15	J⑭	N⑭			SN74H15	J⑭	N⑭			SN74LS15	J⑭	N⑭			SN7415	J⑭	N⑭			
FAIRCHILD	9054S15/9074S15	X⑭			F⑭	9054H15/9074H15	X⑭			F⑭	9054LS15/9074LS15	X⑭			F⑭						
	7054S15/7074S15	X⑭	P⑭		F⑭	7054H15/7074H15	X⑭	P⑭		F⑭	7054LS15/7074LS15	X⑭	P⑭		F⑭						
MOTOROLA											SN74LS15		P⑭								
N.S.C.	DM74S15		N⑭								DM74LS15		⑭								
											DM54LS15		⑭								
PHILIPS	N74S15		⑭								N74LS15		⑭								
SIGNETICS	N74S15										N74LS15		A⑭								
SIEMENS																FLH551		⑭			
FUJITSU																					
HITACHI	HD74S15	D	P⑭								HD74LS15										
MITSUBISHI	M55015		P⑭																		
NEC																					
TOSHIBA																					

Electrical Characteristics SN54LS15/SN74LS15

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS15	−55°C	to 125°C
Input voltage	7V		SN74LS15	0°C	to 70°C
Off-state (high-level) voltage applied to open-collector outputs	7V	Storage temperature range		−65°C	to 150°C
		Interemitter voltage		5.5V	

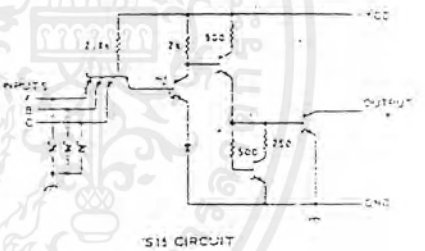
recommended operating conditions

	SN54LS15 MIN	SN54LS15 NOM	SN54LS15 MAX	SN74LS15 MIN	SN74LS15 NOM	SN74LS15 MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output voltage, V_{OH}			5.5			5.5	V
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

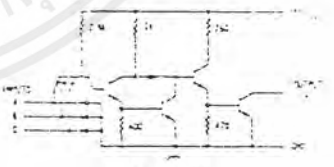
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

	PARAMETER	TEST CONDITIONS †	MIN	TYP ‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage		2			V
V_{IL}	Low-level input voltage				0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC} = MIN, I_I = −18mA			−1.5	V
I_{OH}	High-level output current	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, V_{OH} = 5.5V			100	μA
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IL} = V_{IL} max, I_{OL} = 4mA		0.25	0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC} = MAX, V_I = 7V			0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 2.7V			20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 0.4V			−0.4	mA
I_{CCH}	Supply current	V_{CC} = MAX, Total, outputs high		1.1	3.6	mA
I_{CCL}	Supply current	V_{CC} = MAX, Total, outputs low		3.3	6.6	mA
I_{CC}	Supply current	V_{CC} = 5V, Average per gate (50% duty cycle)		0.55		mA
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V_{CC} = 5V, T_A = 25°C, C_L = 15pF, R_L = 2kΩ		22	35	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output			17	35	ns

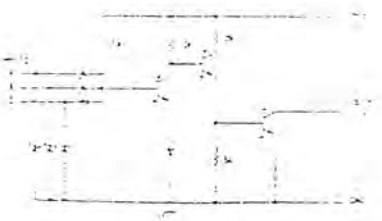
Schematics (each gate)



'S15 CIRCUIT

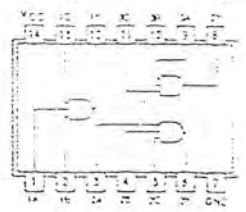


'H15 CIRCUIT



'LS15 CIRCUIT

Pin Assignment (Top View)



† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.

‡ All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5417/7417 Hex Buffer/Driver with Open-Collector High-Voltage Output

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF
T.I																SN5417		⑭		⑭					
																SN7417		⑭	IN	⑭					
FAIRCHILD																FM5417/FM5N17		⑭							
																FC7417/FC5N17		⑭	P	⑭					
MOTOROLA																									
																SN7417		P							
N.S.C																DM5417		⑭		⑭					
																DM7417		⑭	IN	⑭					
PHILIPS																									
																N7417		⑭							
SIGNETICS																5417		P							
																N7417		P							
SIEMENS																									
																FLH4517				⑭					
FUJITSU																									
HITACHI																									
																HD7417		P							
MITSUBISHI																									
																M7417		P							
NEC																									
TOSHIBA																									
																TD7417		P							

Electrical Characteristics SN5417/SN7417

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating, free-air temperature range: SN54'	−55°C to 125°C
Input voltage	5.5V	SN74'	0°C to 70°C
Off-state (high-level) voltage applied to open-collector outputs	15V	Storage temperature range	−65°C to 150°C

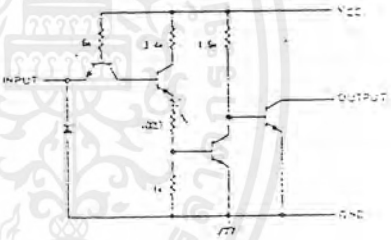
recommended operating conditions

	SN5417 MIN	NOM	MAX	SN7417 MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output voltage V_{OH}			15			15	V
Low-level output current, I_{OL}			32			48	mA
Operating free-air temperature T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

	PARAMETER	TEST CONDITIONS†	MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage		2			V
V_{IL}	Low-level input voltage				0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC}=MIN, I_I=−12mA			−1.5	V
I_{OH}	High-level output current	V_{CC}=MIN, V_{IH}=2V, V_{IL}=0.8V, V_{OH}=MAX			250	μA
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC}=MIN, I_{OL}=16mA, V_{IL}=V_{IL} max			0.4	V
		V_{CC}=MIN, I_{OL}=MAX, V_{IL}=V_{IL} max			0.7	
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC}=MAX, V_I=5.5V			1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC}=MAX, V_{IH}=2.4V			40	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC}=MAX, V_{IL}=0.4V			−1.6	mA
I_{CCH}	Supply current	V_{CC}=MAX, Total outputs high		25	41	mA
I_{CCL}	Supply current	V_{CC}=MAX, Total outputs low		27	39	mA
I_{CC}	Supply current	V_{CC}=5V, Average per gate (50% duty cycle)		4.7		mA
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V_{CC}=5V, T_A=25°C, C_L=15pF, R_L=133Ω		8	12	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output			22	33	ns

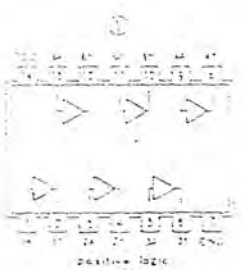
Schematic (each gate)



'17 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms.

