

เมาส์และคีย์บอร์ดไร้สาย

WIRELESS MOUSE & KEYBOARD



โดย  
นายสุวัฒน์ คุ้มธนไพศาล  
นายสุรศักดิ์ ลือศักดิ์อุดมพร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

พ.  
ค.ร.ร. 314  
2545

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2545

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 50122

วัน, เดือน, ปี 21 12 2547

b.....  
i.....

ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

h.....

เมาส์และคีย์บอร์ดไร้สาย

WIRELESS MOUSE & KEYBOARD

โดย

นายสุวัฒน์ ภูวณไพศาล 42010394

นายสุรศักดิ์ ลือศักดิ์อุดมพร 42010404

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์สมเกียรติ ฤกษ์วัลลภ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2545

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2545

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เมาส์และคีย์บอร์ดไร้สาย

**WIRELESS MOUSE & KEYBOARD**

ผู้จัดทำ

1. นายสุวัฒน์ ภูวธนไพศาล 42010394
2. นายสุรศักดิ์ ลือศักดิ์อุดมพร 42010404

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(อ.สมเกียรติ ฤกษ์วัลย์บุญ)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมาส์และคีย์บอร์ดไร้สาย

WIRELESS MOUSE & KEYBOARD

โดย นายสุพัฒน์ ภูวรินทร์ไพศาล 42010394

นายสุรศักดิ์ ลือศักดิ์อุดมพร 42010404

อาจารย์ที่ปรึกษา สมเกียรติ ฤกษ์วีระบุญ

### บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการนำเสนอชุดรับ-ส่งข้อมูลไร้สายระหว่างเมาส์และคีย์บอร์ด เพื่อติดต่อกับคอมพิวเตอร์ ซึ่งจุดมุ่งหมายหลักแล้วจะใช้ในการสัมมนาหรือการประชุม เพื่ออำนวยความสะดวกในการแสดงผลงานต่าง ๆ ผ่านจอคอมพิวเตอร์หรือจอภาพขนาดใหญ่ โดยผู้นำเสนอนำเสนอข้อมูลผ่านทางเมาส์และคีย์บอร์ดได้ในระยะไกล

### Abstract

This project will present set of transmission wireless mouse & keyboard connects to computer for use of presentation of conferences. It can show all the output through the computer monitor in a long distance and it's very comfort by presenter will present information through wireless mouse & keyboard.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 บล็อกไดอะแกรมทางด้านส่ง	2
1.2 บล็อกไดอะแกรมทางด้านรับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีหรือหลักการ	4
2.1 การสื่อสารข้อมูล (Data communications)	4
2.2 การส่งผ่านข้อมูล (Transmission modes)	4
2.3 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232	5
2.4 เมาส์ (Mouse)	8
2.5 คีย์บอร์ด	9
2.6 คุณสมบัติของแสงอินฟราเรด	13
2.7 วงจรขยายกำลัง (Power Amplifier)	18
2.8 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ	20
2.9 การเข้ารหัสแมนเชสเตอร์	22
2.10 วงจรถอดรหัสข้อมูลแบบแมนเชสเตอร์ (Manchester Decoder)	23
2.11 โมดูลรับ-ส่ง TFDS4500	26
2.12 หลักการทำงานพื้นฐานของ DC โวลต์จอกอนเวอร์เตอร์	30
2.13 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	44
บทที่ 3 การคำนวณและการสร้าง	57
3.1 วงจรเข้ารหัสแมนเชสเตอร์ (Manchester Encoder)	57
3.2 วงจรเพิ่มความถี่ให้อยู่ในช่วงใช้งานของโมดูล	57
3.3 การออกแบบวงจรถอดรหัสสัญญาณแบบแมนเชสเตอร์	58
3.4 วงจรโมดูลรับ-ส่งอินฟราเรด	61
3.5 วงจรดีซีโวลต์จอกอนเวอร์เตอร์	61
3.6 วงจรดีเลย์สัญญาณคีย์บอร์ดหรือเมาส์	62
3.7 วงจรรวมภาคส่งและรับ	63
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	67
บทที่ 5 บทวิจารณ์และบทสรุป	80
ภาคผนวก	
กิตติกรรมประกาศ	
หนังสืออ้างอิง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมภาคส่งของเมาส์และคีย์บอร์ดไร้สาย	2
รูปที่ 1.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมภาครับของเมาส์และคีย์บอร์ดไร้สาย	2
รูปที่ 2.1 แสดงขาต่าง ๆ ของ DB-9 ตัวผู้	6
รูปที่ 2.2 แสดงขาต่าง ๆ ของ DB-9 ตัวเมีย	7
รูปที่ 2.3 หัวต่อแบบดิน	9
รูปที่ 2.4 วงจร 8048 ที่อยู่บนคีย์บอร์ด	10
รูปที่ 2.5 วงจรเปลี่ยนข้อมูลจากอนุกรมเป็นขนาน	11
รูปที่ 2.6 แสดงตำแหน่งคีย์ต่าง ๆ บนคีย์บอร์ดและรหัสสแกนคีย์	12
รูปที่ 2.7 แสดงพี-เอ็น ฟังก์ชันโฟโตไดโอด	17
รูปที่ 2.8 แสดงพี-ไอ-เอ็น ฟังก์ชันโฟโตไดโอด	17
รูปที่ 2.9 วงจรขยายกำลัง Class A	18
รูปที่ 2.10 วงจร Dual supply complementary push-pull class B amplifier	19
รูปที่ 2.11 ภาพแสดง วงจรเปรียบเทียบศักดาจุดสัญญาณเข้าขา (+)	21
รูปที่ 2.12 แสดงวงจรเปรียบเทียบศักดาจุดสัญญาณเข้าขา (-)	22
รูปที่ 2.13 แสดงวงจรการ (a) เข้ารหัส	23
รูปที่ 2.13 แสดงวงจรการ (b) ถอดรหัส	23
รูปที่ 2.14 แสดงสัญญาณที่ผ่านการเข้ารหัสแมนเชสเตอร์	23
รูปที่ 2.15 บล็อกไดอะแกรมของการถอดรหัสแมนเชสเตอร์แบบแรก	24
รูปที่ 2.16 บล็อกไดอะแกรมของการถอดรหัสแมนเชสเตอร์แบบที่สอง	24
รูปที่ 2.17 แสดง Timing Diagram ของการถอดรหัสสัญญาณแมนเชสเตอร์แบบแรก	25
รูปที่ 2.18 แสดง Timing Diagram ของการถอดรหัสสัญญาณแมนเชสเตอร์แบบที่สอง	26
รูปที่ 2.19 บล็อกไดอะแกรมภายในของ TFDS4500	28
รูปที่ 2.20 วงจรประยุกต์ใช้งานเบื้องต้นของ TFDS4500	29
รูปที่ 2.21 แสดงวงจรแปลงแรงดันไฟสลับเป็นไฟตรง	31
รูปที่ 2.22 แสดงวงจรทวีคูณแรงดัน 2 เท่าเบื้องต้นโดยใช้หม้อแปลงเป็นตัวขับ	32
รูปที่ 2.23 (ก) แสดงการเขียนวงจรทวีคูณแรงดันแบบทั่วไป	33
รูปที่ 2.23 (ข) แสดงการเขียนวงจรทวีคูณแรงดันแบบมาตรฐาน	33
รูปที่ 2.24 แสดงตัวอย่างของการเชื่อมต่ วงจรทวีคูณแรงดัน 2 เท่าจำนวน 3 ชุด	34
รูปที่ 2.25 แสดงวงจรทวีคูณแรงดันแบบ Cockcroft-Walton ที่เชื่อมต่อกันรวม 3 ชุด	34
รูปที่ 2.26 แสดงวงจรตัวอย่างของวงจรคูณแรงดันแบบกระแสไฟตรงโดยใช้ไอซีไอเทมอร์เบอร์ 555	36
รูปที่ 2.27 แสดงวงจรทวีคูณแรงดันแบบกระแสไฟตรงที่ปรับปรุงวงจรในภาคทวีคูณแรงดันขึ้นใหม่	37

รูปที่ 2.28 แสดงวงจรทวิคูณแรงดันแบบกระแสไฟตรงที่นำมาปรับปรุงต่อไปโดยเพิ่มวงจรถูกทวิคูณแรงดันเชื่อมต่อแบบคาสเคด เพื่อเพิ่มการทวิคูณแรงดันให้มีค่าเพิ่มขึ้น	38
รูปที่ 2.29 แสดงการใช้วงจรทวิคูณแรงดันในการนำมาสร้างเป็นวงจรถูกกำเนิดแรงดัน	39
รูปที่ 2.30 วงจรทวิคูณแรงดันไฟโดยใช้หม้อแปลงไฟขึ้น	40
รูปที่ 2.31 (ก) แสดงรูปร่างและตำแหน่งขาต่อใช้งานของ ICL7660	41
รูปที่ 2.31 (ข) แสดงการทำงานภายในของ ICL7660	41
รูปที่ 2.32 วงจรพื้นฐานในการต่อใช้งาน ICL 7660 ที่ใช้แรงดันไฟเลี้ยงในช่วง 1.8-3.5 โวลต์	42
รูปที่ 2.33 วงจรพื้นฐานในการต่อใช้งาน ICL 7660 ที่ใช้แรงดันไฟเลี้ยงอยู่ในช่วง 3.5-6.5 โวลต์	43
รูปที่ 2.34 แสดงการนำ ICL 7660 ใช้งานกับแรงดันไฟเลี้ยงในช่วง 6.5-10 โวลต์	43
รูปที่ 2.35 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051	46
รูปที่ 2.36 สัญญาณต่างๆของ MSC-51 เบอร์ 8051	52
รูปที่ 2.37 การต่อสัญญาณนาฬิกาที่ขา XTAL1 และ XTAL2	52
รูปที่ 2.38 การใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอก	53
รูปที่ 2.39 การต่อสัญญาณรีเซ็ต	53
รูปที่ 2.40 การสร้างสัญญาณแอดเดรสและสัญญาณข้อมูล	54
รูปที่ 3.1 วงจรเข้ารหัสสัญญาณแบบแมนเชสเตอร์ด้วย Exclusive or gate โดยทำการปรับสัญญาณที่เข้ามาให้ตรงกันด้วย DFF	55
รูปที่ 3.2 วงจรการเพิ่มความถี่ให้เป็น 115 KHz	57
รูปที่ 3.3 วงจร integrate	58
รูปที่ 3.4 วงจรค่าสัมบูรณ์	58
รูปที่ 3.5 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ	59
รูปที่ 3.6 แสดงวงจรรวมของการถอดรหัสสัญญาณแบบแมนเชสเตอร์	60
รูปที่ 3.7 แสดงวงจรรับ-ส่งของโมดูลอินฟราเรด	61
รูปที่ 3.8 แสดงวงจรดีซีโวลต์เตจคอนเวอร์เตอร์	61
รูปที่ 3.9 แสดงการดีเลย์สัญญาณที่ตีเทกได้โดยใช้ MCS-51	62
รูปที่ 3.10 แสดงวงจรรวมทางด้านส่ง	63
รูปที่ 3.11 แสดงวงจรรับทั้งหมด	64
รูปที่ 3.12 แสดงวงจรรับทั้งหมด	65
รูปที่ 3.13 แสดงกล่องที่ใช้บรรจุวงจร(ด้านหน้า)	65
รูปที่ 3.14 แสดงกล่องที่ใช้บรรจุวงจร (ด้านหลัง)	66
รูปที่ 4.1 สัญญาณข้อมูลจากคีย์บอร์ด (บน)สัญญาณนาฬิกา และสัญญาณที่ออกจาก D-FF (D-Flip Flop)	67

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 สัญญาณข้อมูลจากเมาส์ (บน) สัญญาณนาฬิกา(กลาง) และสัญญาณที่ออกจาก D-FF(D-Flip Flop)(ล่าง)	68
รูปที่ 4.3 สัญญาณข้อมูลคีย์บอร์ด (บน), สัญญาณนาฬิกา (กลาง) และสัญญาณที่ออกจาก Exclusive OR (ล่าง)	68
รูปที่ 4.4 สัญญาณข้อมูลเมาส์ (บน), สัญญาณนาฬิกา (กลาง) และสัญญาณที่ออกจาก Exclusive OR (ล่าง)	69
รูปที่ 4.5 แสดงสัญญาณ Manchester ของคีย์บอร์ดที่ไปผ่าน Schmitt trigger แบบอินเวอร์ส	69
รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณ Manchester ของเมาส์ที่ไปผ่าน Schmitt trigger แบบอินเวอร์ส	70
รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณของคีย์บอร์ดที่ถูกเพิ่มความถี่ไปเป็น 115 kHz	70
รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณของเมาส์ที่ถูกเพิ่มความถี่ไปเป็น 115 kHz	71
รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณของคีย์บอร์ดที่ไปผ่าน Schmitt trigger แบบอินเวอร์ส	71
รูปที่ 4.10 แสดงสัญญาณของเมาส์ที่ไปผ่าน Schmitt trigger แบบอินเวอร์ส	72
รูปที่ 4.11 แสดงสัญญาณของคีย์บอร์ดที่ทำการส่ง-รับผ่านตัวโมดูลอินฟราเรด	72
รูปที่ 4.12 แสดงสัญญาณของเมาส์ที่ทำการส่ง-รับผ่านตัวโมดูลอินฟราเรด	73
รูปที่ 4.13 แสดงสัญญาณของคีย์บอร์ดที่ผ่านวงจรเปรียบเทียบสัญญาณออกมา เป็นสัญญาณแมนเชสเตอร์	73
รูปที่ 4.14 แสดงสัญญาณของเมาส์ที่ผ่านวงจรเปรียบเทียบสัญญาณออกมา เป็นสัญญาณแมนเชสเตอร์	74
รูปที่ 4.15 แสดงสัญญาณแมนเชสเตอร์ของคีย์บอร์ดผ่านวงจรอินทรีเกรด	74
รูปที่ 4.16 แสดงสัญญาณแมนเชสเตอร์ของเมาส์ผ่านวงจรอินทรีเกรด	75
รูปที่ 4.17 แสดงสัญญาณอินทรีเกรดของคีย์บอร์ดผ่านวงจรค่าสัมบูรณ์	75
รูปที่ 4.18 แสดงสัญญาณอินทรีเกรดของเมาส์ผ่านวงจรค่าสัมบูรณ์	76
รูปที่ 4.19 แสดงสัญญาณค่าสัมบูรณ์ของคีย์บอร์ดผ่านวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ	76
รูปที่ 4.20 แสดงสัญญาณค่าสัมบูรณ์ของเมาส์ผ่านวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ	77
รูปที่ 4.21 แสดงสัญญาณข้อมูลคีย์บอร์ดที่ตีเทกได้จาก D-FF	77
รูปที่ 4.22 แสดงสัญญาณข้อมูลเมาส์ที่ตีเทกได้จาก D-FF	78
รูปที่ 4.23 แสดงสัญญาณที่ได้จาก MCS-51 หลังจากทำการหน่วยเวลาของสัญญาณนาฬิกา	78
รูปที่ 4.24 แสดงสัญญาณที่ได้จาก MCS-51 หลังจากทำการหน่วยเวลาของสัญญาณนาฬิกา	79

## สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 แสดงขาต่าง ๆ ที่ใช้ในเมาส์	8
ตารางที่ 2.2 แสดงลักษณะของข้อมูลที่เมาส์ส่งไป	8
ตารางที่ 2.3 รหัสสแกนของแต่ละคีย์	12-13
ตารางที่ 2.4 Some of the Material Available for LED Device	15
ตารางที่ 2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51	45
ตารางที่ 2.6 แสดงค่าภายในรีจิสเตอร์หลังจากการรีเซต	50
ตารางที่ 2.7 สัญญาณต่างๆของพอร์ต P3	55



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

ในระยะเวลาที่ผ่านมาการสื่อสารเข้ามามีส่วนสำคัญ ในการติดต่อสื่อสารในชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นการติดต่อสื่อสารระหว่างมนุษย์กับมนุษย์ หรือว่าจะเป็นการติดต่อสื่อสารระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์หรือว่าจะเป็นการติดต่อสื่อสารระหว่างคอมพิวเตอร์กับคอมพิวเตอร์ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าในชีวิตประจำวันของเราวัน ๆ หนึ่งนั้นไม่สามารถที่จะหลีกเลี่ยงการติดต่อสื่อสารได้เลยตัวอย่างเช่น การใช้โทรศัพท์ในการติดต่อสื่อสาร, การรับชมโทรทัศน์, การรับฟังวิทยุ, การดึงหรือเลือกใช้ข้อมูลบนฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์ส่วนกลาง ในปัจจุบันมีการคิดค้นและพัฒนาระบบสื่อสารขึ้นมาใหม่มากมายหลายระบบ เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้ หรือเพื่อต้องการให้ระบบมีความสามารถในการปฏิบัติงานได้รวดเร็วและมีประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้นยกตัวอย่างเช่น การคิดค้นและพัฒนาระบบการสื่อสารไร้สาย (Wireless Communication) เป็นต้น

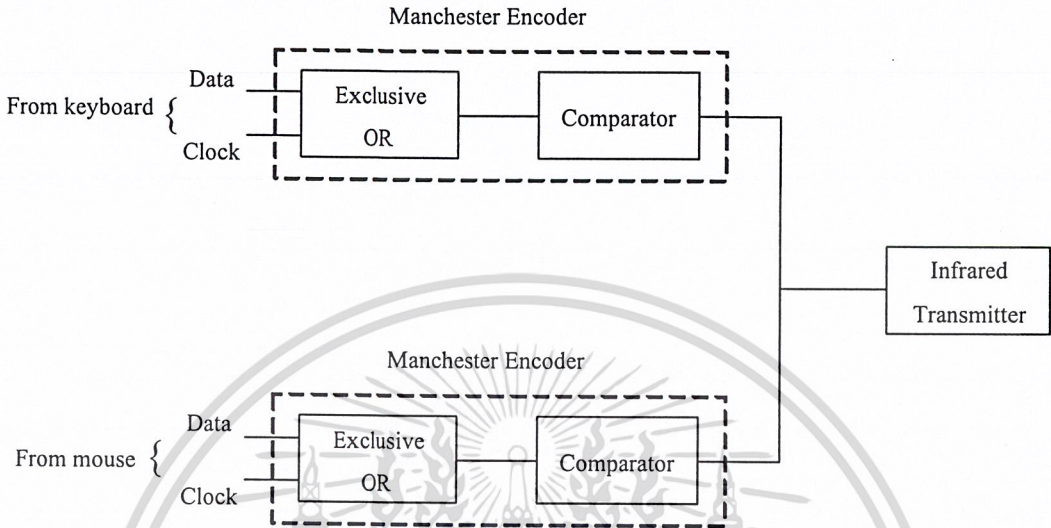
การติดต่อสื่อสารระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการส่งผ่านข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นมีบทบาทเพิ่มมากขึ้น และเนื่องจากประสิทธิภาพของคอมพิวเตอร์นั้นมีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว หากอุปกรณ์ที่อยู่รอบข้างมีขีดความสามารถที่ต่ำ เราก็ไม่สามารถที่จะใช้ประโยชน์จากคอมพิวเตอร์นั้นได้อย่างสมบูรณ์ จึงกล่าวได้ว่าอุปกรณ์ช่วยหรืออุปกรณ์รอบข้างของคอมพิวเตอร์นั้นมีความสำคัญมาก เพราะเป็นส่วนหนึ่งในการกำหนดคุณภาพของการสื่อสาร

