

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติ

AUTOMATIC DOG FEEDING MACHINE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

๒๗

๑๓๕๗๑

๒๕๔๖

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 54937
วัน,เดือน,ปี..... 1 เม.ย. 2548

11 เม.ย. ๒๕๔๖

เครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติ
AUTOMATIC DOG FEEDING MACHINE



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2546

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาโทปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติ

Automatic Dog Feeding Machine

ผู้จัดทำ

1.นางสาววดีณี ศฤงคารินกุล 43010382

2. นางสาววันวิสาข์ ยอดอึ้ง 43010391

.....
(อาจารย์สุรพล บุญจันทร์)

.....
(รศ. สมยศ จุลณะปิยะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติ

Automatic Dog Feeding Machine

โดย นางสาวศินี ศฤงคารินกุล 43010382

นางสาววันวิสาข์ ยอดยิ่ง 43010391

อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์สุรพล บุญจันทร์

รศ.สมยศ จุณณะปิยะ

บทคัดย่อ

เครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัตินี้ ถูกออกแบบเพื่อความสะดวกสบายในการให้อาหารสุนัขภายในที่พักอาศัยในกรณีที่ไม่มีบุคคลอยู่เป็นเวลาหลายวัน โดยใช้ประโยชน์จากเครื่องโทรศัพท์บ้านทั่วไป โดยวงจรจะทำงานเมื่อกริ่งดังตามจำนวนครั้งที่ได้โปรแกรมไว้ วงจรจะสร้างสัญญาณส่งให้ภาคควบคุมเพื่อบังคับให้เครื่องปล่อยอาหารให้สุนัข โดยหากมีการรับโทรศัพท์ เครื่องก็จะไม่ทำงาน

ABSTRACT

This Automatic Dog Feeding Machine has been designed for the convenience in feeding dog in household in case nobody is at home for several days by making use of ordinary home telephone. The circuit will operate upon the ringing times set in the program. It will convey signal to the control part to release the food. If the telephone is answered, the machine will not operate.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้าที่
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ระบบโทรศัพท์	2
2.2 การทำงานของโทรศัพท์	2
2.3 สัญญาณ	3
2.4 โลกคอลลูป	5
2.5 การติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์	6
2.6 เครื่องโทรศัพท์	7
2.7 ชุมสายโทรศัพท์	9
2.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	11
2.8.1 ภายในหน่วยความจำ	12
2.8.2 รีจิสเตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	13
2.8.3 ความเร็วของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	14
2.8.4 สายต่างๆ บัสและพอร์ต	14
2.8.5 วงจรนับ/วงจรตั้งเวลา	15
2.8.6 พอร์ตขนานคอนโทรลเลอร์ภายใน	16
2.8.7 การขัดจังหวะและชุดคำสั่ง	16
2.8.8 AT89C51/52	16
2.9 การเชื่อมโยงทางแสง	17
2.10 ไอซีเบอร์ 74LS123	18
2.11 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง	20
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	
หลักการทำงานของวงจร	28
3.1 วงจรตรวจจับสัญญาณกริ่ง	30
3.2 ภาคควบคุมการทำงาน	31
3.3 เครื่องให้อาหารสุนัข	33
3.4 วงจรเซนเซอร์ตรวจสอบปริมาณอาหาร	35
3.5 วงจรโทรออกอัตโนมัติ	36
ส่วนเสริมไฟเลี้ยงวงจร	37
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	
4.1 การทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่ง	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อการศึกษานี้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์อื่นใด การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดสอบการทำงานของวงจรขั้วมอเตอร์	40
4.4 การทดสอบวงจรภาคส่งและภาครับสัญญาณอินฟราเรด	42
บทที่ 5 สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง	45
ภาคผนวก	



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้าที่
รูปที่ 2.1 บล็อกไดอะแกรมของโทรศัพท์	3
รูปที่ 2.2 แสดงโลกออลุป	5
รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของกระแสไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ	6
รูปที่ 2.4 ระบบโทรศัพท์แบบหมุน	7
รูปที่ 2.5 แสดงรหัสหมายเลขของระบบโทรศัพท์	8
รูปที่ 2.6 แสดงเป็นกคหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลขนั้น ๆ	9
รูปที่ 2.7 โครงสร้างภายในพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051	11
รูปที่ 2.8 ตารางจำนวนหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	13
รูปที่ 2.9 การจัดวางขาต่าง ๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	14
รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายในหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	15
รูปที่ 2.11 ออปโต้แบบทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์	18
รูปที่ 2.12 วงจรภายในของไอซีเบอร์ 74LS123	18
รูปที่ 2.13 ตารางค่าความจริงของไอซีเบอร์ 74LS123	19
รูปที่ 2.14 การต่อ Cx และ Rx ภายนอกไอซี	19
รูปที่ 2.15 แสดงทิศทางสนามแม่เหล็ก	20
รูปที่ 2.16 ทิศทางของสนามแม่เหล็กครอบคลุมตัวนำ	20
รูปที่ 2.17 กฎของมือขวา	21
รูปที่ 2.18 การหมุนของอาร์เมเจอร์	22
รูปที่ 2.19 ฟลักซ์แม่เหล็กของอาร์เมเจอร์	22
รูปที่ 2.20 การเหนี่ยวนำ	23
รูปที่ 2.21 การเปลี่ยนแปลงทิศทางกระแสผ่านอาร์เมเจอร์	24
รูปที่ 2.22 ตัวอย่างทอร์กกระแสตรงและความเร็วกราฟ	25
รูปที่ 2.23 อาร์เมเจอร์ 4 ขดลวด	25
รูปที่ 2.24 ขดลวดสนามแม่เหล็กต่ออนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์	26
รูปที่ 2.25 ขดลวดสนามแม่เหล็กต่อขนานกับขดลวดอาร์เมเจอร์	26
รูปที่ 2.26 ขดลวดสามแม่เหล็กต่อแบบผสมระหว่างอนุกรมและขนาน	27
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนต่างๆ ของเครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติ	28
รูปที่ 3.2 วงจรรวมของเครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติ	29
รูปที่ 3.3 ลักษณะสัญญาณกระตุ้น	30
รูปที่ 3.4 วงจรตรวจจับสัญญาณกระตุ้น	30
รูปที่ 3.5 วงจรหน่วงเวลา	33
รูปที่ 3.6 เครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติ	34

รูปที่ 3.7 วงจรภาคส่งสัญญาณอินฟราเรด	35
รูปที่ 3.8 วงจรภาครับสัญญาณอินฟราเรด	35
รูปที่ 3.9 แสดงวงจรสมบรูณ์ของแหล่งจ่ายไฟ	37
รูปที่ 4.1 วงจรตรวจจับสัญญาณกริ่ง	38
รูปที่ 4.2 ผลการทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่ง	38
รูปที่ 4.3 วงจรหน่วงเวลา	39
รูปที่ 4.4 ผลการทดลองวงจรหน่วงเวลา	39
รูปที่ 4.5 ผลการทดลองสัญญาณกริ่ง 3 ครั้งไม่มีการจ่ายไฟ	40
รูปที่ 4.6 ผลการทดลองวงจรขั้วมอเตอร์	41
รูปที่ 4.7 ผลการทดสอบลักษณะสัญญาณที่วัดตกคร่อมอินฟราเรดตัวส่งขณะที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง	42
รูปที่ 4.8 ผลการทดสอบลักษณะสัญญาณที่วัดตกคร่อมอินฟราเรดตัวรับขณะที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง	43
รูปที่ 4.9 ผลการทดลองลักษณะสัญญาณที่ขยับจากอินฟราเรดตัวรับขณะที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง	43
รูปที่ 4.10 ผลการทดลองลักษณะสัญญาณพัลส์ก่อนผ่านไดโอด	44
รูปที่ 4.11 ผลการทดลองลักษณะสัญญาณที่มีสิ่งกีดขวางมาบังลำแสงอินฟราเรด	44

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ปัจจุบันมนุษย์เรามีเวลาในการปฏิบัติกิจวัตรประจำวันต่างๆ น้อยลง และต้องใช้เวลาส่วนใหญ่อยู่นอกบ้านเนื่องจากภารกิจต่างๆ ทำให้บางครั้งผู้ที่เลี้ยงสัตว์เลี้ยงอาจหลงลืม หรือไม่สะดวกในการให้อาหารสัตว์เลี้ยงของคน จึงมีการคิดค้นการใช้ประโยชน์จากการติดต่อสื่อสารที่กว้างขวางในปัจจุบัน คือ การติดต่อสื่อสารทางโทรศัพท์ เพื่อใช้สั่งงานเครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติ ซึ่งอำนวยความสะดวกแก่ผู้เป็นเจ้าของสัตว์เลี้ยงที่ไม่ค่อยมีเวลาอยู่กับบ้าน หรือต้องค้างแรมที่อื่นโดยไม่สามารถพาสุนัขไปด้วยได้

โครงการนี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการใช้โทรศัพท์เพื่อควบคุมเครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติ ผู้ใช้สามารถสั่งให้อาหารสุนัขโดยการโทรศัพท์เข้ามา แล้วใช้จำนวนครั้งที่กำหนดไว้เป็นรหัสในการเปิดเครื่อง เมื่อให้อาหารแล้วเครื่องจะปิดเองโดยอัตโนมัติ และเมื่อเครื่องให้อาหารจบการทำงานจะมีการโทรกลับไปยังหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ได้กำหนดไว้เพื่อเป็นสัญญาณบอกแก่เจ้าของสุนัขว่าได้ทำการให้อาหารสุนัขเสร็จสิ้นแล้ว

รายงานฉบับนี้ได้จัดทำขึ้นเพื่อประกอบการศึกษา และสำหรับผู้สนใจทั่วไปสามารถลองนำไปพัฒนาเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานที่ตนเองต้องการได้

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ระบบโทรศัพท์

ระบบโทรศัพท์คือ ระบบสื่อสารที่โครงข่ายชุมสายบริการระหว่างสมาชิกผู้เรียกและผู้รับเลขหมายสมาชิกให้สามารถเรียกทำการติดต่อระหว่างคู่สนทนาต่างๆ โดยลดการเดินทางที่ไม่จำเป็นไปได้ โทรศัพท์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมี 2 ระบบ คือระบบครอสบาร์ (Cross Bar) กับระบบดีทีเอ็มเอฟ (DTMF: Dual Tone Multi Frequency) ซึ่งระบบครอสบาร์ เป็นระบบเดิมที่ใช้มาตั้งแต่เริ่มมีการใช้โทรศัพท์ส่วนระบบดีทีเอ็มเอฟ เป็นระบบที่ใหม่ที่ใช้แทนระบบครอสบาร์ เพราะมีประสิทธิภาพสูงกว่าใช้เวลาในการส่งหมายเลขน้อยกว่าและการใช้ระบบที่ ดีทีเอ็มเอฟ ที่ชุมสายจะใช้วงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีความทนทานและมีอายุการใช้งานนานกว่าระบบครอสบาร์ ซึ่งเป็นระบบทางกล (Mechanic) ที่มีการสึกหรอและมีการเสียหายง่าย ซึ่งในรายงานนี้จะกล่าวเฉพาะระบบ ดีทีเอ็มเอฟซึ่งเป็นระบบที่ใช้อยู่มากในปัจจุบัน ส่วนประกอบของระบบโทรศัพท์

1. การเรียกทางโทรศัพท์ (Telephonic call) คือการเรียกผ่านระบบโทรศัพท์ระหว่างผู้เรียกและผู้รับที่ทำการสนทนากันอยู่
2. เครื่องโทรศัพท์ (Telephone set) คืออุปกรณ์สำหรับผู้เรียกและผู้รับที่ใช้ฟังและพูดในการสนทนาของโครงข่ายโทรศัพท์เมื่อต้องการเรียกก็หมุนหรือกดหมายเลขของผู้รับที่หน้าปัด
3. ผู้เรียก (Calling subscriber) คือผู้เริ่มต้นการเรียกที่จะแจ้งให้พนักงานช่วยต่อกับผู้รับหมุนหรือกดหมายเลขของผู้รับเมื่อเครื่องโทรศัพท์นั้นเป็นคู่สายของชุมสายอัตโนมัติ
4. ผู้รับ (Called subscriber) คือผู้ที่ตอบรับทางโทรศัพท์เมื่อได้ยินสัญญาณกริ่งเรียก
5. คู่สาย (Subscriber) คือคู่ตัวนำกระแสไฟฟ้าที่เปลี่ยนมาจากเสียงพูดแจกจ่ายออกมาจากสถานีที่ตั้งชุมสายท้องถิ่น ไปยังบ้านของผู้เช่าหรือสมาชิกแต่ละรายอย่างอิสระ
6. ชุมสายโทรศัพท์อัตโนมัติ (Automatic Telephone Switching) คือมีหน้าที่ทำการติดต่อระหว่างคู่สนทนาเป็นชุมสายที่ทำการพัฒนาแล้ว

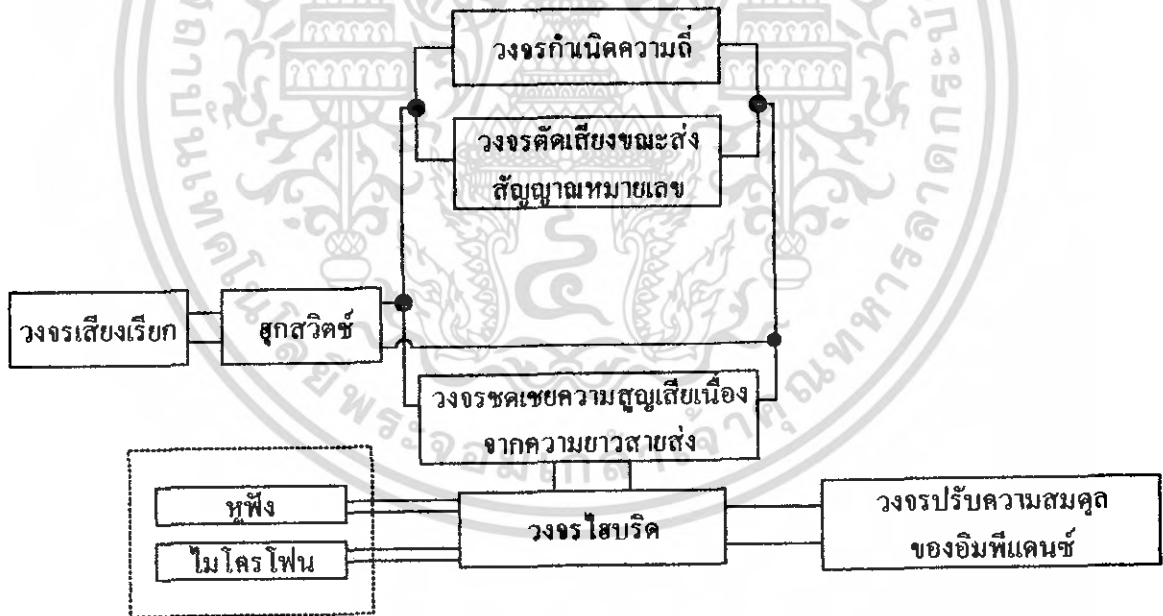
2.2 การทำงานของโทรศัพท์

ในรูปที่ 2.1 เป็นบล็อกไดอะแกรมของส่วนต่างๆที่จำเป็นในเครื่องโทรศัพท์ โดยจะเชื่อมต่อกับชุมสาย T(tip) และ R(ring) วงจรแรกที่เชื่อมต่อกับระหว่างวงจรรภายใน เครื่องโทรศัพท์กับอุปกรณ์ของชุมสาย ก็คือ วงจรกำเนิดเสียง (Ringcr) ซึ่งจะส่งสัญญาณเรียก (Ringing signal) เมื่อมีการติดต่อมาจากผู้อื่น เหตุผลประการสำคัญที่ต้องนำวงจรส่วนนี้มาเชื่อมต่อกับชุมสายโดยตรง ก็คือ เมื่อวางหูโทรศัพท์ไว้กับที่วางตามปกติ สุกสวิช (Hook Switch) จะถูกเปิดวงจรออก ทำให้ไม่มีแรงดันจากชุมสายผ่านไปยังวงจรตัวที่อยู่หลังสุกสวิชได้ดังนั้นถ้าวงจรกำเนิดสัญญาณเรียกอยู่หลังจากสุกสวิช ก็จะไม่สามารถสร้างสัญญาณเรียกได้ในเวลาที่มีผู้ติดต่อเข้ามา เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์ขึ้น สุกสวิช S_1 และ S_2 ในรูปที่ 2.4 ก็จะปิดวงจรทำให้มีกระแสจากชุมสายไหลครบวงจรผ่านเครื่องโทรศัพท์ได้ ในขณะที่เดียวกันกระแสค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เดียวกันนี้ก็จะไหลผ่านขดลวดรีเลย์ที่ชุมสายด้วย ทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ที่ชุมสายถูกปิดลง เพื่อให้จะให้อุปกรณ์ต่างๆ ในชุมสายพร้อมที่จะทำการติดต่อกับเครื่องโทรศัพท์ จากนั้นชุมสายก็ทำการส่งสัญญาณหมุนหมายเลข (Dial tone) ไปยังผู้ที่ยกหูโทรศัพท์ เพื่อให้ผู้นั้นส่งหมายเลขโทรศัพท์ของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วยมายังชุมสายหลังจากที่ชุมสายได้รับหมายเลขแรกที่ส่งเข้ามาแล้ว ชุมสายก็จะเลิกสัญญาณหมุน ซึ่งกระบวนการตอนนี้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

ในส่วนของวงจรตัดเสียงขณะทำการส่งหมายเลข จะช่วยให้การส่งหมายเลขมีความชัดเจนถูกต้องไม่รบกวนด้วยสัญญาณเสียงพูด และขณะที่ยังจรดเซกการสูญเสีย เนื่องจากความยาวของสายส่งจะทำให้สัญญาณที่ลิดระหว่างต้นทางและปลายทางมีความแรงและชัดเจนมากที่สุด แม้ว่าต้นทางและปลายทางจะมีความห่างกันแค่ไหนก็ตามวงจรไฮบริดทำหน้าที่เสมือนวงจรขยาย 2 ทิศทาง หรือสามารถให้สัญญาณผ่านเข้าออกได้ตลอดเวลา จึงมีเสียงจากปลายทางมาปรากฏที่หูฟัง ในขณะที่สัญญาณจากปากพูดผ่านออกไปทางคู่สายได้ สุดท้ายวงจรปรับความสมดุลของอิมพีแดนซ์ (Matching Impedance) มีไว้เพื่อให้อิมพีแดนซ์ของส่วนต่างๆ ในโทรศัพท์เหมาะสม เพื่อให้การถ่ายทอดสัญญาณเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด



รูปที่ 2.1 บล็อกโคอะแกรมของโทรศัพท์

2.3 สัญญาณ (Signaling)

คือ ข่าวสารที่ใช้ติดต่อสื่อสารระหว่างเครื่องโทรศัพท์กับชุมสาย หรือข่าวสารที่ติดต่อกันระหว่างชุมสายกับชุมสาย

หน้าที่ทั่วๆ ไปของสัญญาณที่ใช้กับโทรศัพท์ในปัจจุบัน คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. การเตรียมพร้อม (Alerting)
2. การส่งที่อยู่ของข่าวสาร (Transmitting address information)
3. การตรวจตรา (Supervising)
4. การส่งสัญญาณข่าวสาร (Transmitting information signaling)

ประเภทของสัญญาณโทรศัพท์

1. สัญญาณระหว่างผู้เข้ากับชุมสาย (Subscriber signaling)

1.1 สัญญาณที่ส่งจากผู้เข้ากับชุมสาย

1. ออฟฮุก (Off-hook) คือ สภาพที่ผู้เข้าขงชุมสายจะมีสภาพวงปิด (Closed loop :Low impedance)
2. ออนฮุก (On-hook) คือสภาพผู้เข้าขงชุมสายจะมีสภาพวงเปิด (Open loop :High impedance)
3. ไดอัลลิ่ง (Dialing) คือ สภาพที่ผู้เข้าขงชุมสายจะกดปุ่มหมายเลขเข้า เครื่องเป็นแบบหมุน (Rotary dial) สัญญาณจะเป็นพัลส์ซึ่ง (Pulsing) ค่าอิมพีแดนซ์ จะสูงต่ำ สลับกัน ไปตามที่หมุนหมายเลข ถ้าเป็นเครื่องแบบกดปุ่ม (Touch-tone) สัญญาณออกจะเป็นความถี่สี่ทิมเฮิรตซ์ ส่งออกไปชุมสาย

1.2 สัญญาณที่ส่งมาจากชุมสาย

1. ไดอัลลิ่ง โทน (Dialing tone) คือสัญญาณที่จะบอกถึงสภาพการว่างของอุปกรณ์ชุมสายและชุมสายพร้อมที่จะรับรหัส (Code) ที่ทำการหมุนเข้ามา สัญญาณไดอัลลิ่ง โทนนี้นี้จะเป็นสัญญาณต่อเนื่อง ความถี่ 400 เฮิรตซ์มอดูเลต (Modulated) ด้วย 50 ความถี่เฮิรตซ์ ผู้เข้าจะได้ยินเมื่อทำการกดปุ่มโทรศัพท์
2. บัสซี โทน (Busy tone) คือ สัญญาณที่บอกให้ทราบ ว่า อุปกรณ์ชุมสายไม่ว่าง แต่ถ้ากดปุ่มแล้วได้ยินสัญญาณนี้แสดงว่าอุปกรณ์ในชุมสายไม่ว่าง และถ้าได้ยินเสียงนี้หลังจากหมุนหมายเลขไปแล้วแสดงว่าผู้เข้าฝ่ายผู้ถูกเรียกไม่ว่าง ในกรณีเรียกต่างชุมสาย ลักษณะสัญญาณที่ส่งจะเป็นสัญญาณที่ขาดตอนเป็นช่วง ๆ ส่ง 0.3 วินาทีหยุด 0.5 วินาทีความถี่ของสัญญาณ 425 เฮิรตซ์ คลื่นรูปไซน์ (sine wave)
3. ริงแบ็ค โทน (Ringback tone) เป็นสัญญาณที่ผู้เรียกได้ยินหลังจากหมุนหมายเลขครบแล้ว เพื่อบอกให้ทราบ ว่า การต่อทำได้สำเร็จขณะนี้ส่งสัญญาณเรียก (Ringing signal) ไปยังผู้ถูกเรียก ความถี่ของสัญญาณ 425 เฮิรตซ์ คลื่นรูปไซน์ โดยจะส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที
4. สัญญาณริงกิง (Ringing signal) เป็นสัญญาณต่อเนื่องความถี่ของสัญญาณ 25 เฮิรตซ์ ค่าแรงดันประมาณ 100 Vrms โดยส่งไปยังผู้เข้าฝ่ายผู้ถูกเรียก ส่ง 1 วินาที หยุด 4 วินาที
5. สัญญาณโทนอื่น ๆ เช่น นิว โทน (Nu tone :Number Unobtainable Tone) บอกให้ทราบ ว่าเลขหมายที่หมุนมาไม่มีกรใช้งานอยู่เป็นต้น

2. สัญญาณติดต่อระหว่างชุมสายกับชุมสาย (Inter Exchange Signaling)

สัญญาณพื้นฐานมีอยู่ 5 ประเภท คือ

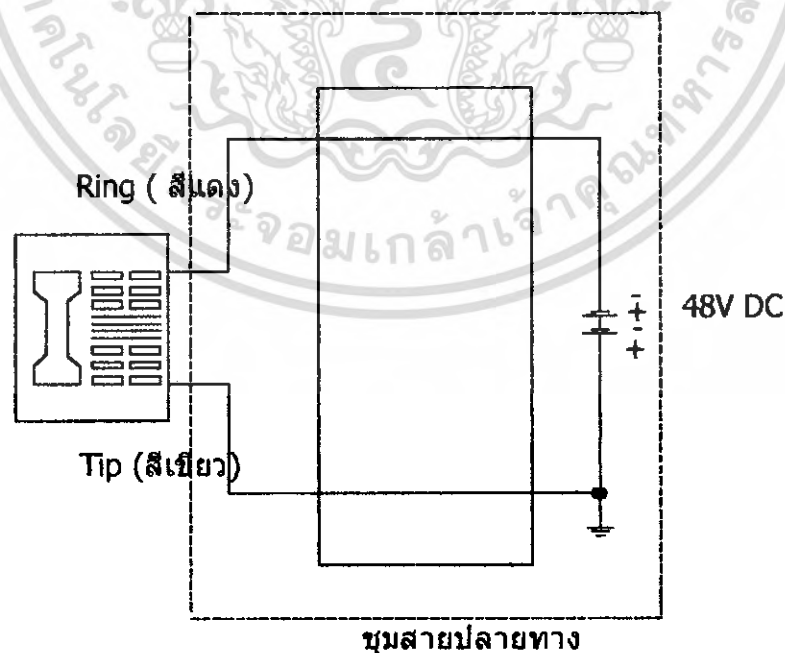
1. สัญญาณจับวงจร (Seizure) เป็นสัญญาณให้ชุมสายปลายทางทราบว่าคู่สายขณะนี้ถูกใช้งานอยู่ชุมสายปลายทางจะทำการจัดเตรียมอุปกรณ์ที่เลขหมายของผู้ถูกเรียกที่จะทำการส่งมา
2. ข้อมูลที่อยู่ (Address information) เป็นบอกหมายเลขหรือประเภทของผู้เข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สัญญาณตอบรับ (Answer signal) สัญญาณนี้ถูกส่งเมื่อผู้เช่าขูรับ
หน้าที่หลักของสัญญาณคือ
 1. เริ่มต้นคิดเงิน
 2. ส่งสัญญาณคิดเงิน
 3. คัดวงจรการจับเวลาการใช้อุปกรณ์
4. สัญญาณยกเลิกการต่อตรง (Clear-Forward) จะถูกส่งเมื่อฝ่าย A วางหูผลของสัญญาณนี้จะทำ
ให้วงจรทางด้านปลายทางยกเลิกการติดต่อวงจรต่างๆ
5. สัญญาณยกเลิกการต่อกลับ (Clear-Back) จะถูกส่งเมื่อผู้เช่าฝ่าย B วางหูผลของสัญญาณนี้จะทำ
ให้ชุมสายต้นทางเริ่มต้นการจับเวลาเมื่อเวลาผ่านไป 90-120 วินาที ชุมสายต้นทางจะยกเลิกการติดต่อมา
พร้อมกับการส่งสัญญาณยกเลิกการต่อตรงออกไปเพื่อให้ชุมสายปลายทางยกเลิกเช่นกัน

2.4 โลกอลูป (Local Loop)

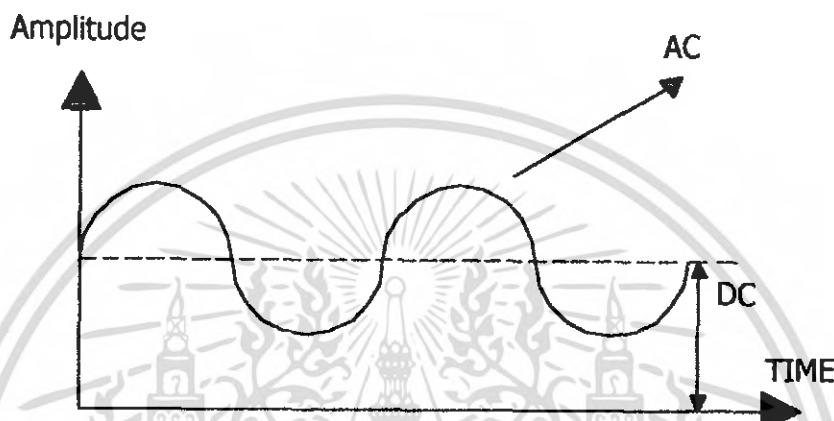
ความหมายของโลกอลูป คือสายส่ง 2 เส้น จากเครื่องโทรศัพท์ไปชุมสายปลายทาง และมี
ค่า
อิมพีแดนซ์ของสายเองประมาณ 500-1000 โอห์ม แต่ค่าที่ใช้ทั่วไป 600 โอห์ม ถ้าในชุมสายปลายทางมี
การติดตั้งแหล่งจ่ายไฟที่ร่วมไฟตรง (DC) ขนาด 48 โวลต์ ให้แต่ละลูปของผู้ใช้โทรศัพท์ ลวดตัวนำ 2
เส้น ในลูป มีชื่อว่า ทิป (Tip) และริง (Ring) โดยจะต่อกับสัญญาณไฟ -48 โวลต์ (DC) ทิปจะต่อกับ
กราวนด์ ดังรูป ที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงโลกอลูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อใช้โทรศัพท์ยกหูโทรศัพท์ มีผลทำให้สุกสวิทช์ปิดลง (Hook off) จากนั้นกระแสไฟตรง ขนาด 20 มิลลิแอมป์ ไหลวนอยู่ในรูปซึ่งสภาวะยกหูโทรศัพท์นี้ ระดับแรงดันไฟฟ้าระหว่างทีปกับริงมี ค่าลดลงเหลือประมาณ 4 โวลต์ สัญญาณเสียงพูดจากเรื่องโทรศัพท์ถูกส่งไปในทิศทางหนึ่งโดยทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย ภายในกระแสรูป (20 mA) ซึ่งเกิดจากสัญญาณไฟสลับ (AC) ทับบน กระแสรูป ไฟตรง ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ส่วนประกอบของกระแสไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ

2.5 การติดต่อกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับโทรศัพท์

ด้านเครื่องส่ง

ขณะที่ไม่ได้มีการยกหูโทรศัพท์ จะมีแรงดันตกคร่อมสายโทรศัพท์เป็นสัญญาณกระแสตรง -48 โวลต์เมื่อผู้เรียกยกหูโทรศัพท์แรงดันจะลดลงเหลือ -6 โวลต์ ถึง -8 โวลต์ พร้อมทั้งมีสัญญาณให้หมุ่นซึ่งเป็นสัญญาณกระแสสลับขนาด 250 มิลลิโวลต์ ความถี่ 350 เฮิร์ตซ์ กับ 440 เฮิร์ตซ์มอดูเลตรวมกันซึ่งเมื่อครัทสัญญาณเลขหมายแล้ว สัญญาณให้หมุ่นนี้จะหายไป

กครัทสเบอร์โทรศัพท์ทั้งหมด รหัสความถี่ที่ส่งจะเป็นสัญญาณผสมสองความถี่เป็นความถี่สูงและความถี่ต่ำผสมกัน แต่ละเลขหมายจะมีดีทีเอ็มเอฟอยู่หนึ่งคู่

ขณะที่รอรับสายจะมีสัญญาณตอบกลับ 2 แบบ เพื่อจะบอกว่าสายว่างหรือไม่ว่าง คือ สัญญาณเรียกกลับ และสัญญาณสายไม่ว่าง ตามลำดับ

เมื่อมีการรับสายแล้ว สัญญาณเสียงจะขึ้นอยู่กับความดังและความถี่ของเสียงพูดตามสาย

เมื่อวางหูโทรศัพท์เลิกการติดต่อ ขนาดแรงดันจะกลับมาเป็นที่ -48 โวลต์ ดังเดิม

ด้านเครื่องรับ

ขณะที่วางหูอยู่จะมีแรงดันตกคร่อมอยู่ - 48 โวลต์

เมื่อสัญญาณกริ่งเรียกจะมีขนาดประมาณ 100 Vrms จังหวะดัง 1 วินาที หยุค 4 วินาที ซึ่งจะตรงกับสัญญาณเรียกกลับที่เครื่องส่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากนั้นเมื่อผู้รับยกหูโทรศัพท์ ขนาดแรงดันจะเหลือเป็น -6 โวลต์ ถึง -8 โวลต์ และ มีการกระเพื่อมตามขนาดและความถี่ของเสียงพูด

เมื่อวางหูโทรศัพท์ ขนาดแรงดันก็จะกลับไป -48 โวลต์ ตามเดิม

2.6 เครื่องโทรศัพท์ (Telephone Set)

จัดเป็นอุปกรณ์ปลายทางอย่างหนึ่ง ทำหน้าที่รับ-ส่งสัญญาณเสียงพูดระหว่างผู้เช่า (Subscriber) โดยทำหน้าที่แปลงพลังงานเสียงเป็นพลังงานไฟฟ้า ส่งไปในสายและในทางกลับกันก็เปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า กลับมาเป็นพลังงานเสียง นอกจากนั้นเครื่องโทรศัพท์ยังทำหน้าที่ต่อไปนี้

- ทำหน้าที่ส่งสัญญาณเรียกไปยังชุมสายท้องถิ่น (Local-Exchange), (Hook-off)
- ทำหน้าที่ส่งสัญญาณรหัส ที่ใช้แทนหมายเลขของผู้ถูกเรียก (B.Subscriber)
- ทำหน้าที่รับเสียง โทนนที่คอยรับชุมสาย ตลอดจนสัญญาณเรียก (Ringing Tone)
- ทำหน้าที่ส่งสัญญาณยกเลิกการติดต่อเรียกไปชุมสาย (Hook-off)

ส่วนประกอบหลักของเครื่องโทรศัพท์ แบ่งออกได้ 3 ส่วน ดังนี้

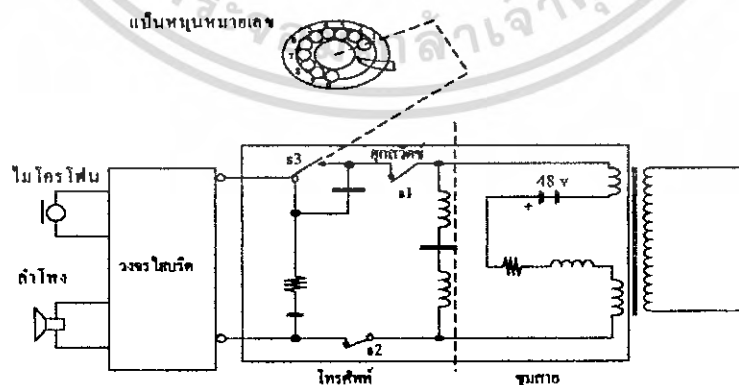
- ส่วนรับ - ส่ง สัญญาณเสียงพูด (Speech Transmission)
- ส่วนกำเนิดสัญญาณ (Generator Tone) รหัสเลขหมายของผู้ถูกเรียก
- ส่วนที่รับสัญญาณเรียกจาก ชุมสาย (Ringing Tone)

การส่งหมายเลขโทรศัพท์ไปยังชุมสายนั้น สามารถทำได้ 2 วิธี วิธีแรกเป็นการส่งสัญญาณพัลส์ที่แสดงถึงค่าของหมายเลขต่างๆ และอีกวิธีหนึ่งคือการส่งสัญญาณเป็นความถี่ต่างๆ กัน โดยค่าของตัวเลขจะถูกแทนด้วยความถี่ 2 ความถี่ที่มีมอดูเลตกัน

เครื่องโทรศัพท์ยังแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ

1. แบบหมุน (Rotary dial)

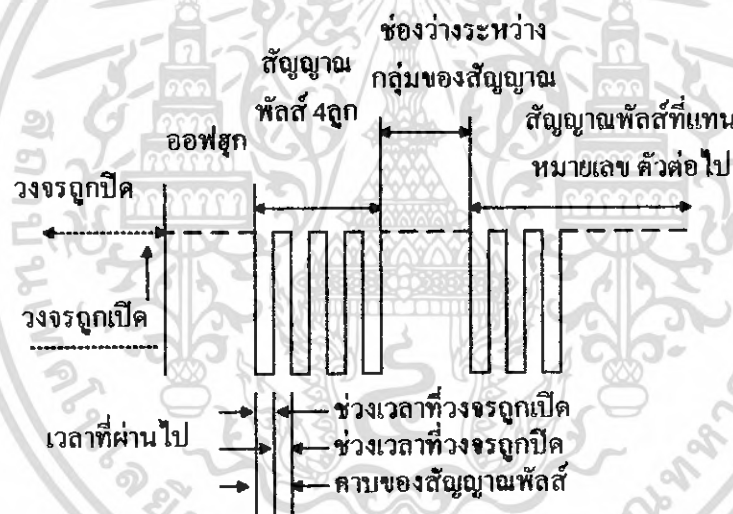
โทรศัพท์ชนิดนี้ สร้างสัญญาณจากกระแสสลับโดยต่อเข้ากับอุปกรณ์สวิตซ์ ทำหน้าที่ "เปิด" และ "ปิด" เข้ากับกลไกหมุนเลขหมายในเครื่อง ทำให้กระแสพัลส์ตอบสนอง เข้ากับหมายเลขที่หมุน