Pin Assignment (Top View)



positive logic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5425/7425 Dual 4-Input Positive-NOR Gate with Strobe

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF
T.I.																SN5425	J⑭			W⑭					
																SN7425	J⑭	N⑭							
FAIRCHILD																FM5425/FM9N25	10Ⓒ								
																FC7425/FC9N25	10Ⓒ	P⑭							
MOTOROLA																									
																SN7425		P⑭							
N.S.C.																DM5425	J⑭	N⑭		W⑭					
																DM7425	J⑭	N⑭		W⑭					
PHILIPS																									
																N7425									
SIGNETICS																									
																N7425		A⑭							
SIEMENS																									
																FLH521		Ⓒ							
FUJITSU																									
HITACHI																									
																HD7425		P⑭							
MITSUBISHI																									
																M5322		P⑭							
NEC																									
TOSHIBA																									

Electrical Characteristics SN5425/SN7425

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54	−55°C to 125°C	
Input voltage	5.5V		SN74	0°C to 70°C	
Interemitter voltage	5.5V	Storage temperature range		−65°C to 150°C	

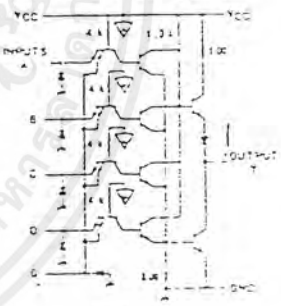
recommended operating conditions

	SN5425 MIN	NOM	MAX	SN7425 MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current I_{OH}			−400			−800	μA
Low-level output current I_{OL}			16			16	mA
Operating free-air temperature T_A	−55	25	125	0	25	70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

	PARAMETER		TEST CONDITIONS*		MIN	TYP†	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage				2			V
V_{IL}	Low-level input voltage						0.8	V
V_I	Input clamp voltage		V_{CC} = MIN, I_I = −12 mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage		V_{CC} = MIN, V_{IL} = V_{IL} max, I_{OH} = MAX		2.4	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage		V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2 V, I_{OL} = 16 mA			0.2	0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage		V_{CC} = MAX, V_I = 5.5 V				1	mA
I_{IH}	High-level input current	Data inputs	V_{CC} = MAX, V_{IH} = 2.4 V				40	μA
		Strobe at 25					150	
I_{IL}	Low-level input current	Data inputs	V_{CC} = MAX, V_{IL} = 0.4 V				−1.6	mA
		Strobe at 25					−6.4	
I_{OS}	Short-circuit output current‡		V_{CC} = MAX	54 Family	−20		−55	mA
				74 Family	−18		−55	
I_{CCH}	Supply current		V_{CC} = MAX	Total, outputs high		4	16	mA
I_{CCL}	Supply current			Total, outputs low		10	19	mA
I_{CC}	Supply current		V_{CC} = 5 V	Average per gate (50% duty cycle)		2.25		mA
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output		V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C			10	22	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output		C_L = 15 pF, R_L = 400 Ω			8	15	ns

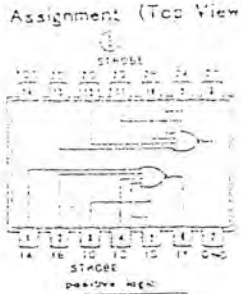
Schematic (each gate)



'25 CIRCUIT

Resistor values shown are nominal and in ohms.

Pin Assignment (Top View)



positive logic:
$Y = \overline{G(A+B+C+D)}$

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ Not more than one output should be shorted at a time.

เอกสารนี้ใช้เพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5432/7432 Quadruple 2-Input Positive-OR Gate

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF
T.I.	SN54S32	J⑭			W⑭						SN54LS32	J⑭			W⑭	SN5432	J⑭		W⑭					
	SN74S32	J⑭	N⑭								SN74LS32	J⑭	N⑭			SN7432	J⑭	N⑭						
FAIRCHILD	[illegible]	D⑭			F⑭						[illegible]	P⑭			F⑭	FM5432/FM9N32	D⑭		F⑭					
	[illegible]	D⑭	P⑭		F⑭						[illegible]	P⑭	P⑭		F⑭	FC7432/FC9N32	D⑭	P⑭						
MOTOROLA											SN74LS32		P⑭											
N.S.C.											DM74LS32		J⑭			DM5432	J⑭	N⑭	W⑭		DM54L32			
											DM54LS32		J⑭			DM74232	J⑭	N⑭			DM74L32			
PHILIPS	N74S32		C⑭								N74LS32		C⑭			N7432		N⑭						
SIGNETICS											N74LS32		A⑭			5432	F⑭	A⑭						
																7432	F⑭	A⑭						
SIEMENS																FLH631		C⑭						
FUJITSU											74LS32		M⑭											
HITACHI											HD74LS32		P⑭			HD7432		P⑭						
MITSUBISHI											M53L32		P⑭											
NEC											74LS32		C⑭											
TOSHIBA																								

Electrical Characteristics SN54LS32/SN74LS32

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range: SN54LS32	−55°C to 125°C
Input voltage	7V	SN74LS32	0°C to 70°C
		Storage temperature range	−65°C to 150°C

