

ชุดควบคุมการทำงานระยะไกลผ่านสายไฟกระแสสลับ 220 โวลต์

ELECTRICAL CONTROL VIA 220 VOLTS LINE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน...50409/

วัน,เดือน,ปี...13 พ.ค. 2547

Box with fields: .b....., .i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดควบคุมการทำงานระยะไกลผ่านสายไฟกระแสสลับ 220 โวลต์
CONTROL SET ON AC LINE 220 VOLTS

โดย
นางสาวจิตติยา รัตนสินธราทิพย์ เลขประจำตัว 42010057
นางสาวเยาวฤทธิศ ภูธรฤทธิศ เลขประจำตัว 42010286



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษาวិชากรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชาอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ชุดควบคุมการทำงานระยะไกลผ่านสายไฟกระแสสลับ 220 โวลต์

(CONTROL SET ON AC LINE 220 VOLTS)

ผู้จัดทำ

1. นางสาวจิตติยา ณะสินธราทิพย์ เลขประจำตัว 42010057
2. นางสาวเขาวฤทธิ ภูธรฤทธิ เลขประจำตัว 42010286



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดควบคุมการทำงานระยะไกลผ่านสายไฟกระแสสลับ 220 โวลต์

CONTROL SET ON AC LINE 220 VOLTS

นางสาวจิตติยา ฐนะสินธราทิพย์ เลขประจำตัว 42010057

นางสาวเยาวฤทัย ภูธรฤทธิ เลขประจำตัว 42010286

โครงการนี้ได้รับการตรวจสอบแล้ว พร้อมทั้งจะทำการสอบได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดควบคุมการทำงานระยะไกลผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์

จิตติยา ธนะถิ่นธราทิพย์
 ยาวฤทธิ์ ภูธรฤทธิ์
 ผศ. พลผดุง ผดุงกุล อาจารย์ที่ปรึกษา
 ปีการศึกษา 2545

บทคัดย่อ

โครงการนี้ได้กล่าวถึงวิธีการออกแบบชุดควบคุมการทำงานระยะไกลผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ เพื่อความสะดวกในการควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ไกลออกไป ซึ่งมีการเชื่อมต่อกับสายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์อยู่แล้ว มีวิธีการคือ ภาคส่งจะรับสัญญาณควบคุมจากสวิทช์ซึ่งเป็นข้อมูลแบบขนาน 9 บิต โดยแบ่งเป็นสัญญาณควบคุม 4 บิต และสัญญาณแอดเดรสที่ต้องการควบคุมภาครับอีก 5 บิต นำสัญญาณแบบขนานนี้มาเข้ารหัสให้เป็นสัญญาณแบบอนุกรมที่มีความถี่ออสซิลเลเตอร์ที่ 500 เฮิรตซ์ โดยใช้ MC145026 แล้วนำสัญญาณอนุกรมที่ได้ไปมอดูเลทแบบ PSK ด้วยคลื่นพาห้ความถี่ 165 กิโลเฮิรตซ์ (เพื่อไม่ให้สัญญาณกระแสสลับ 220 โวลต์ รบกวนสัญญาณควบคุม) โดยใช้ MC14046 จากนั้นส่งสัญญาณผ่านวงจรจูนไปตามสายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ สู่ภาครับ ซึ่งภาครับแต่ละตัวจะมีการกำหนดแอดเดรสแตกต่างกัน ภาครับ 1 ตัวสามารถควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ 8 ตัว และชุดควบคุมจะสามารถถอดรหัสโดยใช้ MC14046 และ MC145027 ได้ก็ต่อเมื่อภาครับมีค่าแอดเดรสตรงกับแอดเดรสของภาคส่งที่ส่งมาตามสายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ทำให้ได้สัญญาณควบคุมควบคุมการเปิด-ปิดของรีเลย์ซึ่งเป็นตัวกำหนดสถานะของอุปกรณ์ไฟฟ้าตามต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CONTROL VIA 220 VOLTS LINE

Jittiya

Thanasintratip

Yaowarit

Phoothornrit

Asst.Prof.Polphadung Phadungkul Adviser

2002

Abstract

This project mentions to how to design an electrical control via 220 volts line. This make it easy to control turning on-off the electric equipment via on AC line, although they are far away. The method is first, receive a parallel control signal 9 bits from switch; 4 bits for control signal and 5 bits for address signal to control receiver. Encode the parallel control signal 9 bits to be the series control signal which the oscillator frequency 500 Hz by using MC145026 then modulate the series control signal with carrier signal 165 kHz (in order to avoid the AC signal disturb the control signal) by using MC14046 next, send the modulated signal to tuned amplifier and then send this signal through AC line 220 volts to the receiver that fixed the address signal. The receiver use MC14046 demodulate the signal and it can use MC145027 decode the signal only if it's address is the same as the senders'. MC14514 transverse the control signal 4 bits to 16 bits to turn on or turn off 8 relay switches that tell why each receiver can control 8 electric equipment.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

| เรื่อง | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อ | I |
| Abstract | II |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 วัตถุประสงค์ | 2 |
| 1.2 ขั้นตอนการทำงาน | 2 |
| 1.3 ขอบเขตของงานที่ทำ | 3 |
| 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 3 |
| บทที่ 2 ทฤษฎี | 4 |
| 2.1 การมอดคูเลท | 4 |
| 2.1.1 ชนิดของการมอดคูเลทแบ่งตามชนิดของสัญญาณ | 4 |
| 2.1.2 แบ่งตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณคลื่นพาห้ | 4 |
| 2.2 การคีมอดคูเลท | 6 |
| 2.3 เฟส ล็อก ลูป (Phase Locked Loop :PLL) | 7 |
| 2.4 วงจรจูน (Tuned Amplifier) | 8 |
| 2.5 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Voltage Comparator) | 11 |
| 2.6 วงจรกรองความถี่ (Filters) | 14 |
| 2.6.1 วงจรกรองความถี่แบบเชบิเชฟ (Chebyshev Filter) | 14 |
| 2.6.2 วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (Band Pass Filter :BPF) | 14 |
| 2.6.3 การแปลงความถี่ (Frequency Transformations) | 15 |
| 2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) | 18 |
| 2.7.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 อนุกรม AT89 | 18 |
| 2.7.2 การจัดหาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 | 19 |
| บทที่ 3 การออกแบบ | 23 |
| 3.1 หลักการออกแบบวงจรชุดควบคุมการทำงานระยะไกลผ่านสายไฟฟ้า กระแสสลับ 220 โวลต์ | 23 |
| 3.1.1 ภาคส่ง | 23 |
| 1. วงจรเข้ารหัส | 23 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|--|----|
| 2. วงจรมอดูเลเตอร์ (MODULATOR) | 24 |
| 3. วงจรจูน (TUNED AMPLIFIER) | 24 |
| 4. วงจรกรองสัญญาณรบกวน (LINE NOISE FILTER) | 24 |
| 3.1.2 ภาครับ | 25 |
| 1. วงจรขยายความแตกต่าง (DIFFERENTIAL AMPLIFIER) | 25 |
| 2. วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (BAND PASS FILTER :BPF) | 25 |
| 3. ดีมอดูเลเตอร์ (DEMODULATOR) | 28 |
| 4. วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (COMPARATOR) | 28 |
| 5. วงจรถอดรหัส (DECODER) | 29 |
| 3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร | 29 |
| 3.3 ผลการออกแบบ | 32 |
| 3.4 การติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ | 35 |
| 3.4.1 FLOWCHART การทำงาน | 35 |
| 3.4.2 โปรแกรมการทำงาน | 36 |
| บทที่ 4 ผลการทดสอบ | 51 |
| 4.1 ลักษณะกราฟสัญญาณ | 51 |
| 4.2 ผลการควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า | 55 |
| บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์โครงการ | 56 |
| 5.1 สรุปผลการปฏิบัติงาน | 56 |
| 5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน | 56 |
| 5.3 แนวทางในการแก้ไขปัญหา | 57 |
| 5.4 ประโยชน์และการประยุกต์ใช้งาน | 57 |
| 5.5 สิ่งที่ได้จากการทำโครงการ | 57 |
| ภาคผนวก | 59 |
| ภาคผนวก ก. ตารางการแปลง Chebyshev Filter | 60 |
| ตาราง ก.1 | |
| ภาคผนวก ข. Data Sheet ของอุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการ | 61 |
| Data Sheet MC14046 | 62 |
| Data Sheet MC145026,MC145027 | 63 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง

Data Sheet MC14514

กิตติกรรมประกาศ

เอกสารอ้างอิง

หน้า

64

65

66



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

| เรื่อง | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 2.1 Block Diagram ของ Phase Locked Loop | 6 |
| รูปที่ 2.2 วงจร PD แบบ 1 และการทำงาน | 7 |
| รูปที่ 2.3 PLL แบบ first-order loop | 8 |
| รูปที่ 2.4 PLL แบบ Second-order loop | 8 |
| รูปที่ 2.5 วงจรจูนพื้นฐาน และสัญญาณเอาต์พุต | 9 |
| (a) วงจรจูนพื้นฐาน | 9 |
| (b) สัญญาณเอาต์พุต | 9 |
| รูปที่ 2.6 การแปลงค่า R L ที่ต่ออนุกรมกันให้เป็น R L ที่ต่อขนานกัน | 10 |
| รูปที่ 2.7 ตัวอย่างวงจรถูกอย่างง่าย | 10 |
| รูปที่ 2.8 รูปแบบง่ายที่สุดของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน | 12 |
| (a) วงจรเปรียบเทียบแรงดันพื้นฐาน(Noninverting) | 12 |
| (b) Input-Output Characteristic | 12 |
| รูปที่ 2.9 รูปแบบง่ายที่สุดของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน | 12 |
| (a) วงจรเปรียบเทียบแรงดันพื้นฐาน(Inverting) | 12 |
| (b) Input-Output Characteristic | 12 |
| รูปที่ 2.10 ตัวอย่างวงจร Voltage Comparator ที่ใช้งานแบบต่างๆ | 13 |
| (a) Inverting Comparator | 13 |
| (b) Non-inverting Comparator | 13 |
| (c) Inverting Schmitt Trigger | 13 |
| (d) Non-inverting Schmitt Trigger | 13 |
| รูปที่ 2.11 กราฟเปรียบเทียบคุณสมบัติ Band Pass Filter ในทางปฏิบัติและทางอุดมคติ | 15 |
| (a) กราฟคุณสมบัติ Band Pass Filter ในอุดมคติ | 15 |
| (b) กราฟคุณสมบัติ Band Pass Filter ในทางปฏิบัติ | 15 |
| รูปที่ 2.12 การแปลง LPF เป็น BPF | 16 |
| รูปที่ 2.13 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 | |
| แบบแฟลชในอนุกรม AT89C5x | 19 |
| รูปที่ 2.14 รูปแสดงวงจรสำหรับรีเซตชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 | 21 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| เรื่อง | หน้า |
|---|------|
| รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของชุดควบคุมการทำงานระยะไกลผ่านสาย AC Line | 23 |
| (a) ภาคส่ง | 23 |
| (b) ภาครับ | 23 |
| รูปที่ 3.2 วงจร Sallen-Key bandpass biquad | 26 |
| รูปที่ 3.3 วงจร fourth-order Chebyshev Bandpass Filter ที่ทำการ Normalized แล้ว | 28 |
| รูปที่ 3.4 รูปวงจรที่ออกแบบ | 32 |
| (a) วงจรตัวส่งของชุดควบคุมระยะไกลผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ | 32 |
| (b) วงจรตัวรับของชุดควบคุมระยะไกลผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ | 33 |
| รูปที่ 3.5 ลายวงจรที่ออกแบบโดยใช้ Protel PCB | 34 |
| (a) ลายวงจรตัวส่งของชุดควบคุมระยะไกลผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ | 34 |
| (b) ลายวงจรตัวรับของชุดควบคุมระยะไกลผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ | 34 |
| รูปที่ 3.6 FLOWCHART การทำงาน | 35 |
| รูปที่ 4.1 กราฟของสัญญาณข้อมูลอินพุต 4 บิต ที่มีข้อมูลเป็น 0010 | 51 |
| รูปที่ 4.2 กราฟของสัญญาณที่ทำการมอดูเลตกับสัญญาณพาหะ 170 kHz (Modulated Signal) | 51 |
| รูปที่ 4.3 กราฟสัญญาณที่ตัวรับตรวจจับได้จาก AC Line | 52 |
| รูปที่ 4.4 กราฟสัญญาณที่ตัวรับทำการจูนออกมาจาก AC Line โดยใช้ RLC | 52 |
| รูปที่ 4.5 กราฟสัญญาณหลังจากทำการกรองเอาบางช่วงความถี่โดยใช้ Band Pass Filter | 53 |
| รูปที่ 4.6 กราฟสัญญาณที่ตีมอดูเลตแล้ว ก่อนที่จะเข้าวงจร Voltage Comparator | 53 |
| รูปที่ 4.7 กราฟสัญญาณหลังจากผ่านวงจร Voltage Comparator | 54 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

เรื่อง

หน้า

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดโดยสรุปบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
แบบแฟลชในอนุกรม AT89Cxx

19



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

การใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้านตามปกติ จะใช้การควบคุมกำลังงานที่ป้อนให้กับอุปกรณ์ด้วยสวิตช์ตัดต่อและสายไฟฟ้าซึ่งการใช้งานจะต้องทำการควบคุมที่ตัวสวิตช์ซึ่งอยู่กับที่โดยตรง ดังนั้นจึงไม่สะดวกถ้าต้องการควบคุมอุปกรณ์ในขณะที่อยู่ห่างจากสวิตช์ เช่นในกรณีที่ต้องการควบคุมหลอดไฟฟ้าที่ชั้นล่าง ในขณะที่อยู่ที่ชั้น 3 หรือต้องการเปิดเครื่องปรับอากาศในห้องนอนชั้นบนไว้รอขณะที่กำลังดูทีวีอยู่ชั้นล่าง เป็นต้น

กรณีที่ต้องการควบคุมอุปกรณ์ที่อยู่ห่างออกไป จะต้องใช้ชุดอุปกรณ์ควบคุมระยะไกล (Remote Control) ซึ่งโดยทั่วไป จะใช้การควบคุมโดยส่งสัญญาณควบคุมไปกับตัวนำอื่น ๆ ที่สามารถพาสัญญาณควบคุมไปได้ไกล เช่น

1. การส่งสัญญาณควบคุมโดยใช้แสงอินฟราเรด ซึ่งสามารถควบคุมอุปกรณ์ในระยะที่ไม่ห่างมากนักเพราะแสงอินฟราเรดจะสะท้อนวัตถุไม่สามารถทะลุผ่านได้ การใช้งานก็เช่น การควบคุมเครื่องรับโทรทัศน์ เครื่องปรับอากาศ เครื่องเล่นเทปบันทึกภาพดังที่แสดงให้เห็นใช้งานทั่วไปในปัจจุบัน
2. การส่งสัญญาณควบคุมโดยใช้คลื่นวิทยุ สามารถทะลุวัตถุไปได้บ้าง ระยะการใช้งานขึ้นอยู่กับกำลังของเครื่องส่ง แต่ปัญหาอยู่ที่กฎหมายควบคุมเกี่ยวกับความถี่ในประเทศไทยค่อนข้างจำกัดการใช้งาน และความถี่ส่วนเกินที่อาจเล็ดลอดออกไปรบกวนบ้านข้างเคียงที่อาจใช้คลื่นความถี่ที่เหมือนกัน
3. การส่งสัญญาณควบคุม โดยการใช้สายไฟฟ้าภายในบ้าน (AC Line) เป็นสัญญาณที่สามารถทำการควบคุมได้ในทุกๆ ตำแหน่งของตัวบ้านที่มีสายไฟไปถึง ลดการเดินสายไฟเพื่อต่อพ่วงกับสวิตช์มากมาย ตัดปัญหาเรื่องการกวนกันกับบ้านข้างเคียง เนื่องจากสามารถปิดกั้นสัญญาณได้ด้วย Line noise filter ซึ่งจะทำการ Coupling สัญญาณที่ไมใช่ 50 เฮิร์ตซ ไม่ให้ออกไปจากตัวบ้านด้วย ซึ่งโครงการนี้ก็ได้นำระบบนี้มาใช้

ลักษณะของโครงการจะประกอบไปด้วยชุดควบคุม 2 ชุด โดยชุดแรกทำหน้าที่เป็นตัวส่งสัญญาณ โดยจะรับเอาสัญญาณจากคีย์บอร์ดซึ่งออกแบบไว้เพื่อความง่ายในการใช้งานของผู้ใช้ จากนั้นนำสัญญาณที่ได้ไปทำการเข้ารหัสข้อมูล (Encoding) ให้เป็นข้อมูลแบบอนุกรม (Serial Data) แล้วนำไปมอดูเลทกับสัญญาณพาหะตัวใหม่ที่มีความถี่ 160 กิโลเฮิร์ตซ เพื่อไม่ให้สัญญาณข้อมูลไปรบกวนสัญญาณที่อยู่ในสายไฟฟ้ากระแสสลับ แล้วส่งสัญญาณที่ผ่านการมอดูเลทแล้วไปตามสายไฟฟ้ากระแสสลับที่เชื่อมต่อกันกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่เราต้องการควบคุม โดยมีตัวรับสัญญาณต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่ระหว่างอุปกรณ์ไฟฟ้าและสายไฟบ้าน ตัวรับจะตรวจจับข้อมูลด้วยหลักการของเฟสล็อกคูลูป (Phase Locked Loop) แล้วแปลงเป็นข้อมูลแบบดิจิทัลเพื่อควบคุมการเปิด-ปิดของรีเลย์ซึ่งเป็นการเลือกสถานะการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า ยิ่งไปกว่านั้นเราสามารถตั้งเวลาการเปิด-ปิดของอุปกรณ์ไฟฟ้าและนำไปประยุกต์ใช้กับงานอื่นได้โดยใช้โปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์

ในการเข้ารหัสข้อมูลใช้แอดเดรสที่เป็นไตรสเตท (on, off, high impedance) 5 บิต ดังนั้นตัวส่ง 1 ตัวสามารถควบคุมตัวรับได้ $3^5 = 243$ ตัว โดยการตั้งแอดเดรสของตัวรับและตัวส่งให้ตรงกัน เมื่อใช้งานตัวรับแต่ละตัวจะถูกตั้งแอดเดรสไว้ให้แตกต่างกัน เมื่อตัวส่งตั้งแอดเดรสไว้เหมือนตัวรับตัวใดตัวรับตัวนั้นก็ทำงาน (แต่ในปริญญาโทฉบับนี้ใช้วิธีการรับข้อมูลจากคีย์แพคซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ควบคุม โดยอาศัยแอดเดรสที่เป็นเลขฐานสอง จึงใช้การเข้ารหัสข้อมูลใช้แอดเดรสที่เป็นไบสเตท (on, off) แทน ทำให้ตัวส่ง 1 ตัวสามารถควบคุมตัวรับได้ $2^5 = 32$ ตัว)

การแปลงข้อมูลเป็นแบบดิจิทัลในตัวรับนั้นเกิดจากการนำเอาข้อมูล 4 บิตที่ตรวจจับได้จากตัวส่งมาแปลงโดยใช้ Encoder 4 to 16 (ทำให้ได้ข้อมูล 16 ค่า) และถ้าต้องการควบคุมเฉพาะการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้า 1 ตัวต้องใช้ ข้อมูล 2 ค่า (on 1 ค่า, off 1 ค่า) ดังนั้นตัวรับ 1 ตัว ควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ 8 ตัว

สรุปทั้งหมดสามารถควบคุมการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าได้ $243 \times 8 = 1,944$ ตัว (แต่ในปริญญาโทฉบับนี้ใช้แอดเดรสที่เป็นเลขฐานสอง จึงสามารถควบคุมการเปิด-ปิด อุปกรณ์ไฟฟ้าได้ $32 \times 8 = 256$ ตัว)

1.1 วัตถุประสงค์

- 1.เพื่อทำการศึกษางานพื้นฐานของอุปกรณ์รับ-ส่งสัญญาณ และสามารถนำความรู้ทางทฤษฎีมาประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติได้
- 2.สร้างอุปกรณ์ควบคุมการทำงานระยะไกลของอุปกรณ์ โดยผ่านสายไฟบ้านได้
- 3.เพื่อออกแบบอุปกรณ์ที่ง่ายต่อการใช้งานและสามารถนำไปใช้งานจริงในชีวิตประจำวันได้

1.2 ขั้นตอนการทำงาน

- 1.ศึกษาหลักการทำงานและทฤษฎีที่ใช้ในการรับ-ส่งสัญญาณ
- 2.ออกแบบวงจรโดยใช้ความรู้ที่ได้ศึกษามาโดยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ

ตัวส่ง เป็นตัวที่ทำหน้าที่รับสัญญาณจากอุปกรณ์ที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน (คีย์บอร์ด) นำมาเข้ารหัสข้อมูลเพื่อให้สามารถควบคุมตัวรับได้หลายตัว แล้วทำการมอดคูเลท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ด้วยคลื่นพาหะตัวใหม่เพื่อไม่ให้สัญญาณข้อมูลไปรบกวนสัญญาณที่อยู่ในสายไฟฟ้ากระแสสลับ ทำการขยายสัญญาณแล้วส่งไปตามสายไฟฟ้าบ้าน

ตัวรับ ทำหน้าที่รับสัญญาณที่ผ่านมาจากสายไฟฟ้าบ้าน โดยทำการจำกัดช่วงความถี่สัญญาณ หลังจากนั้นจะนำช่วงสัญญาณดังกล่าวไปทำการดีมอดคูเลทซึ่งจะได้สัญญาณข้อมูลออกมาซึ่งสัญญาณดังกล่าวจะถูกนำไปถอดรหัสข้อมูล แล้วส่งไปควบคุมการเปิด-ปิดรีเลย์เพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้า

3. นำวงจรที่ออกแบบได้มาทดลองบน โปรโตบอร์ด ทำการแก้ไขดัดแปลงค่าต่าง ๆ จนได้ผลตรงตามจุดประสงค์

4. นำวงจรที่ได้ไปออกแบบลายวงจร (แผ่นปริ้นท์) โดยใช้โปรแกรมโปรเทลพีซีบี (Protel PCB) แล้วกัดแผ่นปริ้นท์ตามลายวงจรที่ได้

5. นำอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบลงบนแผ่นปริ้นท์แล้วบรรจุลงกล่องที่เหมาะสม มีการแสดงผลให้เรียบร้อยสวยงาม

1.3 ขอบเขตของงานที่ทำ

ผลงานชิ้นนี้ทำตัวส่ง 1 ตัวและตัวรับเพียง 1 ตัว โดยทำการทดสอบเสมือนมีตัวรับหลายตัว โดยการปรับเปลี่ยนค่าแอดเดรสที่ตัวรับ ซึ่งสามารถควบคุมการปรับเปลี่ยนแอดเดรส ตลอดจนถึงเวลาเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้โดยใช้การควบคุมด้วยโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ โครงการนี้เป็นโครงการที่ใช้เวลา 2 ภาคการศึกษา โดยแบ่งงานเป็นสองส่วนดังนี้

ภาคการศึกษาที่ 1 ทำในส่วนของ Hardware ทั้งหมด

ภาคการศึกษาที่ 2 ทำในส่วนของ Software ทั้งหมด ที่นำมาควบคุมการทำงานของ Hardware และปรับปรุงส่วน Hardware ให้ดีขึ้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

ได้อุปกรณ์ที่สามารถควบคุมการทำงานระยะไกล โดยสามารถส่งสัญญาณควบคุมผ่านผนังกำแพงและอุปกรณ์กีดขวางได้ โดยการส่งผ่านสายไฟกระแสสลับ ซึ่งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้ดีกว่ารีโมททั่วไป ซึ่งจากการทำอุปกรณ์ดังกล่าวทำให้เข้าใจถึงหลักการการทำงานของเฟสล็อกคูป การมอดคูเลท การดีมอดคูเลท ทฤษฎีการถ่ายโอนความต้านทาน และทฤษฎีการรับส่งสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 การมอดคูเลท

ในระบบสื่อสาร สัญญาณที่จะนำไปมอดคูเลทเรียกว่า สัญญาณมอดคูเลตติ้ง (modulating signal) และคลื่นที่จะพาสัญญาณไปที่ไกล ๆ ได้เรียกว่าคลื่นพาห์ (carrier) เมื่อสัญญาณมอดคูเลตติ้ง มอดคูเลทกับคลื่นพาห์แล้ว สัญญาณที่ได้เรียกว่า สัญญาณถูกมอดคูเลท (modulated signal)

มอดคูเลชันจะให้ประโยชน์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ทำให้สัญญาณมีกำลังสูงทำให้สามารถเดินทางไปที่ไกล ๆ ได้
2. ทำให้สัญญาณความถี่สูงขึ้น ซึ่งเหมาะกับการรับส่งสัญญาณมากขึ้น
3. สามารถแบ่งความถี่ให้หลาย ๆ สัญญาณส่งพร้อมกันภายใต้คลื่นพาห์เดียวกัน ได้
4. ทำให้สัญญาณมีภูมิคุ้มกันการรบกวนของเสียงรบกวน(noise)หรือของสัญญาณรบกวน (interfering signal) ได้ดีขึ้น

ปัจจุบันนี้ระบบมอดคูเลชันที่ใช้ในการสื่อสารนั้นมีอยู่ด้วยกันหลายระบบ แต่ละระบบมีชื่อเรียกตามลักษณะการมอดคูเลทสัญญาณต่างๆ

2.1.1 ชนิดของการมอดคูเลทแบ่งตามชนิดของสัญญาณ

ระบบมอดคูเลชันสามารถแบ่งออกเป็นประเภทใหญ่ ๆ ตามชนิดของสัญญาณได้ 2 ประเภท คือ

1. ระบบมอดคูเลชันแบบอะนาล็อก (analog modulation)ระบบนี้จะให้สัญญาณที่ถูกมอดคูเลท(modulated signal)เป็นสัญญาณที่มีค่าต่อเนื่องแบบอะนาล็อก เช่น เอเอ็ม เอฟเอ็ม พีเอ็ม พัลส์โมเดชันต่าง ๆ เป็นต้น
2. ระบบมอดคูเลชันแบบดิจิตอล (digital modulation)ระบบนี้จะให้สัญญาณที่ถูกมอดคูเลทเป็นสัญญาณที่มีค่าเลขลงตัวแบบดิจิตัล เช่น พีซีเอ็ม (pulse coded modulation :PCM) เป็นต้น

2.1.2 แบ่งตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณคลื่นพาห์

การมอดคูเลทยังสามารถแบ่งตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณคลื่นพาห์ เมื่อถูกมอดคูเลทได้เป็น 2 แบบคือ

1. การมอดคูเลชันเชิงขนาด หรือแอมพลิจูดมอดคูเลชัน คือขนาดสัญญาณมอดคูเลท ดึงจะไปทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณคลื่นพาห์ แอมพลิจูดที่ใช้กันอยู่ทุกวันนี้ ส่วนมากใช้ในระบบวิทยุกระจายเสียง (broadcasting) การแพร่ภาพของทีวี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรับส่งสัญญาณผ่านคลื่นสั้น(short wave)หรือคลื่นความถี่สูง (high frequency) และในระบบเรดาร์ (radar) แบบง่าย ๆ เป็นต้น
 สถานีวิทยุกระจายเสียงระบบเอเอ็มที่ใช้กันอยู่ในประเทศไทยนั้นใช้คลื่นความถี่ ตั้งแต่ 550 kHz จนถึงความถี่ 1,600 kHz

2. การมอดูเลตเชิงมุม ประกอบด้วย

2.1.เฟสมอดูเลชัน(Phase Modulation : PM) เฟสของคลื่นพาห้จะเปลี่ยนแปลงตามขนาดของสัญญาณมอดูเลตติง

2.2.ความถี่มอดูเลชัน (Frequency Modulation :FM) ความถี่ของคลื่นพาห้จะเปลี่ยนแปลงตามความถี่ของสัญญาณมอดูเลตติงซึ่งมี 2 วิธีในการกำเนิดสัญญาณเอเอ็มคือ วิธีตรงและวิธีอ้อม โดยในที่นี้จะกล่าวถึงแต่เฉพาะวิธีตรงซึ่งวิธีตรงใช้อุปกรณ์ที่เรียกว่า เครื่องต้นสะเทือนควบคุมแรงดัน (Voltage controlled oscillator:VCO) ซึ่งความถี่จะเพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นกับขนาดของสัญญาณ มอดูเลตติง ส่วนวิธีอ้อมนั้นสร้างสัญญาณเอเอ็มแบบแถบความถี่แคบ (NBFM) ก่อน โดยใช้เครื่องมอดูเลตแอมพลิจูดหรือเครื่องมอดูเลชันแบบบาลานซ์ แล้วนำสัญญาณเอเอ็มแบบแถบความถี่แคบนี้เปลี่ยนเป็นสัญญาณแถบความถี่กว้าง (WBFM) โดยการคูณความถี่

2.2.1วิธีสร้างสัญญาณเอเอ็มโดยตรง ทำโดยผ่านสัญญาณมอดูเลตติงเข้าไปในเครื่องต้นสะเทือนที่ควบคุมด้วยแรงดัน (VCO) ซึ่งเป็นเครื่องมอดูเลตเอเอ็ม จะได้สัญญาณเอเอ็ม แต่ถ้าผ่านสัญญาณมอดูเลตติงเข้าไปในเครื่องดิฟเฟอเรนชิเอทเฟส (phase differentiator) ก่อนแล้วค่อยผ่านเครื่องต้นสะเทือนที่ควบคุมด้วยแรงดัน จะได้สัญญาณเอเอ็มตามต้องการ เพราะสัญญาณเอเอ็มนั้นเกิดจากการมอดูเลตเฟสสัญญาณมอดูเลตติงโดยตรง จึงต้องลบสิ่งการอินทิเกรตสัญญาณมอดูเลตติงด้วยเครื่องดิฟเฟอเรนชิเอทเฟส นอกจากเครื่องต้นสะเทือนที่ควบคุมด้วยแรงดันที่ให้กำเนิดสัญญาณเอเอ็มแล้วยังมีเครื่องต้นสะเทือนวงจร LC อีกด้วย หลักการทำงานของเครื่องต้นสะเทือนวงจร LC คือสัญญาณมอดูเลตติงจะเปลี่ยนแรงดันคร่อม C ผลจากการเปลี่ยนค่าความจุ C จะทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ให้เกิดการเปลี่ยนความถี่ของเครื่องต้นสะท้อนตามไปด้วย ความถี่ของเครื่องต้นสะท้อนชั่วขณะใดขณะหนึ่งจะมีค่า

$$f = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (2.1)$$

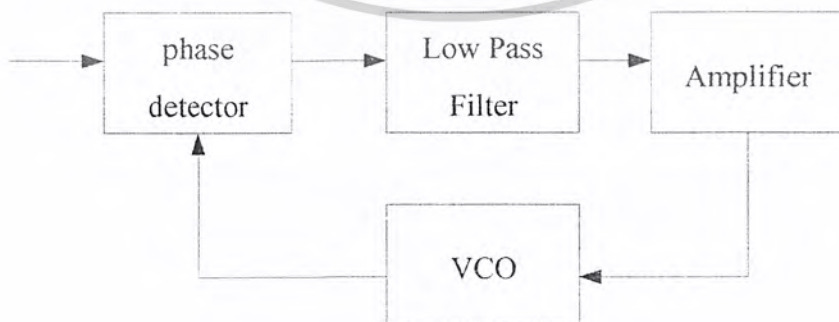
ดังนั้นเครื่องต้นสะท้อนที่ควบคุมด้วยแรงดัน(VCO)จึงสร้าง สัญญาณขาออกชั่วขณะใดขณะหนึ่งที่มีความถี่เปลี่ยนแปลงตามขนาดของสัญญาณมอดูเลตคั้ง

วิธีการสร้างสัญญาณเอฟเอ็มโดยตรงนี้ มีข้อดีที่มีช่วงการเบี่ยงเบนความถี่กว้าง แต่มีข้อเสียคือความถี่ของคลื่นพาห้จะไม่คงที่และเปลี่ยนแปลงไปบ้างทำให้ต้องเพิ่มวงจรสำหรับทำความถี่คงที่

2.2.2 วิธีสร้างสัญญาณเอฟเอ็มทางอ้อม ถ้าใช้เครื่องมอดูเลตแบบบาลานซ์สร้างสัญญาณ DSB-SC ที่ใช้ $\sin \omega_c t$ เป็นคลื่นพาห้ของเครื่องมอดูเลต ในขณะเดียวกันให้คลื่นพาห้เปลี่ยนมุมเฟสไป 90 องศา โดยผ่านเครื่องเปลี่ยนเฟส(phase shifter)แล้วรวมสัญญาณ DSB-SC ที่ขาออกของเครื่องมอดูเลตแบบบาลานซ์ จะได้สัญญาณพีเอ็มตามต้องการ ฉะนั้นถ้าสัญญาณมอดูเลตคั้งผ่านเครื่องอินดิเกรทก่อนแล้วค่อยผ่านการมอดูเลต จะได้สัญญาณเอฟเอ็มแบบแถบความถี่แคบตามต้องการ

2.2 การคีมอดูเลต

Phase Locked Loop เป็นระบบป้อนกลับ (feedback system) ซึ่งประกอบด้วย เครื่องกำเนิดสัญญาณที่มีความถี่เปลี่ยนแปลงตามระดับแรงดันขาเข้า(VCO) และอุปกรณ์เปรียบเทียบเฟส (Phase Comparator) ดังรูปที่ 2.1



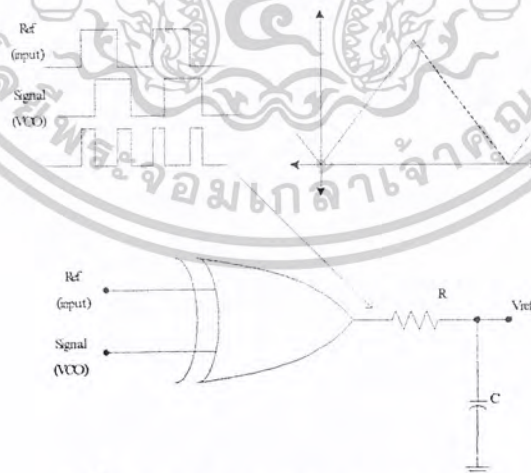
รูปที่ 2.1 Block Diagram ของ Phase Locked Loop

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 เฟส ล็อก ลูป (Phase Locked Loop :PLL)

PLL มีองค์ประกอบพื้นฐานคือ Phase detector(PD) Voltage-controlled oscillator(VCO) และ Lowpass filter(LPF) ที่รวมกันเป็น close loop ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.1 การทำงานของ PLL อาจเริ่มที่ PD ซึ่งเป็นส่วนทำการเปรียบเทียบความถี่ของสัญญาณขาเข้า f_{in} ซึ่งจะถือว่าเป็นความถี่อ้างอิง (f_{ref}) กับความถี่ของสัญญาณ VCO (f_{vco}) จะได้ output อยู่ในรูปของความแตกต่างทางเฟส ซึ่งจะถูกรอง (และขยายสัญญาณ) เป็น DC เพื่อนำไปทำการควบคุมการผลิตความถี่ของ VCO จนกระทั่ง VCO ทำการ lock กับสัญญาณขาเข้า นั่นคือ f_{vco} เท่ากับ f_{in} ด้วยค่าความแตกต่างทางเฟสคงที่ค่าหนึ่ง

Phase detector(PD) จะมีใช้กันสองแบบคือ แบบ 1 และ แบบ 2 PD1 จะถูกออกแบบมาเพื่อทำการตรวจจับคลื่นสี่เหลี่ยม (square wave) ต่างๆ ทั้งทาง analog หรือทาง digital ในขณะที่ PD แบบ 2 จะเพื่อทำการตรวจจับการเปลี่ยนแปลงสถานะ หรือ ขอบของสัญญาณ ตัวอย่างของ IC ที่มี PD แบบ 1 คือ 565 และ PD แบบ 2 คือ TTL4044 ส่วน CMOS4046 จะมี PD ทั้งสองแบบอยู่ในตัว วงจร PD แบบ 1 แบบง่ายๆ ก็คือ exclusive-OR gate กับ LPF ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.2 ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างค่าความแตกต่างทางเฟสกับ output ของ PD (V_{av}) ที่มีสัญญาณขาเข้ามี duty cycle 50% ได้แสดงไว้ทางขวามือของรูปดังกล่าว ซึ่งจะเห็นได้ว่า PD แบบ 1 นี้ มีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้น สำหรับเฟส input ในช่วงหนึ่ง ($0-\pi$) ซึ่งจะผลิต pulse บวกหรือลบ ขึ้นอยู่กับ การ lead หรือ lag ของสัญญาณ VCO เมื่อเปรียบเทียบกับสัญญาณอ้างอิง ความกว้างของ pulse เหล่านี้จะเท่ากับช่วงเวลาระหว่างขอบของสัญญาณ input signal และการไม่มี ripple ที่ output เหมือนกับในกรณีของ ส่วน PD แบบ 2 จะไม่ขอกล่าวถึง