การติดต่อระหว่างมนุษย์กับคอมพิวเตอร์นั้น จะอาศัยอุปกรณ์ในการแปลความหมายจากภาษามนุษย์ไปเป็นรหัสข้อมูลหรือสัญญาณที่สามารถติดต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ ซึ่งก็คือสัญญาณดิจิทัลซึ่งอาจทำได้โดยการพิมพ์อักษรต่าง ๆ ตามภาษามนุษย์แล้วแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลผ่านทางคีย์บอร์ด (Keyboard) หรือ การติดต่อผ่านทางเมาส์ (Mouse) เพื่อควบคุมการทำงานของคอมพิวเตอร์ได้หรืออาจจะใช้อุปกรณ์อื่น ๆ เช่น จอยสติค (Joystick) ควบคุมการทำงานผ่านทางพอร์ต (Port) ต่าง ๆ ของคอมพิวเตอร์, การควบคุมการทำงานผ่านทางคอมพิวเตอร์ด้วยตนเองหรือผ่านทางอินเทอร์เน็ต (Internet) เป็นต้น

โดยปกติการติดต่อสื่อสารกับคอมพิวเตอร์นั้นเราจะใช้การติดต่อผ่านทาง เมาส์และคีย์บอร์ด เนื่องจากเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ได้ง่ายและสะดวกมากกว่า แต่ในบางครั้งเราอาจจะเกิดปัญหาจากการควบคุมตัวของคอมพิวเตอร์ในเนื่องมาจาก ระยะทางของสายที่ติดต่อไปยังคอมพิวเตอร์มีขนาดความยาวไม่เพียงพอกับการใช้งานโดยเฉพาะอย่างยิ่งในการประชุมหรือสัมมนาผ่านทางจอคอมพิวเตอร์ หรือผ่านทางจอภาพขนาดใหญ่โดยผู้นำเสนอจะอยู่ในบริเวณที่ห่างจากตัวคอมพิวเตอร์ อาจจะต้องการควบคุมคอมพิวเตอร์ซึ่งหากเป็นการติดต่อผ่านทางสายนำสัญญาณอาจทำได้ไม่สะดวกเท่ากับการที่ใช้การส่งผ่านแบบไร้สาย ซึ่งมีความสะดวกในการใช้งานหรือติดต่อกับตัวของคอมพิวเตอร์มากกว่า โครงการนี้จึงได้นำเสนอแนวทางในการคิดค้น, ออกแบบและพัฒนา โดยตั้งแต่บทที่ 2 จะเป็นทฤษฎีหลักที่เกี่ยวข้องและควรรู้ ในบทที่ 3 จะเป็นการออกแบบวงจรเพื่อการสร้าง และในบทที่ 4 จะนำเสนอผลที่ได้จากการทดลองมาอธิบาย ส่วนในบทสุดท้ายคือ บทที่ 5 จะเป็นการสรุปผลการทดลองรวมถึงข้อปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นมาอธิบายรวมทั้งวิธีการแก้ไขสามารถปฏิบัติได้ตามลำดับ

ก่อนที่จะทำการสร้างวงจรขึ้นมาได้นั้นสิ่งแรกที่จะต้องทำคือการเขียนบล็อกไดอะแกรมขึ้นมา ก่อน บล็อกไดอะแกรมของเมาส์และคีย์บอร์ดไร้สายแยกเป็นด้านส่งและด้านรับสามารถแสดงได้ดังนี้

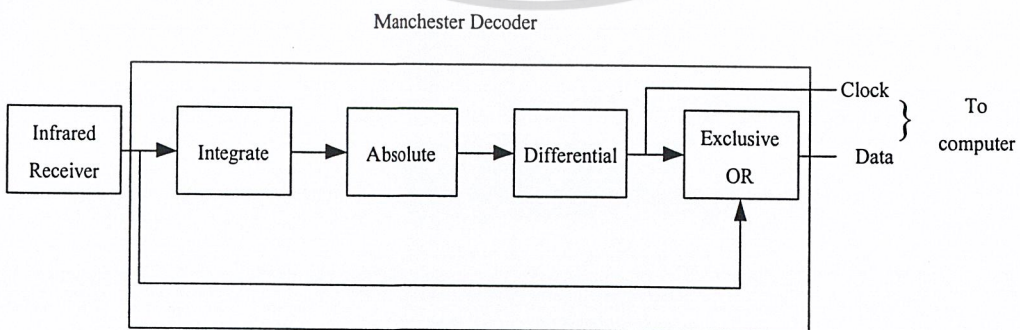
**บล็อกไดอะแกรมทางด้านส่ง**



รูปที่ 1.1 แสดงบล็อกไดอะแกรมภาคส่งของเมาส์และคีย์บอร์ดไร้สาย

จากรูปสัญญาณที่ได้จากตัวอุปกรณ์เมาส์และคีย์บอร์ดจะประกอบไปด้วยสัญญาณข้อมูล (Data) กับสัญญาณนาฬิกา (Clock) ซึ่งเราจะทำการเข้ารหัสแบบแมนเชสเตอร์เพื่อให้สัญญาณข้อมูลกับสัญญาณนาฬิกา รวมเป็นสัญญาณเดียวกันแล้วทำการส่งสัญญาณแมนเชสเตอร์ โดยอาศัยการส่งข้อมูลแบบอินฟราเรด (Infrared Transmitter) โดยสัญญาณที่ได้จากการเข้ารหัสแมนเชสเตอร์มีข้อดีคือ จะมีสัญญาณนาฬิกาแฝงอยู่ในข้อมูลด้วยทำให้สามารถที่จะทำการกู้สัญญาณนาฬิกากลับคืน (Carrier Recovery) ได้ทางด้านรับโดยไม่ต้องทำการส่งสัญญาณไปที่ละสองสัญญาณ

**บล็อกไดอะแกรมทางด้านรับ**



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 1.2 แสดงบล็อกไดอะแกรมภาครับของเมาส์และคีย์บอร์ดไร้สาย ซึ่งประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปเมื่อด้านส่งส่งสัญญาณเข้ามาทางด้านรับก็จะทำการตีเทก (Detect) สัญญาณที่ส่งมาเมื่อได้สัญญาณแมนเชสเตอร์ ก็จะทำการถอดรหัสแบบแมนเชสเตอร์ออกมาโดยจะทำการกู้สัญญาณนาฬิกากลับออกมาก่อนแล้วจึงทำการถอดรหัสสัญญาณข้อมูลกลับคืนมา

โดยรายละเอียดของวงจรที่ใช้ทำงานและการออกแบบจะกล่าวอย่างละเอียดในบทต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีหรือหลักการ

#### 2.1 การสื่อสารข้อมูล (Data communications)

การสื่อสารข้อมูลข่าวสารที่ถูกเข้ารหัสแล้วระหว่างอุปกรณ์ 2 ชนิด โดยมีองค์ประกอบหลักที่สำคัญ คือ ผู้ส่งสาร ผู้รับสารและตัวกลางในการส่งผ่านข้อมูล โดยมีสิ่งที่ผู้ส่งส่งผ่านตัวกลางให้ผู้รับได้รับคือ ข้อมูลข่าวสาร โดยมีรูปแบบของการสื่อสารระหว่างอุปกรณ์ 2 ชนิด แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ

1. การสื่อสารทางเดียว (Simplex) ใช้ในการส่งผ่านข้อมูลที่อุปกรณ์แต่ละด้านจะเป็นเฉพาะตัวส่งหรือตัวรับเพียงอย่างเดียวอย่างใดอย่างหนึ่งเท่านั้น ทำให้ทิศทางของการส่งผ่านข้อมูลมีทิศทางเดียว

2. การสื่อสารกึ่งสองทาง (Half duplex) ใช้ในการติดต่อกันระหว่างอุปกรณ์ ที่มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารกัน อุปกรณ์แต่ละด้านจึงเป็นได้ทั้งตัวส่งและตัวรับ แต่ไม่สามารถรับและส่งพร้อมกันในเวลาเดียวกันได้ ทำให้ทิศทางของการส่งผ่านข้อมูลมีทิศทางเดียวในเวลาใด ๆ

3. การสื่อสารสองทิศทาง (Full duplex) ใช้ในการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ 2 ชนิดที่ติดต่อกัน โดยมีทิศทางการส่งผ่านข้อมูลสามารถไหลได้ทั้งสองทางในเวลาเดียวกัน ดังนั้น อุปกรณ์ทั้งสองฝั่งสามารถรับและส่งข้อมูลได้ในเวลาเดียวกัน

#### 2.2 การส่งผ่านข้อมูล (Transmission modes)

การส่งผ่านข้อมูลเป็นกระบวนการในการนำกลุ่มของบิตข้อมูล จากอุปกรณ์หนึ่งไปยังอุปกรณ์หนึ่งหรือการส่งผ่านข้อมูลจากอุปกรณ์ฝั่งส่งไปยังอุปกรณ์ฝั่งรับ แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือการส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรมและแบบขนาน

1) การส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน (Parallel transmission) เป็นการส่งผ่านข้อมูลที่หลาย ๆ บิตจากอุปกรณ์ส่งไปยังอุปกรณ์รับพร้อมกัน และสายสัญญาณที่ใช้รับส่งจะต้องมีอย่างน้อยเท่ากับจำนวนบิตที่ส่งออกไปพร้อมกันนั้น ข้อดีของการส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน คือ สามารถรับส่งข้อมูลได้รวดเร็ว และส่งข้อมูลได้ทีละมาก ๆ ในหนึ่งหน่วยเวลา ข้อเสียได้แก่ ต้องใช้สายในปริมาณมากทำให้สูญเสียค่าใช้จ่ายมาก, การมัดสายหลายๆ เส้นรวมกันในเคเบิลเดียวกันทำให้สายมีขนาดใหญ่ เทอะทะ, คุณสมบัติของสายแต่ละเส้นไม่เหมือนกัน ทำให้ข้อมูลมาถึงเครื่องรับไม่พร้อมกันเกิดความผิดพลาดของข้อมูลที่เครื่องรับ

2) การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม (Serial transmission) ใช้สายสัญญาณเส้นเดียวในการส่งผ่านข้อมูลทั้งหมด ทำให้ค่าใช้จ่ายถูกกว่าแบบขนาน แต่ความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลช้ากว่าแบบขนาน

3) การส่งผ่านข้อมูลแบบซิงโครนัส (Synchronous transmission) จะไม่ใช้บิตเริ่มต้นและบิตสิ้นสุด และจะไม่มีกรหยุดชั่วขณะระหว่างตัวอักษร (Character) แต่จะให้วิธีให้จังหวะเวลาทั้งสองทางที่ติดต่อกัน มีอยู่สองวิธีที่ปฏิบัติกัน คือใช้ตัวอักษรซิงค์ (Sync character) และใช้สัญญาณนาฬิกา (Clock signal) การใช้ตัวอักษรซิงค์ โดยใส่ไว้หน้าบิตแรกของข้อมูล ตัวอักษรซิงค์นี้เป็นบิตจำนวนหนึ่งซึ่งทางอุปกรณ์เครื่องรับสามารถใช้ในการกำหนดอัตราเร็วของข้อมูลให้ตรงกับทางอุปกรณ์เครื่องส่ง

เอกสารเครื่องรับสามารถใช้ในการกำหนดอัตราเร็วของข้อมูลให้ตรงกับทางอุปกรณ์เครื่องส่งไปใช้ประโยชน์ในการใช้  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณนาฬิกาของด้านส่งและสัญญาณนาฬิกาด้านรับจะใช้คนละสายหรือคนละช่องสายในการเชื่อมต่ออย่างน้อยที่สุด 3 เส้น คือ สัญญาณนาฬิกา, ข้อมูล และกราวด์

4) การส่งผ่านข้อมูลแบบอะซิงโครนัส (Asynchronous transmission) คือ การรับและส่งข้อมูลไปในสายโดยไม่จำเป็นต้องมีสัญญาณนาฬิกาที่ร่วมด้วยเหมือนกับการรับส่งข้อมูลแบบซิงโครนัส แต่จะให้การกำหนดค่าสัญญาณนาฬิกาทั้งภาครับและภาคส่งให้มีค่าเท่ากัน เรียกสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในการกำหนดค่าให้ภาครับภาคส่งนี้ว่าอัตราการส่งผ่านข้อมูลหรือบิตเรต (Bit rate) มีหน่วยเป็นบิตต่อวินาที

รูปแบบของข้อมูลแบบอะซิงโครนัสประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

1. บิตเริ่มต้น (Start Bit) ซึ่งจะมีขนาด 1 บิต
2. บิตข้อมูลแบบอนุกรมจะมีขนาด 5, 6, 7 หรือ 8 บิต
3. บิตตรวจสอบพาริตี (Parity Bit) จะมีขนาด 1 บิต หรือ ไม่มี
4. บิตปิดท้าย (Stop Bit) จะมีขนาด 1, 1.5 หรือ 2 บิต

ในการส่งข้อมูลแบบอะซิงโครนัส เมื่อไม่มีข้อมูลจะมีสถานะลอจิก “1” ซึ่งเรียกสถานะนี้ว่าสถานะหยุดรอ (Waiting stage) เมื่อมีการเริ่มต้นการส่งข้อมูลจะเริ่มจากการให้ข้อมูลมีลอจิก “0” ด้วยช่วงระยะเวลา 1 บิต ซึ่งจะเรียกบิตนี้ว่าบิตเริ่มต้น จากนั้นบิตข้อมูลจะถูกส่งออกไป โดยเริ่มจากบิตที่มีนัยสำคัญต่ำสุด (LSB) ก่อน ซึ่งข้อมูลใน ไบต์ที่จะส่งอาจจะมีจำนวนบิต 5, 6, 7 หรือ 8 บิตก็ได้ จากนั้นจะตามด้วยบิตพาริตี ซึ่งจะใช้เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากการส่งข้อมูล บิตสุดท้ายที่จะส่ง คือบิตปิดท้าย ซึ่งจะให้สถานะลอจิก “1” อีกครั้งด้วยระยะเวลาอย่างน้อย 1, 1.5 หรือ 2 บิต เพื่อเป็นการแสดงว่าสิ้นสุดข้อมูลแล้ว โดยอัตราความเร็วในการรับและส่งข้อมูลก็คือ ค่าบิตเรตหรือจำนวนบิตของข้อมูลที่ สามารถถ่ายทอดได้ภายใน 1 วินาทีที่บิตเรตมาตรฐานที่ใช้สำหรับ RS-232 ได้แก่ 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 และ 19200 บิตต่อวินาที

การตรวจสอบพาริตีสามารถกำหนดให้เป็นเลขคี่ (Odd) หรือแบบคู่ (Even) หรือไม่มีการตรวจสอบพาริตีก็ได้ การตรวจสอบพาริตีเป็นการตรวจสอบจำนวนรวมของบิตที่เป็นลอจิก “1” ภายในข้อมูลที่ส่งไป 1 ไบต์ว่ามีจำนวนรวมเป็นเลขคู่หรือเป็นคี่ โดยต้องรวมบิตพาริตีเข้าไปด้วย ส่วนทางภาครับจะต้องทำการกำหนดคุณสมบัติการตรวจสอบพาริตีให้ตรงกันว่าเป็นคู่หรือเป็นคี่ เมื่อได้รับข้อมูลก็จะทำการตรวจสอบค่าพาริตีที่เกิดขึ้นว่าเป็นคู่หรือเป็นคี่ โดยการนับจำนวนลอจิก “1” ทั้งหมดรวมทั้งบิตพาริตีด้วย ถ้ากำหนดพาริตีไว้เป็นคู่แต่อ่านได้เป็นคี่ทางภาครับจะแสดงข้อมูลผิดพลาดออกมาให้ผู้ใช้งาน นับเป็นการตรวจสอบความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการถ่ายทอดข้อมูลที่ง่ายที่สุด แต่จะเชื่อถือได้เมื่อมีบิตข้อมูลที่ทำการส่งผิดพลาดเพียงบิตเดียว หรือผิดพลาดเป็นจำนวนคี่เท่านั้น ถ้าข้อมูลที่ทำการส่งมีบิตที่ผิดพลาดมากกว่า 1 บิต

### 2.3 มาตรฐานพอร์ตอนุกรมแบบ RS-232

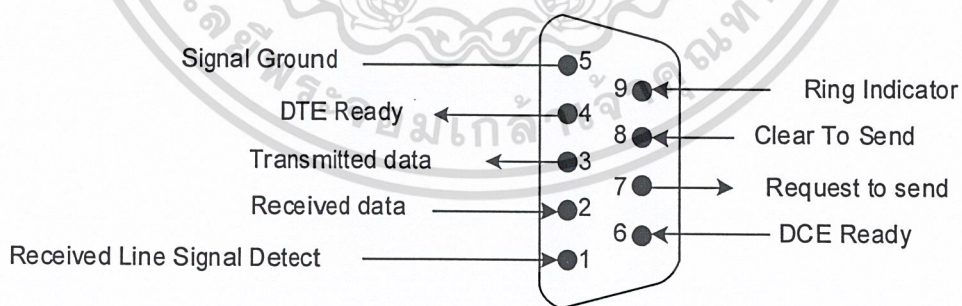
RS-232 หรือ V.24 เป็นมาตรฐานการเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์รับส่งปลายทาง (Data Terminal Equipment หรือ DTE) กับอุปกรณ์ต่อสายข้อมูล (Data Circuit Terminating Equipment หรือ DCE) เพื่อใช้ในการส่งข้อมูลไบนารี (Binary) แบบอนุกรม โดยที่ RS-232 เป็นมาตรฐานที่กำหนดขึ้นมาจากสมาคมไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มาแก้ไข