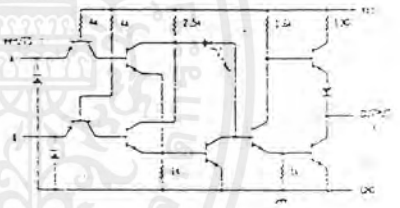
recommended operating conditions

	SN54LS32			SN74LS32			Unit
	min	nom	max	min	nom	max	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−400			−400	μA
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

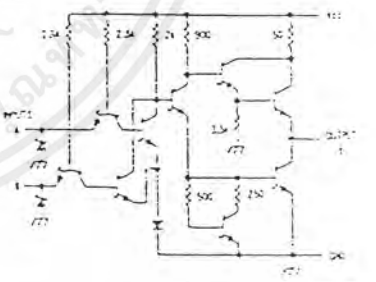
electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER		TEST CONDITIONS*	MIN	TYP†	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage		2			V
V_{IL}	Low-level input voltage				0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC} = MIN, I_I = −18 mA			−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IL} = 0.8 V, I_{OH} = MAX, V_{IH} = 2 V	2.7	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IL} = 0.8 V, I_{OL} = 4 mA, V_{IH} = 2 V		0.25	0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC} = MAX, V_I = 7 V			0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 2.7 V			20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 0.4 V			−0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current‡	V_{CC} = MAX	SN54LS32	−20		−100 mA
			SN74LS32	−20		−100 mA
I_{CCH}	Supply current	V_{CC} = MAX, V_I = 0 V (each gate)		3.1	5.1	mA
I_{CCL}	Supply current	V_{CC} = MAX, V_I = 4.5 V (each gate)		4.5	8.1	mA
I_{CC}	Supply current	V_{CC} = 5 V, all inputs at 2.5 V (each gate)		1.5		mA
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V_{CC} = 5 V, C_L = 15 pF, T_A = 25°C, R_L = 2 kΩ		14	22	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output			14	22	ns

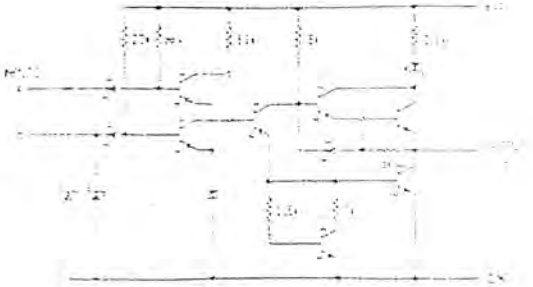
Schematics (each gate)



'32 CIRCUIT

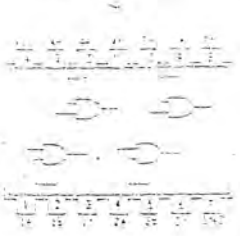


S32 CIRCUIT



LS32 CIRCUIT

Pin Assignment (Top View)



positive logic

Y = A + B

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54133/74133 13-Input Positive-NAND Gate

	Schottky TTL		High-Speed TTL		Low-Power Schottky TTL		Standard TTL		Low-Power TTL	
	Device Type	Package C J P M CF	Device Type	Package C J P M CF	Device Type	Package C J P M CF	Device Type	Package C J P M CF	Device Type	Package C J P M CF
T.I.	SN54S133	J N								
	SN74S133	J N								
FAIRCHLD	[illegible]	J N			[illegible]	J N				
	[illegible]	J N								
MOTOROLA					SN74LS133	J N				
N.S.C.	DM74S133	J N								
PHLIPS										
SGNETICS	S54S133	J N								
	N74S133	J N								
SEMENS										
FUJITSU										
HTACH	HD74S133	J P								
MITSUBISHI	M55133	J P								
NEC										
TOSHIBA										

Electrical Characteristics SN54S133 SN74S133

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54S133 −55°C to 125°C
Input voltage	5.5V		SN74S133 0°C to 70°C
Interemitter voltage	5.5V	Storage temperature range	−65°C to 150°C

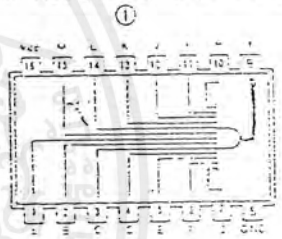
recommended operating conditions

	SN74S133 MIN	NOM	MAX	SN54S133 MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage V_{CC}	4.75	5	5.25	4.5	5	5.5	V
High-level output current I_{OH}			−1000			−1000	μA
Low-level output current I_{OL}			20			20	mA
Operating free-air temperature T_A	0		70	−55		125	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMTERP		TEST CONDITIONS*	MIN	TYP†	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage		2			V
V_{IL}	Low-level input voltage				0.8	V
V_{IK}	Input clamp voltage	V_{CC} = MIN, I_I = −18mA			−1.2	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IL} = MAX, I_{OH} = MAX	2.7	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, I_{OL} = MAX		0.35	0.5	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC} = MAX, V_I = 5.5V			1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 2.7V			50	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 0.5V			−2	mA
I_{OS}	Short-circuit output current	V_{CC} = MAX	−40		−100	mA
I_{CCH}	Supply current	V_{CC} = MAX, [illegible]		3.5	5	mA
I_{CCL}	Supply current	[illegible]		4.5	7	mA
I_{CC}	Supply current	V_{CC} = 5V, [illegible]		4.0		mA
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	V_{CC} = 5V, [illegible]		2	4	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output	[illegible]		3		ns

Pin Assignment (Top View)



Schematic(each gate)

'S133 CIRCUIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54136/74136 Quadruple 2-Input Exclusive-OR Gate with Open-Collector Output

	Schottky TTL		High-Speed TTL		Low-Power Schottky TTL		Standard TTL		Low-Power TTL	
	Device Type	Package C F P M	Device Type	Package C F P M	Device Type	Package C F P M	Device Type	Package C F P M	Device Type	Package C F P M
T. I.					SN54LS136	J W	SN54136	J W		
					SN74LS136	J N	SN74136	J N		
FAIRCHILD										
MOTOROLA					SN74_S136	N	MC74136	P		
N. S. C.	DM74S136				DM74_S136					
					DM54_S136	J				
PHILIPS					N74_S136					
SIGNETICS					N54_S136	J				
SIEMENS										
FUJITSU										
HITACHI					HD74_S136	P	HD74136	P		
MITSUBISHI										
NEC										
TOSHIBA										