รูปที่ 2.4 ระบบโทรศัพท์แบบหมุน

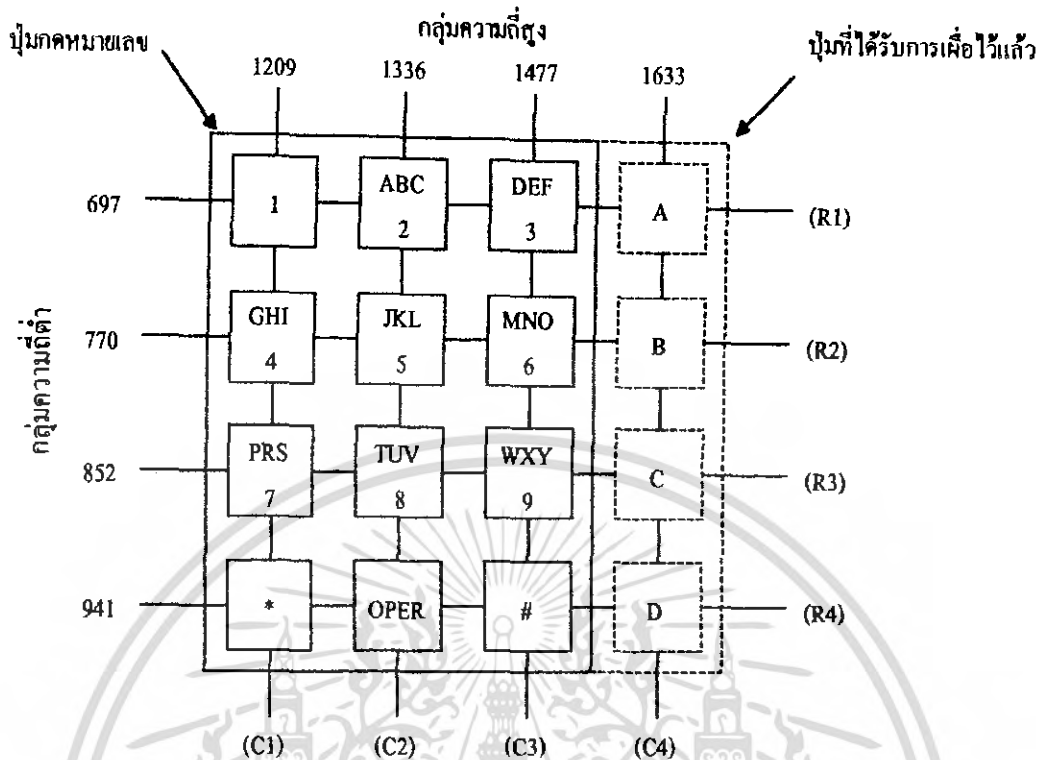
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 2.4 จะเป็นวงจรที่ใช้การส่งหมายเลขโทรศัพท์แบบหมุน จะเห็นว่าสวิทช์ S_3 จะถูกเปิดวงจรออกเมื่อมีการหมุนหมายเลขโทรศัพท์ เมื่อสวิทช์ S_3 ถูกเปิดวงจรก็จะมีกระแสไหลผ่านเข้าไปในวงจรส่วนที่อยู่ถัดไปได้ จึงเสนอว่าเป็นการขัดจังหวะ (Interruption) การไหลของกระแสสำหรับจำนวนครั้งที่สวิทช์ S_3 ถูกเปิดออกจะขึ้นอยู่กับระยะห่างของแป้นหมุน (dialer) ที่ถูกหมุนไป กับตำแหน่งปกติในขณะที่ไม่มีการหมุนหมายเลขใดๆ เป็นต้นว่า ถ้าหมุนหมายเลข 3 สวิทช์ S_3 ก็จะถูกเปิดออก 3 ครั้ง หรือ หมุนหมายเลข 6 สวิทช์ S_3 ก็จะถูกเปิดออก 6 ครั้ง ซึ่งสวิทช์ S_3 จะถูกเปิดวงจรในช่วงที่เป็นหมุนกลับสู่ ตำแหน่งเดิมเท่านั้น ไม่ได้เกิดขึ้นในระหว่างที่ทำการหมุนหมายเลขอยู่ ในรูปที่ 2.5 จะแสดงถึงลักษณะของรูปสัญญาณเมื่อมีการหมุนหมายเลข โทรศัพท์จากรูปจะเห็นว่าตอนปรกติโทรศัพท์จะอยู่ในสภาวะ ออฟสูก คือสภาวะที่หูโทรศัพท์จะถูกวางอยู่ที่หูโทรศัพท์ ตามปรกติจะไม่มีกระแสจากชุมสายเข้าสู่โทรศัพท์เพราะขณะนั้นวงจรถูกเปิดออกโดยสวิทช์แต่เมื่อมีการยกหูโทรศัพท์จะอยู่ในสภาวะ ออฟสูก สวิทช์จะถูกปิดวงจรลงทำให้มีกระแสไหลครบวงจรได้ และเมื่อมีการหมุนหมายเลขโดยในรูปจะเป็นการหมุนหมายเลข '4' ก็จะทำให้วงจรถูกเปิดออกด้วยสวิทช์ S_3 เป็นจำนวน 4 ครั้งก็จะได้สัญญาณออกมาดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงพัลส์หมายเลขของระบบโทรศัพท์

รูปที่ 2.5 ช่วงพัลส์แต่ละลูกจะมีค่าเท่ากับ 100 มิลลิวินาที และจากการใช้มือหมุนพบว่าช่วงเวลาเฉลี่ยก่อนหมุนแต่ละเลขมีประมาณ 0.5 วินาที - 3 วินาที ในระบบโทรศัพท์แบบที่ส่งสัญญาณด้วยจำนวนพัลส์นี้ จะถูกให้สามารถส่งสัญญาณที่อัตรา 10 พัลส์ต่อวินาที หรือ 10 pps (puls per second)



รูปที่ 2.6 แสดงปุ่มกดหมายเลขและค่าความถี่ในแนวนอนและแนวตั้งของหมายเลขนั้นๆ

2. แบบกดปุ่ม (Touch Tone)

ระบบนี้มีการส่งหมายเลขของผู้ที่ต้องการจะติดต่อด้วยโดยการส่งสัญญาณความถี่สองความถี่มอดูเลตกันไป ซึ่งจะเป็นตัวแทนของหมายเลขที่กดและความถี่ที่ส่งออกไปจะอยู่ในย่านของความถี่เสียงพูด (0-4 kHz) เช่น เมื่อกดปุ่ม 5 ก็จะมีความถี่ 770 เฮิรตซ์ และความถี่ 1336 เฮิรตซ์มา มอดูเลตกันก่อนส่งออกไปตามรูปที่ 2.6

ข้อดีของการใช้โทรศัพท์แบบกดปุ่ม

1. สามารถใช้วงจรทาง โซลิตทสเทท (Solid-state Electronic) แทนอุปกรณ์ทางด้านกล จึงทำให้มีความรวดเร็ว และแม่นยำในการส่งเลขหมาย
2. สามารถเพิ่มปุ่มกดขึ้น ได้อีก 4ปุ่ม เพื่อใช้ในการส่งสัญญาณการบริการประเภทอื่นๆ มีความเหมาะสมที่จะใช้กับชุมสายระบบควบคุมเก็บ โปรแกรม (Stored Program Control)

2.7 ชุมสายโทรศัพท์ (Telephone Exchange)

ถ้าต้องวางสายเคเบิลเชื่อมต่อโทรศัพท์ทุกเครื่องเข้าด้วยกัน เพื่อที่ว่าโทรศัพท์ทุกเครื่องจะได้ติดต่อกันได้ คงต้องเสียค่าใช้จ่ายมาก แทนที่จะทำเช่นนั้น คู่สายของโทรศัพท์ทุกเครื่องจะถูกวางไปที่ศูนย์รวมที่หนึ่ง และทุกครั้งที่เกิดมีการเรียกใช้โทรศัพท์ขึ้นจะเกิดการเชื่อมต่อชั่วคราว ระหว่างผู้เรียกและผู้ถูกเรียกการเชื่อมต่อโดยชั่วคราวนี้กระทำโดย ชุมสายโทรศัพท์ (Central Office Switching Exchange)

ชุมสายโทรศัพท์มีชื่อเรียกเป็นภาษาอังกฤษหลายชื่อ

Central Office

Telephone Exchange

Wire Center

Switching

หน้าที่ของชุมสายคือ การต่อเชื่อมวงจรของผู้เช่าหนึ่ง ไปสู่ผู้เช่าหนึ่งที่ถูกเรียก ซึ่งกระทำโดยตอบรับการเรียกของผู้ใช้ เมื่อผู้ใช้ยกหูโทรศัพท์แล้วหมุนหมายเลขปลายทาง ชุมสายจะทำหน้าที่ถอดรหัสเลขหมาย จัดหาเส้นทางไปสู่เครื่องโทรศัพท์ที่มีเลขหมายตรงกับ ที่ผู้เรียกหมุนไป และส่งสัญญาณกริ่งให้ผู้รับ (ปลายทาง) ทราบ กระบวนการจะเป็นเช่นนี้ ถ้าผู้เรียกและผู้ถูกเรียกอาศัยอยู่ในบริเวณเดียวกันและเลขหมายของทั้งสองขึ้นกับชุมสายเดียวกันแต่ในกรณีของโทรศัพท์ทางไกล หรือการโทรระหว่างผู้เรียกหลายแห่งก่อนที่จะถึงเครื่องปลายทาง

หน้าที่ของชุมสาย (Telephone Office Function)

สำนักงานกลาง (Central Office) ที่ทำการต่อเข้ากับแต่ละเครื่องโทรศัพท์ จะมีวงจรเชื่อมต่อเข้ากับเครื่อง โทรศัพท์ของผู้ใช้เรียกว่าส่วนเชื่อมต่อคู่สายภายใน (Subscriber Line Interface Circuit: SLIC) ในแต่ละส่วนเชื่อมต่อคู่สายภายในประกอบด้วยการทำงานพื้นฐาน 6 อย่าง คือ แบตเตอรี่ (Battery) , โอเวอร์โวลต์เตจ โพรเทคชั่น (Over Voltage Protection) , ริงทิป (Ring Tip) , ซุปเปอร์วิชั่น (Supervision) , โคลดิ่ง (Coding) , ไฮบริด (Hybrid) และเทสต์ (Test) เรียกสั้น ๆ ว่า “BORSCHT” โดยจะแยกอธิบายได้ดังนี้

1. แบตเตอรี่เป็นคว่ำจ่ายแรงดันให้แก่เครื่องโทรศัพท์ในสภาวะยกหู โดยปกติมีแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงประมาณ -48 โวลต์
2. โอเวอร์ โวลต์เตจ โพรเทคชั่น สายโทรศัพท์ที่ออกจากสำนักงานกลางส่วนมากจะอยู่บริเวณนอกสถานที่ บางครั้งอาจจะได้รับอันตรายจากฟ้าผ่า ซึ่งทำให้เกิดปริมาณกระแสไฟฟ้าจำนวนมากอาจทำให้อุปกรณ์ในส่วนของสำนักงานกลางเสียหายได้ ดังนั้นส่วนเชื่อมต่อคู่สายภายในจึงต้องมีวงจรป้องกันแรงดันดังกล่าว
3. ริงทิป สำนักงานกลางจะส่งความต่างศักย์สัญญาณกริ่ง (Ringing Voltage) ไปสู่เครื่องโทรศัพท์เมื่อมีการเรียกใช้โทรศัพท์เลขหมายนั้นเมื่อผู้ถูกเรียกยกหู โทรศัพท์ขึ้นส่วนเชื่อมต่อคู่สายภายในจะทำงานและตัดค่าแรงดันที่ทำให้เกิดสัญญาณกริ่งออกและสามารถเริ่มทำการสนทนาได้
4. ซุปเปอร์วิชั่นทำหน้าที่เหมือนส่วนตรวจสอบสายโทรศัพท์ของส่วนเชื่อมต่อคู่สายภายในว่าเมื่อใดมีการยกหู วางหู ส่งสัญญาณต่าง ๆ
5. โคลดิ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณเสียง ซึ่งอยู่ในรูปแบบของอนาล็อกให้เป็นสัญญาณดิจิทัล
6. ไฮบริดในการสื่อสารระหว่างเครื่องโทรศัพท์ของผู้ใช้โทรศัพท์กับสำนักงานกลางต้องใช้สาย 1 คู่ แต่เมื่อมีผู้ใช้โทรศัพท์หลายคนต้องติดต่อผ่านสำนักงานกลางจะติดต่อกับผู้ใช้แต่ละคน และส่งสัญญาณออกไปในแต่ละทิศทาง โดยการกระบวนการเช่นนี้สำนักงานกลางต้องใช้สาย 4 เส้น จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แปลง 2 วัตต์ เป็น 4 วัตต์ (และในทางกลับกันก็แปลง 4 วัตต์ เป็น 2 วัตต์ ด้วย) อุปกรณ์นั้น คือไฮบริด เราอาจเรียกอีกอย่างว่า “วงจรที่ทำหน้าที่แปลงกลับไปกลับมาระหว่าง 2 วัตต์ กับ 4 วัตต์”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

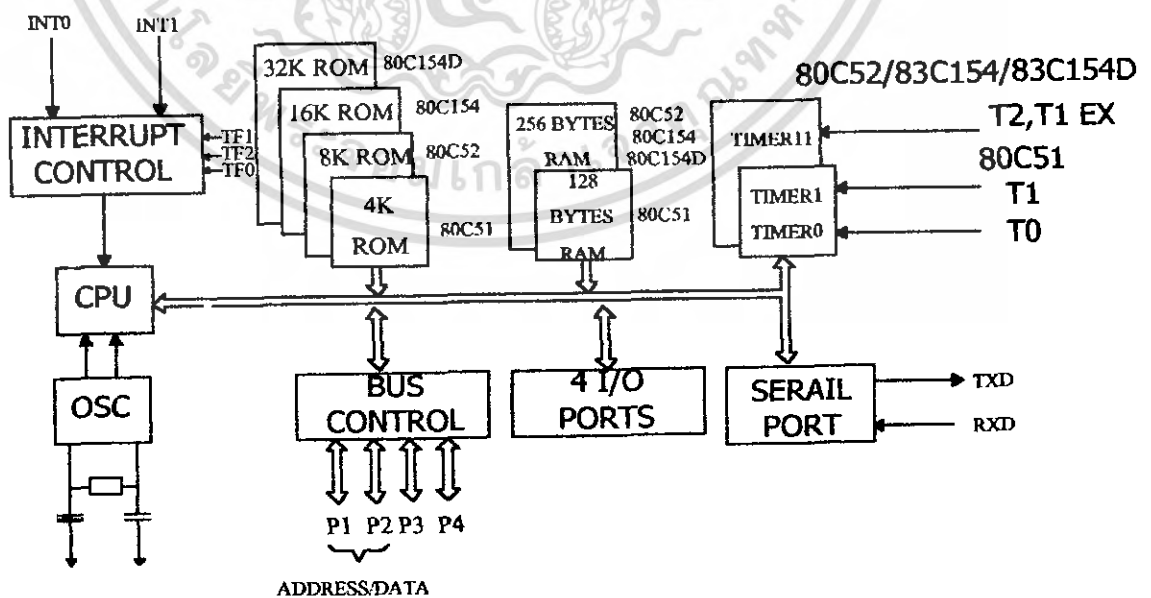
7. ทศต์เมื่อสำนักงานกลางต้องการทดสอบสัญญาณหรือทดสอบคุณภาพของสายส่วนเชื่อมต่อคู่สายภายในจะยอมให้สัญญาณทดสอบ (Test Signals) จากสำนักงานกลางผ่านเข้าไปในเครื่องโทรศัพท์และส่งผลการทดสอบกลับไปยังสำนักงานกลาง

2.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิต ที่มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายใน ได้แก่ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับเก็บ โปรแกรมตัวตั้งเวลา/ตัวนับ อุปกรณ์รับ-ส่งข้อมูลแบบอนุกรม ซึ่งทำให้การใช้งานง่ายและมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกมาเพิ่มเติมมากเหมือนกับ ไมโคร โปรเซสเซอร์ทั่วไป นอกจากนี้หากต้องการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับอุปกรณ์อื่นเพิ่มเติม เช่น ไมโคร โปรเซสเซอร์ 8255 หรือ หน่วยความจำภายนอก เป็นต้น

โครงสร้างภายในพื้นฐานของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051 ประกอบด้วย ส่วนต่างๆดังต่อไปนี้

- หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลจำนวน 128 ไบต์
- หน่วยความจำภายในสำหรับเก็บ โปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์
- อุปกรณ์ควบคุมการขัดจังหวะ (Interrupt)
- ตัวตั้งเวลาและตัวนับขนาด 16 บิต 2 ชุด
- พอร์ตควบคุมการสื่อสารอนุกรมคู่พ्लีกซ์เต็มซึ่งสามารถรับส่งข้อมูลได้พร้อมกัน
- พอร์ตขนานสำหรับติดต่ออุปกรณ์ภายนอกได้ 4 พอร์ตๆละ 8 บิต
- วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายใน



รูปที่ 2.7 โครงสร้างภายในพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในปัจจุบันมีไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ซึ่งเป็นไมโครคอมพิวเตอร์แบบชิพเดี่ยว ไม่ต้องต่ออุปกรณ์ภายนอกสามารถทำงานได้มีความสะดวกในการใช้งาน และเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยภาษาเบสิกได้ โดยไม่ต้องศึกษาการทำงานของวงจรเหมือนกับภาษาแอสเซมบลี นอกจากนั้นเป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบมาสนองความต้องการของผู้ใช้คือมีอินพุตและเอาต์พุตภายในตัวเอง พอร์ตของอินพุตและการเชื่อมต่อเอาต์พุตจากบัฟเฟอร์และสายควบคุมอื่นๆ ที่ใช้สำหรับแยกข้อมูลกับตำแหน่งที่อยู่และชุดคำสั่งเพิ่มขึ้นเป็นพิเศษและเพื่อจัดการข้อมูลด้วยวงจรตั้งเวลากับวงจรรนับด้วย ปกติวงจรรนับจะสามารถทำงานเป็นวงจรตั้งเวลาได้ด้วย จึงเรียกควบคู่กัน ไปคือวงจรตั้งเวลา/วงจรรนับ

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ประกอบด้วยคุณสมบัติดังนี้

- หน่วยประมวลผลกลาง 8 บิตที่ควบคุมได้ง่าย
- เพิ่มการทำงานลอจิกครั้งละ 1 บิตได้
- สายอินพุตและเอาต์พุตมีจำนวน 32 เส้นให้เลือกตำแหน่งแตกต่างกันได้
- มีแรมบรรจุไว้ภายในขนาด 128 ไบต์หรือ 256 ไบต์
- วงจรตั้งเวลา/วงจรรนับมีขนาด 2, 3 หรือ 16 บิต
- กำหนดรับส่งข้อมูลอนุกรมได้สองทิศทาง (Universal Synchronous Asynchronous Receiver

Transmitter ; UART)

- การจัดจังหวะแบ่งออกเป็น 2 ระดับจาก 5 หรือ 6 แหล่ง
- มีสัญญาณนาฬิกาอยู่ภายในตัว
- มีหน่วยความจำข้อมูลภายใน 4 หรือ 8 กิโลไบต์ (หน่วยความจำแบบอีพ롬เบอร์ 8051 และเบอร์ 8052)
- มีตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมจำนวนทั้งหมด 64 กิโลไบต์
- คำสั่งมีทั้งหมด 111 คำสั่ง (64 รอบ)
- ทำงานด้วยเลขฐานสิบและเลขฐานสิบหก
- ตัวแปลภาษาเบสิกมีขนาด 8 กิโลไบต์ (8052-AH-BASIC)
- ควบคุมหน่วยความจำอีพ롬ภายในตัวด้วยภาษาเบสิก (8052-AH-BASIC) โดยไม่ต้องส่งให้โรงงานโปรแกรมให้ เพราะสามารถจะเขียนและทดสอบโปรแกรมด้วยหน่วยความจำภายนอกแทน ไม่มีรอมภายใน

2.8.1 ภายในหน่วยความจำ

ถ้าต้องการป้องกันการอ่านจากภายนอก ก็สามารถเลือกไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 และไมโครคอนโทรลเลอร์ 8052 มีหน่วยความจำแบบอีพ롬ภายในที่จัดค่าเวลาการอ่านข้อมูล เพื่อป้องกันการลอกเลียนแบบโปรแกรม โครงสร้างภายในหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 หน่วยความจำนี้สามารถแบ่งได้ 2 กลุ่ม คือหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมและหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำกลุ่มแรกมีความจุต่ำกว่า 4 หรือ 6 กิโลไบต์บรรจุอยู่ในรอมซึ่งส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่ไม่มีรอมภายในและอาจใช้หน่วยความจำภายนอกซึ่งอาจเป็นรอม, แรมหรืออีพ롬 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะอ่านหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล จะใช้เป็นที่เก็บตัวแปร การคำนวณหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ได้ทันที การจัดการกับข้อมูลที่มีขนาด 16 บิต หรือ ตารางที่ 2.14 ใช้ค้นหาค่าต่างๆและหน้าที่อื่นที่คล้ายกัน หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล โดยใช้ร่วมกับหน่วยความจำภายนอกได้ถึง 640 กิโลไบต์ ซึ่งเลือกใช้รวมหรือแรมก็ได้และยังมีรีจิสเตอร์พิเศษที่ใช้หน่วยความจำภายนอกของแรมได้ 128 หรือ 256 กิโลไบต์

รูปที่ 2.8 ตารางจำนวนหน่วยความจำภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

เบอร์	หน่วยความจำโปรแกรมภายใน	หน่วยความจำโปรแกรมภายใน	ตัวจับเวลา/ตัวนับ	การขัดจังหวะการทำงาน
8052AH	ROM 8 กิโลไบต์	RAM 256 ไบต์	3/16 บิต	6
8051	ROM 4 กิโลไบต์	RAM 128 ไบต์	2/16 บิต	5
8051	ROM 4 กิโลไบต์	RAM 128 ไบต์	2/16 บิต	5
8032AH	-	RAM 256 ไบต์	3/16 บิต	6
8031AH	-	RAM 128 ไบต์	2/16 บิต	5
8031	-	RAM 128 ไบต์	2/16 บิต	5
8751H	ROM 4 กิโลไบต์	RAM 128 ไบต์	2/16 บิต	5
8752H	ROM 4 กิโลไบต์	RAM 256 ไบต์	3/16 บิต	6

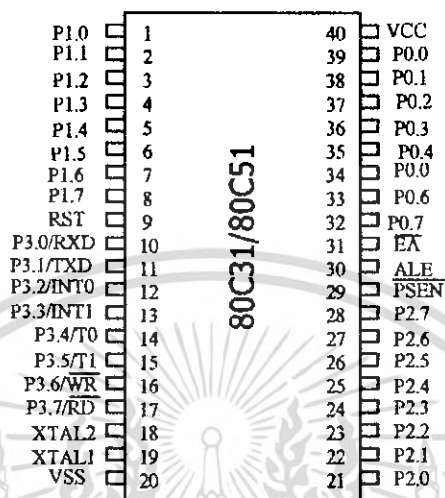
โครงสร้างภายในหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 มีดังนี้

Internal	= หน่วยความจำภายใน
External	= หน่วยความจำภายนอก
Program Counter	= วงจรนับลำดับ โปรแกรม
Program Memory	= หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม
Internal Data Ram	= แรมภายในที่เก็บข้อมูล
Special Function Register	= รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ
Internal Data Memory	= หน่วยความจำภายในสำหรับเก็บข้อมูล
External Data Memory	= หน่วยความจำภายนอกสำหรับเก็บข้อมูล

2.8.2 รีจิสเตอร์ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะมีรีจิสเตอร์ซึ่งอำนวยความสะดวกในการทำงานตามคำสั่งต่างๆ และมีแอดคิวมูเลเตอร์ (Accumulator) รีจิสเตอร์ B ซึ่งใช้ในการคูณและหาร รีจิสเตอร์สถานะ เป็นตัวชี้ตำแหน่งข้อมูล 2*8 บิตและ 1*16 บิต พอร์ตหมายเลขศูนย์ถึงพอร์ตหมายเลขสามและมีรีจิสเตอร์เป็นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวชี้ข้อมูล ซึ่งใช้ส่งและรับข้อมูลแบบอนุกรม มีรีจิสเตอร์ 16 บิต ที่เป็นวงจรรีจิสเตอร์และวงจรรีจิสเตอร์ ซึ่งจะจองไว้สำหรับใช้สำหรับตัวที่ 3 เป็นรีจิสเตอร์คำสั่งสำหรับหน้าที่พิเศษ เช่น การขัดจังหวะ Read Time Clock กิโลไบต์: RTC เป็นต้น และอินพุต, เอาต์พุตแบบอนุกรม



รูปที่ 2.9 การจัดวางขาต่างๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

2.8.3 ความเร็วของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

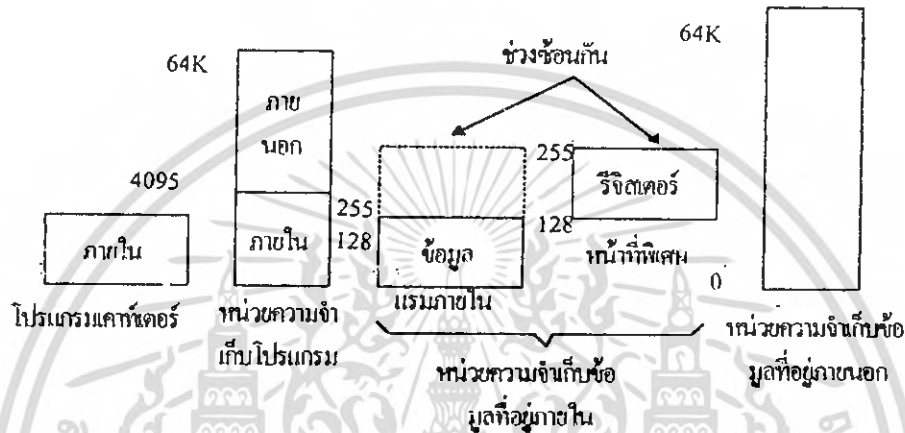
เมื่อเทียบกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 6502 และไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 คำสั่งทั้งหมดของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 จะทำงานด้วยรอบคำสั่งเดียวกับภาษาเครื่อง คือภายในระยะเวลาของสัญญาณนาฬิกา 12 ลูกและเมื่อใช้ความถี่ 12 เมกะเฮิร์ตซ์ ดังนั้นแล้วหนึ่งรอบคำสั่งของภาษาเครื่องจะเท่ากับ 1 ไมโครวินาที ซึ่งความเร็วในการประมวลผลของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เท่ากับไอซี 6502 หน่วยประมวลผลกลางซึ่งใช้ความถี่ 2 เมกะเฮิร์ตซ์ หรือจะเท่ากับไมโครโปรเซสเซอร์ Z80 มีหน่วยประมวลผลกลางที่จะใช้ความถี่ 8 บิต ต่อหนึ่งครั้ง เพื่อให้ความสะดวกในการเขียนโปรแกรมโดยไม่ต้องลำบากในการปิดกั้น (Mask) บิตที่ไม่ต้องการ

2.8.4 สายต่างๆ ของบัสและพอร์ต

โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ MCS-51 โดยให้มีบัสสองทิศทาง 4 เส้น และพอร์ตขนาด 8 บิตตามทฤษฎี แต่ที่จริงแล้วนั้นจะใช้ได้ก็ต่อเมื่อมีการใช้หน่วยความจำ และภายในตัวรอมหรือแรม เมื่อไม่ใช้หน่วยความจำภายใน พอร์ต 0 และ 2 ใช้เป็นบัสของข้อมูลและตำแหน่ง ดังนั้นพอร์ต 2 พอร์ต ใช้งานเป็นอินพุตและเอาต์พุต ซึ่งพอร์ต 2 เป็นสายสัญญาณ ตำแหน่ง A15...A8 ส่วนพอร์ต 0 ทำหน้าที่เป็นสายสัญญาณตำแหน่ง A7...A0 ออกจากบิตข้อมูล D7...D0 เอาต์พุตของขา RD และ WR มาจากสายสัญญาณเอาต์พุตของพอร์ต P3 โดยโปรแกรมภายในใช้สัญญาณ RD และ WR เพื่อการเขียนข้อมูลและอ่านข้อมูลกับหน่วยความจำภายนอก และจะไม่ทำงานเมื่อมีภาษาเครื่องเก็บอยู่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน่วยความจำภายในและถ้าหากขา PSEN เป็นขารับสัญญาณสำหรับเปิดให้มีการอ่านหน่วยความจำภายนอก ถ้าสังเกตทุกๆรอบคำสั่งระหว่างการทำงานด้วยโปรแกรมในรอมหรือหน่วยความจำแบบอีอีพรอม สัญญาณ PSEN ทำงานถึงสองครั้งเหมือนสัญญาณ ALE เพราะว่ามี การอ่านข้อมูลจำนวน 2 ไบต์ และใน แต่ละรอบคำสั่งขา PSEN นี้ ซึ่งจะไมทำงานเมื่อมีภาษาเครื่องเก็บอยู่ในหน่วยความจำภายใน ถ้าหน่วยความจำภายนอกไม่มีข้อมูลบรรจุอยู่ขา PSEN ก็จะไม่ทำงานเช่นกัน และส่วน ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8052AH จะไม่ใช้สัญญาณขา PSEN เลข



รูปที่ 2.10 โครงสร้างภายในหน่วยความจำของไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ขา EA เป็นขาอินพุตที่จะใช้ร่วมกับตำแหน่งสัญญาณภายนอก โดยจะมีค่าเป็นลอจิก "0" และเมื่อไมโครโปรเซสเซอร์ทำการอ่านคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก ซึ่งโดยปกติแล้วนั้นไมโครคอนโทรลเลอร์จะอ่านหน่วยความจำภายในน้อยกว่าอ่านจากหน่วยความจำภายนอก ขา EA ยังเป็นขาอินพุตสำหรับป้อนแรงดันไฟฟ้า 21 โวลต์ เพื่อจะเขียนโปรแกรมให้กับหน่วยความจำแบบอีอีพรอม และสำหรับกรณีที่ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ 8052

2.8.5 วงจรนับ/วงจรตั้งเวลา

จากตารางที่ 2.8 ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8052 มีวงจรรนับและเป็นวงจรตั้งเวลาชนิด 16 บิตมากกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 อยู่หนึ่งตัว ในการทำงานของวงจรรนับและวงจรตั้งเวลาเป็นดังนี้ เมื่อทำงานเป็นวงจรรนับ รีจิสเตอร์วงจรรนับจะเพิ่มขึ้นหนึ่งเมื่อมีสัญญาณป้อนให้ทางอินพุต T0, T1 หรือ T2 มีเฉพาะไมโครคอนโทรลเลอร์ 8052 เป็นขอบสัญญาณขาสูง อัตราการนับสัญญาณสูงสุดคือ 1/24 ของความเร็วสัญญาณนาฬิกาของไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรรนับและวงจรตั้งเวลา 0 และ 1 มีวิธีโปรแกรมให้ทำงานได้ต่างกันถึง 4 แบบ ซึ่งรวมทั้งการทำงานเป็น 8 บิต หรือ 16 บิต และการบรรจุค่าพีรีเซตหนึ่งค่าได้เองอย่างอัตโนมัติ วงจรรนับและวงจรตั้งเวลาที่ 1 ซึ่งเลือกโปรแกรมให้ทำหน้าที่เป็นตัวกำเนิดสัญญาณของอัตราการส่งบิตออกไปยังพอร์ตอนุกรม สำหรับใช้เชื่อมต่อ วงจรรนับและวงจรตั้งเวลาที่ 2 เฉพาะไมโครคอนโทรลเลอร์ 8052 เท่านั้นและมีการทำงานย่อยๆ อีก 3 ชนิด ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วงจรนับ 16 บิตที่สามารถโหลดค่ากลับคืนเองอย่างอัตโนมัติ
2. วงจรนับที่ของไวซนิต 16 บิต
3. วงจรกำเนิดสัญญาณของการส่งบิต เพื่อใช้ในการเชื่อมโยงข้อมูล

2.8.6 พอร์ตขนิดอนุกรมอยู่ภายใน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ทั้งหมดในตระกูล MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่มีการเชื่อมโยงข้อมูลชนิดสองทาง ทำให้รับและส่งข้อมูลพร้อมกัน ตัวรับส่งข้อมูลชนิดอะซิงโครนัส (Asynchronous Receiver) มีบัฟเฟอร์สำหรับข้อมูลเป็นพิเศษเพื่อเพิ่มความเร็วในการสื่อสารพอร์ตขนิดอนุกรมนั้นสามารถเลือกโปรแกรม เพื่อเลือกใช้การทำงานแบบใดแบบหนึ่งใน 4 แบบด้วยการใช้โปรแกรมควบคุมอัตราการส่งข้อมูลและรูปแบบของข้อมูล อัตราการส่งข้อมูลที่ใช้ได้สูงถึง 19,200 บิต/วินาที ด้วยความเร็วของสัญญาณนาฬิกา 1 เมกะเฮิร์ตซ์ สำหรับใช้ในระบบเครือข่าย (Networks) และระบบการสื่อสารของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ หลายตัวร่วมกันจะเลือกความเร็วของสัญญาณนาฬิกาด้วยวงจรวงจรนับและวงจรรีจิสเตอร์

2.8.7 การขัดจังหวะและชุดคำสั่ง

ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 รับการขัดจังหวะได้ 5 แหล่ง ส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ 8052 รับการขัดจังหวะจากอุปกรณ์อื่นๆ ได้ถึง 6 แหล่ง คือ ขา INTO และขา INT1 ซึ่งกำหนดให้ใช้ระดับพัลส์หรือขอบขาพัลส์ก็ได้ วงจรนับและวงจรรีจิสเตอร์ 0 และ 1 ซึ่งสำหรับการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051 จะเพิ่มวงจรรีจิสเตอร์หรือ วงจรนับตัวที่ 2 และตัวสุดท้ายจากพอร์ตอนุกรมสามารถกำหนดลำดับความสำคัญของการขัดจังหวะได้ 2 ระดับ ไม่ต้องอาศัยวงจรมานอกเข้ามาช่วยแต่ละแหล่งการขัดจังหวะ 5 หรือ 6 แหล่งนั้น สามารถกำหนดให้เป็นเวกเตอร์ (Vector) เฉพาะ ตัวชี้ตำแหน่ง ดังนั้นเมื่อมีขัดจังหวะเข้ามาตัวไมโครโปรเซสเซอร์จะกระโดดไปที่ส่วนของโปรแกรมที่ทำงานตามวัตถุประสงค์ของการขัดจังหวะนั้น และหลังจากเก็บข้อมูลต่างๆของ โปรแกรมการนับลงในสแต็ก

2.8.8 AT89C51/52

AT89C51/52 พลิกรูปแบบการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตที่สามารถใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำการลบและทำการเขียนโปรแกรมได้โดยตรง ไม่ต้องถอดไมโครคอนโทรลเลอร์ยูนิคออกจากบอร์ดหรือแผงวงจรในลักษณะที่เรียกว่าอินซิสเต็ม โปรแกรมมิ่ง (in system programming) หรือจะใช้เครื่องโปรแกรม (Universal programmer) โดยตรงก็ได้โดยไม่ต้องใช้การลบด้วยแสงอัลตราไวโอเลต (UV eraser) ทำให้ใช้เวลาลบเพียงเสี้ยววินาที และนั่นคือ AT89C51/52 ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีหน่วยความจำแบบแฟลชอยู่ภายในตัวขนาดตั้งแต่ 1 กิโลไบต์ถึง 8 กิโลไบต์ ที่สามารถโปรแกรมทับลงไปได้อีกนับพันครั้งเหมือนกับการโปรแกรมในลักษณะเดียวกันกับอีพรอม

ไมโครคอนโทรลเลอร์ยูนิค (MCU) โดยทั่วไปมักมีหน่วยความจำภายในตัวเป็นแบบแมสค์รอม (MASK ROM) โอทีพี (OTP : one time programming) หรืออีพรอม ซึ่งค่อนข้างยุ่งยากในการพัฒนาผลิตภัณฑ์ และพัฒนาโปรแกรมคำสั่งต่างๆ ที่ต้องการ โดยเฉพาะในแบบโอทีพี ซึ่งเป็นแบบโปรแกรมได้เพียงเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งเดียวถ้ามีการเขียน โปรแกรมผิดพลาดเพียงนิดเดียวก็ต้องทิ้ง ไมโครคอนโทรลเลอร์ยูนิตตัวนั้น ไปเลย เป็นเพราะเป็นแบบโปรแกรมได้เพียงครั้งเดียว ถ้าเป็นแบบแอมสัรอม ถึงแม้ว่าราคาถูกกว่า แต่มีความยุ่งยากมากกว่าเนื่องจากผู้ผลิตไมโครคอนโทรลเลอร์ยูนิตจะต้องเป็นผู้โปรแกรมให้ เป็นเหตุทำให้ต้องสั่งผลิตจำนวนคราวละมากๆ และค่อนข้างจะเสียเวลา ทำให้การวางแผนที่จะส่งผลิตภัณฑ์สู่ตลาดต้องใช้เวลา ส่วนแบบอีพรอม นั้นมีราคาแพงและต้องใช้วิธีการลบด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตด้วยเครื่องลบ ในกรณีที่จะต้องแก้ไข หรือ โปรแกรมข้อมูลใหม่และจำนวนครั้งในการลบก็จำกัด ดังนั้นการเลือกใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ยูนิต ที่ผ่านมามีักเกิดมีปัญหาในการเลือกเบอร์หรือเลือกชนิดที่ไว้ใจได้มาตลอด

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AT89C51 สามารถใช้งานร่วมและแทนกันได้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS -51 ได้แก่เบอร์ 80C31 , 80C51 , 80C52 หรือ 87C51/52 เป็นต้น ซึ่ง AT89C51 เหมือนตระกูลเหล่านี้ของ INTEL ทั้งในด้านชุดคำสั่งและการจัดเรียงขา นั่นคือเราสามารถนำ AT89C51 ของ ATMEL มาใช้งานแทนไมโครคอนโทรลเลอร์ของ INTEL ได้เลย

2.9 การเชื่อมต่อทางแสง

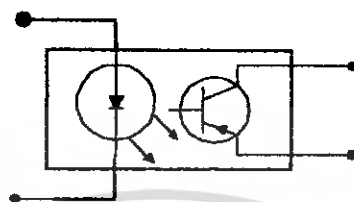
ตัวเชื่อมต่อทางแสง (Optocoupler) หรือตัวแยกโดยใช้แสง (Opto Isolater) เป็นอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติพิเศษหลายประการ เช่น คุณสมบัติในการไอโซเลต ทำให้สามารถนำมาใช้ในการเชื่อมต่อสัญญาณต่างๆของวงจรที่มีกราวด์ต่างกัน สามารถป้องกันการรบกวนซึ่งกันและกัน ระหว่างภาคอินพุตกับภาคเอาต์พุตได้อย่างเด็ดขาด ซึ่งการคัปปลิง (Coupling) ด้วยวิธีอื่นๆจะทำได้ จึงได้นำเอาออปโต้คัพเพลอร์มาประยุกต์ใช้ในวงจร เพื่อประสิทธิภาพ และความน่าเชื่อถือของวงจร