อิเล็กทรอนิกส์อุตสาหกรรม (Electronic Industries Association หรือ EIA) ซึ่งเกิดมาด้วยความร่วมมือของบริษัท Bell ซึ่งเป็นบริษัทผู้ผลิตคอมพิวเตอร์และโมเด็มเพื่อใช้เป็นมาตรฐานในการเชื่อมต่อ ตัวอักษรภาษาอังกฤษของคำว่า “RS” ย่อมาจาก “Recommended Standard” แล้วตามด้วยเลข 3 ตัวและปิดท้ายด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษ A, B, C หรือ D เป็นการแสดงถึงรุ่นที่ได้รับการพัฒนา มาตรฐาน RS-232 ที่สร้างขึ้นโดยองค์การสหภาพโทรคมนาคมระหว่างประเทศ (Consultative committee on International Telephone and Telegraph หรือ CCITT) มาตรฐานนี้ในช่วงแรกจะใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบ DB-25 โดยกำหนดความยาวสูงสุดของสายสัญญาณไว้ที่ 50 ฟุต มีระดับแรงดันสัญญาณตั้งแต่ -3 ถึง -12 โวลต์ แสดงว่าเป็นข้อมูล (Mark) และ +3 ถึง +12 โวลต์ แสดงว่าเป็นช่องว่าง (Space)

มาตรฐาน RS-232 ได้กำหนดรูปแบบของอุปกรณ์รับส่งปลายทางกับอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลไว้ว่า อุปกรณ์รับส่งปลายทางจะต้องเป็นอุปกรณ์ที่มีการประมวลผลในตัว เช่น ไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือไมโครคอมพิวเตอร์ ซึ่งมีความสามารถในการสร้างบิตข้อมูลแบบอนุกรมได้ ส่วนอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลจะทำหน้าที่เป็นเพียงตัวรับข้อมูลที่ส่งมาจากอุปกรณ์รับส่งปลายทางเท่านั้น โดยการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ทั้งสองจะกระทำผ่านมาตรฐาน RS-232

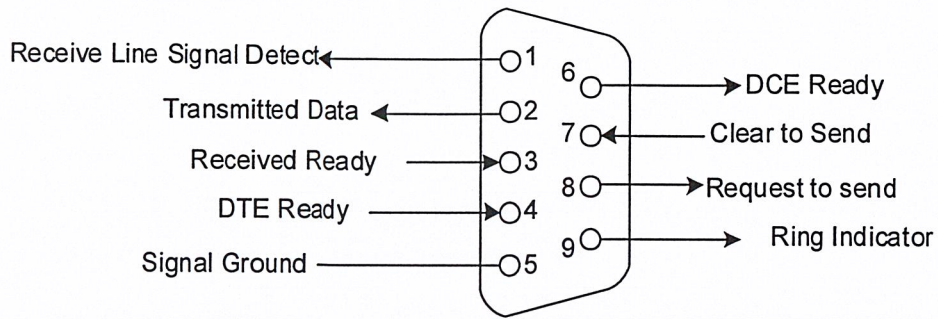
ข้อแตกต่างของอุปกรณ์รับส่งปลายทาง และอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลอย่างหนึ่งที่ได้ชี้ชัด คือ คอนเน็กเตอร์ของเครื่องรับส่งปลายทางจะเป็นตัวผู้ ส่วนคอนเน็กเตอร์ของอุปกรณ์สื่อสารข้อมูลจะเป็นตัวเมีย ซึ่งพอร์ตอนุกรมของคอมพิวเตอร์ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปจะเป็นแบบ DTE ส่วนคอนเน็กเตอร์ที่อยู่ทีโมเด็มจะเป็นแบบ DCE

ในปัจจุบันขาของคอนเน็กเตอร์ได้ถูกลดจำนวนลงเนื่องจากคอนเน็กเตอร์แบบ DB-25 นั้นมีสายสัญญาณจำนวนถึง 2 ชุดใน 1 ตัว เป็นการสิ้นเปลือง ดังนั้นจึงมีคอนเน็กเตอร์แบบ DB-9 ไว้สำหรับใช้งาน ซึ่งอุปกรณ์เม้าส์นั้นก็ใช้คอนเน็กเตอร์เป็นแบบ DB-9 ด้วย



รูปที่ 2.1 แสดงขาต่าง ๆ ของ DB-9 ตัวผู้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงขาต่าง ๆ ของ DB-9 ตัวเมีย

- CD: Carrier Detector ขานี้จะแอกทีฟเมื่อมีการส่งสัญญาณพาห้จากอุปกรณ์สื่อสารข้อมูล เช่น โมเด็ม สำหรับการใช้งานปกติขานี้จะไม่ได้ถูกใช้งานมากนัก
- RD: Receiver Data ขานี้ใช้เพื่อรับสัญญาณอนุกรมเข้ามายังคอมพิวเตอร์ โดยจะนำข้อมูลที่อ่านได้เก็บไว้ในรีจิสเตอร์บัฟเฟอร์
- TD: Transmitted Data ขานี้เพื่อส่งข้อมูลออกจากคอมพิวเตอร์ โดยจะนำข้อมูลที่เก็บอยู่ในบัฟเฟอร์สำหรับส่งข้อมูลส่งออกไป
- DTR: Data Terminal Ready เป็นขาสัญญาณที่ส่งออกจากคอมพิวเตอร์เพื่อให้อุปกรณ์ปลายทางรับรู้ว่าการติดต่อด้วย โดยขา DTR นี้จะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของอุปกรณ์ปลายทางและขา DTR ของอุปกรณ์ปลายทางจะต้องเชื่อมต่อกับขา DSR ของคอมพิวเตอร์ ถ้าใช้การเชื่อมต่อแบบไม่ใช่โมเด็ม (Null Modem) ซึ่งใช้สายในการเชื่อมต่อเพียง 3 เส้น จะต้องต่อขา DTR และ DSR ของตัวมันเองเข้าด้วยกันและต้องต่อขา DCD ด้วยในกรณีที่โปรแกรมสื่อสารที่ใช้มีการตรวจจับสัญญาณพาห้
- SG: Signal Ground เป็นขากราวด์ของระบบ
- DSR: Data Set Ready ขานี้จะใช้คู่กับขา DTR เพื่อตรวจสอบการเชื่อมต่อกันระหว่างคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ปลายทางซึ่งขา DCR นี้จะเป็นขาสำหรับรับข้อมูลจากภายนอกซึ่งถูกส่งมาจากขา DTR
- RTS: Request to Send เป็นขาสำหรับส่งสัญญาณร้องขอให้ทางอุปกรณ์ปลายทางส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ โดยขาที่รับสัญญาณ RTS ก็คือขา CTS ในกรณีที่ใช้การเชื่อมต่อแบบไม่ใช่โมเด็ม 3 สาย จะต้องเชื่อมต่อกับขา RTS และ CTS ของตัวมันเองเข้าด้วยกัน เพื่อให้การรับและส่งข้อมูลสามารถเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา
- CTS: Clear to Send ขานี้จะคอยรับสัญญาณจากขา RTS เมื่อรับสัญญาณได้ ข้อมูลที่ขา TxD จะถูกส่งออกไป ดังนั้น ขานี้จึงถูกใช้เพื่อตรวจสอบอุปกรณ์ต่อพ่วงว่าพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือไม่
- RI: Ring Indicator ใช้แสดงสถานะสัญญาณเรียกจากสายโทรศัพท์ โดยทั่วไปขานี้จะไม่ถูกใช้งาน จะใช้งานก็ต่อเมื่อมีการเชื่อมต่อกับโมเด็มและโปรแกรมมีการตรวจสอบสัญญาณนี้เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.4 เมาส์ (Mouse)

เมาส์เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งของคอมพิวเตอร์ โดยมีองค์ประกอบหลัก คือ ปุ่ม (Bottom), ลูกกลิ้ง (Roller), อุปกรณ์กำเนิดแสง (LED), เซนเซอร์ (Sensor) และส่วนควบคุมการทำงาน (Mouse controller) เมาส์เคลื่อนที่ได้โดยใช้หลักการของการตรวจจับเซนเซอร์ในตัวของเมาส์ขณะที่เรากำลังเคลื่อนที่ โดยในขณะที่เมาส์เคลื่อนที่ลูกกลิ้งที่อยู่ภายในตัวเมาส์ จะไปเคลื่อนเฟืองที่อยู่ระหว่างแหล่งกำเนิดแสงกับเซนเซอร์ ทำให้เกิดการตัดแสงที่เซนเซอร์รับได้ ทำให้ส่วนควบคุมการทำงานสามารถอ่านตำแหน่งที่เมาส์เคลื่อนที่ไปได้ จากนั้นจึงส่งข้อมูลที่ไปยังคอมพิวเตอร์ เมื่อคอมพิวเตอร์ได้รับข้อมูลก็จะนำข้อมูลที่ส่งไปขยับ เคอร์เซอร์ ที่หน้าจอให้ขยับไปยังตำแหน่งที่ต้องการ

สำหรับเมาส์แบบอนุกรม (Serial Mouse) ชนิดแบบ 2 ปุ่ม จะมีขาที่ใช้งานอยู่ 4 ขา ดังนี้ คือ

Pin	Wire Name	Comments
2	RD	Serial data from mouse to host
3	TD	Serial data from host to mouse(only for power)
5	Signal ground	-
7	RTS	Positive voltage to mouse

### ตารางที่ 2.1 แสดงขาต่าง ๆ ที่ใช้ในเมาส์

เมาส์อนุกรม สายสัญญาณที่ขา RTS จะเป็นเส้นที่นำแรงดันไฟบวกจากคอมพิวเตอร์ไปเลี้ยงเมาส์ เพราะเมาส์ต้องการการกำลังงานสำหรับไดโอด และไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนแรงดันไฟลบจะถูกส่งมาทางขา TD สำหรับขา RD จะเป็นขาที่ส่งข้อมูลจากเมาส์ไปยังคอมพิวเตอร์

### รูปแบบของข้อมูลที่ถูส่งจากเมาส์

เมาส์ส่งข้อมูลอนุกรมแบบอะซิงโครนัส มีอัตราการส่งผ่านข้อมูลเป็น 1200 บิตต่อวินาที ข้อมูลเป็นแบบ 7 บิต และมี 1 Stop bit โดยข้อมูล 1 ชุดจะมี 3 ไบต์ ข้อมูลที่ถูกส่งออกมา 1 ชุด จะบอกถึงสถานะของเมาส์ที่ถูกเปลี่ยนไป เช่น เมาส์ถูกเคลื่อนที่ หรือถูกกดปุ่ม โดยมีรูปแบบดังนี้

	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
1	X	1	LB	RB	Y7	Y6	Y5	X6
2	X	0	X5	X4	X3	X2	X1	X0
3	X	0	Y5	Y4	Y3	Y2	Y1	Y0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้แล้ว ตารางที่ 2.2 แสดงลักษณะของข้อมูลที่เมาส์ส่งไปให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ LB คือ สถานะของปุ่มซ้าย  
 RB คือ สถานะของปุ่มขวา  
 X7-X0 คือ การเคลื่อนที่ในทิศทาง X จากข้อมูลสุดท้าย  
 Y7-Y0 คือ การเคลื่อนที่ในทิศทาง Y จากข้อมูลสุดท้าย

## 2.5 คีย์บอร์ด

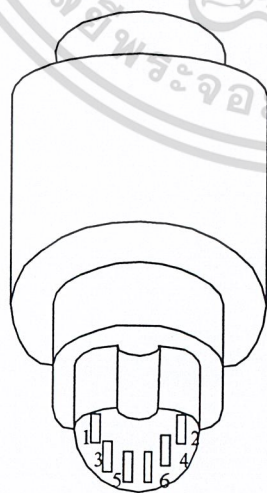
คีย์บอร์ด เป็นอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อกับระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งทำหน้าที่เป็นอินพุตให้กับระบบเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรับคำสั่งและข้อมูลเข้าไปประมวลผลแล้วทำตามขั้นตอนของระบบต่อไป

### โครงสร้างของคีย์บอร์ด

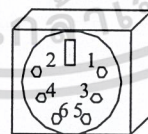
โครงสร้างของคีย์บอร์ดโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วยแป้นพิมพ์ซึ่งมีประมาณ 101 คีย์ และวงจรภายในประกอบด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ โดยมากจะใช้เบอร์ 8084 ซึ่งทำหน้าที่สแกนคีย์บอร์ด และส่งค่าสแกนคีย์บอร์ดมายังเมนบอร์ดของคอมพิวเตอร์ โดยมีขั้วต่อมายังเมนบอร์ดจำนวน 6 เส้น ซึ่งประกอบไปด้วย

1. ข้อมูล (Data)
2. ขาว่าง (Reserved)
3. กราวด์ (Ground)
4. ไฟบวก (Vdd)
5. สัญญาณนาฬิกา (Clock)
6. Reserved

ลักษณะของหัวต่อจะเป็นหัวต่อแบบดิน (Din) โดยมีไดอะแกรมของหัวต่อดังรูปที่ 2.3



PS2 PIN DEFINITIONS



PIN	FUNCTION
1	Clock
2	Reserved
3	Gnd
4	Vdd
5	Data
6	Reserved

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานรูปที่ 2.3 หัวต่อแบบดิน ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**การทำงานของคีย์บอร์ด**

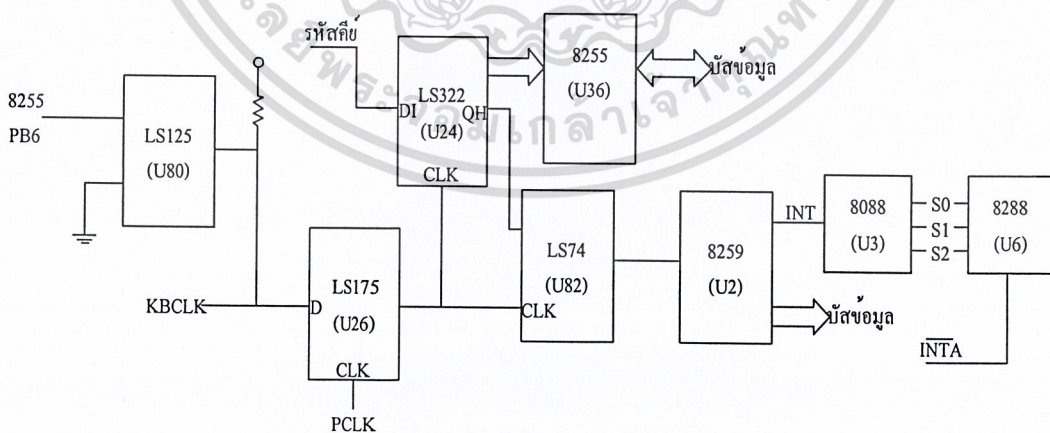
บนคีย์บอร์ดจะมีชิพ 8048 อยู่ 1 ตัว ทำหน้าที่ในการสแกนตรวจสอบการกดคีย์ ชิพที่อยู่บนคีย์บอร์ดนี้ จะตรวจสอบการกดคีย์ เมื่อมีการกดคีย์ก็จะรับรู้และส่งข้อมูลออกตามรหัสของคีย์นั้นๆ ซึ่งเราเรียกว่า สแกนคีย์

สังเกตว่าชิพ 8048 จะอ่านการกดคีย์ การตรวจสอบคีย์ หรือแม้แต่การตรวจสอบข้อผิดพลาดแล้วส่งต่อไปเมนบอร์ดต่อไป จะเห็นว่าค่ารหัสที่ได้จากการกดคีย์ยังไม่ใช่รหัสแอสกี (ASCII) เช่น ถ้ากดคีย์ ESC ซึ่งมีค่าคีย์เป็น 1 จะได้รหัสสแกนเป็น 0000001 ถ้ากดคีย์ BREAK (Numlock) จะได้รหัสสแกน 1000101 หรือรหัส 45H

อนึ่งค่าที่ได้จากการสแกนคีย์เป็นค่า 7 บิต แต่ 8048 จะเพิ่มบิต 8 ให้เป็น 1 เช่น ถ้ามีการกดคีย์ “P” 8048 จะอ่านค่าได้ 19H เป็นเลขไบนารี 0011001 แต่ 8048 จะเพิ่ม 1 ให้อีกตัวคือ 10011001 หรือกลายเป็นรหัส 99H การส่งข้อมูลเป็นการส่งแบบอนุกรม ดังนั้นถ้าไม่มีข้อมูลสายข้อมูลที่ส่งมายังเมนบอร์ดจะเป็น “0” และหากเมื่อ 8048 ต้องการส่งข้อมูลมันจะส่งรหัส “1” นำไปก่อนประมาณ 2 มิลลิวินาที แล้วจึงตามด้วยข้อมูล บิต 1 ที่นำหน้าจึงถือว่าเป็นเริ่มต้น

**โครงสร้างการทำงานบนเมนบอร์ด**

ปกติเมื่อมีการส่งค่ารหัสสแกนคีย์มา รหัสสแกนคีย์นี้มาแบบอนุกรมเข้ามายังไอซี 74LS322 เพื่อเปลี่ยนข้อมูลให้เป็นแบบขนาน เมื่อข้อมูลเข้ามาครบชุดทั้ง 8 บิตแล้ว สัญญาณบิตสูงสุดซึ่งเป็น “1” จะเลยไปเซตฟลิปฟล็อปเพื่อส่ง IRQ1 ไปยัง 8259 เมื่อ 8259 ได้รับ IRQ1 ก็จะส่ง INT มาให้กับ 8088 ชิพที่รับ INT ก็จะทำงานตามโปรแกรมไปออสที่วางไว้ โดยการอ่านข้อมูลจากพอร์ท 8255 ในพอร์ท A เมื่อได้ข้อมูลแล้วก็จะนำมาเก็บไว้บัฟเฟอร์และส่งเอาที่พอร์ทผ่าน 8255 มาเคลียร์ข้อมูลในรีจิสเตอร์ของ LS322 เพื่อรอรับตัวอักษรตัวใหม่ โครงสร้างของการเชื่อมโยงระหว่าง 8259 กับ 8255 แสดงได้ดังไดอะแกรมรูปที่ 2.4