Electrical Characteristics SN54LS136/SN74LS136

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7 V	Operating free-air temperature range: SN54LS136	−55°C to 125°C
Input voltage	7 V	SN74LS136	0°C to 70°C
		Storage temperature range	−65°C to 150°C

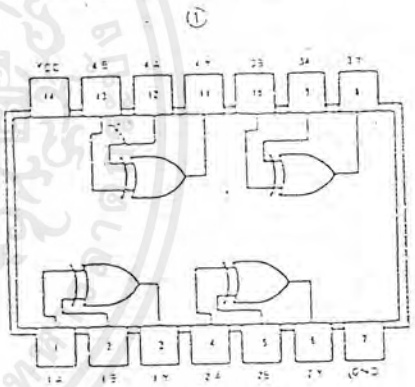
recommended operating conditions

	SN54LS136 MIN	NOM	MAX	SN74LS136 MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output voltage, V_{OH}			5.5			5.5	V
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Operating free-temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER*	TEST CONDITIONS*	MIN	TYP†	MAX	UNIT
V_{IH} High-level input voltage		2			V
V_{IL} Low-level input voltage				0.8	V
V_I Input clamp voltage	V_{CC} = MIN, I_I = −18 mA			−1.5	V
I_{OH} High-level output current	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2 V, V_{IL} = 0.8 V, V_{OH} = 5.5 V			100	μA
V_{OL} Low-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2 V, V_{IL} = 0.8 V, I_{OL} = 4 mA		0.25	0.4	V
	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2 V, V_{IL} = 0.8 V, I_{OL} = 8 mA			0.5	V
I_I Input current at maximum input voltage	V_{CC} = MAX, V_I = 7 V			0.1	mA
I_{IH} High-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 2.7 V			20	μA
I_{IL} Low-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 0.4 V			−0.4	mA
I_{CCH} Supply current, high-level output	V_{CC} = MAX, SN54LS136			5	mA
	SN74LS136			7	
t_{PLH} From A or B to Y	V_{CC} = 5 V, C_L = 15 pF, T_A = 25°C		12	22	ns
t_{PHL} From A or B to Y			12	22	ns
t_{PLH} From A or B to Y	V_{CC} = 5 V, C_L = 45 pF, T_A = 25°C		18	27	ns
t_{PHL} From A or B to Y			18	27	ns

Pin Assignment (Top View)



positive logic $Y = A\bar{B} + \bar{A}B = A \oplus B$

Function Table

'136 'LS136

INPUTS A	INPUTS B	OUTPUT Y
L	L	L
L	H	H
H	L	H
H	H	L

H = high level, L = low level

NOTE: I_{CC} is measured with one input of each gate at 4.5 V, the other inputs grounded, and the outputs open.

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable device type.

‡ All typical values are at V_{CC} = 5 V, T_A = 25°C.

§ t_{PLH} = propagation delay time, low-to-high-level output

t_{PHL} = propagation delay time, high-to-low-level output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54154/74154 4-Line-to-16-Line Decoder/Demultiplexer

	Schottky TTL		High-Speed TTL		Low-Power Schottky TTL		Standard TTL		Low-Power TTL	
	Device Type	Package C P M CF	Device Type	Package C P M CF	Device Type	Package C P M CF	Device Type	Package C P M CF	Device Type	Package C P M
T.I.							SN54154	J ⑳ W ⑳	SN54LS154	J ⑳
							SN74154	J ⑳ N ⑳	SN74LS154	J ⑳ N ⑳
FAIRCHILD								P ⑳		
							FC74154	P ⑳ M ㉔		
MOTOROLA										
							SN74154	P ⑳		
N.S.C.					DM54LS154	J ㉔ F ⑳	DM54154	J ㉔ F ⑳	DM54LS154A	J ⑳ N ⑳
					DM74LS154	J ㉔ N ⑳	DM74154	J ㉔ N ⑳ F ⑳	DM74LS154A	J ⑳ N ⑳
PHILIPS										
					N74LS154	J ㉔	N74154	J ㉔		
SIGNETICS							S54154	F ⑳ N ⑳ J ⑳		
							N74154	N ⑳		
SIEMENS										
FUJITSU							FLY141	J ⑳		
HITACHI										
MITSUBISHI					HD74LS154	P ㉔	HD74154 / HD7B30	J ⑳ P ⑳		
NEC							MS3354	P ㉔	✓	
TOSHIBA							μPB2154	D ⑳		

Electrical Characteristics SN54154/SN74154

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54	−55°C to 125°C
Input voltage	5.5V		SN74	0°C to 70°C
		Storage temperature range		−65°C to 150°C

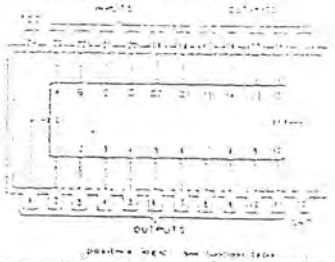
recommended operating conditions

	SN54154 MIN	NOM	MAX	SN74154 MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−400			−800	μA
Low-level output current, I_{OL}			16			16	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER*		TEST CONDITIONS*		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC} = MIN, I_I = −12 mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IL} = 0.8 V, V_{IH} = 2 V, I_{OH} = −800 μA		2.4	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IL} = 0.8 V, V_{IH} = 2 V, I_{OL} = 16 mA			0.2	0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC} = MAX, V_I = 5.5 V				1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 2.4 V				40	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 0.4 V				−1.6	mA
I_{OS}	Short-circuit output current*	V_{CC} = MAX	SN54	−20		−55	mA
			SN74	−18		−57	
I_{CC}	Supply current	V_{CC} = MAX, See Note	SN54		34	48	mA
			SN74		34	58	
t_{PLH}	From A, B, C, or D inputs through 3 levels of logic	V_{CC} = 5 V, C_L = 15 pF, T_A = 25°C, R_L = 400 Ω			24	36	ns
t_{PHL}	From A, B, C, or D inputs through 3 levels of logic				22	33	ns
t_{PLH}	From strobe G1 or G2 input				22	33	ns
t_{PHL}	From strobe G1 or G2 input				22	33	ns