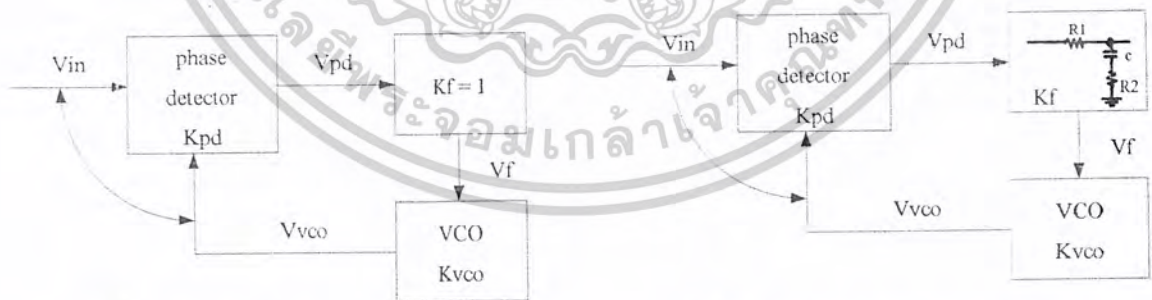


รูปที่ 2.2 วงจร PD แบบ 1 และการทำงาน

Voltage-controlled oscillator (VCO) เป็นส่วนที่จำเป็น สำหรับ PLL คือเป็น oscillator ซึ่งผลิตความถี่ที่สามารถควบคุมได้จาก output ของ Phase detector หรือในทางทฤษฎีแล้ว เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VCO ก็คือวงจร integrator นั่นเอง VCO ที่ใช้ใน PLL ไม่จำเป็นจะต้องมีความสัมพันธ์เป็นเชิงเส้นกับ Voltage ที่มาควบคุมมากนักในกรณีทั่ว ๆ ไป แต่ถ้าเป็น non linearity มากเกินไปแล้ว ค่า loop gain ก็จะเปลี่ยนแปลงไปตามความถี่ของสัญญาณด้วย ฉะนั้นจึงจำเป็นจะต้องคำนึงถึงความเสถียรภาพของ loop ด้วย

การออกแบบ PLL เราได้เรียนรู้ถึง Phase detector ซึ่งให้ error signal ทางเฟส ระหว่างสัญญาณอ้างอิงกับ สัญญาณจาก VCO และ VCO เป็นตัวแปลง error signal ให้เป็นความถี่ ลักษณะเช่นนี้จะคล้ายกับวงจรขยายของ Op-amp ที่มีเสถียรภาพเมื่อมีการป้อนกลับด้วย gain ค่าหนึ่ง ต่างกันก็เพียงแต่ลักษณะของสัญญาณใน Op-amp จะเป็นสัญญาณประเภทเดียวกันทั้ง input และ feedback(Voltage) แต่ใน PLL จะมีสัญญาณเฟสเป็น input และความถี่เป็นส่วนป้อนกลับ เนื่องจากเฟสคือ integral ของความถี่ ดังนั้น feedback loop จะมี phase shift 90° lagging เพื่อเป็นการรักษาความเสถียรภาพของ feedback แล้วจึงไม่ควรเพิ่ม lagging phase shift (components)เข้าไปใน feedback อีก วงจรดังกล่าวจะเป็น PLL แบบ first-order loop (FOL) ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 2.3 ถึงแม้ว่า FOL จะมีโครงสร้างแบบง่าย ๆ แต่มันก็มีข้อเสียคือ ความถี่ที่ผลิตจาก VCO (และการ detect ของเฟส) จะมีความคลาดเคลื่อนมาก ปัญหานี้สามารถลดไปได้โดยเพิ่ม LPF component ลงไปใน loop แล้ว วงจรจะเป็นแบบ second-order loop (SOL) ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 2.4 นอกจากนี้แล้วยังช่วยสัคช่วง capture range และเพิ่ม capture time โดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าใช้ PD แบบ 2 แล้ว การ lock ของเฟสจะเกิดขึ้นเมื่อค่าความแตกต่างทางเฟสเป็นศูนย์จริง ๆ ดังนั้น SOL จึงเป็นที่นิยมใช้ในงานทั่ว ๆ ไป



รูปที่ 2.3 PLL แบบ first-order loop

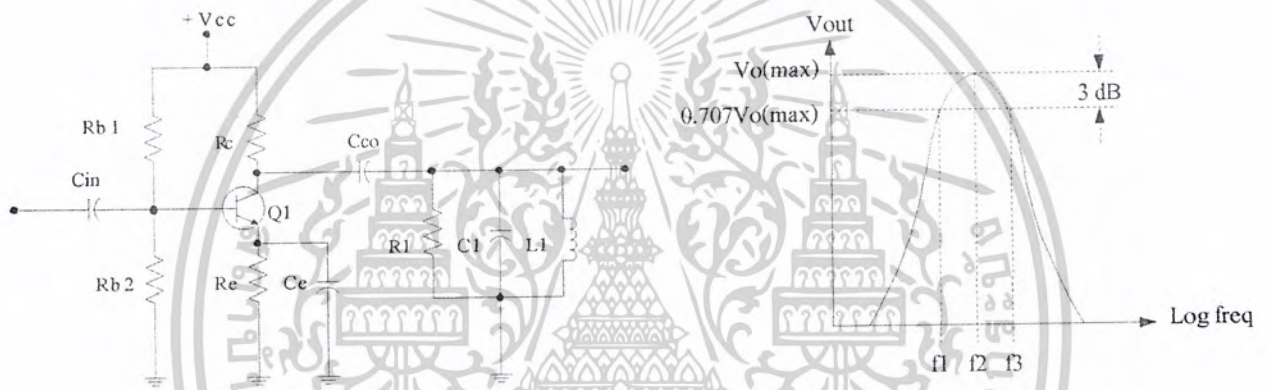
รูปที่ 2.4 PLL แบบ Second-order loop

2.4 วงจรจูน (Tuned Amplifier)

ในวงจรขยายไม่ว่าจะเป็นวงจรขยายแบบใดก็ตาม ค่าของอัตราขยายจะแปรผันโดยตรงกับค่าของอิมพีแดนซ์ในวงจรเอาต์พุตเสมอ ในวงจรขยายความถี่ต่ำ หรือ Wide Band โหลดของวงจรมักจะเป็นความต้านทานซึ่งจะมีค่าคงที่ตลอดทุกความถี่ ถ้าเราเปลี่ยนโหลดของวงจรขยายเป็นวงจรถูกเลือกเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จรขนานของวงจร LC หรือวงจรแทงค์แล้ว ค่าอัตราขยายของวงจรจะมีค่าสูงสุดที่ความถี่เรโซแนนซ์ของ LC ทั้งนี้เพราะอิมพีแดนซ์ของวงจรขนาน LC จะมีค่าสูงสุดที่ความถี่เรโซแนนซ์ มีลักษณะวงจรวงจรดังรูปที่ 2.5

จากวงจรพื้นฐานของวงจรขนาน RLC จะพบว่าอิมพีแดนซ์จะมีค่าสูงสุดที่ความถี่เรโซแนนซ์ f_2 ดังในรูปที่ 2.5(a) สักคาเอาต์พุตคร่อมวงจรถู่นก็จะเป็นฟังก์ชันกับความถี่ของวงจรถู่นนั้นจะเป็นค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรขนาน RLC ดังนั้นค่าของอัตราขยายแรงดันของ Tuned Amp ก็จะมีค่าสูงสุดที่ความถี่เรโซแนนซ์ของ LC และอัตราขยายของวงจรถู่นก็จะลดลงที่ความถี่สูงกว่า และต่ำกว่าความถี่เรโซแนนซ์ ดังรูปที่ 2.5(b)



(a) วงจรพื้นฐาน

(b) ลักษณะเอาต์พุต

รูปที่ 2.5 วงจรพื้นฐาน และลักษณะเอาต์พุต

ในกรณีของ LC ในอุดมคติ จะได้ความถี่เรโซแนนซ์ (F_r)

$$F_r = 1 / (2\pi\sqrt{LC}) \quad \text{Hz} \quad (2.2)$$

ที่ 3 dB Band Width

$$BW = F_r / (Q_{\text{loader}}) = 1 / (2\pi R_p C) \quad \text{Hz} \quad (2.3)$$

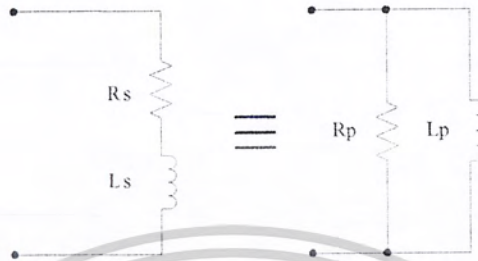
ซึ่ง

$$Q_{\text{loader}} = R_p \sqrt{C/L} \quad (2.4)$$

โดยที่ R_p คือความต้านทานรวมทั้งหมดยที่ต่อขนานกับ LC ในอุดมคติ (เช่น Source Resistance, Load)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในความเป็นจริงจะมีความต้านทาน R_s ค่าหนึ่งต่ออนุกรมอยู่กับ L ซึ่ง R_s นี้คือความต้านทานของขดลวดที่ใช้พันคอยล์ โดย R จะเป็น Effective Resistance ของขดลวดซึ่งจะมีค่าสูงขึ้น เมื่อความถี่สูงขึ้นเนื่องจาก Skin Effect



รูปที่ 2.6 การแปลงค่า RL ที่ต่ออนุกรมกันให้เป็น RL ที่ต่อขนานกัน

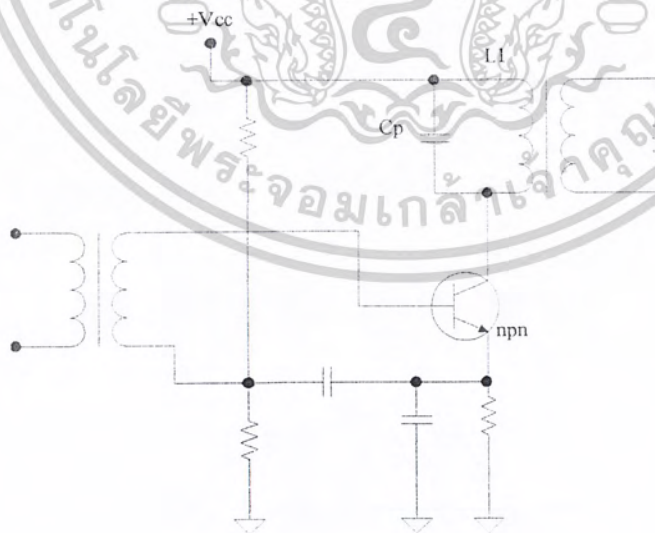
ซึ่งจากขดลวดในความเป็นจริง ในรูปที่ 2.6 สามารถที่จะแสดงได้ด้วยวงจรขนาน LC ได้ โดยสมการต่อไปนี้

$$L_p = (1 + (1/Q^2_0))L_s \tag{2.5}$$

$$R_p = (1 + Q^2_0)R_s \tag{2.6}$$

โดย

$$Q_0 = \frac{X_L}{R_s} \tag{2.7}$$



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างวงจรขนานอย่างง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจร Tuned Amp ในรูปที่ 2.7 สมมติ L_1 และ L_2 ทำงานแบบ Transformer จากวงจรในรูปที่ 2.7 สามารถแปลงเป็นวงจรสมมูลย์ในรูป 2.7(b) และ (c) ได้

r_{ce} คือค่า Output Resistance ของ Transistor

C_s คือ Stray Capacitance ของวงจรรวมทั้ง C ภายในตัว Transistor

R_p และ L_{ip} คือวงจรเสมือนแทน R_s และ L_1 โดยที่ค่าของ R_p และ L_{ip} คำนวณได้จากสมการ (2.7) จะได้ว่า

$$Q_0 = X_{L1}/R_s \quad (2.8)$$

$$L_{ip} = (1 + (1/Q_0^2))L_s \quad (2.9)$$

$$R_p = (1 + Q_0^2)R_s \quad (2.10)$$

ถ้า $Q_0 > 10$ อาจประมาณได้เป็น

$$L_{ip} = L_s \quad (2.11)$$

$$R_p = Q_0^2 R_s \quad (2.12)$$

R_L และ C_L เป็นค่า R_L และ C_L ที่ Transfer จาก Z_L ที่อยู่ทางขด L_2 ไปสู่ L_1 (ตามหลักการของ Transformer) ซึ่งจะได้ความถี่เรโซแนนซ์ของวงจรเป็น

$$f_R = 1/(2\pi\sqrt{L_o C_o}) \quad (2.13)$$

โดยที่

$$L_o = L_{ip} \quad (2.14)$$

$$C_o = C_s + C_p + C_L \quad (2.15)$$

$$Q_{loaded} = R_o C_o / L_o \quad (2.16)$$

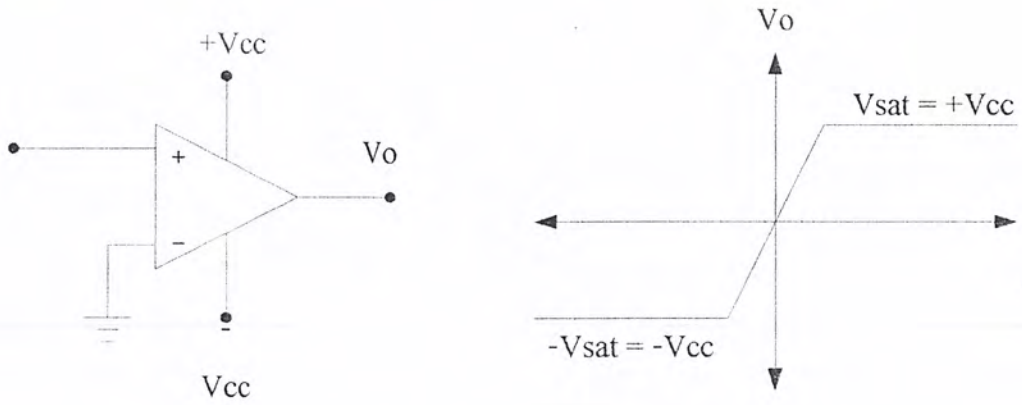
$$BW = 1/(2\pi R_o C_o) \quad (2.17)$$

$$\text{โดยที่ } R_o = r_{ce} // R_p // R_L \quad (2.18)$$

2.5 วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Voltage Comparator)

วงจรเปรียบเทียบแรงดันเป็นวงจรที่มีการทำงานอย่างไม่เป็นเชิงเส้น (Nonlinear) วงจรจะให้ Output เป็นสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่อง (Discrete Signal) โดยวงจรผลิต Output 2 ค่า หรือมากกว่า ขึ้นอยู่กับการจัดระดับของสัญญาณ Input อย่างไรก็ตาม วงจรเปรียบเทียบแรงดันซึ่งใช้งานกันอยู่ทั่วไป เป็นชนิดที่ให้ Output ออกมา 2 ระดับ ซึ่งจะได้กล่าวถึงวงจรเปรียบเทียบระดับแรงดันแบบวงเปิด (Open-loop Comparator) และแบบที่มีการป้อนกลับแบบบวก (Positive feedback) ซึ่งเป็นที่รู้จักกันในชื่อของ Schmitt trigger

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) วงจรเปรียบเทียบแรงดันพื้นฐาน(Noninverting) (b) Input-Output Characteristic

รูปที่ 2.8 รูปแบบง่ายที่สุดของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

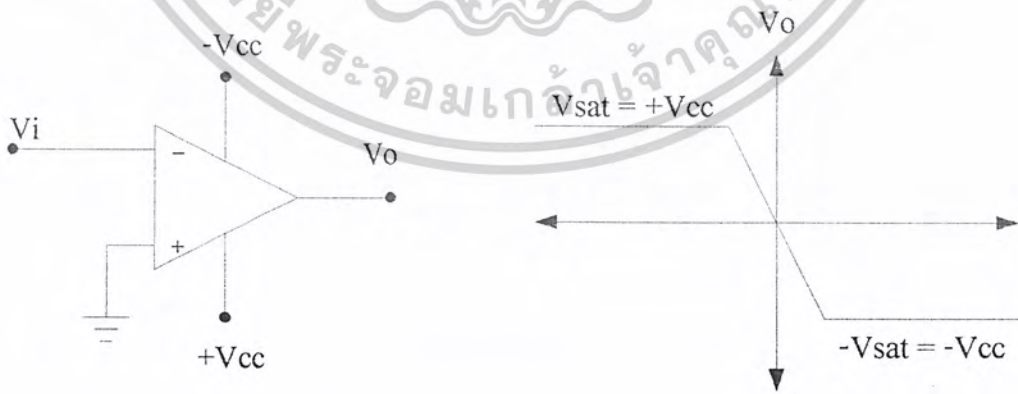
รูปแบบที่ง่ายที่สุดที่จะใช้ช่วยในการอธิบายการทำงานของวงจรเปรียบเทียบแรงดันแสดงดังในรูปที่ 2.8 ซึ่งเป็นชนิด Noninverting แบบวงเปิด (Open-loop Noninverting Comparator)

โดยอาศัยคุณสมบัติ Op-Amp คือ Op-Amp มีอัตราขยายรูปเปิดที่ใหญ่มาก จากรูป 2.8 จะได้ว่า

$$V_o = +V_{sat} \quad ; V_i > 0 \quad (2.19)$$

$$V_o = -V_{sat} \quad ; V_i < 0 \quad (2.20)$$

เมื่อ V_o เป็นค่า Output , V_{sat} เป็นค่าแรงดันอิ่มตัวทางบวก ซึ่งมีค่าเท่ากับค่าของไฟเลี้ยงวงจรมันเอง ส่วน Input V_i ถึงแม้จะมีค่าน้อยมากแต่ก็สามารถขับให้ Output มีค่าเท่ากับ $+V_{sat}$ หรือ $-V_{sat}$ ได้ ตัวอย่างเช่น เมื่อ $A_d = 200,000$ เป็นค่าอัตราขยายรูปเปิดของ Op-Amp ซึ่งหาได้ทั่วไป และสมมติว่าใช้ไฟเลี้ยง $+10V$ แล้วจะเห็นว่า Input V_i ที่มีขนาดเพียง $50\mu V$ ก็สามารถทำให้ Output ของ Op-Amp เกิดการอิ่มตัว(Saturation) ได้



(a) วงจรเปรียบเทียบแรงดันพื้นฐาน(Inverting) (b) Input-Output Characteristic

รูปที่ 2.9 รูปแบบง่ายที่สุดของวงจรเปรียบเทียบแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเปรียบเทียบแรงดันพื้นฐานอีกแบบคือวงจรตามรูปที่ 2.9 ซึ่งเป็นชนิด Inverting แบบวงเปิด(Open-loop Inverting Comparator)ซึ่งวงจรมีหลักการการทำงานคล้ายคลึงกับในวงจรในรูปที่ 2.8

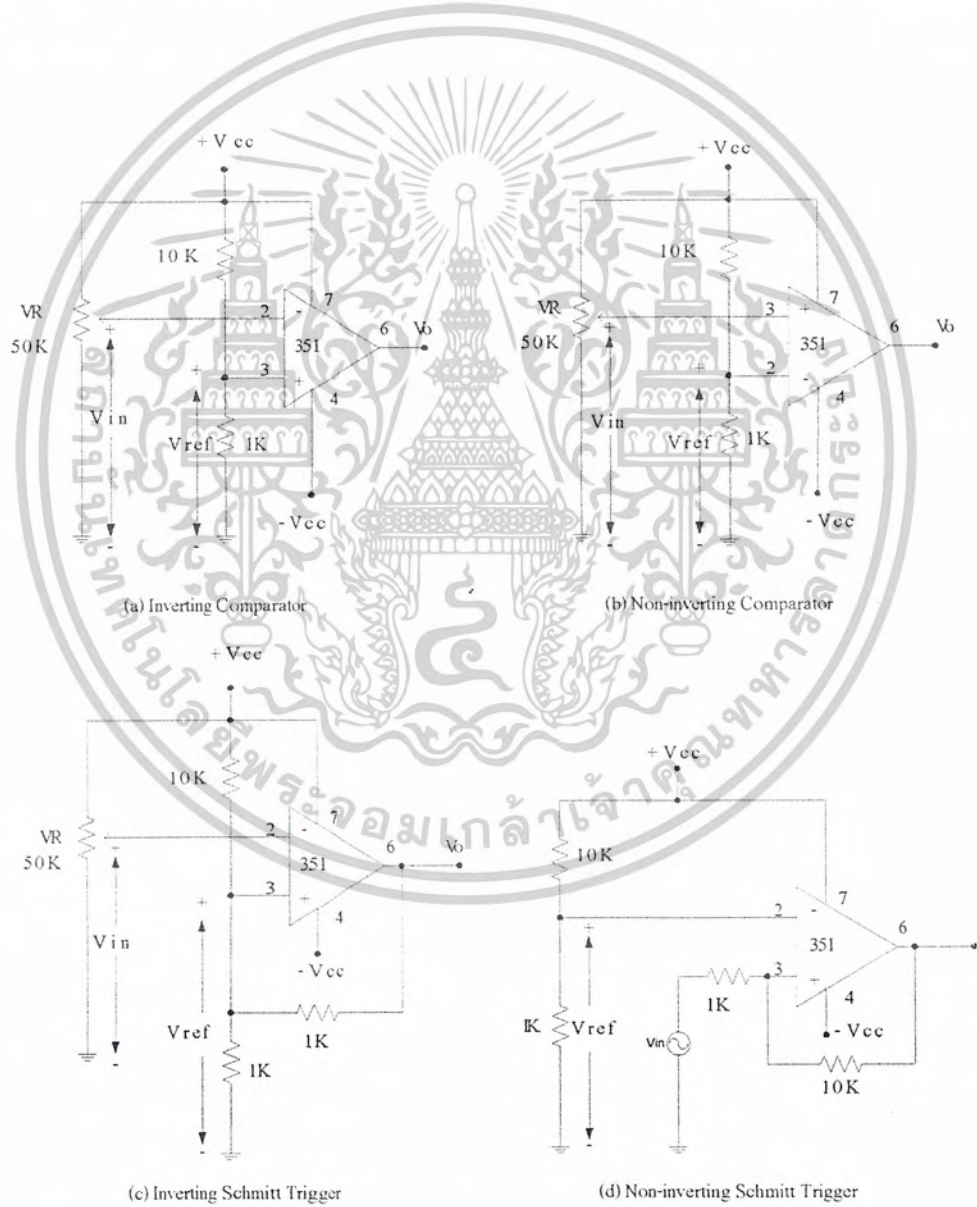
ค่าสถานะของ Output ในรูปที่ 2.9 เป็นไปตามเงื่อนไขต่อไปนี้

$$V_o = V_{sat} \quad ; V_i < 0 \quad (2.21)$$

$$V_o = -V_{sat} \quad ; V_i > 0 \quad (2.22)$$

ตัวอย่างการต่อวงจร Voltage Comparator เพื่อใช้งานในแบบต่างๆ เป็นดังรูปที่ 2.10(a) ถึง

2.10(d)



รูปที่ 2.10 ตัวอย่างวงจร Voltage Comparator ที่ใช้งานแบบต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 วงจรกรองความถี่ (Filters)

Filters คือวงจรกรองความถี่ แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

1. Passive Filter เป็นวงจรกรองความถี่ที่ไม่มีอัตราการขยายประกอบด้วย Passive Element (R,L,C)
2. Active Filter เป็นวงจรกรองความถี่ที่มีอัตราการขยาย ประกอบด้วย R,C และ Active Element (Op-Amp)

Passive Filter สร้างจาก Passive Element (R,L,C) จึงมักใช้งานที่ความถี่ต่ำ เพราะที่ความถี่สูง ค่า L ที่ใช้จะมีค่ามาก ทำให้ต้องใช้ลวดพันจำนวนมาก ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้มากเพราะมีค่าความต้านทานของขดลวดเข้ามาเกี่ยวข้อง อาจแก้ไขได้โดยการใช้เส้นลวดขนาดใหญ่ ซึ่งจะทำให้ L นั้นมีขนาดใหญ่ น้ำหนักมาก และราคาแพง จึงไม่นิยมใช้ที่ความถี่สูง แต่อย่างไรก็ตามข้อดีของ Passive Filter นั้นคือสามารถใช้งานได้กับ High Power Level ได้ ในขณะที่ Active Filter นั้นไม่สามารถทำได้

Active Filter ส่วนใหญ่จะเป็น RC- Active Filter ซึ่งสามารถสร้างให้มีขนาดเล็กมากๆได้ ในรูปของ Hybrid IC ข้อดีที่เห็นอย่างชัดเจนของ Active Filter ได้แก่

1. มีขนาดเล็ก น้ำหนักเบา
2. มีความถูกต้องของวงจรสูงกว่า Passive Filter
3. ถ้ามีการใช้งานเป็นจำนวนมาก จะสามารถสร้างได้ในราคาที่ถูกลง
4. การออกแบบง่ายกว่า Passive Filter มาก
5. มีรูปแบบของ Filter ให้ใช้งานได้มากกว่า
6. มีการขยาย ในขณะที่ Passive Filter มี Loss

แต่อย่างไรก็ตาม Active Filter ยังไม่สามารถนำไปใช้ที่ความถี่สูงๆ เช่นย่านความถี่วิทยุได้

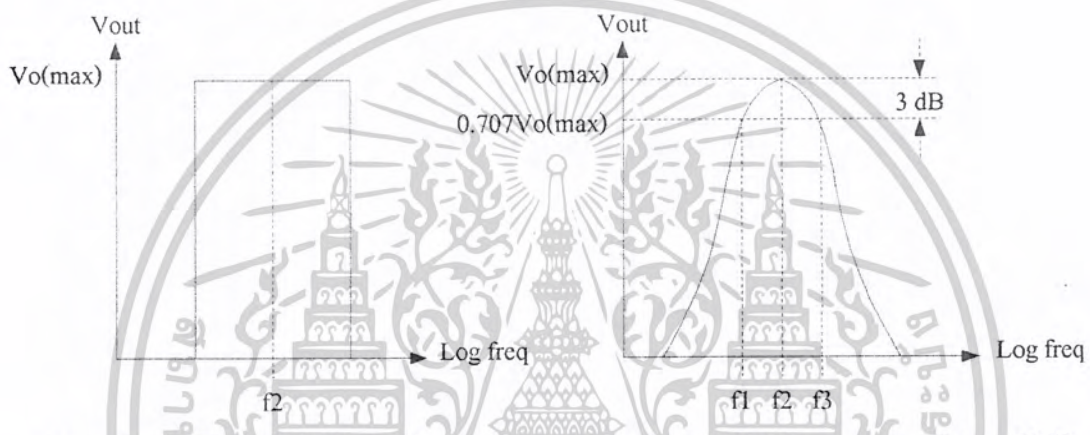
2.6.1 วงจรกรองความถี่แบบเชบิเชฟ (Chebyshev Filter)

Chebyshev Filter เป็น Active Filter ชนิดหนึ่ง ที่มีลักษณะเด่น คือ สามารถลดทอนสัญญาณนอกช่วงความถี่ pass band ของวงจรได้ดีกว่าแบบอื่น แต่จะมี ripple เกิดขึ้นในช่วง ความถี่ pass band

2.6.2 วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (Band Pass Filter :BPF)

Band Pass Filter (BPF) เป็น Filter ที่สามารถส่งผ่านสัญญาณในบางช่วงความถี่ที่ต้องการไปได้ เรียกช่วงความถี่ดังกล่าวว่า Pass Band Frequency และลดทอนความถี่ที่นอกเหนือจาก Pass Band Frequency

Band Pass Filter สามารถสร้างได้โดยตรงโดยการสร้างเป็น Filter order คู่ แต่ไม่เป็นที่นิยมกัน ในทางปฏิบัตินิยมสร้าง Filter แบบต่างๆจาก Low Pass Filter(LPF) โดยการนำเอา LPF มาต่อในลักษณะต่างๆ สำหรับ Band Pass Filter ก็เช่นกัน สามารถทำได้โดยการคัดแปลง LPF ด้วยทฤษฎีการแปลงความถี่ (frequency transformations) และในกรณีที่ต้องการ Band Pass Filter ที่มีคุณสมบัติคล้ายกับ Band Pass Filter ในอุดมคติ (Ideal Band Pass Filter) ดังในรูปที่ 2.11 ก็ สามารถทำได้โดยการนำวงจร Band Pass Filter order ต่ำ มาต่อ cascade กันให้ได้ Band Pass Filter order สูงขึ้น



(a) กราฟคุณสมบัติ Band Pass Filter ในอุดมคติ (b) กราฟคุณสมบัติ Band Pass Filter ในทางปฏิบัติ
รูปที่ 2.11 กราฟเปรียบเทียบคุณสมบัติ Band Pass Filter ในทางปฏิบัติและทางอุดมคติ

2.6.3 การแปลงความถี่ (Frequency Transformations)

Frequency Transformations หรือการแปลงความถี่ เป็นการพิจารณาความถี่ในรูปของ $j\omega$ โดยจะพิจารณาในรูปของจำนวนเชิงซ้อน s ซึ่งสมมติว่า $s = \sigma + j\omega$ เป็นค่า Normalized Lowpass Function และให้ $S = \Sigma + j\Omega$ เป็นค่าที่ได้ทำการแปลงแล้ว (Transformed Network Function)

เราได้ทราบมาแล้วว่า Filter ชนิดต่างๆ สามารถแปลงมาจาก Low Pass Filter โดยการทำ Frequency Transform

Lowpass-to-bandpass Transformation

เริ่มต้นที่ Low Pass Filter ที่มีทำการ Normalized ให้ $\omega_p = 1$ และมี Network Function เป็น $H_{LP}(s)$ เพื่อให้ได้ Band Pass Filter ให้แทนค่า s ด้วย $(S^2 + \Omega^2_0)/BS$

จาก

$$s = \frac{(S^2 + \Omega^2_0)}{BS} \quad (2.23)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้ BPF Function

$$H_{BP}(S) = [H_{LP}(S^2 + \Omega_o^2)]/BS \quad (2.24)$$

เมื่อพิจารณาค่าในแกนจินตภาพ จะได้

$$j\Omega = (-\Omega^2 + \Omega_o^2)/(Bj\Omega) \quad (2.25)$$

$$\text{หรือ } \Omega^2 - B\Omega - \Omega_o^2 = 0 \quad (2.26)$$

เมื่อ $\Omega = 0$ จะได้ค่า $\Omega = \pm\Omega_o$ และ

เมื่อ $\Omega = \pm\infty$ จะได้ค่า $\Omega = 0$ และ

เมื่อ $\Omega = \Omega_p = 1$ จะได้ค่า $\Omega = \pm\infty$

จากการแก้สมการ $\Omega^2 - B\Omega - \Omega_o^2 = 0$ จะได้ว่า

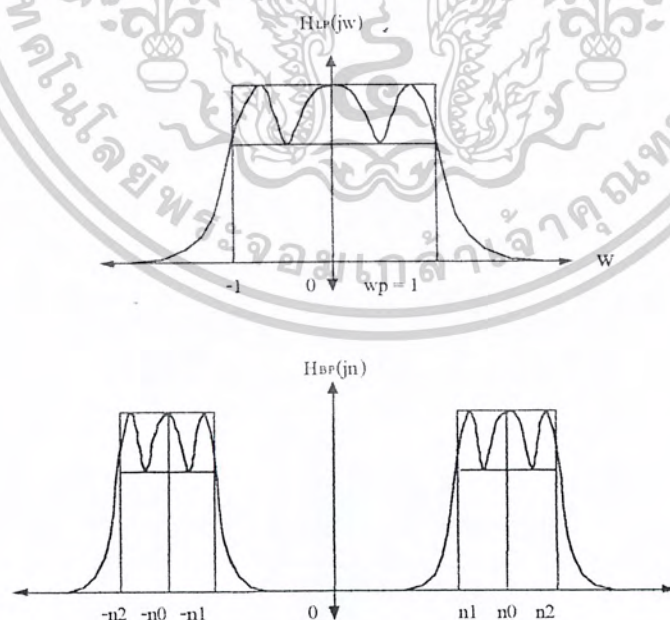
$$\Omega = \frac{B}{2} \pm \sqrt{(B/2)^2 + \Omega_o^2} \quad (2.27)$$

ค่าที่ได้เป็นค่าบวกหนึ่งค่าลบหนึ่งค่า

$$\Omega_2 = \frac{B}{2} + \sqrt{(B/2)^2 + \Omega_o^2} \quad (2.28)$$

$$-\Omega_1 = \frac{B}{2} - \sqrt{(B/2)^2 + \Omega_o^2} \quad (2.29)$$

เมื่อแทนค่า $\Omega = -1$ ลงในสมการ (2.26) จะได้ค่ารากของสมการทั้งสองมีค่าเท่ากับ $-\Omega_2$ และ Ω_1 ซึ่งเป็นค่าที่ให้ BPF ที่สัมพันธ์กับค่า LPF ในตอนเริ่มต้น โดยจะปรากฏค่าทั้งในแกนทางด้านบวกและทางด้านลบ ดังในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 การแปลง LPF เป็น BPF

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ n ในรูปที่ 2.12 แทน Ω

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และจะพบว่า $B = \Omega_2 - \Omega_1$

ซึ่งเป็นค่า Bandwidth ของ Band Pass Filter

จากสมการ (2.28) และ (2.29) จะได้

$$\begin{aligned} \Omega_1 \Omega_2 &= [(B/2) + \sqrt{(B^2/4) + \Omega_0^2}] [- (B/2) + \sqrt{(B^2/4) + \Omega_0^2}] \\ &= \Omega_0^2 \end{aligned} \quad (2.30)$$

$$\Omega_0 / \Omega_1 = \Omega_2 / \Omega_0$$

เมื่อพิจารณารูปในด้านบวก ดังนั้น จะได้ ค่าที่ขอบด้านบนเป็น Ω_2 ค่าที่ขอบด้านล่างเป็น Ω_1 และค่ากึ่งกลางเป็น Ω_0

เมื่อทำการพล็อตค่าโดยใช้ค่า $\log \Omega$ เป็นแกนนอน จะได้จุดกึ่งกลางกราฟอยู่ที่ Ω_0 และเราเรียก Ω_0 ว่าความถี่กลางของ BPF (band center หรือ center frequency)

อัตราส่วนระหว่างค่าความถี่กลางและค่าความกว้างของ pass band (bandwidth ; B) เรียกว่า Quality Factor หรือค่า Q ค่า Q ยิ่งสูงยิ่งได้ Bandwidth ที่แคบ

$$Q = \Omega_0 / B \quad (2.31)$$

ถ้า Low Pass Function มีโพล เพียงค่าเดียวที่ s_k หลังจากทำการ Transform แล้ว จะได้โพลออกมา 2 ค่า นั่นคือ

$$s_k = (s^2 + \Omega_0^2) / BS \quad (2.32)$$

สมการ 2.32 สามารถเขียนใหม่ได้เป็น

$$s^2 - s_k BS + \Omega_0^2 = 0 \quad (2.33)$$

สมการ 2.33 ให้ค่า Band Pass Function ออกมา 2 ค่าที่สมมาตรกันใน S-plane

ในการเปลี่ยน LPF มาเป็น BPF สามารถทำได้โดยเปลี่ยนแปลงค่าของอุปกรณ์สะสมพลังงานดังนี้

1. จากค่า L เริ่มต้นเป็น Li Henrys เปลี่ยน โดยใช้สูตร

$$\frac{(s^2 + \Omega_0^2) Li}{BS} = \frac{Li s + \Omega_0^2 Li}{B BS} \quad \text{Ohms} \quad (2.34)$$

หรือ เท่ากับ L ขนาด (Li / B) Henry ต่ออนุกรมอยู่กับ C ขนาด $B / (\Omega_0^2 Li)$ Farad

2. ค่า C เริ่มต้นเป็น Ci Farad เปลี่ยน โดยใช้สูตร

$$\frac{(s^2 + \Omega_0^2) Ci}{BS} = \frac{Ci s + \Omega_0^2 Ci}{B BS} \quad \text{Siemens} \quad (2.35)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หรือเท่ากับ C ขนาด (Ci/B) Farad ต่อขนาดอยู่กับ L ขนาด $B/(\Omega^2_0Ci)$ Henry การทำให้เป็น Order สูง ๆ สามารถทำได้โดยการนำเอามาต่อ Cascade กัน แล้วจะได้ Transfer Function รวมซึ่งเป็นผลคูณของ Transfer Function ย่อย

2.7 ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เป็นชื่อของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์แบบหนึ่ง ที่รวมเอาหน่วยประมวลผล หน่วยคำนวณทางคณิตศาสตร์และลอจิก วงจรรับสัญญาณอินพุต วงจรขับสัญญาณเอาต์พุต หน่วยความจำ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกาไว้ด้วยกัน ทำให้สามารถนำไปใช้งานแทนวงจรรีเลย์อิเล็กทรอนิกส์ที่ซับซ้อนได้เป็นอย่างดี ช่วยลดจำนวนอุปกรณ์และขนาดของระบบ ในขณะที่มีขีดความสามารถสูงขึ้น ภายในงบประมาณที่เหมาะสม โดยอาศัยการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานและมีหน่วยความจำสำหรับเก็บ โปรแกรมข้อมูลที่ได้จากการประมวลผล ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นิยมใช้กันมากได้แก่ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 และเพื่อให้สามารถทำการ โปรแกรมได้หลายครั้งจึงใช้เป็นแบบแฟลช ซึ่งจะมีเบอร์ที่ขึ้นต้นด้วย AT89