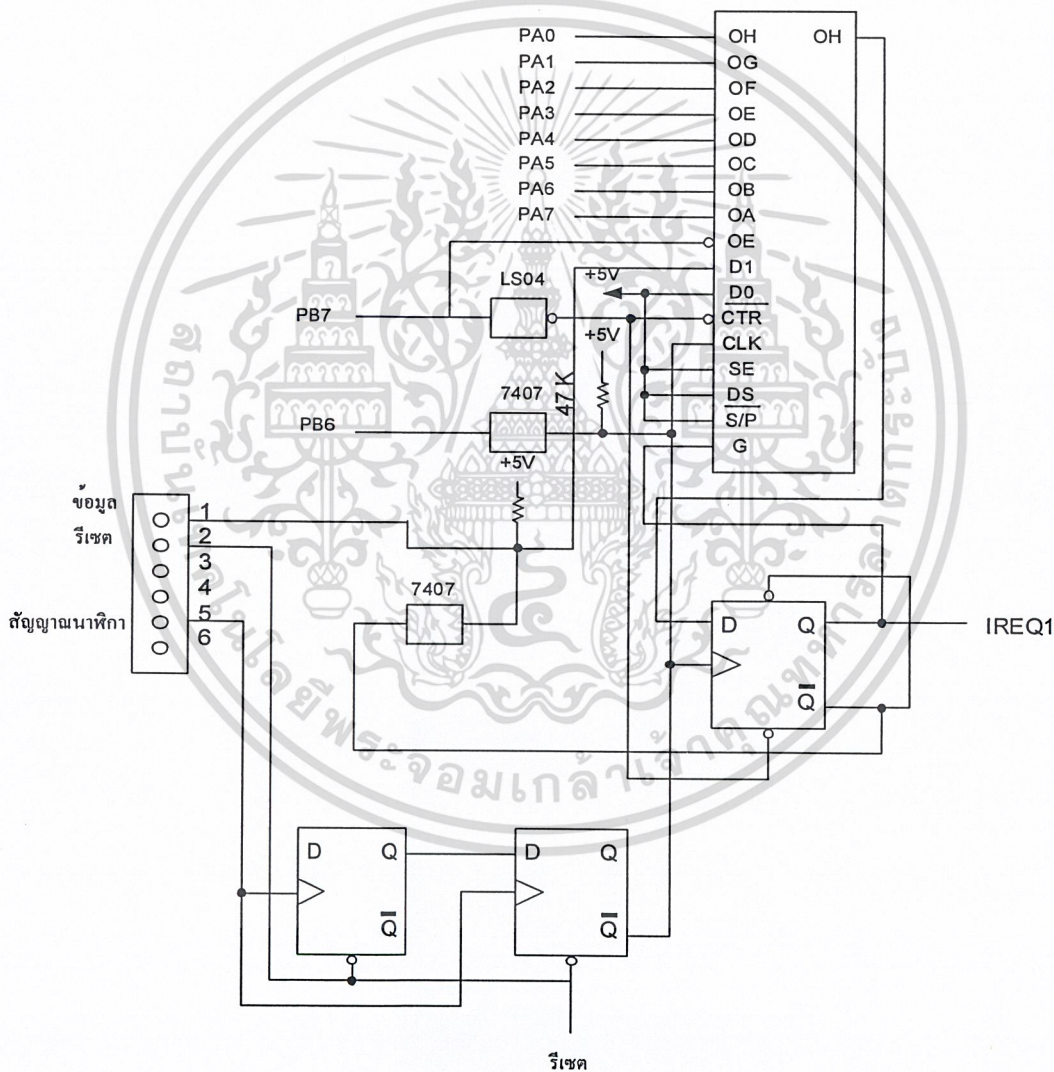


รูปที่ 2.4 วงจร 8048 ที่อยู่บนคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากจะขยายวงจรส่วนเชื่อมต่อระหว่างหัวต่อ DIN ที่เชื่อมต่อคีย์บอร์ดกับเมนบอร์ดดู เราจะรับสัญญาณโดยมีฟลิปฟล็อป 74LS175 เป็นตัวรับสัญญาณนาฬิกาและ 74LS74 เป็นตัวส่งสัญญาณ IRQ1 ดังรูปที่ 2.5

ปกติสัญญาณ KBDCLK เป็นสัญญาณซิงโครนัสกับการส่งข้อมูลมาจาก 8048 สัญญาณนี้จะได้รับภาระหน่วงไว้ และทำการทริก 74LS175 เพื่อสร้างสัญญาณให้กับ 74LS322 เพื่อเปลี่ยนข้อมูลอนุกรมเป็นขนาน เมื่อบิตสุดท้ายของรหัสการสแกนส่งครบทั้ง 8 บิตแล้ว ก็จะส่งสัญญาณออกไปยัง 74LS74 เพื่อสร้างสัญญาณ IRQ1 โปรแกรมไบออสจะวางไว้ตรงอินเทอร์พต์คือ รับตามอินเทอร์พต์ INT 9H ตามฮาร์ดแวร์ เพื่ออ่านรหัสสแกนแล้วส่งต่อไป ซอฟต์แวร์ในโมดูล INT16H ต่อไป



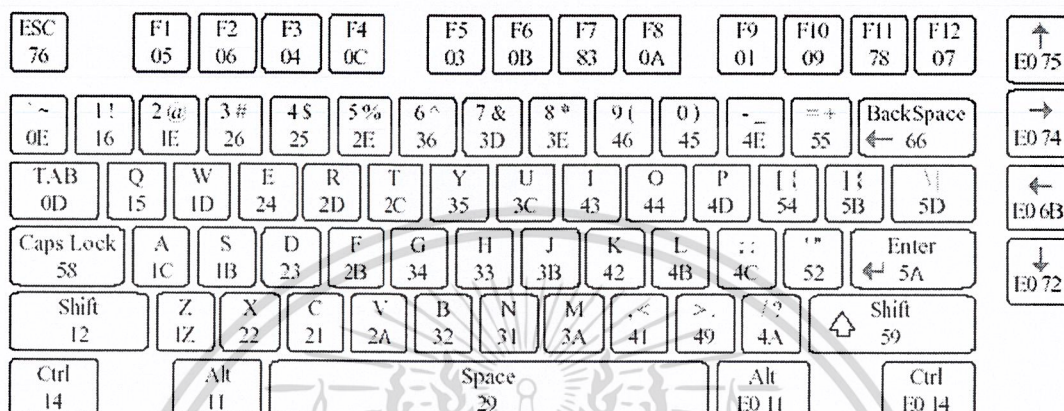
รูปที่ 2.5 วงจรเปลี่ยนข้อมูลจากอนุกรมเป็นขนาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## คำรหัสสแกน

คำรหัสสแกนคีย์ คือ ค่าจากตำแหน่งที่ถูกกดแล้ว ซีพียู 8048 แปลความหมายเป็นข้อมูลชุดหนึ่ง ซึ่งเรียกข้อมูลของแต่ละชุดนี้ว่า คำรหัสสแกน

โดยมีตำแหน่งของคีย์และคำรหัสสแกนคีย์แสดงผลเป็นเลขฐาน 16 ดังรูปที่ 2.6 และตารางที่ 2.3



รูปที่ 2.6 แสดงตำแหน่งคีย์ต่าง ๆ บนคีย์บอร์ดและรหัสสแกนคีย์

ตำแหน่งคีย์	คำรหัสสแกน	ตำแหน่งคีย์	คำรหัสสแกน	ตำแหน่งคีย์	คำรหัสสแกน
1	01	29	1D	57	39
2	02	30	1E	58	3A
3	03	31	1F	59	3B
4	04	32	20	60	3C
5	05	33	21	61	3D
6	06	34	22	62	3E
7	07	35	23	63	3F
8	08	36	24	64	40
9	09	37	25	65	41
10	0A	38	26	66	42
11	0B	39	27	67	43
12	0C	40	28	68	44
13	0D	41	29	69	45

ตำแหน่งคีย์	ค่ารหัสสแกน	ตำแหน่งคีย์	ค่ารหัสสแกน	ตำแหน่งคีย์	ค่ารหัสสแกน
14	0E	42	2A	70	46
15	0F	43	2B	71	47
16	10	44	2C	72	48
17	11	45	2D	73	49
18	12	46	2E	74	4A
19	13	47	2F	75	4B
20	14	48	30	76	4C
21	15	49	31	77	4D
22	16	50	32	78	4E
23	17	51	33	79	4F
24	18	52	34	80	50
25	19	53	35	81	51
26	1A	54	36	82	52
27	1B	55	37	83	53
28	1C	56	38		

ตารางที่ 2.3 รหัสสแกนของแต่ละคีย์

## 2.6 คุณสมบัติของแสงอินฟราเรด พื้นฐานของแสง

แสงคือ การแผ่รังสีของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และแสงจะเดินทางในรูปของคลื่นวิทยุ แสงจะถูกวัดในรูปความยาวคลื่น (Wave lengths) แสงจะเดินทางในสุญญากาศด้วยความเร็ว 186,000 ไมล์ต่อวินาที หรือ 300,000 เมตรต่อวินาที

ช่วงความถี่ของแสงคือ 300 จิกะเฮิรตซ์ ถึง 300,000,000 จิกะเฮิรตซ์ ซึ่งจะแสดงช่วงความถี่ดังนี้

1. แสงที่มองเห็นด้วยตาเปล่า อยู่ในช่วง 400,000 จิกะเฮิรตซ์ ถึง 750,000 จิกะเฮิรตซ์
2. แสงอินฟราเรด อยู่ต่ำกว่า 400,000 จิกะเฮิรตซ์
3. แสงอุลตราไวโอเล็ต สูงกว่า 750,000 จิกะเฮิรตซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การแยกคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ตามธรรมชาติของแสงที่เรามองเห็นกันอยู่ทุกวันนี้ เป็นเพียงส่วนเล็กน้อยของช่วงแถบระยะคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กราฟที่แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของความยาวคลื่น ตามรูปที่ 5.1 ซึ่งมีความยาวคลื่นเป็น มิลลิไมครอน ( millimicron ), นาโนไมครอน (nanomicron)

หน่วยความยาวคลื่น

$$1 \text{ micron} = 1 * 10^6 \text{ metre} = 1$$

$$1 \text{ millimicron} = 1 * 10^3 \text{ metre} = 1$$

$$1 \text{ nanomicron} = 1 * 10^9 \text{ metre} = 1$$

ความถี่และความยาวคลื่นของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้านี้ สัมพันธ์กับความเร็วแสงจะได้จากสมการ

$$C = f \cdot \lambda$$

โดยที่  $C$  = ความเร็วของแสง มีค่าเท่ากับ  $3 * 10^8$  เมตร/วินาที ( m/s )

$f$  = ความถี่ มีหน่วยเป็น เฮิรตซ์ ( Hz )

$\lambda$  = ความยาวคลื่น มีหน่วยเป็น เมตร ( m )

ทฤษฎีของควอนตัมของแพลงค์กล่าวว่า แหล่งกำเนิดพลังงานจะไม่แผ่หรือปล่อยพลังงานออกมาอย่างต่อเนื่องแต่จะปล่อยออกมาเป็นกลุ่มๆ และมีหน่วยขนาดของกลุ่มเรียกว่า “ควอนตัม (Quantum)” สำหรับการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกว่า “โฟตอน ( Photon )” ซึ่งอาจถือว่าเป็น อนุภาคพลังแผ่ ( Radiation ) ที่เกิดจากสสารได้ พลังงานแผ่มีคุณสมบัติของคลื่น และจะเคลื่อนที่ผ่านระหว่างที่ว่าง ( Free Space ) ด้วยความเร็วของแสง และค่าของพลังงาน 1 โฟตอน คือ

$$1 \text{ Photon} = h \cdot f$$

โดยที่  $h$  = ค่าคงตัวของแพลงค์ มีค่าเท่ากับ  $6.625 * 10^{-34}$

$f$  = ค่าความถี่ของการแผ่ ( Hz )

ความถี่ของกำลังงานการแผ่แม่เหล็กไฟฟ้า ( Electromagnetic Radiation ) มีช่วงความกว้างมาก ความเร็วของพลังงานแผ่ในที่ว่างหรือในอากาศ  $C = 3 * 10^8$  m/s

Relative Process มี 2 แบบ

1. เกิดจาก Electron และ Hole และส่วนที่อยู่ใกล้ๆ กับ junction ซึ่งจะให้ Photon Energy ประมาณค่าเท่ากับ Band Gap Energy ซึ่งมีค่าค่อนข้างสูง
2. จากการที่ Electron และ Hole จะเคลื่อนที่มารวมกันบริเวณ Trap Level Photon จะมีพลังงานเท่ากับ Energy Gap ปล่อยออกมาด้วยค่า Binding Energy และจาก Process ทั้งสองจะได้โฟตอนออกมา ซึ่งจะมีค่าความยาวคลื่นตามสมการข้างล่างนี้

$$\lambda = \frac{1240}{\Delta E}$$

= ค่าความแตกต่างของพลังงานมีหน่วยเป็น Electron Volt ( eV )

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากที่กล่าวมาจะเห็นว่า ถ้าใช้สารต่างชนิดกัน ค่า จะแตกต่างกันออกไป ซึ่งเราสามารถดูได้จาก ตารางที่ 2.4

Material	Vand Gap Energy	Emission (nm)	Transition Type
Ge	0.66	1880	Indirection
Si	1.09	1140	Indirection
GaAs	1.43	910	Direction
Gap	2.24	560	Indirection
GaAs60P40	1.91	650	Direction
Al Sb	1.6	775	Indirection
In Sb	0.18	6900	Direction
Si c	2.2-3.0	563-413	Indirection

ตารางที่ 2.4 Some of the Material Available for LED Device

เป็นการแสดงถึง LED ชนิดต่างๆ ซึ่งใช้โฟตอน ที่มีความยาวคลื่นต่างๆ กันและจะเห็นได้ว่า LED ที่สร้างจาก Gallium Arsenide (Ga As) จะให้คลื่นอยู่ในช่วงอินฟราเรด (Infrared) ซึ่งมีค่าประมาณ 900 nm

#### ตัวกำเนิดแสงอินฟราเรด (Infrared)

อุปกรณ์เปล่งแสงจะเปล่งแสงออกมาเมื่อมีกระแสไหลผ่านอุปกรณ์นั้น โดยมันจะเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานแสง

ไดโอดเปล่งแสง (Light-Emitting Diode: LED) เป็นอุปกรณ์เปล่งแสงสารกึ่งตัวนำที่ใช้กันมากที่สุด โดยส่วนที่เป็นสารกึ่งตัวนำจะมีอายุการใช้งานไม่จำกัด ตลอดจะกว่าไส้ (Filament) จะขาดไปซึ่งมันเป็นเรื่องยุ่งยากในหลอดไฟทั่วไป

ไดโอดแบบรอยต่อพีเอ็น (P-N junction diode) สามารถปล่อยแสงเมื่อตัวมันมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน โดยที่แสงจะเกิดเมื่ออิเล็กตรอนรวมตัวกับโฮล และจะมีการปล่อยพลังงานที่สูงมากออกมาในรูปของแสง

LED ที่ใช้สารแกลเลียมอาเซไนด์ (GaAs) มันจะผลิตแสงในขอบเขตของแสงอินฟราเรด ซึ่งเป็นแสงที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

LED ที่ใช้สารแกลเลียมอาเซไนด์ ฟอสเฟต (GaAs P) มันจะผลิตแสงสีแดงซึ่งสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า และถ้าเปลี่ยนฟอสเฟตจะสามารถผลิตแสงที่มีความถี่แตกต่างกันออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหลักการกำเนิดแสงอินฟราเรด โดยการนำเอาอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสงซึ่งจะได้ความยาวคลื่นแสงที่ออกจากอุปกรณ์ตัวนี้ ที่มีความยาวคลื่นในช่วงอินฟราเรด ดังที่กล่าวมา อุปกรณ์นี้คือ Infrared Light Emitting Diode

ซึ่งมีข้อดีหลายประการ คือ

1. ใช้กระแสและแรงดันที่มีค่าน้อยมากในการผลิตคลื่น
2. สามารถควบคุมการทำงานของ LED ให้มีค่าแน่นอนได้
3. มี Speed Response สูง

ลักษณะ Infrared LED ที่เหมือนกับ LED โดยทั่วไป คือจะใช้สารตัวนำที่ถูก Dope โดยสารที่มี Valance Electron ต่างกันโดยสารที่มี Electron มากกว่าปกติจะเป็น N-Type และสารที่มี Electron น้อยกว่าปกติจะเป็น P-Type เมื่อสารทั้งสองชนิดมาต่อกัน จะทำให้มีการแบ่งกันระหว่าง Electron ขึ้น ทำให้เกิดความต่างศักย์ที่เรียกว่า Potential Barrier ( Eb ) ซึ่งมีค่าน้อยกว่าขนาดของ Energy Gap ดังนั้น Electron ทางด้าน N-Type จะเคลื่อนมาทางด้าน P-Type ซึ่งการรวมตัวกันนี้มีอยู่ 2 ลักษณะคือ Radiative Process ซึ่งเมื่อรวมตัวกันแล้วจะมีพลังงานบางส่วนหายไปจาก Electron Pair และจะกระจายออกมาเป็นโฟตอน ถ้าเป็นแบบ Non-Radiative Process พลังงานจะแสดงออกมาในรูป โฟตอน หรือ ฮีต ( Heat )

#### แถบย่านการตอบสนอง (Spectral Response)

อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่แผ่พลังงานในย่านการมองเห็นและย่านอินฟราเรด แสดงถึงค่าเฉลี่ยที่ตามนุษย์สามารถมองเห็น การแผ่ของคลื่นที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 0.4-0.76 micron และตามนุษย์เราสามารถตอบสนองในการมองเห็นแสงที่มีความยาวคลื่น 0.55 micron ที่เกิน 50 % ขึ้นไปและมีความยาวคลื่นสูงสุดที่ 0.61 micron เป็นการแสดงถึง Forward Voltage and Temperature ซึ่งสามารถแสดงได้ด้วยความสัมพันธ์ของสมการดังต่อไปนี้