Pin Assignment (Top View)

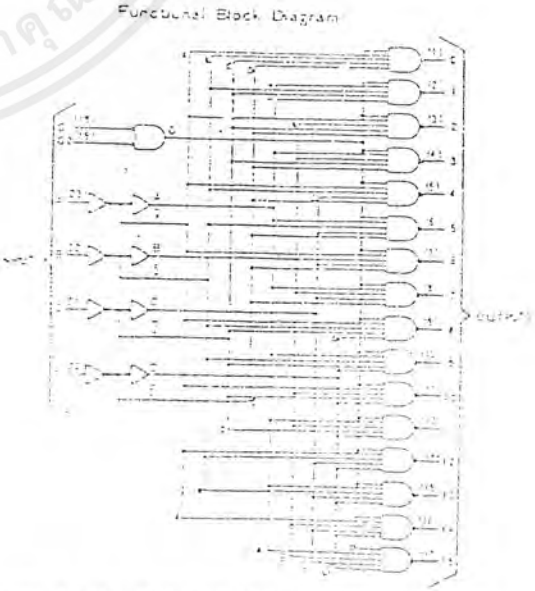


Function Table

54, 'L154

INPUTS G1	G2	D	C	B	A	OUTPUTS 0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
H	L	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	H	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H
H	L	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H
H	L	H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
H	L	H	H	L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H	H
H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H	H
H	L	H	H	H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H
H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
L	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
X	H	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H

Functional Block Diagram



54, 'L154 4-LINE-TO-16-LINE DECODER/DEMULTIPLEXER

NOTE: ICC is measured with all inputs grounded and all outputs open.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54244/74244 Octal Buffers/Line Drivers/Line Receivers

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package			
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	
T. I.											SN54LS244 SN74LS244	J ② J													
FAIRCHILD																									
MOTOROLA																									
N. S. C.																									
PHILIPS																									
SIGNETICS																									
SIEMENS																									
FUJITSU																									
HITACHI																									
MITSUBISHI																									
NEC																									
TOSHIBA																									

Electrical Characteristics SN54LS244/SN74LS244

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS244: 55°C to 125°C SN74LS244: 0°C to 70°C
Input voltage	5.5V		
Interemitter voltage	5.5V	Storage temperature range	−65°C to 150°C

recommended operating conditions

	SN54LS244			SN74LS244			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−12			−15	mA
Low-level output current, I_{OL}			12			24	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range (unless otherwise noted)

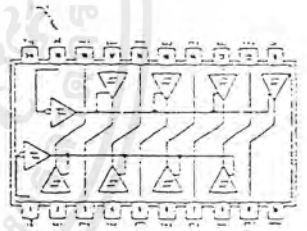
PARAMETER		TEST CONDITIONS†		SN74LS MIN	SN74LS TYP‡	SN74LS MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_{IK}	Input clamp voltage	V_{CC} = MIN,	I_I = −18mA			−1.5	V
	Hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$)	V_{CC} = MIN			0.2	0.4	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, V_{IL} = V_{IL} max,	I_{OH} = −3mA	2.4	3.4		V
		V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, V_{IL} = 0.5V,	I_{OH} = MAX	2			
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, V_{IL} = V_{IL} max,	I_{OL} = 12mA			0.4	V
			I_{OL} = 24mA			0.5	
I_{OZH}	Off-state output current, high-level voltage applied	V_{CC} = MAX, V_{IH} = 2V, V_{IL} = V_{IL} max,	V_O = 2.7V			20	μA
I_{OZL}	Off-state output current, low-level voltage applied		V_O = 0.4V			−20	
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC} = MAX,	V_I = 7V			0.1	mA
I_{IH}	High-level input current, any input	V_{CC} = MAX,	V_I = 2.7V			20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC} = MAX,	V_I = 0.4V			−0.2	mA
I_{OS}	Short-circuit output current*	V_{CC} = MAX		−40		−225	mA
I_{CC}	Supply current	Outputs high	V_{CC} = MAX, $\overline{A}$ = GND		13	22	mA
		Outputs low			27	44	
		Outputs disabled			32	54	

switching characteristics V_{CC} = 5V, T_A = 25°C

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	C_L = 45pF, R_L = 667Ω, See Note 2		7	11	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output			12	18	ns
t_{PZL}	Output enable time to low level			20	30	ns
t_{PZH}	Output enable time to high level			15	22	ns
t_{PLZ}	Output disable time from low level	C_L = 5pF, R_L = 667Ω, See Note 2		15	25	ns
t_{PHZ}	Output disable time from high level			15	18	ns

† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡ All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
* Not more than one output should be shorted at a time, and duration of the short-circuit should not exceed one second.
NOTE 2: Load circuit and voltage waveforms are shown in Section 1.