ออปโต้คัพเพลอร์เป็นอุปกรณ์เดี่ยวที่ประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสง และตัวตรวจจับแสง โดยที่ทั้งสองส่วนนี้จะแยกจากกันและกัน มีฉนวนที่โปร่งใส เช่น กระดาษบางๆ คั่นกลาง และชิ้นส่วนทั้งหมดจะถูกบรรจุอยู่ในตัวถังที่บรรจุรูปร่างภายนอกมีอยู่หลายแบบ แต่ที่พบเห็นบ่อยๆ ส่วนมากเป็นแบบดิพ (DIP : Dual In-Line Package) เหมือนไอซี แต่มีขา 6 ขา แหล่งกำเนิดแสงส่วนใหญ่จะใช้ไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรด (IRED : Infrared Emitter Diode) ทำจากสารแกลเลียมอาร์เซไนด์ (GaAs) ส่วนตัวตรวจจับหรืออุปกรณ์ภาคเอาต์พุตนั้น อาจจะเป็นโฟโตทรานซิสเตอร์ โฟโตคาร์ลิงตัน สวิตซ์สองทิศทาง (Triac) ซึ่งทำงานเมื่อมีแสงมากระตุ้น และเอสซีอาร์ (SCR) ที่ถูกกระตุ้นด้วยแสง เป็นต้น

ออปโต้คัพเพลอร์หรือออปโต้ไอโซเลเตอร์ ได้รับการออกแบบไว้ให้ทำการป้องกันอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ไม่ให้ได้รับแรงดันกระชากสูงๆหรือลุ่มครองระดับน้อยส์ต่ำๆซึ่งเป็นต้นเหตุให้เกิดเอาต์พุตไม่ถูกต้อง หรือทำให้เกิดความผิดพลาดขึ้นมา ออปโต้คัพเพลอร์เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้สามารถเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ตัวอื่นๆ ที่มีระดับลอจิกต่างกัน ในออปโต้คัพเพลอร์ สัญญาณอินพุตจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานแสง เพราะมีแอลอีดี (LED) ที่อยู่ใน พลังงานจึงถูกส่งไปยัง โฟโตดีเทคเตอร์ ดังนั้นมันจึงทำงานตรงกับพลังงานของแสงที่ได้จากแอลอีดีและมีสเปคตามอัตราส่วนการส่งผ่านกระแส (CTR) กับ ไอโซเลชัน โวลต์แอมป์ ซีทีอาร์ (Isolation Voltage CTR) เป็นอัตราส่วนระหว่างกระแสอินพุต ต่อกระแสเอาต์พุต ซึ่งเป็นการวัดความสามารถของออปโต้คัพเพลอร์ ในเรื่องความสามารถให้สัญญาณอินพุตถูกส่งไปยังเอาต์พุตอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพของไดโอดเปล่งแสงอินฟราเรดช่องว่างระหว่างชิ้นส่วนทั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุตและเอาต์พุต รวมทั้งพื้นที่ความไว (Sensitivity) และอัตราขยายของตัวตรวจจับ สำหรับไอโซเลชัน โวลต์เตจของออปโตคัพเปลอร์ คือปริมาณแรงดันที่ออปโตคัพเปลอร์สามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย ในที่นี้จะเสนอเพียงชนิดที่ได้รับความนิยมมากที่สุด ได้แก่

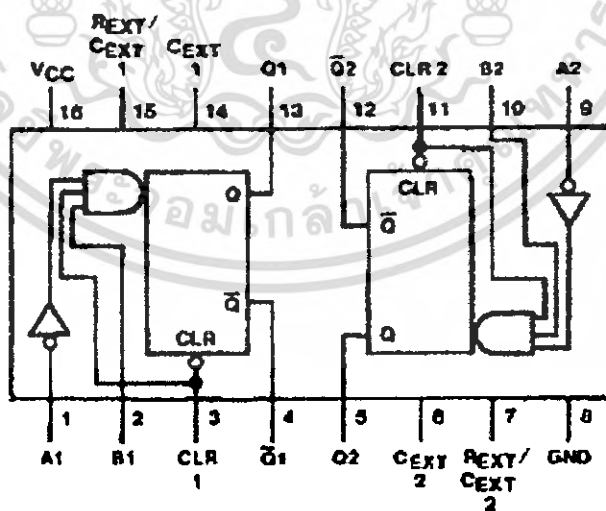


รูปที่ 2.11 ออปโตคัพแบบทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์

ทรานซิสเตอร์คัพเปลอร์ (Transistor Coupler) มีความไวระดับกลาง ราคาถูก ตรงจุดเชื่อมต่อ (junction) ภายในระหว่างคอลเลคเตอร์-เบส ของทรานซิสเตอร์ สามารถเอาสายมาต่อข้างนอก ให้ทำหน้าที่เป็นไฟไดโอด ซึ่งมีความเร็วในการทำงานสูงยิ่งไปกว่าเดิม

2.10 ไอซีเบอร์ 74LS123

ไอซีเบอร์ 74LS123 เป็นไอซีซึ่งสามารถใช้งานในการหน่วงเวลา ภายในไอซีแบ่งเป็นสองส่วนที่เหมือนกัน โดยแต่ละส่วนประกอบไปด้วย ฟลิปฟลอป (Flip-Flop) และมีอินพุต 3 ขา เอาต์พุต 2 ขา ดังรูป



รูปที่ 2.12 วงจรภายในของไอซีเบอร์ 74LS123

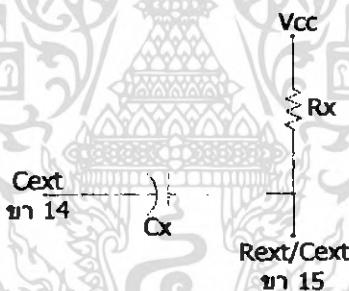
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และมีตารางค่าความจริงดังนี้

IN			OUT	
Clear	A	B	Q	\bar{Q}
L	X	X	L	H
X	H	X	L	H
X	X	L	L	H
H	L	↑		
H	↓	H		
↑	L	H		

รูปที่ 2.13 ตารางค่าความจริงของไอซีเบอร์ 74LS123

การใช้งานในการหน่วงเวลา ขนาดความกว้างของเอาต์พุตพัลส์ จะถูกตัดสินจากการเลือกค่า R_x และ C_x ที่ต่ออยู่ภายนอก ดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 การต่อ C_x และ R_x ภายนอกไอซี

โดยถ้าใช้ C_x ที่มีค่ามากกว่า 1000 pF อยู่มากๆ ค่าความกว้างของเอาต์พุตพัลส์จะหาได้จาก

$$t_w = KR_xC_x$$

เมื่อ R_x อยู่ในหน่วย $k\Omega$

C_x อยู่ในหน่วย pF

t_w อยู่ในหน่วย ns

$K \approx 0.37$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11 มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง (DC Motor)

2.11.1 ทฤษฎีมอเตอร์

ในการศึกษาหลักการการทำงานของมอเตอร์นั้น เราจำเป็นต้องมีความเข้าใจในหลักการของสนามแม่เหล็ก (Magnetic Fields) การไหลของกระแสไฟฟ้า (Current Flow) และทิศทางการเหนี่ยวนำ (Induced Motion)

2.11.1.1 Magnetic Field

ระหว่างขั้วของแม่เหล็กนั้นจะมีสนามไฟฟ้าปรากฏอยู่ ทิศทางของสนามแม่เหล็กนั้นเรียกว่าเส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic Flux) ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แสดงทิศทางสนามแม่เหล็ก

2.11.1.2 Current Flow

ในตอนนี้เราจะมาพิจารณาลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ซึ่งทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้ารอบลวดตัวนำ ดังแสดงในรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 ทิศทางของสนามแม่เหล็กรอบลวดตัวนำ

การทำความเข้าใจในทิศทางเส้นแรงแม่เหล็กรอบลวดตัวนำ จะทำให้เราเข้าใจถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของมอเตอร์ ซึ่งทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กนั้นสามารถหาได้จาก “กฎมือซ้าย”

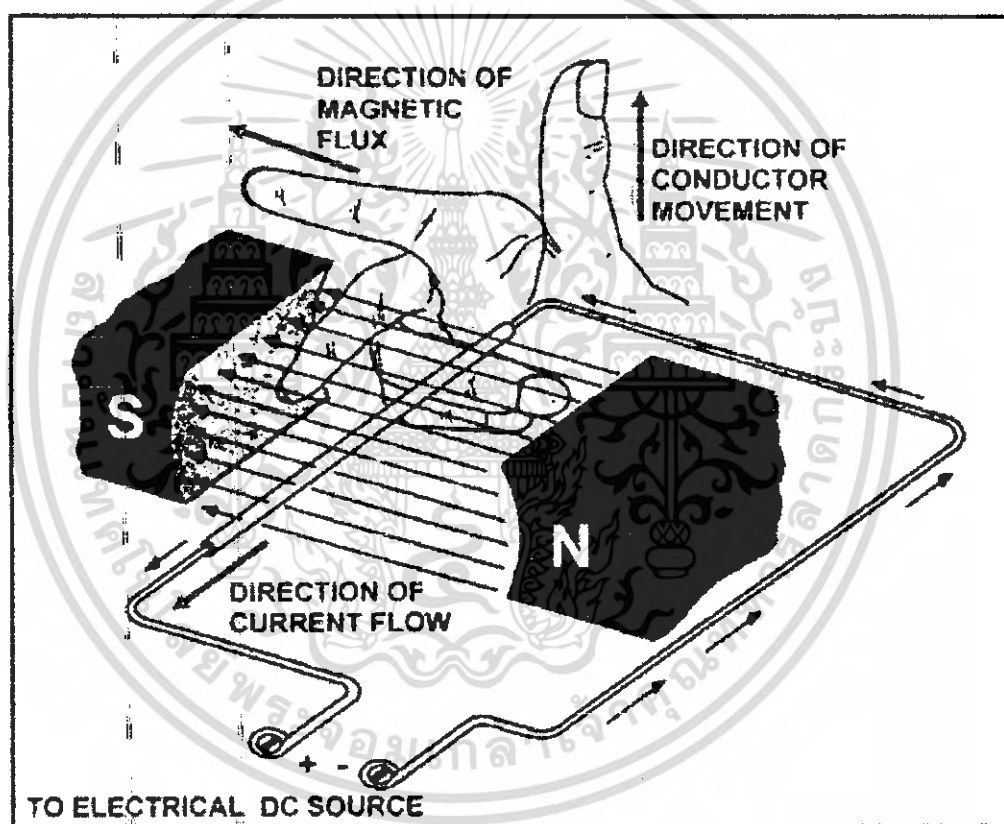
ในการใช้กฎมือซ้ายนั้นให้เราจินตนาการว่า เราได้กำมือรอบลวดตัวนำ และนิ้วหัวแม่มือชี้ไปในทิศทางกระแสไฟฟ้า แล้วจะได้นิ้วของเราทั้งสี่นิ้วที่ล้อมรอบลวดตัวนำ จะแสดงทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก ยกตัวอย่างในรูปที่ 2.16 ทิศทางกระแสไฟฟ้าพุ่งเข้าไปในกระดาษ ดังนั้นเส้นแรงแม่เหล็กจึงหมุนในทิศวนเข็มนาฬิกา รอบลวดตัวนำ

2.11.1.2 Induced Motion

เมื่อเรานำลวดตัวนำที่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปวางอยู่ระหว่างขั้วแม่เหล็กจะทำให้ สนามแม่เหล็กทั้งสองนั้นเกิดการรบกวนกัน ดังในรูปที่ 2.17 จะมีแรงกระทำเกิดขึ้นกับลวดตัวนำ ทำให้ลวดตัวนำเคลื่อนที่ขึ้นด้านบน

ทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นนั้นจะขึ้นอยู่กับสนามแม่เหล็กระหว่างขั้วแม่เหล็กและทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าผ่านลวดตัวนำ วิธีง่าย ๆ ที่ใช้ในการหาทิศทางของแรงที่เกิดขึ้นคือ “กฎมือขวา”

ในรูปที่ 2.17 นิ้วชี้จะชี้ไปในทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก นิ้วกลางชี้ไปในทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดตัวนำ และนิ้วหัวแม่มือชี้ไปในทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำหรือทิศของแรงที่เกิดขึ้น



รูปที่ 2.17 กฎของมือขวา

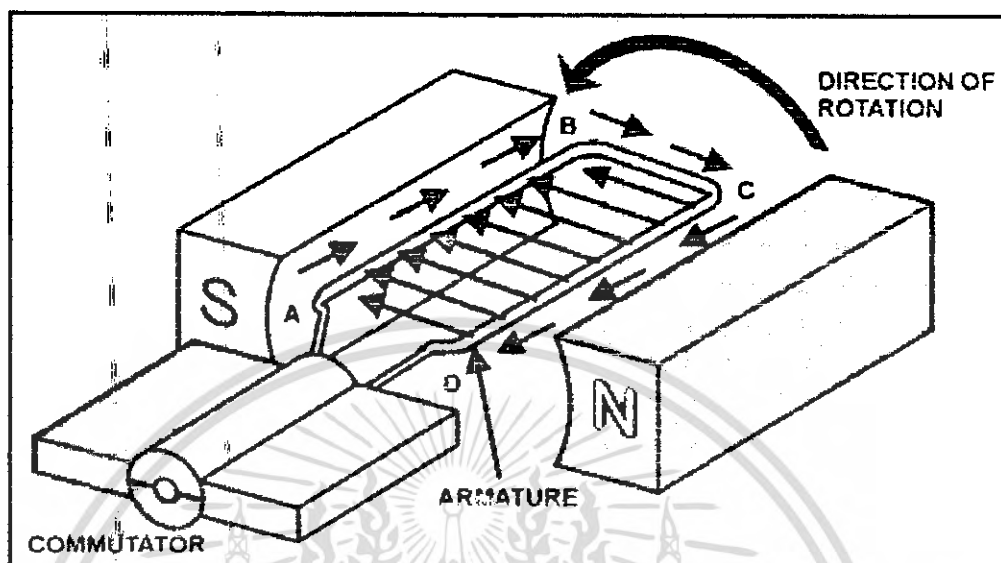
นั่นหมายความว่า ถ้าเรารู้ทิศทางของกระแสไฟฟ้า รู้ขั้วแม่เหล็กแล้ว เราสามารถหาทิศทาง การเคลื่อนที่ของลวดตัวนำผ่านสนามแม่เหล็กได้

การใช้กฎมือขวากับรูปที่ 2.17 นั้น จะเห็นว่าลวดตัวนำจะเคลื่อนที่ขึ้นด้านบน ผ่านสนามแม่เหล็ก แต่ถ้ากระแสไฟฟ้าไหลกลับไปอีกทิศทางหนึ่ง ลวดตัวนำจะเคลื่อนที่ลงด้านล่าง

ข้อควรจำอีกอย่างหนึ่งคือ ทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านลวดตัวนำจะตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก และจะไม่มีแรงกระทำกับลวดตัวนำ หากทิศทางของกระแสไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กขนานกัน

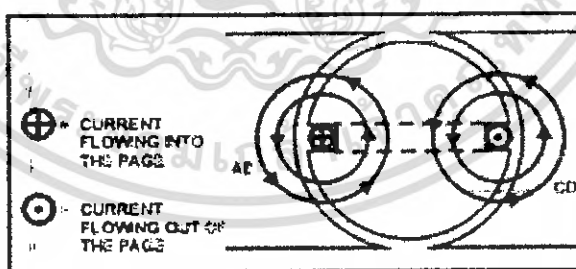
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในตอนนี เราจะเปลี่ยนจากลวดตัวนำเส้นเดียวไปเป็นลวดตัวนำอย่างง่าย ซึ่งขดลวดตัวนำนี้เรียกว่า “อาร์เมเจอร์” (Armature) ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.18



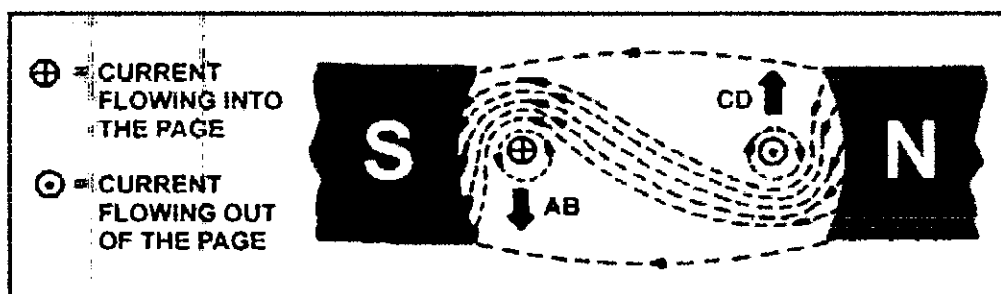
รูปที่ 2.18 การหมุนของอาร์เมเจอร์

จากรูปที่ 2.18 อาร์เมเจอร์ในส่วน AB และ CD จะมีแรงกระทำเกิดขึ้นในทิศทางตรงข้ามกัน เพราะว่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านนั้นมีทิศทางตรงข้ามกัน แรงที่เกิดขึ้นที่ AB และ CD นั้นทำให้อาร์เมเจอร์หมุนในทิศทางทวนเข็มนาฬิกา และเส้นแรงแม่เหล็กที่หมุนรอบขดลวดอาร์เมเจอร์ในส่วน AB และ CD นั้น มีทิศทางตรงข้ามกันด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 เส้นแรงแม่เหล็กของอาร์เมเจอร์

เมื่อเรานำสนามแม่เหล็กใส่เข้าไปในรูปที่ 2.19 สนามแม่เหล็กทั้งสองจะเกิดการขบควนกันแรงที่ทำให้เกิดการหมุนหรือแรงบิดจะเกิดขึ้นบนขดลวด เส้นแรงแสดงได้ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 การเหนี่ยวนำ

ปฏิกิริยาระหว่างสนามแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้เกิดการเบี่ยงเบนของสนามแม่เหล็กตรงที่สนามแม่เหล็กไม่ตรงนั้นทำให้อาร์เมเจอร์เกิดการหมุน จากรูปลวดตัวนำทางซ้าย (AB) มีแรงกระทำในทิศทางลง และลวดตัวนำทางขวา (CD) มีแรงกระทำในทิศทางขึ้น ทำให้อาร์เมเจอร์หมุนในทิศทวนเข็มนาฬิกา

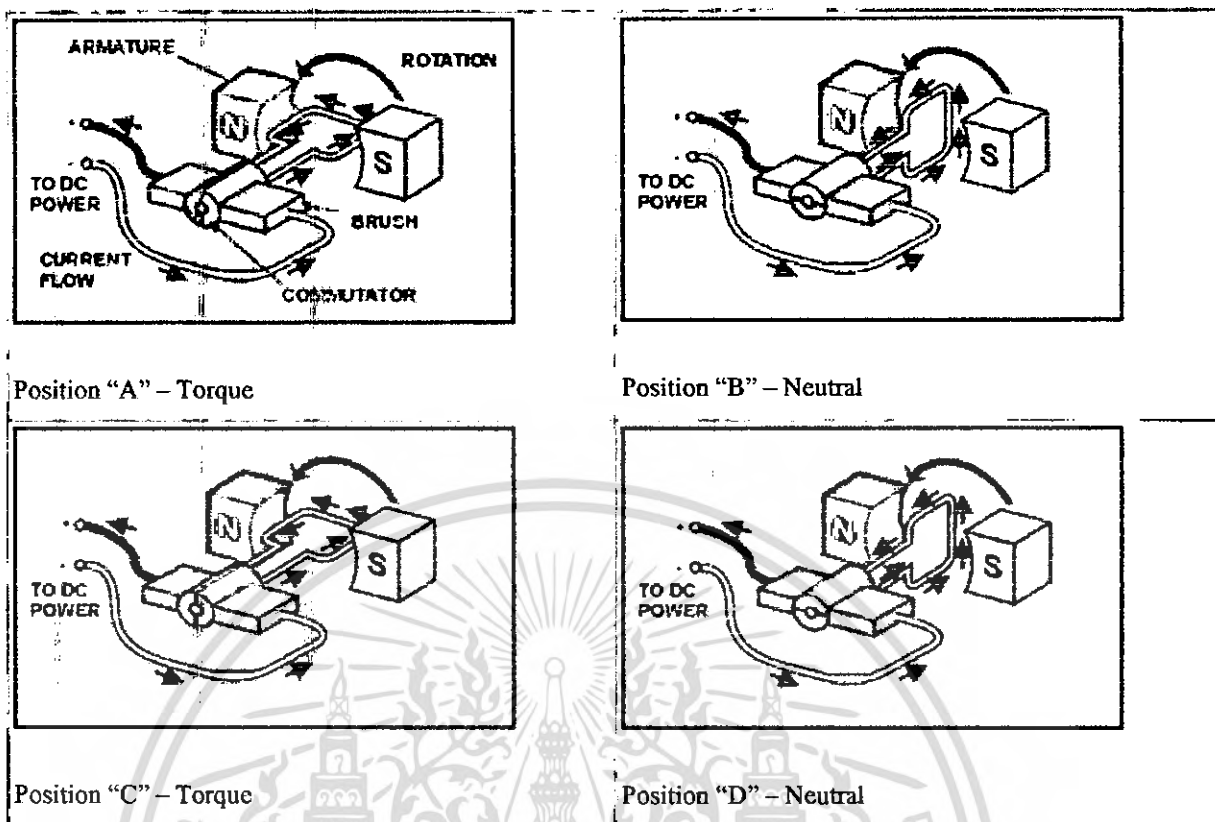
2.11.2 Commutator

จากที่กล่าวมาข้างต้น เมื่ออาร์เมเจอร์อยู่ในตำแหน่งของมุมที่ถูกต้องกับสนามแม่เหล็ก ก็จะมีแรงที่ทำให้เกิดการหมุน แต่อะไรจะเกิดขึ้นเมื่ออาร์เมเจอร์หมุนไป 180 องศา

ปัญหาที่เกิดขึ้นตรงนี้คือ สนามแม่เหล็กของลวดตัวนำจะมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางเดิม และจะผลักดันอาร์เมเจอร์ให้หมุนกลับไป

เพื่อที่จะแก้ปัญหานี้ เราจะต้องทำการกลับทิศทางกระแสเมื่ออาร์เมเจอร์หมุนไปได้ครึ่งวงจหรือ 180 องศา ซึ่งจะทำให้สนามแม่เหล็กนั้นยังคงรักษาทิศทางการหมุนเดิมไว้ อุปกรณ์ที่เรียกว่า คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) ถูกนำมาใช้แก้ปัญหานี้ มี brushes (Brush) อยู่ 2 อัน ซึ่งอันหนึ่งต่อกับไฟบวก และอีกอันต่อกับไฟลบ ซึ่ง brushes นี้ จะจ่ายกระแส ไฟฟ้าเข้ากับคอมมิวเตเตอร์

ในขณะที่อาร์เมเจอร์ และคอมมิวเตเตอร์หมุนไปพร้อมกัน ตัวคอมมิวเตเตอร์จะทำการกลับทิศทางกระแส ซึ่งทำให้สนามแม่เหล็กยังคงอยู่ในทิศทางที่ทำให้อาร์เมเจอร์ยังคงหมุนในทิศทางเดิม



รูปที่ 2.21 การเปลี่ยนแปลงทิศทางกระแสผ่านอาร์เมเจอร์

ในตอนนี้ ขณะที่อาร์เมเจอร์หมุนอย่างต่อเนื่องผ่านสนามแม่เหล็ก พลังงานกลจะถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานไฟฟ้า

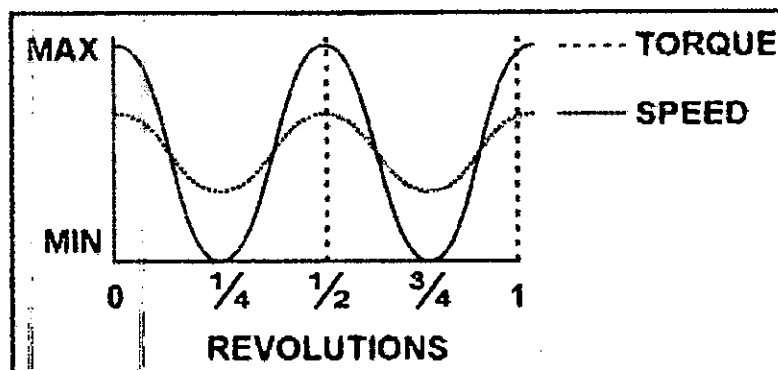
2.11.3 Simple Motors

สิ่งที่เราได้กล่าวถึงก็คือ ในมอเตอร์กระแสตรงนั้นเราจะต่อไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในคอมมิวเตเตอร์ที่ต่ออยู่กับขดลวดอาร์เมเจอร์ ทิศทางของกระแสไฟฟ้าจะถูกเปลี่ยนในทุกๆ ครึ่งรอบของการหมุน ทำให้อาร์เมเจอร์ยังคงหมุนอย่างต่อเนื่องผ่านสนามแม่เหล็ก ทำให้ได้พลังงานกลจากพลังงานไฟฟ้า

อย่างไรก็ตามในมอเตอร์กระแสตรงนั้นจะมีอยู่ช่วงหนึ่งที่อาร์เมเจอร์ขนานกับสนามแม่เหล็ก (เรียกว่า นิวทรัล โพอิซิชัน: Neutral Position) จะไม่มีแรงบิดเกิดขึ้น ซึ่งจะเกิดขึ้นอยู่ 2 ตำแหน่ง คือที่ $\frac{1}{4}$ รอบ และ $\frac{3}{4}$ รอบ

การเปลี่ยนแปลงของแรงบิดแสดงได้ดังแสดงได้ดังกราฟในรูปที่ 2.22 ความเร็วของมอเตอร์ก็เปลี่ยนแปลงตามแรงบิดด้วย อุปกรณ์ส่วนมากต้องการให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วคงที่ ดังนั้นมอเตอร์กระแสตรงอย่างง่ายที่ได้กล่าวมาจึงไม่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



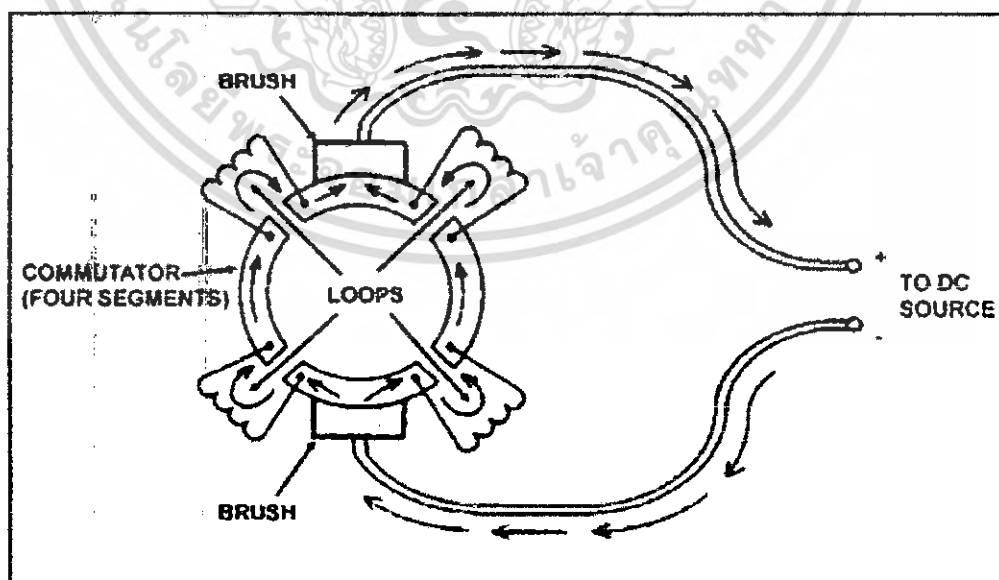
รูปที่ 2.22 ตัวอย่างทอร์คกระแสตรงและความเร็วกราฟ

อีกปัญหาหนึ่งของมอเตอร์กระแสตรงแบบธรรมดา คือ การเริ่มต้น นั้น ไม่ง่าย ถ้าอาร์เมเจอร์อยู่ในตำแหน่ง หรือ ใกล้ตำแหน่งนิวทรัลเราต้องหมุนอาร์เมเจอร์ให้ออกจากตำแหน่งนิวทรัลเพื่อลัดวงจรมอเตอร์

2.11.4 Practical DC Motor

ในมอเตอร์ที่ใช้งานจริง อาร์เมเจอร์จะ ไม่มีทางอยู่ในตำแหน่ง Neutral Position และแรงบิดจะทำให้มีค่าสูงสุดเกือบตลอดเวลา สามารถทำได้โดยการใช้อาร์เมเจอร์ที่มีขดลวดหลายขด ดังแสดงในรูปที่ 2.23 นั้นเป็นอาร์เมเจอร์ที่มี 4 ขดลวด ซึ่งแต่ละขดจะต่ออยู่กับคอมมิวเตเตอร์ 1 คู่

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านแปรงถ่าน ขดลวดทั้งหมดก็จะทำงานพร้อมกัน เพื่อสร้างแรงบิดสูงสุดตลอดเวลา ซึ่งจะ ไม่มีตำแหน่งนิวทรัลที่ไม่มีแรงบิด



รูปที่ 2.23 อาร์เมเจอร์ 4 ขดลวด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.23 จะสังเกตเห็นว่าแปรงถ่านจะใหญ่กว่าช่องว่างระหว่างคอมมิวเตเตอร์ นั่นหมายความว่าแปรงถ่านจะสัมผัสกับคอมมิวเตเตอร์ตลอดเวลาของการหมุนของขดลวดอาร์เมเจอร์

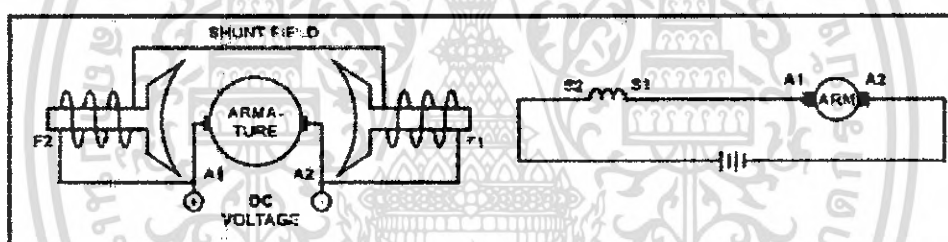
ดีซีมอเตอร์แบบนี้จะมีแรงบิดคงที่ ทั้งในขณะที่หมุน และการเริ่มต้น ซึ่งสิ่งนี้เป็นส่วนที่เหนือกว่ามอเตอร์กระแสตรงแบบธรรมดา

2.11.5 ชนิดของมอเตอร์กระแสตรง

โดยทั่วไป มอเตอร์กระแสตรง จะแบ่งได้เป็น 3 ชนิด คือ แบบอนุกรม (series motor) แบบขนาน (shunt motor) และแบบ ผสม (compound motor)

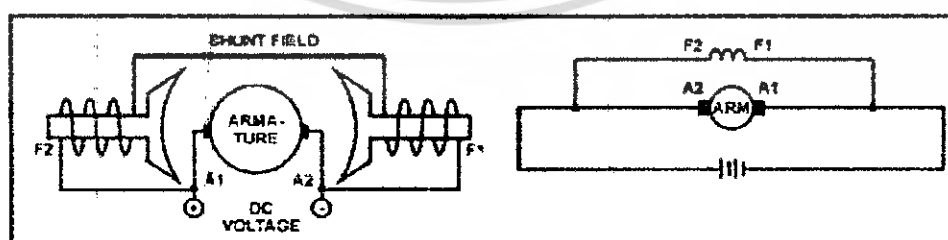
ในทางปฏิบัติโครงสร้างภายในและภายนอกของมอเตอร์กระแสตรง ทั้งสามชนิดนี้จะมีลักษณะเหมือนกัน ความแตกต่างระหว่างมอเตอร์กระแสตรง ทั้งสามชนิดนี้ก็คือ ทิศทางของสนามแม่เหล็ก และการเชื่อมต่อขดลวดอาร์เมเจอร์เข้ากับวงจร

2.11.5.1 มอเตอร์แบบอนุกรมมีขดลวดสนามแม่เหล็กต่อในลักษณะอนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์ แสดงดังรูปที่ 2.24



รูปที่ 2.24 ขดลวดสนามแม่เหล็กอนุกรมกับขดลวดอาร์เมเจอร์

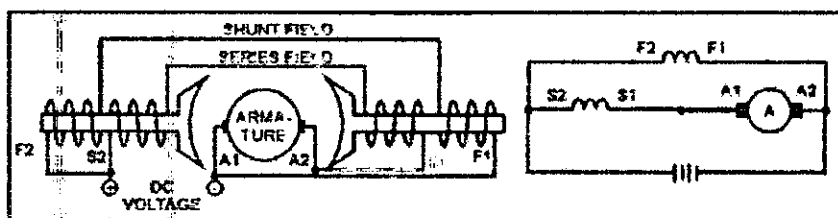
2.11.5.2 มอเตอร์แบบขนาน ขดลวดสนามแม่เหล็กต่อในลักษณะขนานกับขดลวดอาร์เมเจอร์ แสดงดังรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 ขดลวดสนามแม่เหล็กขนานกับขดลวดอาร์เมเจอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.11.5.2 มอเตอร์แบบผสม เป็นแบบผสมระหว่างแบบอนุกรมและแบบขนานแสดงดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 ขดลวดสามแม่เหล็กต่อแบบผสมระหว่างอนุกรมและขนาน



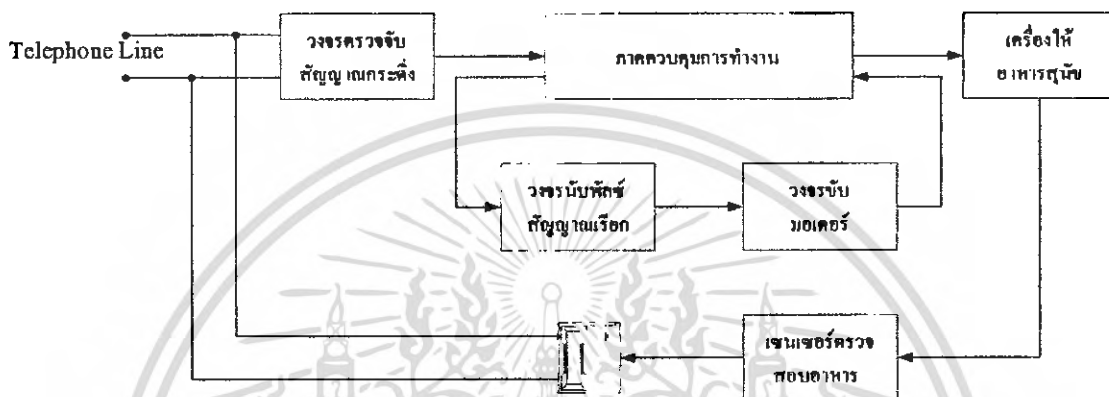
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

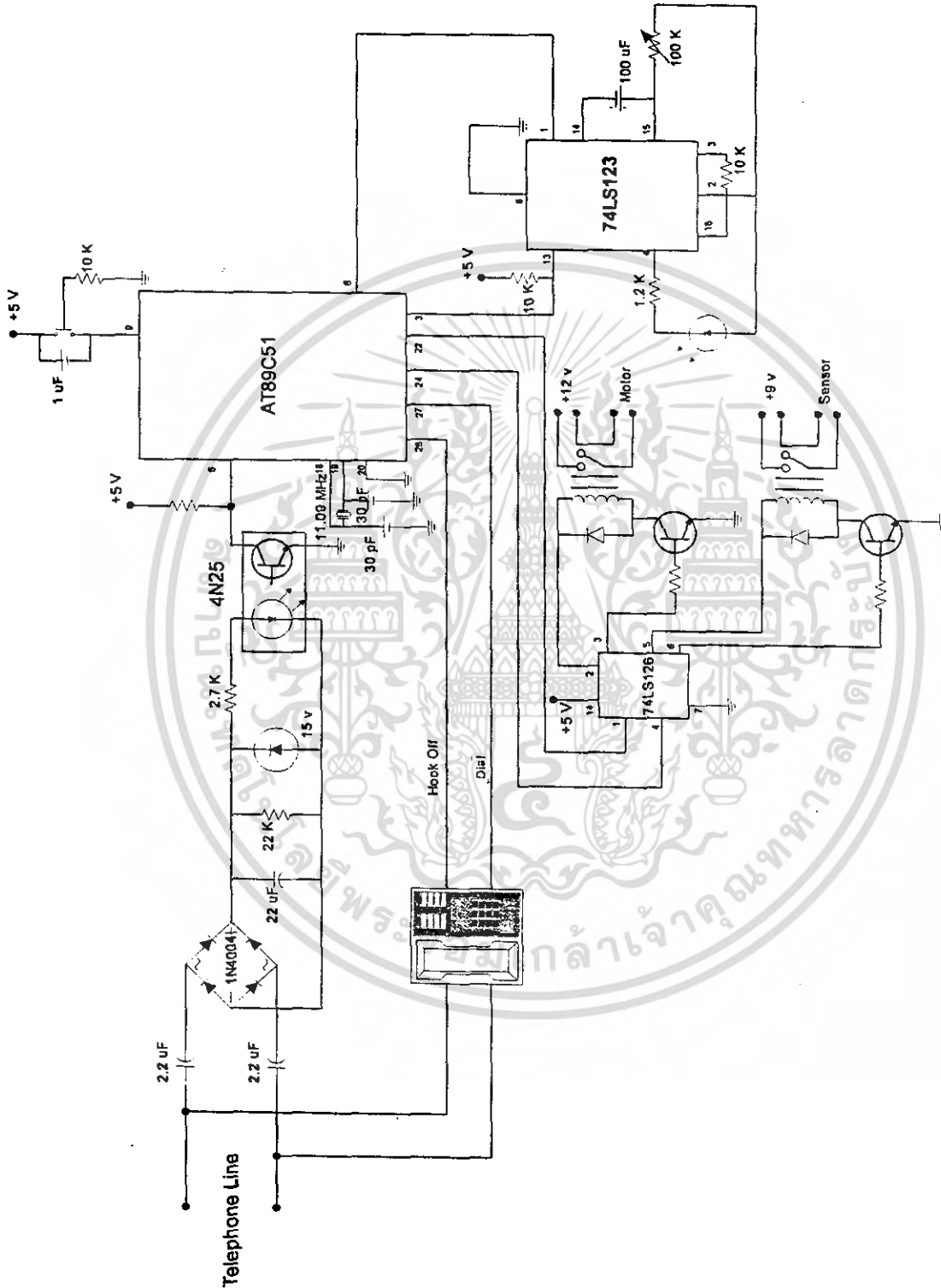
หลักการการทำงานของวงจร

บล็อกไดอะแกรมของเครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติ นั้น จะสามารถแสดง ได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมแสดงส่วนต่างๆ ของเครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติ