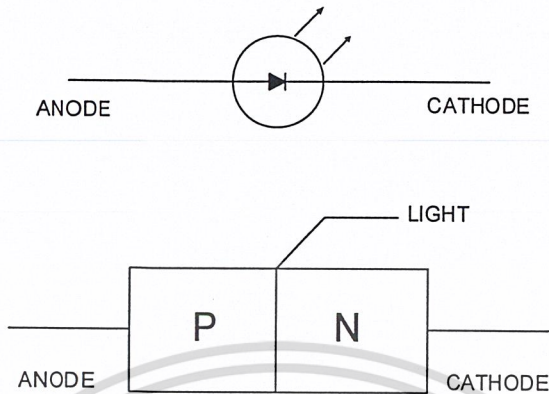
$$I_F = I_0 \exp (qV_F / nkT)$$

จากการที่เราทราบมาแล้วว่าค่าของความยาวคลื่นนั้นได้จากสูตรเท่ากับ  $1240 / \Delta E$  เพราะฉะนั้นเมื่อ LED มีอุณหภูมิเปลี่ยนไปจะทำให้ เปลี่ยนแปลงไปด้วยค่าความยาวคลื่นจึงเปลี่ยนไป แสดงรูปร่างของ Dome Lens ซึ่งแตกต่างกันจะทำให้ Radiation Pattern ต่างๆ กัน แต่ใน Plastic LED แล้ว Spherical Dome Lens จะให้ Pattern ที่เหมาะสมกับการส่งแบบ Point to Point ซึ่งจุดทั้งสองจะถูกตรึงกับที่ค่อนข้างแน่นอน และจะส่งไปได้ไกลกว่าแบบอื่นๆ ส่วนแบบ Aspherical Dome Lens เหมาะสมกับงานครอบคลุมพื้นที่ที่แต่ส่งไปได้ไม่ไกล นอกจากนี้แม้ว่า LED จะเป็นชนิดเดียวกันและมี Dome Lens เหมือนกันแต่ถ้ามี Plastic ที่ใช้ต่างชนิดกันก็จะให้ผลต่อการส่งออกไปมี Pattern ที่ไม่เหมือนกัน

#### อุปกรณ์ตัวรับแสง

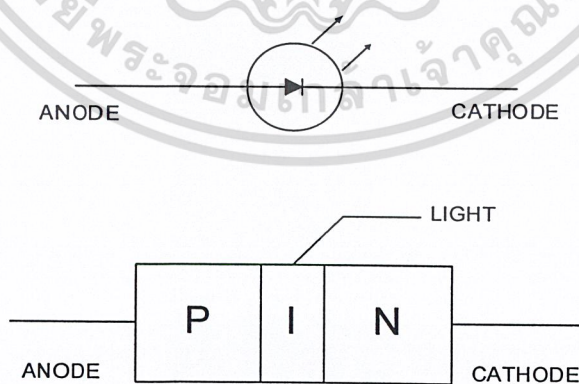
หมายถึง อุปกรณ์ที่สามารถเปลี่ยนพลังงานแสงให้แปรค่ากับค่าของพลังงานทางไฟฟ้าได้ โดยตัวอุปกรณ์จะต้องประกอบด้วยสารกึ่งตัวนำซึ่งอาจจะนำมาต่อเชื่อมให้เกิดเป็นรอยต่อ หรือเป็นเนื้อสารกึ่งตัวนำอย่างเดียวกันก็ได้ อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟโตไดโอด (Photodiode) คือ อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ทำจากซิลิกอน และมันสามารถถูกสร้างได้ 2 วิธี วิธีแรกก็จะทำเป็นแบบต่อร่วมกันของสารพี-เอ็น ดังในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงพี-เอ็น ฟังก์ชัน โฟโตไดโอด

โฟโตไดโอดแบบรอยต่อ พีเอ็น (P-N junction photodiode) จะมีหลักการทำงานเหมือนกับโซลาร์เซลล์ แต่ต่างกันตรงที่มันถูกใช้ในการควบคุมการไหลของกระแส ไม่ได้เป็นตัวกำเนิดและเมื่อแรงเคลื่อนที่ไฟฟ้าถูกจ่ายคร่อมโฟโตไดโอดแบบรีเวิร์ดไบอัส ซึ่งทำให้ขอบเขตดีพลีทชัน (depletion region) ถูกขยายให้กว้างขึ้น และเมื่อพลังงานแสงตกกระทบที่ตัวโฟโตไดโอด มันจะเข้าไปในขอบเขตดีพลีทชัน และสร้างอิเล็กตรอนอิสระขึ้นมา แล้วมันจะเคลื่อนไปทางด้านบวกของแหล่งจ่ายไบอัส ทำให้มีกระแสไหลผ่านโฟโตไดโอดในทิศทางรีเวิร์ดและเมื่อพลังงานแสงเพิ่มขึ้นมากเท่าไร อิเล็กตรอนอิสระก็จะเพิ่มมากขึ้นตามและทำให้มีกระแสไหลผ่านมากขึ้น



รูปที่ 2.8 แสดงพี-ไอ-เอ็น ฟังก์ชัน โฟโตไดโอด

เอกสารนี้เป็น ลักษณะของ โฟโตไดโอด จะมีชั้นอินทรีนลิตีระหว่างสารพีกับสารเอ็นซึ่งจะส่งผลให้ขอบเขตดีพลีทชันถูกขยาย การที่ขอบเขตดีพลีทชันกว้างขึ้นจะทำให้พีไอเอ็น โฟโตไดโอดตอบสนองกับแสงความถี่ที่ใช้

ต่ำ ซึ่งแสงความถี่ต่ำจะมีพลังงานต่ำและจะต้องเจาะเข้าไปในขอบเขตดีฟิฟิชั่นลึก เพื่อจะทำให้เกิดอิเล็กตรอนอิสระ และขอบเขตดีฟิฟิชั่นที่กว้างขึ้นยังทำให้โอกาสที่จะเกิดอิเล็กตรอนอิสระมีมากขึ้น ส่วนการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงจะเร็วกว่าโฟโอดีไดโอดชนิดรอยต่อพี-เอ็น

ข้อดีของโฟโอดีไดโอดคือ มีความไวในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของแสงและยังเป็นอุปกรณ์ตรวจจับแสงที่ไวที่สุดด้วย

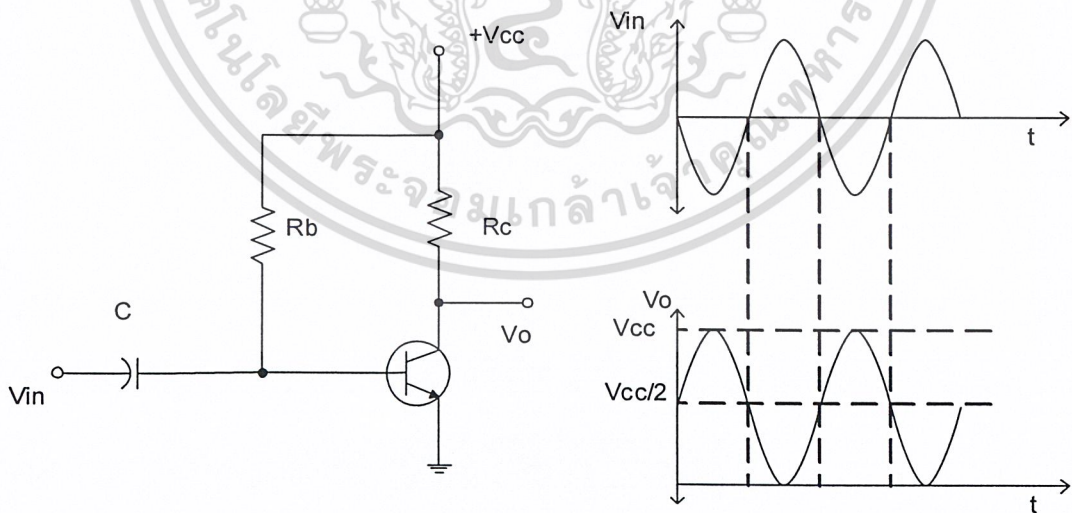
ข้อเสียของโฟโอดีไดโอดคือ จะให้เอาท์พุทต่ำเมื่อเทียบกับอุปกรณ์ตรวจจับแสงอื่น ๆ

## 2.7 วงจรขยายกำลัง (Power Amplifier)

วงจรขยายกำลังสามารถจะแบ่งตามชนิดของการไบอัสหรืออาจเรียกอีกอย่างว่าเป็นคลาส (Class) ซึ่งมีด้วยกันหลายคลาส การเลือกชนิดของคลาสจะขึ้นอยู่กับชนิดการใช้งาน วงจรขยายกำลังที่ใช้กันอยู่ทั่วไปคือ วงจรขยายคลาสเอ วงจรขยายคลาสบี และ วงจรขยายคลาสซี

### วงจรขยายคลาสเอ

เป็นวงจรขยายที่มีจุดการไบอัสจุดกึ่งกลางของดีซีโหลดไลน์ (DC Load Line) และจำกัดการสวิงของสัญญาณไว้ให้ไม่เกินจุดคัทออฟ (Cut off) หรือ จุดอิ่มตัว (Saturated) ทำให้มีกระแสไหลตลอดเวลา หรืออาจกล่าวได้ว่าวงจรขยายคลาสเอนั้นมีการทำงานตลอด 360 องศา หรือเต็มลูกคลื่น ด้วยเหตุนี้จึงทำให้วงจรขยายสัญญาณคลาสเอนั้นมีการสูญเสียกำลังงานมากกว่าคลาสอื่น และวงจรขยายคลาสเอเป็นวงจรขยายที่มีความเป็นเชิงเส้นมากที่สุดในบรรดา วงจรขยายกำลัง ตามรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 วงจรขยายกำลัง Class A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาค่าประสิทธิภาพ (Efficiency:  $\eta$ ) ได้เป็น

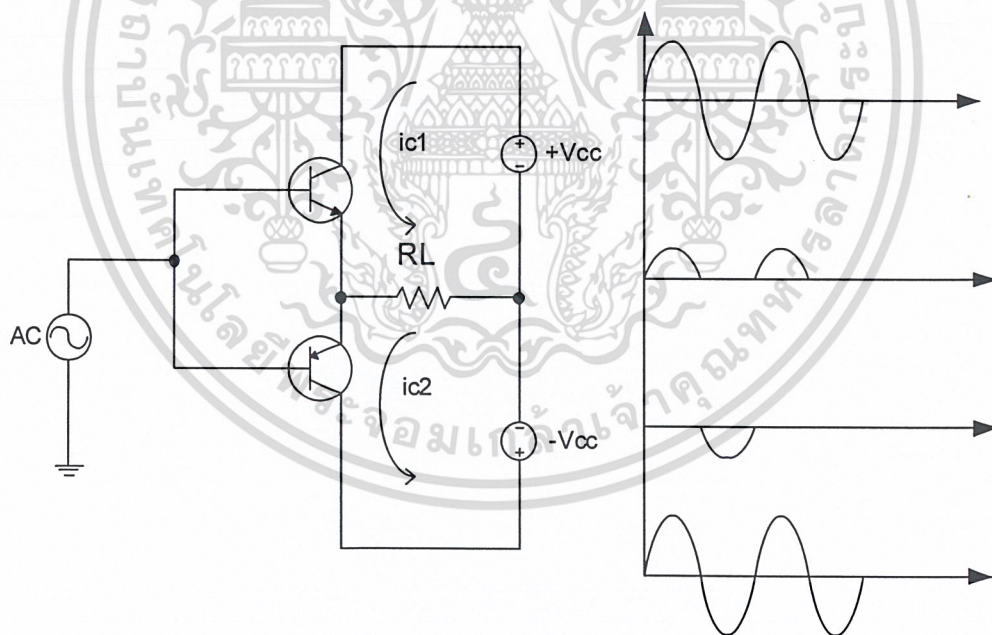
$$\frac{P_i}{P_s} = \eta$$

$$\text{โดยที่ } P = V_{rms} I_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \cdot \frac{I_p}{\sqrt{2}} = \frac{V_p I_p}{2} = \frac{I^2 R}{2} = \frac{V^2}{2}$$

โดยทั่วไปค่า  $\eta$  ของ Class A Power Amplifier มีค่าไม่เกิน 50 %

### วงจรรขยายคลาสบี

เป็นวงจรรขยายที่ทำงานเพียงแค่ 180 องศาเท่านั้น หรือทำงานเพียงแค่ครึ่งคาบของสัญญาณอินพุต ซึ่งอาจจะเป็นด้านบวกหรือด้านลบก็ได้ และการพิจารณาว่าเป็นคลาสบีนั้นก็ขึ้นอยู่กับการไบอัสเป็นตัวกำหนด วงจรคลาสบีนั้นจะมีประสิทธิภาพมากกว่าคลาสเอ (คลาสเอ 50% ส่วนคลาสบี 70%) แต่อย่างไรก็ตามตามคลาสบีจะมีความเป็นเชิงเส้นน้อยกว่าคลาสเอ เนื่องจากคลาสบีมีการทำงานเพียง 180 องศา เมื่อต้องการให้คลาสบีขยายสัญญาณได้เต็ม 360 องศา หรือ เต็มไซเคิลของสัญญาณก็ต้องใช้คลาสบี 2 ชุด ดังรูป



รูปที่ 2.10 วงจร Dual supply complementary push-pull class B amplifier

วงจรรขยายกำลัง Class B power amplifier (Complementary push pull Class B power) จะใช้

ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว แบบ NPN และ PNP ต่อกันแสดงดังรูป 2.10 โดยใช้แรงดัน 2 ชุดต่อกัน ชุดหนึ่งมีค่า

+Vcc และอีกชุดหนึ่งมีค่า -Vcc

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทำงานในลักษณะ Class B เมื่อสัญญาณอินพุตมีค่าน้อย ๆ (โดยประมาณ น้อยกว่า 0.6V) จะทำให้ทรานซิสเตอร์ทั้งสองไม่ทำงาน (Cut off) ดังนั้นสัญญาณเอาต์พุต  $V_o$  จะมีค่าเท่ากับศูนย์ในช่วงเวลาหนึ่ง ดังแสดงรูปที่ 2.10 เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า เกิด Cross over distortion จะทำให้เอาต์พุตออกมาเกิดความผิดเพี้ยน

ดังนั้นเพื่อให้ผลของ Cross over distortion นั้นหายไป เราจึงต้องทำการไบอัสขาเบสของทรานซิสเตอร์จึงทำให้เกิดมีวงจรอีกลักษณะหนึ่งคือวงจร complementary push-pull classAB power amplifier โดยที่วงจรแสดงไว้ในรูป โดยมีค่าความต้านทาน  $R_1$  และ  $R_2$  เป็นตัวแบ่งแรงดัน เพื่อให้ทรานซิสเตอร์  $Q_1$  ทำงาน และในทำนองเดียวกัน ตัวต้านทาน  $R_3$  และ  $R_4$  จะเป็นตัวแบ่งแรงดันเพื่อให้ทรานซิสเตอร์  $Q_2$  ทำงาน ดังนั้นปัญหาของ Cross over distortion จะหมดไป

### วงจรรขยายคลาสซี

เป็นวงจรรขยายที่มีการทำงานน้อยกว่า 108 องศา หรือน้อยกว่าครึ่งคาบของสัญญาณอินพุต โดยไบอัสไว้ ณ จุดสภาวะปกติ เมื่อไม่มีอินพุตเข้ามา จะไม่มีกระแสคอลเลคเตอร์ไหล หรืออยู่ในสภาวะคัทออฟ (cut off) และวงจรรขยายคลาสซีนี้เป็นวงจรรขยายที่มีความเป็นเชิงเส้นต่ำที่สุด แต่ก็ยังเป็นคลาสซีที่มีประสิทธิภาพสูงสุด (80-90%) หากต้องการไบอัสทรานซิสเตอร์ให้เป็นคลาสซีจำเป็นต้องทำการไบอัสย้อนกลับให้แก่รอยต่อของเบส-อิมิตเตอร์ การไบอัสจากภายนอกไม่จำเป็นเนื่องจากขนาดของสัญญาณอินพุตจะเป็นตัวจัดการไบอัสให้แก่วงจรเองอยู่แล้ว ดังนั้น จึงไม่นิยมประยุกต์ใช้งานเป็นตัวขยายเสียง แต่มักใช้กับวงจรความถี่สูง เช่น เครื่องรับวิทยุ AM หรือวงจรจูนความถี่ เป็นต้น

โดยปกติค่าประสิทธิภาพ: ของ Class C จะมีค่าสูงมากประมาณ 90%

### 2.8 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ

วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ จะทำหน้าที่เปรียบเทียบระดับแรงดันสัญญาณเข้าหาหนึ่งกับแรงดันเปรียบเทียบที่ขาสัญญาณเข้าอีกข้างหนึ่ง ระดับแรงดันเปรียบเทียบอาจจะมีค่าเป็นบวก ลบ ศูนย์ก็ได้ วงจรเปรียบเทียบสัญญาณจะมีประโยชน์หลักในงานประเภทต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

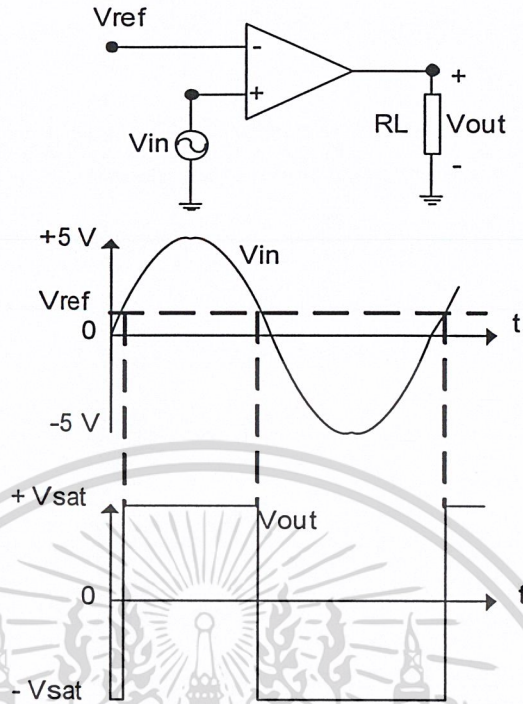
1. วงจรชมิทริกเกอร์หรือวงจรจัดสัญญาณสี่เหลี่ยม จะทำหน้าที่จัดรูปลักษณะของสัญญาณต่าง ๆ ให้อยู่ในลักษณะของสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม
2. วงจรคัทสัญญาณข้ามระดับศูนย์จะทำหน้าที่แจ้งว่าสัญญาณได้เข้าระดับศูนย์เมื่อใด และกำลังเพิ่มระดับไปในทิศใด

วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ จะทำหน้าที่ เปรียบเทียบระดับศักดาสัญญาณเข้าหาหนึ่งกับศักดาเปรียบเทียบที่ขาสัญญาณอีกหาหนึ่ง ระดับศักดาเปรียบเทียบอาจจะมีค่าเป็นบวก, ลบ หรือศูนย์ก็ได้

- 1) การเปรียบเทียบศักดาสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้า (+)