2.7.1 คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 อนุกรม AT89

1. เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ซีพียูขนาด 8 บิต
2. ภายในมีหน่วยความจำ โปรแกรมเป็นแบบแฟลชสามารถลบและเขียนใหม่ได้พันครั้ง
3. หน่วยความจำข้อมูลพื้นฐานเป็นหน่วยความจำแบบแรม ในบางเบอร์จะมีหน่วยความจำแบบอีพรอมเพิ่มเติม
4. ขาพอร์ตเป็นแบบ 2 ทิศทาง สามารถใช้งานเป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต
5. มีวงจรสื่อสารอนุกรมแบบฟูลดuple็กซ์
6. ไทมเมอร์/เคาน์เตอร์ขนาด 16 บิตอย่างน้อย 2 ตัว
7. สามารถรองรับแหล่งกำเนิดอินเตอร์รัปต์ได้ 6 ประเภท
8. สามารถขยายหน่วยความจำภายนอกเพิ่มเติมได้สูงสุด 64 กิโลไบต์
9. มีวงจรถ่ายสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในชิป
10. มีวงจรถ่ายอนุกรมแบบ SPI สำหรับในอนุกรม AT89Sxx
11. มีวอตซ์ดีค็อกไทมเมอร์ในตัว สำหรับในอนุกรม AT89Sxx

โครงสร้างพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในอนุกรม AT89Cxx จะเหมือนกับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 พื้นฐาน หากแต่แตกต่างกันเฉพาะหน่วยความจำโปรแกรมแบบแฟลชที่เพิ่มเติมเข้ามา หากเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ในอนุกรม 87xx หน่วยความจำโปรแกรมภายในจะเป็นแบบอีพรอม และบางเบอร์สามารถโปรแกรมได้เพียงครั้งเดียว

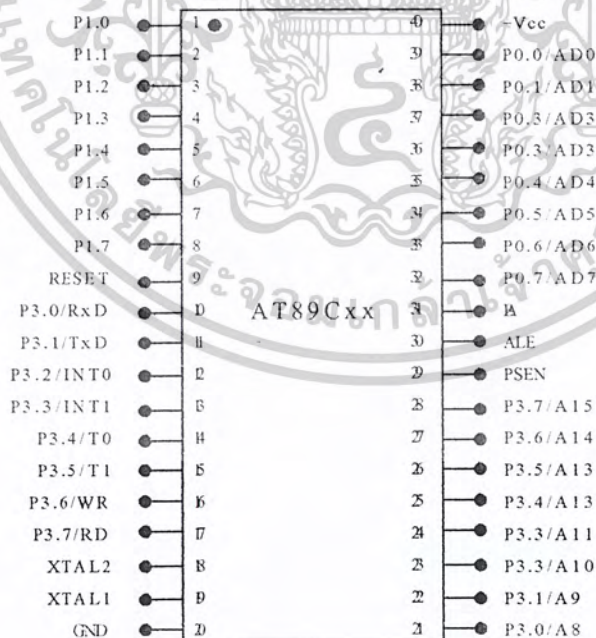
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| เบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ | หน่วยความจำโปรแกรม | หน่วยความจำข้อมูล | จำนวนไทมเมอร์/คาน์เตอร์ 16 บิต |
|---------------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------|
| AT89C1051 | แบบแฟลช ขนาด 1 กิโลไบต์ | แรม 64 ไบต์ | 1 |
| AT89C2051 | แบบแฟลช ขนาด 2 กิโลไบต์ | แรม 128 ไบต์ | 2 |
| AT89C51 | แบบแฟลช ขนาด 4 กิโลไบต์ | แรม 128 ไบต์ | 2 |
| AT89C52 | แบบแฟลช ขนาด 8 กิโลไบต์ | แรม 256 ไบต์ | 3 |
| AT89C55 | แบบแฟลช ขนาด 20 กิโลไบต์ | แรม 256 ไบต์ | 3 |
| AT89S8252 | แบบแฟลช ขนาด 8 กิโลไบต์ | แรม 256 ไบต์ | 3 |
| | | อีอีพรอม 2 กิโลไบต์ | |
| AT89S53 | แบบแฟลช ขนาด 12 กิโลไบต์ | แรม 256 ไบต์ | 3 |

ตารางที่ 2.1 รายละเอียดโดยสรุปบางส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51แบบแฟลชในอนุกรม AT89Cxx

2.7.2 การจัดขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ทุกเบอร์จะมีสถาปัตยกรรมและขาใช้งานพื้นฐานเหมือนกัน ขาของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แสดงในรูปที่ 2.13 โดยมีรายละเอียดขั้นต้นดังนี้



รูปที่ 2.13 การจัดขามาตรฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51แบบแฟลชในอนุกรม AT89C5x

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา Vcc (ขา 40) ใช้สำหรับต่อไฟเลี้ยง +5 V

ขา GND (ขา 20) เป็นขากราวด์ สำหรับต่อกับกราวด์ของระบบ

ขาพอร์ต 0 (P0.0-P0.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้ โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนี้ขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์ต่ำของหน่วยความจำภายนอก (A0-A7) และขาข้อมูล (D0-D7) โดยใช้กระบวนการมัลติเพล็กซ์เข้าช่วยเพื่อสลับการทำงานเป็นได้ทั้งขาติดต่อกับแอดเดรสและขาข้อมูล

ขาพอร์ต 1 (P1.0-P1.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้ โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย นอกจากนี้ในอนุกรม AT89Sxx จะใช้ขา P1.0 เป็นขาอินพุตสำหรับนับค่าของไทมเมอร์ 2 และ P1.1 เป็นขาอินพุตทริกเกอร์ของไทมเมอร์ 2 ในขณะที่ขา P1.4 ถึง P1.7 เป็นขาสำหรับเชื่อมต่ออินพุตแบบอนุกรม (SPI) เพื่อทำการโปรแกรมข้อมูลในระบบ

ขาพอร์ต 2 (P2.0-P2.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้ โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนี้ขาพอร์ตนี้ยังถูกใช้งานในการติดต่อกับขาแอดเดรสไบต์สูงของหน่วยความจำภายนอก (A8-A15)

ขาพอร์ต 3 (P3.0-P3.7) มี 8 ขา แต่ละขาสามารถกำหนดให้เป็นได้ทั้งอินพุตและเอาต์พุต สำหรับใช้งานทั่วไป ถ้าหากต้องการกำหนดให้ขาพอร์ต 0 ขาใดขาหนึ่งเป็นอินพุตสามารถทำได้ โดยการเขียนข้อมูล “1” ไปยังแต่ละบิตของพอร์ตที่ต้องการติดต่อด้วย ส่งผลให้ขาพอร์ตนั้นมีสถานะปล่อยลอย (float) จึงมีอินพุตอิมพีแดนซ์สูงสามารถใช้งานเป็นขาพอร์ตอินพุตได้ นอกจากนี้ขาพอร์ต 3 ยังเป็นขาที่มีหน้าที่การใช้งานพิเศษ ดังมีรายละเอียดขั้นต้นดังต่อไปนี้

P3.0 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา RxD

P3.1 ใช้เป็นขาอินพุตสำหรับส่งข้อมูลจากการสื่อสารแบบอนุกรม หรือขา TxD

P3.2 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเทอร์รัปจากภายนอกช่อง 0 หรือขา $\overline{\text{INT0}}$

P3.3 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณอินเทอร์รัปจากภายนอกช่อง 1 หรือขา $\overline{\text{INT1}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

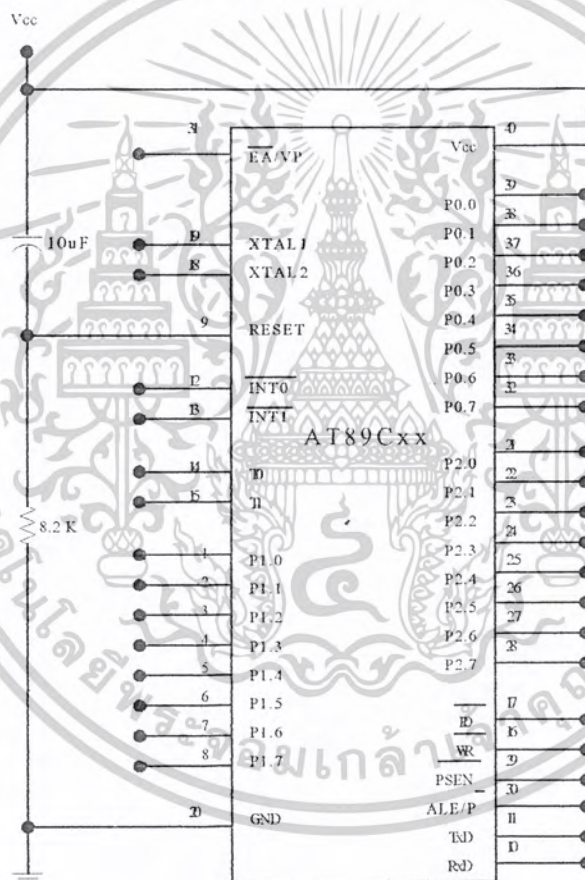
P3.4 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณ ไทเมอร์จากภายนอกช่อง 0 หรือขา T0

P3.5 ใช้เป็นขาอินพุตรับสัญญาณ ไทเมอร์จากภายนอกช่อง 1 หรือขา T1

P3.6 ใช้เป็นขาสัญญาณ \overline{WR} ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

P3.7 ใช้เป็นขาสัญญาณ \overline{RD} ในกรณีที่ใช้เชื่อมต่อกับหน่วยความจำภายนอก

ขารีเซ็ต (Reset) ใช้ในการรีเซ็ตการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยในการป้อนสัญญาณเพื่อรีเซ็ต สถานะที่ขานี้ต้องอยู่ในระดับรีเซ็ตอย่างน้อย 2 แมกซ์ซินไซเคิล โดยที่วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกายังคงทำงานต่อเนื่องไปอย่างเป็นปกติ สำหรับวงจรที่ใช้ในการรีเซ็ตชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีลักษณะดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 รูปแสดงวงจรสำหรับรีเซ็ตชิปไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ขา $\overline{ALE}/\overline{PROG}$ (Address Latch Enable/Program pulse input) เป็นขาที่ใช้ในการควบคุมการแลตช์ของขาพอร์ต 0 เมื่อมีการใช้งานหน่วยความจำภายนอก นอกจากนั้นขานี้ยังใช้เป็นขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับพลัสของการโปรแกรมสำหรับโปรแกรมข้อมูลลงในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ในรุ่นที่มีหน่วยความจำโปรแกรมเป็นแบบอีพรอม

ขา **PSEN (Program Store Enable)** ขานี้ใช้ในการส่งสัญญาณเพื่อร้องขอติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งสัญญาณออกมาที่ขานี้ 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิล แต่ถ้าหากติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้จะไม่มีส่งสัญญาณใดๆออกมา

ขา **EA/Vpp (External Access enable/Programming voltage input)** ใช้สำหรับเลือกการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมจากภายนอกหรือภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ถ้าหากขานี้เป็น "0" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก แต่ถ้าหากขานี้เป็น "1" เป็นการเลือกให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ นอกจากนี้ที่ขานี้ยังใช้เป็นขาอินพุตสำหรับรับแรงดันไฟสูงสำหรับการโปรแกรมหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลชต้องการแรงดันสำหรับการโปรแกรม +12V

ขา **XTAL1 และ XTAL2** เป็นขาสำหรับต่อคริสตัลเพื่อสร้างสัญญาณนาฬิกาในการกำหนดจังหวะการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ โดย

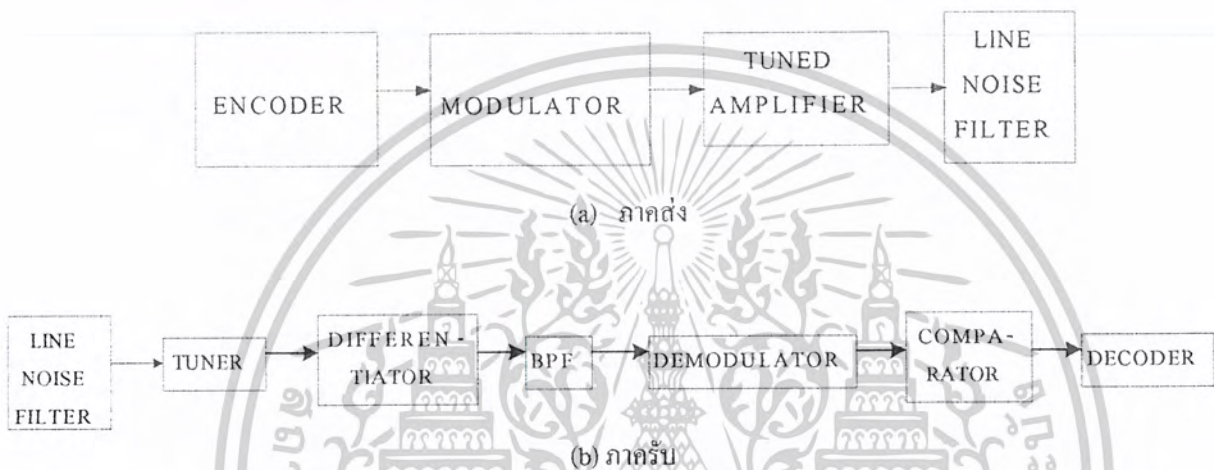
ขา **XTAL1 (ขา 19)** เป็นขาสำหรับต่อคริสตัลภายนอก โดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรถออสซิลเลเตอร์

ขา **XTAL2 (ขา 18)** เป็นขาสำหรับต่อคริสตัลภายนอก โดยเป็นเอาต์พุตเข้าสู่วงจรถออสซิลเลเตอร์

บทที่ 3

การออกแบบ

3.1 หลักการออกแบบวงจรชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าระยะไกลผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์
องค์ประกอบของวงจรชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าระยะไกลผ่านสาย AC Line แสดงได้ด้วย
บล็อกไดอะแกรม ดังนี้



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของชุดควบคุมการทำงานระยะไกลผ่านสาย AC Line

สามารถพิจารณาแยกเป็นส่วนย่อยๆ ได้ดังนี้

3.1.1 ภาคส่ง ซึ่งจะมีองค์ประกอบดังนี้

1. วงจรเข้ารหัส ทำหน้าที่ในการรับสัญญาณข้อมูลควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยการรับข้อมูลจะเป็นการรับแบบขนาน ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลของตำแหน่งอุปกรณ์ที่ต้องการควบคุมและข้อมูลการควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้านั้นๆ โดยวงจรเข้ารหัสจะส่งข้อมูลนั้นออกมาเป็นแบบอนุกรม โดยทำการออกแบบให้ส่งข้อมูลอนุกรมมีความถี่เป็น 500 เฮิรตซ์ โดยการออกแบบสามารถคำนวณได้จากสมการ(3.1) และ(3.2) (ดูรูปแบบการต่อวงจรและข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก data sheet MC 145026)

$$f_{osc} = \frac{1}{2.3R_{TC}C_{TC}} \quad (3.1)$$

$$R_s = 2R_{TC} \quad (3.2)$$

โดยค่าที่เลือกใช้คือ $R_{TC} = 10 \text{ k}\Omega$, $R_s = 20 \text{ k}\Omega$, $C_{TC} = 0.01 \mu\text{F}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. วงจรมอดูเลเตอร์ (MODULATOR) ทำหน้าที่ในการนำสัญญาณข้อมูลจากวงจรเข้ารหัสรวมกับความถี่คลื่นพาหะตัวใหม่ โดยโครงงานนี้เลือกความถี่คลื่นพาหะอยู่ในช่วง 150kHz-180kHz (เนื่องจากความถี่ช่วงนี้ต่างจากความถี่ของข้อมูลควบคุมมากซึ่งทำให้การคิ่มอดูเลทจะทำได้ง่าย) ซึ่งสร้างได้จาก VCO โดยจากการเลือกใช้ไอซีเบอร์ MC 14046 ซึ่งสามารถคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ดังนี้

$$f_{\min} = \frac{1}{R_2(C_1+32\text{pF})} \quad (\text{VCO input}=V_{SS}) \quad (3.3)$$

$$f_{\max} = \frac{1}{R_1(C_1+32\text{pF})} + f_{\min} \quad (\text{VCO input}=V_{DD}) \quad (3.4)$$

เลือก $C_1 = 820 \text{ pF}$ จะได้ $R_1 = 100\text{k}\Omega$, $R_2 = 11\text{k}\Omega$

(รูปแบบการต่อวงจรและข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก datasheet MC 14046)

3. วงจรจูน (TUNED AMPLIFIER) ทำหน้าที่ในการขยายสัญญาณจากวงจรมอดูเลเตอร์ โดยต้องทำการออกแบบให้ค่าความถี่เรโซแนนซ์เท่ากับค่าความถี่ของคลื่นพาหะ เพื่อให้ได้อัตราขยายสูงสุด ซึ่งในโครงงานนี้เลือกใช้ IF Coil เบอร์ 4A-8729 ที่ได้นำตัวเก็บประจุออกและจากหลักการของหม้อแปลงคั้งสมการ

$$\sqrt{\frac{L_2}{L_1}} = \frac{N_2}{N_1} \quad (3.5)$$

จากคุณสมบัติของการส่งผ่านค่าอิมพีแดนซ์ ค่าอิมพีแดนซ์ของขดทุติยภูมิจะต้องมีค่าสูง ๆ เมื่อส่งผ่านไปยังขดปฐมภูมิ และค่าอิมพีแดนซ์จากขดปฐมภูมิเมื่อส่งผ่านไปยังขดทุติยภูมิจะต้องมีค่าต่ำๆ ดังนั้นจึงเลือกใช้ L ด้านที่มีค่ามากเป็นขดปฐมภูมิซึ่งอยู่ในวงจร TUNED AMPLIFIER (ด้าน 3 ขา) เพราะฉะนั้นสามารถคำนวณค่า LC ได้คั้งสมการ

$$F_R = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} \quad (3.6)$$

เนื่องจากค่า L อยู่ในช่วง 0.63mH-1.22mH

\therefore จะได้ค่า $C = 1 \text{ nF}$

จากนั้นทำการปรับ L เพียงเล็กน้อยจนได้สัญญาณที่มีความถี่เท่ากับความถี่ที่ได้จากวงจรมอดูเลเตอร์

4. วงจรกรองสัญญาณรบกวน (LINE NOISE FILTER) จะใช้ C Coupling เพื่อส่งผ่านช่วงความถี่ช่วงความถี่ 150kHz-180kHz ผ่านสายไฟกระแสสลับไปยังตัวรับของวงจรภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และป้องกันไฟฟ้า 50 Hz เข้าสู่ภาคส่งของชุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ โดยพิจารณาจากค่าอิมพีแดนซ์ของตัวเก็บประจุโดยใช้ค่าตัวเก็บประจุอยู่ในช่วง 0.1µF-1µF

3.1.2 ภาครับ ซึ่งมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. วงจรขยายความแตกต่าง (DIFFERENTIAL AMPLIFIER) ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณขาเข้าที่มีขนาดคงที่ให้ได้สัญญาณขาออกที่มีขนาดผันแปรตามความถี่ของสัญญาณขาเข้า ซึ่งสัญญาณขาออกของคิฟเฟอเรนเชียลแอมพลิฟายเออร์ จะมีทั้งแอมพลิจูดและเฟสที่แปรผันตามความถี่ของสัญญาณขาเข้า

2. วงจรกรองแถบความถี่ผ่าน (BAND PASS FILTER :BPF) ทำหน้าที่จำกัดช่วงความถี่ของสัญญาณที่จะทำการ คัดลอกสัญญาณเพราะฉะนั้นจึงเลือกใช้วงจร Active Filter โดยเลือกใช้ Fourth-Order Band pass Chebyshev ซึ่งมีคุณสมบัติในการกำจัด stop band ได้ดีกว่าแบบอื่น ๆ โดยสามารถคำนวณค่า พารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

$$\alpha_p = 1 \text{ dB}, \Omega_0 = 1 \text{ และ } B = 0.1$$

ทำการ Normalized fourth-order band pass Chebyshev filter ได้ดังนี้ จากตารางที่ 1 (ในภาคผนวก ก.) ได้ สมการ low pass transfer function เป็น

$$H_{LP}(s) = \frac{K}{s^2 + 1.097734s + 1.102510} \tag{3.7}$$

ใช้ทฤษฎีการแปลง จาก LPF เป็น BPF (ดูทฤษฎีการแปลงในเนื้อหาบทที่ 2) จะได้ว่า

$$s = \frac{S^2 + 1}{0.1S} \tag{3.8}$$

นำค่าในสมการที่ 3.6 แทนลงในสมการที่ 3.5 จะได้

$$H_{BP}(S) = \frac{0.01 KS^2}{S^4 + 0.109773S^3 + 2.01103S^2 + 0.109773S + 1} \tag{3.9}$$

ณ จุดนี้เราสามารถแก้สมการ quadratic ได้โดยใช้ โปรแกรม MATLAB หรือจะใช้ค่าโพลของ Low pass Transfer function คือ $-0.548867 \pm j0.895129$ แล้วนำไปแทนค่าเพื่อ แก้สมการ quadratic

$$S^2 - 0.1 \times (-0.548867 + j0.895129)S + 1 = 0 \tag{3.10}$$

$$S^2 - 0.1 \times (-0.548867 - j0.895129)S + 1 = 0 \tag{3.11}$$

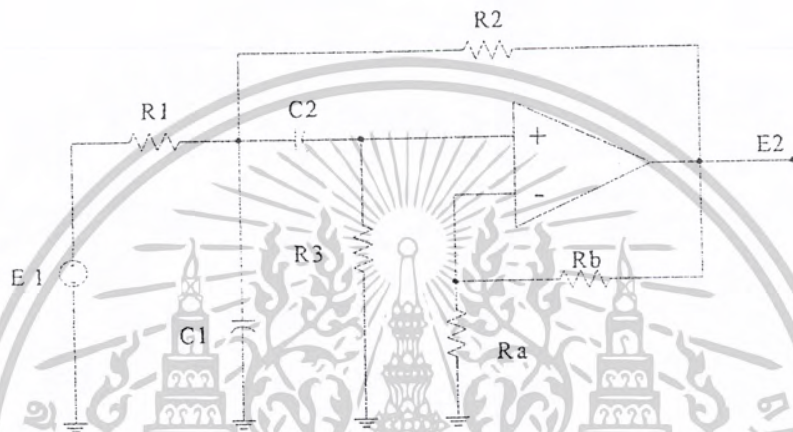
จากการแก้สมการได้โพล 4 ค่าคือ

$$-0.0286709 \pm j1.0453820 \text{ และ } -0.0262158 \pm j0.955869$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ละคู่ conjugate pole จะให้ค่าของตัวส่วนเหมือนกัน จึงนำมาพิจารณาเพียงค่าเดียว ดังนี้จะได้ว่า

$$\begin{aligned}
 H_{BP}(S) &= \frac{G_1 S}{S^2 + 0.057342S + 1.09365} \times \frac{G_2 S}{S^2 + 0.0524317S + 0.914373} \\
 &= H_1(S) H_2(S) \quad (3.12)
 \end{aligned}$$



รูปที่ 3.2 วงจร Sallen-Key bandpass biquad

$$H_{BP}(s) = \frac{G (\omega_0 / Q) s}{s^2 + (\omega_0 / Q) s + \omega_0^2} \quad (3.13)$$

$$\omega_0 = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 R_3 C_1 C_2} \quad (3.14)$$

$$Q = \frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2 R_3 C_1 C_2} \quad (3.15)$$

$$\begin{aligned}
 G &= \frac{\frac{1}{R_1 C_1} + \frac{1}{R_3 C_2} + \frac{1}{R_3 C_1} + \frac{1 - \mu}{R_2 C_1}}{\frac{\mu}{R_1 C_1}} \quad (3.16)
 \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากค่า โพลของ Q ในสมการที่ 3.12 มีค่าใกล้เคียง 20 และจาก Sallen-Key biquad ในรูปที่ 3.2 เราเลือก $C_1 = C_2 = 1 \text{ F}$ และ $R_1 = R_2 = R_3 = R$

สำหรับค่า $H_1(S)$ จากสมการ (3.15) จะได้

$$R = \frac{\sqrt{2}}{\omega_0} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{1.09365}} = 1.3523 \Omega$$

$$\frac{3 + \frac{1-\mu}{R}}{R} = 0.057342 \implies \mu = 3.9225$$

และ $G_1 = \frac{\mu}{R_{b1}} = 50.584$

ให้ $R_3 = R_a // R_b$

จะได้ $R_a = 1.8150 \Omega$ และ $R_b = 5.3044 \Omega$

สำหรับค่า $H_2(S)$ ก็หาได้ในทำนองเดียวกัน

$$R = \frac{\sqrt{2}}{\omega_0} = \frac{\sqrt{2}}{\sqrt{0.914373}} = 1.4790 \Omega$$

และ $\frac{3 + \frac{(1-\mu)}{R}}{R} = 0.052432 \implies \mu = 3.9225$

ดังนั้น $G_2 = \frac{\mu}{R_{b1}} = 50.584$

ให้ $R_3 = R_a // R_b$

จะได้ $R_a = 1.9850 \Omega$ และ $R_b = 5.8011 \Omega$

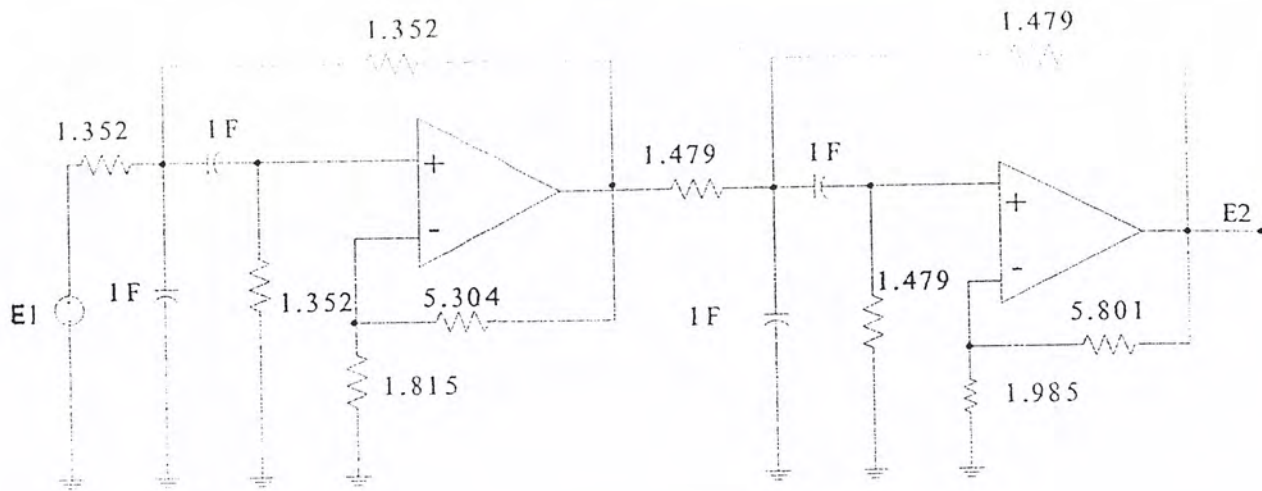
มีลักษณะวงจรดังรูปที่ 3.3

เนื่องจากค่าที่ได้จากวงจรไม่สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาด จึงต้องทำการสเกลความถี่ และ สเกลกระแสซึ่งสามารถสเกลได้ดังนี้

จาก Frequency Scaling $\beta = \frac{\text{ความถี่เดิม}}{\text{ความถี่ใหม่}}$

Current Scaling $\alpha = \frac{\text{กระแสเดิม}}{\text{กระแสใหม่}}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 วงจร fourth-order Chebyshev Bandpass Filter ที่ทำการ Normalized แล้ว

กรณี $H_1(S)$

เลือกใช้ค่า

$C = 470 \text{ pF}$

$R_{s1} = 2.2 \text{ k}$

$R_{s2} = 10 \text{ k}$

$R_{s3} = 3.6 \text{ k}$

กรณี $H_2(S)$

เลือกใช้ค่า

$C = 470 \text{ pF}$

$R_{s1} = 2.4 \text{ k}$

$R_{s2} = 12 \text{ k}$

$R_{s3} = 3.9 \text{ k}$

ซึ่งค่าที่ใช้ในวงจรเลือกโดยการประมาณจากการสเกลแล้วก็จะได้อ่าที่สามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดมาใช้ในวงจร

3. คีมอดูเลเตอร์ (DEMODULATOR) หน้าที่ในการกำจัดความถี่คลื่นพาหะให้เหลือเพียงสัญญาณข้อมูลจากวงจรเข้ารหัส เท่านั้น โดยการกำหนดให้ VCO ผลิตความถี่เท่ากับความถี่คลื่นพาหะของภาครับซึ่งกำหนดได้จากค่า R และ C ดังสมการที่ 3.3 จากนั้นนำสัญญาณจาก BPF มาทำการเปรียบเทียบกับสัญญาณจาก VCO ซึ่งจะได้ความต่างเฟสออกมา จากนั้นนำมาผ่านวงจรกรองความถี่ต่ำผ่านเพื่อไปทำการควบคุม VCO ให้ได้สัญญาณควบคุมอนุกรมตามที่ส่งมาจากวงจรเข้ารหัส

4. วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (COMPARATOR) ทำหน้าที่นำสัญญาณที่ได้จากการคีมอดูเลตมาทำการเปรียบเทียบแรงดันเพื่อให้ได้สัญญาณเหมือนกับสัญญาณที่ออกจากวงจรเข้ารหัสมากที่สุดเพื่อที่จะนำไปถอดรหัสต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. วงจรถอดรหัส (DECODER) ทำหน้าที่ในการแปลงสัญญาณควบคุมที่เป็นแบบอนุกรม ให้เป็นสัญญาณควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าโดยข้อมูลที่ได้จากวงจรถอดรหัสจะมีเฉพาะข้อมูลควบคุม การเปิดปิดของวงจรเท่านั้น โดยการถอดรหัสทำได้ก็ต่อเมื่อ วงจรถอดรหัสมีการกำหนด ตำแหน่ง ตรงกับวงจรถอดรหัสเท่านั้น ซึ่งสามารถคำนวณค่าพารามิเตอร์ของวงจรถอดรหัสได้ดังนี้

$$R_1 C_1 = 3.95 R_{TC} C_{TC}$$

$$R_2 C_2 = 77 R_{TC} C_{TC}$$

เลือกพิจารณาใช้ค่าดังนี้ $C_1 = 68 \text{ nF}$, $R_1 = 57 \text{ k}\Omega$

$$C_2 = 220 \text{ nF}$$
, $R_2 = 350 \text{ k}\Omega$

(รูปแบบการต่อวงจรและข้อมูลเพิ่มเติมได้จาก datasheet MC 145027)

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากวงจรถอดรหัส ทำการแสดงผลการควบคุมโดยใช้ IC 4 to16 , RS Flip-Flop วงจรขยายกระแส และรีเลย์ เพื่อแสดงการควบคุมแบบเปิดปิด ของข้อมูลการควบคุม

3.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร

| | | |
|----------------------------|---|-----|
| 1. MC 14046 | 2 | ตัว |
| 2. MC 145026 | 1 | ตัว |
| 3. MC 145027 | 2 | ตัว |
| 4. MC 14514 | 1 | ตัว |
| 5. MC 14027 | 4 | ตัว |
| 6. LF 351 | 1 | ตัว |
| 7. LF 353 | 2 | ตัว |
| 8. Voltage regulator 7805 | 1 | ตัว |
| 9. Voltage regulator 7809 | 2 | ตัว |
| 10. Voltage regulator 7909 | 2 | ตัว |
| 11. 2SC 1815 | 9 | ตัว |
| 12. IF coil เบอร์ 4A-8729 | 2 | ตัว |
| 13. 1N4001 | 2 | ตัว |
| 14. รีเลย์ 9V/10A | 8 | ตัว |
| 15. สวิตช์ 2 สถานะ | 5 | ตัว |
| 16. บริดจ์ไดโอด | 2 | ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

17. ตัวต้านทาน(1/4 W) ค่าต่างๆดังนี้

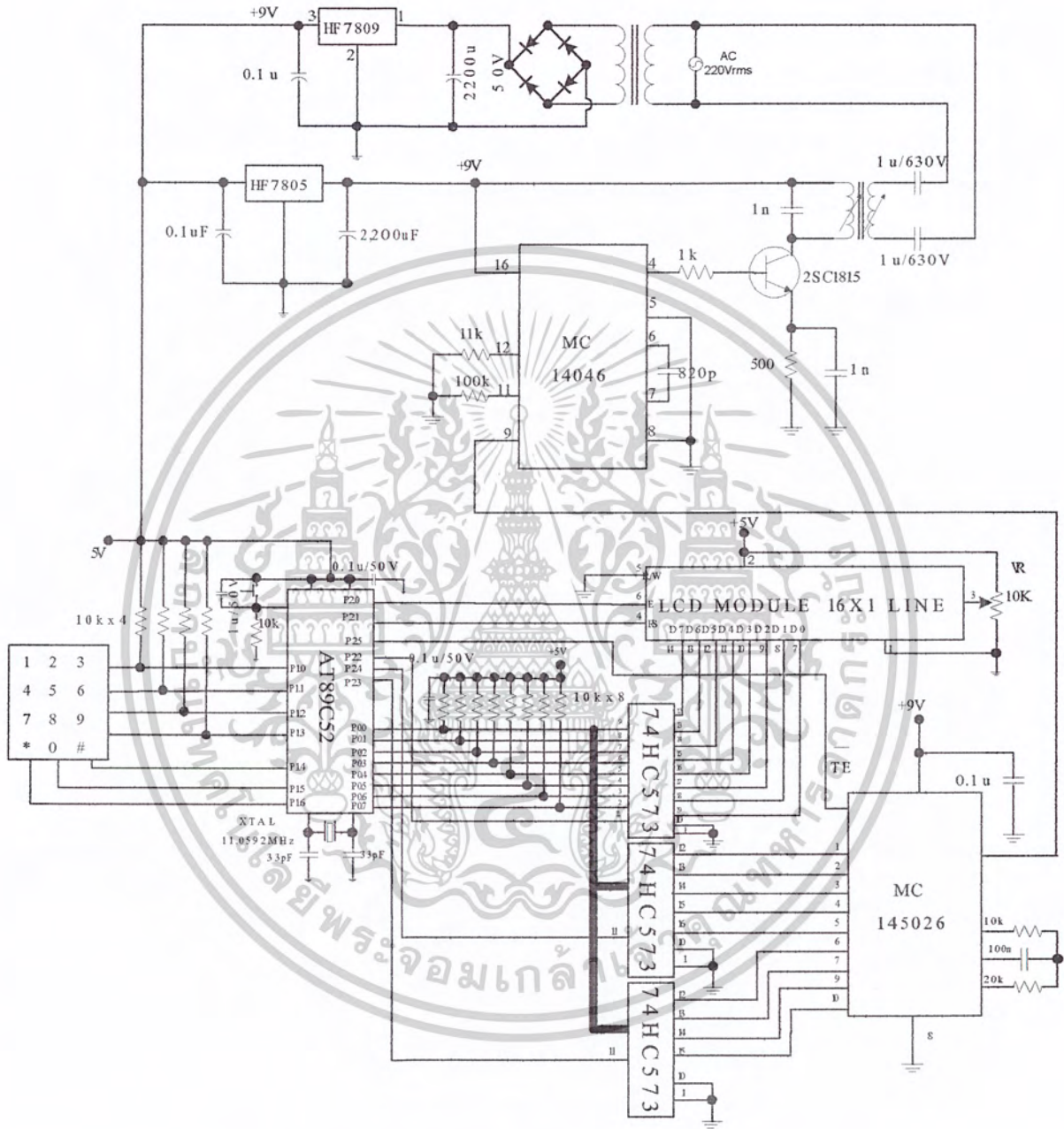
| | | |
|---------------------------|----|-----|
| R 500 | 1 | ตัว |
| R 1k | 12 | ตัว |
| R 2.2k | 3 | ตัว |
| R 2.4k | 3 | ตัว |
| R 3k | 2 | ตัว |
| R 3.6k | 1 | ตัว |
| R 3.9k | 1 | ตัว |
| R 10k | 5 | ตัว |
| R 20k | 1 | ตัว |
| R 12k | 1 | ตัว |
| R 47k | 1 | ตัว |
| R 50k | 1 | ตัว |
| R 58k | 1 | ตัว |
| R 100k | 1 | ตัว |
| R 150k | 1 | ตัว |
| R 200k | 1 | ตัว |
| 18. VR ค่าต่างๆดังนี้ | | |
| VR 10k | 3 | ตัว |
| VR 20k | 1 | ตัว |
| 19. R pact ค่าต่างๆดังนี้ | | |
| R pact 10k x 4 (5 ขา) | 1 | ตัว |
| R pact 10k x 8 (9 ขา) | 8 | ตัว |
| 20. ตัวเก็บประจุ | | |
| 33p | 2 | ตัว |
| 330p | 1 | ตัว |
| 500p | 1 | ตัว |
| 820p | 1 | ตัว |
| 470p | 4 | ตัว |
| 1n | 4 | ตัว |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | |
|-----------------------------------|---|-------|
| 68n | 1 | ตัว |
| 220n | 1 | ตัว |
| 0.1 μ /35V | 7 | ตัว |
| 0.1 μ /50V | 1 | ตัว |
| 1 μ /50V | 1 | ตัว |
| 1 μ /630V | 4 | ตัว |
| 2200 μ /50V | 4 | ตัว |
| 21. AT89C52 | 1 | ตัว |
| 22. 74HC573 | 3 | ตัว |
| 23. คริสตัล 11.0592 MHz | 1 | ตัว |
| 24. สวิตช์แบบกดติด ปุ่มขยับ | 1 | ตัว |
| 25. จอ LCD แสดงผลแบบ 1 บรรทัด | 1 | ตัว |
| 26. คีย์แพดสวิตช์ 4 x 3 แถว | 1 | ตัว |
| 27. สายไฟฟ้าพร้อมปลั๊กตัวผู้ | 2 | ตัว |
| 28. กล่องใส่อุปกรณ์ขนาดที่เหมาะสม | 2 | กล่อง |
| 29. หม้อแปลงแบบมีแทปกลาง 9V/1A | 2 | ตัว |