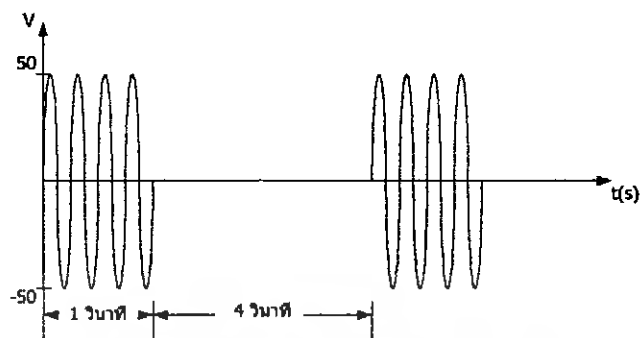
โดยวงจรจะต่อในลักษณะคร่อมอยู่กับคู่สายโทรศัพท์ซึ่งจะทำงานก็ต่อเมื่อมีใคร โทรศัพท์เข้ามาเท่านั้นเพราะว่าวงจรจะทำการตรวจจับเอาสัญญาณเรียกของกริ่งโทรศัพท์มาทรานส์ให้กับวงจรควบคุม จากบล็อกไดอะแกรมในรูปที่ 3.1 จะเห็นว่าเมื่อมีสัญญาณเรียก (Ringing Tone) ซึ่งเป็นสัญญาณไฟสลับประมาณ 100 โวลต์ ความถี่ 25 เฮิร์ตซ์เข้ามา สัญญาณจะถูกตรวจจับ โดยวงจรตรวจจับสัญญาณกระดิ่งเพื่อส่งต่อให้ภาคควบคุม ซึ่งภาคควบคุมจะทำหน้าที่นับพัลส์สัญญาณเรียก หากตรงกับค่าที่โปรแกรมไว้ก็จะสั่งงานวงจรมอเตอร์เพื่อเปิดเครื่องให้อาหารสุนัขทำงาน ซึ่งในขั้นงานนี้จะสั่งให้เครื่องทำงานเมื่อมีการ โทรเข้ามาแล้วให้กริ่งดัง 3 ครั้งแล้ววางหู และโทรเข้ามาแล้วให้กริ่งดัง 3 ครั้งแล้ววางหูติดกันอีกครั้ง หากจำนวนกริ่งที่ตั้งไม่เท่ากับ 3 ครั้งไม่ว่าในการโทรครั้งที่ 1 หรือครั้งที่ 2 ก็ตามเครื่องจะไม่ทำงาน เนื่องจากอาจเป็นการ โทรเข้ามาจากผู้อื่นที่ไม่ได้ประสงค์จะให้อาหารสุนัข ที่เครื่องให้อาหารสุนัขนั้นจะมีถาดอาหารสุนัขซึ่งมีวงจรตรวจสอบอาหารติดอยู่ ซึ่งเมื่ออาหาร ไหลลงมาในถาดเซนเซอร์จะตรวจสอบ และทำการ โทรออกไปยังหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ที่ตั้งไว้อัตโนมัติ เพื่อเป็นการแจ้งแก่เจ้าของสุนัขว่าเครื่องให้อาหารสุนัข ได้ทำงานเสร็จสิ้นแล้ว



รูปที่ 3.2 วงจรรวมของเครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติ

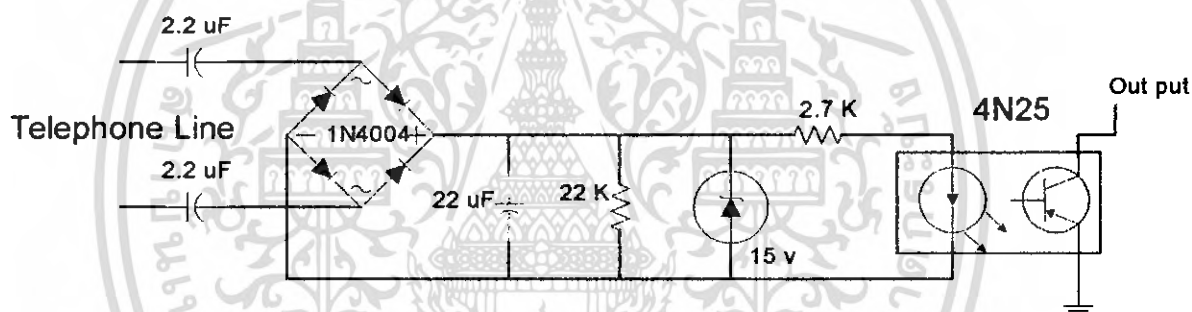
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เริ่มจากเมื่อมีโคร โทรเข้ามาสัญญาณกระตุ้นที่ส่งเข้ามาในภาคนี้จะมีลักษณะดังรูป 3.3



รูปที่ 3.3 ลักษณะสัญญาณกระตุ้น

3.1 วงจรตรวจจับสัญญาณกริ่ง



รูปที่ 3.4 วงจรตรวจจับสัญญาณกริ่ง

โดยมีแรงดัน V_{p-p} ในช่วงที่มีสัญญาณกริ่ง 25 โวลต์ เป็นเวลานาน 1 วินาที และหยุดเป็นเวลา 4 วินาที สัญญาณกริ่งที่เข้ามาจะผ่านตัวเก็บประจุไฟฟ้า (capacitor) ขนาด $2.2 \mu\text{F}$ ได้เนื่องจากเป็นกระแสสลับ แล้วจะถูกเรียงกระแสโดยใช้บริดจ์ไดโอด ออกมาเป็นไฟกระแสตรง จากนั้นนำไปต่อกับตัวเก็บประจุ $22 \mu\text{F}$ เพื่อช่วยกรองให้แรงดันไฟตรงที่ได้มีความเรียบยิ่งขึ้น แรงดันในช่วงที่ไม่มีสัญญาณกริ่งจะได้ 0 โวลต์ไฟกระแสตรงที่ได้มาจะถูกแบ่งกระแสให้ไหลผ่านตัวต้านทาน 22 K โอห์มและตัวต้านทาน 2.7 K โอห์ม โดยที่ตัวต้านทาน 2.7 K โอห์มนี้จะเป็นตัวที่จำกัดกระแสที่ไหลผ่านไดโอดซึ่งอยู่ในไอซีเบอร์ 4N25

ไอซี 4N25 นี้เป็น ไอซี เชื่อมโยงทางแสง (Opto coupler) ภายในมีไดโอดเปล่งแสง (LED) และโฟโตทรานซิสเตอร์ (Photo transistor) อยู่ กระแสในครึ่ง บวกเท่านั้นที่สามารถไหลผ่านไดโอดเปล่งแสงได้ และทำให้ไดโอดเปล่งแสงไปยังโฟโตทรานซิสเตอร์ และเมื่อโฟโตทรานซิสเตอร์ได้รับแสงจากไฟไดโอด จะทำให้กระแสสามารถไหลจากขั้วคอลเลกเตอร์ (Collector) ไปยังขาอิมิตเตอร์ (Emitter) ลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราวนด์ได้ เมื่อไม่มีสัญญาณกริ่ง เข้ามา Q_1 จะยังคงไม่นำกระแส (off) แรงดันที่ขาคอลเลคเตอร์ของไฟ ไลต์ทรานซิสเตอร์ ไม่สามารถไหลลงกราวนด์ที่ขามิตเตอร์ได้ ที่ขาคอลเลคเตอร์จึงมีค่าเกือบเท่ากับแหล่ง จ่ายหรือเทียบเท่ากับลอจิก “ 1 ” แต่เมื่อมีสัญญาณกริ่งเข้ามาและกริ่งโทรศัพท์ดัง 1 ครั้ง Q_1 จะได้รับแรง ดัน ไบอัสที่ถูกเรียกตีไฟร์มา จะทำให้มีกระแสค่าหนึ่งไหลผ่านไดโอดที่อยู่ภายใน ทรานซิสเตอร์ที่อยู่ภายใน ไอซี 4N25 จึงมีกระแสไหลผ่านจากขา 5 ไปขา 4 ไปไบอัส ให้ Q_1 On ส่งผลให้ขาคอลเลคเตอร์มีแรง ดันต่ำลงจนเกือบเท่ากับลอจิก “ 0 ” ผ่านเข้าสู่ AT89C51

3.2 ภาคควบคุมการทำงาน







ในส่วนของภาคควบคุมการทำงานจะใช้ ไอซีเบอร์ AT89C51 ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็น ตัวควบคุมการทำงาน โดยภายในภาคควบคุมจะประกอบไปด้วยส่วนหลักๆ คือ

1. โปรแกรมนับและเปรียบเทียบพัลส์สัญญาณเรียก

เมื่อมีสัญญาณเรียกเข้ามา ช่วงที่กริ่งดังวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งจะให้ระดับของเอาต์พุตเท่ากับ 0 โวลต์ (ลอจิก 0) ซึ่งเชื่อมต่อเข้าสู่ AT89C51 ที่ขา 21 จึงกำหนดให้โปรแกรมให้เริ่มทำการนับเมื่อขา 21 ของ AT89C51 ได้รับลอจิก 0 ช่วงที่เสียงกริ่งหยุดครู่หนึ่งระหว่างการเรียก วงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งจะ ให้ระดับของเอาต์พุตเท่ากับ 5 โวลต์ (ลอจิก 1) สั่งให้โปรแกรม ตรวจสอบที่ขา 21 ว่าหากได้รับลอจิก 1 ให้เพิ่มค่าการนับขึ้นหนึ่งค่า จากนั้นจึงตรวจสอบใหม่ว่ามีกริ่งดังครั้งต่อไปหรือไม่ คือที่ขา 21 เกิดลอจิก 0 ขึ้นอีกหรือไม่ หากเกิดลอจิก 0 อีกก็ให้กลับไปวนลูปทำการนับแบบเดิมอีกครั้ง จนกว่าสัญญาณเรียกจะ หมด โปรแกรมจะเก็บค่าจำนวนพัลส์ที่นับได้ไว้ที่แอดแควสหนึ่งหากค่านั้นตรงกับค่าที่เซตไว้โปรแกรม จะพร้อมทำงานส่วนต่อไป แต่หากไม่ตรงกับค่าที่เซตไว้โปรแกรมจะทำการรีเซตตัวเอง จากนั้นเมื่อมีการ โทรเข้ามาใหม่โปรแกรมจะทำการนับแบบเดิมจนกระทั่งผู้เรียกวางหู โปรแกรมจะเก็บค่าจำนวนพัลส์ที่ นับได้ไว้ที่อีกแอดแควสหนึ่ง ซึ่งหากค่าที่นับได้ในครั้งที่สองนี้ตรงกับค่าที่เซตไว้โปรแกรมจะสั่งงานให้วง จจรขับเคลื่อนมอเตอร์ทำงานเพื่อให้เครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติทำการปล่อยอาหาร แต่หากค่าที่นับได้ในครั้งที่ สองนี้ไม่ตรงกับค่าที่เซตไว้โปรแกรมก็จะทำการรีเซตตัวเองอีกเช่นกัน เมื่อผู้เรียกวางหูลงแล้วระดับเอาต์ พูตจากวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งจะกลับไปเป็นลอจิก 1 แต่เนื่องจากเวลาที่มีการเรียกเข้ามาจะมีทั้งช่วงที่ เกิดลอจิก 1 และลอจิก 0 ดังนั้นจึงไม่สามารถใช้ค่าลอจิก 1 ที่ขา 21 นี้ไปตรวจสอบได้ว่าการเรียกสิ้นสุดลง แล้ว ดังนั้นจึงต้องเชื่อมต่อ AT89C51 กับ ไอซีเบอร์ 74LS123 เพื่อให้สามารถตรวจสอบได้

การทำงานของไอซีเบอร์ 74LS123

ไอซีเบอร์ 74LS123 มีตารางค่าความจริงดังนี้

IN			OUT	
Clear	A	B	Q	\bar{Q}
L	X	X	L	H
X	H	X	L	H
X	X	L	L	H
H	L	↑		
H	↓	H		
↑	L	H		

เชื่อมต่อ 74LS123 กับ AT89C51 โดยการทำงานจะสั่งให้โปรแกรมชี้ที่ขา CLR ของ 74LS123 มีค่าเป็นลอจิก 1 หรือสถานะ high และเชื่อมต่อเอาต์พุตจากวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งเข้าสู่ขา อินพุต A ของ 74LS123 แล้วนำเอาต์พุตจากขา Q ของ 74LS123 เชื่อมต่อเข้าสู่ขา 3 ของ AT89C51

เมื่อเกิดสัญญาณเรียกขาน ที่ขาอินพุต A ของ 74LS123 จะได้รับลอจิกที่เปลี่ยนระดับจาก 1 ไปเป็น 0 ซึ่งก็ต่อจะเกิดขอบขาลงของพัลส์ เมื่อดูจากตารางค่าความจริงของ 74LS123 จะเห็นว่าเมื่อขาอินพุต A ได้รับขอบขาลงของพัลส์ และขา B และ CLR มีสถานะเป็น high จะทำให้ที่ขาเอาต์พุต Q เกิดพัลส์แบบบวก (Positive Pulse) ขึ้น คือเปลี่ยนจากลอจิก 0 ไปเป็น 1 และกลับมาเป็น 0 ในช่วงที่เกิดลอจิก 1 นั้น จะทำการหน่วงเวลาออกไปเท่ากับช่วงที่สัญญาณกริ่งดังและหยุด 1 ครั้งซึ่งนับเป็น 1 คาบ ซึ่งในระบบ โทรศัพท์นั้นเสียงกริ่งจะดัง 1 วินาที และหยุด 4 วินาที รวม 1 คาบเวลาเท่ากับ 5 วินาที

สามารถคำนวณหาค่า C_x และ R_x ที่จะนำมาต่อภายนอกของ 74LS123 ได้จากสมการ

$$t_w = K C_x R_x$$

โดย

R_x อยู่ในหน่วย $k\Omega$

C_x อยู่ในหน่วย pF

t_w อยู่ในหน่วย nS

$$K \approx 0.37$$

คาบเวลาเท่ากับ

$$t_w = 5 \times 10^9 \text{ nS}$$

ให้

$$C_x = 100 \mu\text{F} = 100 \times 10^6 \text{ pF}$$

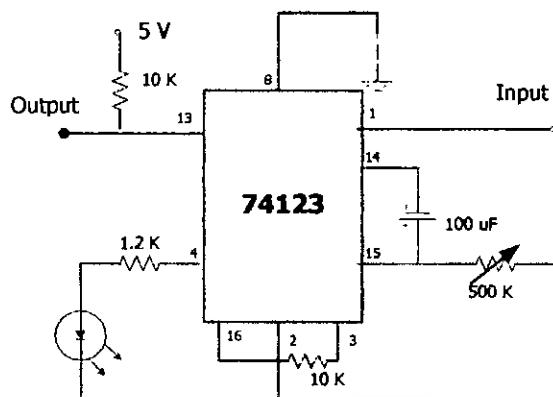
ดังนั้น

$$R_x = 5 \times 10^9 / 0.37 \times 100 \times 10^6$$

$$= 135 \text{ k}\Omega$$

ในโครงการนี้จะใช้ V_R ที่มีค่า $500 \text{ k}\Omega$ เนื่องจากมีความยืดหยุ่น สามารถปรับเปลี่ยนได้ หากในการปฏิบัติจริงมีการคลาดเคลื่อน ได้ผลไม่ตรงกับการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 วงจรหน่วงเวลา

เมื่อทำการหน่วงเวลาดังกล่าวออกไปแล้ว ช่วงที่เอาต์พุต Q จะตกลงเป็นลอจิก 0 ก็จะพอดีกับช่วงที่กริ่งดังครั้งต่อไปพอดี ซึ่งจะทำให้อาต์พุต Q เกิดพัลส์แบบบวกขึ้นใหม่ เอาต์พุต Q จึงมีค่าเป็น 1 ต่อเนื่องในช่วงที่ผู้โทรมายังไม่วางหู

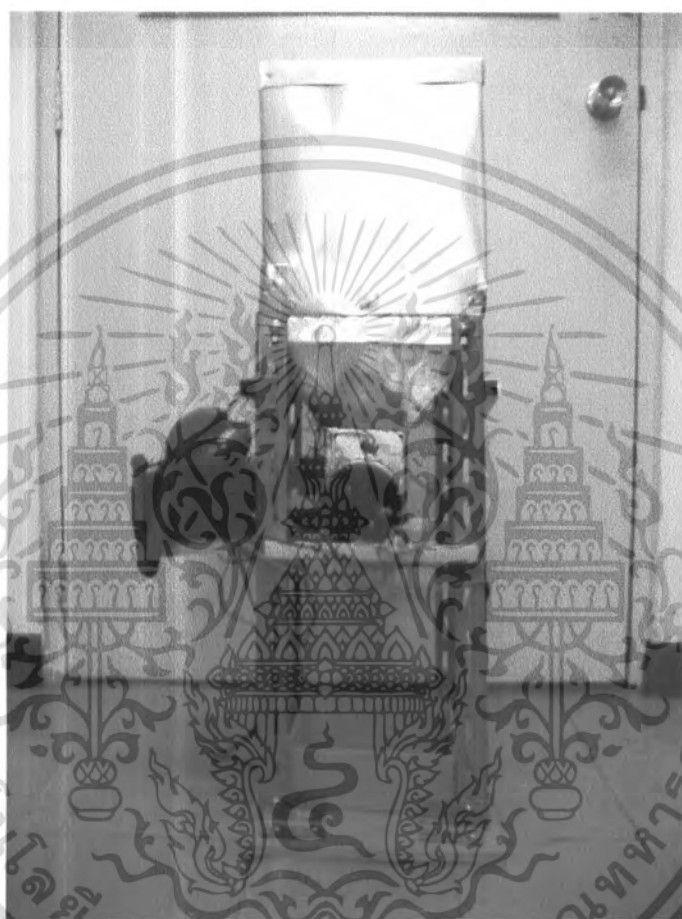
เมื่อผู้โทรมาวางหูโทรศัพท์ ขา A ของ 74LS123 จะได้รับลอจิก 1 ต่อเนื่องกันโดยไม่มี เกิดลอจิก 0 ดังนั้นจึงไม่เกิดขอบขาลงของสัญญาณ จากตารางค่าความจริงเมื่อขา A ได้รับสถานะ high ทำให้อาต์พุต Q มีสถานะเป็น low หรือลอจิก 0 ดังนั้นจึงจะใช้ค่าของเอาต์พุต Q นี้เชื่อมต่อเข้าสู่ AT89C51 ที่ขา 13 เพื่อใช้ในการตรวจสอบว่าการเรียกได้สิ้นสุดลงแล้ว

2. วงจรขั้วมอเตอร์

เมื่อมีการ โทรเข้ามาโดยจำนวนเสียงกริ่งตรงกับที่ได้โปรแกรมไว้ ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการสั่งงานให้วงจรขั้วรีเลย์ทำงาน โดยเมื่อหน้าสัมผัสในรีเลย์ติดไปที่ด้านปกติเปิด (Normally Open) จะเกิดการเชื่อมต่อมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงเข้ากับไฟตรง 12 โวลต์

3.3 เครื่องให้อาหารสุนัข

ส่วนปลายของเครื่องให้อาหารสุนัขดังรูปที่ 3.6 จะเปิดได้โดยเมื่อมอเตอร์หมุน จะไปหมุนเพื่อให้อาหารที่บรรจุอาหารปริมาณ 1 มื้อตกลงมา ทำให้อาหารไหลลงมายังถาดอาหารสุนัข เมื่อมอเตอร์หมุนจนครบรอบจะไปทริกสวิทช์ที่ติดไว้ที่เครื่อง ทำให้ไมโครคอนโทรลเลอร์สั่งงานหยุดวงจรขั้วรีเลย์ทำให้อาหารหยุดไหลลง และจะเริ่มสั่งงานให้วงจรเซนเซอร์ตรวจสอบปริมาณอาหารเริ่มทำงาน เพื่อให้ทราบว่าอาหารได้ไหลลงมาในถาดอาหารสุนัขแล้ว



รูปที่ 3.6 เครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจร เซนเซอร์ตรวจสอบปริมาณอาหาร

ที่ถาดอาหารสุนัขจะมีเซนเซอร์เพื่อตรวจสอบปริมาณอาหาร เมื่ออาหารตกลงในถาด เซนเซอร์ตรวจสอบพบก็จะส่งสัญญาณบอกแก่วงจร โทรออกซึ่งต่อกับคู่สายโทรศัพท์เพื่อให้โทร ไปแจ้งแก่เจ้าของโดยอัตโนมัติ

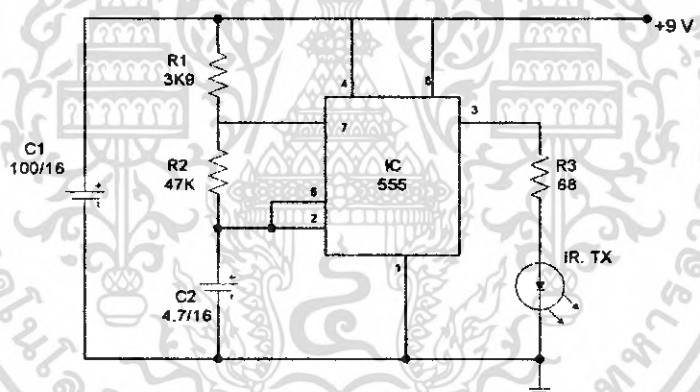
3.4.1 วงจรภาคส่งสัญญาณอินฟราเรด

โดยปกติแล้วเมื่อเราป้อนแรงไฟให้กับอินฟราเรดไดโอด ก็จะทำได้แสงอินฟราเรดซึ่งไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าออกมา

แต่ในการใช้งานจริง เราจำเป็นต้องป้อนสัญญาณพัลส์ที่มีความถี่ประมาณ 5 กิโลเฮิร์ตซ์ ให้กับอินฟราเรดไดโอด เพื่อขจัดสัญญาณรบกวนต่าง ๆ และลดพลังงานที่ป้อนให้กับไดโอดลงด้วย

ทั้งนี้ในรูปที่ 3.7 แสดงวงจรสำหรับส่งสัญญาณอินฟราเรด โดยอาศัยไอซี 555 เป็นตัวกำเนิดความถี่ 5 กิโลเฮิร์ตซ์ ในวงจรค่าความถี่ จะถูกกำหนดด้วยค่า R_1 , R_2 และ C_2 โดยที่สัญญาณเอาต์พุตจะมีช่วงสัญญาณ ออน - ออฟ 1 : 1

ตัวต้านทาน R_3 เป็นตัวจำกัดปริมาณการไหลของกระแสไฟที่ไหลผ่านอินฟราเรดไดโอด มีหมีค่าเกิน 50 มิลลิแอมป์

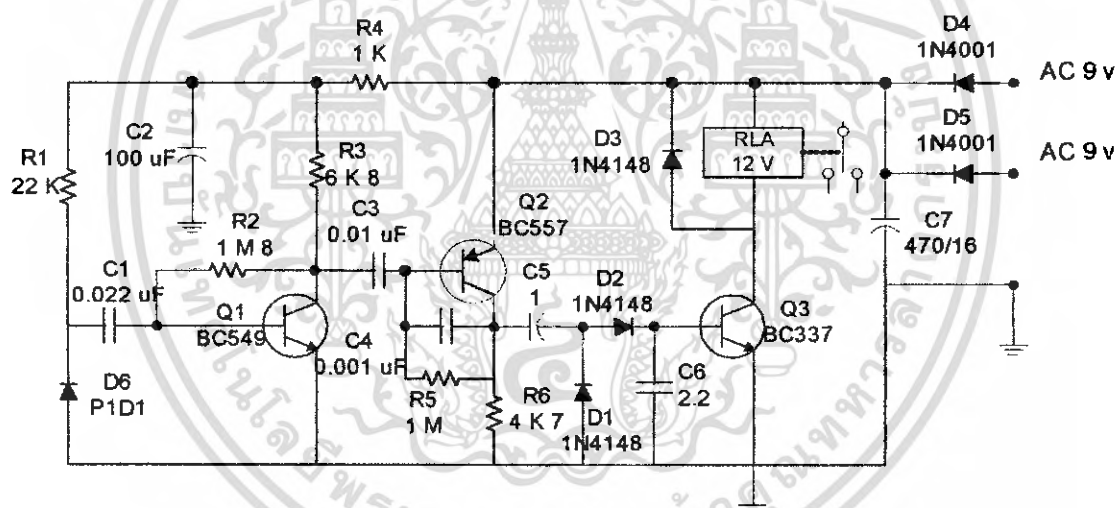


รูปที่ 3.7 วงจรภาคส่งสัญญาณอินฟราเรด

3.4.2 วงจรภาครับสัญญาณอินฟราเรด

วงจรภาครับดังแสดงในรูปที่ 3.8 จะเห็นได้ว่าโฟโต้ไดโอด จะต่อแบบรีวิสไบอัส ดังนั้นในขณะที่ไม่มีแสงอินฟราเรดส่องมากระทบตัวโฟโต้ไดโอด จะมีกระแสไหลผ่านตัวมันน้อยมาก ดังนั้นเมื่อมีแสงอินฟราเรดส่องมากระทบ จะทำให้เกิดกระแสไหลผ่านไดโอดอย่างมาก ทำให้เกิดแรงไฟสัญญาณ เปลี่ยนแปลงตามความถี่ของชุดส่งสัญญาณ ป้อนให้กับทรานซิสเตอร์ TR1 ซึ่งต่อร่วมกับ TR2 เป็นวงจรขยายประมาณ 100 เท่า

- C2 , C3 เป็นวงจรไฮพาสฟิลเตอร์ (High pass filter)
- ไดโอด D2 , D3 ทำหน้าที่เป็นวงจรแปลงแรงไฟสัญญาณให้เป็นแรงไฟตรง โดยมี C5 เป็นตัวกรองกระแสให้เรียบ
- แรงไฟเอาต์พุตที่ได้จะนำไปขับทรานซิสเตอร์ TR3 ให้รีเลย์ทำงาน
- วงจรนี้ รีเลย์จึงทำงานเมื่อมีแสงอินฟราเรดส่องจากชุดส่งมายังชุดรับ ถ้าลำแสงถูกตัดตอนหรือบังไว้ รีเลย์ก็จะหยุดทำงาน



รูปที่ 3.8 วงจรภาครับสัญญาณอินฟราเรด

3.5 วงจรโทรออกอัตโนมัติ

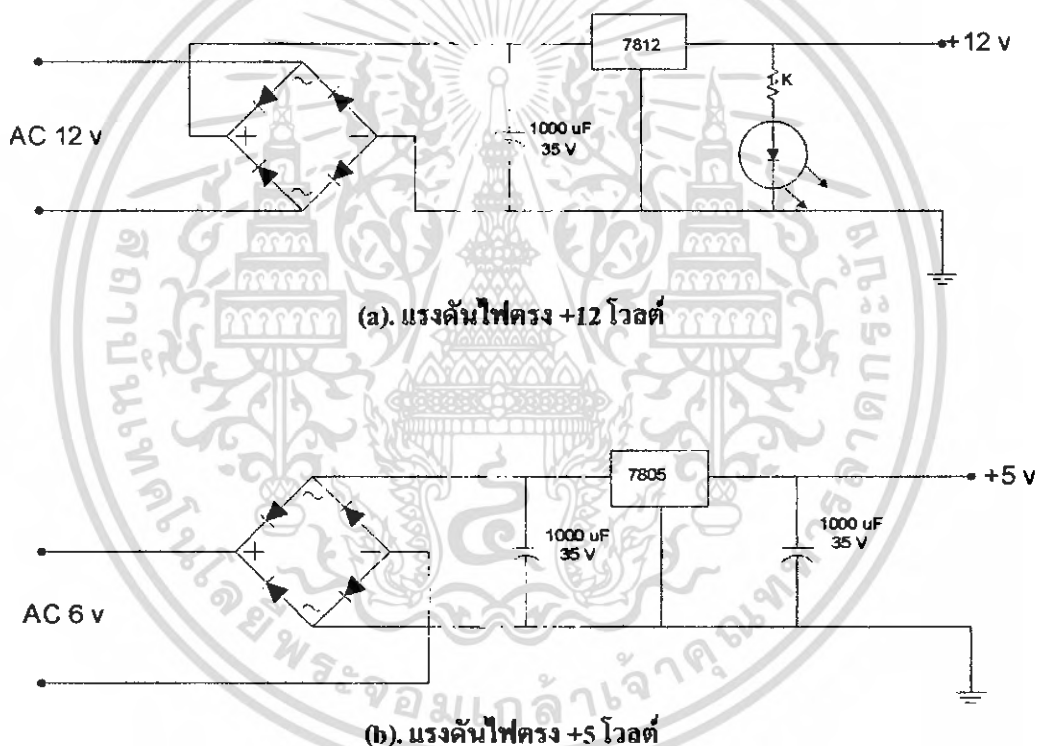
เมื่อเซนเซอร์ตรวจสอบพบว่าอาหารได้ถูกเทลงในถาดอาหารสุนัขแล้ว ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการสั่งงานเพื่อปิดสวิทช์ซุก เพื่อให้เกิดการยกหูโทรศัพท์ การโทรออกทำได้โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ จะทำการสั่งงานขั้วรีเลย์ซึ่งต่อเชื่อมให้หน้าสัมผัสในรีเลย์ติดไปที่ด้านปกติเปิด (Normally Open) จะเกิดการเชื่อมต่อปุ่มโทรออกซ้ำ (Redial) เสมือนการกดปุ่มนั้นทำให้สามารถโทรออกไปยังหมายเลขโทรศัพท์เคลื่อนที่ล่าสุดที่ได้ทำการบันทึกไว้ ซึ่งสามารถทำการเปลี่ยนแปลงเลขหมายได้เมื่อเปลี่ยนโทรศัพท์เคลื่อนที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนเสริม

ส่วนไฟเลี้ยงวงจร (Power Supply)

จากรูปเป็นวงจรแหล่งจ่ายไฟที่ใช้ในเครื่องส่งงานโทรศัพท์ โดยที่อินพุตของวงจรจะมีแรงดัน 6 โวลต์และ 12 โวลต์โดยได้ผ่านหม้อแปลงมาแล้วผ่านวงจรบริดจ์ เร็คติไฟเออร์ (Bridge Rectifier) เปลี่ยนให้เป็นแรงดันไฟตรงแล้วผ่านตัวเก็บประจุ $1000 \mu\text{F} / 35 \text{ v}$. 1 ตัวเพื่อให้แรงดันที่ได้กระเพื่อมน้อยที่สุดเข้าไอซี เบอร์ 7805 และ 7812 ซึ่งเป็นเร็กกูเลเตอร์ (Regulator) ที่ขา 1 ของแต่ละไอซี และที่ขา 3 ของไอซี 7805 จะได้แรงดันไฟตรงบวก 5 โวลต์ส่วนที่ขา 2 ของ ไอซี 7805 จะเป็นกราวด์ ส่วนที่ขา 3 ของ ไอซี 7812 จะได้แรงดันไฟตรงบวก 12 โวลต์และที่ขา 2 ของ ไอซี 7812 จะได้แรงดันไฟตรงลบ 12 โวลต์ ส่วน LED ที่ต่อคร่อมระหว่างขา 2 และขา 3 ของ ไอซีนั่น คื่อเพื่อแสดงสถานะของไฟ



รูปที่ 3.9 แสดงวงจรตามรูปของแหล่งจ่ายไฟ

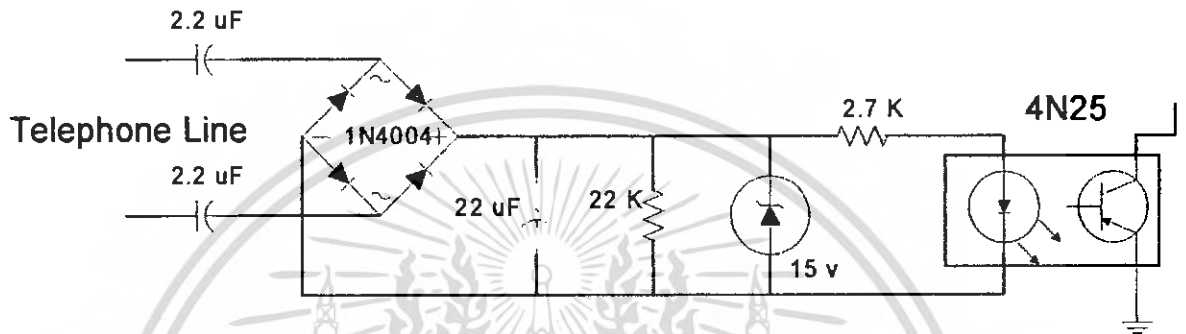
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลอง และผลการทดลอง

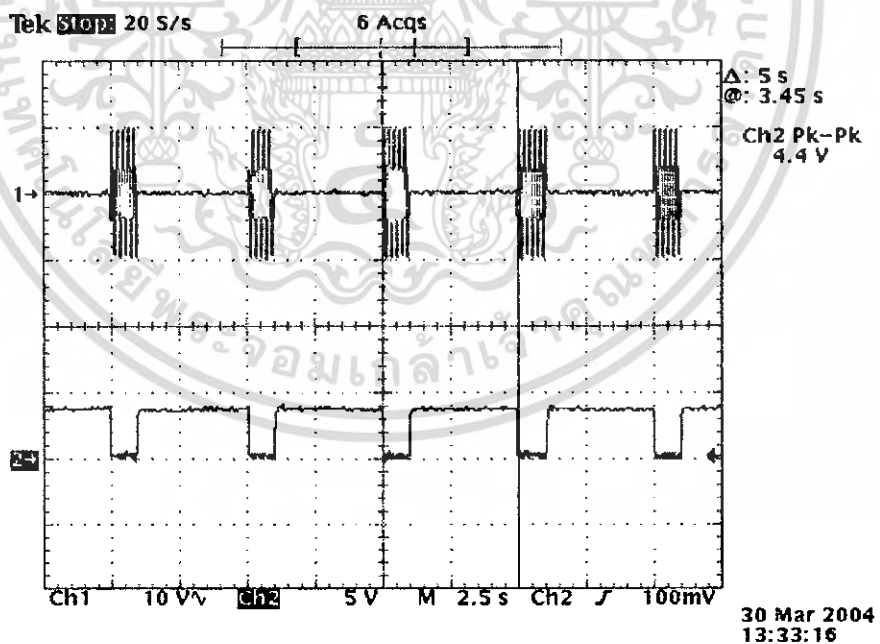
4.1 การทดลองวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่ง

ต่อวงจรตามรูปที่ 4.1 แล้ววัดสัญญาณจากคู่สายโทรศัพท์ เทียบกับเอาต์พุตจากวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่ง



รูปที่ 4.1 วงจรตรวจจับสัญญาณกริ่ง

ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.2

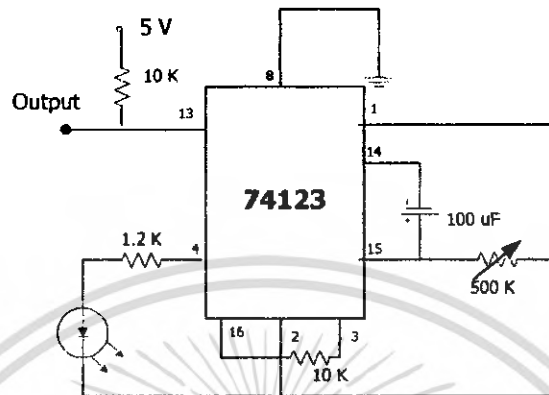


รูปที่ 4.2 Ch.1 : แสดงถึงสัญญาณกริ่ง (x10) เปรียบเทียบกับ
Ch.2 : สัญญาณกริ่งที่ผ่านวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

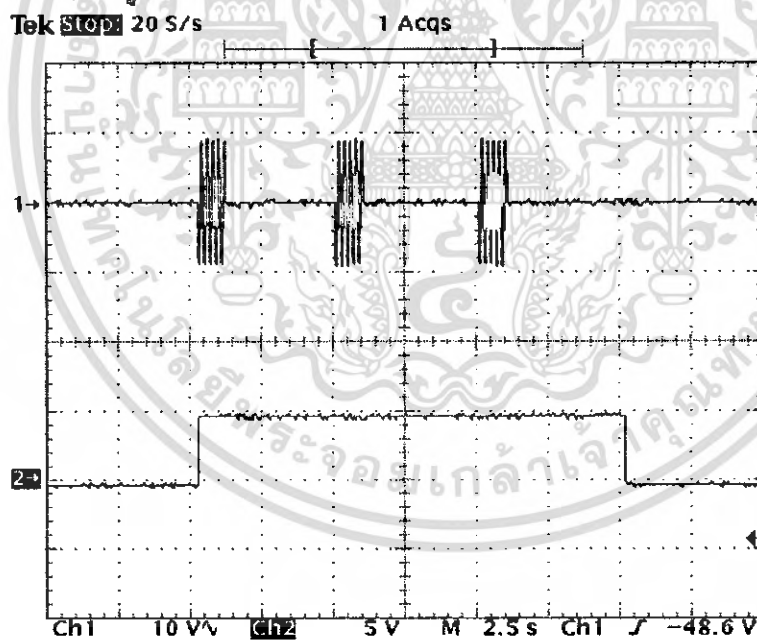
4.2 การทดลองวงจรหน่วงเวลา

ต่อวงจรตามรูปที่ 4.3 โดยนำเอาต์พุตจากวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่งป้อนที่ขา 1 ของไอซี 74LS123 แล้ววัดเอาต์พุตที่ขา 13 ของไอซี 74LS123