รูปที่ 2.11 แสดงออปแอมป์ ซึ่งต่ออยู่ในลักษณะวงจรเปิด ทำหน้าที่เปรียบเทียบศักดาสัญญาณ

ด้วยจุดสัญญาณเข้าหา (+) นั่นคือ จุดสัญญาณเข้าหา (-) จะต่ออยู่ที่ระดับศักดาเปรียบเทียบ ส่วนจุดสัญญาณเข้าหา (+) จะต่ออยู่กับสัญญาณซึ่งเราต้องการเปรียบเทียบศักดาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



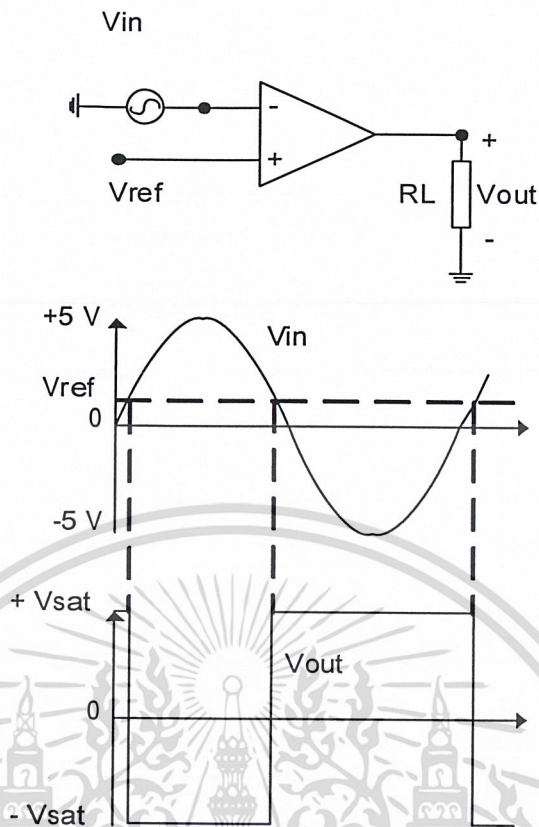
รูปที่ 2.11 ภาพแสดง วงจรเปรียบเทียบศักดาจุดสัญญาณเข้าขา (+)

เนื่องจากค่าขยายศักดาสัญญาณแบบรูปเปิดของออปแอมป์มีค่าสูงมาก ดังนั้นในทางปฏิบัติ เมื่อระดับสัญญาณที่จุดสัญญาณเข้าขา (+) มีระดับสูงกว่า  $V_{ref}$  เพียงเล็กน้อย เช่น 50 ไมโครโวลต์ ระดับสัญญาณออก  $V_o$  ก็จะมีค่าอยู่ที่  $+V_{sat}$  ในกรณีที่ระดับสัญญาณที่จุดสัญญาณเข้าขา (+) มีระดับต่ำกว่า  $V_{ref}$  เพียงเล็กน้อย ระดับศักดาสัญญาณออกจะกลับไปมีค่าเท่ากับ  $-V_{sat}$  ดังนั้น เราอาจจะใช้วงจรดังกล่าวในการเปรียบเทียบระดับสัญญาณเข้าศักดาเปรียบเทียบ เมื่อสัญญาณออกมีค่าเป็น  $+V_{sat}$  ก็แสดงว่า  $V_{in}$  มีระดับสูงกว่า  $V_{ref}$  และเมื่อสัญญาณออกมีค่าเป็น  $-V_{sat}$  ก็แสดงว่า  $V_{in}$  มีระดับสัญญาณต่ำกว่า  $V_{ref}$  หลักการดังกล่าวนี้จะมีประโยชน์อย่างมากในวงจรสร้างสัญญาณรูปต่าง ๆ

## 2) เปรียบเทียบศักดาสัญญาณด้วยจุดสัญญาณเข้าขา (-)

รูปที่ 2.12 แสดงกรณีตรงข้ามกับวงจรในรูปที่ 2.11 กล่าวคือ ศักดาเปรียบเทียบจะต่ออยู่กับขาสัญญาณเข้า (-) ส่วนสัญญาณที่เราต้องการจะเปรียบเทียบต่ออยู่กับขาสัญญาณเข้า (+) ดังนั้นระดับศักดาสัญญาณออก  $V_o$  จะมีเครื่องหมายตรงข้ามกับกรณีที่แล้ว วงจรดังกล่าวจะมีประโยชน์อย่างมากในวงจรสร้างสัญญาณรูปต่างๆเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



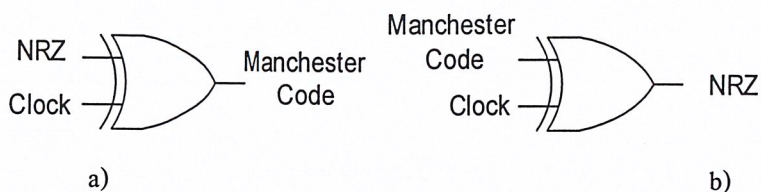
รูปที่ 2.12 แสดงวงจรเปรียบเทียบค่าจุดสัญญาณเข้าขา (-)

### 2.9 การเข้ารหัสแมนเชสเตอร์

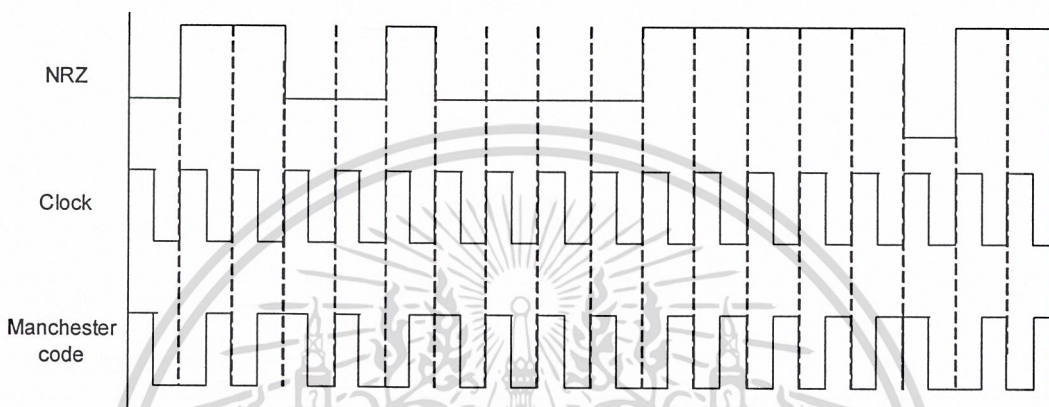
การเข้ารหัสด้วยวิธีการนี้จะสร้างจากการนำเอาสัญญาณที่เป็นประเภทไม่กลับสู่ศูนย์ มาทำการเอ็กซ์คลูซีฟออร์กับสัญญาณนาฬิกา ถ้าข้อมูลกับสัญญาณนาฬิกาเหมือนกัน สัญญาณที่ผ่านการเอ็กซ์คลูซีฟออร์จะกลายเป็นศูนย์ แต่ถ้าข้อมูลกับสัญญาณนาฬิกาต่างกัน สัญญาณที่ผ่านการเอ็กซ์คลูซีฟออร์จะกลายเป็นหนึ่งนั่นคือ เมื่อสัญญาณที่ผ่านการเข้ารหัสแมนเชสเตอร์แล้วลักษณะของสัญญาณจาก 1 บิต จะกลายเป็น 2 บิตที่แตกต่างกันเช่น ถ้าข้อมูลคือ 1 จะกลายเป็น 0 - 1 และถ้าข้อมูลคือ 0 จะกลายเป็น 1 - 0 ดังรูปที่ 2.14 พบว่าความเร็วจะกลายเป็น 2 เท่า เช่นจาก 2400 บิต / วินาที จะกลายเป็น 4800 บิต / วินาที แต่เมื่อทำการถอดรหัสแล้ว จะได้ข้อมูลที่มีความเร็วเท่าเดิมนั่นคือ 2400 บิต / วินาที นั่นเอง

รหัสแมนเชสเตอร์ มีข้อดีคือ ทำการเข้ารหัสและถอดรหัสได้ง่าย นั่นคือนำสัญญาณ กับสัญญาณนาฬิกาทำการเอ็กซ์คลูซีฟออร์ และอีกประการหนึ่งคือ หากข้อมูลที่ส่งไปมีค่าเป็น 1 หรือ 0 ติดกันมากเกินไป จะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ง่ายในการรับข้อมูลที่ด้านรับ โดยเมื่อทำการเข้ารหัสแบบนี้แล้ว จะมีค่าเป็น 1 หรือ 0 ติดกันไม่เกิด 2 บิต และหากเกิดความผิดพลาดก็สามารถที่จะตรวจสอบได้ง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.13 แสดงวงจรการ (a) เข้ารหัส (b) ถอดรหัส



รูปที่ 2.14 แสดงสัญญาณที่ผ่านการเข้ารหัสแมนเชสเตอร์

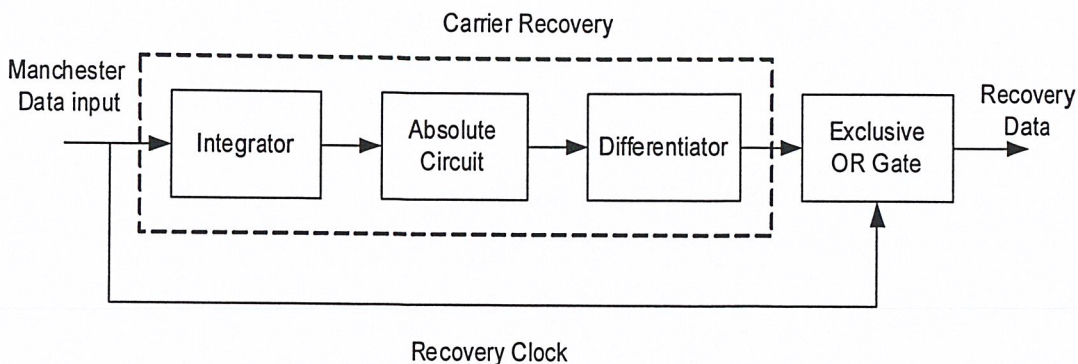
## 2.10 วงจรถอดรหัสข้อมูลแบบแมนเชสเตอร์ (Manchester Decoder)

การถอดรหัสข้อมูลแบบแมนเชสเตอร์วิธีที่ 1 แสดงตามรูปที่ 2.15 อาศัยการทำงานของ 4 ส่วนการทำงานคือ

- 1) วงจร Integrator
- 2) วงจร Absolute
- 3) วงจร Differential
- 4) วงจร Exclusive OR Gate

ตามรูปที่ 2.17 แสดง Taming Diagram ของการถอดรหัสสัญญาณ Manchester แบบนี้

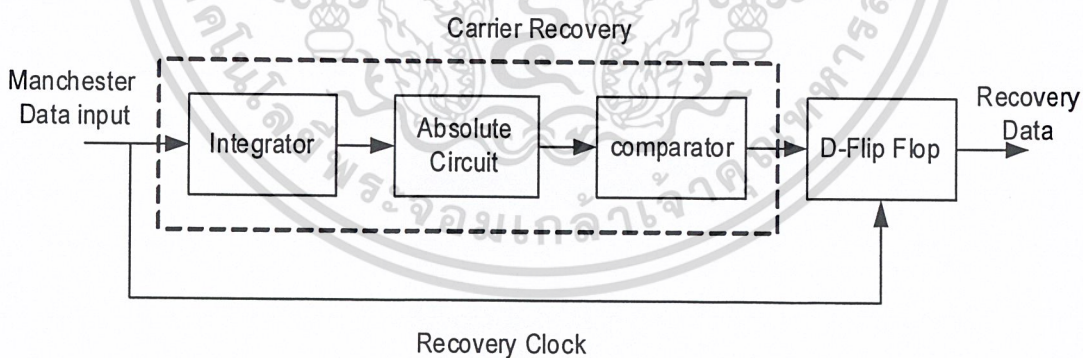
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 บล็อกไดอะแกรมของการถอดรหัสแมนเชสเตอร์แบบแรก

ปัญหา ที่เกิดขึ้นคือ การเกิดการเหลื่อมล้ำของสัญญาณนาฬิกาอ้างอิง (Clock) ที่ถูกกลับมาได้ จะทำให้เกิดการ Jitter ระหว่างข้อมูลที่เข้ามา กับสัญญาณอ้างอิงที่ถูกกลับมา ดังนั้นจึงต้องการกู้สัญญาณกลับโดยใช้ Exclusive OR โดยการกลับมาใช้อีกรูปแบบหนึ่ง การถอดรหัสข้อมูลแบบนี้แสดงตามรูปที่ 2.26 ประกอบด้วย

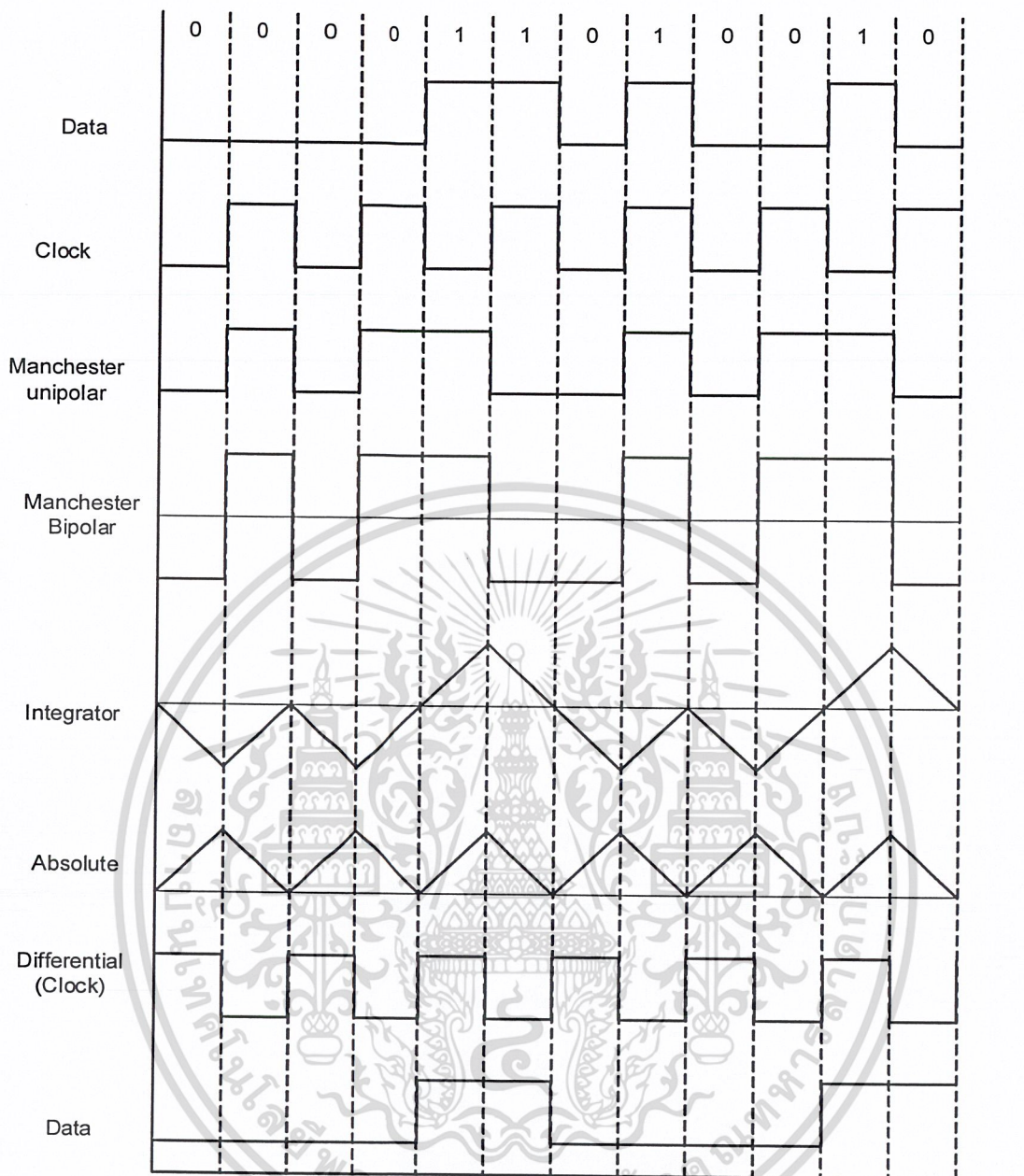
- 1) วงจร Integrator
- 2) วงจร Absolute
- 3) วงจร Voltage Comparator
- 4) วงจร D-Flip Flop