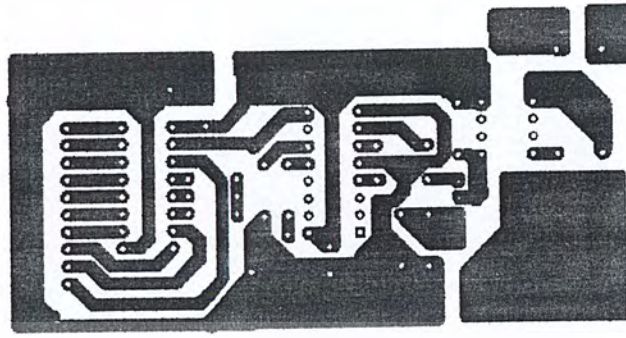
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ผลการออกแบบ

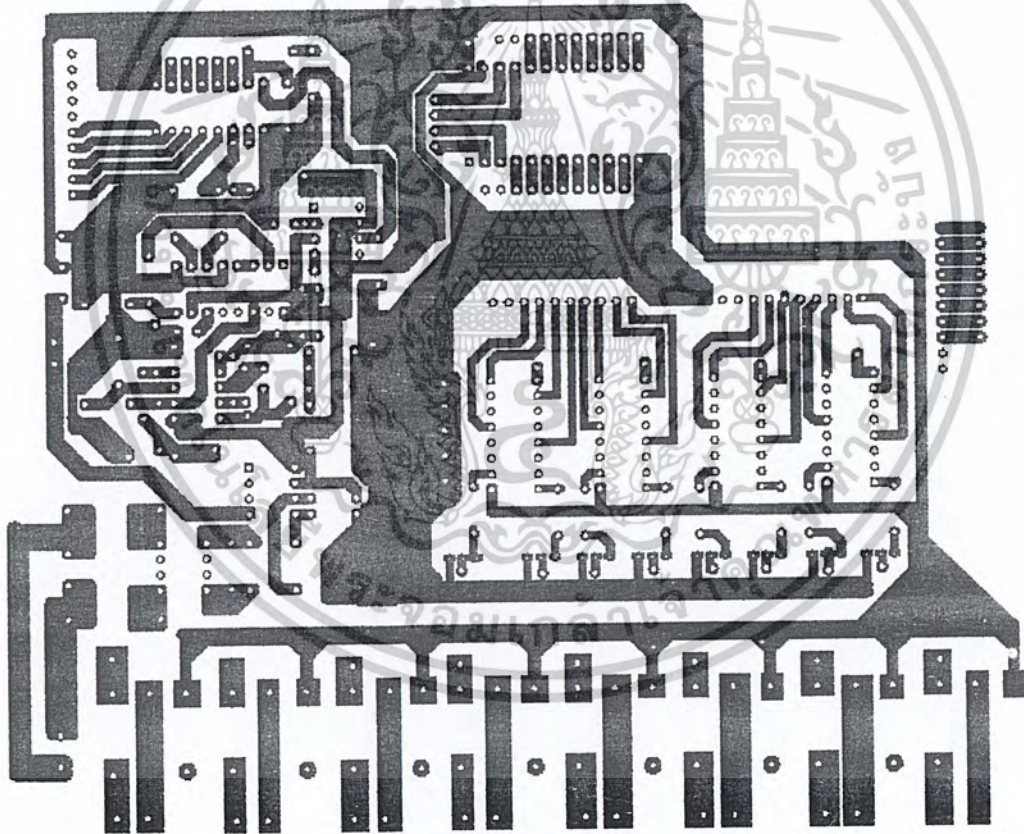


(a)วงจรตัวส่งของชุดควบคุมระยะไกลผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) ลายวงจรตัวส่งของชุดควบคุมระยะไกลผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์



(b) ลายวงจรตัวรับของชุดควบคุมระยะไกลผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์

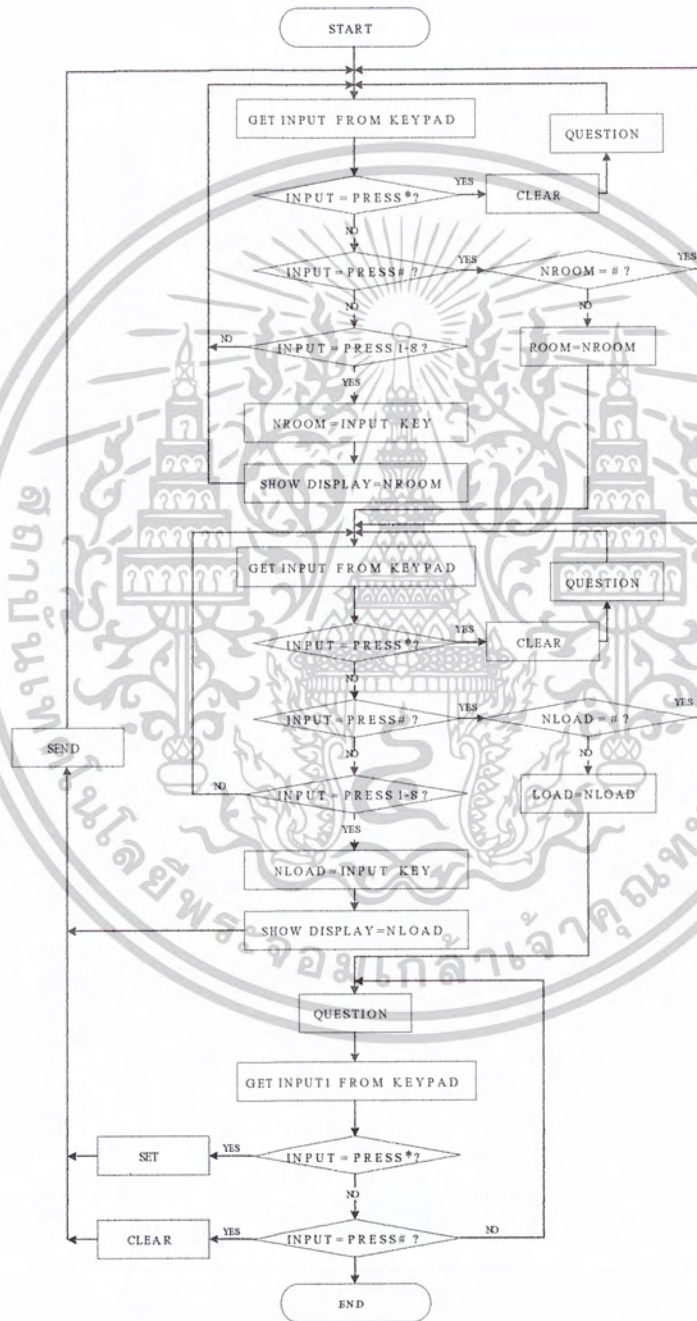
รูปที่ 3.5 ลายวงจรที่ออกแบบโดยใช้ Protel PCB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การติดต่อกับผู้ใช้งาน (User Interface) โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์

3.4.1 FLOWCHART การทำงาน

FLOWCHART การทำงานเป็นดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 FLOWCHART การทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.2 โปรแกรมการทำงาน

```

;*****
;Program      : Scan Key
;Description: Keypad Input,Data Output & Show LCD
;Assembler   : RAD51
;*****

;*****
; Define Port&Pin Name
;*****
LCD_EN      BIT    P2.0  ; LCD Module Enable (Active High : Level)
LCD_RS      BIT    P2.1  ; LCD Module Register Select
LATCH1      BIT    P2.2
LATCH2      BIT    P2.3
LATCH3      BIT    P2.4
DECODE      BIT    P2.5

KPAD_ROW0   BIT    P1.0  ; Keypad Input Row 0
KPAD_ROW1   BIT    P1.1  ; Keypad Input Row 1
KPAD_ROW2   BIT    P1.2  ; Keypad Input Row 2
KPAD_ROW3   BIT    P1.3  ; Keypad Input Row 3
KPAD_COL2   BIT    P1.4  ; Keypad Output Column 2
KPAD_COL1   BIT    P1.5  ; Keypad Output Column 1
KPAD_COL0   BIT    P1.6  ; Keypad Output Column 0

;*****
; Define User Register
;*****
FLAG        EQU     02FH ; User FLAG

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

KEYPRESSED    BIT        FLAG.0    ; Define KEYPRESS as bit
R_SHF         BIT        FLAG.1    ; Define Right Shift as bit

LCD_ADDR      EQU        030H    ; For keep LCD Address
LCD_DATA      EQU        031H    ; For keep LCD Data
KPAD_DATA     EQU        032H    ; For keep Keypad Data

ROOM          EQU        033H
LOAD          EQU        034H
BUFFER        EQU        035H
NROOM         EQU        036H
NLOAD         EQU        037H

;*****
; Main Program.
;*****

ORG           0000H            ; Reset Vector
MOV          P1,#11111111B    ; Clear status keypad and 1-Wire

MAIN:        ACALL          INIT_LCD
             MOV           FLAG,#0        ; Clear FLAG Status
             SETB          LATCH1
             MOV           LCD_ADDR,#00H
             ACALL         SET_ADDR_LCD
             MOV           DPTR,#TITLE_1
             MOV           ROOM,#0FFH
             MOV           LOAD,#0FFH

             ACALL         WRLINE_LCD

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                ACALL    DELAY_1s
                ACALL    DELAY_1s

ROOM_Q:      ACALL    LCD_CLR
                MOV     DPTR,#TITLE_1
                ACALL    WRLINE_LCD

GET1:        ACALL    GET_KPAD      ; Get Keypad Data
                MOV     A,KPAD_DATA ;
                JZ      GET1        ; Check Keypad Pressed?

                MOV     A,KPAD_DATA
                MOV     DPTR,#DSP_BLANK
                MOVC    A,@A+DPTR
                MOV     KPAD_DATA,A

CHECK_1:     CJNE    A,#*,CHECK_2
                ACALL    LCD_CLR
                MOV     ROOM,#0FFH
                MOV     NROOM,#0FFH
                AJMP    ROOM_Q

CHECK_2:     CJNE    A,#',CHECK_3
                MOV     A,NROOM
                CJNE    A,#0FFH,PASS1
                MOV     ROOM,#0FFH
                MOV     NROOM,#0FFH
                AJMP    GET1

CHECK_3:     CJNE    A,#'9',NUMBER1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        AJMP        ROOM_Q
NUMBER1: MOV        NROOM,A
        ACALL     LCD_CLR
        MOV       LCD_DATA,KPAD_DATA
        MOV       LCD_ADDR,#0
        ACALL     SET_ADDR_LCD
        ACALL     WRCHAR_LCD
        AJMP     GET1
PASS1:  ANL        A,#0FH
        MOV       ROOM,A
        ACALL     DELAY_1s
LOAD_Q: ACALL     LCD_CLR
        MOV       DPTR,#TITLE_3
        ACALL     WRLINE_LCD
GET2:   ACALL     GET_KPAD ; Get Keypad Data
        MOV       A,KPAD_DATA ;
        JZ        GET2 ; Check Keypad Pressed?

        MOV       A,KPAD_DATA
        MOV       DPTR,#DSP_BLANK
        MOVC     A,@A+DPTR
        MOV       KPAD_DATA,A

CHECK_4: CJNE     A,#'*,CHECK_5
        ACALL     LCD_CLR
        MOV       LOAD,#0FFH
        MOV       NLOAD,#0FFH

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                AJMP          LOAD_Q
CHECK_5:        CJNE          A,'#',CHECK_6
                MOV           A,NLOAD
                CJNE          A,#0FFH,PASS2
                MOV           LOAD,#0FFH
                MOV           NLOAD,#0FFH
                AJMP          GET2
CHECK_6:        CJNE          A,'#9',NUMBER2
                AJMP          LOAD_Q
NUMBER2:       MOV           NLOAD,A
                ACALL         LCD_CLR
                MOV           LCD_DATA,KPAD_DATA
                MOV           LCD_ADDR,#0
                ACALL         SET_ADDR_LCD
                ACALL         WRCHAR_LCD
                AJMP          GET2
PASS2:         ANL           A,#0FH
                MOV           LOAD,A
                ACALL         DELAY_1s
ON_Q:          ACALL         LCD_CLR
                MOV           DPTR,#TITLE_2
                ACALL         WRLINE_LCD

GET3:          ACALL         GET_KPAD           ; Get Keypad Data
                MOV           A,KPAD_DATA       ;
                JZ            GET3             ; Check Keypad Pressed?

                MOV           A,KPAD_DATA

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV      DPTR,#DSP_BLANK
MOVC    A,@A+DPTR
MOV      KPAD_DATA,A

CHECK_7: CJNE    A,#' ',CHECK_8
MOV      A,LOAD
SETB     ACC.3
MOV      LOAD,A
AJMP     SEND

CHECK_8: CJNE    A,#' ',ON_Q
MOV      A,LOAD
CLR      ACC.3
MOV      LOAD,A
AJMP     SEND

SEND:    CLR      LATCH1
CLR      LATCH2
CLR      LATCH3
MOV      P0,ROOM
SETB     LATCH3
ACALL    DELAY_10ms
CLR      LATCH3
MOV      P0,LOAD
SETB     LATCH2
ACALL    DELAY_10ms
CLR      LATCH2
ACALL    DELAY_10ms
SETB     DECODE
ACALL    DELAY_100ms

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CLR      DECODE
SETB    LATCH1
ACALL   DELAY_1s
AJMP    ROOM_Q

```

```

;*****
;

```

```

; Keypad Scan key Subroutine

```

```

;*****
;

```

```

GET_KPAD:  MOV     P1,#0FFH      ; Pull P2 to High
           MOV     KPAD_DATA,#0  ; Clear Keypad Data

CHK_COL0:  CLR     KPAD_COL0     ; Begin Scan Column 0
           MOV     A,P1         ; Get Port2 Value
           ANL    A,#00FH      ; Get only lower 4 bit
           CJNE   A,#00FH,COL0_DETECT ; Check All rows '1'?
           AJMP   CHK_COL1     ; All rows '1' => check next column

COL0_DETECT: MOV  KPAD_DATA,#01   ; Initial KPAD_DATA = 1
           AJMP  GET_ROW        ; Jump to get row value

CHK_COL1:  SETB   KPAD_COL0     ; Stop Scan Column 0
           CLR   KPAD_COL1     ; Begin Scan Column 1
           MOV   A,P1         ; Get Port2 Value
           ANL  A,#00FH      ; Get only lower 4 bit
           CJNE A,#00FH,COL1_DETECT ; Check All rows '1'?
           AJMP CHK_COL2     ; All rows '1' => check next column

COL1_DETECT: MOV  KPAD_DATA,#02   ; Initial KPAD_DATA = 2
           AJMP  GET_ROW        ; Jump to get row value

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CHK_COL2:      SETB  KPAD_COL1      ; Stop Scan Column 1
                CLR   KPAD_COL2      ; Begin Scan Column 2
                MOV   A,P1           ; Get Port2 Value
                ANL   A,#00FH        ; Get only lower 4 bit
                CJNE  A,#00FH,COL2_DETECT ; Check All rows '1'?
                RET                   ; All rows '1' => return

COL2_DETECT:   MOV   KPAD_DATA,#03   ; Initial KPAD_DATA = 2

GET_ROW:      CLR   KPAD_COL0      ; Enable all Column to find
Crosspoint
                CLR   KPAD_COL1      ;
                CLR   KPAD_COL2      ;
                JB    KPAD_ROW0,CHK_ROW1 ; Check Row 0 Detect?
                RET                   ; Row 0 Detect => return

CHK_ROW1:     JB    KPAD_ROW1,CHK_ROW2 ; Check Row 2 Detect?
                MOV   A,KPAD_DATA     ; Add 3 with KPAD_DATA
                ADD   A,#3            ;
                MOV   KPAD_DATA,A     ;
                RET                   ; Return

CHK_ROW2:     JB    KPAD_ROW2,CHK_ROW3 ; Check Row 2 Detect?
                MOV   A,KPAD_DATA     ; Add 6 with KPAD_DATA
                ADD   A,#6            ;
                MOV   KPAD_DATA,A     ;
                RET                   ; Return

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CHK_ROW3:    MOV  A,KPAD_DATA    ; Add 9 with KPAD_DATA
             ADD  A,#9          ;
             MOV  KPAD_DATA,A    ;
             RET                ; Return

```

```

;*****

```

```

; LCD Initialize

```

```

;*****

```

```

INIT_LCD:   ACALL  DELAY_100ms   ; Delay
            CLR   LCD_RS        ; Clear LCD_RS Pin

            MOV   P0,#00111000B  ; 8bit Mode
            ACALL LCD_CLK        ; Pulse LCD Clock
            ACALL DELAY_10ms     ; Delay

            MOV   P0,#00111000B  ; 8bit Mode
            ACALL LCD_CLK        ; Pulse LCD Clock
            ACALL LCD_OFF        ; Display Off
            ACALL LCD_CLR        ; Clear Display

            MOV   P0,#00000110B  ; Entry Mode
            ACALL LCD_CLK        ; Pulse LCD Clock
            ACALL LCD_HOME      ; Return Home Display

```

```

;*****

```

```

; LCD Clear Display

```

```

;*****

```

```

LCD_CLR:    CLR   LCD_RS        ; Clear LCD_RS Pin
            MOV   P0,#00000001B  ; Display Clear

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ACALL    LCD_CLK          ; Pulse LCD Clock
RET

```

```

;*****
; LCD Return Home

```

```

;*****
LCD_HOME: CLR          LCD_RS          ; Clear LCD_RS Pin
          MOV          P0,#0000010B    ; Return Home
          ACALL        LCD_CLK          ; Pulse LCD Clock
          RET

```

```

;*****
; LCD Display Off

```

```

;*****
LCD_OFF:  CLR          LCD_RS          ; Clear LCD_RS Pin
          MOV          P0,#00001000B    ; Display Off
          ACALL        LCD_CLK          ; Pulse LCD Clock
          RET

```

```

;*****
; LCD Clk

```

```

;*****
LCD_CLK:  SETB        LCD_EN          ; Pulse Clock to LCD_EN
          ACALL        LCD_DELAY
          CLR          LCD_EN
          ACALL        LCD_DELAY
          RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

;*****
; LCD Display On
;*****
LCD_ON:   CLR       LCD_RS       ; Clear LCD_RS Pin
          MOV       P0,#00001100B ; Display On
          ACALL    LCD_CLK
          RET

;*****
; LCD Cursor On
;*****
LCD_BLINK: CLR       LCD_RS       ; Clear LCD_RS Pin
           MOV       P0,#00001111B ; Display Cursor and Blink
           ACALL    LCD_CLK       ; Pulse LCD Clock
           RET

;*****
; LCD Left Shift Display
;*****
LCD_LSHF: CLR       LCD_RS       ; Clear LCD_RS Pin
           MOV       P0,#00011000B ; Left Shift Display
           ACALL    LCD_CLK       ; Pulse LCD Clock
           RET

;*****
; LCD Right Shift Display
;*****
LCD_RSHF: CLR       LCD_RS       ; Clear LCD_RS Pin
           MOV       P0,#00011000B ; Right Shift Display

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ACALL    LCD_CLK          ; Pulse LCD Clock
RET

```

```

;*****

```

```

; Set LCD Address

```

```

; I/P:  LCD_ADDR

```

```

;*****

```

```

SET_ADDR_LCD:  CLR    LCD_RS          ; Clear LCD_RS Pin
               MOV    A,LCD_ADDR      ; Move LCD_ADDR to ACC.
               SETB   ACC.7           ; Set bit ACC.7
               MOV    P0,A            ; Move to DATABUS
               ACALL  LCD_CLK         ; Pulse LCD Clock
               RET

```

```

;*****

```

```

; Write Character to show LCD

```

```

; I/P:  LCD_DATA

```

```

;*****

```

```

WRCHAR_LCD:   SETB   LCD_RS          ; Set LCD_RS Pin
               MOV    P0,LCD_DATA     ; Move LCD_DATA to DATABUS
               ACALL  LCD_CLK         ; Pulse LCD Clock
               ACALL  LCD_ON          ; Display On
               RET

```

```

;*****

```

```

; Write Line of 16 Character from ROM

```

```

; I/P:DPTR : Locate ROM Address

```

```

;*****

```

```

WRLINE_LCD:   MOV    R0,#00H          ; Clear loop counter

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

WRLINE_LCD_1:  SETB  LCD_RS           ; Set LCD_RS Pin
                CLR   A              ; Clear ACC.
                MOVC  A,@A+DPTR      ; Move data from @DPTR to ACC.
                MOV   P0,A           ; Move ACC. to DATABUS
                ACALL LCD_CLK        ; Pulse LCD Clock
                INC   DPTR           ; Increase Pointer
                INC   R0              ; Increase loop counter
                CJNE  R0,#08H,WRLINE_LCD_1 ; Do until 16 times
                MOV   LCD_ADDR,#040H
                ACALL SET_ADDR_LCD

WRLINE_LCD_2:  SETB  LCD_RS
                CLR   A
                MOVC  A,@A+DPTR
                MOV   P0,A
                ACALL LCD_CLK
                INC   DPTR
                INC   R0
                CJNE  R0,#010H,WRLINE_LCD_2
                ACALL LCD_ON         ; Display On
                RET

```

```

;*****

```

```

; Dummy Delay time LCD_DELAY, 10m, 100m, 1s

```

```

;*****

```

```

LCD_DELAY:     MOV   R7,#002         ; Do 2 times
LCD_DELAY_1:   MOV   R6,#0E6H       ; Each loop = 1 ms
LCD_DELAY_2:   NOP
                NOP

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DJNZ R6,LCD_DELAY_2
DJNZ R7,LCD_DELAY_1
RET

```

```

DELAY_10ms:    MOV R7,#010           ; Do 10 times
DELAY_10ms_1:  MOV R6,#0E6H       ; Each loop = 1 ms
DELAY_10ms_2:  NOP

```

```

NOP
DJNZ R6,DELAY_10ms_2
DJNZ R7,DELAY_10ms_1
RET

```

```

DELAY_100ms:   MOV R7,#100        ; Do 100 times
DELAY_100ms_1: MOV R6,#0E6H       ; Each loop = 1 ms
DELAY_100ms_2: NOP

```

```

NOP
DJNZ R6,DELAY_100ms_2
DJNZ R7,DELAY_100ms_1
RET

```

```

DELAY_1s:      MOV R5,#100        ; Do 100 times
DELAY_1s_1:    ACALL DELAY_10ms

```

```

DJNZ R5,DELAY_1s_1
RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
*****
```

```
;Define Constant
```

```
*****
```

```
DSP_BLANK:      DB      1000000B
                DB      '1'
                DB      '2'
                DB      '3'
                DB      '4'
                DB      '5'
                DB      '6'
                DB      '7'
                DB      '8'
                DB      '9'
                DB      '*'
                DB      '0'
                DB      '#'
TITLE_1:        DB      'ENTER ROOM (1-8)'
TITLE_2:        DB      'SELECT ON/OFF '
TITLE_3:        DB      'ENTER LOAD (1-8)'
TITLE_4:        DB      ' ALL LOAD OFF '
TITLE_5:        DB      ' ALL LOAD ON '
TITLE_6:        DB      'ROOM'
TITLE_7:        DB      'LOAD'
TITLE_8:        DB      'OFF'
TITLE_9:        DB      'ON'
TITLE_10:       DB      'ROOM LOAD ON'
TITLE_11:       DB      'ROOM LOAD OFF'
                END
```