รูปที่ 4.3 วงจรหน่วงเวลา

ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.4



23 Oct 2003
14:47:01

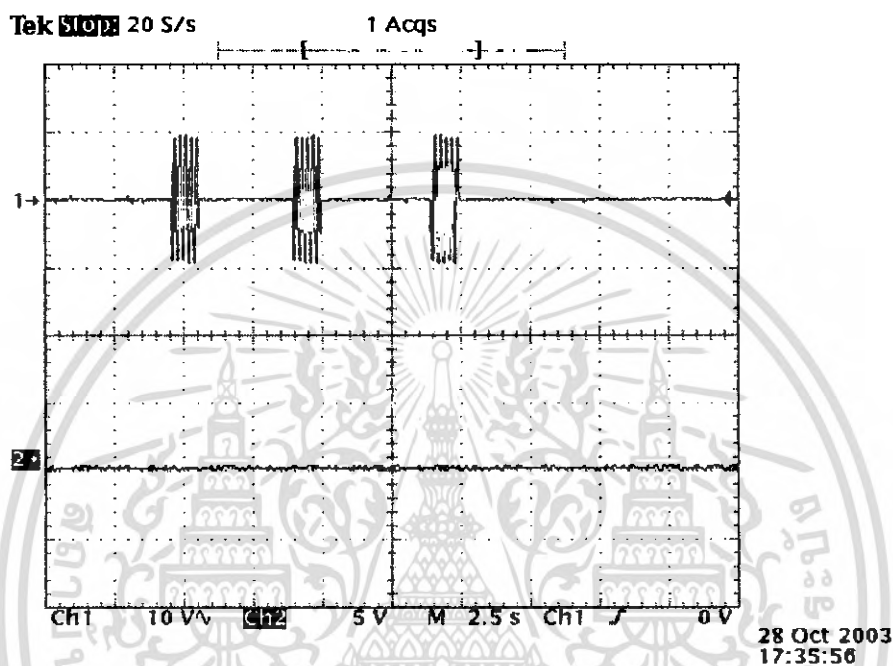
รูปที่ 4.4 Ch.1 : แสดงถึงสัญญาณกริ่ง (x10) เปรียบเทียบกับ
Ch.2 : การทำงานของไอซีเบอร์ 74LS123

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดสอบการทำงานของวงจรขับมอเตอร์

ต่อวงจรตรวจจับสัญญาณกริ่ง วงจรหน่วงเวลาและมอเตอร์เข้าด้วยกันโดยใช้โปรแกรมตอนท้ายของรายงานลงใน AT89C51 แล้วทำการโทรเข้ามา

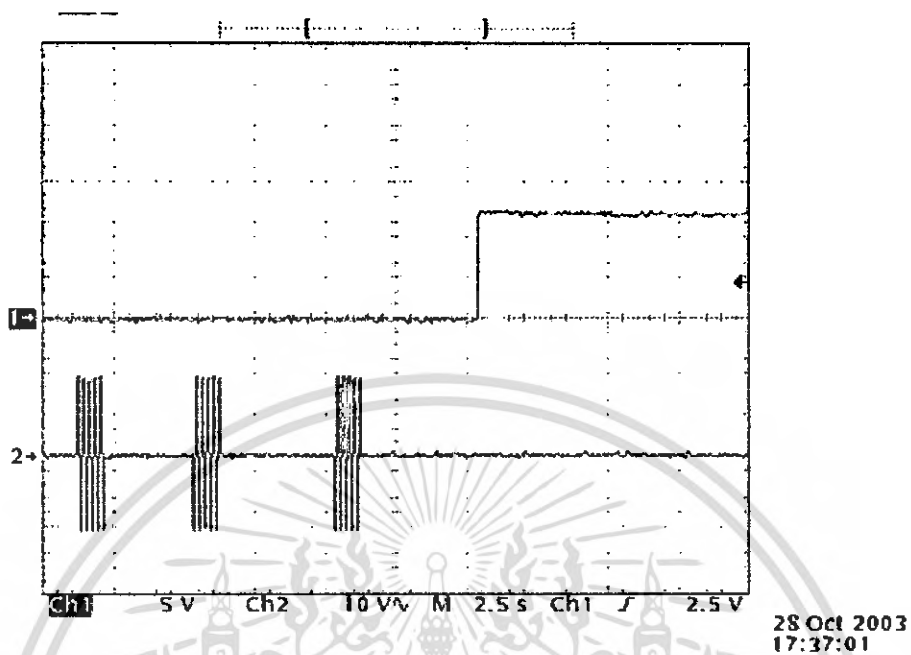
ได้ผลการทดลองดังรูปที่ 4.5 คือเมื่อกริ่งดัง 3 ครั้งแล้วหยุดในการโทรครั้งแรก จะยังไม่มีการจ่ายไฟออกเพื่อจ่ายไฟให้กับมอเตอร์



รูปที่ 4.5 Ch.1 : แสดงถึงสัญญาณกริ่งที่ดัง 3 ครั้ง (โทรครั้งแรก) (x 10)

Ch.2 : ไม่มีการจ่ายไฟออกเพื่อแสดงว่ามอเตอร์ไม่ทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

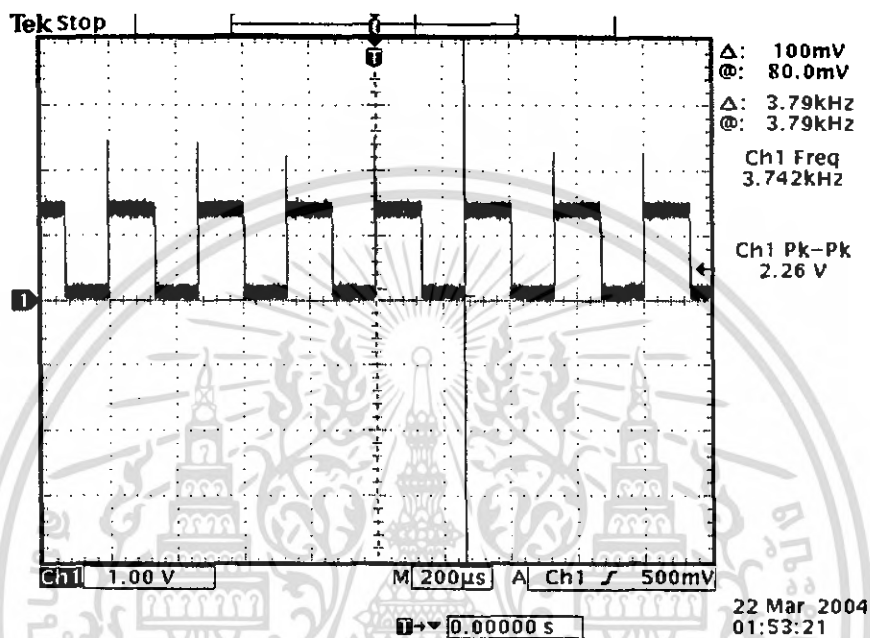


รูปที่ 4.6 Ch.1 : แสดงถึง การจ่ายไฟออกเพื่อแสดงว่ามอเตอร์ทำงาน
Ch.2 : สัญญาณกริ่งที่ตั้ง 3 ครั้ง (โทรครั้งที่สอง) (x10)

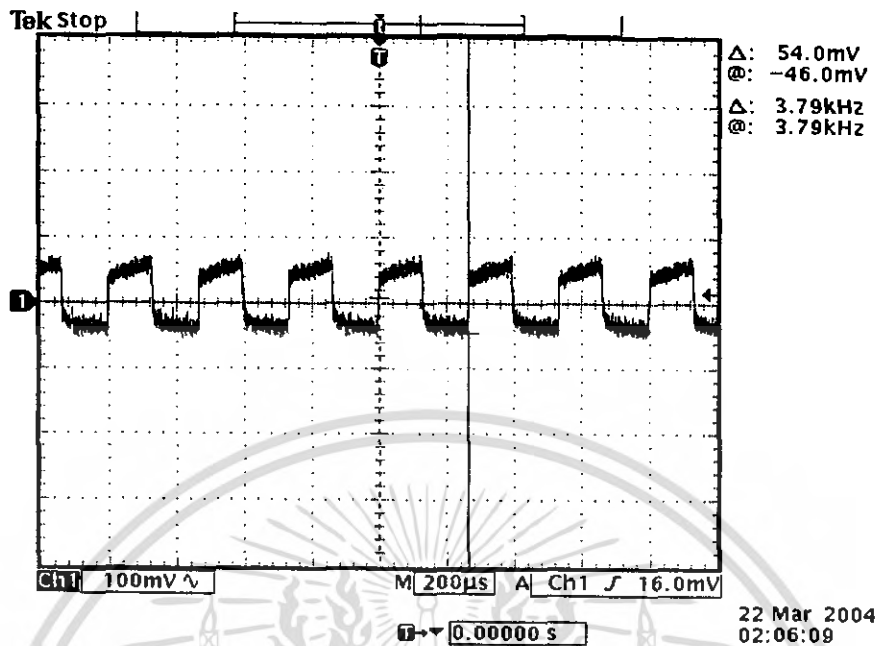
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 วงจรภาคส่งและรับสัญญาณอินฟราเรด

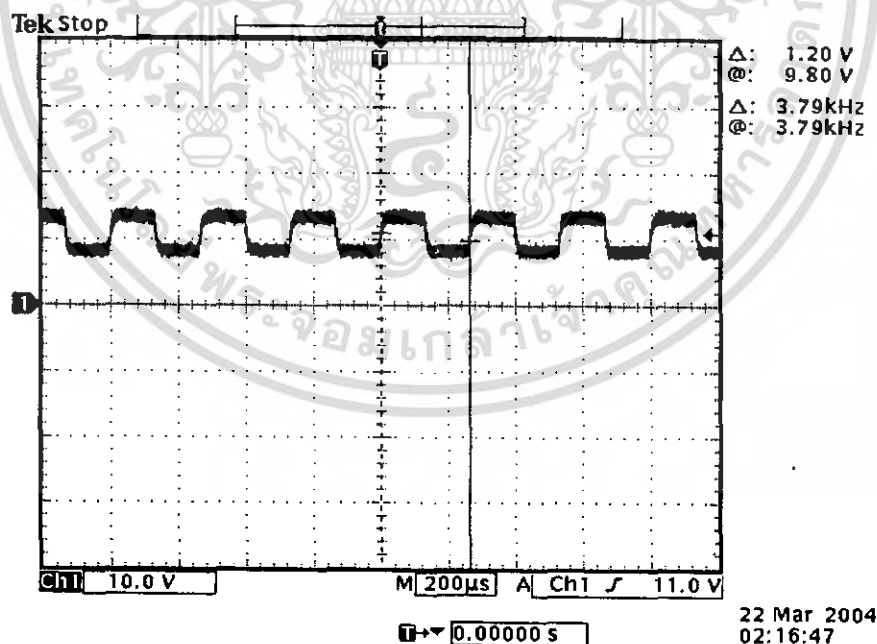
ต่อวงจรภาคส่งสัญญาณอินฟราเรดดังรูปที่ 3.6 และวงจรภาครับสัญญาณอินฟราเรดดังรูปที่ 3.7 แล้วทำการวัดสัญญาณตามจุดต่างๆ ซึ่งผลการวัดที่ได้มีดังนี้



รูปที่ 4.7 แสดงลักษณะสัญญาณที่วัดจากรองอินฟราเรดตัวส่งขณะที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง

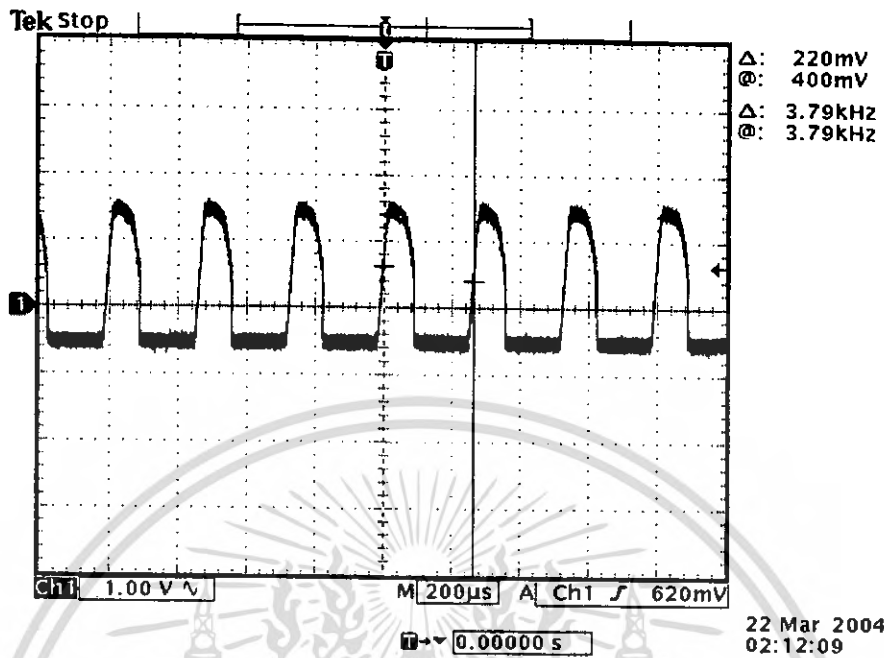


รูปที่ 4.8 แสดงลักษณะสัญญาณที่วัดจากรวมอินฟราเรดตัวรับขณะไม่มีสิ่งกีดขวาง

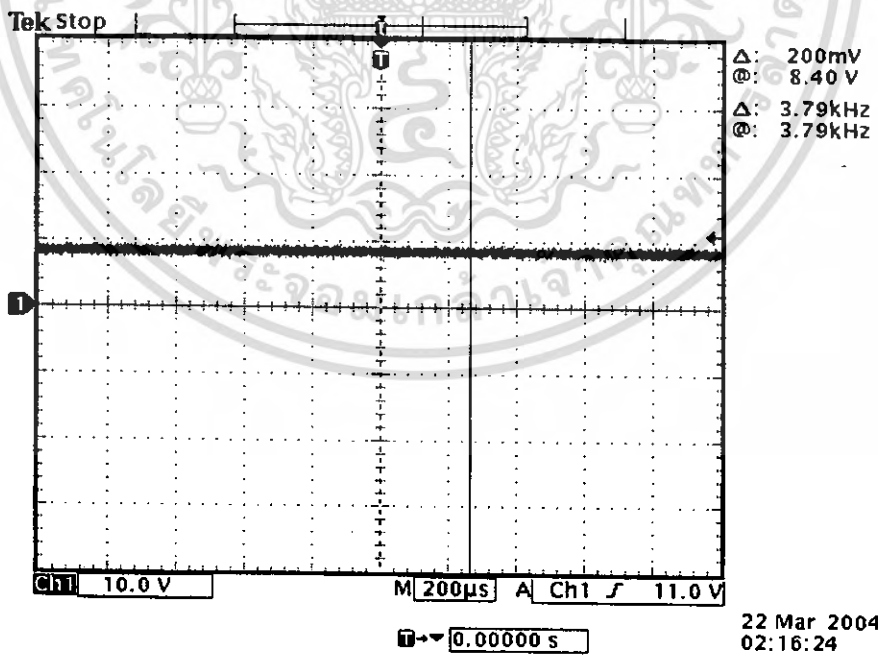


รูปที่ 4.9 แสดงลักษณะสัญญาณที่ขยายจากอินฟราเรดตัวรับขณะที่ไม่มีสิ่งกีดขวาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 แสดงลักษณะสัญญาณพัลส์ก่อนผ่านไดโอด



รูปที่ 4.11 แสดงลักษณะสัญญาณที่มีสิ่งกีดขวางมาบังตำแหน่งอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์ผลการทดลอง

ผลการทดลองที่ได้ใกล้เคียงกับหลักการการทำงานของวงจรดังกล่าวมาแล้วในบทที่ 3 นั่นคือ เมื่อทำการเชื่อมสายโทรศัพท์เข้ากับวงจร จากนั้นป้อนแรงดันขนาด 12 โวลต์ เข้าไปยังวงจรแล้วแอลอีดี จะติดแสดงสถานะว่าตัววงจรมีไฟเลี้ยงแล้วจึงทำการ โทรศัพท์เข้ามายังโทรศัพท์ที่ถูกต่อเชื่อม เมื่อเสียงกริ่ง โทรศัพท์ดังขึ้น 3 ครั้ง แล้วยกเลิกการติดต่อ แล้วโทรเข้ามาให้กริ่งดังอีก 3 ครั้งก็จะทำให้เครื่องให้อาหารสุนัขทำงาน จากนั้นส่วนตรวจจับอาหารทำงานและมีการ โทรออกไปยังหมายเลข โทรศัพท์ที่ได้ทำการกำหนดไว้

ข้อบกพร่องของโครงการ

ในปัจจุบันเทคโนโลยีการสื่อสาร ได้ก้าวหน้ามากขึ้นและโทรศัพท์เคลื่อนที่มีราคาถูกลงประชาชนส่วนใหญ่ใช้โทรศัพท์เคลื่อนที่เป็นจำนวนมาก โครงการจึงประยุกต์ใช้กับโทรศัพท์เคลื่อนที่เท่านั้น เนื่องจากการ โทรออกในระยะเวลาอันสั้นเพื่อแสดงเลขหมาย

แนวทางในการพัฒนาต่อ

อุปกรณ์ชิ้นนี้ยังสามารถพัฒนาเพื่อประโยชน์ในทางอื่นๆ เช่น นำไปเปิดปิดอุปกรณ์ไฟฟ้าภายในบ้าน โดยการต่อเต้ารับ และเขียนโปรแกรมเพิ่มเติม หรืออาจสามารถใช้เป็น โทรศัพท์เคลื่อนที่โดยการต่อชุดเซนเซอร์เพิ่ม เพื่อตรวจจับผู้บุกรุก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

วรพจน์ กรแก้ววิวัฒนกุล , เรียนรู้และปฏิบัติการ ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช , บริษัท อินโนเวทีฟ เอ็กเพอริเม้นต์ จำกัด

รศ. สมยศ จุณณะปิยะ , การประยุกต์ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 , สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , กรุงเทพมหานคร , 2541

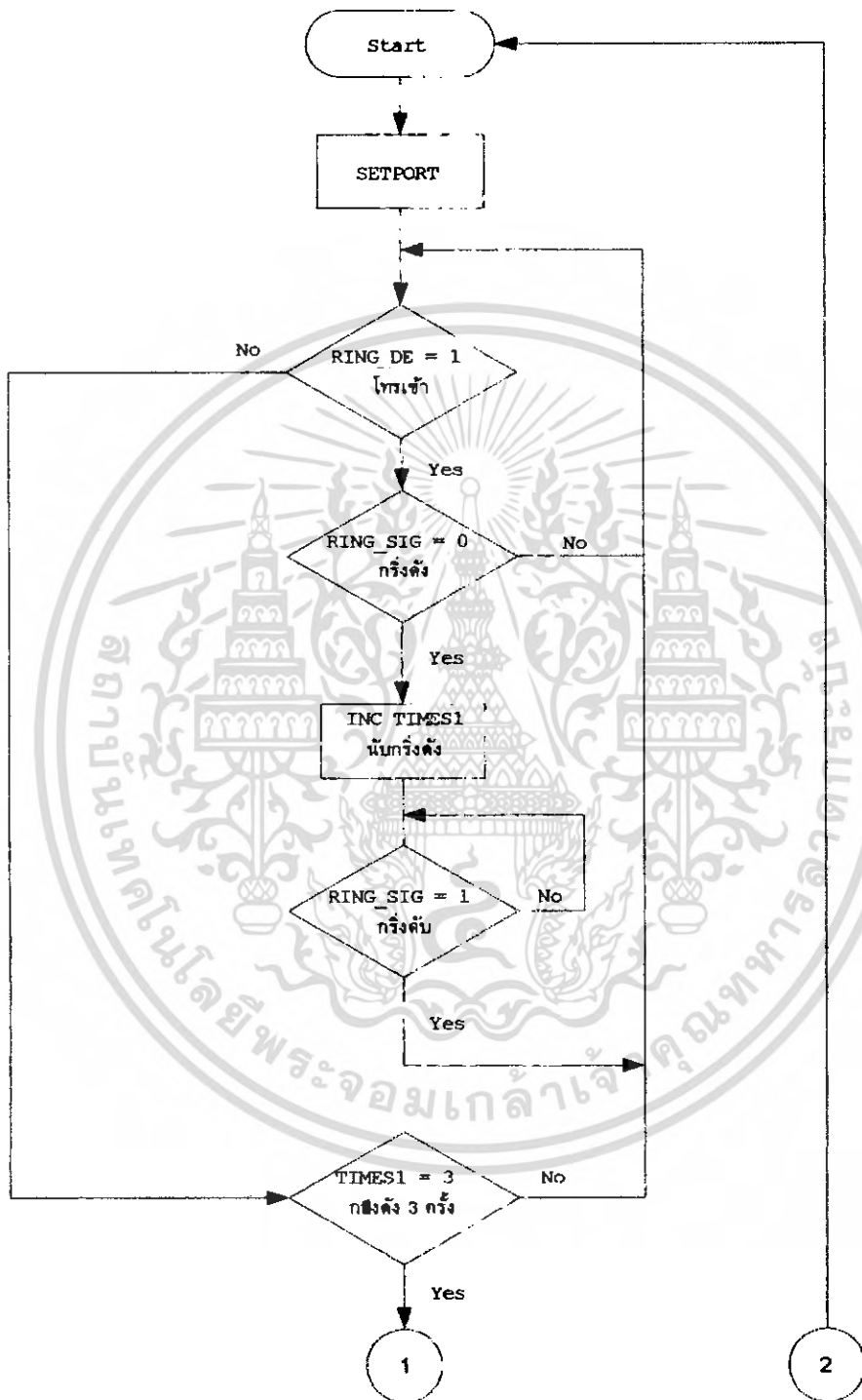


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

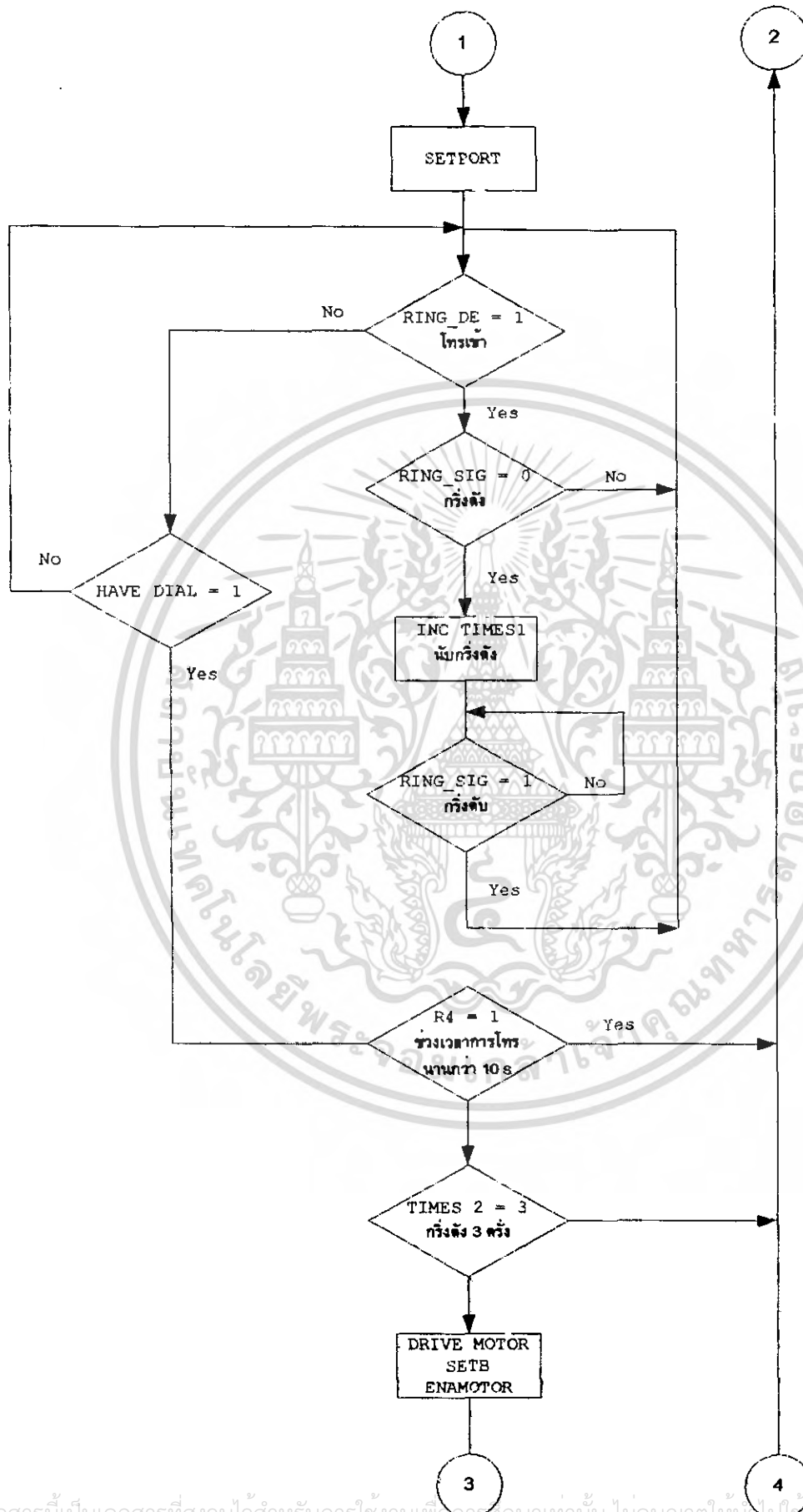


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

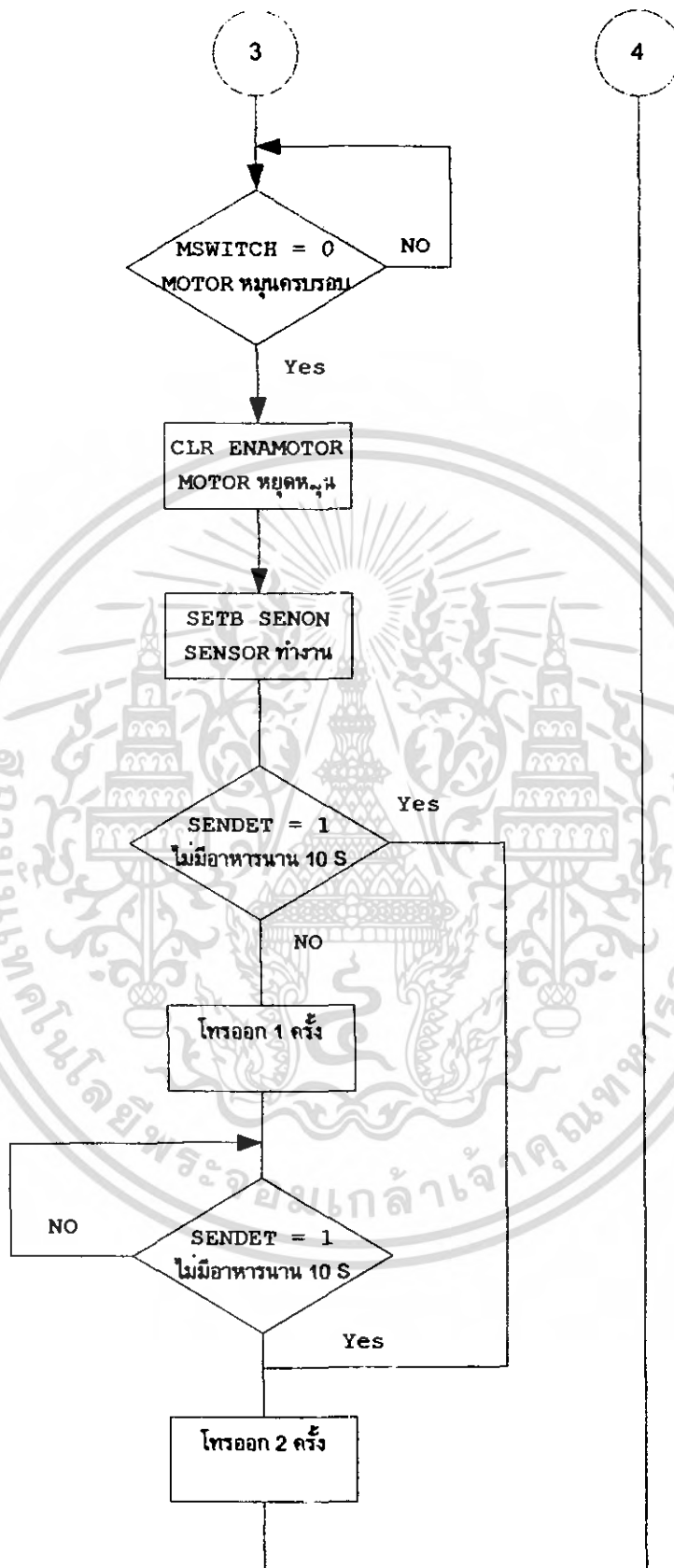
รูปโฟลวชาร์ต



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้ในเครื่องให้อาหารสุนัขอัตโนมัติ

```

ORG          0000H
LJMP        START

RING_SIG    BIT          P2.0
RING_DE     BIT          P1.2
HAVE_DIAL   EQU         042H
TIMES1      EQU         040H
TIMES2      EQU         041H
ENAMOTOR    BIT          P2.1      ;1=ON    0=OFF
MSWITCH     BIT          P2.2      ;1=OPEN  0=CLOSE
SENON       BIT          P2.3      ;1=ON    0=OFF
SENDET      BIT          P2.4      ;1=FOOD  0=NO FOOD
HOOK        BIT          P2.5
DIAL        BIT          P2.6

ORG          000BH
CLR         TR0
MOV        TH0,#00H
MOV        TL0,#00H
CJNE      R0,#0,NO10S1
CJNE      R1,#0,NO10S2
MOV        R4,#1
CLR         TR0
RETI

NO10S1:     MOV        A,R0
            DEC        A
            MOV        R0,A
            SETB       TR0
            RETI

NO10S2:     MOV        A,R1
            DEC        A
            MOV        R1,A
            SETB       TR0
            RETI

START:      SETB       P1.0
            MOV        HAVE_DIAL,#0
            CLR        ENAMOTOR
            CLR        SENON
            CLR        DIAL
            CLR        HOOK
            LCALL      DELAY_100MS

START1:     MOV        TIMES1,#0
            MOV        TIMES2,#0
            MOV        R4,#0
            MOV        R0,#0
            MOV        R1,#0
            CLR        TR0

ONHOOK1_1:  JB         RING_DE,ONHOOK1_2
            LCALL      DELAY_10MS
            JB         RING_DE,ONHOOK1_2
            LJMP       OFFHOOK1
    
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ONHOOK1_2:    JB          RING_SIG,ONHOOK1_1
              LCALL     DELAY_10MS
              JB          RING_SIG,ONHOOK1_1

              INC          TIMES1

RING1:        JNB          RING_SIG,RING1
              LCALL     DELAY_10MS
              JNB          RING_SIG,RING1

              LJMP      ONHOOK1_1

OFFHOOK1:    MOV          A,#3
              CJNE     A,TIMES1,NOTEQU1
              LJMP      DETECT2

NOTEQU1:     LJMP      START

DETECT2:     MOV          TH0,#00H
              MOV          TL0,#00H
              MOV          R0,#0FFH
              MOV          R1,#150
              MOV          IE,#10000010B
              MOV          TMOD,00000001B

              CLR          P1.0
              LCALL     DELAY_1S
              SETB     P1.0

              SETB     TR0

ONHOOK2_1:   JB          RING_DE,ONHOOK2_2
              LCALL     DELAY_10MS
              JB          RING_DE,ONHOOK2_2

              MOV          A,#1
              CJNE     A,HAVEDIAL,NODIAL
              LJMP      OFFHOOK2

NODIAL:      LJMP      ONHOOK2_1

ONHOOK2_2:   JB          RING_SIG,ONHOOK2_1
              LCALL     DELAY_10MS
              JB          RING_SIG,ONHOOK2_1

              INC          TIMES2
              MOV          HAVEDIAL,#1
              CLR          TR0

RING2:       JNB          RING_SIG,RING2
              LCALL     DELAY_10MS
              JNB          RING_SIG,RING2

              LJMP      ONHOOK2_1

OFFHOOK2:    CJNE     R4,#1,FLOW
              LJMP      START

FLOW:        MOV          A,#3
              CJNE     A,TIMES2,NOTEQU2
              LJMP      DRIVEMOTOR

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NOTEQU2:          LJMP          START

DRIVEMOTOR:      SETB          ENAMOTOR

LOOP:            JB           MSWITCH, LOOP
                LCALL        DELAY_10MS
                JB           MSWITCH, LOOP

                LCALL        DELAY_1S
                LCALL        DELAY_1S
                CLR          ENAMOTOR

                SETB        SENON
                LCALL        DELAY_1S
                LCALL        DELAY_1S
LOOP1:          MOV          R4, #1
DELAY_10S4:     MOV          R5, #100
DELAY_10S1:     MOV          R7, #100
DELAY_10S2:     MOV          R6, #0E6H
DELAY_10S3:     JB           SENDET, LOOP2
                DJNZ        R6, DELAY_10S3
                DJNZ        R7, DELAY_10S2
                DJNZ        R5, DELAY_10S1
                DJNZ        R4, DELAY_10S4

                LJMP        DIAL2T

LOOP2:          LCALL        DELAY_10MS
                JNB         SENDET, LOOP1

                CLR         P1.0
                LCALL        DELAY_3S
                SETB        P1.0

                SETB        HOOK
                LCALL        DELAY_3S
                SETB        DIAL
                LCALL        DELAY_3S
                CLR         DIAL
                LCALL        DELAY_5S
                LCALL        DELAY_1S
                CLR         HOOK

DELAY_60S:      MOV          R4, #1
DELAY_60S4:     MOV          R5, #100
DELAY_60S1:     MOV          R7, #100
DELAY_60S2:     MOV          R6, #0E6H
DELAY_60S3:     JB           SENDET, DELAY_60S
                DJNZ        R6, DELAY_60S3
                DJNZ        R7, DELAY_60S2
                DJNZ        R5, DELAY_60S1
                DJNZ        R4, DELAY_60S4

DIAL2T:         CLR          SENON

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

SETB          HOOK          ;FIRST TIME
LCALL         DELAY_3S
SETB          DIAL
LCALL         DELAY_3S
CLR           DIAL
LCALL         DELAY_5S
LCALL         DELAY_1S
CLR           HOOK

LCALL         DELAY_1S
LCALL         DELAY_1S

SETB          HOOK          ;SECOND TIME
LCALL         DELAY_3S
SETB          DIAL
LCALL         DELAY_3S
CLR           DIAL
LCALL         DELAY_5S
LCALL         DELAY_1S
CLR           HOOK

CLR           P1.0
LCALL         DELAY_5S

LJMP         START

DELAY_10MS:   MOV          R7,#10
DELAY_10MS1: MOV          R6,#0E6H
DELAY_10MS2: NOP
              NOP
              DJNZ         R6,DELAY_10MS2
              DJNZ         R7,DELAY_10MS1
              RET

DELAY_100MS: MOV          R7,#100
DELAY_100MS1:MOV          R6,#0E6H
DELAY_100MS2: NOP
              NOP
              DJNZ         R6,DELAY_100MS2
              DJNZ         R7,DELAY_100MS1
              RET

DELAY_1S:    MOV          R5,#10
DELAY_1S1:   MOV          R7,#100
DELAY_1S2:   MOV          R6,#0E6H
DELAY_1S3:   NOP
              NOP
              DJNZ         R6,DELAY_1S3
              DJNZ         R7,DELAY_1S2
              DJNZ         R5,DELAY_1S1
              RET

DELAY_3S:    MOV          R5,#30
DELAY_3S1:   MOV          R7,#100
DELAY_3S2:   MOV          R6,#0E6H
DELAY_3S3:   NOP
              NOP
              DJNZ         R6,DELAY_3S3
              DJNZ         R7,DELAY_3S2
              DJNZ         R5,DELAY_3S1
              RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

DELAY_4S:      MOV          R5, #40
DELAY_4S1:     MOV          R7, #100
DELAY_4S2:     MOV          R6, #0E6H
DELAY_4S3:     NOP
               NOP
               DJNZ         R6, DELAY_4S3
               DJNZ         R7, DELAY_4S2
               DJNZ         R5, DELAY_4S1
               RET