รูปที่ 2.16 บล็อกไดอะแกรมของการถอดรหัสแมนเชสเตอร์แบบที่สอง

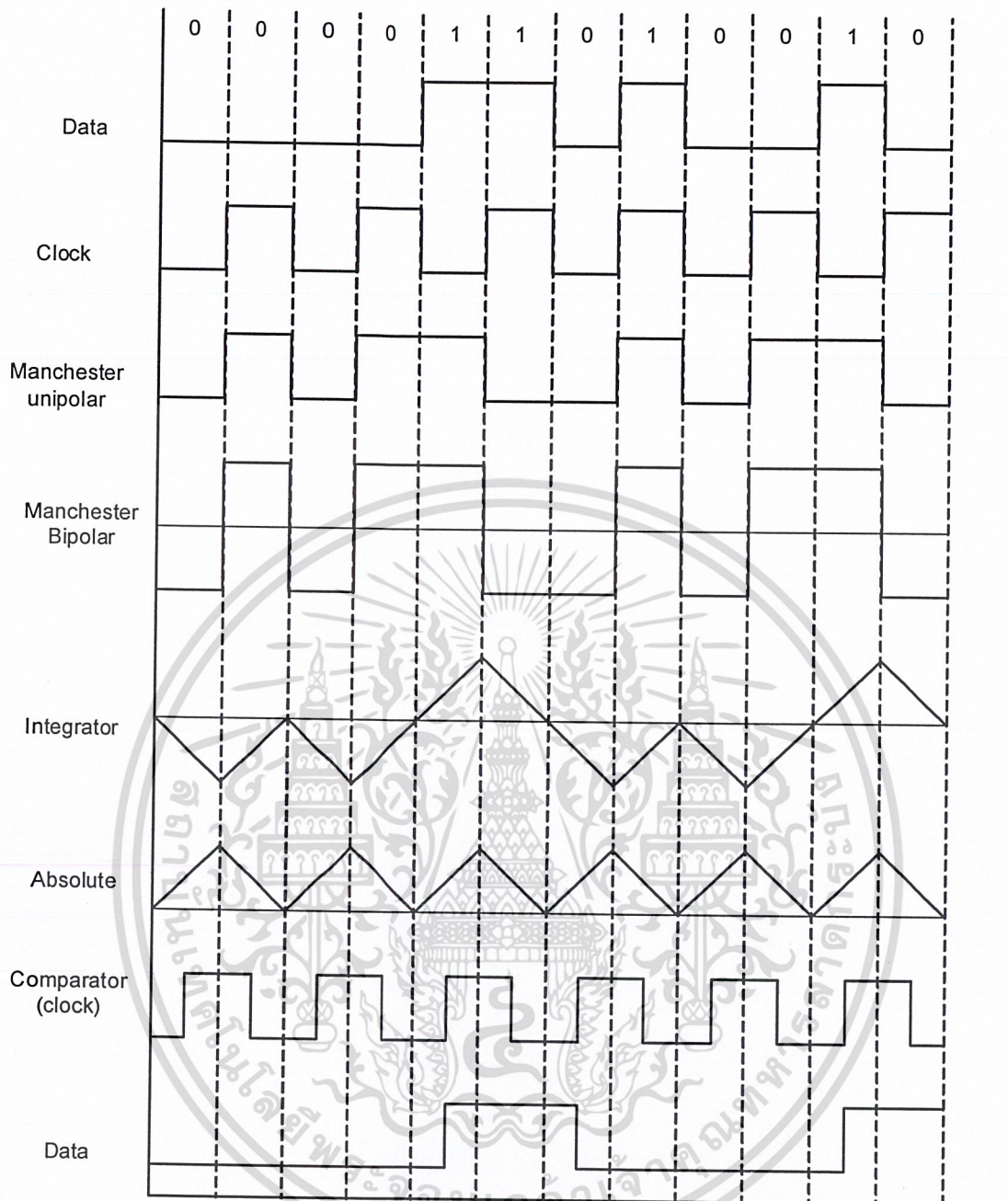
Trimming Diagram ของการถอดรหัสแบบนี้แสดงตามรูปที่ 2.18 ซึ่งการถอดรหัสนี้จะดีกว่าแบบแรกเพราะสามารถแก้ปัญหา Jitter ได้เพราะ Delay สัญญาณ Clock ออกไปแล้วเท่ากับ 0.25 ของคาบเวลาของสัญญาณนาฬิกาอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 แสดง Timing Diagram ของการถอดรหัสสัญญาณแมนเชสเตอร์แบบแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 แสดง Timing Diagram ของการถอดรหัสสัญญาณแมนเชสเตอร์แบบที่สอง

## 2.11 โมดูลรับ-ส่ง TFDS4500

โมดูลรับ-ส่งอินฟราเรด TFDS4500 เป็นโมดูลที่จัดอยู่ในตระกูลของอุปกรณ์โมดูลที่กินกำลังงานต่ำสามารถใช้งานร่วมกันและภายใต้มาตรฐานการสื่อสาร IrDA 1.2 ซึ่งเป็นมาตรฐานการสื่อสารข้อมูลอนุกรมอินฟราเรด (serial infrared data communication : SIR) ที่รองรับอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลในมาตรฐาน IrDA สูงถึง 115.2 กิโลบิต ต่อวินาที ซึ่งเบื้องต้นภายในโมดูลรับ-ส่งอินฟราเรดนี้ตัวรับจะเป็นโฟโตไดโอด (photo PIN diode) ส่วนตัวส่งนั้นจะเป็นอินฟราเรดเอมิเตอร์ (IRED) และนอกจากนั้นเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือใช้เพื่อการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วภายในโมดูลยังประกอบด้วยไอซีที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานที่กินกำลังงานต่ำ และทำหน้าที่เป็นฟรอนต์เอนด์ประกอบรวมอยู่ภายในตัวถังบรรจุเดียวกันด้วย

หากจะเทียบกันแล้วอุปกรณ์รับส่งอินฟราเรด TFDS4500 ที่มีลักษณะเป็นโมดูลนี้มีขนาดเล็กกะทัดรัดมาก จึงทำให้สามารถประยุกต์ใช้งานได้กว้างและมีความยืดหยุ่นในการนำไปใช้งานสูง ไม่ว่าจะเป็นรูปแบบของการอินเตอร์เฟสเข้ากับอินพุต/เอาต์พุตของอุปกรณ์ไมโครโปรเซสเซอร์ หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อย่างกว้างขวาง รวมไปถึงความเข้ากันได้และความมีเสถียรภาพของความกว้างของพัลส์ที่ใช้งาน พร้อมกับการต่อใช้งานไบแอสตัวโมดูลเองด้วยอุปกรณ์ภายนอกเพียงไม่กี่ตัวเช่น มีเพียงตัวต้านทานอนุกรมเพื่อจำกัดค่ากระแสอินฟราเรดอิมิตเตอร์เพียง 1 ตัว และคาปาซิเตอร์กรองสัญญาณรบกวนที่ขารับไฟเลี้ยง Vcc เท่านั้นเองก็สามารถต่อใช้งานร่วมกับพอร์ต I/O ของโปรเซสเซอร์ หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ได้แล้ว .และนอกจากนั้นแล้วยังมีคุณสมบัติเด่นดังนี้

-เข้ากันได้และอยู่ภายใต้มาตรฐานการสื่อสารข้อมูลอินฟราเรด IrDA 1.2 (ที่อัตราเร็วข้อมูลสูงถึง 155.2 กิโลบิตต่อวินาที)

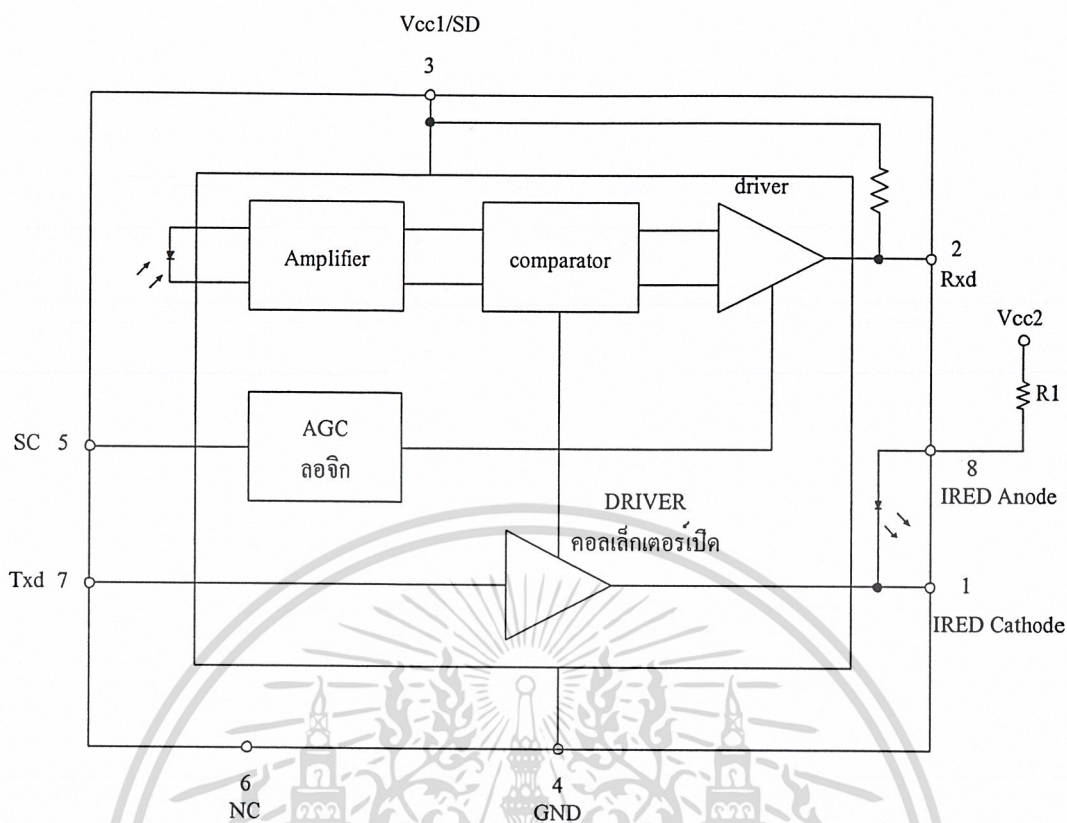
- ย่านแรงดันใช้งานกว้าง ตั้งแต่ 2.7 โวลต์ ถึง 5.5 โวลต์ ดีซี
- กินกำลังงานต่ำ (ที่ 1.3 มิลลิแอมป์จากแหล่งจ่ายกระแสในสภาวะรับข้อมูล)
- มีฟังก์ชัน Sleep mode โดยควบคุมผ่านขา Vcc1/SD กินกำลังงาน 5 นาโนแอมป์
- อินเตอร์เฟสกันได้โดยตรงกับอุปกรณ์คอนโทรลเลอร์ทางพอร์ต I/O
- มีส่วนป้องกันสัญญาณรบกวน EMI รวมอยู่ด้วยภายในโดยไม่ต้องพึ่งอุปกรณ์ชิลด์ภายนอกเพิ่มเติม

เดิม

-ใช้อุปกรณ์ต่อรวมภายนอกน้อยมากเพียงไม่กี่ตัว

นอกจากคุณสมบัติเด่นที่กล่าวมาข้างต้นแล้วยังมีคุณสมบัติทางเทคนิคอีก ที่ผู้ออกแบบจะต้องใช้ในการนำเอาอุปกรณ์นี้ไปออกแบบใช้งานได้อย่างถูกต้อง และอุปกรณ์ไม่เกิดความเสียหาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.19 บล็อกไดอะแกรมภายในของ TFDS4500

ในรูปที่ 2.19 แสดงบล็อกไดอะแกรมภายในของ TFDS4500 จะสังเกตเห็นว่ามีส่วนของวงจร ปริมาตรต่าง ๆ ประกอบรวมอยู่ภายในเรียบร้อยแล้ว ทั้งอินฟราเรดตัวส่งและโฟโตอินฟราเรดตัวรับ หรือแม้กระทั่งวงจรไดรเวอร์สัญญาณสำหรับการส่ง และรับก็มีให้พร้อมและนอกจากนั้นความไวในการรับหรือการควบคุมความไวในการรับ-ส่งข้อมูล ก็สามารถควบคุมได้จากภายนอกผ่านทางขา SC ของอุปกรณ์ สำหรับหน้าที่และชื่อเรียกขาใช้งานแต่ละขาของ TFDS4500 ก็มีรายละเอียดดังนี้

IRED Cathode (ขา1) เป็นขาคะโทดของ IRED ภายในอุปกรณ์ ซึ่งภายในถูกต่อและจับด้วยทรานซิสเตอร์

Rxd (ขา2) เป็นเอาต์พุตของข้อมูล ที่รับเข้ามาทางโฟโตอินฟราเรดโดยปกติจะอยู่ในสภาวะคอลเล็กเตอร์เปิดและไม่มีตัวต้านทาน पुल-อัฟ หรือ पुलดาวน์ ประกอบรวมภายนอก เพราะมีตัวต้านทาน पुल-อัฟ ค่า 20 กิโลโอห์มประกอบรวมอยู่ภายในแล้วโดยในระหว่างที่มีการส่งข้อมูลของภาคส่งขานี้จะไม่มีปฏิกิริยา ใด ๆ เกิดขึ้น และเมื่อมีการแอกตีฟจะแอกตีฟ “low”

Vcc1/SD (ขา3) เป็นขารับแรงดันไฟเลี้ยงและเป็นขาควบคุมการชัตดาวน์อุปกรณ์ด้วย

GND (ขา4) เป็นขากราวด์ไฟเลี้ยงของอุปกรณ์

SC (ขา5) เป็นควบคุมความไวในการรับ-ส่งข้อมูลของอุปกรณ์ ซึ่งจะแอกตีฟ “high” สามารถควบคุม

เอกสารคู่มือได้จากภายนอกจนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

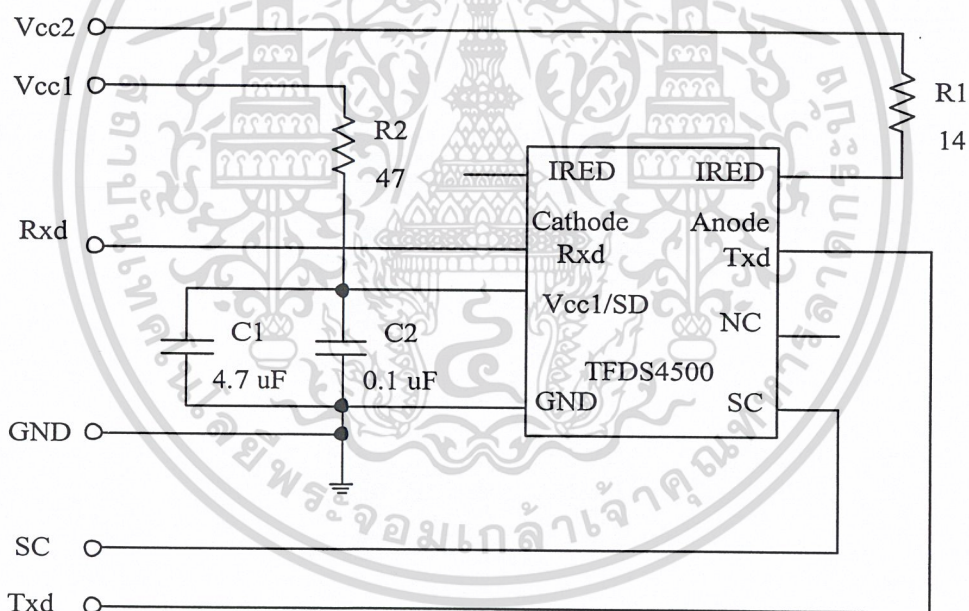
NC (ขา 6) เป็นขาที่ไม่ได้ต่อใช้งาน

Txd (ขา 7) เป็นขาอินพุตของข้อมูลที่ต้องการจะส่งจะแอกติฟ “high”

IRED Anode (ขา 8) เป็นขาแอโนดของ IRED ภายในอุปกรณ์โดยการใช้งานปกติจะต่อแหล่งจ่าย Vcc2 จากภายนอกผ่านตัวต้านทานควบคุมกระแสไบแอสจากภายนอกอีกหนึ่งตัวดังรูปบล็อกไดอะแกรม

### วงจรเบื้องต้นและข้อกำหนดการใช้งาน

สำหรับการประยุกต์ใช้งาน TFDS4500 นี้จะเป็นไปตามมาตรฐาน IrDA 1.2 และสามารถออกแบบใช้งานสื่อสารข้อมูลไร้สายทางอินฟราเรดได้กับอุปกรณ์ประเภทเดียวกัน โดยจะเน้นความสำคัญตรงการจำกัดค่ากระแสไบแอสค่ากระแสดังกล่าวไม่เหมาะสมอาจทำให้อุปกรณ์นี้เกิดความเสียหายได้ และหากไม่เสียหายก็อาจจะทำให้ความสามารถในการสื่อสารข้อมูลมีประสิทธิภาพลดลงได้ อันจะส่งผลถึงความผิดพลาดที่มากมายของข้อมูลที่ทำการสื่อสารกันอยู่ ใน รูปที่ 2.20 แสดงวงจรประยุกต์ใช้งานเบื้องต้นตามข้อกำหนดในมาตรฐานของคุณสมบัติทางเทคนิคของ TFDS4500



รูปที่ 2.20 วงจรประยุกต์ใช้งานเบื้องต้นของ TFDS4500

ในการออกแบบใช้งานตามวงจรประยุกต์นี้ จะต้องออกแบบและจัดวางตำแหน่งของ C1 และ C2 ให้อยู่ใกล้หรือติดกับขาจับไฟเลี้ยงของ TFDS4500 มากที่สุดในการกำจัดสัญญาณรบกวนอาร์เอฟที่จะสอดแทรกเข้ามาทางขาจับไฟเลี้ยงและเมื่อต้องต่อกับแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงวงจรจากภายนอก ระบบสายไฟเลี้ยงที่ใช้ควรจะเป็นสายที่มีคุณสมบัติของค่าอิมพีแดนซ์ในสายต่ำที่สุด เพื่อป้องกันการลดทอนกำลังงาน และป้องกันสัญญาณรบกวนอื่น ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นตามมา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวต้านทาน R1 ใช้สำหรับควบคุมค่ากระแสไบแอสอิมิตเตอร์ให้กับอินฟราเรดตัวส่งภายในโมดูล ให้อยู่ในค่าที่เหมาะสม และไม่เกิดความเสียหายต่อตัวอินฟราเรดตัวส่งดังกล่าว ซึ่งหากต้องการกำลังขับเอาต์พุตของภาคส่งอินฟราเรดที่สูงขึ้น ค่าของตัวต้านทาน R1 จะถูกกำหนดให้ต่ำลงในทางกลับกัน หากต้องการลดกำลังขับเอาต์พุตภาคส่งลงก็ต้องเพิ่มความต้านทานของ R1 ขึ้นตามการใช้งานเบื้องต้น กำหนดค่าของ R1 ไว้ที่ 14 โอห์ม ซึ่งจะทำให้คุณลักษณะการทำงานเป็นไปตามมาตรฐาน IrDA ที่แรงดันไฟเลี้ยง 5 โวลต์  $\pm 5\%$  ซึ่งการกำหนดค่าจำกัดสูงสุดของค่ากระแสที่ใช้ขับอินฟราเรดตัวส่งในโมดูลนี้ จะขึ้นอยู่กับค่าควิตซ์ไชเกิลสูงสุดที่กำหนดไว้ในคุณสมบัติทางไฟฟ้า (data sheet) ของ TFDS4500 ซึ่งเป็นขีดจำกัดสูงสุดโดยที่อุปกรณ์ยังอยู่ในย่านการทำงานที่ปลอดภัย