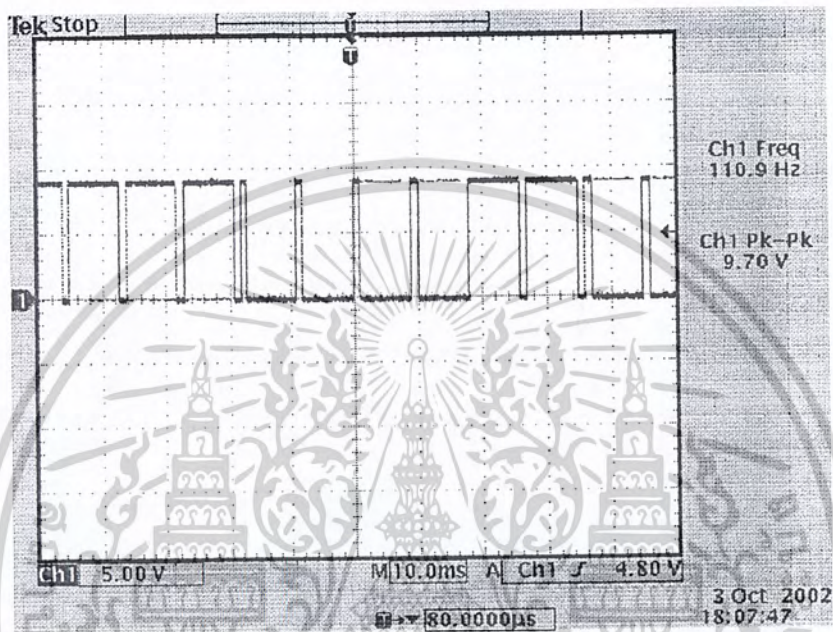
```
*****
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

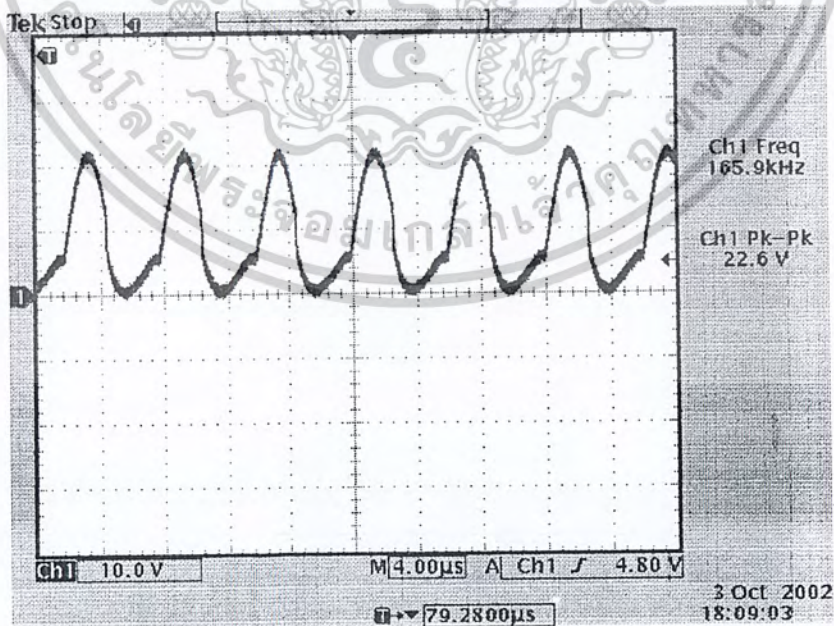
บทที่ 4

ผลการทดสอบ

4.1 ลักษณะกราฟสัญญาณ

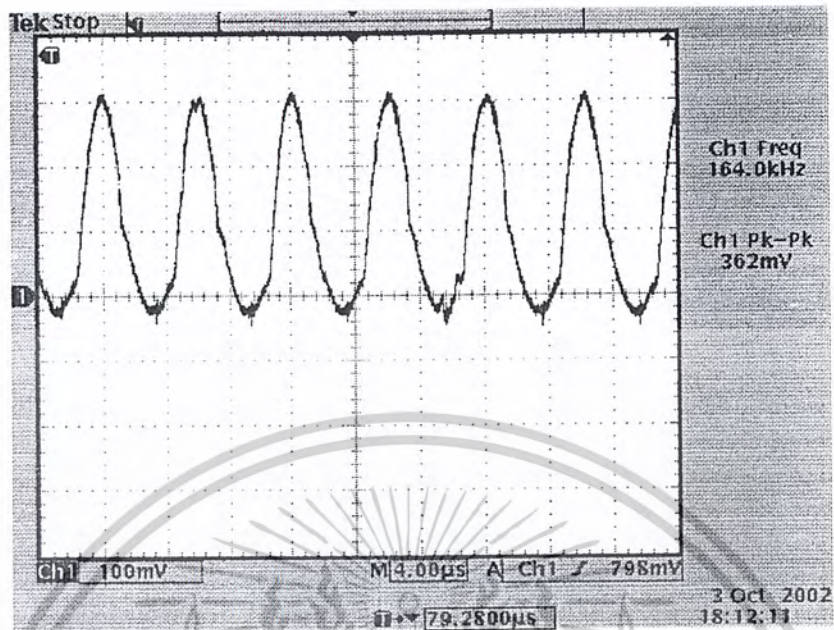


รูปที่ 4.1 กราฟของสัญญาณข้อมูลอินพุต 4 บิต ที่มีข้อมูลเป็น 0010

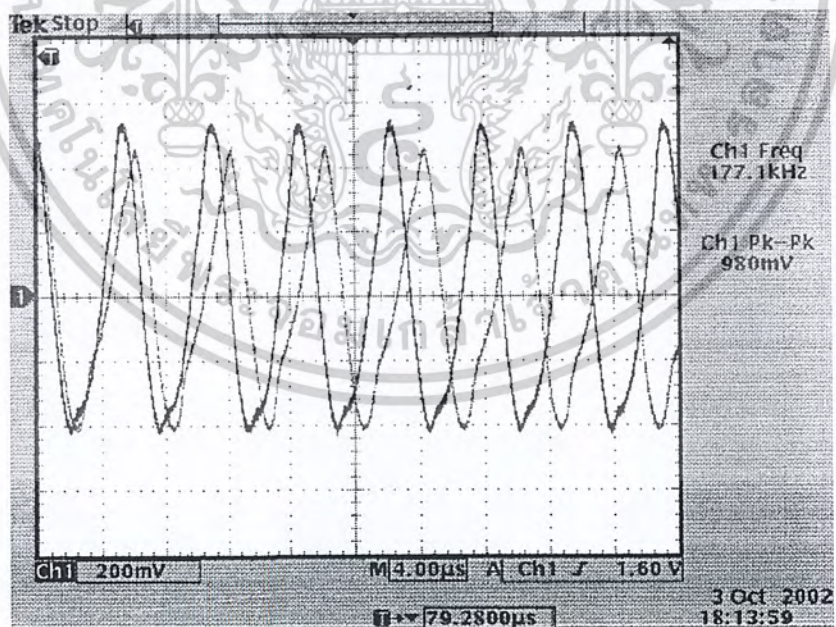


รูปที่ 4.2 กราฟของสัญญาณที่ทำการมอดูเลตกับสัญญาณพาหะ 170 kHz (Modulated Signal)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

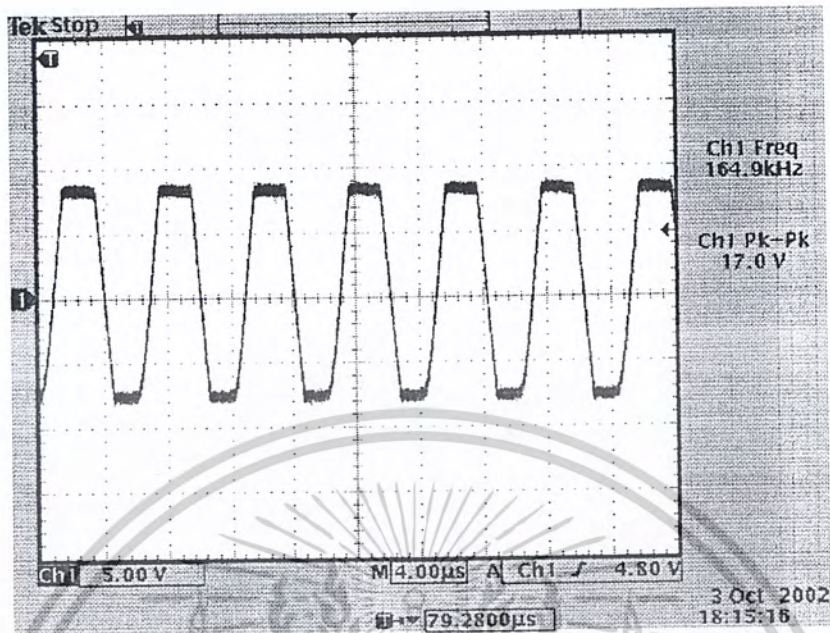


รูปที่ 4.3 กราฟสัญญาณที่ตัวรับตรวจจับได้จาก AC Line

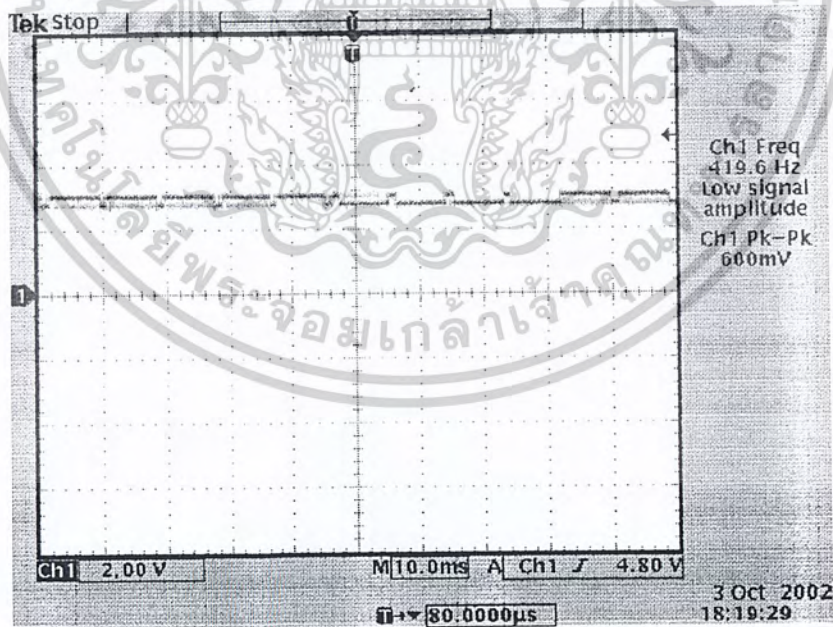


รูปที่ 4.4 กราฟสัญญาณที่ตัวรับทำการกรองออกมาจาก AC Line โดยใช้ RLC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

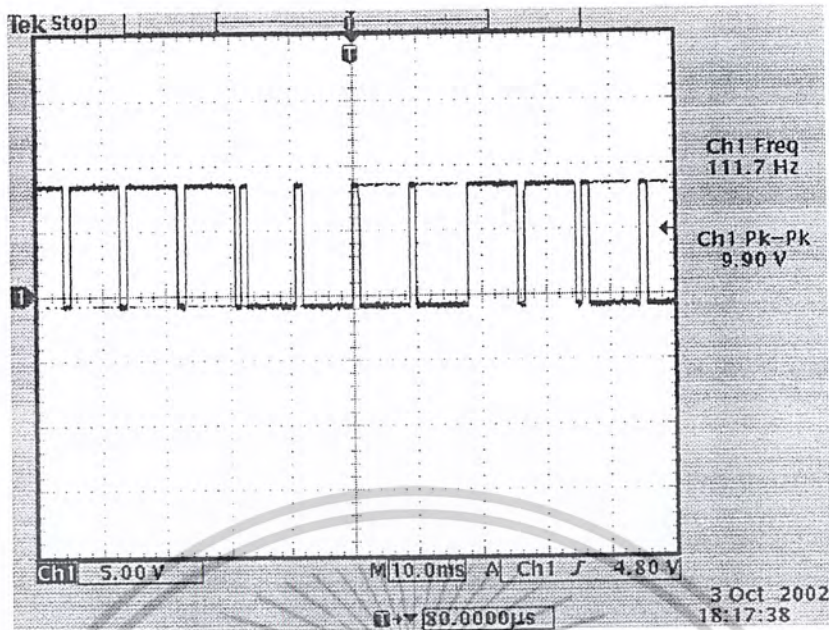


รูปที่ 4.5 กราฟสัญญาณหลังจากทำการกรองเอาบางช่วงความถี่โดยใช้ Band Pass Filter



รูปที่ 4.6 กราฟสัญญาณที่ลิมิตแอมพลิจูดแล้ว ก่อนที่จะเข้าวงจร Voltage Comparator

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟสัญญาณหลังผ่านวงจร Voltage Comparator

หมายเหตุ กราฟในรูปที่ 4.1 ถึง 4.7 เป็นการวัดผลเมื่อใช้ข้อมูลอินพุตเป็น 0010 ส่วนข้อมูลอื่นๆก็สามารถวัดได้ในทำนองเดียวกัน

จากรูปที่ 4.1 เป็นลักษณะกราฟของอินพุตที่มีข้อมูลเป็น 0010 โดยข้อมูล 1 บิตจะเกิดสัญญาณพัลส์ขึ้น 2 พัลส์ติดกันซึ่งเป็นไปตามคุณสมบัติของตัว Encoder (MC145026)

เมื่อนำข้อมูลที่มีลักษณะดังรูปที่ 4.1 ไปทำการมอดดูเลทกับสัญญาณพาหะที่มีความถี่ 170 kHz ก็จะได้สัญญาณที่มีลักษณะดังรูปที่ 4.2 ซึ่งเรียกว่า Modulated Signal

หลังจากส่ง Modulated Signal ผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 โวลต์ ไปยังตัวรับที่มีแอดเดรสเหมือนกับตัวส่ง สามารถวัดสัญญาณที่ตัวรับตรวจจับได้ มีลักษณะดังรูปที่ 4.3 ทำการจูนโดยใช้วงจรจูน RLC ได้สัญญาณดังรูปที่ 4.4 แล้วนำสัญญาณมาผ่านวงจร Band Pass Filter เพื่อทำการกรองเอาบางช่วงความถี่จะทำให้กราฟนิ่งและมีลักษณะคล้ายพัลส์มากขึ้นดังรูปที่ 4.5

เมื่อนำสัญญาณที่มีลักษณะดังรูปที่ 4.5 ไปทำการคิมอดดูเลทจะได้สัญญาณพัลส์ขนาดเล็กดังรูปที่ 4.6 แล้วนำสัญญาณพัลส์ขนาดเล็กดังกล่าวไปผ่านวงจรขยายความแตกต่าง (Differential Amplifier) จะได้สัญญาณข้อมูลที่เป็นพัลส์ขนาดใหญ่ขึ้นดังรูปที่ 4.7 นำสัญญาณข้อมูลไป Decode โดยใช้ IC MC145027 หลังจากนั้นส่งข้อมูล 4 ค่าไปแปลงเป็น 16 ค่าโดยใช้ Encoder 4 to 16 (MC14514) ทำข้อมูลให้เป็น SET-RESET (เปิด-ปิด) จำนวน 8 คู่ นำไปควบคุมรีเลย์สวิตช์เพื่อควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ 8 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 ผลการควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า

จากการทดสอบการใช้งานของชุดควบคุมการทำงานระยะไกลผ่านสายไฟกระแสสลับ 220 โวลต์ที่สร้างขึ้น เราใช้การทดสอบโดยดูความสามารถในการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้า เพื่อเป็นการประหยัดงบประมาณ จึงทำการทดสอบโดยใช้ตัวรับเพียง 1 ตัว แต่ก็สามารถใช้ตัวรับได้ $3^7 = 243$ ตัวได้โดยวิธีการดังนี้

1. นำตัวรับที่สร้างขึ้นเทียบกับสายไฟบ้านที่เป็นสายเมนหลักของทั้งบ้าน ห้องละ 1 ตัว
2. เสียบปลั๊กอุปกรณ์ไฟฟ้าเข้ากับตัวรับ (อุปกรณ์ไฟฟ้าไม่เกิน 8 ตัว ต่อตัวรับ 1 ตัว ถ้าห้องใดมีอุปกรณ์ไฟฟ้าเกิน 8 ตัวก็ให้ใช้ตัวรับมากกว่า 1 ตัว)
3. นำตัวส่งติดตัวไป เมื่ออยู่ในห้องต่างๆภายในบ้านก็สามารถเสียบปลั๊กตัวส่งเข้ากับสายไฟบ้านที่เป็นสายเมนหลักของทั้งบ้าน แล้วทำการกดปุ่มเลือกการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ตามต้องการ

ผลการทดสอบคือ

- สามารถควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าได้ และจะทำการพัฒนาให้สามารถนำไปควบคุมงานอื่นๆ ได้อย่างหลากหลายต่อไป
- สามารถควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าที่อยู่ห่างกันได้ระยะทางมากที่สุด 7.6 เมตร โดยในขณะควบคุมการเปิด-ปิดอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น ในระบบต้องไม่มีการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าที่กระชากไฟ เช่น เครื่องดูดฝุ่น สว่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์

5.1 สรุปผลการปฏิบัติงาน

ในการปฏิบัติงานเริ่มต้นจากการศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับการออกแบบเครื่องควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ไฟฟ้าผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ ทั้งทฤษฎีการมอดูเลต(Modulation) ดิมอดูเลต(Demodulation) ทฤษฎีเกี่ยวกับสัญญาณรบกวน วงจรจูน(Tune Amplifier) การถ่ายโอนความนำไฟฟ้า(Impedance Transfer) วงจรกรองความถี่(Filter) วงจรขยายความแตกต่าง(Differential Amplifier) วงจรเปรียบเทียบแรงดัน(Voltage Comparator) และวงจรอื่นๆที่เกี่ยวข้อง โดยอาศัยประสบการณ์และความรู้พื้นฐานส่วนใหญ่จากวิชา Electronics Communication , Active Network และวิชา Electronics Laboratory ที่ได้เรียนมาแล้วทำการศึกษาค้นคว้าเพิ่มเติมจากแหล่งความรู้ต่างๆ

ขั้นตอนการปฏิบัติงานหลังจากศึกษาข้อมูลแล้ว คือการออกแบบวงจรที่ละส่วนตามทฤษฎีที่ได้ศึกษามา และทำการทดลองดูผลที่ละส่วนว่าเป็นไปตามทฤษฎีหรือไม่ แล้วทำการแก้ไขปรับปรุงผลให้เป็นไปตามที่ต้องการ ซึ่งโดยส่วนใหญ่แล้วผลที่ได้มักไม่เป็นไปตามทฤษฎีเพราะข้อจำกัดหลายอย่างในทางปฏิบัติ เช่นสิ่งแวดล้อม หรือแม้แต่คุณสมบัติของตัวอุปกรณ์อันเกิดจากกระบวนการผลิต จึงไม่ควรยึดติดกับหลักทฤษฎีมากเกินไป แต่ถ้าผลที่ได้แตกต่างจากทฤษฎีโดยสิ้นเชิงให้หาสาเหตุที่ทำให้เกิดผลเช่นนั้น หาเหตุผลรับรองหรือแก้ไขค่าให้ใกล้เคียงกับทฤษฎีแล้วแต่จะเห็นสมควร โดยพิจารณาจากผลที่เราต้องการเป็นหลัก

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน

อุปสรรคที่พบส่วนใหญ่เป็นเรื่องเกี่ยวกับการกำจัดสัญญาณรบกวน ตามที่ได้ออกแบบวงจรโดยแยกทำการทดลองที่ละส่วนนั้นเมื่อนำมาต่อรวมกันกับไม่เป็นไปตามผลที่ต้องการ ทั้งนี้เนื่องจากวงจรส่วนใหญ่จะมี อิมพีแดนซ์ร่วมระหว่างวงจร เพราะแต่ละวงจรมันก็จำเป็นที่จะต้องมีส่วนจ่ายกำลังงานให้แก่อุปกรณ์ต่างๆ ในแต่ละวงจรมัน ๆ ซึ่งทำให้การออกแบบแหล่งจ่ายกระแสไฟตรงต้องอย่างรัดกุมเพื่อการป้องกันสัญญาณรบกวนอันเกิดจากการกระเพื่อมของแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง อีกทั้งวงจรบางส่วนมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงมาก และอุปกรณ์สำคัญบางตัวหาซื้อค่อนข้างยาก อีกทั้งอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติตามต้องการไม่มีจำหน่ายจึงต้องใช้อุปกรณ์ที่มีค่าใกล้เคียงแทน โดยทำให้ผลที่ได้จากการทำงานมีค่าผิดพลาดไปบ้าง แต่ยังคงอยู่ในช่วงที่พอยอมรับได้ โดยพิจารณาจากผลการทำงานของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 แนวทางในการแก้ไข้ปัญหา

1. ในการทดลองไม่ควรยึดติดกับทฤษฎีมากเกินไป ควรวิเคราะห์หาสาเหตุและทำการปรับปรุงแก้ไขผลการทดลองให้เป็นไปตามที่ต้องการ โดยให้เป็นไปในทำนองเดียวกับทฤษฎีตามสมควร
2. เมื่อมีการทดลองที่ละส่วนแยกกันควรทำความเข้าใจการทำงานในส่วนนั้นให้ถ่องแท้ เพื่อให้สามารถปรับปรุงแก้ไขค่าต่างๆ ให้เป็นไปตามที่ต้องการในกรณีที่น่ามาต่อกับส่วนอื่นๆแล้วผลการทดลองคลาดเคลื่อนไปจากเดิม
3. ยึดผลที่เราต้องการเป็นหลัก โดยอาศัยความรู้ทั้งทางทฤษฎีและทางปฏิบัติร่วมกัน
4. ผู้ทำการออกแบบจะต้องศึกษาทั้งการทำงานในส่วนฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ให้เป็นอย่างดี เพื่อที่จะทำให้การทำงานในส่วนของฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์สามารถทำงานร่วมกันได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ

5.4 ประโยชน์และการประยุกต์ใช้งาน

สามารถนำเครื่องควบคุมระยะไกลผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับไปควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ ภายในบ้าน โดยควบคุมในระยะไกลจากอุปกรณ์ไฟฟ้าได้คล้ายๆกับรีโมท ซึ่งจะส่งข้อมูลการควบคุมผ่านสายไฟฟ้ากระแสสลับ และยังสามารถควบคุมอุปกรณ์ได้เป็นจำนวนมาก ตัวอย่างการนำไปควบคุม เช่น การควบคุมการเปิด-ปิดไฟของสถานที่ต่างๆ ที่มีบริเวณกว้าง การควบคุมการรดน้ำสนามกอล์ฟที่มีขนาดกว้างมาก หรือการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วไปในบ้านที่มีลักษณะการทำงานเป็นแบบเปิด-ปิด ที่น่าสนใจคือขณะนี้รัฐบาลกำลังรณรงค์ให้ทั้งประเทศประหยัดพลังงาน โดยมีการกำหนดนโยบายให้หน่วยงานราชการสามารถลดการใช้ไฟฟ้าลง 5 % ต่อปีแต่การปลูกจิตสำนึกและการเปลี่ยนแปลงค่านิยมของคนไทยให้ช่วยกันประหยัดในสิ่งที่เป็นของส่วนรวมนั้นต้องใช้เวลาาน จึงมีการตั้งกลุ่มอนุรักษ์พลังงานขึ้นมาเพื่อช่วยดูแลสอดส่องและช่วยปิดเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ไม่ใช้งานแล้วในหน่วยงานราชการต่างๆซึ่งยังใช้กำลังคนอยู่ ถ้าทำการพัฒนาและปรับปรุงโครงการนี้ให้เหมาะสม และสะดวกต่อการใช้งานจริงในชีวิตประจำวันก็เป็นโครงการที่จะช่วยให้ทั้งภาครัฐและภาคเอกชนสามารถช่วยประหยัดพลังงานและงบประมาณของประเทศชาติได้

5.5 สิ่งที่ได้จากการทำโครงการงาน

1. ฝึกฝนทักษะการออกแบบวงจร
2. สามารถประยุกต์สิ่งที่ได้จากการเรียนมาเป็นชิ้นงานที่สามารถใช้งานได้จริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ได้รับความรู้จากการศึกษาเอง และโดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการให้คำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา อันจะเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาและประกอบอาชีพในภายภาคหน้า
4. ฝึกการทำงานร่วมกับบุคคลอื่น ทำให้พัฒนาความสามารถในการทำงานเป็นทีม ฝึกการยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น อันจะเป็นประโยชน์ในการประกอบอาชีพในอนาคต
5. รู้จักการแบ่งเวลาให้เหมาะสม และรู้จักการวางแผนในการทำงาน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง ก.1 ตารางการแปลง Chebyshev Filter

Denominator polynomials in expanded form for Chebyshev filters

$$\alpha_p = 1 \text{ dB} \quad (\epsilon^2 = 0.258925 \quad \epsilon = 0.508847)$$

| n | Polynomials |
|----|--|
| 1 | $s + 1.965227$ |
| 2 | $s^2 + 1.097734s + 1.102510$ |
| 3 | $s^3 + 0.988341s^2 + 1.238409s + 0.491307$ |
| 4 | $s^4 + 0.952811s^3 + 1.453925s^2 + 0.742619s + 0.275628$ |
| 5 | $s^5 + 0.936820s^4 + 1.688816s^3 + 0.974396s^2 + 0.580534s + 0.122827$ |
| 6 | $s^6 + 0.928251s^5 + 1.930825s^4 + 1.202140s^3 + 0.939346s^2 + 0.307081s + 0.0689069$ |
| 7 | $s^7 + 0.923123s^6 + 2.176078s^5 + 1.428794s^4 + 1.357545s^3 + 0.548620s^2 + 0.213671s + 0.0307067$ |
| 8 | $s^8 + 0.919811s^7 + 2.423026s^6 + 1.655156s^5 + 1.836902s^4 + 0.846824s^3 + 0.447826s^2 + 0.107345s + 0.0172267$ |
| 9 | $s^9 + 0.917548s^8 + 2.670947s^7 + 1.881480s^6 + 2.378119s^5 + 1.201607s^4 + 0.786311s^3 + 0.244186s^2 + 0.0706048s + 0.00767667$ |
| 10 | $s^{10} + 0.915932s^9 + 2.919466s^8 + 2.107852s^7 + 2.981509s^6 + 1.612986s^5 + 1.244491s^4 + 0.455389s^3 + 0.182451s^2 + 0.0344971s + 0.00430668$ |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Data Sheet MC14046

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14046B

Phase Locked Loop

The MC14046B phase locked loop contains two phase comparators, a voltage-controlled oscillator (VCO), source follower, and zener diode. The comparators have two common signal inputs, PCA_{in} and PCB_{in}. Input PCA_{in} can be used directly coupled to large voltage signals, or indirectly coupled (with a series capacitor) to small voltage signals. The self-bias circuit adjusts small voltage signals in the linear region of the amplifier. Phase comparator 1 (an exclusive OR gate) provides a digital error signal PC1_{out}, and maintains 90° phase shift at the center frequency between PCA_{in} and PCB_{in} signals (both at 50% duty cycle). Phase comparator 2 (with leading edge sensing logic) provides digital error signals, PC2_{out} and LD, and maintains a 0° phase shift between PCA_{in} and PCB_{in} signals (duty cycle is immaterial). The linear VCO produces an output signal VCO_{out} whose frequency is determined by the voltage of input VCO_{in} and the capacitor and resistors connected to pins C1_A, C1_B, R1, and R2. The source-follower output SF_{out} with an external resistor is used where the VCO_{in} signal is needed but no loading can be tolerated. The inhibit input Inh, when high, disables the VCO and source follower to minimize standby power consumption. The zener diode can be used to assist in power supply regulation.

Applications include FM and FSK modulation and demodulation, frequency synthesis and multiplication, frequency discrimination, tone decoding, data synchronization and conditioning, voltage-to-frequency conversion and motor speed control.

- Buffered Outputs Compatible with MHTL and Low-Power TTL
- Diode Protection on All Inputs
- Supply Voltage Range = 3.0 to 18 V
- Pin-for-Pin Replacement for CD4046B
- Phase Comparator 1 is an Exclusive Or Gate and is Duty Cycle Limited
- Phase Comparator 2 switches on Rising Edges and is not Duty Cycle Limited

MAXIMUM RATINGS (Voltages Referenced to V_{SS}) (Note 2.)

| Symbol | Parameter | Value | Unit |
|------------------|--|-------------------------------|------|
| V _{DD} | DC Supply Voltage Range | -0.5 to +18.0 | V |
| V _{in} | Input Voltage Range (All Inputs) | -0.5 to V _{DD} + 0.5 | V |
| I _{in} | DC Input Current, per Pin | ±10 | mA |
| P _D | Power Dissipation, per Package (Note 3.) | 500 | mW |
| T _A | Operating Temperature Range | -55 to +125 | °C |
| T _{stg} | Storage Temperature Range | -65 to +150 | °C |

2. Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
3. Temperature Derating:
Plastic "P and D/DW" Packages: - 7.0 mW/°C From 65°C To 125°C



ON Semiconductor

<http://onsemi.com>



PDIP-16
P SUFFIX
CASE 648

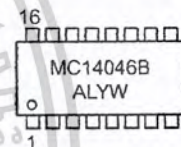
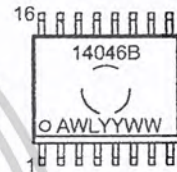
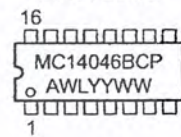


SO-16
DW SUFFIX
CASE 751G



EIAJ SO-16
F SUFFIX
CASE 966

MARKING DIAGRAMS



- A = Assembly Location
- WL, L = Wafer Lot
- YY, Y = Year
- WW, W = Work Week

ORDERING INFORMATION

| Device | Package | Shipping |
|--------------|------------|------------------|
| MC14046BCP | PDIP-16 | 2000/Box |
| MC14046BDW | SO-16 | 2350/Box |
| MC14046BDWR2 | SO-16 | 1000/Tape & Reel |
| MC14046BF | EIAJ SO-16 | Refer to Note 1. |
| MC14046BFEL | EIAJ SO-16 | Refer to Note 1. |

1. For ordering information on the EIAJ version of the SOIC packages, please contact your local ON Semiconductor representative.

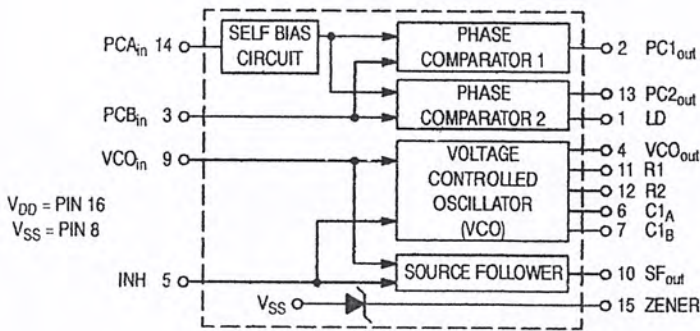
This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range V_{SS} ≤ (V_{in} or V_{out}) ≤ V_{DD}.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.

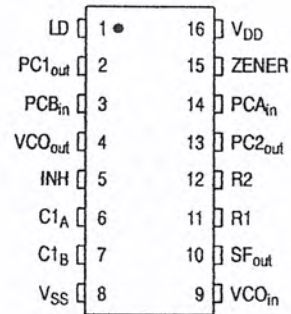
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14046B

BLOCK DIAGRAM



PIN ASSIGNMENT



ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to V_{SS})

| Characteristic | Symbol | V _{DD} Vdc | -55°C | | 25°C | | | 125°C | | Unit | | |
|---|--|------------------------|--|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|------|------|
| | | | Min | Max | Min | Typ | Max | Min | Max | | | |
| Output Voltage V _{in} = V _{DD} or 0 | "0" Level | V _{OL} | 5.0 | — | 0.05 | — | 0 | 0.05 | — | 0.05 | Vdc | |
| | | | 10 | — | 0.05 | — | 0 | 0.05 | — | 0.05 | | |
| | | | 15 | — | 0.05 | — | 0 | 0.05 | — | 0.05 | | |
| | V _{in} = 0 or V _{DD} | "1" Level | V _{OH} | 5.0 | 4.95 | — | 4.95 | 5.0 | — | 4.95 | — | Vdc |
| | | | | 10 | 9.95 | — | 9.95 | 10 | — | 9.95 | — | |
| | | | | 15 | 14.95 | — | 14.95 | 15 | — | 14.95 | — | |
| Input Voltage (4.) (V _O = 4.5 or 0.5 Vdc) (V _O = 9.0 or 1.0 Vdc) (V _O = 13.5 or 1.5 Vdc) | "0" Level | V _{IL} | 5.0 | — | 1.5 | — | 2.25 | 1.5 | — | 1.5 | Vdc | |
| | | | 10 | — | 3.0 | — | 4.50 | 3.0 | — | 3.0 | | |
| | | | 15 | — | 4.0 | — | 6.75 | 4.0 | — | 4.0 | | |
| | (V _O = 0.5 or 4.5 Vdc) (V _O = 1.0 or 9.0 Vdc) (V _O = 1.5 or 13.5 Vdc) | "1" Level | V _{IH} | 5.0 | 3.5 | — | 3.5 | 2.75 | — | 3.5 | — | Vdc |
| | | | | 10 | 7.0 | — | 7.0 | 5.50 | — | 7.0 | — | |
| | | | | 15 | 11 | — | 11 | 8.25 | — | 11 | — | |
| Output Drive Current (V _{OH} = 2.5 Vdc) (V _{OH} = 4.6 Vdc) (V _{OH} = 9.5 Vdc) (V _{OH} = 13.5 Vdc) | Source | I _{OH} | 5.0 | -1.2 | — | -1.0 | -1.7 | — | -0.7 | — | mAdc | |
| | | | 10 | -0.62 | — | -0.5 | -0.9 | — | -0.35 | — | | |
| | | | 15 | -1.8 | — | -1.5 | -3.5 | — | -1.1 | — | | |
| | (V _{OL} = 0.4 Vdc) (V _{OL} = 0.5 Vdc) (V _{OL} = 1.5 Vdc) | Sink | I _{OL} | 5.0 | 0.64 | — | 0.51 | 0.88 | — | 0.36 | — | mAdc |
| | | | | 10 | 1.6 | — | 1.3 | 2.25 | — | 0.9 | — | |
| | | | | 15 | 4.2 | — | 3.4 | 8.8 | — | 2.4 | — | |
| Input Current | I _{in} | 15 | — | ± 0.1 | — | ± 0.00001 | ± 0.1 | — | ± 1.0 | μAdc | | |
| Input Capacitance | C _{in} | — | — | — | — | 5.0 | 7.5 | — | — | pF | | |
| Quiescent Current (Per Package) I _{nh} = PCA _{in} = V _{DD} , Zener = VCO _{in} = 0 V, PCB _{in} = V _{DD} or 0 V, I _{out} = 0 μA | I _{DD} | 5.0 | — | 5.0 | — | 0.005 | 5.0 | — | 150 | μAdc | | |
| | | 10 | — | 10 | — | 0.010 | 10 | — | 300 | | | |
| | | 15 | — | 20 | — | 0.015 | 20 | — | 600 | | | |
| Total Supply Current (5.) (I _{nh} = "0", f _o = 10 kHz, C _L = 50 pF, R1 = 1.0 MΩ, R2 = ∞, R _{SF} = ∞, and 50% Duty Cycle) | I _T | 5.0 | I _T = (1.46 μA/kHz) f + I _{DD} | | | | | | | mAdc | | |
| | | 10 | I _T = (2.91 μA/kHz) f + I _{DD} | | | | | | | | | |
| | | 15 | I _T = (4.37 μA/kHz) f + I _{DD} | | | | | | | | | |

4. Noise immunity specified for worst-case input combination.
Noise Margin for both "1" and "0" level = 1.0 Vdc min @ V_{DD} = 5.0 Vdc
2.0 Vdc min @ V_{DD} = 10 Vdc
2.5 Vdc min @ V_{DD} = 15 Vdc

5. To Calculate Total Current in General:

$$I_T \approx 2.2 \times V_{DD} \left(\frac{V_{CO_{in}} - 1.65}{R1} + \frac{V_{DD} - 1.35}{R2} \right)^{3/4} + 1.6 \times \left(\frac{V_{CO_{in}} - 1.65}{R_{SF}} \right)^{3/4} + 1 \times 10^{-3} (C_L + 9) V_{DD} f +$$

$$1 \times 10^{-1} V_{DD}^2 \left(\frac{100\% \text{ Duty Cycle of } PCA_{in}}{100} \right) + I_Q \quad \text{where: } I_T \text{ in } \mu\text{A}, C_L \text{ in pF, } V_{CO_{in}}, V_{DD} \text{ in Vdc, } f \text{ in kHz, and } R1, R2, R_{SF} \text{ in M}\Omega, C_L \text{ on } V_{CO_{out}}$$

<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14046B

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (6.) ($C_L = 50 \text{ pF}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)

| Characteristic | Symbol | V_{DD} Vdc | Minimum | Typical | Maximum | Units |
|--|-----------|-----------------|-------------|-----------------|-------------------|-------|
| | | | Device | | Device | |
| Output Rise Time $t_{TLH} = (3.0 \text{ ns/pF}) C_L + 30 \text{ ns}$ $t_{TLH} = (1.5 \text{ ns/pF}) C_L + 15 \text{ ns}$ $t_{TLH} = (1.1 \text{ ns/pF}) C_L + 10 \text{ ns}$ | t_{TLH} | 5.0 10 15 | — — — | 180 90 65 | 350 150 110 | ns |
| Output Fall Time $t_{THL} = (1.5 \text{ ns/pF}) C_L + 25 \text{ ns}$ $t_{THL} = (0.75 \text{ ns/pF}) C_L + 12.5 \text{ ns}$ $t_{THL} = (0.55 \text{ ns/pF}) C_L + 9.5 \text{ ns}$ | t_{THL} | 5.0 10 15 | — — — | 100 50 37 | 175 75 55 | ns |

PHASE COMPARATORS 1 and 2

| | | | | | | |
|--|----------|---------|--------------------|------|------|-----------|
| Input Resistance — PCA_{in} | R_{in} | 5.0 | 1.0 | 2.0 | — | $M\Omega$ |
| | | 10 | 0.2 | 0.4 | — | |
| | | 15 | 0.1 | 0.2 | — | |
| — PCB_{in} | R_{in} | 15 | 150 | 1500 | — | $M\Omega$ |
| Minimum Input Sensitivity AC Coupled — PCA_{in} C series = 1000 pF, f = 50 kHz | V_{in} | 5.0 | — | 200 | 300 | mV p-p |
| | | 10 | — | 400 | 600 | |
| | | 15 | — | 700 | 1050 | |
| DC Coupled — PCA_{in} , PCB_{in} | — | 5 to 15 | See Noise Immunity | | | |

VOLTAGE CONTROLLED OSCILLATOR (VCO)

| | | | | | | |
|---|-----------|---------|-----|-------|---|-----------|
| Maximum Frequency ($VCO_{in} = V_{DD}$, $C_1 = 50 \text{ pF}$ $R_1 = 5.0 \text{ k}\Omega$, and $R_2 = \infty$) | f_{max} | 5.0 | 0.5 | 0.7 | — | MHz |
| | | 10 | 1.0 | 1.4 | — | |
| | | 15 | 1.4 | 1.9 | — | |
| Temperature — Frequency Stability ($R_2 = \infty$) | — | 5.0 | — | 0.12 | — | %/°C |
| | | 10 | — | 0.04 | — | |
| | | 15 | — | 0.015 | — | |
| Linearity ($R_2 = \infty$) ($VCO_{in} = 2.5 \text{ V} \pm 0.3 \text{ V}$, $R_1 > 10 \text{ k}\Omega$) ($VCO_{in} = 5.0 \text{ V} \pm 2.5 \text{ V}$, $R_1 > 400 \text{ k}\Omega$) ($VCO_{in} = 7.5 \text{ V} \pm 5.0 \text{ V}$, $R_1 \geq 1000 \text{ k}\Omega$) | — | 5.0 | — | 1.0 | — | % |
| | | 10 | — | 1.0 | — | |
| | | 15 | — | 1.0 | — | |