```

```

DELAY_5S:      MOV          R5, #50
DELAY_5S1:     MOV          R7, #100
DELAY_5S2:     MOV          R6, #0E6H
DELAY_5S3:     NOP
               NOP
               DJNZ         R6, DELAY_5S3
               DJNZ         R7, DELAY_5S2
               DJNZ         R5, DELAY_5S1
               RET

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DM74LS123 Dual Retriggerable One-Shot with Clear and Complementary Outputs

General Description

The DM74LS123 is a dual retriggerable monostable multivibrator capable of generating output pulses from a few nano-seconds to extremely long duration up to 100% duty cycle. Each device has three inputs permitting the choice of either leading edge or trailing edge triggering. Pin (A) is an active-LOW transition trigger input and pin (B) is an active-HIGH transition trigger input. The clear (CLR) input terminates the output pulse at a predetermined time independent of the timing components. The clear input also serves as a trigger input when it is pulsed with a low level pulse transition ($\bar{\downarrow}$). To obtain the best trouble free operation from this device please read the operating rules as well as the Fairchild Semiconductor one-shot application notes carefully and observe recommendations.

Features

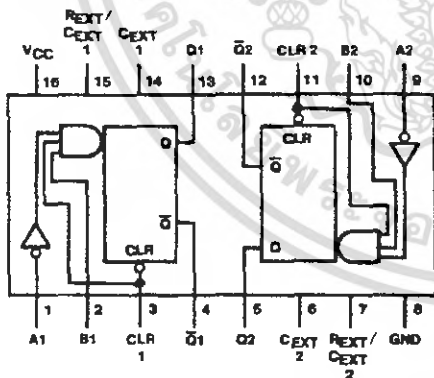
- DC triggered from active-HIGH transition or active-LOW transition inputs
- Retriggerable to 100% duty cycle
- Compensated for V_{CC} and temperature variations
- Triggerable from CLEAR input
- DTL, TTL compatible
- Input clamp diodes

Ordering Code:

Order Number	Package Number	Package Description
DM74LS123M	M16A	16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150 Narrow
DM74LS123SJ	M16D	16-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
DM74LS123N	N16E	16-Lead Plastic Dual-In-Line Package (PDIP), JEDEC MS-001, 0.300 Wide

Devices also available in Tape and Reel. Specify by appending the suffix letter "X" to the ordering code.

Connection Diagram



Function Table

CLEAR	Inputs		Outputs	
	A	B	Q	Q̄
L	X	X	L	H
X	H	X	L	H
X	X	L	L	H
H	L	↑	↓	↓
H	↓	H	↓	↓
↑	L	H	↓	↓

H = HIGH Logic Level
L = LOW Logic Level
X = Can Be Either LOW or HIGH
↑ = Positive Going Transition
↓ = Negative Going Transition
↓ = A Positive Pulse
↓ = A Negative Pulse

Functional Description

The basic output pulse width is determined by selection of an external resistor (R_X) and capacitor (C_X). Once triggered, the basic pulse width may be extended by retriggering the gated active-LOW transition or active-HIGH transition inputs or be reduced by use of the active-LOW or

CLEAR input. Retriggering to 100% duty cycle is possible by application of an input pulse train whose cycle time is shorter than the output cycle time such that a continuous "HIGH" logic state is maintained at the "Q" output.

Operating Rules

1. An external resistor (R_X) and an external capacitor (C_X) are required for proper operation. The value of C_X may vary from 0 to any necessary value. For small time constants high-grade mica, glass, polypropylene, polycarbonate, or polystyrene material capacitors may be used. For large time constants use tantalum or special aluminum capacitors. If the timing capacitors have leakages approaching 100 nA or if stray capacitance from either terminal to ground is greater than 50 pF the timing equations may not represent the pulse width the device generates.
2. When an electrolytic capacitor is used for C_X a switching diode is often required for standard TTL one-shots to prevent high inverse leakage current. This switching diode is not needed for the DM74LS123 one-shot and should not be used. In general the use of the switching diode is not recommended with retriggerable operation. Furthermore, if a polarized timing capacitor is used on the DM74LS123 the negative terminal of the capacitor should be connected to the "C_{EXT}" pin of the device (Figure 1).

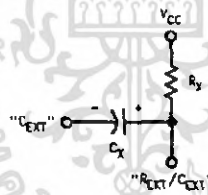


FIGURE 1.

3. For $C_X \gg 1000$ pF the output pulse width (t_W) is defined as follows:

$$t_W = KR_X C_X$$
 where [R_X is in k Ω]
 [C_X is in pF]
 [t_W is in ns]
 $K = 0.37$
4. The multiplicative factor K is plotted as a function of C_X below for design considerations:

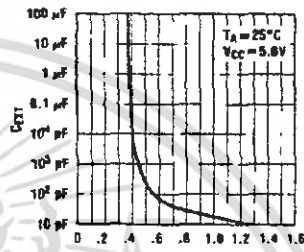


FIGURE 2.

5. For $C_X < 1000$ pF see Figure 3 for t_W vs. C_X family curves with R_X as a parameter.

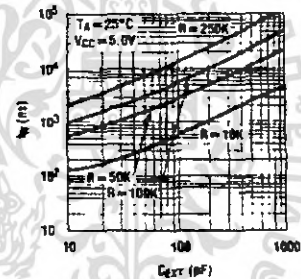


FIGURE 3.

6. To obtain variable pulse widths by remote trimming, the following circuit is recommended:

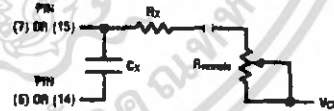


FIGURE 4.

- "R_{trim}" should be as close to the device pin as possible.
7. The retriggerable pulse width is calculated as shown below:

$$T = t_W + t_{PLH} = K \times R_X \times C_X + t_{PLH}$$
 The retriggered pulse width is equal to the pulse width plus a delay time period (Figure 5).

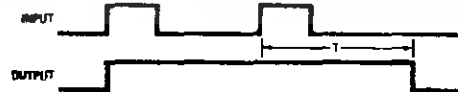


FIGURE 5.

Operating Rules (Continued)

8. Output pulse width variation versus V_{CC} and temperatures: Figure 6 depicts the relationship between pulse width variation versus V_{CC} , and Figure 7 depicts pulse width variation versus temperatures.

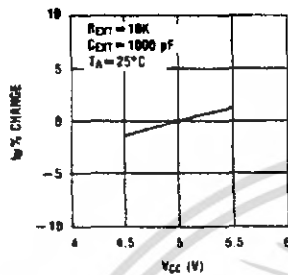


FIGURE 6.

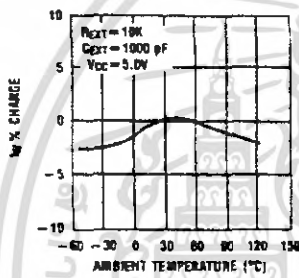


FIGURE 7.

9. Under any operating condition C_X and R_X must be kept as close to the one-shot device pins as possible to minimize stray capacitance, to reduce noise pick-up, and to reduce I-R and Ldi/dt voltage developed along their connecting paths. If the lead length from C_X to pins (6) and (7) or pins (14) and (15) is greater than 3 cm, for example, the output pulse width might be quite different from values predicted from the appropriate equations. A non-inductive and low capacitive path is necessary to ensure complete discharge of C_X in each cycle of its operation so that the output pulse width will be accurate.
10. The C_{EXT} pins of this device are internally connected to the internal ground. For optimum system performance they should be hard wired to the system's return ground plane.
11. V_{CC} and ground wiring should conform to good high-frequency standards and practices so that switching transients on the V_{CC} and ground return leads do not cause interaction between one-shots. A 0.01 μF to 0.10 μF bypass capacitor (disk ceramic or monolithic type) from V_{CC} to ground is necessary on each device. Furthermore, the bypass capacitor should be located as close to the V_{CC} -pin as space permits.

Note: For further detailed device characteristics and output performance please refer to the Fairchild Semiconductor one-shot application note AN-372.

Absolute Maximum Ratings(Note 1)

Supply Voltage	TV
Input Voltage	TV
Operating Free Air Temperature Range	0°C to +70°C
Storage Temperature	-65°C to +150°C

Note 1: The "Absolute Maximum Ratings" are those values beyond which the safety of the device cannot be guaranteed. The device should not be operated at these limits. The parametric values defined in the Electrical Characteristics tables are not guaranteed at the absolute maximum ratings. The "Recommended Operating Conditions" table will define the conditions for actual device operation.

Recommended Operating Conditions

Symbol	Parameter	Min	Nom	Max	Units
V _{CC}	Supply Voltage	4.75	5	5.25	V
V _{IH}	HIGH Level Input Voltage	2			V
V _{IL}	LOW Level Input Voltage			0.8	V
I _{OH}	HIGH Level Output Current			-0.4	mA
I _{OL}	LOW Level Output Current			8	mA
t _w	Pulse Width (Note 2)	A or B HIGH 40 A or B LOW 40 Clear LOW 40			ns
R _{EXT}	External Timing Resistor	5		260	kΩ
C _{EXT}	External Timing Capacitance		No Restriction		μF
C _{WIRE}	Wiring Capacitance at R _{EXT} /C _{EXT} Terminal			50	pF
T _A	Free Air Operating Temperature	0		70	°C

Note 2: T_A = 25°C and V_{CC} = 5V.

Electrical Characteristics

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

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ (Note 3)	Max	Units
V _I	Input Clamp Voltage	V _{CC} = Min, I _I = -18 mA			-1.5	V
V _{OH}	HIGH Level Output Voltage	V _{CC} = Min, I _{OH} = Max V _{IL} = Max, V _{IH} = Min	2.7	3.4		V
V _{OL}	LOW Level Output Voltage	V _{CC} = Min, I _{OL} = Max V _{IL} = Max, V _{IH} = Min I _{OL} = 4 mA, V _{CC} = Min		0.35 0.25	0.5 0.4	V
I _I	Input Current @ Max Input Voltage	V _{CC} = Max, V _I = 7V			0.1	mA
I _{IH}	HIGH Level Input Current	V _{CC} = Max, V _I = 2.7V			20	μA
I _{IL}	LOW Level Input Current	V _{CC} = Max, V _I = 0.4V			-0.4	mA
I _{OS}	Short Circuit Output Current	V _{CC} = Max (Note 4)	-20		-100	mA
I _{CC}	Supply Current	V _{CC} = Max (Note 5)(Note 6)(Note 7)		12	20	mA

Note 3: All typicals are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

Note 4: Not more than one output should be shorted at a time, and the duration should not exceed one second.

Note 5: Quiescent I_{CC} is measured (after clearing) with 2.4V applied to all clear and A inputs, B inputs grounded, all outputs OPEN, C_{EXT} = 0.02 μF, and R_{EXT} = 25 kΩ.

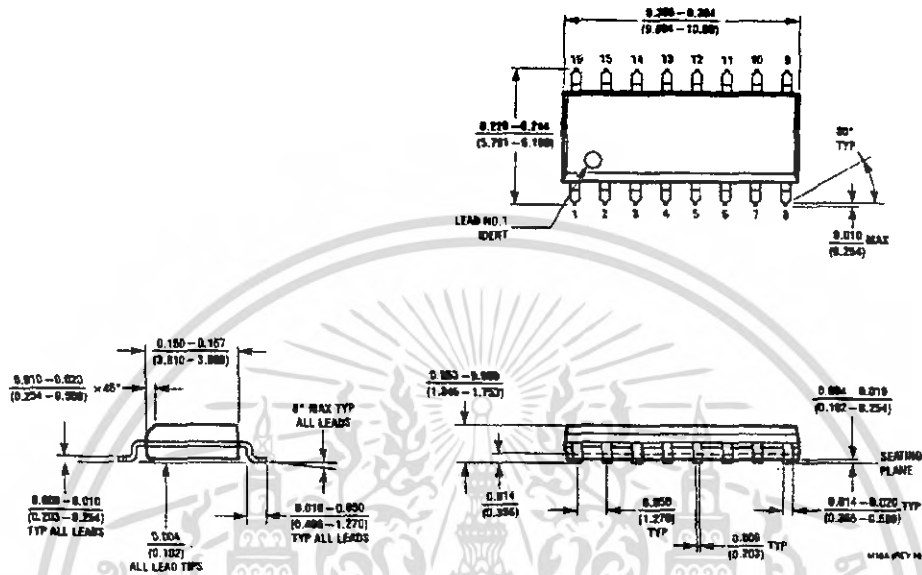
Note 6: I_{CC} is measured in the triggered state with 2.4V applied to all clear and B inputs, A inputs grounded, all outputs OPEN, C_{EXT} = 0.02 μF, and R_{EXT} = 25 kΩ.

Note 7: With all outputs OPEN and 4.5V applied to all data and clear inputs, I_{CC} is measured after a momentary ground, then 4.5V is applied to the clock.

Switching Characteristics							
at $V_{CC} = 5V$ and $T_A = 25^\circ C$							
Symbol	Parameters	From (Input) To (Output)	$R_L = 2\ k\Omega$				Units
			$C_L = 15\ pF$ $C_{EXT} = 0\ pF, R_{EXT} = 5\ k\Omega$		$C_L = 15\ pF$ $C_{EXT} = 1000\ pF, R_{EXT} = 10\ k\Omega$		
			Min	Max	Min	Max	
t_{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	A to Q		33			ns
t_{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	B to Q		44			ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	A to \bar{Q}		45			ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	B to \bar{Q}		56			ns
t_{PLH}	Propagation Delay Time LOW-to-HIGH Level Output	Clear to \bar{Q}		45			ns
t_{PHL}	Propagation Delay Time HIGH-to-LOW Level Output	Clear to Q		27			ns
$t_{WQ(Min)}$	Minimum Width of Pulse at Output Q	A or B to Q		200			ns
t_{Wout}	Output Pulse Width	A or B to Q			4	5	μs

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

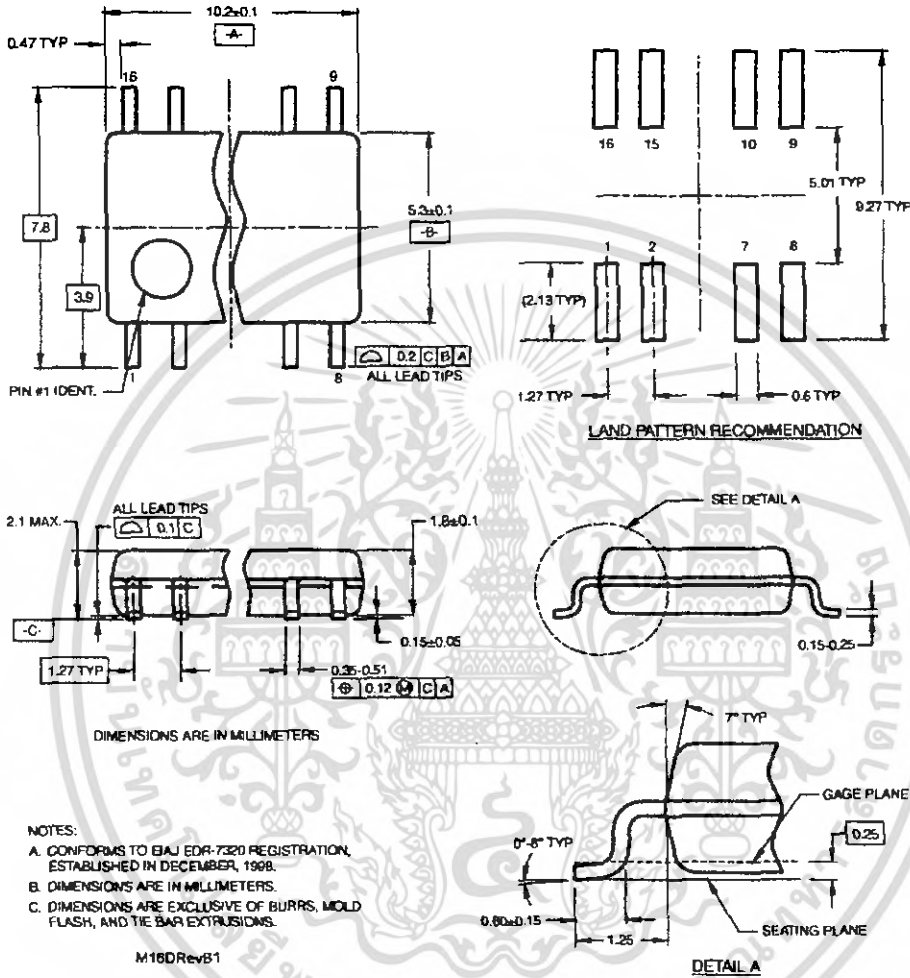
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



16-Lead Small Outline Integrated Circuit (SOIC), JEDEC MS-012, 0.150 Narrow
Package Number M16A

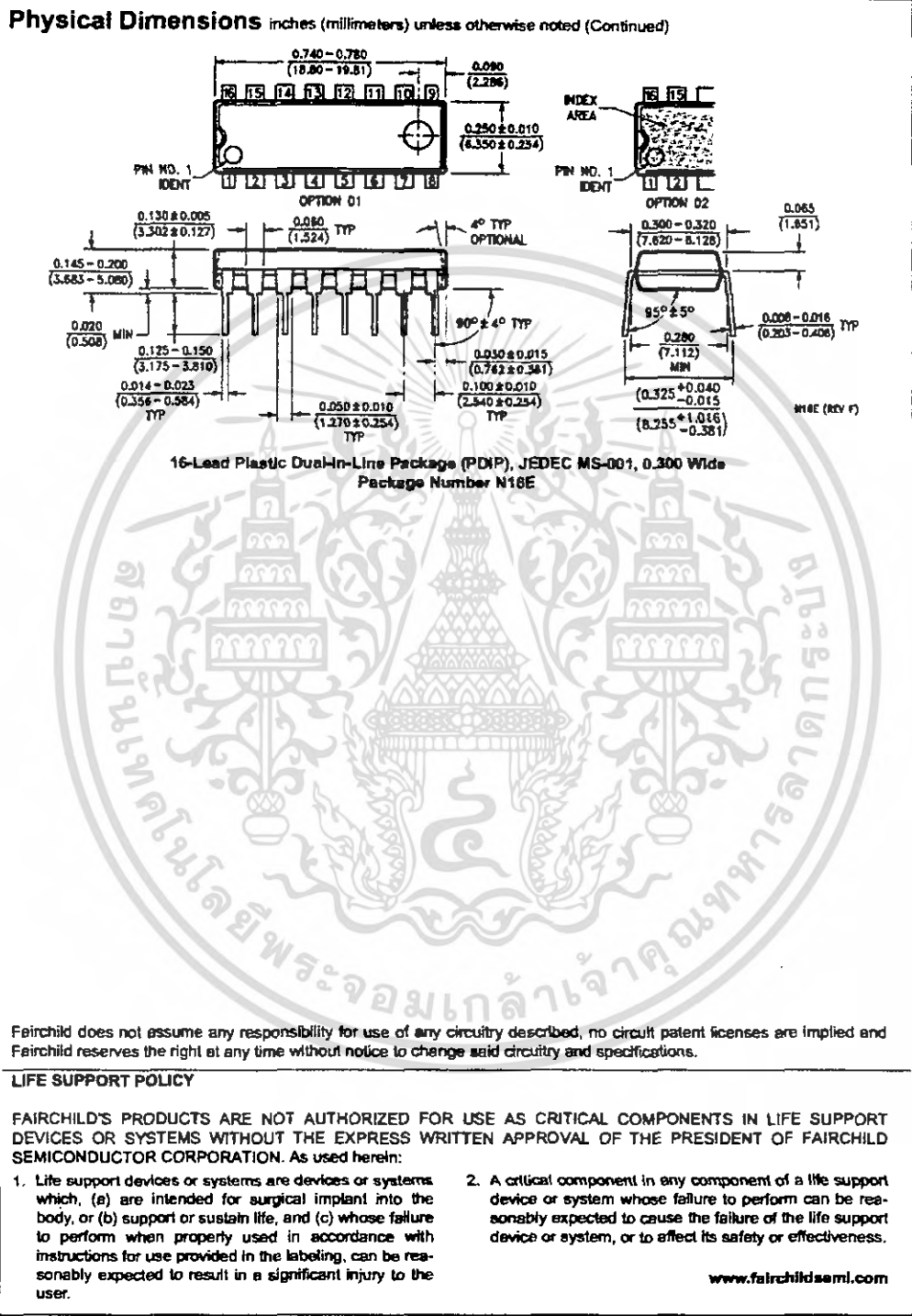
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



16-Lead Small Outline Package (SOP), EIAJ TYPE II, 5.3mm Wide
 Package Number M16D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



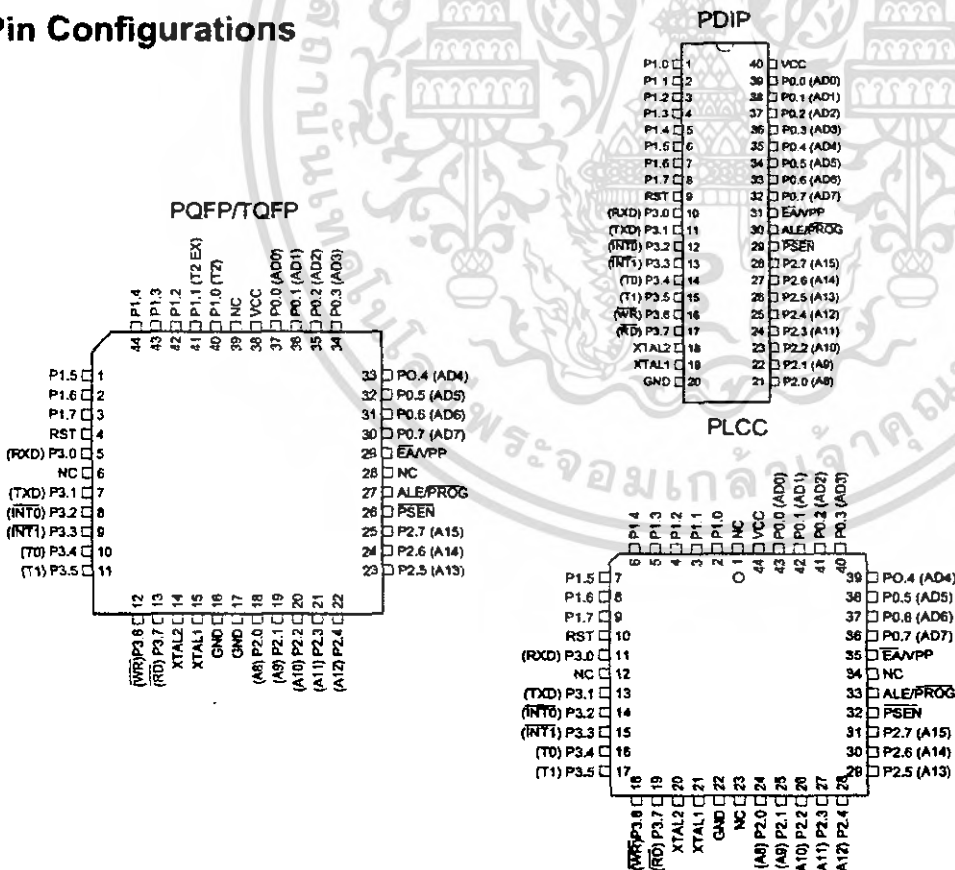
Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
 - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-level Program Memory Lock
- 128 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low-power Idle and Power-down Modes

Description

The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K bytes of Flash programmable and erasable read only memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high-density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry-standard MCS-51 instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly-flexible and cost-effective solution to many embedded control applications.

Pin Configurations



8-bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

AT89C51

**Not Recommended
for New Designs.
Use AT89S51.**

Rev. 0265G-02/00



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The AT89C51 provides the following standard features: 4K bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port and interrupt system to continue functioning. The Power-down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator disabling all other chip functions until the next hardware reset.

Pin Description

VCC

Supply voltage.

GND

Ground.

Port 0

Port 0 is an 8-bit open-drain bi-directional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 may also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming, and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1

Port 1 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during Flash programming and verification.

Port 2

Port 2 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 2 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs,

Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external program memory and during accesses to external data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ DPTR). In this application, it uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external data memory that use 8-bit addresses (MOVX @ RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits and some control signals during Flash programming and verification.

Port 3

Port 3 is an 8-bit bi-directional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 3 pins they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	INT0 (external interrupt 0)
P3.3	INT1 (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)
P3.6	\overline{WR} (external data memory write strobe)
P3.7	\overline{RD} (external data memory read strobe)

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/ \overline{PROG}

Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. This pin is also the program pulse input (\overline{PROG}) during Flash programming.

In normal operation ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE



pulse is skipped during each access to external Data Memory.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

$\overline{\text{PSEN}}$

Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

When the AT89C51 is executing code from external program memory, $\overline{\text{PSEN}}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{\text{PSEN}}$ activations are skipped during each access to external data memory.

$\overline{\text{EA/VPP}}$

External Access Enable. $\overline{\text{EA}}$ must be strapped to GND in order to enable the device to fetch code from external program memory locations starting at 0000H up to FFFFH. Note, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{\text{EA}}$ will be internally latched on reset.

$\overline{\text{EA}}$ should be strapped to V_{CC} for internal program executions.

This pin also receives the 12-volt programming enable voltage (V_{PP}) during Flash programming, for parts that require 12-volt V_{PP} .

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit.

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left

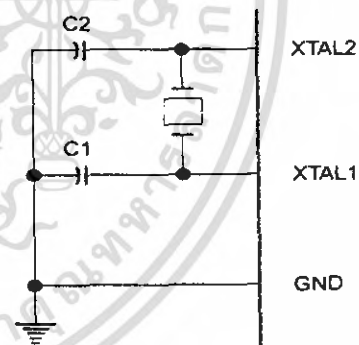
unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

It should be noted that when idle is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

Figure 1. Oscillator Connections

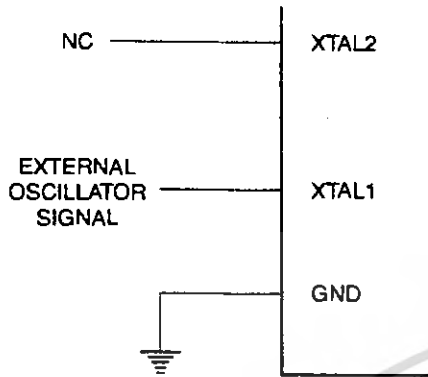


Note: C1, C2 = 30 pF \pm 10 pF for Crystals
= 40 pF \pm 10 pF for Ceramic Resonators

Status of External Pins During Idle and Power-down Modes

Mode	Program Memory	ALE	$\overline{\text{PSEN}}$	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power-down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power-down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

Figure 2. External Clock Drive Configuration



ters retain their values until the power-down mode is terminated. The only exit from power-down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

Program Memory Lock Bits

On the chip are three lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below.

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the \overline{EA} pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value, and holds that value until reset is activated. It is necessary that the latched value of \overline{EA} be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

Power-down Mode

In the power-down mode, the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power-down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Regis-

Lock Bit Protection Modes

	Program Lock Bits			Protection Type
	LB1	LB2	LB3	
1	U	U	U	No program lock features
2	P	U	U	MOVC instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, \overline{EA} is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash is disabled
3	P	P	U	Same as mode 2, also verify is disabled
4	P	P	P	Same as mode 3, also external execution is disabled





Programming the Flash

The AT89C51 is normally shipped with the on-chip Flash memory array in the erased state (that is, contents = FFH) and ready to be programmed. The programming interface accepts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage (V_{CC}) program enable signal. The low-voltage programming mode provides a convenient way to program the AT89C51 inside the user's system, while the high-voltage programming mode is compatible with conventional third-party Flash or EPROM programmers.

The AT89C51 is shipped with either the high-voltage or low-voltage programming mode enabled. The respective top-side marking and device signature codes are listed in the following table.

	$V_{PP} = 12V$	$V_{PP} = 5V$
Top-side Mark	AT89C51 xxxx yyww	AT89C51 xxxx-5 yyww
Signature	(030H) = 1EH (031H) = 51H (032H) = FFH	(030H) = 1EH (031H) = 51H (032H) = 05H

The AT89C51 code memory array is programmed byte-by-byte in either programming mode. *To program any non-blank byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory must be erased using the Chip Erase Mode.*

Programming Algorithm: Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figure 3 and Figure 4. To program the AT89C51, take the following steps.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise \overline{EAV}_{PP} to 12V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse $\overline{ALE}/\overline{PROG}$ once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address

and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

Data Polling: The AT89C51 features Data Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. Data Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/Busy: The progress of byte programming can also be monitored by the $\overline{RDY}/\overline{BSY}$ output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

Program Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed, the programmed code data can be read back via the address and data lines for verification. The lock bits cannot be verified directly. Verification of the lock bits is achieved by observing that their features are enabled.