Pin Assignment (Top View)



SN54LS244 (J) SN74LS244 (J, N)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54279/74279 Quadruple $\overline{S}$-$\overline{R}$ Latch

	Schottky TTL				High-Speed TTL				Low-Power Schottky TTL				Standard TTL				Low-Power TTL			
	Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package			Device Type	Package		
		C	P	MICF		C	P	MICF		C	P	MICF		C	P	MICF		C	P	M
T.I.									SN54LS279				SN54279							
									SN74LS279				SN74279							
FAIRCHLD																				
MOTOROLA									SN74LS279											
N.S.C.																				
PHILIPS									N74LS279				N74279							
SIGNETICS													S54279							
													N74279							
SIEMENS																				
FUJITSU																				
HITACHI													HD74279							
MITSUBISHI																				
NEC																				
TOSHIBA																				

Electrical Characteristics SN54LS279, SN74LS279

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage V_{CC}	7V	Operating free-air temperature	SN54LS	−55°C	to +125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C	to 70°C
		Storage temperature range		−65°C	to +150°C

recommended operating conditions

	SN54LS279			SN74LS279			Unit
	Min	Nom	Max	Min	Nom	Max	
Supply voltage V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current I_{OH}			−400			−400	μA
Low-level output current I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature T_A	−55	25	125	0	25	70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER		TEST CONDITIONS†		Min	Typ‡	Max	Unit
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_{IK}	Input clamp voltage	V_{CC} = MIN, I_I = −18 mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IL} = 0.8 V, V_{IH} = 2 V, I_{OH} = −400 μA		2.7	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IL} = 0.8 V, V_{IH} = 2 V, I_{OL} = 4 mA			0.25	0.4	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC} = MAX, V_I = 7 V				0.1	mA
I_{IH}	High-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 2.7 V				20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC} = MAX, V_I = 0.4 V				−0.4	mA
I_{OS}	Short-circuit output current*	V_{CC} = MAX	SN54LS279	−20		−100	mA
			SN74LS279	−20		−100	
I_{CC}	Supply current	V_{CC} = MAX, See Note			9.4	17	mA
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output from $\overline{S}$ input	V_{CC} = 5 V, C_L = 15 pF, R_L = 2 kΩ, T_A = 25°C			12	22	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output from $\overline{S}$ input				10	15	ns
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output from $\overline{R}$ input				8	13	ns

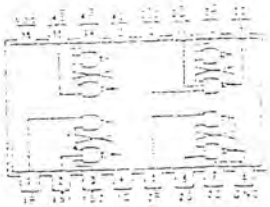
Function Table

'279

INPUTS $\overline{S}$	INPUTS $\overline{R}$	OUTPUT Q
H	H	Q_0
L	H	H
H	L	L
L	L	H*

H = high level
L = low level
Q_0 = the level of Q before the indicated input conditions were established
* This output level is unstable, that is, it may not persist when the $\overline{S}$ and $\overline{R}$ inputs return to their inactive (high) level.
† For latches with double $\overline{S}$ inputs:
H = both $\overline{S}$ inputs high
L = one or both $\overline{S}$ inputs low

Pin Assignment (Top View)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

December 1991

TP5089 DTMF (TOUCH-TONE) Generator

General Description

The TP5089 is a low threshold voltage, field-implanted, metal gate CMOS integrated circuit. It interfaces directly to a standard telephone keypad and generates all dual tone multi-frequency pairs required in tone-dialing systems. The tone synthesizers are locked to an on-chip reference oscillator using an inexpensive 3.579545 MHz crystal for high tone accuracy. The crystal and an output load resistor are the only external components required for tone generation. A $\overline{\text{MUTE}}$ OUT logic signal, which changes state when any key is depressed, is also provided.

Features

- 3.5V–10V operation when generating tones
- 2V operation of keyscan and $\overline{\text{MUTE}}$ logic
- Static sensing of key closures or logic inputs
- On-chip 3.579545 MHz crystal-controlled oscillator
- Output amplitudes proportional to supply voltage
- High group pre-emphasis
- Low harmonic distortion
- Open emitter-follower low-impedance output
- $\overline{\text{SINGLE TONE INHIBIT}}$ pin

Block Diagram

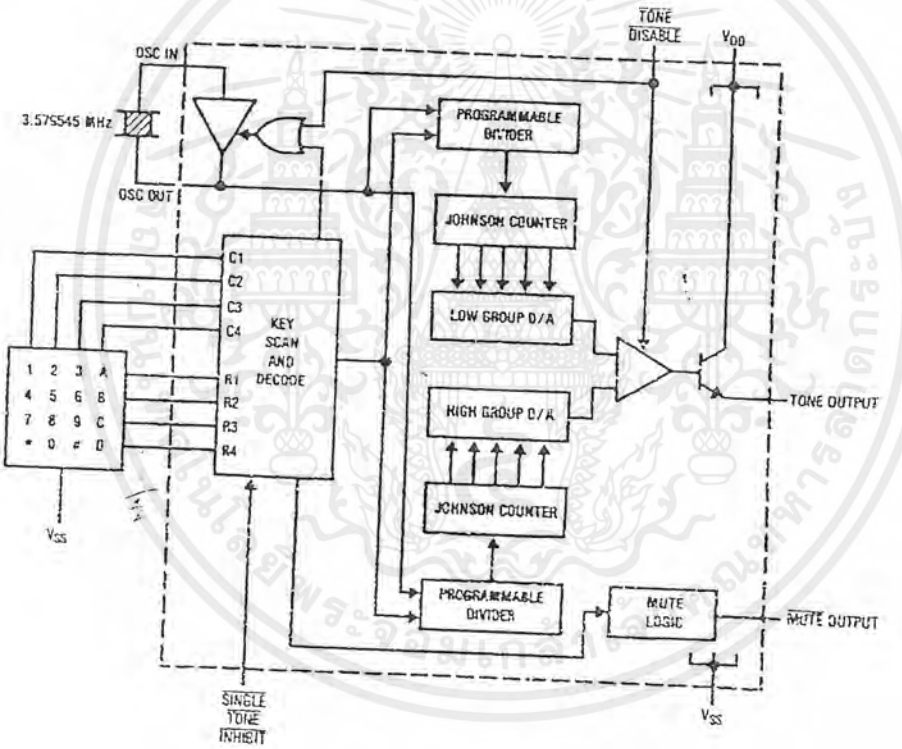


FIGURE 1

TL/H/5057–1

© 1995 National Semiconductor Corporation TL/H/5057

RRD-B30M115/Printed in U. S. A.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)