| Output Duty Cycle | — | 5 to 15 | — | 50 | — | % |
| Input Resistance — VCO_{in} | R_{in} | 15 | 150 | 1500 | — | $M\Omega$ |

SOURCE-FOLLOWER

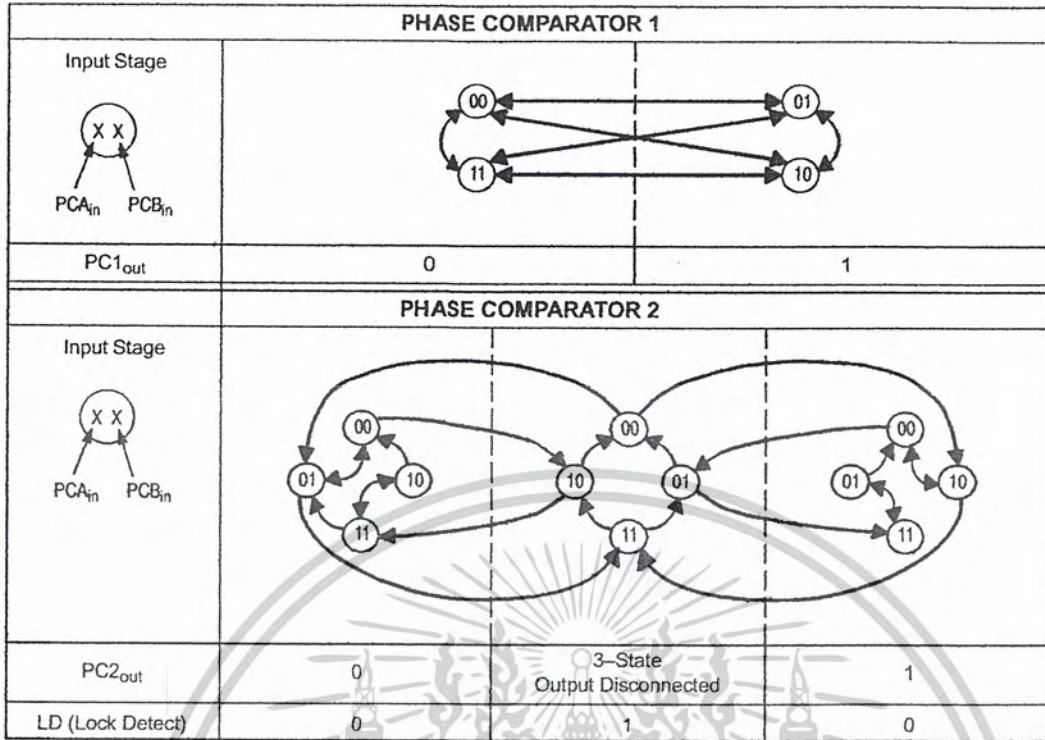
| | | | | | | |
|--|---|-----|---|------|-----|---|
| Offset Voltage (VCO_{in} minus SF_{out} , $RSF > 500 \text{ k}\Omega$) | — | 5.0 | — | 1.65 | 2.2 | V |
| | | 10 | — | 1.65 | 2.2 | |
| | | 15 | — | 1.65 | 2.2 | |
| Linearity ($VCO_{in} = 2.5 \text{ V} \pm 0.3 \text{ V}$, $RSF > 50 \text{ k}\Omega$) ($VCO_{in} = 5.0 \text{ V} \pm 2.5 \text{ V}$, $RSF > 50 \text{ k}\Omega$) ($VCO_{in} = 7.5 \text{ V} \pm 5.0 \text{ V}$, $RSF > 50 \text{ k}\Omega$) | — | 5.0 | — | 0.1 | — | % |
| | | 10 | — | 0.6 | — | |
| | | 15 | — | 0.8 | — | |

ZENER DIODE

| | | | | | | |
|---|-------|---|-----|-----|-----|----------|
| Zener Voltage ($I_z = 50 \mu\text{A}$) | V_z | — | 6.7 | 7.0 | 7.3 | V |
| Dynamic Resistance ($I_z = 1.0 \text{ mA}$) | R_z | — | — | 100 | — | Ω |

6. The formula given is for the typical characteristics only.

MC14046B



Refer to Waveforms in Figure 3.

Figure 1. Phase Comparators State Diagrams

| Characteristic | Using Phase Comparator 1 | Using Phase Comparator 2 |
|--|--|---|
| No signal on input PCA _{in} . | VCO in PLL system adjusts to center frequency (f ₀). | VCO in PLL system adjusts to minimum frequency (f _{min}). |
| Phase angle between PCA _{in} and PCB _{in} . | 90° at center frequency (f ₀), approaching 0° and 180° at ends of lock range (2f _L). | Always 0° in lock (positive rising edges). |
| Locks on harmonics of center frequency. | Yes | No |
| Signal input noise rejection. | High | Low |
| Lock frequency range (2f _L). | The frequency range of the input signal on which the loop will stay locked if it was initially in lock; 2f _L = full VCO frequency range = f _{max} - f _{min} . | |
| Capture frequency range (2f _C). | The frequency range of the input signal on which the loop will lock if it was initially out of lock. | |
| | Depends on low-pass filter characteristics (see Figure 3). f _C ≤ f _L | f _C = f _L |
| Center frequency (f ₀). | The frequency of VCO _{out} , when VCO _{in} = 1/2 V _{DD} | |
| VCO output frequency (f). | $f_{min} = \frac{1}{R_2(C_1 + 32 \text{ pF})} \quad (V_{CO} \text{ input} = V_{SS})$ $f_{max} = \frac{1}{R_1(C_1 + 32 \text{ pF})} + f_{min} \quad (V_{CO} \text{ input} = V_{DD})$ | |
| Note: These equations are intended to be a design guide. Since calculated component values may be in error by as much as a factor of 4, laboratory experimentation may be required for fixed designs. Part to part frequency variation with identical passive components is typically less than ± 20%. | Where: 10K ≤ R ₁ ≤ 1 M 10K ≤ R ₂ ≤ 1 M 100pF ≤ C ₁ ≤ .01 μF | |

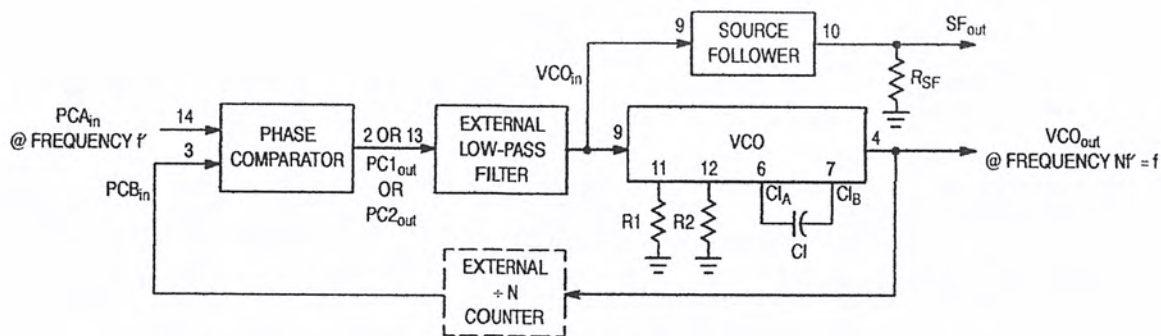
Figure 2. Design Information

<http://onsemi.com>

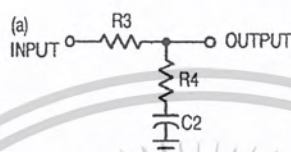
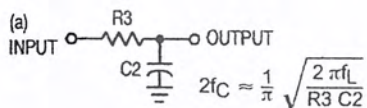
4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14046B



Typical Low-Pass Filters



Typically:

$$R_4 C_2 = \frac{6N}{f_{\max}} - \frac{N}{2\pi \Delta f}$$

$$(R_3 + 3,000\Omega) C_2 = \frac{100N\Delta f}{f_{\max}^2} - R_4 C_2$$

$$\Delta f = f_{\max} - f_{\min}$$

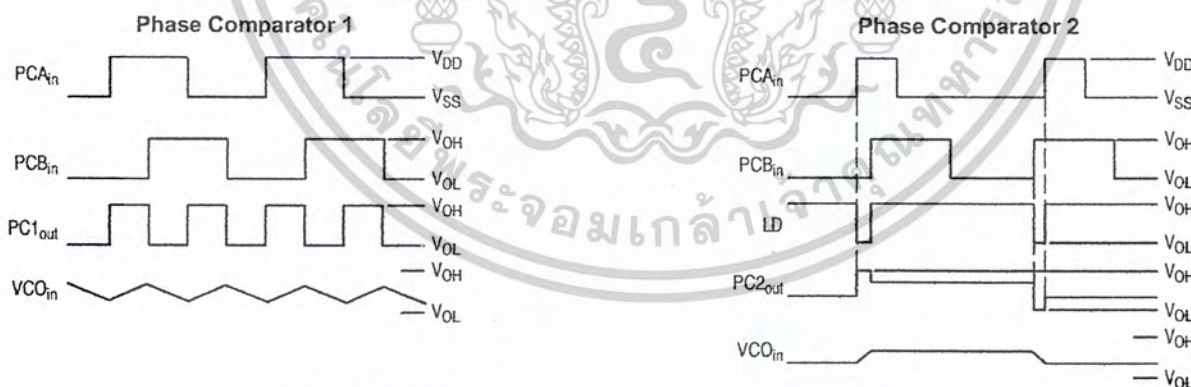
NOTE: Sometimes R3 is split into two series resistors each R3 ÷ 2. A capacitor C_C is then placed from the midpoint to ground. The value for C_C should be such that the corner frequency of this network does not significantly affect ω_n. In Figure B, the ratio of R3 to R4 sets the damping, R4 ≅ (0.1)(R3) for optimum results.

LOW-PASS FILTER

Definitions: N = Total division ratio in feedback loop
 $K_{\phi} = V_{DD}/\pi$ for Phase Comparator 1
 $K_{\phi} = V_{DD}/4\pi$ for Phase Comparator 2
 $KVCO = \frac{2\pi \Delta f VCO}{V_{DD} - 2V}$
 for a typical design $\omega_n \cong \frac{2\pi f_r}{10}$ (at phase detector input)
 $\zeta \cong 0.707$

| Filter A | Filter B |
|--|--|
| $\omega_n = \sqrt{\frac{K_{\phi}KVCO}{NR_3C_2}}$ | $\omega_n = \sqrt{\frac{K_{\phi}KVCO}{NC_2(R_3 + R_4)}}$ |
| $\zeta = \frac{N\omega_n}{2K_{\phi}KVCO}$ | $\zeta = 0.5 \omega_n (R_3C_2 + \frac{N}{K_{\phi}KVCO})$ |
| $F(s) = \frac{1}{R_3C_2S + 1}$ | $F(s) = \frac{R_3C_2S + 1}{S(R_3C_2 + R_4C_2) + 1}$ |

Waveforms



Note: for further information, see:

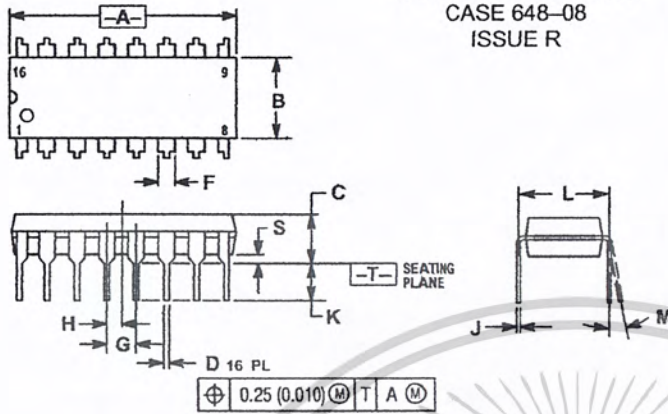
- (1) F. Gardner, "Phase-Lock Techniques", John Wiley and Son, New York, 1966.
- (2) G. S. Moschytz, "Miniature RC Filters Using Phase-Locked Loop", BSTJ, May, 1965.
- (3) Garth Nash, "Phase-Lock Loop Design Fundamentals", AN-535, Motorola Inc.
- (4) A. B. Przepelski, "Phase-Locked Loop Design Articles", AR254, reprinted by Motorola Inc.

Figure 3. General Phase-Locked Loop Connections and Waveforms

MC14046B

PACKAGE DIMENSIONS

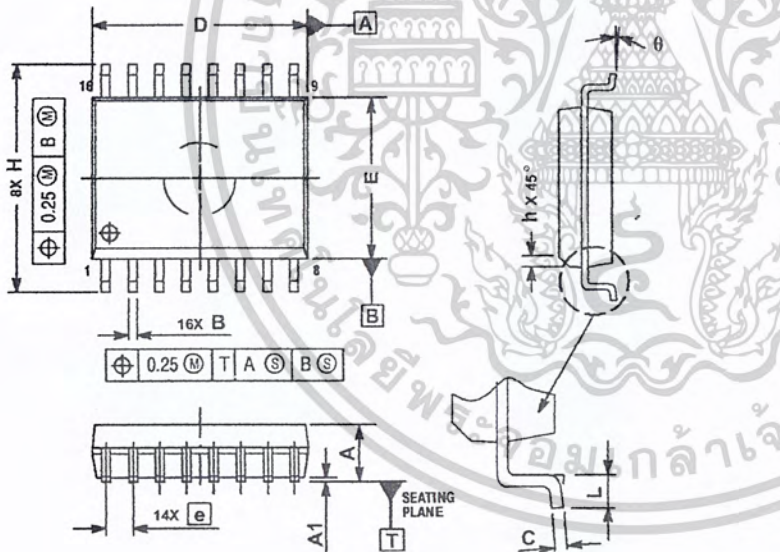
PDIP-16
P SUFFIX
PLASTIC DIP PACKAGE
CASE 648-08
ISSUE R



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
 4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
 5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

| DIM | INCHES | | MILLIMETERS | |
|-----|-----------|-------|-------------|-------|
| | MIN | MAX | MIN | MAX |
| A | 0.740 | 0.770 | 18.80 | 19.55 |
| B | 0.250 | 0.270 | 6.35 | 6.85 |
| C | 0.145 | 0.175 | 3.69 | 4.44 |
| D | 0.015 | 0.021 | 0.39 | 0.53 |
| F | 0.040 | 0.70 | 1.02 | 1.77 |
| G | 0.100 BSC | | 2.54 BSC | |
| H | 0.050 BSC | | 1.27 BSC | |
| J | 0.008 | 0.015 | 0.21 | 0.38 |
| K | 0.110 | 0.130 | 2.80 | 3.30 |
| L | 0.295 | 0.305 | 7.50 | 7.74 |
| M | 0° | 10° | 0° | 10° |
| S | 0.020 | 0.040 | 0.51 | 1.01 |

SOIC-16
DW SUFFIX
PLASTIC SOIC PACKAGE
CASE 751G-03
ISSUE B



- NOTES:
1. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
 2. INTERPRET DIMENSIONS AND TOLERANCES PER ASME Y14.5M, 1994.
 3. DIMENSIONS D AND E DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
 4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 PER SIDE.
 5. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.13 TOTAL IN EXCESS OF THE B DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

| DIM | MILLIMETERS | |
|-------|-------------|-------|
| | MIN | MAX |
| A | 2.35 | 2.65 |
| A1 | 0.10 | 0.25 |
| B | 0.35 | 0.49 |
| C | 0.23 | 0.32 |
| D | 10.15 | 10.45 |
| E | 7.40 | 7.60 |
| e | 1.27 BSC | |
| H | 10.05 | 10.55 |
| h | 0.25 | 0.75 |
| L | 0.50 | 0.90 |
| theta | 0° | 7° |

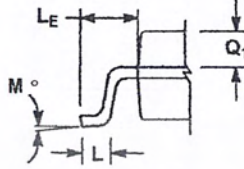
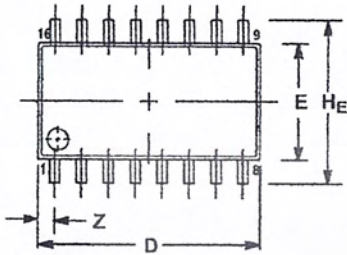
<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

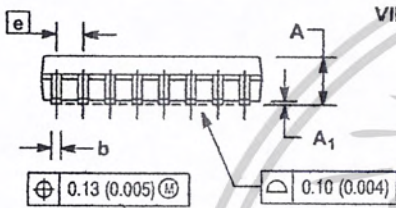
MC14046B

PACKAGE DIMENSIONS

SOEIAJ-16
F SUFFIX
PLASTIC EIAJ SOIC PACKAGE
CASE 966-01
ISSUE O



DETAIL P




VIEW P

NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS D AND E DO NOT INCLUDE MOLD FLASH OR PROTRUSIONS AND ARE MEASURED AT THE PARTING LINE. MOLD FLASH OR PROTRUSIONS SHALL NOT EXCEED 0.15 (0.006) PER SIDE.
4. TERMINAL NUMBERS ARE SHOWN FOR REFERENCE ONLY.
5. THE LEAD WIDTH DIMENSION (b) DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.06 (0.003) TOTAL IN EXCESS OF THE LEAD WIDTH DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION. DAMBAR CANNOT BE LOCATED ON THE LOWER RADIUS OR THE FOOT. MINIMUM SPACE BETWEEN PROTRUSIONS AND ADJACENT LEAD TO BE 0.46 (0.016).

| DIM | MILLIMETERS | | INCHES | |
|----------------|-------------|-------|-----------|-------|
| | MIN | MAX | MIN | MAX |
| A | --- | 2.05 | --- | 0.081 |
| A ₁ | 0.05 | 0.20 | 0.002 | 0.008 |
| b | 0.35 | 0.50 | 0.014 | 0.020 |
| c | 0.18 | 0.27 | 0.007 | 0.011 |
| D | 9.90 | 10.50 | 0.390 | 0.413 |
| E | 5.10 | 5.45 | 0.201 | 0.215 |
| e | 1.27 BSC | | 0.050 BSC | |
| E ₁ | 7.40 | 8.20 | 0.291 | 0.323 |
| L | 0.50 | 0.85 | 0.020 | 0.033 |
| L ₁ | 1.10 | 1.50 | 0.043 | 0.059 |
| M | 0° | 10° | 0° | 10° |
| Q ₁ | 0.70 | 0.90 | 0.028 | 0.035 |
| Z | --- | 0.76 | --- | 0.031 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ON Semiconductor and  are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

NORTH AMERICA Literature Fulfillment:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: ONlit@hibbertco.com
Fax Response Line: 303-675-2167 or 800-344-3810 Toll Free USA/Canada

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free USA/Canada

EUROPE: LDC for ON Semiconductor – European Support

German Phone: (+1) 303-308-7140 (Mon-Fri 2:30pm to 7:00pm CET)
Email: ONlit-german@hibbertco.com
French Phone: (+1) 303-308-7141 (Mon-Fri 2:00pm to 7:00pm CET)
Email: ONlit-french@hibbertco.com
English Phone: (+1) 303-308-7142 (Mon-Fri 12:00pm to 5:00pm GMT)
Email: ONlit@hibbertco.com

EUROPEAN TOLL-FREE ACCESS*: 00-800-4422-3781

*Available from Germany, France, Italy, UK, Ireland

CENTRAL/SOUTH AMERICA:

Spanish Phone: 303-308-7143 (Mon-Fri 8:00am to 5:00pm MST)
Email: ONlit-spanish@hibbertco.com
Toll-Free from Mexico: Dial 01-800-288-2872 for Access –
then Dial 866-297-9322

ASIA/PACIFIC: LDC for ON Semiconductor – Asia Support

Phone: 1-303-675-2121 (Tue-Fri 9:00am to 1:00pm, Hong Kong Time)
Toll Free from Hong Kong & Singapore:
001-800-4422-3781
Email: ONlit-asia@hibbertco.com

JAPAN: ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center

4-32-1 Nishi-Gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo, Japan 141-0031
Phone: 81-3-5740-2700
Email: r14525@onsemi.com

ON Semiconductor Website: <http://onsemi.com>

For additional information, please contact your local
Sales Representative.

MC14046B/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Data Sheet MC145026,MC145027

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Encoder and Decoder Pairs CMOS

These devices are designed to be used as encoder/decoder pairs in remote control applications.

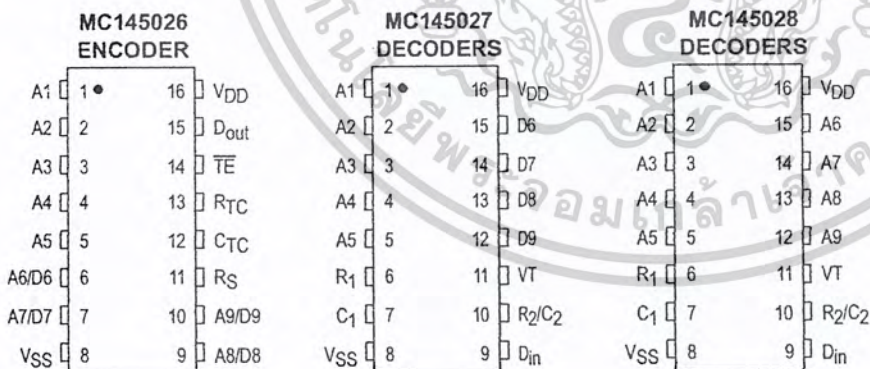
The MC145026 encodes nine lines of information and serially sends this information upon receipt of a transmit enable (\overline{TE}) signal. The nine lines may be encoded with trinary data (low, high, or open) or binary data (low or high). The words are transmitted twice per encoding sequence to increase security.

The MC145027 decoder receives the serial stream and interprets five of the trinary digits as an address code. Thus, 243 addresses are possible. If binary data is used at the encoder, 32 addresses are possible. The remaining serial information is interpreted as four bits of binary data. The valid transmission (VT) output goes high on the MC145027 when two conditions are met. First, two addresses must be consecutively received (in one encoding sequence) which both match the local address. Second, the 4 bits of data must match the last valid data received. The active VT indicates that the information at the Data output pins has been updated.

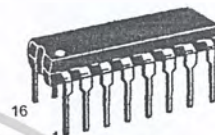
The MC145028 decoder treats all nine trinary digits as an address which allows 19,683 codes. If binary data is encoded, 512 codes are possible. The VT output goes high on the MC145028 when two addresses are consecutively received (in one encoding sequence) which both match the local address.

- Operating Temperature Range: -40 to $+85^{\circ}\text{C}$
- Very-Low Standby Current for the Encoder: 300 nA Maximum @ 25°C
- Interfaces with RF, Ultrasonic, or Infrared Modulators and Demodulators
- RC Oscillator, No Crystal Required
- High External Component Tolerance; Can Use $\pm 5\%$ Components
- Internal Power-On Reset Forces All Decoder Outputs Low
- Operating Voltage Range: MC145026 = 2.5 to 18 V*
MC145027, MC145028 = 4.5 to 18 V
- For Infrared Applications, See Application Note AN1016/D

PIN ASSIGNMENTS



MC145026
MC145027
MC145028



P SUFFIX
PLASTIC DIP
CASE 648



D SUFFIX
SOG PACKAGE
CASE 751B



DW SUFFIX
SOG PACKAGE
CASE 751G

ORDERING INFORMATION

| | |
|------------|-------------|
| MC145026P | Plastic DIP |
| MC145026D | SOG Package |
| MC145027P | Plastic DIP |
| MC145027DW | SOG Package |
| MC145028P | Plastic DIP |
| MC145028DW | SOG Package |

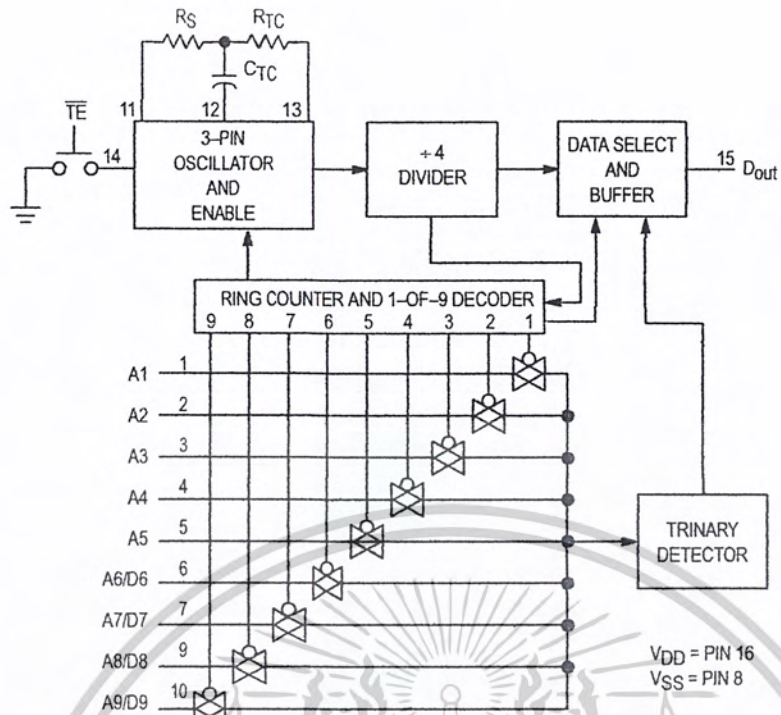


Figure 1. MC145026 Encoder Block Diagram

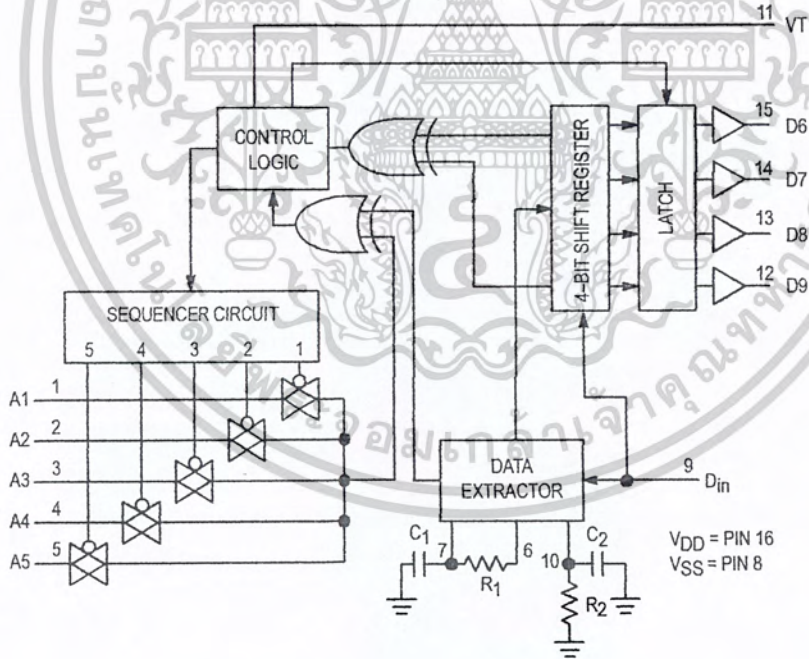


Figure 2. MC145027 Decoder Block Diagram

ELECTRICAL CHARACTERISTICS — MC145026*, MC145027, and MC145028 (Voltage Referenced to V_{SS})

| Symbol | Characteristic | V _{DD} V | Guaranteed Limit | | | | | | Unit |
|-----------------|--|----------------------|------------------|-------|-------|--------|-------|-------|------|
| | | | - 40°C | | 25°C | | 85°C | | |
| | | | Min | Max | Min | Max | Min | Max | |
| V _{OL} | Low-Level Output Voltage (V _{in} = V _{DD} or 0) | 5.0 | — | 0.05 | — | 0.05 | — | 0.05 | V |
| | | 10 | — | 0.05 | — | 0.05 | — | 0.05 | |
| | | 15 | — | 0.05 | — | 0.05 | — | 0.05 | |
| V _{OH} | High-Level Output Voltage (V _{in} = 0 or V _{DD}) | 5.0 | 4.95 | — | 4.95 | — | 4.95 | — | V |
| | | 10 | 9.95 | — | 9.95 | — | 9.95 | — | |
| | | 15 | 14.95 | — | 14.95 | — | 14.95 | — | |
| V _{IL} | Low-Level Input Voltage (V _{out} = 4.5 or 0.5 V) (V _{out} = 9.0 or 1.0 V) (V _{out} = 13.5 or 1.5 V) | 5.0 | — | 1.5 | — | 1.5 | — | 1.5 | V |
| | | 10 | — | 3.0 | — | 3.0 | — | 3.0 | |
| | | 15 | — | 4.0 | — | 4.0 | — | 4.0 | |
| V _{IH} | High-Level Input Voltage (V _{out} = 0.5 or 4.5 V) (V _{out} = 1.0 or 9.0 V) (V _{out} = 1.5 or 13.5 V) | 5.0 | 3.5 | — | 3.5 | — | 3.5 | — | V |
| | | 10 | 7.0 | — | 7.0 | — | 7.0 | — | |
| | | 15 | 11 | — | 11 | — | 11 | — | |
| I _{OH} | High-Level Output Current (V _{out} = 2.5 V) (V _{out} = 4.6 V) (V _{out} = 9.5 V) (V _{out} = 13.5 V) | 5.0 | -2.5 | — | -2.1 | — | -1.7 | — | mA |
| | | 5.0 | -0.52 | — | -0.44 | — | -0.36 | — | |
| | | 10 | -1.3 | — | -1.1 | — | -0.9 | — | |
| | | 15 | -3.6 | — | -3.0 | — | -2.4 | — | |
| I _{OL} | Low-Level Output Current (V _{out} = 0.4 V) (V _{out} = 0.5 V) (V _{out} = 1.5 V) | 5.0 | 0.52 | — | 0.44 | — | 0.36 | — | mA |
| | | 10 | 1.3 | — | 1.1 | — | 0.9 | — | |
| | | 15 | 3.6 | — | 3.0 | — | 2.4 | — | |
| I _{in} | Input Current — \overline{TE} (MC145026, Pull-Up Device) | 5.0 | — | — | 3.0 | 11 | — | — | μA |
| | | 10 | — | — | 16 | 60 | — | — | |
| | | 15 | — | — | 35 | 120 | — | — | |
| I _{in} | Input Current R _S (MC145026), D _{in} (MC145027, MC145028) | 15 | — | ± 0.3 | — | ± 0.3 | — | ± 1.0 | μA |
| I _{in} | Input Current A1 – A5, A6/D6 – A9/D9 (MC145026), A1 – A5 (MC145027), A1 – A9 (MC145028) | 5.0 | — | — | — | ± 110 | — | — | μA |
| | | 10 | — | — | — | ± 500 | — | — | |
| | | 15 | — | — | — | ± 1000 | — | — | |
| C _{in} | Input Capacitance (V _{in} = 0) | — | — | — | — | 7.5 | — | — | pF |
| I _{DD} | Quiescent Current — MC145026 | 5.0 | — | — | — | 0.1 | — | — | μA |
| | | 10 | — | — | — | 0.2 | — | — | |
| | | 15 | — | — | — | 0.3 | — | — | |
| I _{DD} | Quiescent Current — MC145027, MC145028 | 5.0 | — | — | — | 50 | — | — | μA |
| | | 10 | — | — | — | 100 | — | — | |
| | | 15 | — | — | — | 150 | — | — | |
| I _{dd} | Dynamic Supply Current — MC145026 (f _c = 20 kHz) | 5.0 | — | — | — | 200 | — | — | μA |
| | | 10 | — | — | — | 400 | — | — | |
| | | 15 | — | — | — | 600 | — | — | |
| I _{dd} | Dynamic Supply Current — MC145027, MC145028 (f _c = 20 kHz) | 5.0 | — | — | — | 400 | — | — | μA |
| | | 10 | — | — | — | 800 | — | — | |
| | | 15 | — | — | — | 1200 | — | — | |

* Also see next Electrical Characteristics table for 2.5 V specifications.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS — MC145026 (Voltage Referenced to V_{SS})

| Symbol | Characteristic | V _{DD} V | Guaranteed Limit | | | | | | Unit |
|-----------------|---|----------------------|------------------|------|------|------|------|------|------|
| | | | - 40°C | | 25°C | | 85°C | | |
| | | | Min | Max | Min | Max | Min | Max | |
| V _{OL} | Low-Level Output Voltage (V _{in} = 0 V or V _{DD}) | 2.5 | — | 0.05 | — | 0.05 | — | 0.05 | V |
| V _{OH} | High-Level Output Voltage (V _{in} = 0 V or V _{DD}) | 2.5 | 2.45 | — | 2.45 | — | 2.45 | — | V |
| V _{IL} | Low-Level Input Voltage (V _{out} = 0.5 V or 2.0 V) | 2.5 | — | 0.3 | — | 0.3 | — | 0.3 | V |
| V _{IH} | High-Level Input Voltage (V _{out} = 0.5 V or 2.0 V) | 2.5 | 2.2 | — | 2.2 | — | 2.2 | — | V |
| I _{OH} | High-Level Output Current (V _{out} = 1.25 V) | 2.5 | 0.28 | — | 0.25 | — | 0.2 | — | mA |
| I _{OL} | Low-Level Output Current (V _{out} = 0.4 V) | 2.5 | 0.22 | — | 0.2 | — | 0.16 | — | mA |
| I _{in} | Input Current (\overline{TE} — Pull-Up Device) | 2.5 | — | — | 0.09 | 1.8 | — | — | μA |
| I _{in} | Input Current (A1–A5, A6/D6–A9/D9) | 2.5 | — | — | — | ± 25 | — | — | μA |
| I _{DD} | Quiescent Current | 2.5 | — | — | — | 0.05 | — | — | μA |
| I _{dd} | Dynamic Supply Current (f _C = 20 kHz) | 2.5 | — | — | — | 40 | — | — | μA |

SWITCHING CHARACTERISTICS — MC145026*, MC145027, and MC145028 (C_L = 50 pF, T_A = 25°C)

| Symbol | Characteristic | Figure No. | V _{DD} | Guaranteed Limit | | Unit |
|-------------------------------------|---|------------|-----------------|-------------------------|-------------------|------|
| | | | | Min | Max | |
| t _{TLH} , t _{THL} | Output Transition Time | 4, 8 | 5.0 10 15 | — — — | 200 100 80 | ns |
| t _r | D _{in} Rise Time — Decoders | 5 | 5.0 10 15 | — — — | 15 15 15 | μs |
| t _f | D _{in} Fall Time — Decoders | 5 | 5.0 10 15 | — — — | 15 5.0 4.0 | μs |
| f _{osc} | Encoder Clock Frequency | 6 | 5.0 10 15 | 0.001 0.001 0.001 | 2.0 5.0 10 | MHz |
| f | Decoder Frequency — Referenced to Encoder Clock | 12 | 5.0 10 15 | 1.0 1.0 1.0 | 240 410 450 | kHz |
| t _w | \overline{TE} Pulse Width — Encoders | 7 | 5.0 10 15 | 65 30 20 | — — — | ns |

* Also see next Switching Characteristics table for 2.5 V specifications.

SWITCHING CHARACTERISTICS — MC145026 (C_L = 50 pF, T_A = 25°C)

| Symbol | Characteristic | Figure No. | V _{DD} | Guaranteed Limit | | Unit |
|-------------------------------------|-----------------------------|------------|-----------------|------------------|-----|------|
| | | | | Min | Max | |
| t _{TLH} , t _{THL} | Output Transition Time | 4, 8 | 2.5 | — | 450 | ns |
| f _{osc} | Encoder Clock Frequency | 6 | 2.5 | 1.0 | 250 | kHz |
| t _w | \overline{TE} Pulse Width | 7 | 2.5 | 1.5 | — | μs |

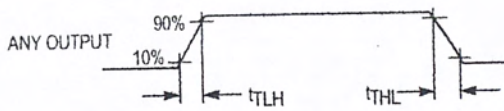


Figure 4.

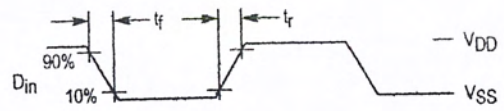


Figure 5.

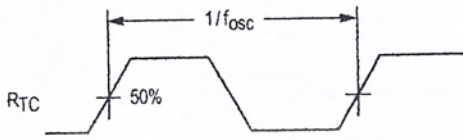


Figure 6.

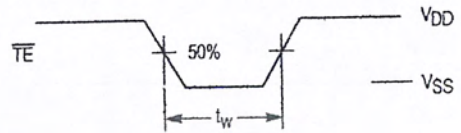
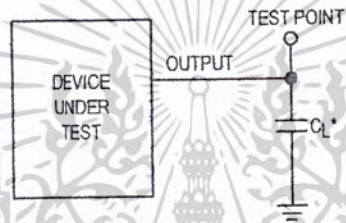


Figure 7.



*Includes all probe and fixture capacitance.

Figure 8. Test Circuit

OPERATING CHARACTERISTICS

MC145026

The encoder serially transmits trinary data as defined by the state of the A1 – A5 and A6/D6 – A9/D9 input pins. These pins may be in either of three states (low, high, or open) allowing 19,683 possible codes. The transmit sequence is initiated by a low level on the \overline{TE} input pin. Upon power-up, the MC145026 can continuously transmit as long as \overline{TE} remains low (also, the device can transmit two-word sequences by pulsing \overline{TE} low). However, no MC145026 application should be designed to rely upon the first data word transmitted immediately after power-up because this word may be invalid. Between the two data words, no signal is sent for three data periods (see Figure 10).