Chip Erase: The entire Flash array is erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding $\overline{ALE}/\overline{PROG}$ low for 10 ms. The code array is written with all "1"s. The chip erase operation must be executed before the code memory can be re-programmed.

Reading the Signature Bytes: The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 030H, 031H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

- (030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
- (031H) = 51H indicates 89C51
- (032H) = FFH indicates 12V programming
- (032H) = 05H indicates 5V programming

Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written and the entire array can be erased by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Flash Programming Modes

Mode	RST	PSEN	ALE/PROG	EA/V _{PP}	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
Write Code Data	H	L		H/12V	L	H	H	H
Read Code Data	H	L	H	H	L	L	H	H
Write Lock	H	L		H/12V	H	H	H	H
				H/12V	H	H	L	L
				H/12V	H	L	H	L
Chip Erase	H	L	(1)	H/12V	H	L	L	L
Read Signature Byte	H	L	H	H	L	L	L	L

Note: 1. Chip Erase requires a 10 ms PROG pulse.

Figure 3. Programming the Flash

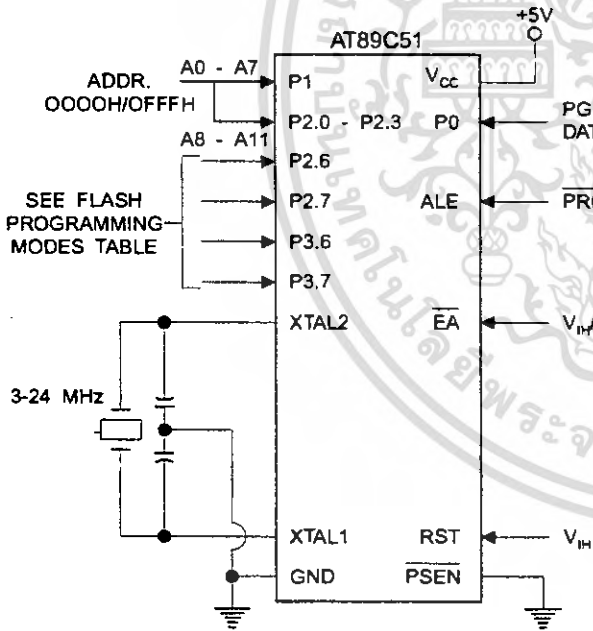
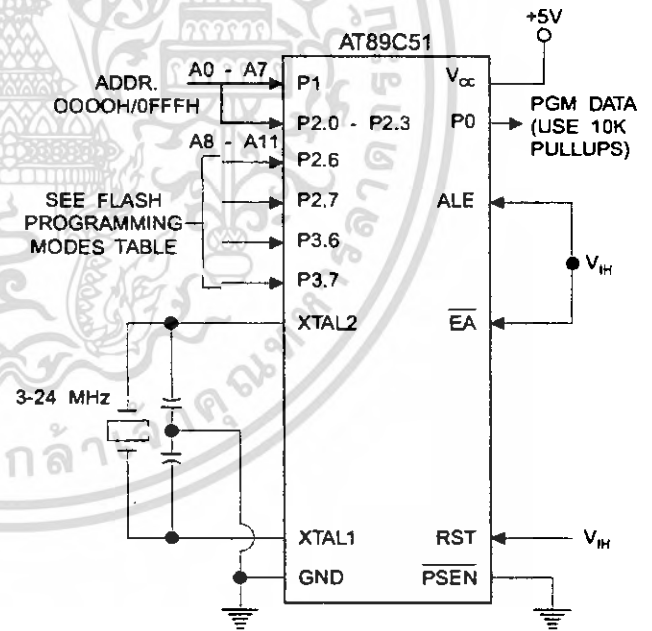
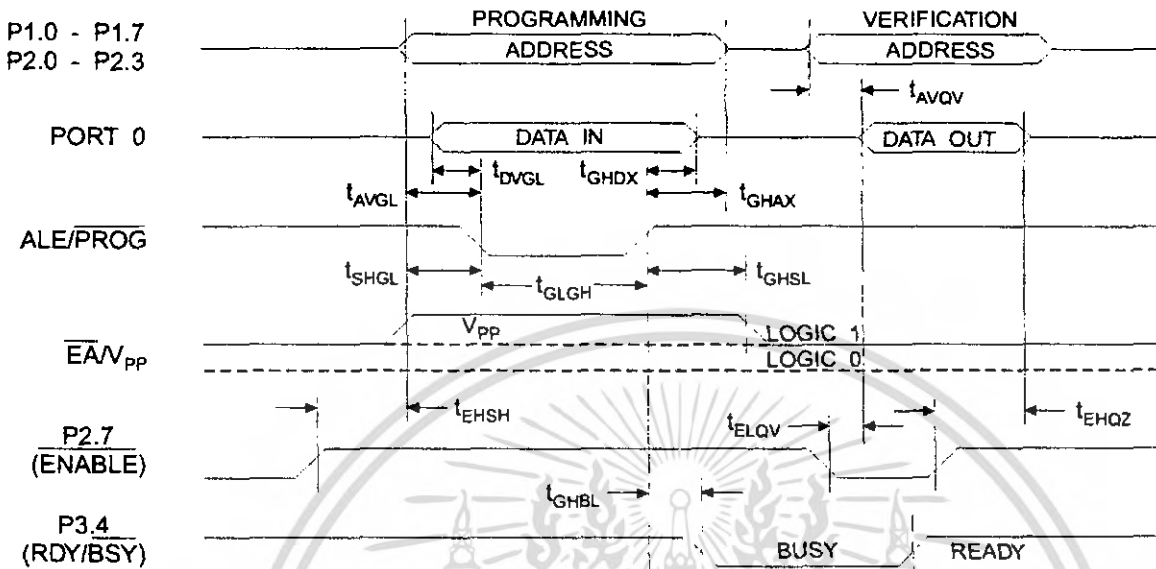


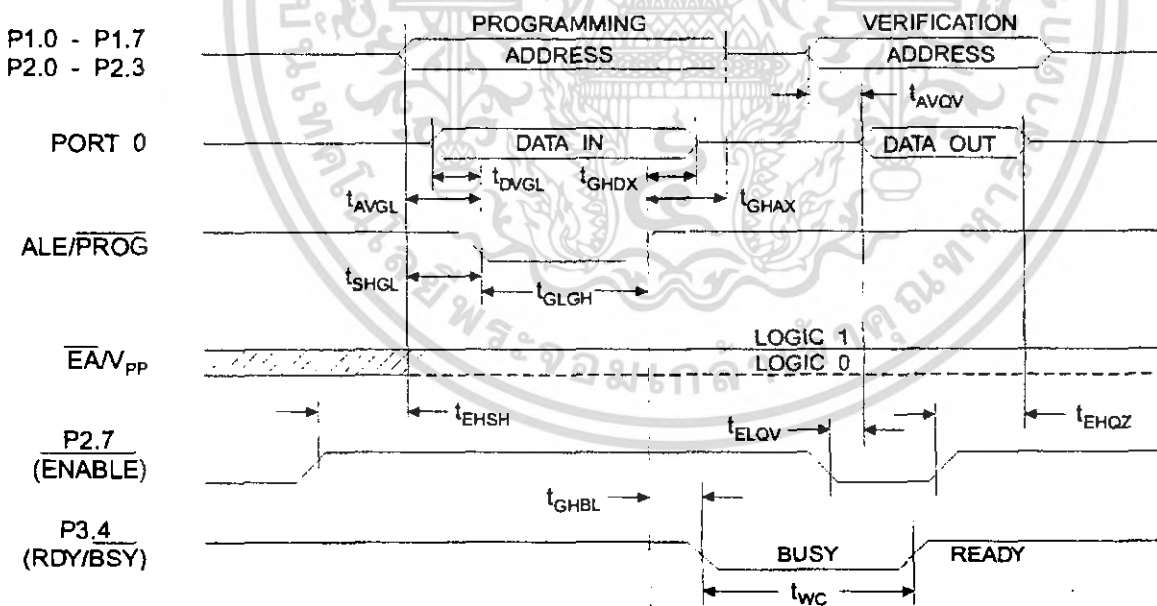
Figure 4. Verifying the Flash



Flash Programming and Verification Waveforms - High-voltage Mode ($V_{PP} = 12V$)



Flash Programming and Verification Waveforms - Low-voltage Mode ($V_{PP} = 5V$)



Flash Programming and Verification Characteristics

$T_A = 0^\circ\text{C to } 70^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5.0 \pm 10\%$

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$V_{PP}^{(1)}$	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
$I_{PP}^{(1)}$	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	3	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to \overline{PROG} Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHAX}	Address Hold after \overline{PROG}	$48t_{CLCL}$		
t_{DVGL}	Data Setup to \overline{PROG} Low	$48t_{CLCL}$		
t_{GHDX}	Data Hold after \overline{PROG}	$48t_{CLCL}$		
t_{EHS}	P2.7 (ENABLE) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to \overline{PROG} Low	10		μs
$t_{GHSL}^{(1)}$	V_{PP} Hold after \overline{PROG}	10		μs
t_{GLGH}	\overline{PROG} Width	1	110	μs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{ELQV}	\overline{ENABLE} Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
t_{EHQZ}	Data Float after \overline{ENABLE}	0	$48t_{CLCL}$	
t_{GHBL}	\overline{PROG} High to \overline{BUSY} Low		1.0	μs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.





Absolute Maximum Ratings*

Operating Temperature.....	-55°C to +125°C
Storage Temperature.....	-65°C to +150°C
Voltage on Any Pin with Respect to Ground.....	-1.0V to +7.0V
Maximum Operating Voltage.....	6.6V
DC Output Current.....	15.0 mA

*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

DC Characteristics

$T_A = -40^\circ\text{C}$ to 85°C , $V_{CC} = 5.0\text{V} \pm 20\%$ (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V_{IL}	Input Low-voltage	(Except \overline{EA})	-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.1$	V
V_{IL1}	Input Low-voltage (\overline{EA})		-0.5	$0.2 V_{CC} - 0.3$	V
V_{IH}	Input High-voltage	(Except XTAL1, RST)	$0.2 V_{CC} + 0.9$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{IH1}	Input High-voltage	(XTAL1, RST)	$0.7 V_{CC}$	$V_{CC} + 0.5$	V
V_{OL}	Output Low-voltage ⁽¹⁾ (Ports 1,2,3)	$I_{OL} = 1.6 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OL1}	Output Low-voltage ⁽¹⁾ (Port 0, ALE, PSEN)	$I_{OL} = 3.2 \text{ mA}$		0.45	V
V_{OH}	Output High-voltage (Ports 1,2,3, ALE, PSEN)	$I_{OH} = -60 \mu\text{A}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -25 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -10 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
V_{OH1}	Output High-voltage (Port 0 in External Bus Mode)	$I_{OH} = -800 \mu\text{A}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$	2.4		V
		$I_{OH} = -300 \mu\text{A}$	$0.75 V_{CC}$		V
		$I_{OH} = -80 \mu\text{A}$	$0.9 V_{CC}$		V
I_{IL}	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 0.45\text{V}$		-50	μA
I_{TL}	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	$V_{IN} = 2\text{V}$, $V_{CC} = 5\text{V} \pm 10\%$		-650	μA
I_{LI}	Input Leakage Current (Port 0, \overline{EA})	$0.45 < V_{IN} < V_{CC}$		± 10	μA
RRST	Reset Pull-down Resistor		50	300	$\text{K}\Omega$
C_{IO}	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, $T_A = 25^\circ\text{C}$		10	pF
I_{CC}	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power-down Mode ⁽²⁾	$V_{CC} = 6\text{V}$		100	μA
		$V_{CC} = 3\text{V}$		40	μA

Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:

Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA

Maximum I_{OL} per 8-bit port: Port 0: 26 mA

Ports 1, 2, 3: 15 mA

Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA

If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

2. Minimum V_{CC} for Power-down is 2V.

AC Characteristics

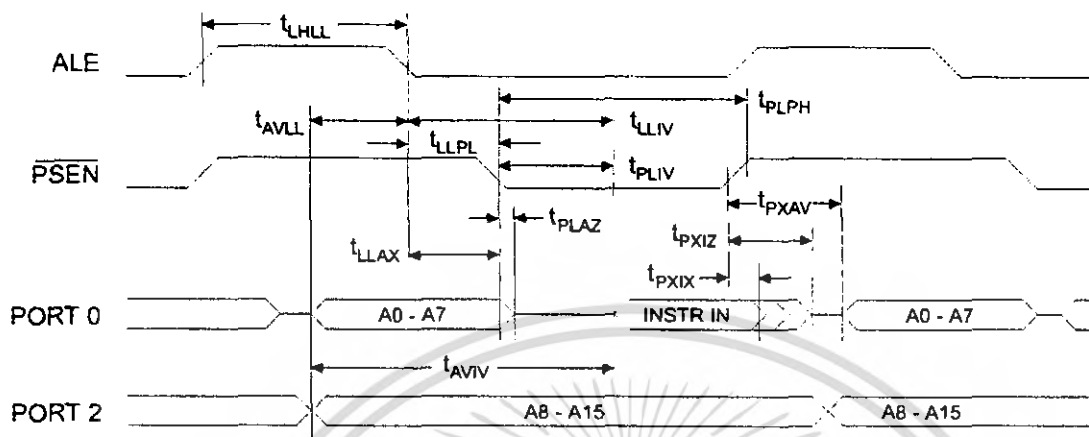
Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/ $\overline{\text{PROG}}$, and $\overline{\text{PSEN}}$ = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

External Program and Data Memory Characteristics

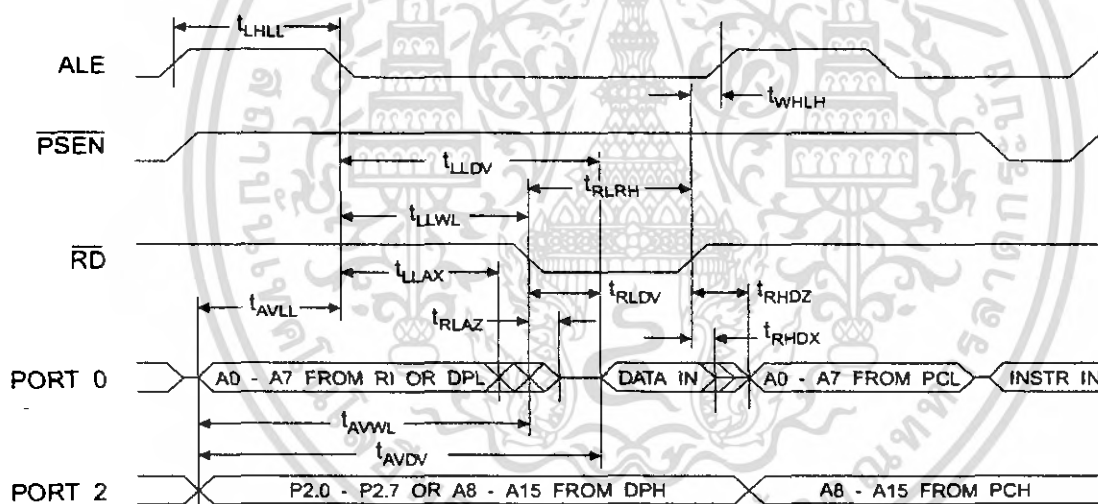
Symbol	Parameter	12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/f_{\text{CLCL}}$	Oscillator Frequency			0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	127		$2t_{\text{CLCL}}-40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	43		$t_{\text{CLCL}}-13$		ns
t_{LLAX}	Address Hold after ALE Low	48		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{LLIV}	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{\text{CLCL}}-65$	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{\text{PSEN}}$ Low	43		$t_{\text{CLCL}}-13$		ns
t_{PLPH}	$\overline{\text{PSEN}}$ Pulse Width	205		$3t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{PLIV}	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{\text{CLCL}}-45$	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold after $\overline{\text{PSEN}}$	0		0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float after $\overline{\text{PSEN}}$		59		$t_{\text{CLCL}}-10$	ns
t_{PXAV}	$\overline{\text{PSEN}}$ to Address Valid	75		$t_{\text{CLCL}}-8$		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{\text{CLCL}}-55$	ns
t_{PLAZ}	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Address Float		10		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{\text{RD}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
t_{WLWH}	$\overline{\text{WR}}$ Pulse Width	400		$6t_{\text{CLCL}}-100$		ns
t_{RLDV}	$\overline{\text{RD}}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{\text{CLCL}}-90$	ns
t_{RHDX}	Data Hold after $\overline{\text{RD}}$	0		0		ns
t_{RHDZ}	Data Float after $\overline{\text{RD}}$		97		$2t_{\text{CLCL}}-28$	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{\text{CLCL}}-150$	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		585		$9t_{\text{CLCL}}-165$	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	200	300	$3t_{\text{CLCL}}-50$	$3t_{\text{CLCL}}+50$	ns
t_{AWWL}	Address to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	203		$4t_{\text{CLCL}}-75$		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ Transition	23		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ High	433		$7t_{\text{CLCL}}-120$		ns
t_{WHQX}	Data Hold after $\overline{\text{WR}}$	33		$t_{\text{CLCL}}-20$		ns
t_{RLAZ}	$\overline{\text{RD}}$ Low to Address Float		0		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ High to ALE High	43	123	$t_{\text{CLCL}}-20$	$t_{\text{CLCL}}+25$	ns



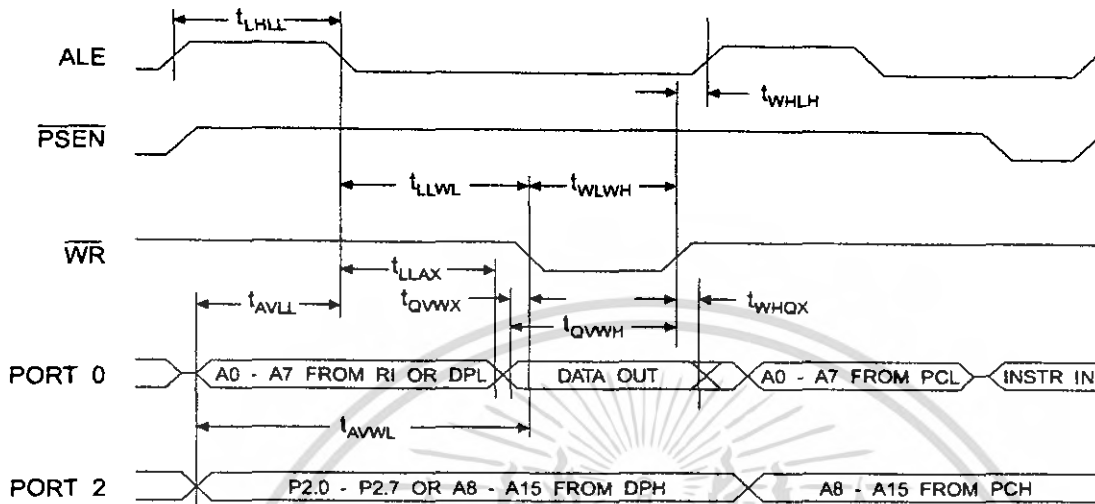
External Program Memory Read Cycle



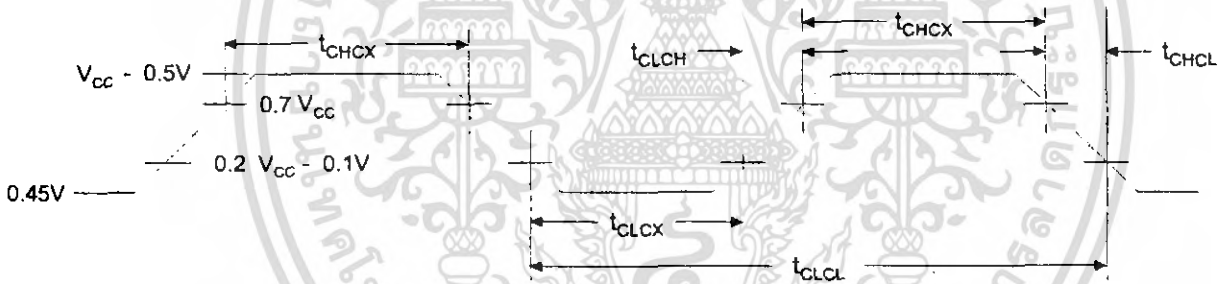
External Data Memory Read Cycle



External Data Memory Write Cycle



External Clock Drive Waveforms



External Clock Drive

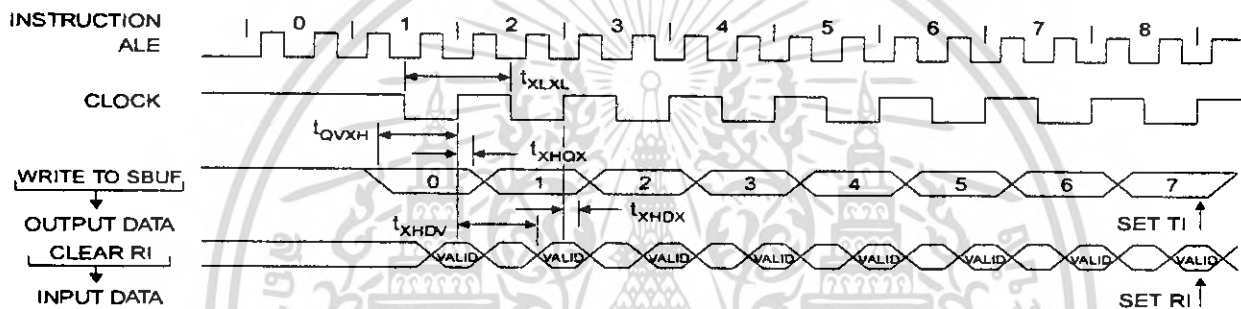
Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
t_{CLCL}	Clock Period	41.6		ns
t_{CHCX}	High Time	15		ns
t_{CLCX}	Low Time	15		ns
t_{CLCH}	Rise Time		20	ns
t_{CHCL}	Fall Time		20	ns

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

($V_{CC} = 5.0\text{ V} \pm 20\%$; Load Capacitance = 80 pF)

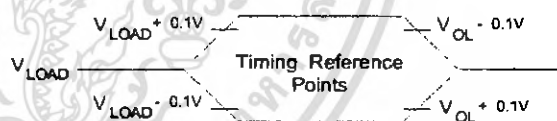
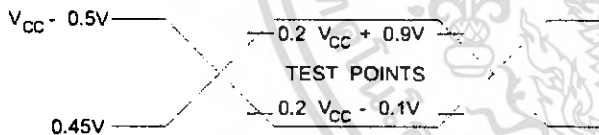
Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		μs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}-133$		ns
t_{XHGX}	Output Data Hold after Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}-117$		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold after Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}-133$	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms



AC Testing Input/Output Waveforms⁽¹⁾

Float Waveforms⁽¹⁾



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at $V_{CC} - 0.5\text{V}$ for a logic 1 and 0.45V for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when 100 mV change from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.

AT89C51

Ordering Information

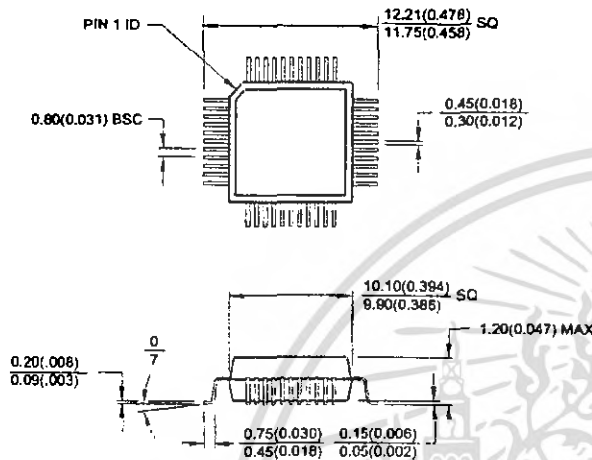
Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	5V ±20%	AT89C51-12AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-12JC	44J	
		AT89C51-12PC	40P6	
		AT89C51-12QC	44Q	
		AT89C51-12AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-12JI	44J	
		AT89C51-12PI	40P6	
		AT89C51-12QI	44Q	
16	5V ±20%	AT89C51-16AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-16JC	44J	
		AT89C51-16PC	40P6	
		AT89C51-16QC	44Q	
		AT89C51-16AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-16JI	44J	
		AT89C51-16PI	40P6	
		AT89C51-16QI	44Q	
20	5V ±20%	AT89C51-20AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-20JC	44J	
		AT89C51-20PC	40P6	
		AT89C51-20QC	44Q	
		AT89C51-20AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-20JI	44J	
		AT89C51-20PI	40P6	
		AT89C51-20QI	44Q	
24	5V ±20%	AT89C51-24AC	44A	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C51-24JC	44J	
		AT89C51-24PC	40P6	
		AT89C51-24QC	44Q	
		AT89C51-24AI	44A	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C51-24JI	44J	
		AT89C51-24PI	40P6	
		AT89C51-24QI	44Q	

Package Type	
44A	44-lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
44J	44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
40P6	40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
44Q	44-lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)



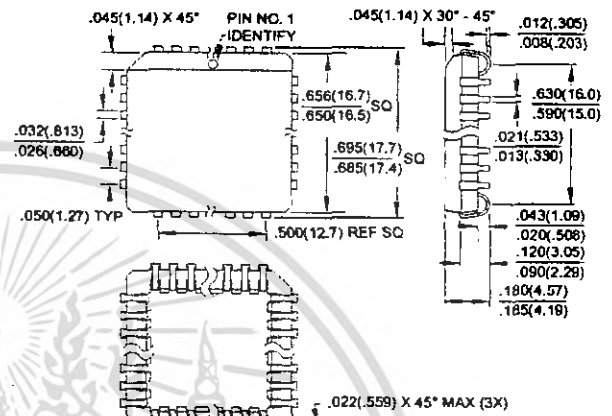
Packaging Information

44A, 44-lead, Thin (1.0 mm) Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
 Dimensions in Millimeters and (Inches)*
 JEDEC STANDARD MS-026 ACB

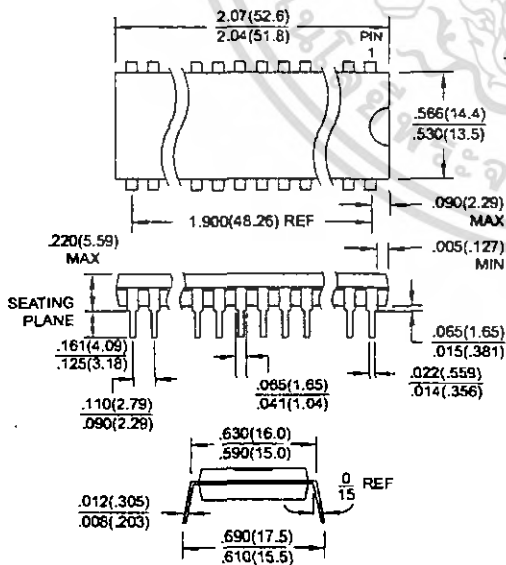


Controlling dimension: millimeters

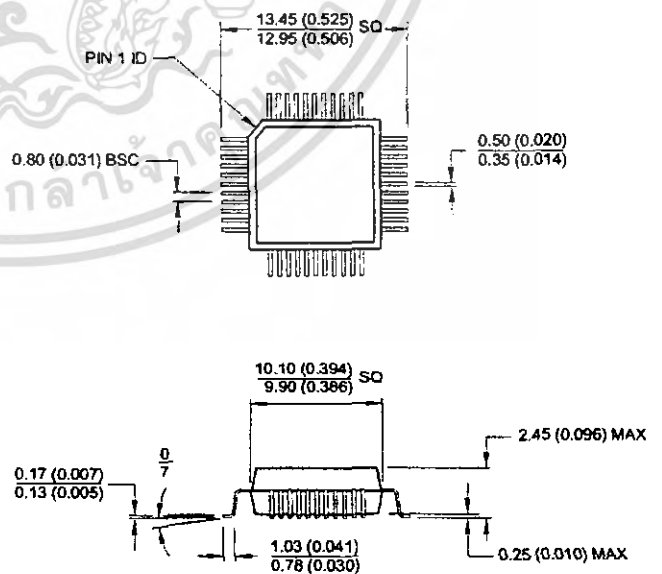
44J, 44-lead, Plastic J-leaded Chip Carrier (PLCC)
 Dimensions in Inches and (Millimeters)
 JEDEC STANDARD MS-018 AC



40P6, 40-lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
 Dimensions in Inches and (Millimeters)



44Q, 44-lead, Plastic Quad Flat Package (PQFP)
 Dimensions in Millimeters and (Inches)*
 JEDEC STANDARD MS-022 AB



Controlling dimension: millimeters



Atmel Headquarters

Corporate Headquarters

2325 Orchard Parkway
San Jose, CA 95131
TEL (408) 441-0311
FAX (408) 487-2600

Europe

Atmel U.K., Ltd.
Coliseum Business Centre
Riverside Way
Camberley, Surrey GU15 3YL
England
TEL (44) 1276-686-677
FAX (44) 1276-686-697

Asia

Atmel Asia, Ltd.
Room 1219
Chinachem Golden Plaza
77 Mody Road Tsimhatsui
East Kowloon
Hong Kong
TEL (852) 2721-9778
FAX (852) 2722-1369

Japan

Atmel Japan K.K.
9F, Tonetsu Shinkawa Bldg.
1-24-8 Shinkawa
Chuo-ku, Tokyo 104-0033
Japan
TEL (81) 3-3523-3551
FAX (81) 3-3523-7581

Atmel Operations

Atmel Colorado Springs

1150 E. Cheyenne Mtn. Blvd.
Colorado Springs, CO 80906
TEL (719) 576-3300
FAX (719) 540-1759

Atmel Rousset

Zone Industrielle
13106 Rousset Cedex
France
TEL (33) 4-4253-6000
FAX (33) 4-4253-6001

Fax-on-Demand

North America:
1-(800) 292-8635
International:
1-(408) 441-0732

e-mail

literature@atmel.com

Web Site

<http://www.atmel.com>

BBS

1-(408) 436-4309

© Atmel Corporation 2000.

Atmel Corporation makes no warranty for the use of its products, other than those expressly contained in the Company's standard warranty which is detailed in Atmel's Terms and Conditions located on the Company's web site. The Company assumes no responsibility for any errors which may appear in this document, reserves the right to change devices or specifications detailed herein at any time without notice, and does not make any commitment to update the information contained herein. No licenses to patents or other intellectual property of Atmel are granted by the Company in connection with the sale of Atmel products, expressly or by implication. Atmel's products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems.

Marks bearing ® and/or ™ are registered trademarks and trademarks of Atmel Corporation.

Terms and product names in this document may be trademarks of others.



Printed on recycled paper.

0285G-02/00/xM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Optocoupler with Phototransistor Output

Description

The 4N25/ 4N26/ 4N27/ 4N28 consist of a photo-transistor optically coupled to a gallium arsenide infrared-emitting diode in a 6-lead plastic dual-inline package.

The elements are mounted on one leadframe using a **coplanar technique**, providing a fixed distance between input and output for highest safety requirements.



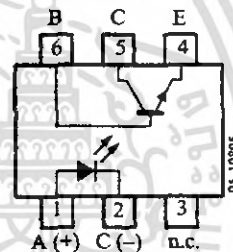
Applications

Galvanically separated circuits for general purposes

Features

- Isolation test voltage (RMS) 3.75 kV
- Underwriters Laboratory (UL) 1577 recognized, file number E-76222
- Low coupling capacity of typical 1 pF
- Current Transfer Ratio (CTR) of typical 100%
- Low temperature coefficient of CTR

85 10532



95 10805



Order Instruction

Ordering Code	CTR Ranking	Remarks
4N25/ 4N26	>20%	
4N27/ 4N28	>10%	



Absolute Maximum Ratings

Input (Emitter)

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Reverse voltage		V_R	5	V
Forward current		I_F	60	mA
Forward surge current	$t_p \leq 10 \mu s$	I_{FSM}	3	A
Power dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ C$	P_V	100	mW
Junction temperature		T_j	125	$^\circ C$

Output (Detector)

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Collector base voltage		V_{CBO}	70	V
Collector emitter voltage		V_{CEO}	30	V
Emitter collector voltage		V_{ECO}	7	V
Collector current		I_C	50	mA
Peak collector current	$t_p/T = 0.5, t_p \leq 10 ms$	I_{CM}	100	mA
Power dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ C$	P_V	150	mW
Junction temperature		T_j	125	$^\circ C$

Coupler

Parameter	Test Conditions	Symbol	Value	Unit
Isolation test voltage (RMS)		$V_{IO}^{1)}$	3.75	kV
Total power dissipation	$T_{amb} \leq 25^\circ C$	P_{tot}	250	mW
Ambient temperature range		T_{amb}	-55 to +100	$^\circ C$
Storage temperature range		T_{stg}	-55 to +125	$^\circ C$
Soldering temperature	2 mm from case, $t \leq 10 s$	T_{sd}	260	$^\circ C$

¹⁾ Related to standard climate 23/50 DIN 50014



Electrical Characteristics ($T_{amb} = 25^{\circ}C$)

Input (Emitter)

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Forward voltage	$I_F = 50\text{ mA}$	V_F		1.25	1.5	V
Junction capacitance	$V_R = 0, f = 1\text{ MHz}$	C_j		50		pF

Output (Detector)

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Collector base voltage	$I_C = 100\text{ }\mu\text{A}$	V_{CBO}	70			V
Collector emitter voltage	$I_E = 1\text{ mA}$	V_{CEO}	30			V
Emitter collector voltage	$I_E = 100\text{ }\mu\text{A}$	V_{ECO}	7			V
Collector dark current	$V_{CB} = 10\text{ V}$	I_{CBO}		0.1	20	nA
Collector dark current	$V_{CE} = 10\text{ V}$	I_{CEO}		3.5	50	nA

Coupler

Parameter	Test Conditions	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
Isolation test voltage (RMS)	$f = 50\text{ Hz}, t = 2\text{ s}$	$V_{IO}^{1)}$	3.75			kV
Isolation resistance	$V_{IO} = 1\text{ kV},$ 40% relative humidity	$R_{IO}^{1)}$		10^{12}		Ω
Collector emitter saturation voltage	$I_F = 50\text{ mA}, I_C = 2\text{ mA}$	V_{CEsat}			0.5	V
Cut-off frequency	$V_{CE} = 5\text{ V}, I_F = 10\text{ mA},$ $R_L = 100\text{ }\Omega$	f_c		110		kHz
Coupling capacitance	$f = 1\text{ MHz}$	C_k		1		pF

¹⁾ Related to standard climate 23/50 DIN 50014

Current Transfer Ratio (CTR)

Parameter	Test Conditions	Type	Symbol	Min.	Typ.	Max.	Unit
I_C/I_F	$V_{CE} = 10\text{ V}, I_F = 10\text{ mA}$	4N25, 4N26	CTR	0.2	1		
		4N27, 4N28	CTR	0.1	1		



Switching Characteristics

Parameter	Test Conditions	Symbol	Typ.	Unit
Turn-on time	$V_{CE} = 10\text{ V}$, $I_C = 10\text{ mA}$, $R_L = 100\ \Omega$ (see figure 1)	t_{on}	4.0	μs
Turn-off time	$V_{CE} = 10\text{ V}$, $I_C = 10\text{ mA}$, $R_L = 100\ \Omega$ (see figure 1)	t_{off}	3.0	μs
Turn-on time	$V_{CE} = 5\text{ V}$, $I_F = 10\text{ mA}$, $R_L = 1\text{ k}\Omega$ (see figure 2)	t_{on}	9.0	μs
Turn-off time	$V_{CE} = 5\text{ V}$, $I_F = 10\text{ mA}$, $R_L = 1\text{ k}\Omega$ (see figure 2)	t_{off}	18.0	μs

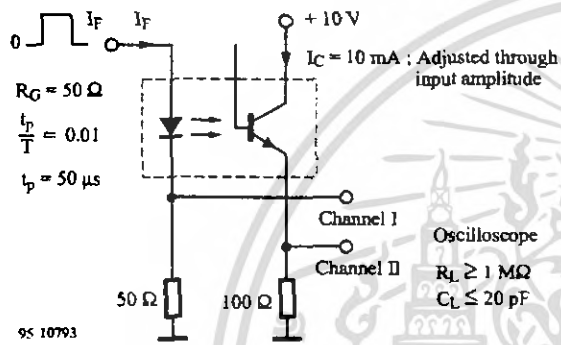


Figure 1. Test circuit, non-saturated operation

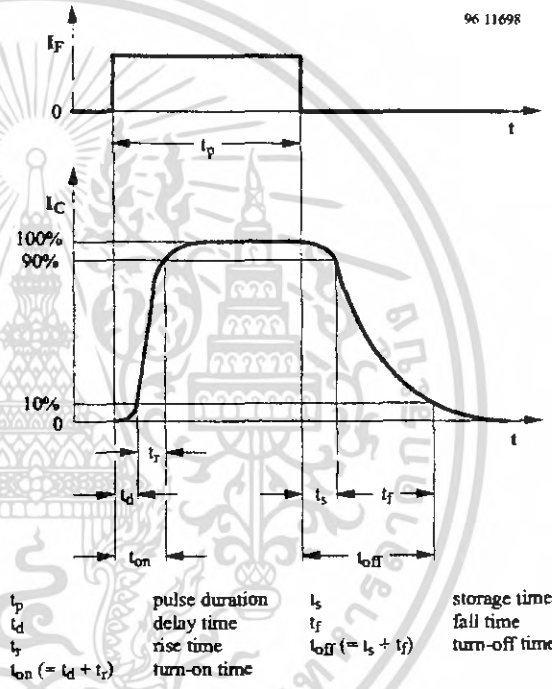


Figure 3. Switching times

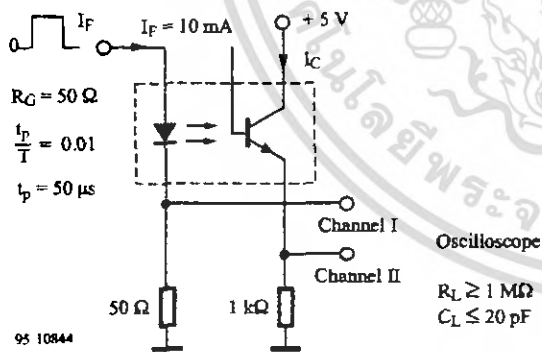


Figure 2. Test circuit, saturated operation



Typical Characteristics ($T_{amb} = 25^{\circ}\text{C}$, unless otherwise specified)

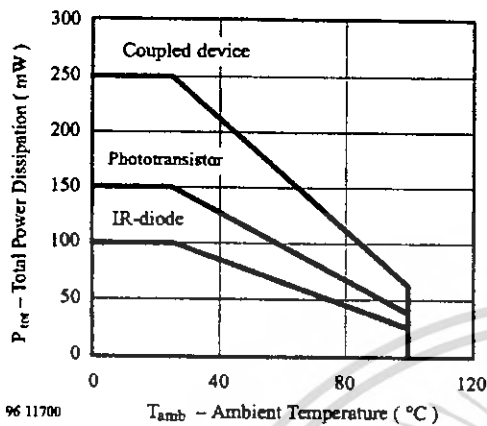


Figure 4. Total Power Dissipation vs. Ambient Temperature

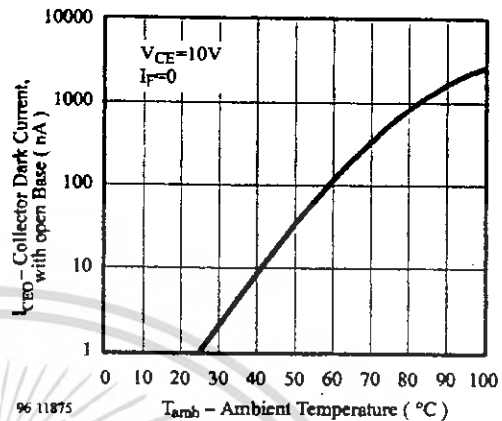


Figure 7. Collector Dark Current vs. Ambient Temperature

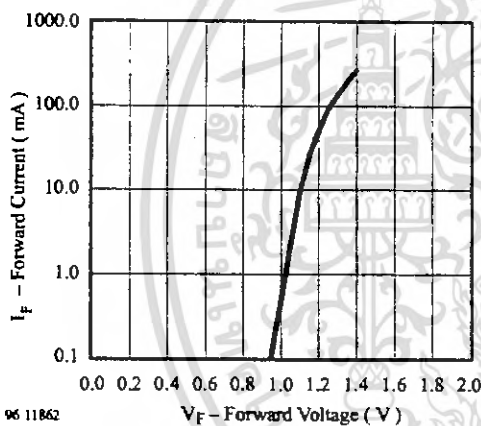


Figure 5. Forward Current vs. Forward Voltage

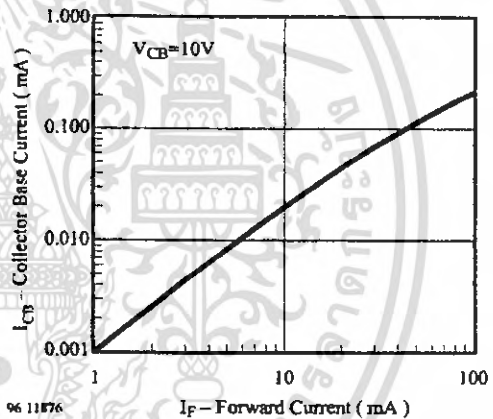


Figure 8. Collector Base Current vs. Forward Current

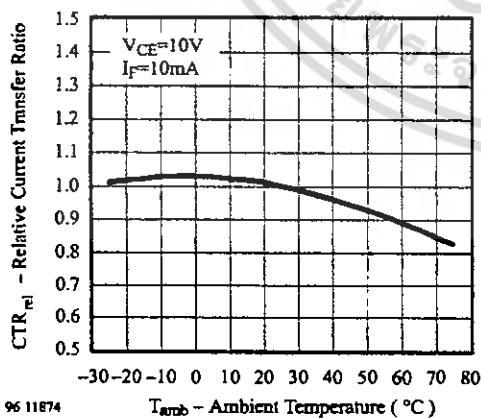


Figure 6. Relative Current Transfer Ratio vs. Ambient Temperature

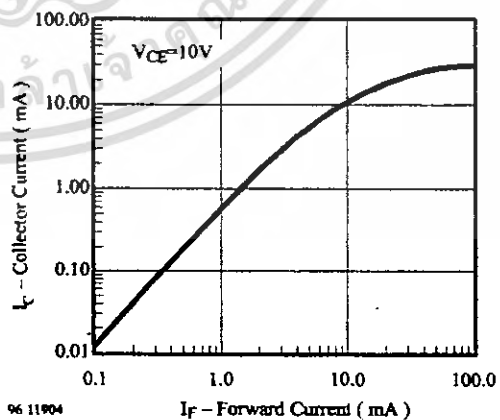


Figure 9. Collector Current vs. Forward Current

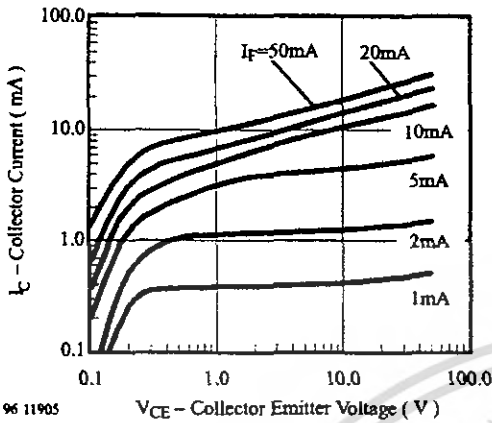


Figure 10. Collector Current vs. Collector Emitter Voltage

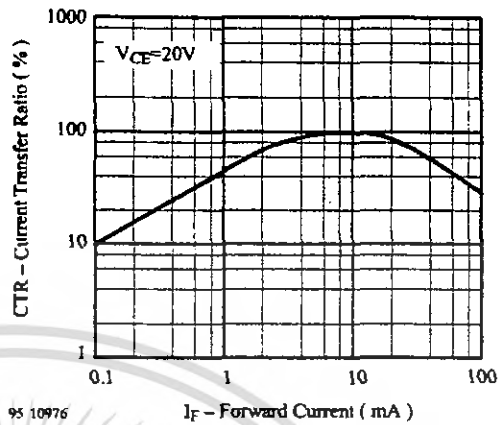


Figure 13. Current Transfer Ratio vs. Forward Current