TABLE I. Output Frequency Accuracy

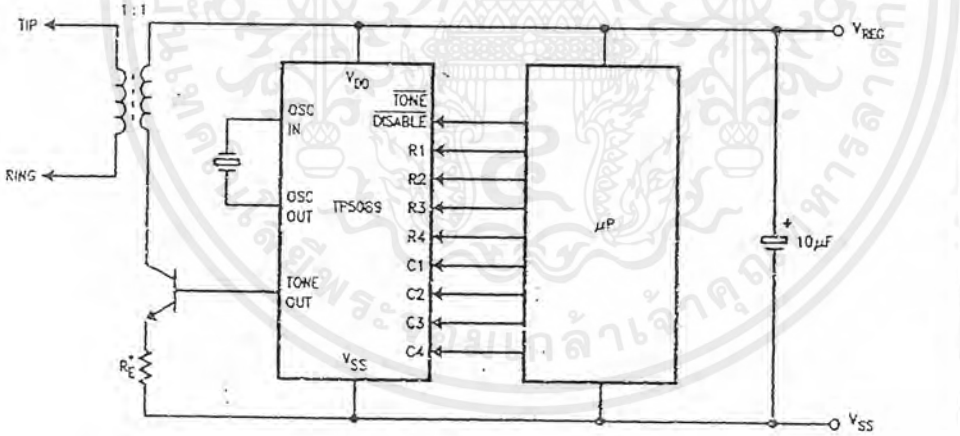
Tone Group	Valid Input	Standard DTMF (Hz)	Tone Output Frequency	% Deviation from Standard
Low Group f_L	R1	697	694.8	−0.32
	R2	770	770.1	+0.02
	R3	852	852.4	+0.03
	R4	941	940.0	−0.11
High Group f_H	C1	1209	1206.0	−0.24
	C2	1336	1331.7	−0.32
	C3	1477	1486.5	+0.64
	C4	1633	1639.0	+0.37

TABLE II. Functional Truth Table

$\overline{\text{SINGLE TONE}}$ $\overline{\text{INHIBIT}}$	$\overline{\text{TONE}}$ $\overline{\text{DISABLE}}$	ROW	COLUMN	TONE OUT		MUTE
				Low	High	
X	0	O/C	O/C	0V	0V	O/C
X	X	O/C	O/C	0V	0V	O/C
X	0	One	One	V_{OS}	V_{OS}	O
X	1	One	One	f_L	f_H	O
1	1	2 or More	One	—	f_H	O
1	1	One	2 or More	f_L	—	O
1	1	2 or More	2 or More	V_{OS}	V_{OS}	O
0	1	2 or More	One	V_{OS}	V_{OS}	O
0	1	One	2 or More	V_{OS}	V_{OS}	O
0	1	2 or More	2 or More	V_{OS}	V_{OS}	O

Note 1: X is don't care state.

Note 2: V_{OS} is the output offset voltage.



TL/H/5057–3

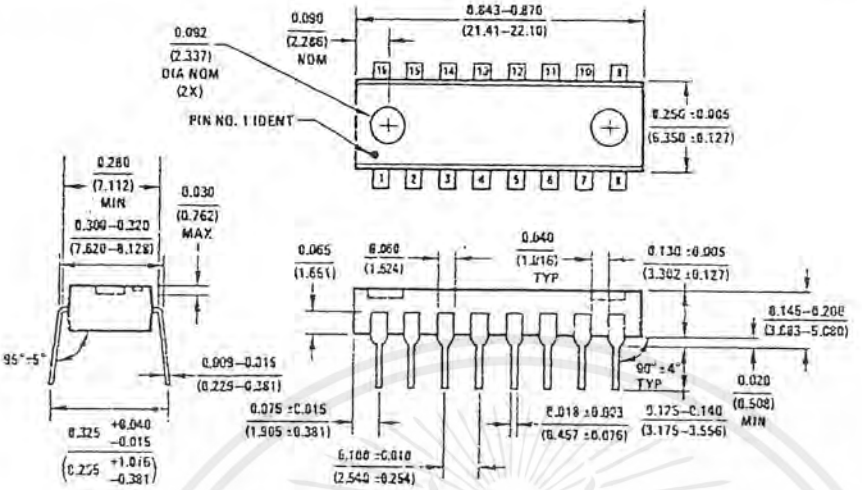
*Adjust R_E for desired tone amplitude.

FIGURE 2. Typical Application

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters)

Lit. # 113986



Molded Dual-In-Line Package (N)
Order Number TP5089N
NS Package N16A

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS WRITTEN APPROVAL OF THE PRESIDENT OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform, when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.

2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor Corporation
1111 West Bardin Road
Arlington, TX 76017
Tel: 1(800) 272-9959
Fax: 1(800) 737-7018

National Semiconductor Europe
Fax: (+49) 0-180-530 85 86
Email: onwge@tevm2.nsc.com
Deutsch Tel: (+49) 0-180-530 85 85
English Tel: (+49) 0-180-532 78 32
Français

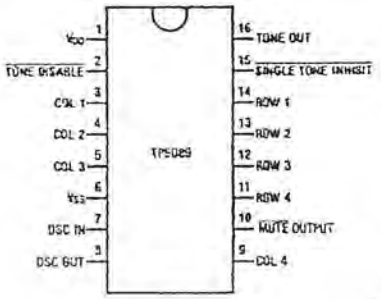
National Semiconductor Hong Kong Ltd.
13th Floor, Straight Block,
Ocean Centre, 5 Canton Rd.
Tsimshatsui, Kowloon
Hong Kong

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-043-299-2309
Fax: 81-043-299-2408