Each transmitted trinary digit is encoded into pulses (see Figure 11). A logic 0 (low) is encoded as two consecutive short pulses, a logic 1 (high) as two consecutive long pulses, and an open (high impedance) as a long pulse followed by a short pulse. The input state is determined by using a weak "output" device to try to force each input high then low. If only a high state results from the two tests, the input is assumed to be hardwired to V_{DD} . If only a low state is obtained, the input is assumed to be hardwired to V_{SS} . If both a high and a low can be forced at an input, an open is assumed and is encoded as such. The "high" and "low" levels are 70% and 30% of the supply voltage as shown in the Electrical Characteristics table. The weak "output" device sinks/sources up to 110 μA at a 5 V supply level, 500 μA at 10 V, and 1 mA at 15 V.

The \overline{TE} input has an internal pull-up device so that a simple switch may be used to force the input low. While \overline{TE} is high and the second-word transmission has timed out, the encoder is completely disabled, the oscillator is inhibited, and the current drain is reduced to quiescent current. When \overline{TE} is brought low, the oscillator is started and the transmit sequence begins. The inputs are then sequentially selected, and determinations are made as to the input logic states. This information is serially transmitted via the D_{out} pin.

MC145027

This decoder receives the serial data from the encoder and outputs the data, if it is valid. The transmitted data, consisting of two identical words, is examined bit by bit during reception. The first five trinary digits are assumed to be the address. If the received address matches the local address, the next four (data) bits are internally stored, but are not transferred to the output data latch. As the second encoded word is received, the address must again match. If a match occurs, the new data bits are checked against the previously stored data bits. If the two nibbles of data (four bits each) match, the data is transferred to the output data latch by VT and remains until new data replaces it. At the same time, the VT output pin is brought high and remains high until an error is received or until no input signal is received for four data periods (see Figure 10).

Although the address information may be encoded in trinary, the data information must be either a 1 or 0. A trinary (open) data line is decoded as a logic 1.

MC145028

This decoder operates in the same manner as the MC145027 except that nine address lines are used and no data output is available. The VT output is used to indicate that a valid address has been received. For transmission security, two identical transmitted words must be consecutively received before a VT output signal is issued.

The MC145028 allows 19,683 addresses when trinary levels are used. 512 addresses are possible when binary levels are used.

PIN DESCRIPTIONS

MC145026 ENCODER

A1 – A5, A6/D6 – A9/D9

Address, Address/Data Inputs (Pins 1 – 7, 9, and 10)

These address/data inputs are encoded and the data is sent serially from the encoder via the D_{out} pin.

RS, CTC, RTC (Pins 11, 12, and 13)

These pins are part of the oscillator section of the encoder (see Figure 9).

If an external signal source is used instead of the internal oscillator, it should be connected to the RS input and the RTC and CTC pins should be left open.

\overline{TE} Transmit Enable (Pin 14)

This active-low transmit enable input initiates transmission when forced low. An internal pull-up device keeps this input normally high. The pull-up current is specified in the Electrical Characteristics table.

D_{out} Data Out (Pin 15)

This is the output of the encoder that serially presents the encoded data word.

V_{SS} Negative Power Supply (Pin 8)

The most-negative supply potential. This pin is usually ground.

V_{DD} Positive Power Supply (Pin 16)

The most-positive power supply pin.

MC145027 AND MC145028 DECODERS

A1 – A5, A1 – A9

Address Inputs (Pins 1 – 5) — MC145027,

Address Inputs (Pins 1 – 5, 15, 14, 13, 12) — MC145028

These are the local address inputs. The states of these pins must match the appropriate encoder inputs for the VT pin to go high. The local address may be encoded with trinary or binary data.

D6 – D9

Data Outputs (Pins 15, 14, 13, 12) — MC145027 Only

These outputs present the binary information that is on encoder inputs A6/D6 through A9/D9. Only binary data is

acknowledged; a trinary open at the MC145026 encoder is decoded as a high level (logic 1).

D_{in}
Data In (Pin 9)

This pin is the serial data input to the decoder. The input voltage must be at CMOS logic levels. The signal source driving this pin must be dc coupled.

R₁, C₁
Resistor 1, Capacitor 1 (Pins 6, 7)

As shown in Figures 2 and 3, these pins accept a resistor and capacitor that are used to determine whether a narrow pulse or wide pulse has been received. The time constant $R_1 \times C_1$ should be set to 1.72 encoder clock periods:

$$R_1 C_1 = 3.95 R_{TC} C_{TC}$$

R₂/C₂
Resistor 2/Capacitor 2 (Pin 10)

As shown in Figures 2 and 3, this pin accepts a resistor and capacitor that are used to detect both the end of a received word and the end of a transmission. The time constant $R_2 \times C_2$ should be 33.5 encoder clock periods (four data periods per Figure 11): $R_2 C_2 = 77 R_{TC} C_{TC}$. This time

constant is used to determine whether the D_{in} pin has remained low for four data periods (end of transmission). A separate on-chip comparator looks at the voltage-equivalent two data periods ($0.4 R_2 C_2$) to detect the dead time between received words within a transmission.

VT
Valid Transmission Output (Pin 11)

This valid transmission output goes high after the second word of an encoding sequence when the following conditions are satisfied:

1. the received addresses of both words match the local decoder address, and
2. the received data bits of both words match.

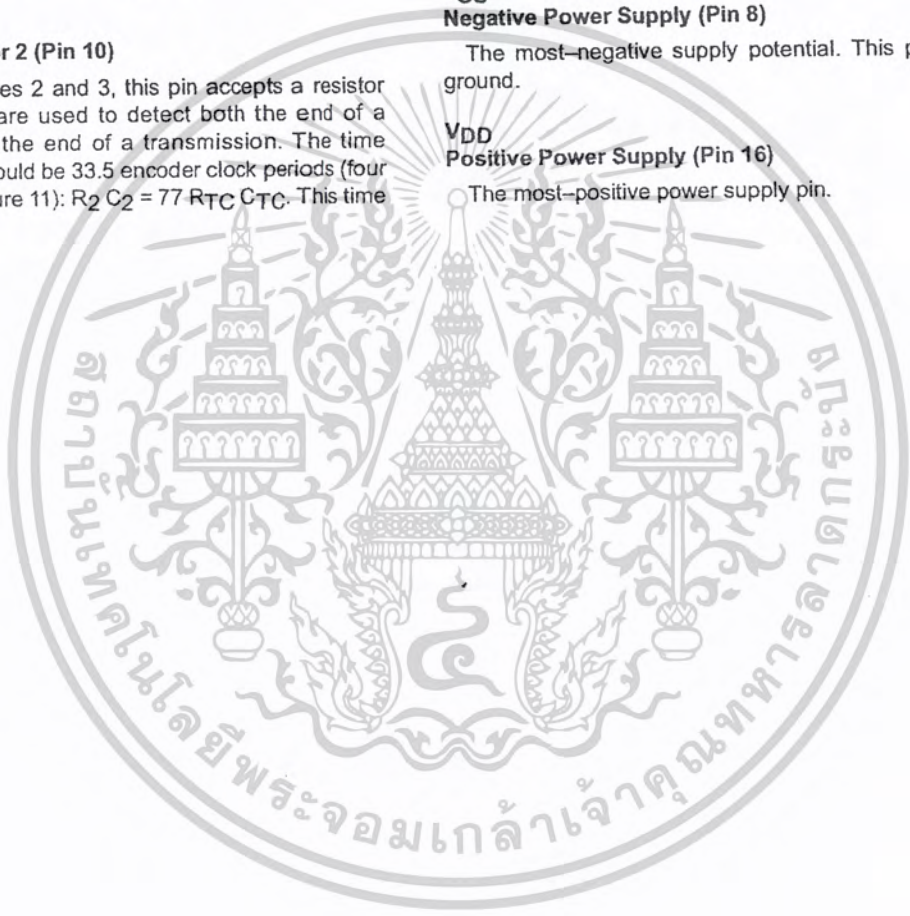
VT remains high until either a mismatch is received or no input signal is received for four data periods.

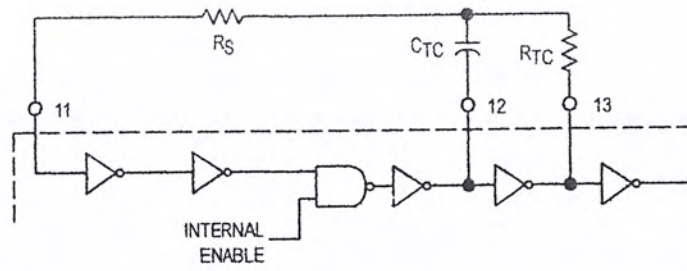
V_{SS}
Negative Power Supply (Pin 8)

The most-negative supply potential. This pin is usually ground.

V_{DD}
Positive Power Supply (Pin 16)

The most-positive power supply pin.





This oscillator operates at a frequency determined by the external RC network; i.e.,

$$f \approx \frac{1}{2.3 R_{TC} C_{TC}'} \text{ (Hz)}$$

for $1 \text{ kHz} \leq f \leq 400 \text{ kHz}$

where: $C_{TC}' = C_{TC} + C_{\text{layout}} + 12 \text{ pF}$

$R_S \approx 2 R_{TC}$

$R_S \geq 20 \text{ k}$

$R_{TC} \geq 10 \text{ k}$

$400 \text{ pF} < C_{TC} < 15 \text{ }\mu\text{F}$

The value for R_S should be chosen to be ≥ 2 times R_{TC} . This range ensures that current through R_S is insignificant compared to current through R_{TC} . The upper limit for R_S must ensure that $R_S \times 5 \text{ pF}$ (input capacitance) is small compared to $R_{TC} \times C_{TC}$.

For frequencies outside the indicated range, the formula is less accurate. The minimum recommended oscillation frequency of this circuit is 1 kHz. Susceptibility to externally induced noise signals may occur for frequencies below 1 kHz and/or when resistors utilized are greater than $1 \text{ M}\Omega$.

Figure 9. Encoder Oscillator Information

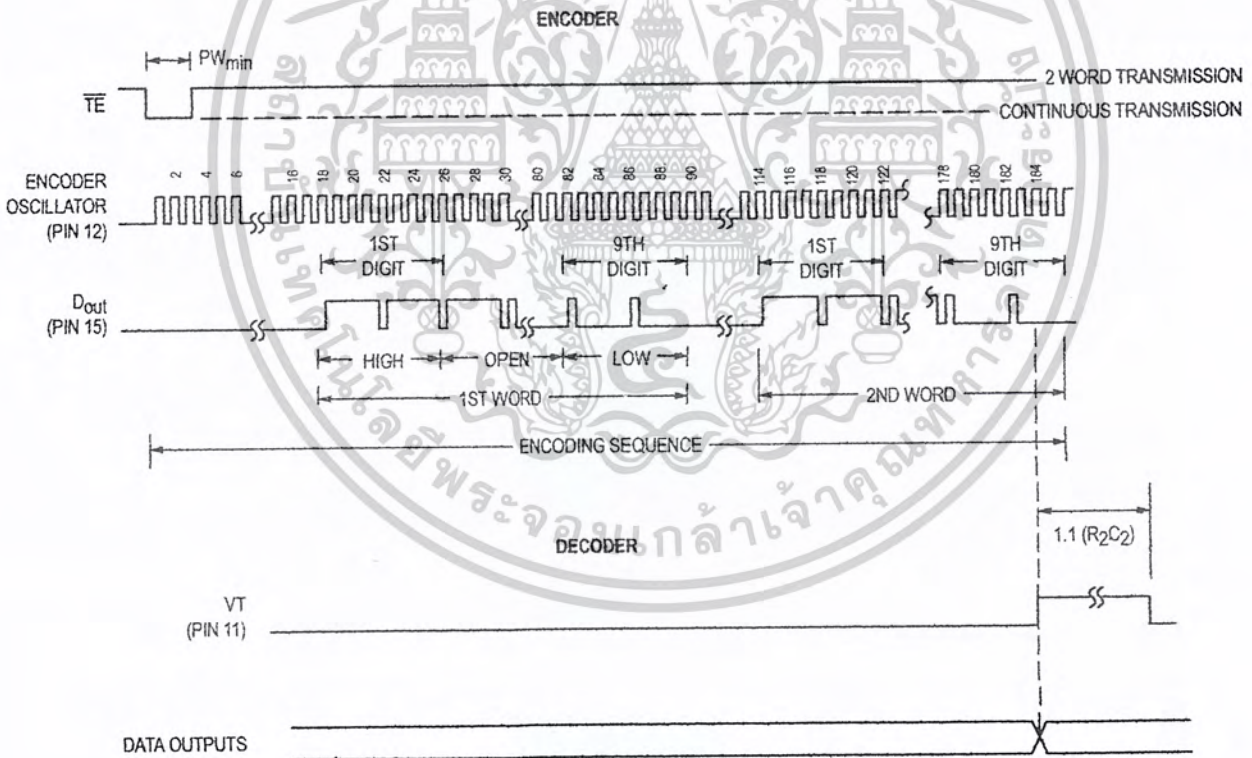


Figure 10. Timing Diagram

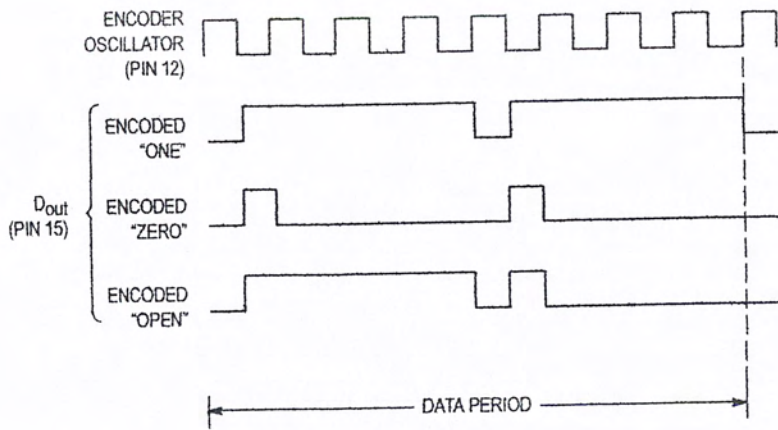


Figure 11. Encoder Data Waveforms

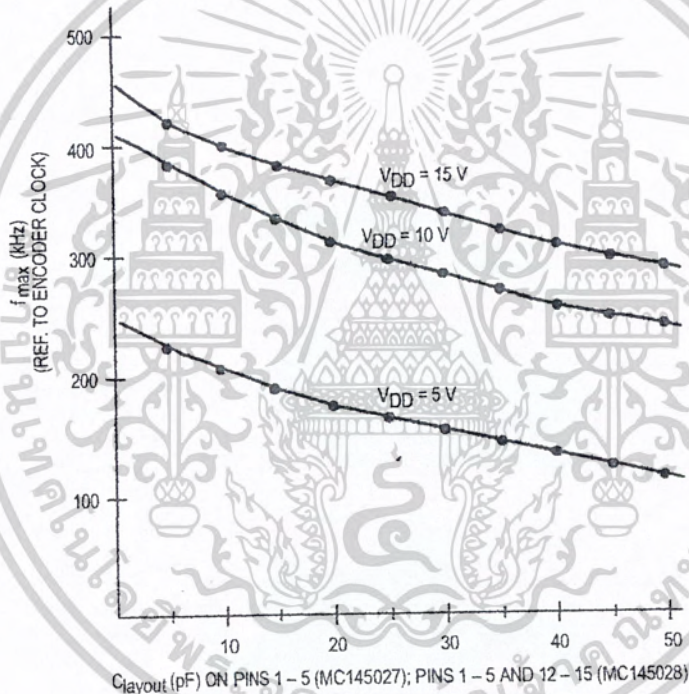


Figure 12. f_{max} vs C_{layout} — Decoders Only

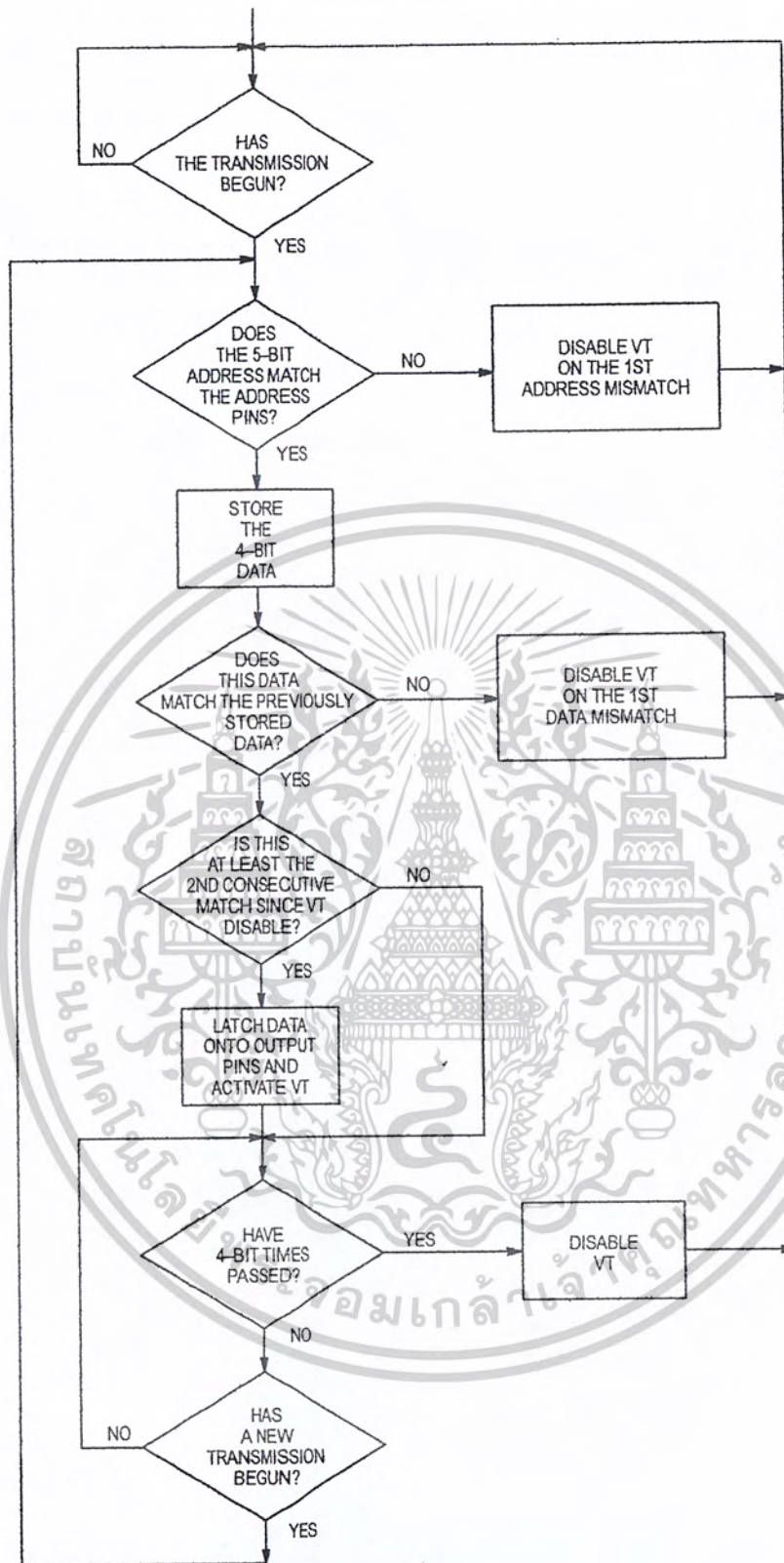


Figure 13. MC145027 Flowchart

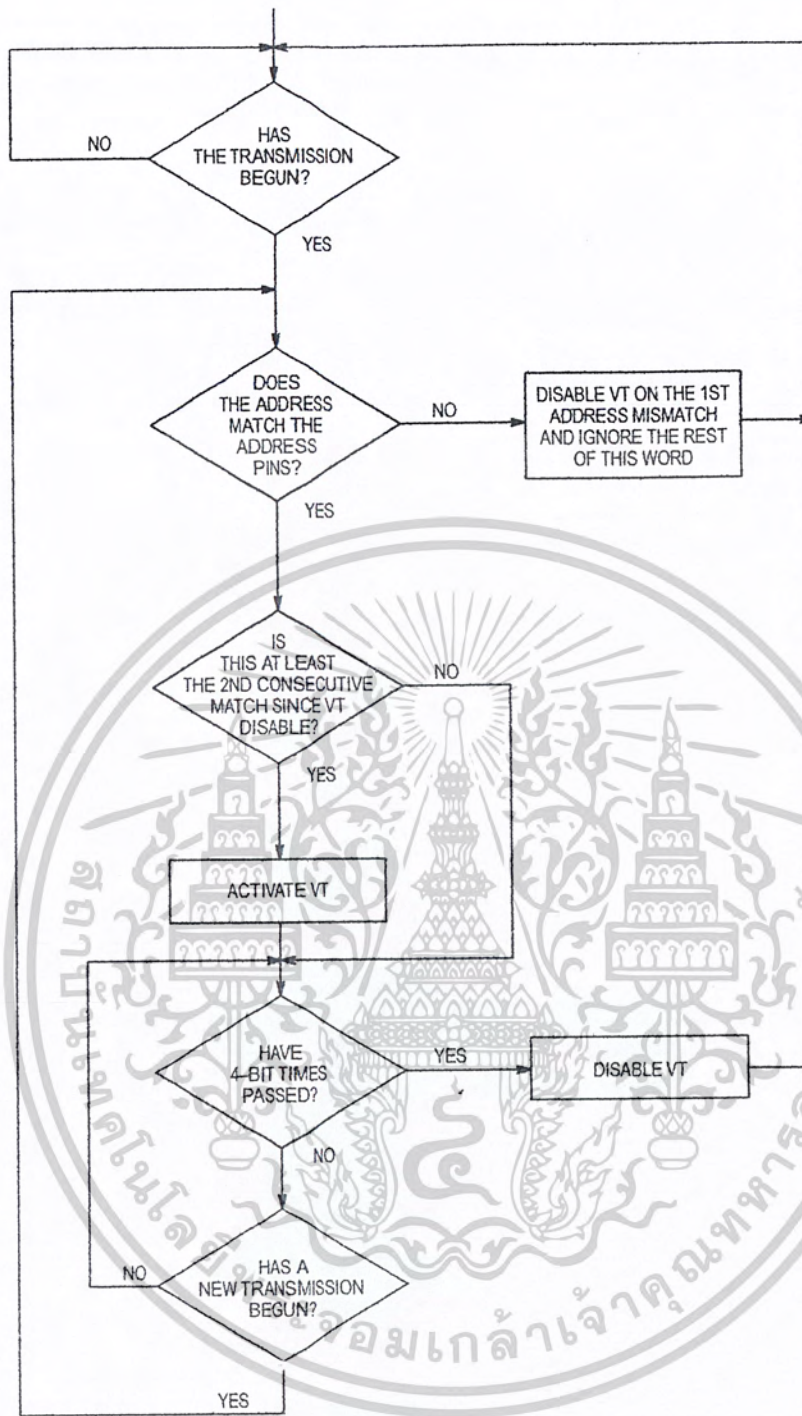


Figure 14. MC145028 Flowchart

MC145027 AND MC145028 TIMING

To verify the MC145027 or MC145028 timing, check the waveforms on C1 (Pin 7) and R2/C2 (Pin 10) as compared to the incoming data waveform on D_{in} (Pin 9).

The R-C decay seen on C1 discharges down to 1/3 V_{DD} before being reset to V_{DD}. This point of reset (labelled "DOS" in Figure 15) is the point in time where the decision is made whether the data seen on D_{in} is a 1 or 0. DOS should not be too close to the D_{in} data edges or intermittent operation may occur.

The other timing to be checked on the MC145027 and MC145028 is on R2/C2 (see Figure 16). The R-C decay is continually reset to V_{DD} as data is being transmitted. Only between words and after the end-of-transmission (EOT) does R2/C2 decay significantly from V_{DD}. R2/C2 can be used to identify the internal end-of-word (EOW) timing edge which is generated when R2/C2 decays to 2/3 V_{DD}. The internal EOT timing edge occurs when R2/C2 decays to 1/3 V_{DD}. When the waveform is being observed, the R-C decay should go down between the 2/3 and 1/3 V_{DD} levels, but not too close to either level before data transmission on D_{in} resumes.

Verification of the timing described above should ensure a good match between the MC145026 transmitter and the MC145027 and MC145028 receivers.

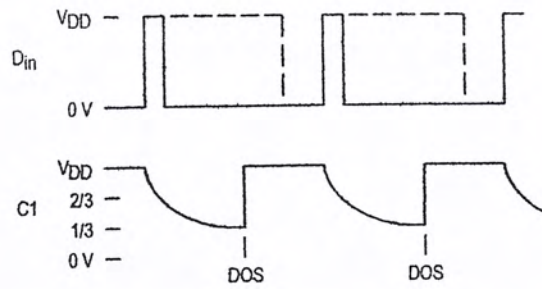


Figure 15. R-C Decay on Pin 7 (C1)

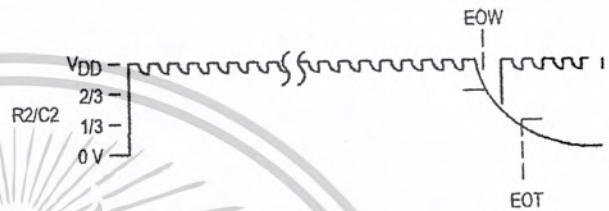
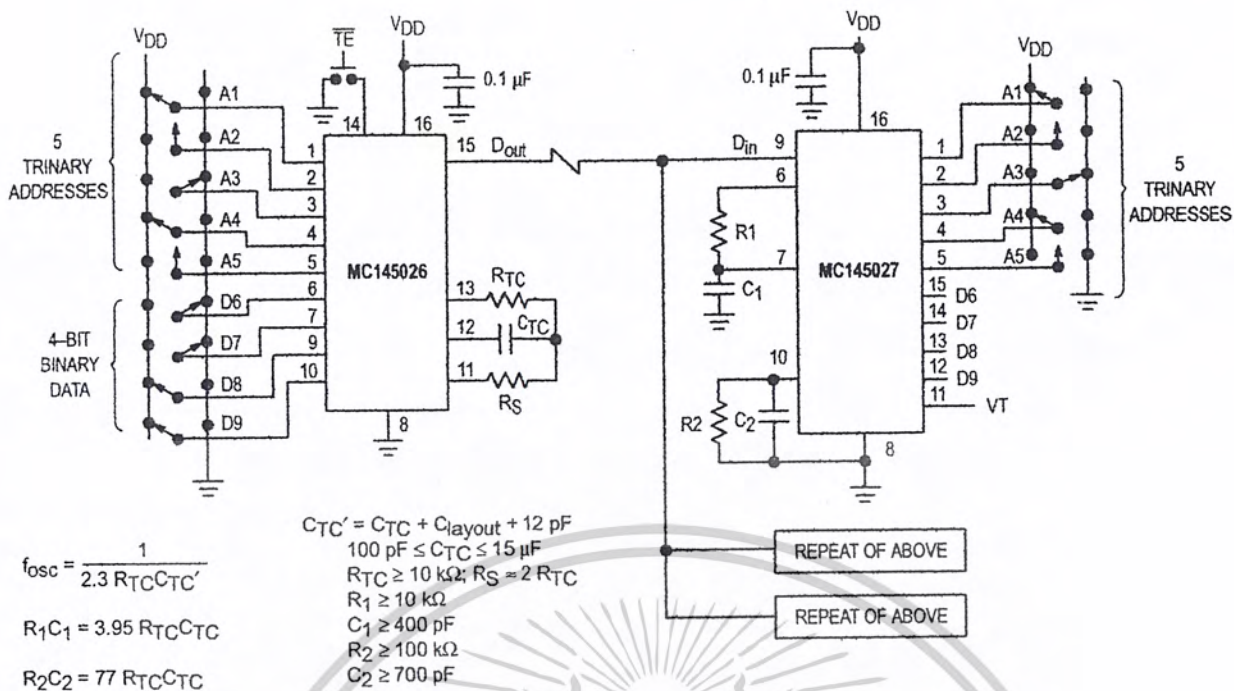


Figure 16. R-C Decay on Pin 10 (R2/C2)



Example R/C Values (All Resistors and Capacitors are ± 5%)

($C_{TC}' = C_{TC} + 20 \text{ pF}$)

| f_{osc} (kHz) | R_{TC} | C_{TC}' | R_S | R_1 | C_1 | R_2 | C_2 |
|-----------------|----------|-----------|-------|-------|--------------------|-------|---------------------|
| 362 | 10 k | 120 pF | 20 k | 10 k | 470 pF | 100 k | 910 pF |
| 181 | 10 k | 240 pF | 20 k | 10 k | 910 pF | 100 k | 1800 pF |
| 88.7 | 10 k | 490 pF | 20 k | 10 k | 2000 pF | 100 k | 3900 pF |
| 42.6 | 10 k | 1020 pF | 20 k | 10 k | 3900 pF | 100 k | 7500 pF |
| 21.5 | 10 k | 2020 pF | 20 k | 10 k | 8200 pF | 100 k | 0.015 μF |
| 8.53 | 10 k | 5100 pF | 20 k | 10 k | 0.02 μF | 200 k | 0.02 μF |
| 1.71 | 50 k | 5100 pF | 100 k | 50 k | 0.02 μF | 200 k | 0.1 μF |

Figure 17. Typical Application

APPLICATIONS INFORMATION

INFRARED TRANSMITTER

In Figure 18, the MC145026 encoder is set to run at an oscillator frequency of about 4 to 9 kHz. Thus, the time required for a complete two-word encoding sequence is about 20 to 40 ms. The data output from the encoder gates an RC oscillator running at 50 kHz; the oscillator shown starts rapidly enough to be used in this application. When the "send" button is not depressed, both the MC145026 and oscillator are in a low-power standby state. The RC oscillator has to be trimmed for 50 kHz and has some drawbacks for frequency stability. A superior system uses a ceramic resonator oscillator running at 400 kHz. This oscillator feeds a divider as shown in Figure 19. The unused inputs of the MC14011UB must be grounded.

The MLED81 IRED is driven with the 50 kHz square wave at about 200 to 300 mA to generate the carrier. If desired, two IREDs wired in series can be used (see Application Note AN1016 for more information). The bipolar IRED switch, shown in Figure 18, offers two advantages over a FET. First, a logic FET has too much gate capacitance for the MC14011UB to drive without waveform distortion. Second, the bipolar drive permits lower supply voltages, which are an advantage in portable battery-powered applications.

The configuration shown in Figure 18 operates over a supply range of 4.5 to 18 V. A low-voltage system which operates down to 2.5 V could be realized if the oscillator section of a MC74HC4060 is used in place of the MC14011UB. The data output of the MC145026 is inverted and fed to the RESET pin of the MC74HC4060. Alternately, the MC74HCU04 could be used for the oscillator.

Information on the MC14011UB is in book number DL131/D. The MC74HCU04 and MC74HC4060 are found in book number DL129/D.

INFRARED RECEIVER

The receiver in Figure 20 couples an IR-sensitive diode to input preamp A1, followed by band-pass amplifier A2 with a gain of about 10. Limiting stage A3 follows, with an output of about 800 mV p-p. The limited 50 kHz burst is detected by comparator A4 that passes only positive pulses, and peak-

detected and filtered by a diode/RC network to extract the data envelope from the burst. Comparator A5 boosts the signal to logic levels compatible with the MC145027/28 data input. The D_{in} pin of these decoders is a standard CMOS high-impedance input which must *not* be allowed to float. Therefore, direct coupling from A5 to the decoder input is utilized.

Shielding should be used on at least A1 and A2, with good ground and high-sensitivity circuit layout techniques applied.

For operation with supplies higher than +5 V, limiter A4's positive output swing needs to be limited to 3 to 5 V. This is accomplished via adding a zener diode in the negative feedback path, thus avoiding excessive system noise. The biasing resistor stack should be adjusted such that V3 is 1.25 to 1.5 V.

This system works up to a range of about 10 meters. The gains of the system may be adjusted to suit the individual design needs. The 100 Ω resistor in the emitter of the first 2N5088 and the 1 k Ω resistor feeding A2 may be altered if different gain is required. In general, more gain does not necessarily result in increased range. This is due to noise floor limitations. The designer should increase transmitter power and/or increase receiver aperture with Fresnel lensing to greatly improve range. See Application Note AN1016 for additional information.

Information on the MC34074 is in data book DL128/D.

TRINARY SWITCH MANUFACTURERS

Midland Ross—Electronic Connector Div.

Greyhill

Augat/Alcoswitch

Aries Electronics

The above companies may not have the switches in a DIP. For more information, call them or consult *eem Electronic Engineers Master Catalog* or the *Gold Book*. Ask for **SPDT with center OFF**.

Alternative: An SPST can be placed in series between a SPDT and the Encoder or Decoder to achieve trinary action.

Motorola cannot recommend one supplier over another and in no way suggests that this is a complete listing of trinary switch manufacturers.

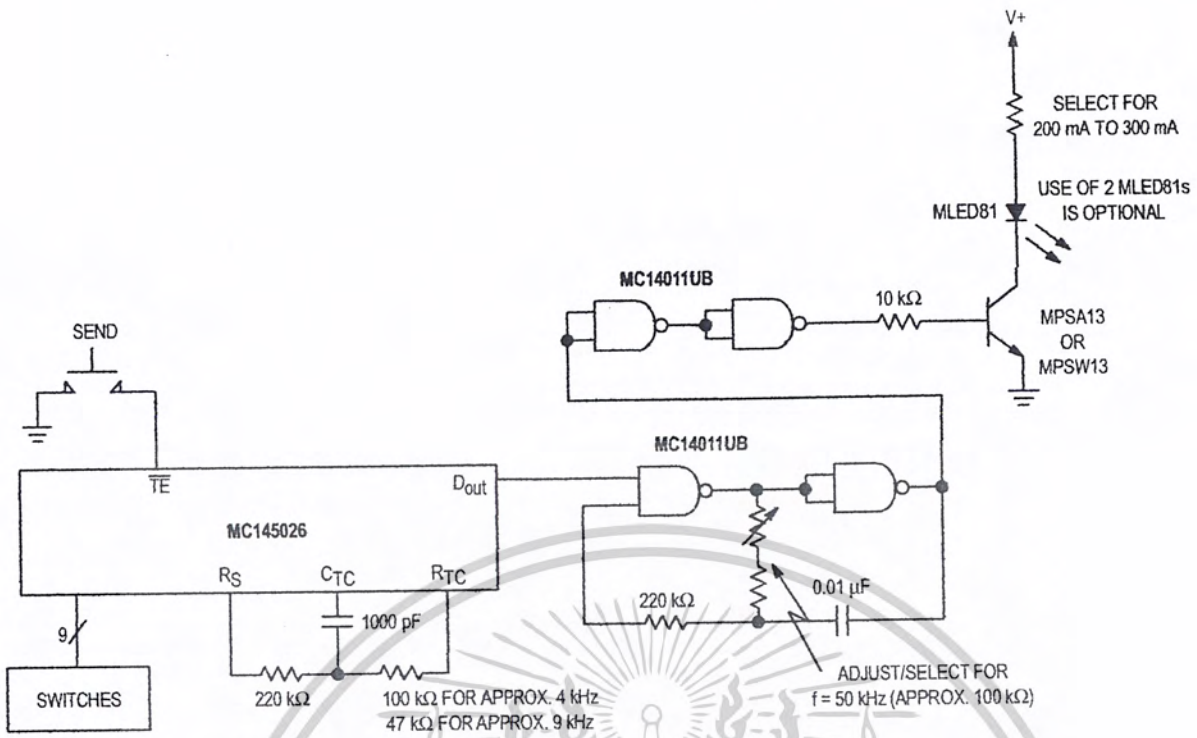


Figure 18. IRED Transmitter Using RC Oscillator to Generate Carrier Frequency

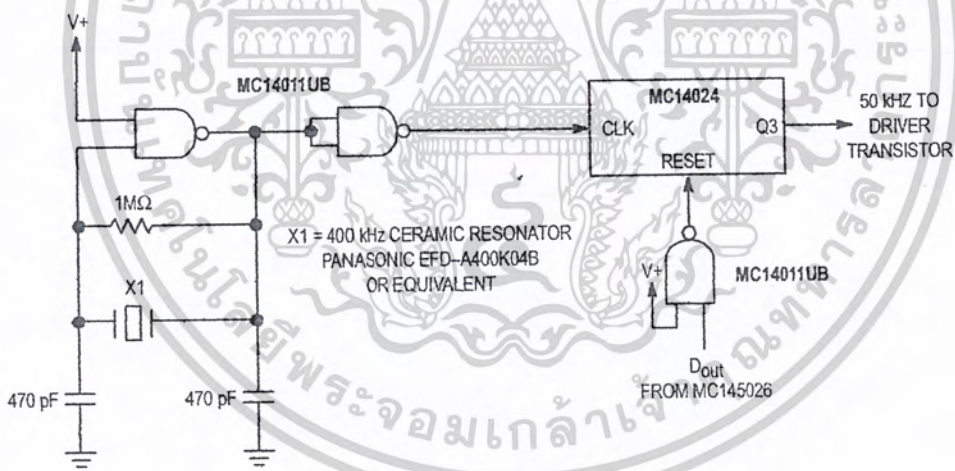


Figure 19. Using a Ceramic Resonator to Generate Carrier Frequency

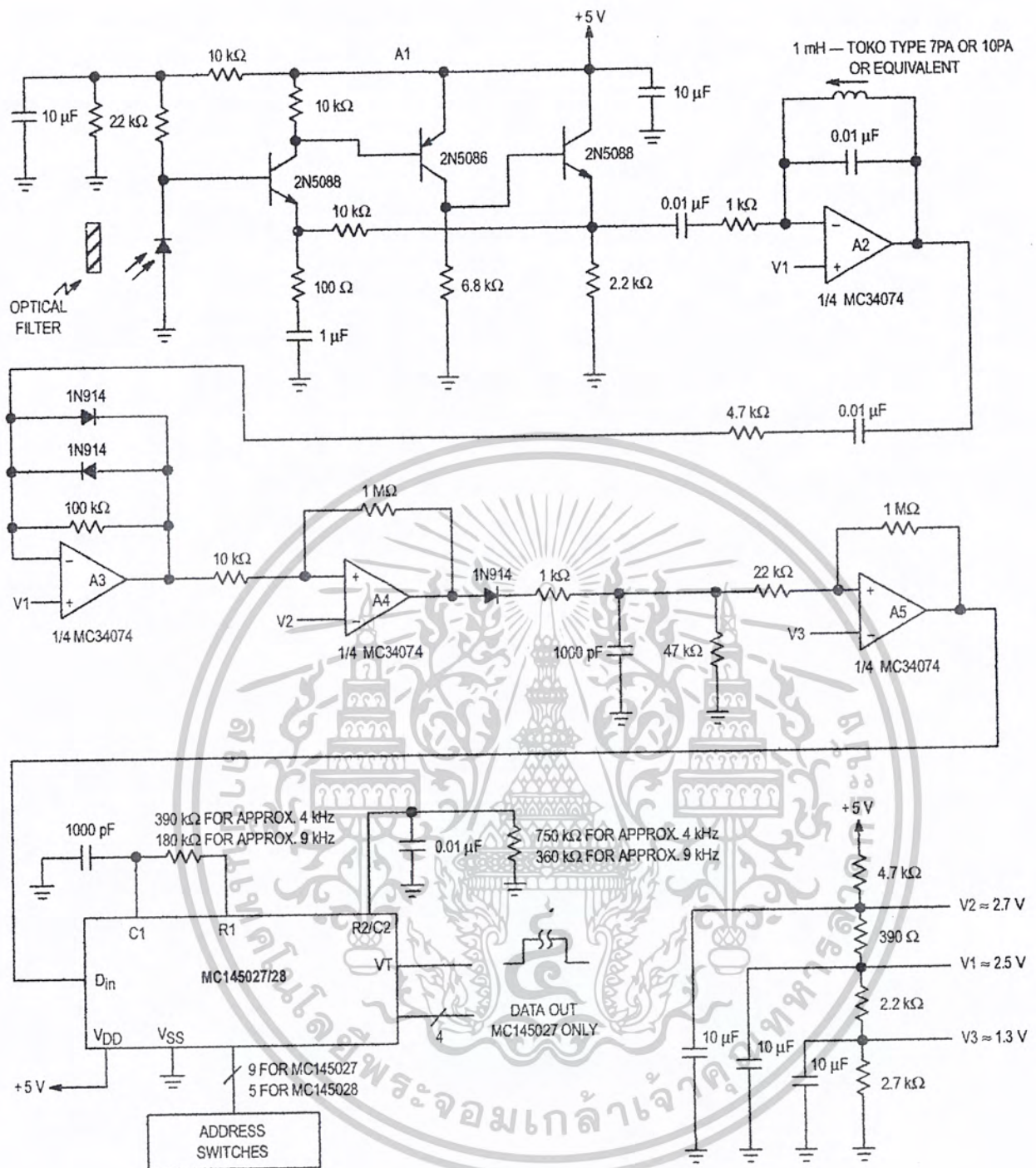
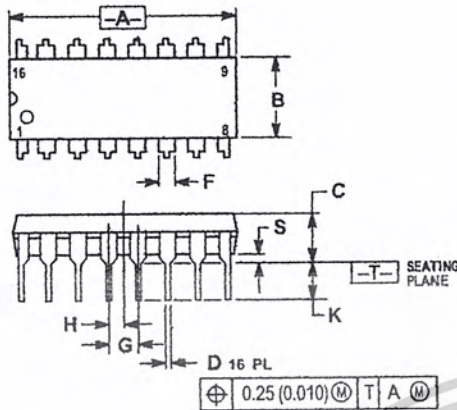


Figure 20. Infrared Receiver

PACKAGE DIMENSIONS

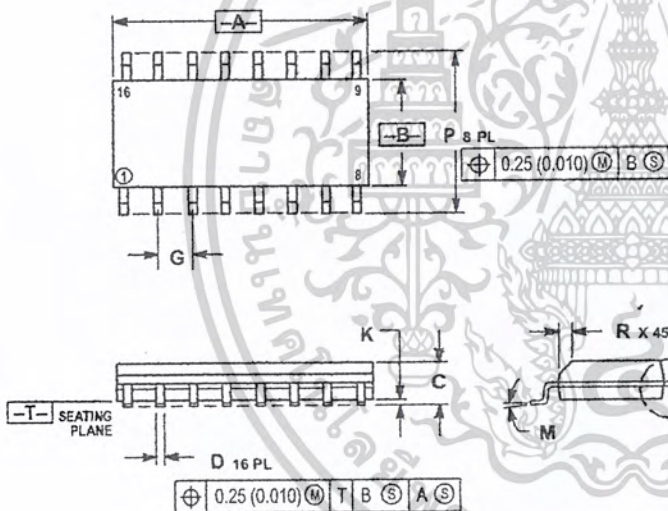
P SUFFIX PLASTIC DIP (DUAL IN-LINE PACKAGE) CASE 648-08



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: INCH.
 3. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
 4. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
 5. ROUNDED CORNERS OPTIONAL.

| DIM | INCHES | | MILLIMETERS | |
|-----|-----------|-------|-------------|-------|
| | MIN | MAX | MIN | MAX |
| A | 0.740 | 0.770 | 18.80 | 19.55 |
| B | 0.250 | 0.270 | 6.35 | 6.85 |
| C | 0.145 | 0.175 | 3.69 | 4.44 |
| D | 0.015 | 0.021 | 0.39 | 0.53 |
| F | 0.040 | 0.70 | 1.02 | 1.77 |
| G | 0.100 BSC | | 2.54 BSC | |
| H | 0.050 BSC | | 1.27 BSC | |
| J | 0.008 | 0.015 | 0.21 | 0.38 |
| K | 0.110 | 0.130 | 2.80 | 3.30 |
| L | 0.295 | 0.305 | 7.50 | 7.74 |
| M | 0° | 10° | 0° | 10° |
| S | 0.020 | 0.040 | 0.51 | 1.01 |

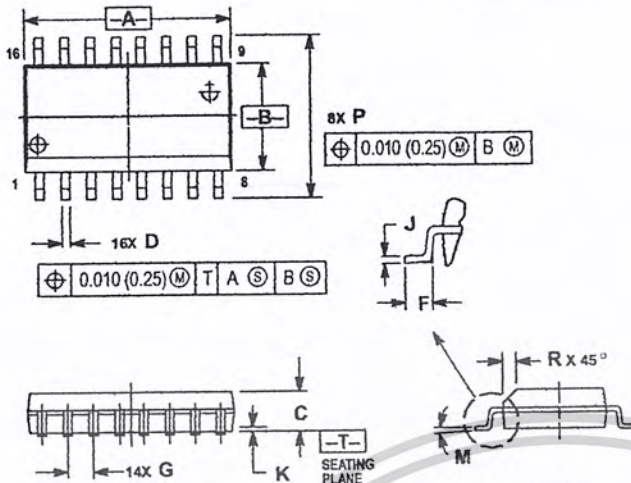
D SUFFIX SOG (SMALL OUTLINE GULL-WING) PACKAGE CASE 751B-05



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
 3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
 4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
 5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.127 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF THE D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

| DIM | MILLIMETERS | | INCHES | |
|-----|-------------|-------|-----------|-------|
| | MIN | MAX | MIN | MAX |
| A | 9.80 | 10.00 | 0.385 | 0.393 |
| B | 3.80 | 4.00 | 0.150 | 0.157 |
| C | 1.35 | 1.75 | 0.054 | 0.068 |
| D | 0.35 | 0.49 | 0.014 | 0.019 |
| F | 0.40 | 1.25 | 0.016 | 0.049 |
| G | 1.27 BSC | | 0.050 BSC | |
| J | 0.19 | 0.25 | 0.008 | 0.009 |
| K | 0.10 | 0.25 | 0.004 | 0.009 |
| M | 0° | 7° | 0° | 7° |
| P | 5.80 | 6.20 | 0.229 | 0.244 |
| R | 0.25 | 0.50 | 0.010 | 0.019 |

**DW SUFFIX
SOG (SMALL OUTLINE GULL-WING) PACKAGE
CASE 751G-02**



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
 2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
 3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
 4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.006) PER SIDE.
 5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.13 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

| DIM | MILLIMETERS | | INCHES | |
|-----|-------------|-------|-----------|-------|
| | MIN | MAX | MIN | MAX |
| A | 10.15 | 10.45 | 0.400 | 0.411 |
| B | 7.40 | 7.60 | 0.292 | 0.299 |
| C | 2.35 | 2.65 | 0.093 | 0.104 |
| D | 0.35 | 0.49 | 0.014 | 0.019 |
| F | 0.50 | 0.90 | 0.020 | 0.035 |
| G | 1.27 BSC | | 0.050 BSC | |
| J | 0.25 | 0.32 | 0.010 | 0.012 |
| K | 0.10 | 0.25 | 0.004 | 0.009 |
| M | 0° | 7° | 0° | 7° |
| P | 10.05 | 10.55 | 0.395 | 0.415 |
| R | 0.25 | 0.75 | 0.010 | 0.029 |

Motorola reserves the right to make changes without further notice to any products herein. Motorola makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does Motorola assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in Motorola data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. Motorola does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. Motorola products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the Motorola product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use Motorola products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold Motorola and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that Motorola was negligent regarding the design or manufacture of the part. Motorola and $\text{\textcircled{M}}$ are registered trademarks of Motorola, Inc. Motorola, Inc. is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

Mfax is a trademark of Motorola, Inc.

How to reach us:

USA/EUROPE/Locations Not Listed: Motorola Literature Distribution;
P.O. Box 5405, Denver, Colorado 80217. 1-303-675-2140 or 1-800-441-2447

JAPAN: Motorola Japan Ltd.; SPD, Strategic Planning Office, 141,
4-32-1 Nishi-Gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo, Japan. 81-3-5487-8488

Customer Focus Center: 1-800-521-6274

Mfax™: RMFAX0@email.sps.mot.com – TOUCHTONE 1-602-244-6609
Motorola Fax Back System – US & Canada ONLY 1-800-774-1848
– http://sps.motorola.com/mfax/

ASIA/PACIFIC: Motorola Semiconductors H.K. Ltd.; 8B Tai Ping Industrial Park,
51 Ting Kok Road, Tai Po, N.T., Hong Kong. 852-26629298

HOME PAGE: <http://motorola.com/sps/>



MC145026/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14514B, MC14515B

4-Bit Transparent Latch/4-to-16 Line Decoder