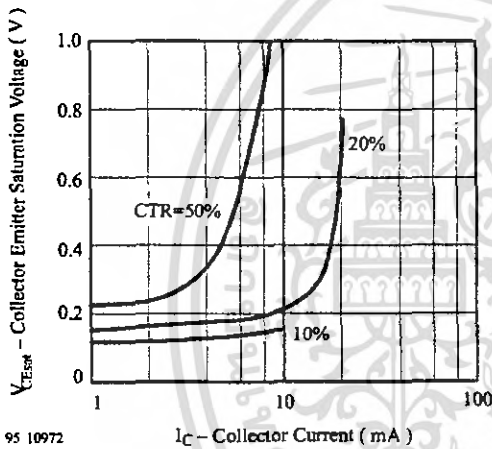


Figure 11. Collector Emitter Saturation Voltage vs. Collector Current

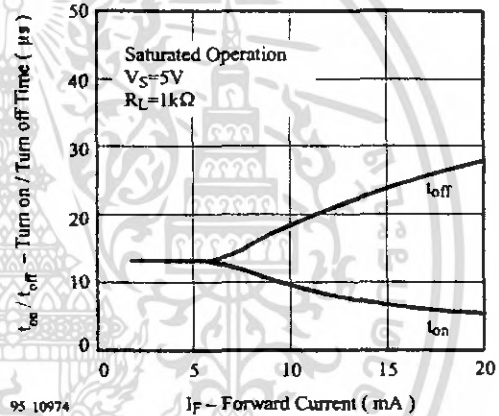


Figure 14. Turn on / off Time vs. Forward Current

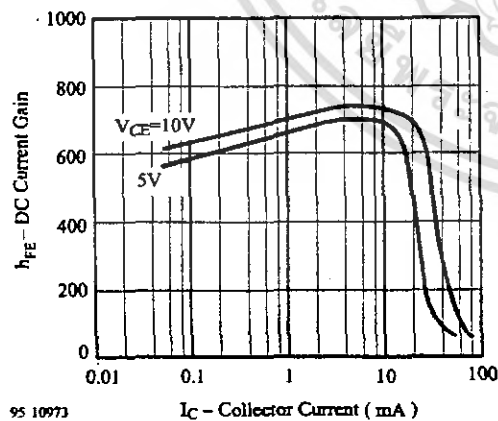


Figure 12. DC Current Gain vs. Collector Current

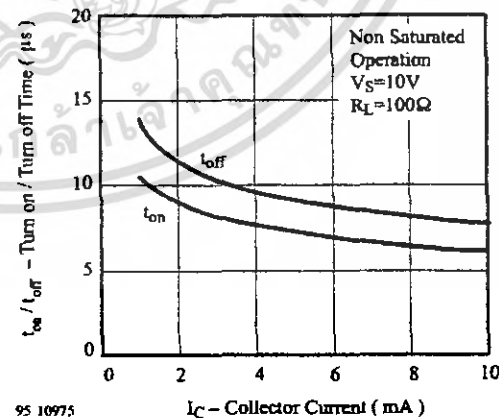


Figure 15. Turn on / off Time vs. Collector Current

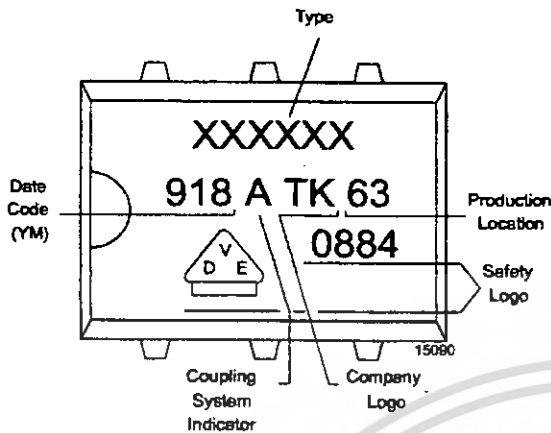
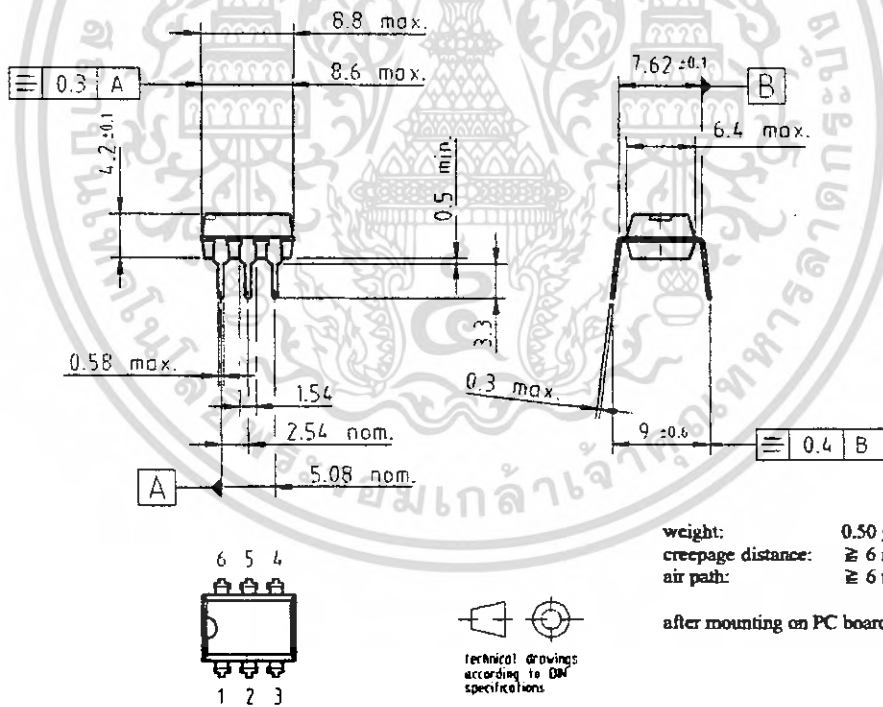


Figure 16. Marking example

Dimensions in mm



14770



Ozone Depleting Substances Policy Statement

It is the policy of Vishay Semiconductor GmbH to

1. Meet all present and future national and international statutory requirements.
2. Regularly and continuously improve the performance of our products, processes, distribution and operating systems with respect to their impact on the health and safety of our employees and the public, as well as their impact on the environment.

It is particular concern to control or eliminate releases of those substances into the atmosphere which are known as ozone depleting substances (ODSs).

The Montreal Protocol (1987) and its London Amendments (1990) intend to severely restrict the use of ODSs and forbid their use within the next ten years. Various national and international initiatives are pressing for an earlier ban on these substances.

Vishay Semiconductor GmbH has been able to use its policy of continuous improvements to eliminate the use of ODSs listed in the following documents.

1. Annex A, B and list of transitional substances of the Montreal Protocol and the London Amendments respectively
2. Class I and II ozone depleting substances in the Clean Air Act Amendments of 1990 by the Environmental Protection Agency (EPA) in the USA
3. Council Decision 88/540/EEC and 91/690/EEC Annex A, B and C (transitional substances) respectively.

Vishay Semiconductor GmbH can certify that our semiconductors are not manufactured with ozone depleting substances and do not contain such substances.

We reserve the right to make changes to improve technical design and may do so without further notice.

Parameters can vary in different applications. All operating parameters must be validated for each customer application by the customer. Should the buyer use Vishay Semiconductors products for any unintended or unauthorized application, the buyer shall indemnify Vishay Semiconductors against all claims, costs, damages, and expenses, arising out of, directly or indirectly, any claim of personal damage, injury or death associated with such unintended or unauthorized use.

Vishay Semiconductor GmbH, P.O.B. 3535, D-74025 Heilbronn, Germany
Telephone: 49 (0)7131 67 2831, Fax number: 49 (0)7131 67 2423

LM555 Timer

General Description

The LM555 is a highly stable device for generating accurate time delays or oscillation. Additional terminals are provided for triggering or resetting if desired. In the time delay mode of operation, the time is precisely controlled by one external resistor and capacitor. For astable operation as an oscillator, the free running frequency and duty cycle are accurately controlled with two external resistors and one capacitor. The circuit may be triggered and reset on falling waveforms, and the output circuit can source or sink up to 200mA or drive TTL circuits.

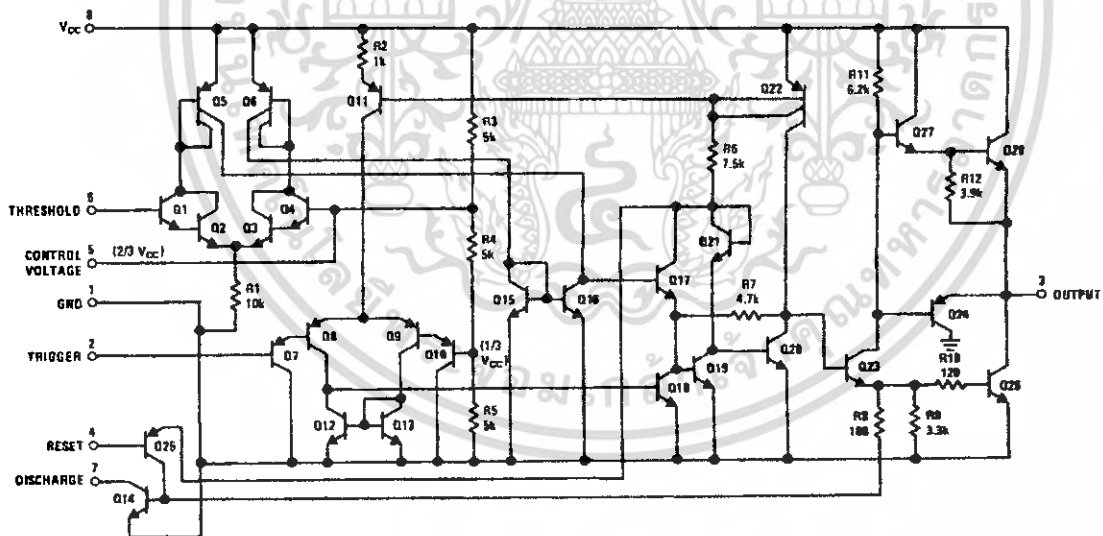
Features

- Direct replacement for SE555/NE555
- Timing from microseconds through hours
- Operates in both astable and monostable modes
- Adjustable duty cycle
- Output can source or sink 200 mA
- Output and supply TTL compatible
- Temperature stability better than 0.005% per °C
- Normally on and normally off output
- Available in 8-pin MSOP package

Applications

- Precision timing
- Pulse generation
- Sequential timing
- Time delay generation
- Pulse width modulation
- Pulse position modulation
- Linear ramp generator

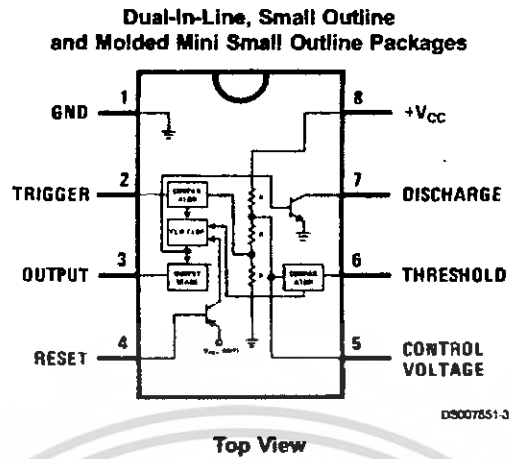
Schematic Diagram



DS007851-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Connection Diagram



Ordering Information

Package	Part Number	Package Marking	Media Transport	NSC Drawing
8-Pin SOIC	LM555CM	LM555CM	Rails	M08A
	LM555CMX	LM555CM	2.5k Units Tape and Reel	
8-Pin MSOP	LM555CMM	Z55	1k Units Tape and Reel	MUA08A
	LM555CMMX	Z55	3.5k Units Tape and Reel	
8-Pin MDIP	LM555CN	LM555CN	Rails	N08E

Absolute Maximum Ratings (Note 2)

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

Supply Voltage	+18V
Power Dissipation (Note 3)	
LM555CM, LM555CN	1180 mW
LM555CMM	613 mW
Operating Temperature Ranges	
LM555C	0°C to +70°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C

Soldering Information

Dual-In-Line Package	
Soldering (10 Seconds)	260°C
Small Outline Packages (SOIC and MSOP)	
Vapor Phase (60 Seconds)	215°C
Infrared (15 Seconds)	220°C

See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" for other methods of soldering surface mount devices.

Electrical Characteristics (Notes 1, 2)

($T_A = 25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = +5\text{V}$ to $+15\text{V}$, unless otherwise specified)

Parameter	Conditions	Limits			Units
		LM555C			
		Min	Typ	Max	
Supply Voltage		4.5		16	V
Supply Current	$V_{CC} = 5\text{V}$, $R_L = \infty$ $V_{CC} = 15\text{V}$, $R_L = \infty$ (Low State) (Note 4)		3 10	6 15	mA
Timing Error, Monostable					
Initial Accuracy			1		%
Drift with Temperature	$R_A = 1\text{k}$ to $100\text{k}\Omega$, $C = 0.1\mu\text{F}$, (Note 5)		50		ppm/°C
Accuracy over Temperature			1.5		%
Drift with Supply			0.1		%/V
Timing Error, Astable					
Initial Accuracy			2.25		%
Drift with Temperature	$R_A, R_B = 1\text{k}$ to $100\text{k}\Omega$, $C = 0.1\mu\text{F}$, (Note 5)		150		ppm/°C
Accuracy over Temperature			3.0		%
Drift with Supply			0.30		%/V
Threshold Voltage			0.667		$\times V_{CC}$
Trigger Voltage	$V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$		5 1.67		V V
Trigger Current			0.5	0.9	μA
Reset Voltage		0.4	0.5	1	V
Reset Current			0.1	0.4	mA
Threshold Current	(Note 6)		0.1	0.25	μA
Control Voltage Level	$V_{CC} = 15\text{V}$ $V_{CC} = 5\text{V}$	9 2.6	10 3.33	11 4	V
Pin 7 Leakage Output High			1	100	nA
Pin 7 Sat (Note 7)					
Output Low	$V_{CC} = 15\text{V}$, $I_7 = 15\text{mA}$		180		mV
Output Low	$V_{CC} = 4.5\text{V}$, $I_7 = 4.5\text{mA}$		80	200	mV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Electrical Characteristics (Notes 1, 2) (Continued)(T_A = 25°C, V_{CC} = +5V to +15V, unless otherwise specified)

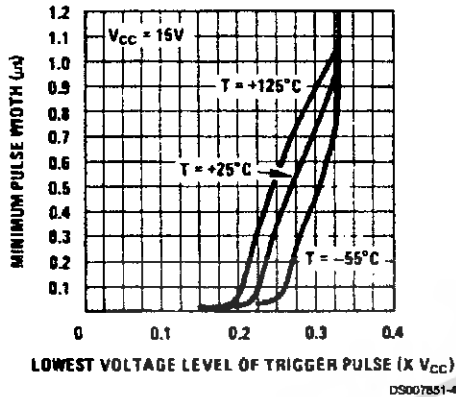
Parameter	Conditions	Limits			Units
		LM555C			
		Min	Typ	Max	
Output Voltage Drop (Low)	V _{CC} = 15V				
	I _{SINK} = 10mA		0.1	0.25	V
	I _{SINK} = 50mA		0.4	0.75	V
	I _{SINK} = 100mA		2	2.5	V
	I _{SINK} = 200mA		2.5		V
	V _{CC} = 5V				
	I _{SINK} = 8mA		0.25	0.35	V
Output Voltage Drop (High)	I _{SOURCE} = 200mA, V _{CC} = 15V		12.5		V
	I _{SOURCE} = 100mA, V _{CC} = 15V	12.75	13.3		V
	V _{CC} = 5V	2.75	3.3		V
Rise Time of Output			100		ns
Fall Time of Output			100		ns

Note 1: All voltages are measured with respect to the ground pin, unless otherwise specified.**Note 2:** Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. Operating Ratings indicate conditions for which the device is functional, but do not guarantee specific performance limits. Electrical Characteristics state DC and AC electrical specifications under particular test conditions which guarantee specific performance limits. This assumes that the device is within the Operating Ratings. Specifications are not guaranteed for parameters where no limit is given, however, the typical value is a good indication of device performance.**Note 3:** For operating at elevated temperatures the device must be derated above 25°C based on a +150°C maximum junction temperature and a thermal resistance of 106°C/W (DIP), 170°C/W (SO-8), and 204°C/W (MSOP) junction to ambient.**Note 4:** Supply current when output high typically 1 mA less at V_{CC} = 5V.**Note 5:** Tested at V_{CC} = 5V and V_{CC} = 15V.**Note 6:** This will determine the maximum value of R_A + R_B for 15V operation. The maximum total (R_A + R_B) is 20MΩ.**Note 7:** No protection against excessive pin 7 current is necessary providing the package dissipation rating will not be exceeded.**Note 8:** Refer to RETS555X drawing of military LM555H and LM555J versions for specifications.

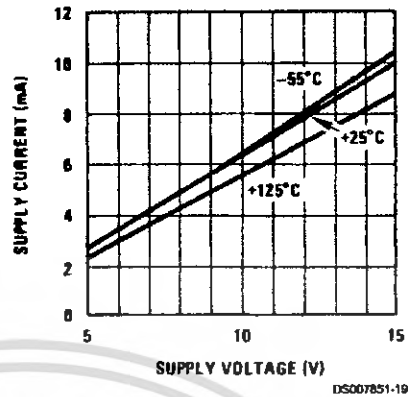
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics

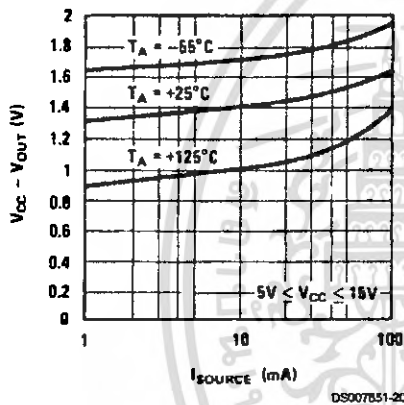
Minimum Pulse Width Required for Triggering



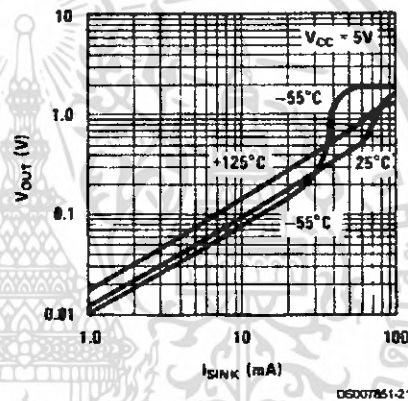
Supply Current vs. Supply Voltage



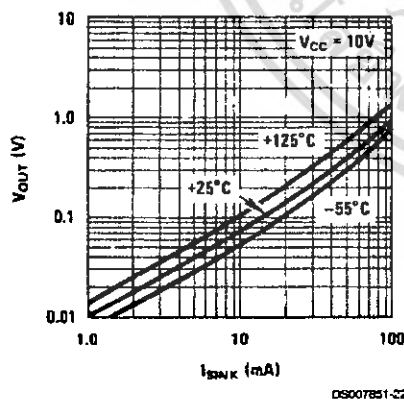
High Output Voltage vs. Output Source Current



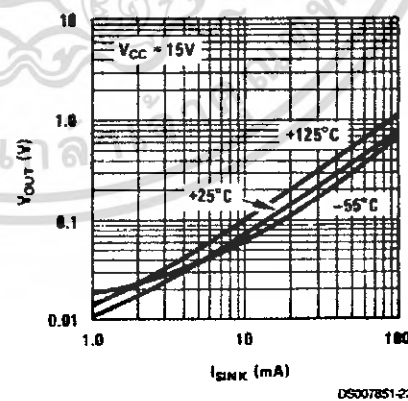
Low Output Voltage vs. Output Sink Current



Low Output Voltage vs. Output Sink Current



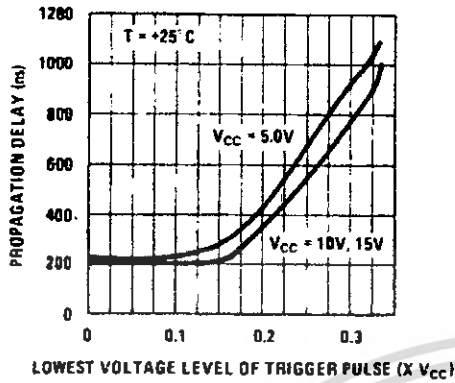
Low Output Voltage vs. Output Sink Current



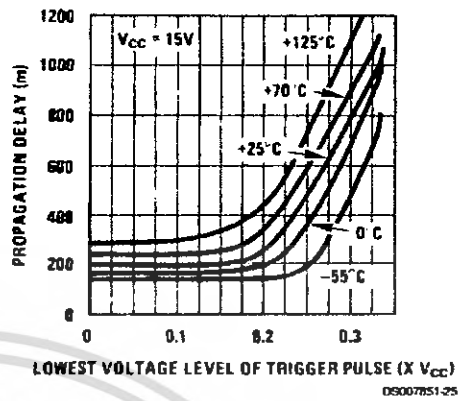
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Performance Characteristics (Continued)

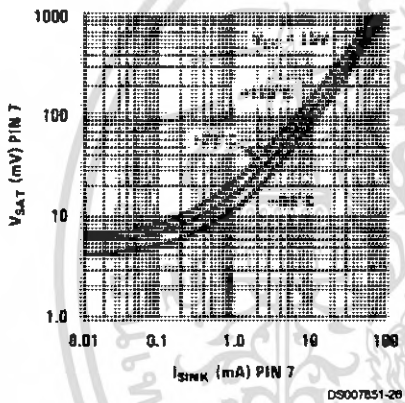
Output Propagation Delay vs. Voltage Level of Trigger Pulse



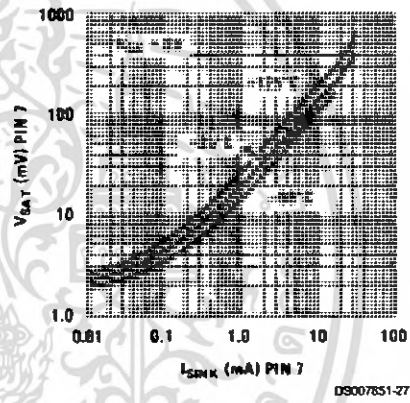
Output Propagation Delay vs. Voltage Level of Trigger Pulse



Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs. Sink Current



Discharge Transistor (Pin 7) Voltage vs. Sink Current



Applications Information

MONOSTABLE OPERATION

In this mode of operation, the timer functions as a one-shot (Figure 1). The external capacitor is initially held discharged by a transistor inside the timer. Upon application of a negative trigger pulse of less than $1/3 V_{CC}$ to pin 2, the flip-flop is set which both releases the short circuit across the capacitor and drives the output high.

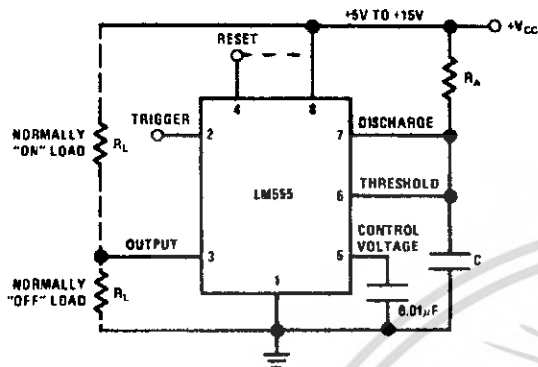


FIGURE 1. Monostable

The voltage across the capacitor then increases exponentially for a period of $t = 1.1 R_A C$, at the end of which time the voltage equals $2/3 V_{CC}$. The comparator then resets the flip-flop which in turn discharges the capacitor and drives the output to its low state. Figure 2 shows the waveforms generated in this mode of operation. Since the charge and the threshold level of the comparator are both directly proportional to supply voltage, the timing interval is independent of supply.



$V_{CC} = 5V$
 TIME = 0.1 ms/DIV.
 $R_A = 9.1k\Omega$
 $C = 0.01\mu F$

FIGURE 2. Monostable Waveforms

During the timing cycle when the output is high, the further application of a trigger pulse will not affect the circuit so long as the trigger input is returned high at least $10\mu s$ before the end of the timing interval. However the circuit can be reset during this time by the application of a negative pulse to the reset terminal (pin 4). The output will then remain in the low state until a trigger pulse is again applied.

When the reset function is not in use, it is recommended that it be connected to V_{CC} to avoid any possibility of false triggering.

Figure 3 is a nomograph for easy determination of R, C values for various time delays.

NOTE: In monostable operation, the trigger should be driven high before the end of timing cycle.

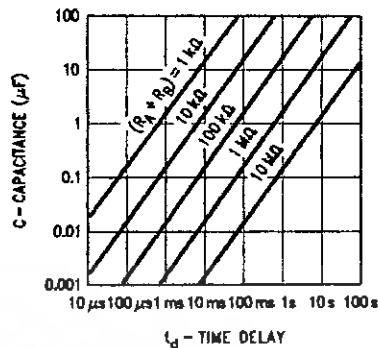


FIGURE 3. Time Delay

ASTABLE OPERATION

If the circuit is connected as shown in Figure 4 (pins 2 and 6 connected) it will trigger itself and free run as a multivibrator. The external capacitor charges through $R_A + R_B$ and discharges through R_B . Thus the duty cycle may be precisely set by the ratio of these two resistors.

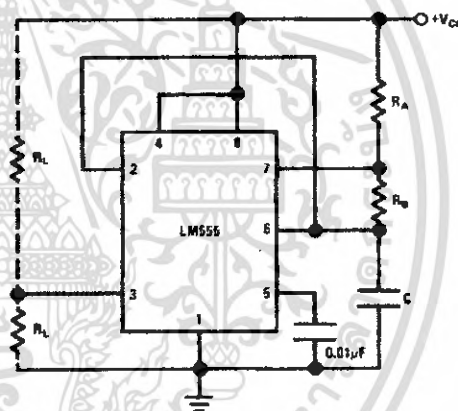
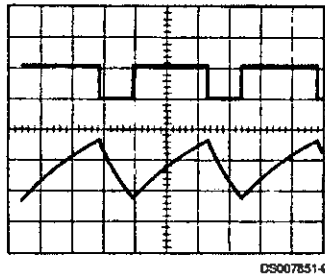


FIGURE 4. Astable

In this mode of operation, the capacitor charges and discharges between $1/3 V_{CC}$ and $2/3 V_{CC}$. As in the triggered mode, the charge and discharge times, and therefore the frequency are independent of the supply voltage.

Applications Information (Continued)

Figure 5 shows the waveforms generated in this mode of operation.



DS007851-9
 $V_{CC} = 5V$ Top Trace: Output 5V/Div.
 TIME = 20 μ s/DIV. Bottom Trace: Capacitor Voltage 1V/Div.
 $R_A = 3.9k\Omega$
 $R_B = 3k\Omega$
 $C = 0.01\mu F$

FIGURE 5. Astable Waveforms

The charge time (output high) is given by:

$$t_1 = 0.693 (R_A + R_B) C$$

And the discharge time (output low) by:

$$t_2 = 0.693 (R_B) C$$

Thus the total period is:

$$T = t_1 + t_2 = 0.693 (R_A + 2R_B) C$$

The frequency of oscillation is:

$$f = \frac{1}{T} = \frac{1.44}{(R_A + 2R_B) C}$$

Figure 6 may be used for quick determination of these RC values.

The duty cycle is:

$$D = \frac{R_B}{R_A + 2R_B}$$

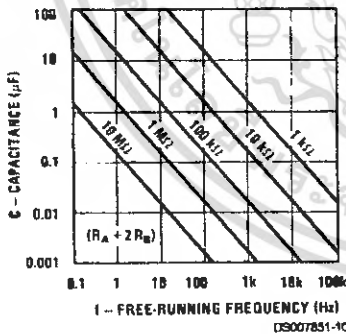
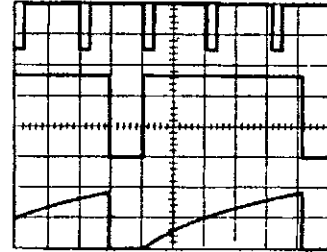


FIGURE 6. Free Running Frequency

FREQUENCY DIVIDER

The monostable circuit of Figure 1 can be used as a frequency divider by adjusting the length of the timing cycle. Figure 7 shows the waveforms generated in a divide by three circuit.



DS007851-11
 $V_{CC} = 5V$ Top Trace: Input 4V/Div.
 TIME = 20 μ s/DIV. Middle Trace: Output 2V/Div.
 $R_A = 9.1k\Omega$ Bottom Trace: Capacitor 2V/Div.
 $C = 0.01\mu F$

FIGURE 7. Frequency Divider

PULSE WIDTH MODULATOR

When the timer is connected in the monostable mode and triggered with a continuous pulse train, the output pulse width can be modulated by a signal applied to pin 5. Figure 8 shows the circuit, and in Figure 9 are some waveform examples.

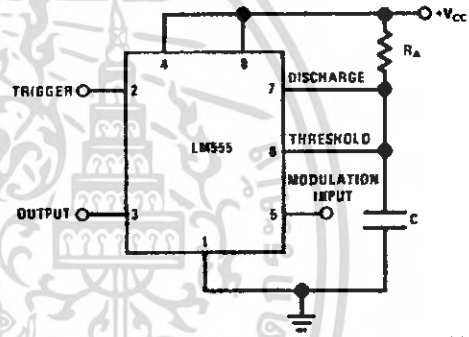
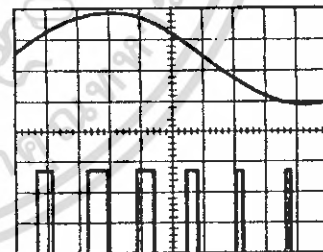


FIGURE 8. Pulse Width Modulator



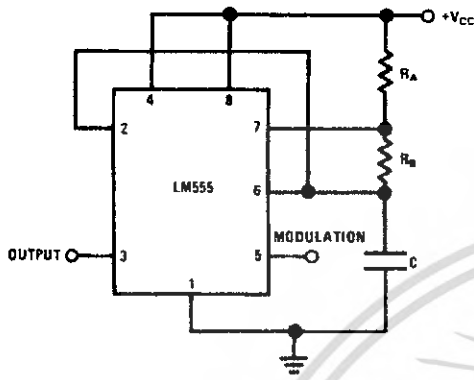
DS007851-13
 $V_{CC} = 5V$ Top Trace: Modulation 1V/Div.
 TIME = 0.2 ms/DIV. Bottom Trace: Output Voltage 2V/Div.
 $R_A = 9.1k\Omega$
 $C = 0.01\mu F$

FIGURE 9. Pulse Width Modulator

Applications Information (Continued)

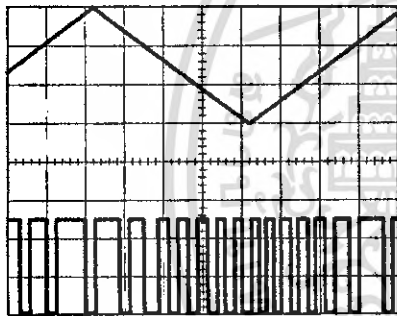
PULSE POSITION MODULATOR

This application uses the timer connected for astable operation, as in Figure 10, with a modulating signal again applied to the control voltage terminal. The pulse position varies with the modulating signal, since the threshold voltage and hence the time delay is varied. Figure 11 shows the waveforms generated for a triangle wave modulation signal.



DS007851-14

FIGURE 10. Pulse Position Modulator



DS007851-15

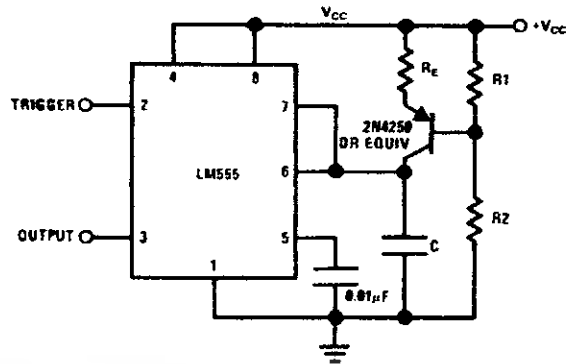
$V_{CC} = 5V$
 TIME = 0.1 ms/DIV.
 $R_A = 3.9k\Omega$
 $R_B = 3k\Omega$
 $C = 0.01\mu F$

Top Trace: Modulation Input 1V/Div.
 Bottom Trace: Output 2V/Div.

FIGURE 11. Pulse Position Modulator

LINEAR RAMP

When the pullup resistor, R_A , in the monostable circuit is replaced by a constant current source, a linear ramp is generated. Figure 12 shows a circuit configuration that will perform this function.



DS007851-16

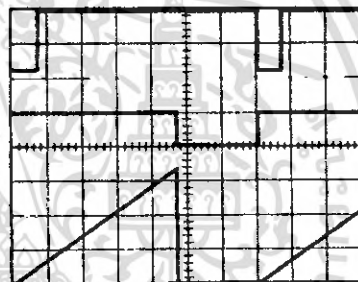
FIGURE 12.

Figure 13 shows waveforms generated by the linear ramp. The time interval is given by:

$$T = \frac{2/3 V_{CC} R_E (R_1 + R_2) C}{R_1 V_{CC} - V_{BE} (R_1 + R_2)}$$

$$V_{BE} \approx 0.6V$$

$$V_{BE} \approx 0.6V$$



DS007851-17

$V_{CC} = 5V$
 TIME = 20µs/DIV.
 $R_1 = 47k\Omega$
 $R_2 = 100k\Omega$
 $R_E = 2.7k\Omega$
 $C = 0.01\mu F$

Top Trace: Input 3V/Div.
 Middle Trace: Output 5V/Div.
 Bottom Trace: Capacitor Voltage 1V/Div.

FIGURE 13. Linear Ramp

Applications Information (Continued)

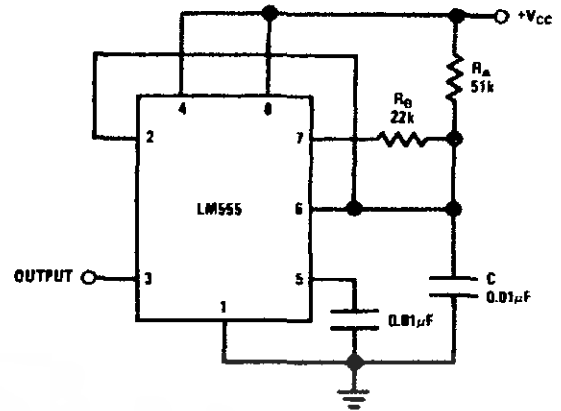
50% DUTY CYCLE OSCILLATOR

For a 50% duty cycle, the resistors R_A and R_B may be connected as in *Figure 14*. The time period for the output high is the same as previous, $t_1 = 0.693 R_A C$. For the output low it is $t_2 =$

$$\left[(R_A R_B) / (R_A + R_B) \right] C \ln \left[\frac{R_B - 2R_A}{2R_B - R_A} \right]$$

Thus the frequency of oscillation is

$$f = \frac{1}{t_1 + t_2}$$



DS007851-18

FIGURE 14. 50% Duty Cycle Oscillator

Note that this circuit will not oscillate if R_B is greater than $1/2 R_A$ because the junction of R_A and R_B cannot bring pin 2 down to $1/3 V_{CC}$ and trigger the lower comparator.

ADDITIONAL INFORMATION

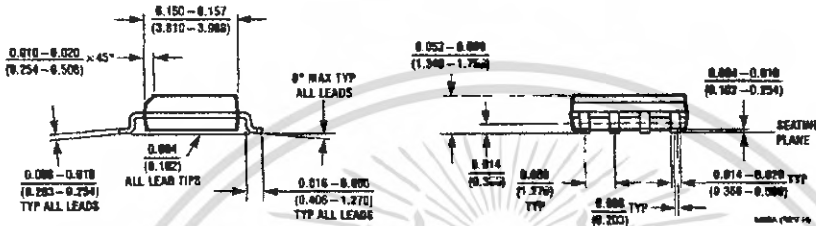
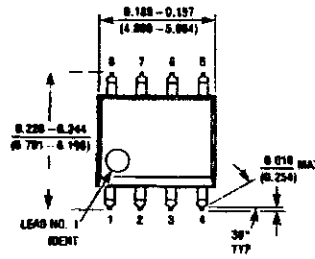
Adequate power supply bypassing is necessary to protect associated circuitry. Minimum recommended is $0.1\mu F$ in parallel with $1\mu F$ electrolytic.

Lower comparator storage time can be as long as $10\mu s$ when pin 2 is driven fully to ground for triggering. This limits the monostable pulse width to $10\mu s$ minimum.

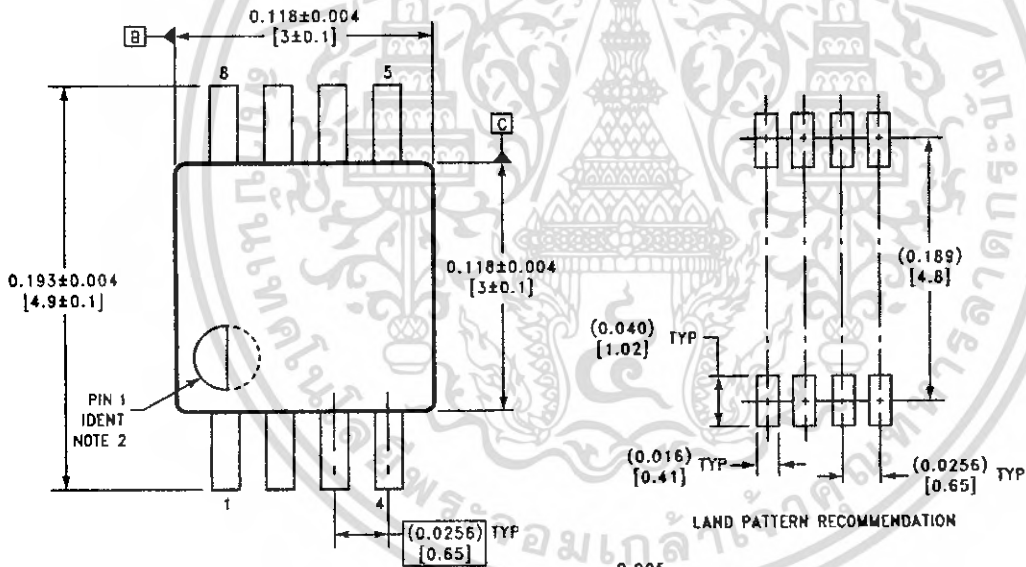
Delay time reset to output is $0.47\mu s$ typical. Minimum reset pulse width must be $0.3\mu s$, typical.

Pin 7 current switches within $30ns$ of the output (pin 3) voltage.

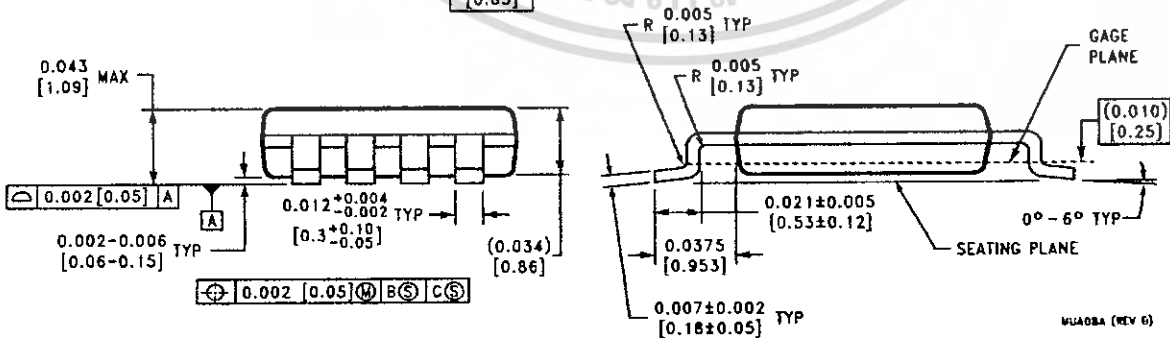
Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted



**Small Outline Package (M)
NS Package Number M08A**



LAND PATTERN RECOMMENDATION

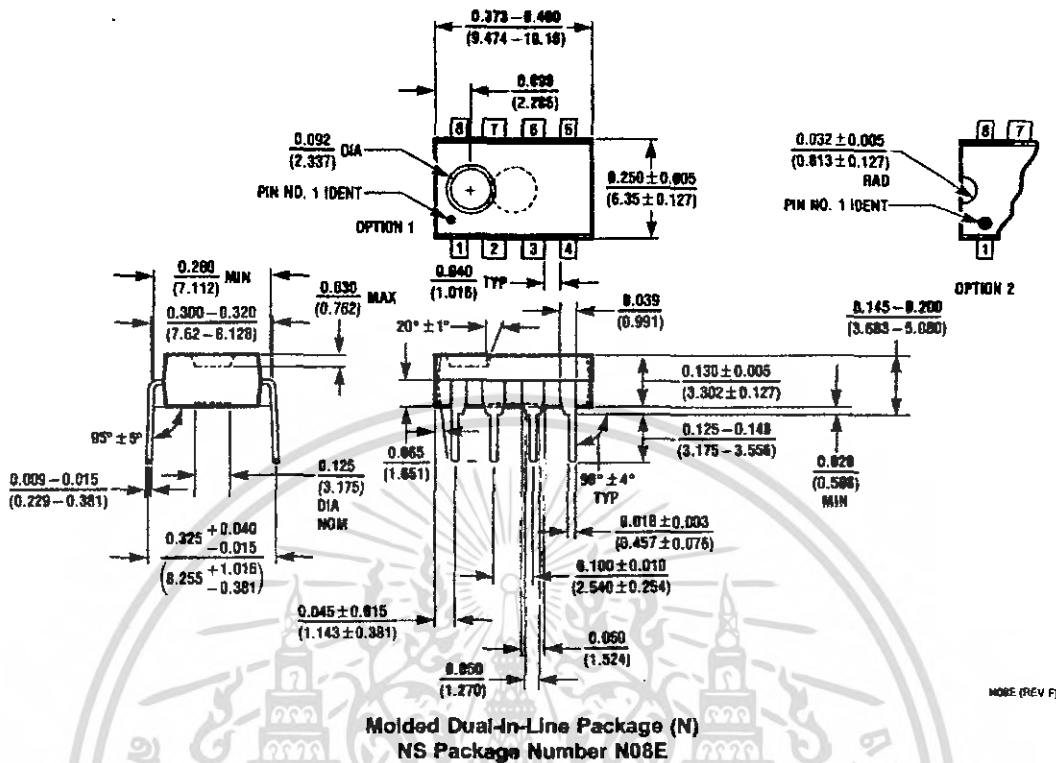


**8-Lead (0.118" Wide) Molded Mini Small Outline Package
NS Package Number MUA08A**

MUA08A (REV 6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Physical Dimensions inches (millimeters) unless otherwise noted (Continued)



LIFE SUPPORT POLICY

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

1. Life support devices or systems are devices or systems which, (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life, and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling, can be reasonably expected to result in a significant injury to the user.
2. A critical component is any component of a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system, or to affect its safety or effectiveness.

N National Semiconductor Corporation
Americas
Tel: 1-800-272-9959
Fax: 1-800-737-7018
Email: support@nsc.com
www.national.com

National Semiconductor Europe
Fax: +49 (0) 180-530 85 86
Email: europe.support@nsc.com
Deutsch Tel: +49 (0) 89 9508 6208
English Tel: +44 (0) 870 24 0 2171
Français Tel: +33 (0) 1 41 91 8790

National Semiconductor Asia Pacific Customer Response Group
Tel: 65-2544488
Fax: 65-2504488
Email: ap.support@nsc.com

National Semiconductor Japan Ltd.
Tel: 81-3-5639-7560
Fax: 81-3-5639-7507

National does not assume any responsibility for use of any circuitry described, no circuit patent licenses are implied and National reserves the right at any time without notice to change said circuitry and specifications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้