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagram

Dual-In-Line Package



TL/H/5057-2

Top View

Order Number TP5089N
See NS Package N16A

Pin Descriptions

Symbol	Description
V_{DD}	This is the positive voltage supply to the device, referenced to V_{SS}. The collector of the TONE OUT transistor is connected to this pin.
V_{SS}	This is the negative voltage supply. All voltages are referenced to this pin.
OSC IN, OSC OUT	All tone generation timing is derived from the on-chip oscillator circuit. A low cost 3.579545 MHz A-cut crystal (NTSC TV color-burst) is needed between pins 7 and 8. Load capacitors and a feedback resistor are included on-chip for good start-up and stability. The oscillator stops when column inputs are sensed with no valid input having been detected. The oscillator is also stopped when the $\overline{\text{TONE DISABLE}}$ input is pulled to logic low.
Row and Column Inputs	When no key is pushed, pull-up resistors are active on row and column inputs. A key closure is recognized when a single row and a single column are connected to V_{SS}, which starts the oscillator and initiates tone generation. Negative-true logic signals simulating key closures can also be used.
$\overline{\text{TONE DISABLE}}$ Input	The $\overline{\text{TONE DISABLE}}$ input has an internal pull-up resistor. When this input is open or at logic high, the normal tone output mode will occur. When $\overline{\text{TONE DISABLE}}$ input is at logic low, the device will be in the inactive mode, TONE OUT will be at an open circuit state.
$\overline{\text{MUTE}}$ Output	The $\overline{\text{MUTE}}$ output is an open-drain N-channel device that sinks current to V_{SS} with any key input and is open when no key input is sensed. The $\overline{\text{MUTE}}$ output will switch regardless of the state of the $\overline{\text{SINGLE TONE INHIBIT}}$ input.
$\overline{\text{SINGLE TONE INHIBIT}}$ Input	The $\overline{\text{SINGLE TONE INHIBIT}}$ input is used to inhibit the generation of other than valid tone pairs due to multiple row-column closures. It has a pull-down resistor to V_{SS}, and when left open or tied to V_{SS} any input condition that would normally result in a single tone will now result in no tone, with all other functions operating normally. When tied to V_{DD}, single or dual tones may be generated, see Table II.
TONE OUT	This output is the open emitter of an NPN transistor, the collector of which is connected to V_{DD}. When an external load resistor is connected from TONE OUT to V_{SS}, the output voltage on this pin is the sum of the high and low group sine-waves superimposed on a DC offset. When not generating tones, this output transistor is turned OFF to minimize the device idle current. Adjustment of the emitter load resistor results in variation of the mean DC current during tone generation, the sinewave signal current through the output transistor, and the output distortion. Increasing values of load resistance decrease both the signal current and distortion.

Functional Description

With no key inputs to the device the oscillator is inhibited, the output transistor is pulled OFF and device current consumption is reduced to a minimum. Key closures are sensed statically. Any key closure activates the $\overline{\text{MUTE}}$ output, starts the oscillator and sets the high group and low group programmable counters to the appropriate divide ratio. These counters sequence two ratioed-capacitor D/A converters through a series of 28 equal duration steps per sine-wave cycle. The two tones are summed by a mixer amplifier, with pre-emphasis applied to the high group tone. The output is an NPN emitter-follower requiring the addition of an external load resistor to V_{SS}. This resistor facilitates adjustment of the signal current flowing from V_{DD} through the output transistor.

The amplitude of the output tones is directly proportional to the device supply voltage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage ($V_{DD} - V_{SS}$) 15V

Maximum Voltage at Any Pin $V_{DD} + 0.3V$ to $V_{SS} - 0.3V$

Operating Temperature −30°C to +60°C

Storage Temperature −55°C to + 150°C

Maximum Power Dissipation 500 mW

Electrical Characteristics

Unless otherwise noted, limits printed in BOLD characters are guaranteed for V_{DD} = 3.5V to 10V, T_A = 0°C to +60°C by correlation with 100% electrical testing at T_A = 25°C. All other limits are assured by correlation with other production tests and/or product design and characterization.

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Minimum Supply Voltage for Keysense and $\overline{\text{MUTE}}$ Logic Functions		2			V
Minimum Operating Voltage for generating tones		**3.5**			V
Operating Current Idle Generating Tones	Mute open $R_L = \infty$ $V_{DD} = 3.5V$		2 1.1	**25** **2.5**	µA mA
Input Resistors COLUMN and ROW (Pull-Up) $\overline{\text{SINGLE TONE INHIBIT}}$ (Pull-Down) $\overline{\text{TONE DISABLE}}$ (Pull-Up)		 25 120	 50		 kΩ kΩ
Input Low Level				**$0.2 V_{DD}$**	V
Input High Level		**$0.8 V_{DD}$**			V
$\overline{\text{MUTE}}$ OUT Sink Current (COLUMN and ROW Active)	$V_{DD} = 3.5V$ $V_o = 0.5V$	**0.4**			mA
$\overline{\text{MUTE}}$ Out Leakage Current	$V_o = V_{DD}$		1		µA
Output Amplitude Low Group	$R_L = 240\ \Omega$ $V_{DD} = 3.5V$	**190**	250	**340**	mVrms
	$R_L = 240\Omega$ $V_{DD} = 10V$	**510**	700	**880**	mVrms
Output Amplitude High Group	$R_L = 240\Omega$ $V_{DD} = 3.5V$	**270**	340	**470**	mVrms
	$R_L = 240\Omega$ $V_{DD} = 10V$	**735**	955	**1265**	mVrms
Mean Output DC Offset	$V_{DD} = 3.5V$ $V_{DD} = 10V$		1.3 4.6		V V
High Group Pre-Emphasis		**2.2**	2.7	**3.2**	dB
Dual Tone/Total Harmonic Distortion Ratio	$V_{DD} = 4V$, $R_L = 240\Omega$ 1 MHz Bandwidth		−23	**−22**	dB
Start-Up Time (to 90% Amplitude)			3	5	mS

Note 1: R_L is the external load resistor connected from TONE OUT to V_{SS}.

Note 2: Crystal specification: Parallel resonant 3.579545 MHz, $R_S \leq 150\ \Omega$, L = 100 mH, C_O = 5 pF, C_L = 0.02 pF.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตวิไล "คู่มือนักอิเล็กทรอนิกส์" กรุงเทพฯ บ.ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด 2535
2. "รวมโครงงานอิเล็กทรอนิกส์" กรุงเทพฯ บ.ซีเอ็ดยูเคชั่น 2539
3. เศกสิทธ์ คำภู "เซมิคอนดักเตอร์ อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่152" กรุงเทพฯ บ.ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้