The MC14514B and MC14515B are two output options of a 4 to 16 line decoder with latched inputs. The MC14514B (output active high option) presents a logical "1" at the selected output, whereas the MC14515B (output active low option) presents a logical "0" at the selected output. The latches are R-S type flip-flops which hold the last input data presented prior to the strobe transition from "1" to "0". These high and low options of a 4-bit latch/4 to 16 line decoder are constructed with N-channel and P-channel enhancement mode devices in a single monolithic structure. The latches are R-S type flip-flops and data is admitted upon a signal incident at the strobe input, decoded, and presented at the output.

These complementary circuits find primary use in decoding applications where low power dissipation and/or high noise immunity is desired.

- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads or One Low-power Schottky TTL Load Over the Rated Temperature Range

MAXIMUM RATINGS (Voltages Referenced to V_{SS}) (Note 1.)

| Symbol | Parameter | Value | Unit |
|------------------------------------|---|-------------------------------|------|
| V _{DD} | DC Supply Voltage Range | -0.5 to +18.0 | V |
| V _{in} , V _{out} | Input or Output Voltage Range (DC or Transient) | -0.5 to V _{DD} + 0.5 | V |
| I _{in} , I _{out} | Input or Output Current (DC or Transient) per Pin | ±10 | mA |
| P _D | Power Dissipation, per Package (Note 2.) | 500 | mW |
| T _A | Ambient Temperature Range | -55 to +125 | °C |
| T _{stg} | Storage Temperature Range | -65 to +150 | °C |
| T _L | Lead Temperature (8-Second Soldering) | 260 | °C |

1. Maximum Ratings are those values beyond which damage to the device may occur.
2. Temperature Derating:
Plastic "P and D/DW" Packages: - 7.0 mW/°C From 65°C To 125°C

This device contains protection circuitry to guard against damage due to high static voltages or electric fields. However, precautions must be taken to avoid applications of any voltage higher than maximum rated voltages to this high-impedance circuit. For proper operation, V_{in} and V_{out} should be constrained to the range V_{SS} ≤ (V_{in} or V_{out}) ≤ V_{DD}.

Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}). Unused outputs must be left open.



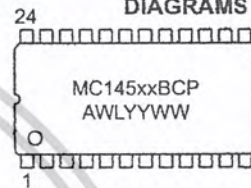
ON Semiconductor

<http://onsemi.com>

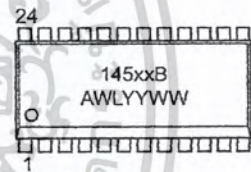


PDIP-24
P SUFFIX
CASE 709

MARKING DIAGRAMS



SOIC-24
DW SUFFIX
CASE 751E



- xx = Specific Device Code
- A = Assembly Location
- WL, L = Wafer Lot
- YY, Y = Year
- WW, W = Work Week

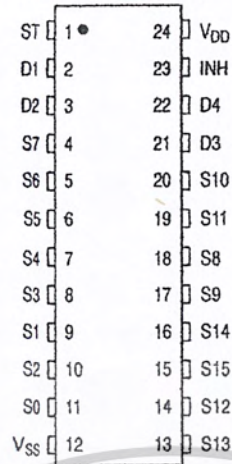
ORDERING INFORMATION

| Device | Package | Shipping |
|--------------|---------|------------------|
| MC14514BCP | PDIP-24 | 15/Rail |
| MC14514BDW | SOIC-24 | 30/Rail |
| MC14514BDWR2 | SOIC-24 | 1000/Tape & Reel |
| MC14515BCP | PDIP-24 | 15/Rail |
| MC14515BDW | SOIC-24 | 30/Rail |
| MC14515BDWR2 | SOIC-24 | 1000/Tape & Reel |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14514B, MC14515B

PIN ASSIGNMENT

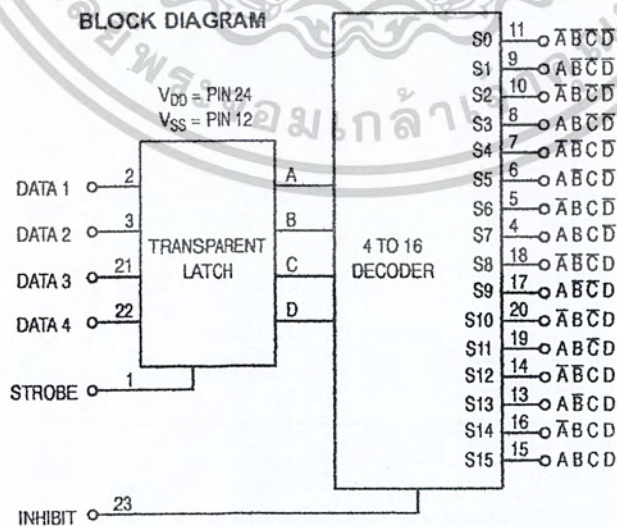


DECODE TRUTH TABLE (Strobe = 1)*

| Inhibit | Data Inputs | | | | Selected Output MC14514 = Logic "1" MC14515 = Logic "0" |
|---------|-------------|---|---|---|---|
| | D | C | B | A | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | S0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | S1 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | S2 |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | S3 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | S4 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | S5 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | S6 |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | S7 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | S8 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | S9 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | S10 |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | S11 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | S12 |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | S13 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | S14 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | S15 |
| 1 | X | X | X | X | All Outputs = 0, MC14514 All Outputs = 1, MC14515 |

X = Don't Care
*Strobe = 0, Data is latched

BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14514B, MC14515B

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (Voltages Referenced to V_{SS})

| Characteristic | Symbol | V_{DD} Vdc | -55°C | | 25°C | | | 125°C | | Unit | |
|--|---|-----------------|---|-----------|------|--------------------|-----------|-------|-----------|-----------|-----|
| | | | Min | Max | Min | Typ ⁽³⁾ | Max | Min | Max | | |
| Output Voltage $V_{in} = V_{DD}$ or 0 | "0" Level V_{OL} | 5.0 | — | 0.05 | — | 0 | 0.05 | — | 0.05 | Vdc | |
| | | 10 | — | 0.05 | — | 0 | 0.05 | — | 0.05 | | |
| | | 15 | — | 0.05 | — | 0 | 0.05 | — | 0.05 | | |
| | "1" Level $V_{in} = 0$ or V_{DD} | V_{OH} | 5.0 | 4.95 | — | 4.95 | 5.0 | — | 4.95 | — | Vdc |
| | | | 10 | 9.95 | — | 9.95 | 10 | — | 9.95 | — | |
| | | | 15 | 14.95 | — | 14.95 | 15 | — | 14.95 | — | |
| Input Voltage ($V_O = 4.5$ or 0.5 Vdc) ($V_O = 9.0$ or 1.0 Vdc) ($V_O = 13.5$ or 1.5 Vdc) | "0" Level V_{IL} | 5.0 | — | 1.5 | — | 2.25 | 1.5 | — | 1.5 | Vdc | |
| | | 10 | — | 3.0 | — | 4.50 | 3.0 | — | 3.0 | | |
| | | 15 | — | 4.0 | — | 6.75 | 4.0 | — | 4.0 | | |
| | "1" Level ($V_O = 0.5$ or 4.5 Vdc) ($V_O = 1.0$ or 9.0 Vdc) ($V_O = 1.5$ or 13.5 Vdc) | V_{IH} | 5.0 | 3.5 | — | 3.5 | 2.75 | — | 3.5 | — | Vdc |
| | | | 10 | 7.0 | — | 7.0 | 5.50 | — | 7.0 | — | |
| | | | 15 | 11 | — | 11 | 8.25 | — | 11 | — | |
| Output Drive Current ($V_{OH} = 2.5$ Vdc) ($V_{OH} = 4.6$ Vdc) ($V_{OH} = 9.5$ Vdc) ($V_{OH} = 13.5$ Vdc) | Source I_{OH} | 5.0 | -1.2 | — | -1.0 | -1.7 | — | -0.7 | — | mAdc | |
| | | 5.0 | -0.25 | — | -0.2 | -0.36 | — | -0.14 | — | | |
| | | 10 | -0.62 | — | -0.5 | -0.9 | — | -0.35 | — | | |
| | | 15 | -1.8 | — | -1.5 | -3.5 | — | -1.1 | — | | |
| | Sink I_{OL} | 5.0 | 0.64 | — | 0.51 | 0.88 | — | 0.36 | — | mAdc | |
| | | 10 | 1.6 | — | 1.3 | 2.25 | — | 0.9 | — | | |
| (Per Package) ($V_{OL} = 0.4$ Vdc) ($V_{OL} = 0.5$ Vdc) ($V_{OL} = 1.5$ Vdc) | I_{OL} | 15 | 4.2 | — | 3.4 | 8.8 | — | 2.4 | — | | |
| | | 15 | — | ± 0.1 | — | ± 0.00001 | ± 0.1 | — | ± 1.0 | μ Adc | |
| | | 15 | — | — | — | 5.0 | 7.5 | — | — | pF | |
| Quiescent Current (Per Package) | I_{DD} | 5.0 | — | 5.0 | — | 0.005 | 5.0 | — | 150 | μ Adc | |
| | | 10 | — | 10 | — | 0.010 | 10 | — | 300 | | |
| | | 15 | — | 20 | — | 0.015 | 20 | — | 600 | | |
| Total Supply Current ^{(4),(5)} (Dynamic plus Quiescent, Per Package) ($C_L = 50$ pF on all outputs, all buffers switching) | I_{TL} | 5.0 | $I_T = (1.35 \mu\text{A/kHz}) f + I_{DD}$ | | | | | | | μ Adc | |
| | | 10 | $I_T = (2.70 \mu\text{A/kHz}) f + I_{DD}$ | | | | | | | | |
| | | 15 | $I_T = (4.05 \mu\text{A/kHz}) f + I_{DD}$ | | | | | | | | |

3. Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

4. The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.

5. To calculate total supply current at loads other than 50 pF:

$$I_T(C_L) = I_T(50 \text{ pF}) + (C_L - 50) \text{ Vfk}$$

where: I_T is in μA (per package), C_L in pF, $V = (V_{DD} - V_{SS})$ in volts, f in kHz is input frequency, and $k = 0.002$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14514B, MC14515B

SWITCHING CHARACTERISTICS ^(6.) ($C_L = 50 \text{ pF}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)

| Characteristic | Symbol | V_{DD} | All Types | | | Unit |
|---|--------------------|-----------------|------------------|--------------------|--------------------|------|
| | | | Min | Typ (7.) | Max | |
| Output Rise Time $t_{TLH} = (3.0 \text{ ns/pF}) C_L + 30 \text{ ns}$ $t_{TLH} = (1.5 \text{ ns/pF}) C_L + 15 \text{ ns}$ $t_{TLH} = (1.1 \text{ ns/pF}) C_L + 10 \text{ ns}$ | t_{TLH} | 5.0 10 15 | — — — | 180 90 65 | 360 180 130 | ns |
| Output Fall Time $t_{THL} = (1.5 \text{ ns/pF}) C_L + 25 \text{ ns}$ $t_{THL} = (0.75 \text{ ns/pF}) C_L + 12.5 \text{ ns}$ $t_{THL} = (0.55 \text{ ns/pF}) C_L + 9.5 \text{ ns}$ | t_{THL} | 5.0 10 15 | — — — | 100 50 40 | 200 100 80 | ns |
| Propagation Delay Time; Data, Strobe to S $t_{PLH}, t_{PHL} = (1.7 \text{ ns/pF}) C_L + 465 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.86 \text{ ns/pF}) C_L + 192 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.5 \text{ ns/pF}) C_L + 125 \text{ ns}$ | t_{PLH}, t_{PHL} | 5.0 10 15 | — — — | 550 225 150 | 1100 450 300 | ns |
| Inhibit Propagation Delay Times $t_{PLH}, t_{PHL} = (1.7 \text{ ns/pF}) C_L + 315 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.66 \text{ ns/pF}) C_L + 117 \text{ ns}$ $t_{PLH}, t_{PHL} = (0.5 \text{ ns/pF}) C_L + 75 \text{ ns}$ | t_{PLH}, t_{PHL} | 5.0 10 15 | — — — | 400 150 100 | 800 300 200 | ns |
| Setup Time Data to Strobe | t_{su} | 5.0 10 15 | 250 100 75 | 125 50 38 | — — — | ns |
| Hold Time Strobe to Data | t_{h} | 5.0 10 15 | -20 0 10 | -100 -40 -30 | — — — | ns |
| Strobe Pulse Width | t_{WH} | 5.0 10 15 | 350 100 75 | 175 50 38 | — — — | ns |

6. The formulas given are for the typical characteristics only at 25°C.

7. Data labelled "Typ" is not to be used for design purposes but is intended as an indication of the IC's potential performance.

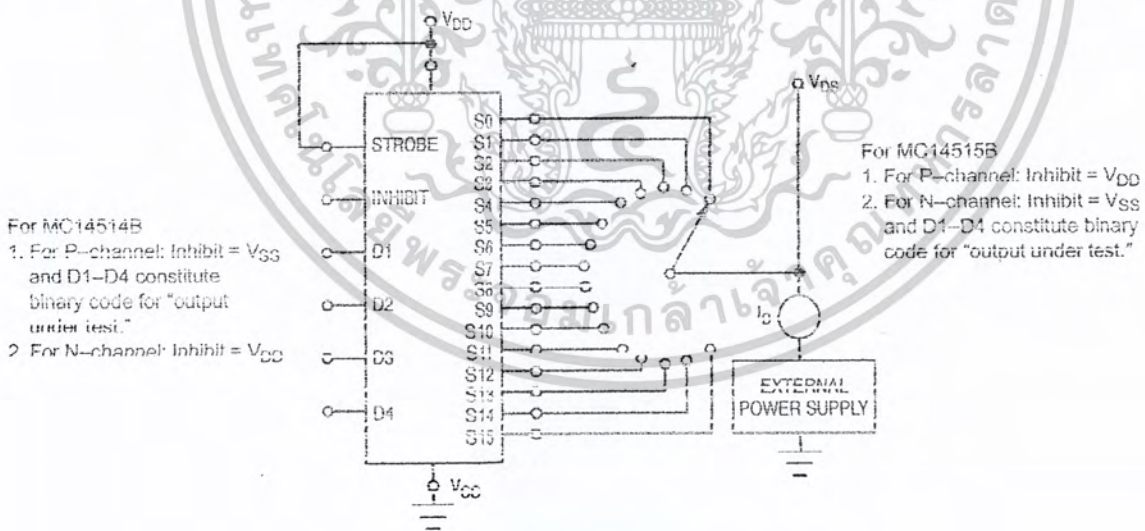


Figure 1. Drain Characteristics Test Circuit

MC14514B, MC14515B

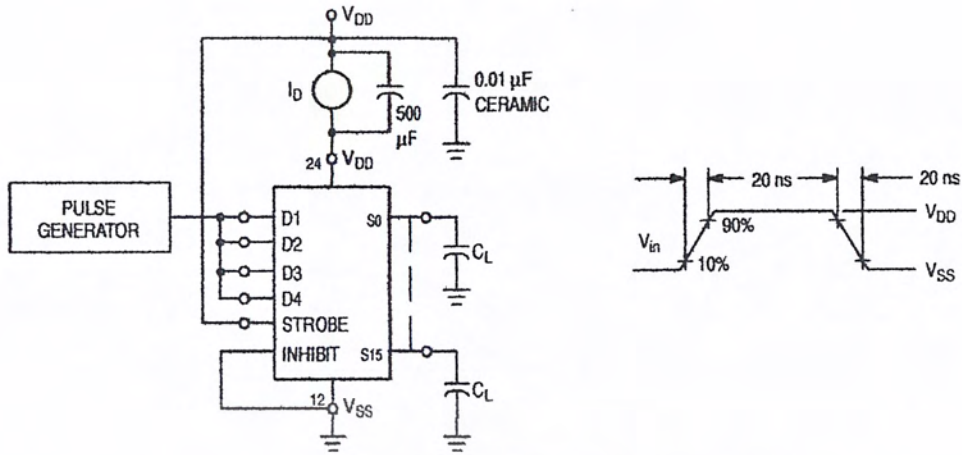


Figure 2. Dynamic Power Dissipation Test Circuit and Waveform

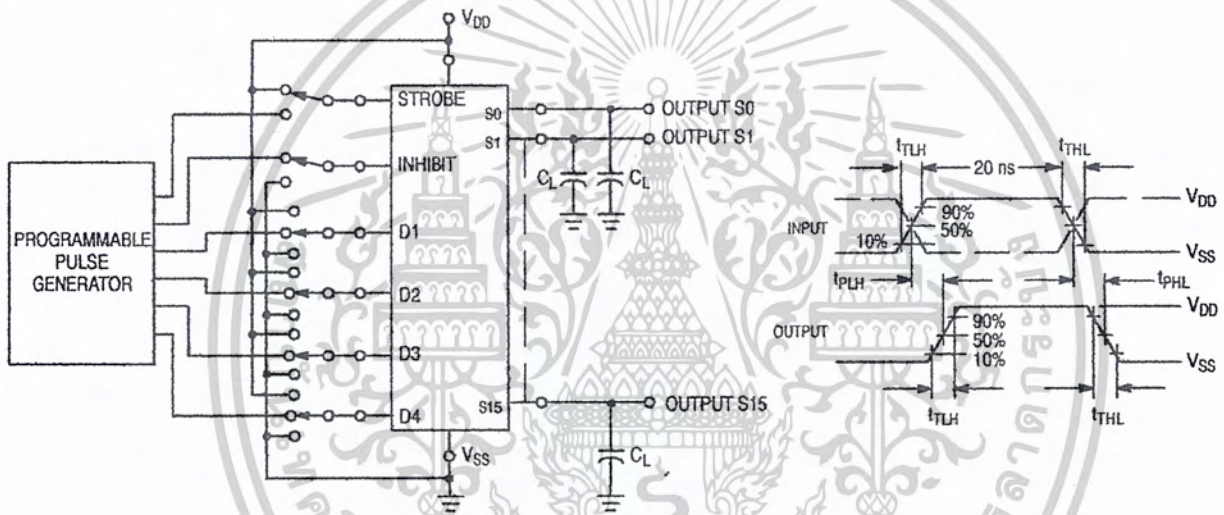
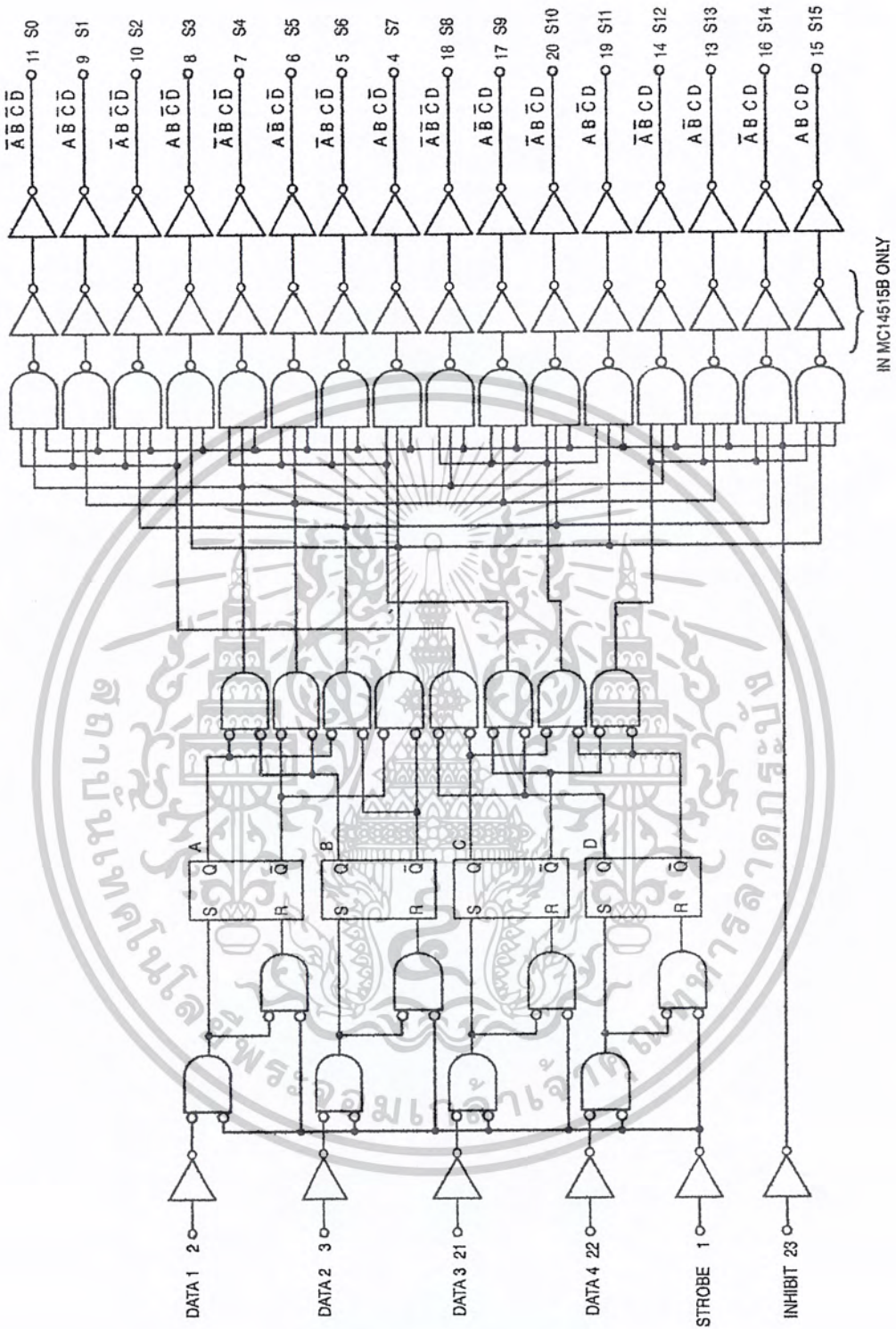


Figure 3. Switching Time Test Circuit and Waveforms

MC14514B, MC14515B

LOGIC DIAGRAM



<http://onsemi.com>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14514B, MC14515B

COMPLEX DATA ROUTING

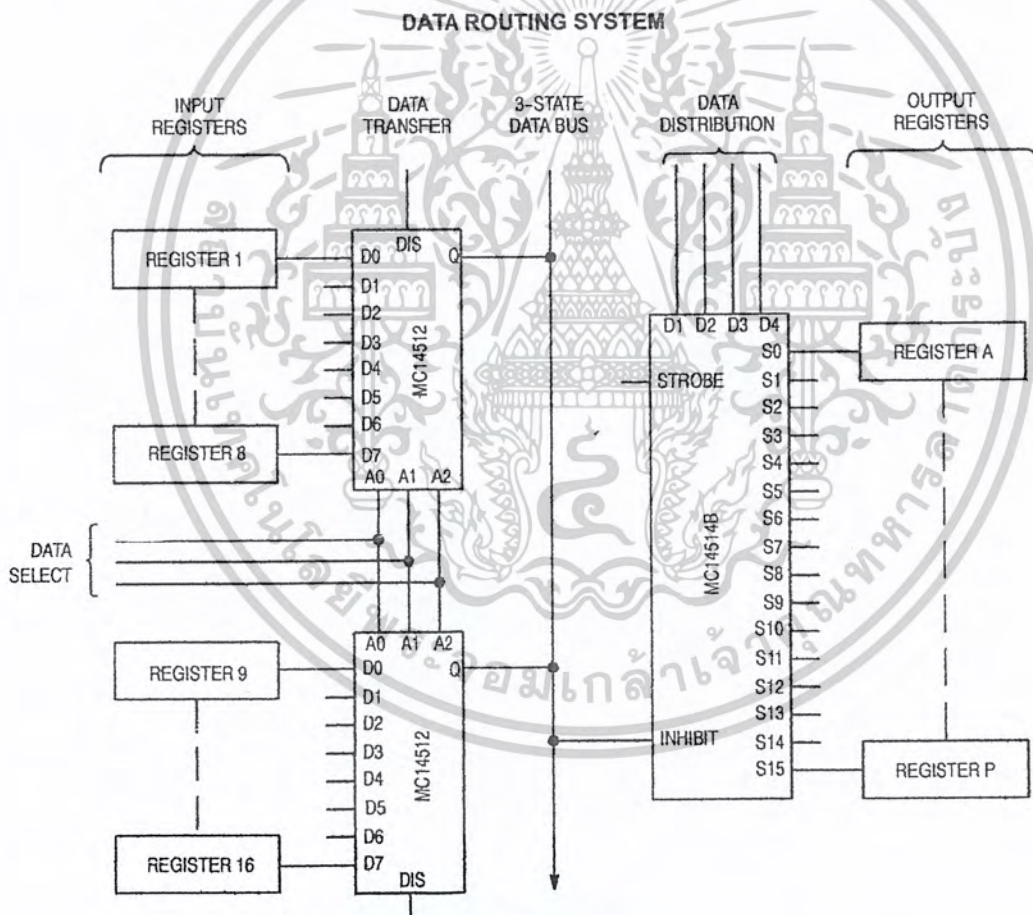
Two MC14512 eight-channel data selectors are used here with the MC14514B four-bit latch/decoder to effect a complex data routing system. A total of 16 inputs from data registers are selected and transferred via a 3-state data bus to a data distributor for rearrangement and entry into 16 output registers. In this way sequential data can be re-routed or intermixed according to patterns determined by data select and distribution inputs.

Data is placed into the routing scheme via the eight inputs on both MC14512 data selectors. One register is assigned to each input. The signals on A0, A1, and A2 choose one of eight inputs for transfer out to the 3-state data bus. A fourth signal, labelled Dis, disables one of the MC14512 selectors, assuring transfer of data from only one register.

In addition to a choice of input registers, 1 thru 16, the rate of transfer of the sequential information can also be varied. That is, if the MC14512 were addressed at a rate that is eight

times faster than the shift frequency of the input registers, the most significant bit (MSB) from each register could be selected for transfer to the data bus. Therefore, all of the most significant bits from all of the registers can be transferred to the data bus before the next most significant bit is presented for transfer by the input registers.

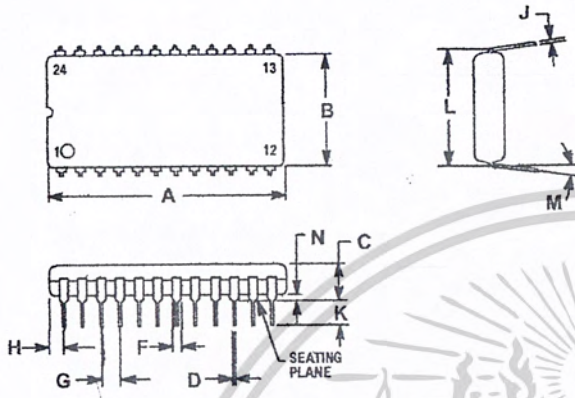
Information from the 3-state bus is redistributed by the MC14514B four-bit latch/decoder. Using the four-bit address, D1 thru D4, the information on the inhibit line can be transferred to the addressed output line to the desired output registers, A thru P. This distribution of data bits to the output registers can be made in many complex patterns. For example, all of the most significant bits from the input registers can be routed into output register A, all of the next most significant bits into register B, etc. In this way horizontal, vertical, or other methods of data slicing can be implemented.



MC14514B, MC14515B

PACKAGE DIMENSIONS

PDIP-24
P SUFFIX
PLASTIC DIP PACKAGE
CASE 709-02
ISSUE C



NOTES:

1. POSITIONAL TOLERANCE OF LEADS (D), SHALL BE WITHIN 0.25 (0.010) AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION, IN RELATION TO SEATING PLANE AND EACH OTHER.
2. DIMENSION L TO CENTER OF LEADS WHEN FORMED PARALLEL.
3. DIMENSION B DOES NOT INCLUDE MOLD FLASH.
4. CONTROLLING DIMENSION: INCH.

| DIM | INCHES | | MILLIMETERS | |
|-----|-----------|-------|-------------|-------|
| | MIN | MAX | MIN | MAX |
| A | 1.235 | 1.265 | 31.37 | 32.13 |
| B | 0.540 | 0.560 | 13.72 | 14.22 |
| C | 0.155 | 0.200 | 3.94 | 5.08 |
| D | 0.014 | 0.022 | 0.36 | 0.56 |
| F | 0.040 | 0.060 | 1.02 | 1.52 |
| G | 0.100 BSC | | 2.54 BSC | |
| H | 0.065 | 0.080 | 1.65 | 2.03 |
| J | 0.008 | 0.015 | 0.20 | 0.38 |
| K | 0.115 | 0.135 | 2.92 | 3.43 |
| L | 0.600 BSC | | 15.24 BSC | |
| M | 0° | 15° | 0° | 15° |
| N | 0.020 | 0.040 | 0.51 | 1.02 |

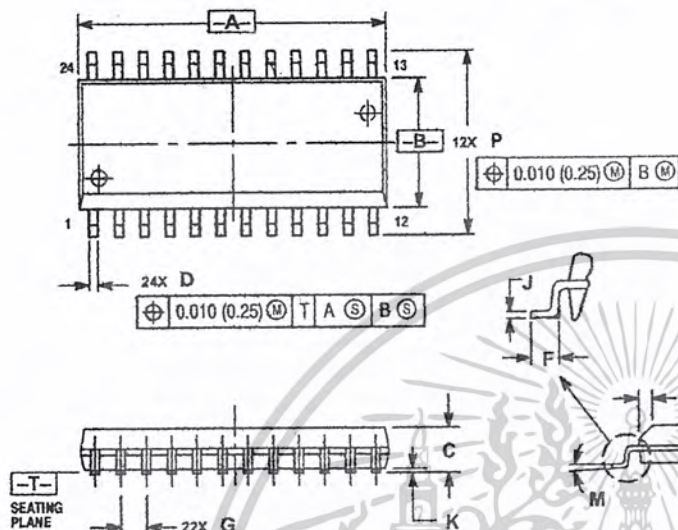


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14514B, MC14515B

PACKAGE DIMENSIONS

SOIC-24
DW SUFFIX
PLASTIC SOIC PACKAGE
CASE 751E-04
ISSUE E



NOTES:

1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ANSI Y14.5M, 1982.
2. CONTROLLING DIMENSION: MILLIMETER.
3. DIMENSIONS A AND B DO NOT INCLUDE MOLD PROTRUSION.
4. MAXIMUM MOLD PROTRUSION 0.15 (0.005) PER SIDE.
5. DIMENSION D DOES NOT INCLUDE DAMBAR PROTRUSION. ALLOWABLE DAMBAR PROTRUSION SHALL BE 0.13 (0.005) TOTAL IN EXCESS OF D DIMENSION AT MAXIMUM MATERIAL CONDITION.

| DIM | MILLIMETERS | | INCHES | |
|-----|-------------|-------|-----------|-------|
| | MIN | MAX | MIN | MAX |
| A | 15.25 | 15.54 | 0.601 | 0.612 |
| B | 7.40 | 7.60 | 0.292 | 0.299 |
| C | 2.35 | 2.65 | 0.093 | 0.104 |
| D | 0.35 | 0.49 | 0.014 | 0.019 |
| F | 0.41 | 0.90 | 0.016 | 0.035 |
| G | 1.27 BSC | | 0.050 BSC | |
| J | 0.23 | 0.32 | 0.009 | 0.013 |
| K | 0.13 | 0.29 | 0.005 | 0.011 |
| M | 0° | 8° | 0° | 8° |
| P | 10.05 | 10.55 | 0.395 | 0.415 |
| R | 0.25 | 0.75 | 0.010 | 0.029 |

ON Semiconductor and are trademarks of Semiconductor Components Industries, LLC (SCILLC). SCILLC reserves the right to make changes without further notice to any products herein. SCILLC makes no warranty, representation or guarantee regarding the suitability of its products for any particular purpose, nor does SCILLC assume any liability arising out of the application or use of any product or circuit, and specifically disclaims any and all liability, including without limitation special, consequential or incidental damages. "Typical" parameters which may be provided in SCILLC data sheets and/or specifications can and do vary in different applications and actual performance may vary over time. All operating parameters, including "Typicals" must be validated for each customer application by customer's technical experts. SCILLC does not convey any license under its patent rights nor the rights of others. SCILLC products are not designed, intended, or authorized for use as components in systems intended for surgical implant into the body, or other applications intended to support or sustain life, or for any other application in which the failure of the SCILLC product could create a situation where personal injury or death may occur. Should Buyer purchase or use SCILLC products for any such unintended or unauthorized application, Buyer shall indemnify and hold SCILLC and its officers, employees, subsidiaries, affiliates, and distributors harmless against all claims, costs, damages, and expenses, and reasonable attorney fees arising out of, directly or indirectly, any claim of personal injury or death associated with such unintended or unauthorized use, even if such claim alleges that SCILLC was negligent regarding the design or manufacture of the part. SCILLC is an Equal Opportunity/Affirmative Action Employer.

PUBLICATION ORDERING INFORMATION

NORTH AMERICA Literature Fulfillment:

Literature Distribution Center for ON Semiconductor
P.O. Box 5163, Denver, Colorado 80217 USA
Phone: 303-675-2175 or 800-344-3860 Toll Free USA/Canada
Fax: 303-675-2176 or 800-344-3867 Toll Free USA/Canada
Email: ONlit@hibbertco.com
Fax Response Line: 303-675-2167 or 800-344-3810 Toll Free USA/Canada

N. American Technical Support: 800-282-9855 Toll Free USA/Canada

EUROPE: LDC for ON Semiconductor - European Support

German Phone: (+1) 303-308-7140 (Mon-Fri 2:30pm to 7:00pm CET)
Email: ONlit-german@hibbertco.com
French Phone: (+1) 303-308-7141 (Mon-Fri 2:00pm to 7:00pm CET)
Email: ONlit-french@hibbertco.com
English Phone: (+1) 303-308-7142 (Mon-Fri 12:00pm to 5:00pm GMT)
Email: ONlit@hibbertco.com

EUROPEAN TOLL-FREE ACCESS*: 00-800-4422-3781

*Available from Germany, France, Italy, UK

CENTRAL/SOUTH AMERICA:

Spanish Phone: 303-308-7143 (Mon-Fri 8:00am to 5:00pm MST)
Email: ONlit-spanish@hibbertco.com

ASIA/PACIFIC: LDC for ON Semiconductor - Asia Support

Phone: 303-675-2121 (Tue-Fri 9:00am to 1:00pm, Hong Kong Time)
Toll Free from Hong Kong & Singapore:
001-800-4422-3781
Email: ONlit-asia@hibbertco.com

JAPAN: ON Semiconductor, Japan Customer Focus Center

4-32-1 Nishi-Gotanda, Shinagawa-ku, Tokyo, Japan 141-0031
Phone: 81-3-5740-2745
Email: r14525@onsemi.com

ON Semiconductor Website: <http://onsemi.com>

For additional information, please contact your local Sales Representative.

<http://onsemi.com>

9

MC14514B/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงลงไปได้ เพราะคณาจารย์ทุกท่านอบรมสั่งสอนและให้ความรู้เกี่ยวกับอิเล็กทรอนิกส์เป็นอย่างมาก โดยเฉพาะ ผศ. พลผดุง ผดุงกุล อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ให้คำแนะนำแนวทางและให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ในการทำโครงการอย่างดียิ่ง จนผลงานออกมาเป็นที่น่าพอใจ จึงขอฝากคำขอบคุณทุกๆท่านมา ณ ที่นี้ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. ชีรวัดน์ ประกอบผล, “การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์”, แซทไฟร์ พรินต์ติ้ง; กรุงเทพมหานคร, 2541.
2. ประภากร สุวรรณะ, “เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชา Electronics Communication”.
3. ประสิทธิ์ ประพัฒน์มงคลการ, “หลักการระบบสื่อสาร”, ซีเอ็ดดูเคชั่น; กรุงเทพมหานคร, 2533.
4. วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล และ ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล, “เรียนรู้และปฏิบัติการ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช”, อินโนเวทีฟ เอ็ดดูเคชัน; กรุงเทพมหานคร.
5. “เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาการทดลองทางอิเล็กทรอนิกส์ 2”: การทดลองที่ EL22C วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Voltage Comparator), หน้า 1-5.
6. “เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาการทดลองทางอิเล็กทรอนิกส์ 3”: การทดลองที่ EL316 วงจร Phase Locked Loop และการประยุกต์ใช้งาน, หน้า 1-13.
7. “เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาการทดลองทางอิเล็กทรอนิกส์ 3”: การทดลองที่ EL319 วงจรกรองความถี่แบบแอคทีฟ (Active Filter), หน้า 1-27.
8. “เอกสารประกอบการเรียนการสอนวิชาการทดลองทางอิเล็กทรอนิกส์ 4”: การทดลองที่ EL323-324 การใช้งานวงจรอิเล็กทรอนิกส์ทางด้านสื่อสาร, หน้า 11-15.
9. Kendal L.Su, “Analog Filters”, Champion and Hall Book Company; New York, 1996.
10. S.Stein and J.Jones, “Modern Communication Principles”, Mc Graw-Hill Book Company; New York, 1967.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้