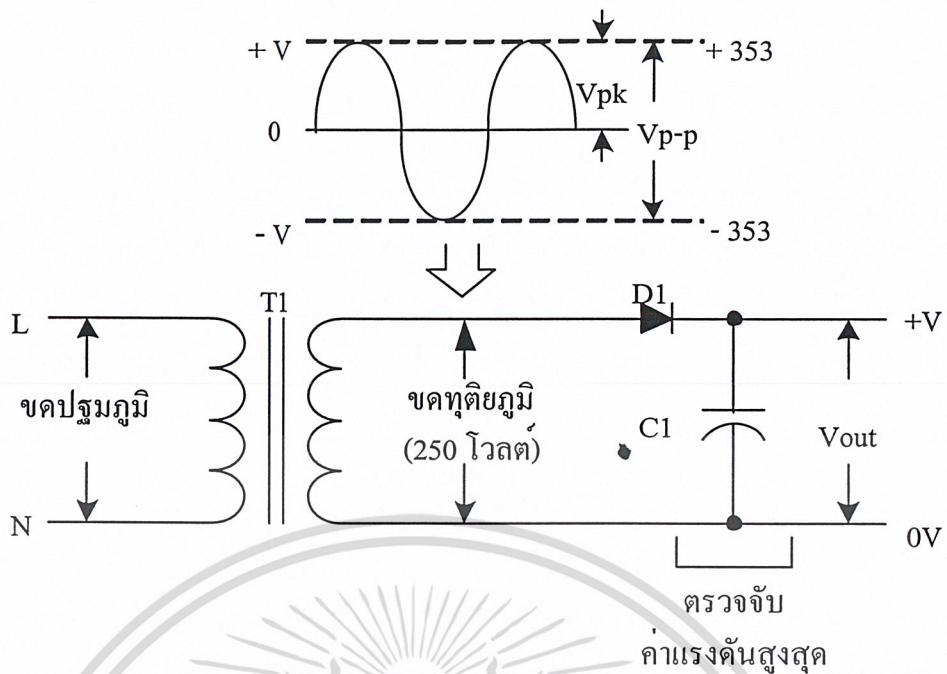
อุปกรณ์ภายนอกที่เหลือคือ R2, C1, C2 เป็นอุปกรณ์เสริมภายนอกจะพิจารณาเลือกใช้ได้ตามคุณภาพของแรงดันที่ได้จากแหล่งจ่ายของ Vcc1 และการสอดแทรกเข้ามาของสัญญาณรบกวนต่าง ๆ ซึ่งหากแหล่งจ่ายไม่มีเสถียรภาพมากพอและมีการสอดแทรกเข้ามาของสัญญาณรบกวนต่าง ๆ ซึ่งหากแหล่งจ่ายไม่มีเสถียรภาพมากพอและมีการครีปของแรงดันในระหว่างที่ทำการรับส่งข้อมูลอยู่ก็จะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพและความไวในการติดต่อสื่อสารข้อมูลลดลงด้วย โดยเฉพาะในย่านที่กำลังทำการส่งสัญญาณข้อมูลจะมีผลอย่างมาก

การควบคุมความไวในการรับ-ส่ง ที่ขา SC อุปกรณ์จะยอมให้สามารถปรับเพิ่มความไวหรือการตรวจจับแสงอินฟราเรดที่ใช้ในการรับ-ส่งได้สูงสุด เมื่อกำหนดค่าเทสโวลการตรวจจับแสงไว้ต่ำ ๆ โดยการเซตให้ขา SC นี้มีสถานะเป็น “high” ซึ่งการกำหนดค่าเทสโวลการตรวจจับแสงไว้ที่ค่าต่ำ ๆ นี้จะเป็นการเพิ่มความไวในการรับแสงอินฟราเรดให้สูงขึ้น และเพิ่มย่านหรือระยะทางในการส่งแสงอินฟราเรดของภาคส่งให้ไกลขึ้น แต่ตามลักษณะการใช้งานจริงแล้วจะกำหนดให้ขา SC ได้รับลอจิก “high” เมื่ออุปกรณ์ถูกใช้งานภายใต้แสงโดยรอบเป็นแสงจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเป็นการชดเชยตามสถานะความเข้มแสงโดยรอบแต่จะต้องเซตขา SC ให้ได้รับลอจิก “low” เมื่ออุปกรณ์ต้องทำงานภายใต้แสงโดยรอบที่มีความเข้มของแสงมาก ๆ

## 2.12 หลักการทำงานพื้นฐานของ DC โวลเตจคอนเวอร์เตอร์

เมื่อพูดถึงวงจร DC โวลเตจคอนเวอร์เตอร์ส่วนมากที่ใช้กันทั่ว ๆ ไปมักจะเป็นวงจรทวีคูณแรงดัน โดยทั่วไปวงจรทวีคูณแรงดันจะประกอบด้วยเน็ตเวิร์กของตัวไดโอด และตัวเก็บประจุทำงานในลักษณะเรกติไฟเออร์และตัวเก็บประจุทำงานในลักษณะเรกติไฟเออร์จำนวน 2 ส่วน ซึ่งการจัดวงจรระบบนี้ถูกออกแบบขึ้นตั้งแต่ปี ค.ศ. 1930 สำหรับใช้ในวงจรแปลงแรงดันไฟสลับให้เป็นไฟตรงค่าสูงและวงจรลักษณะเดียวกันนี้ก็ยังคงมีการนำมาใช้อย่างแพร่หลายจนถึงปัจจุบัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.21 แสดงวงจรแปลงแรงดันไฟสลับเป็นไฟตรง

วงจรแปลงแรงดันไฟสลับเป็นไฟตรงอย่างง่ายถูกแสดงไว้ในรูปที่ 2.21 ซึ่งจัดวงจรแบบเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่น (basic half-wave rectifying type) จากวงจรจะเห็นได้ว่าแรงดันไฟสลับทางด้านของทุติยภูมิของหม้อแปลงมีค่าเป็น 250 โวลต์อาร์เอ็มเอส ( $V_{rms}$ ) แรงดันไฟนี้จะป้อนเข้าสู่อินพุตของวงจรเรกติไฟเออร์ที่ D1 โดยจะมีค่าระดับแรงดันไฟสลับไปมาสูงและต่ำกว่าค่าระดับแรงดันไฟ 0 โวลต์และเพิ่มขึ้นสูงสุด ( $V_{peak}$ ) ที่ค่า +353 โวลต์ทางด้านครึ่งไซเคิลบวกและจะลดต่ำสุดที่ค่า -353 โวลต์ ทางด้านครึ่งไซเคิลด้านลบ ไดโอด D1 จะได้รับการฟอร์เวิร์ดไบแอส (forward bias) ในขณะที่สัญญาณอยู่ในครึ่งไซเคิลด้านบวกทำให้ตัวเก็บประจุ C1 ถูกชาร์จไว้จนมีค่าระดับแรงดันเท่ากับแรงดันสูงสุด (ในกรณีนี้ไม่ได้พิจารณาถึงแรงดันไฟที่ตกคร่อม D1 ขณะทำงาน) ที่ +353 โวลต์ แต่ในขณะที่ สัญญาณอยู่ในครึ่งไซเคิลด้านลบ D1 จะถูกรีเวิร์สไบแอส ทำให้ไม่มีผลใด ๆ กับการทำงานของวงจรจากการทำงานในลักษณะนี้ทำให้แรงดันไฟเอาต์พุตที่ได้มีค่าเป็นแรงดันไฟตรงบวกแต่อย่างไรก็ตามด้วยวงจรในลักษณะนี้ ทำให้แรงดันไฟเอาต์พุตที่ได้มีค่าเป็นแรงดันไฟตรงบวก แต่อย่างไรก็ตามด้วยวงจรในลักษณะคล้ายกันก็สามารถทำให้วงจรนี้ให้แรงดันไฟเอาต์พุตเป็นแรงดันไฟลบได้ด้วย โดยการสลับขั้วของทั้ง D1 และ C1

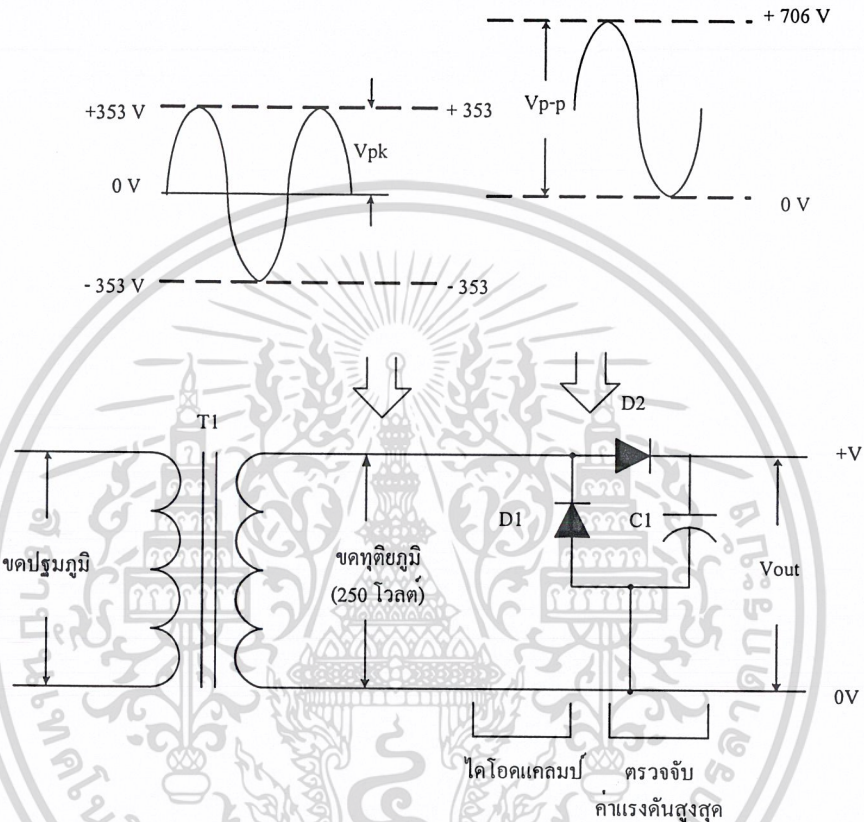
ข้อสังเกตที่สำคัญของการทำงานภายในวงจรเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นในรูปที่ 2.21 คือ D1 และ C1 นอกจากจะทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟสลับให้เป็นไฟตรงแล้ว มันยังทำงานเป็นวงจรตรวจจับแรงดันสูงสุด (peak voltage detector) ด้วย ซึ่งทำให้แรงดันไฟเอาต์พุตมีค่าเท่ากับแรงดันไฟบวกสูงสุดที่ปรากฏทางด้าน ทุติยภูมิของหม้อแปลง T1 และด้วยหลักการทำงานแบบเดียวกันนี้ก็สามารถนำมาใช้กับวงจรเรกติไฟเออร์แบบเต็มคลื่น (full-wave rectifier) ได้ด้วยเช่นกันซึ่งยังคงให้แรงดันไฟเอาต์พุตได้เท่ากับแรงดัน

ไฟบวกสูงสุดของทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟ

เขาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อมาในระหว่างปี ค.ศ. 1930 วิศวกรได้พยายามที่จะพัฒนารูปแบบของวงจรเดิมให้สามารถผลิตแรงดันไฟเอาต์พุตให้ได้สูงขึ้น ในขณะที่วงจรยังคงมีราคาถูกลงได้และปลอดภัยสำหรับการทำงาน ตลอดจนสามารถใช้หม้อแปลงไฟที่มีพิกัดกำลังไฟไม่สูงจนเกินไปซึ่งทำให้มีราคาถูกลงได้ และในที่สุดก็ได้พัฒนาออกมาเป็นวงจรทวีคูณแรงดัน (Voltage multiplier) ซึ่งแบ่งวงจรออกได้เป็น 2 ส่วนหลักดังแสดงในรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 แสดงวงจรทวีคูณแรงดัน 2 เท่าเบื้องต้นโดยใช้หม้อแปลงเป็นตัวจับ

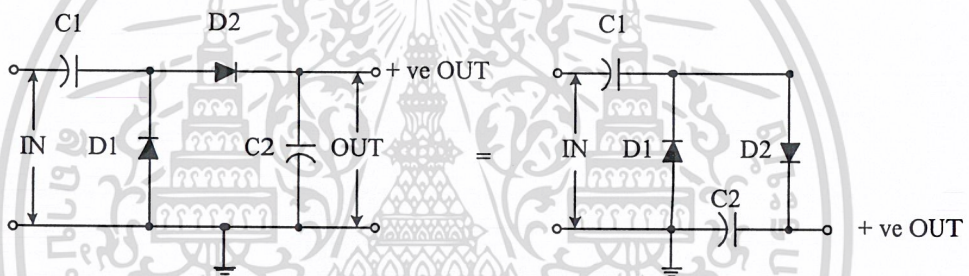
จากรูปแรงดันไฟเอาต์พุตที่ขดทุติยภูมิของหม้อแปลงมีค่าเท่ากับ 250 โวลต์อาร์เอ็มเอส และในทีนี้วงจรในส่วนแรกซึ่งประกอบด้วย C1 และ D1 จะทำหน้าที่เป็นวงจรแคลมป์ (diode clamp) ดังนั้นเมื่อป้อนแรงดันไฟสลับอินพุตซึ่งเปลี่ยนแปลงระดับแรงดันอย่างสมมาตรกันผ่านระดับแรงดัน 0 โวลต์ หลังจากผ่านการแคลมป์จะทำให้ได้รูปคลื่นที่ยังคงมีลักษณะแบบเดิม แต่ว่าจุดแรงดันต่ำสุดทางด้านลบจะถูกอ้างอิงที่ระดับแรงดัน 0 โวลต์แทน ดังแสดงภาพในรูปที่ 2.21 ที่จุดนี้ค่าแรงดันพิกทูพิก (peak to peak value) ของแรงดันไฟสลับอินพุต

หลังจากสัญญาณไฟสลับอินพุตผ่านวงจรแคลมป์แล้วจะถูกป้อนเข้าสู่วงจรในส่วนที่ 2 ซึ่งประกอบด้วย D2 และ C2 ทำหน้าที่เป็นวงจรตรวจจับแรงดันสูงสุด ทำให้แรงดันไฟตรงเอาต์พุตที่ได้มีค่าเท่ากับแรงดันพิกทูพิกของแรงดันไฟสลับอินพุตที่ป้อนให้ ดังนั้นวงจรนี้จึงสามารถให้ค่าแรงดันเอาต์พุตได้ไม่ต่ำกว่าครึ่งใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สูงกว่า 2 เท่าของวงจรเรกติไฟเออร์ทั้งแบบครึ่งคลื่นและ เต็มคลื่นทั่วไป จึงทำให้วงจรนี้ถูกเรียกว่าวงจรทวีคูณแรงดันแบบ 2 เท่า (Voltage doubling) ในกรณีที่ต้องการให้แรงดันไฟตรงเอาต์พุตเป็นแรงดันไฟฟ้าลบก็สามารถทำได้โดยการสลับขั้วของทั้ง D1, D2, C1 และ C2 พร้อมกัน

ข้อสังเกตที่สำคัญในการทำงานของวงจรในรูปที่ 2.21 คือวงจรนี้จะสามารถให้แรงดันไฟเอาต์พุตได้เท่ากับระดับของแรงดันไฟพีกที่พิกัดบวกกับค่าแรงดันไฟอ้างอิง ( $V_{ref}$ ) ของ D1 และ C2 ซึ่งในตัวอย่าวงจรนี้คือแรงดันไฟ 0 โวลต์ แต่ถ้าวงจรนี้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไปโดยทำการเพิ่มค่าของแรงดันไฟอ้างอิงให้สูงขึ้นเช่นเป็น +1000 โวลต์ แรงดันไฟเอาต์พุตจาก C2 จากเดิมที่ได้ 706 โวลต์จะถูกนำไปรวมกับค่าแรงดันไฟอ้างอิงทำให้ได้แรงดันไฟเอาต์พุตเป็น 1,706 โวลต์ เป็นต้น

หัวใจสำคัญในการทำงานของวงจรในรูปที่ 2.21 คือวงจรทวีคูณแรงดัน 2 เท่าที่ประกอบด้วย D1, C1, D2 และ C2 โดยทั่วไปวงจรในส่วนนี้จะถูกเขียนในลักษณะของวงจรในรูปที่ 2.23 (ก) แต่ในทางปฏิบัติแล้ววงจรเดียวกันนี้สามารถนำมาเขียนใหม่เป็นแบบมาตรฐาน (standard) ของวงจรทวีคูณแรงดัน 2 เท่าได้ดังในรูปที่ 2.22 (ข) และเป็นแบบที่นิยมใช้กันมากกว่าแบบแรก



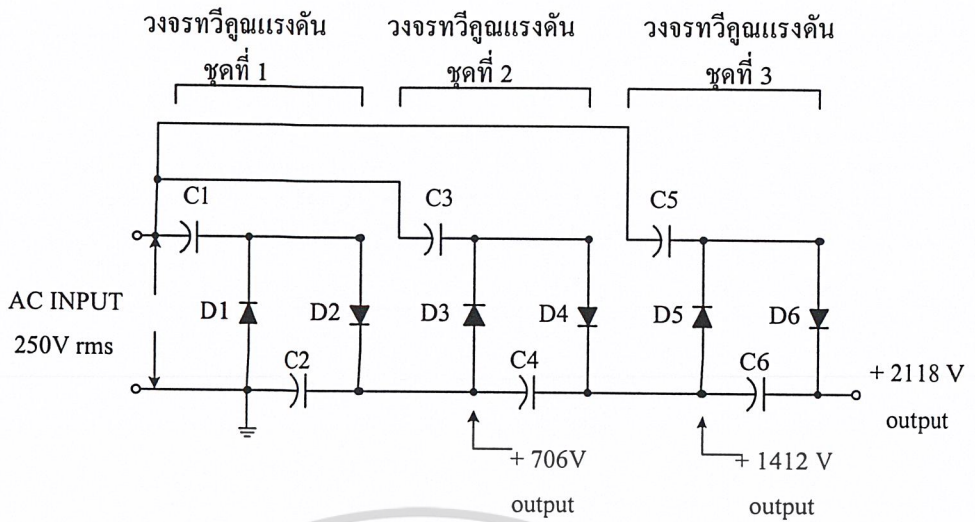
รูปที่ 2.23 (ก) แสดงการเขียนวงจรทวีคูณแรงดันแบบทั่วไป

(ข) แสดงการเขียนวงจรทวีคูณแรงดันแบบมาตรฐาน

ประโยชน์หลักของการประยุกต์ใช้วงจรทวีคูณแรงดัน 2 เท่าคือการเพิ่มจำนวนของการทวีคูณ 2 เท่าให้มีหลาย ๆ จุดเชื่อมต่อกัน ทั้งนี้เพื่อทำให้ได้แรงดันไฟเอาต์พุตหลาย ๆ จุดที่ได้จากการคูณค่าให้เพิ่มมากขึ้น ซึ่งเมื่อเขียนด้วยวงจรแบบมาตรฐานในรูปที่ 2.23 (ข) จะทำให้ดูง่ายและสะดวกที่สุด

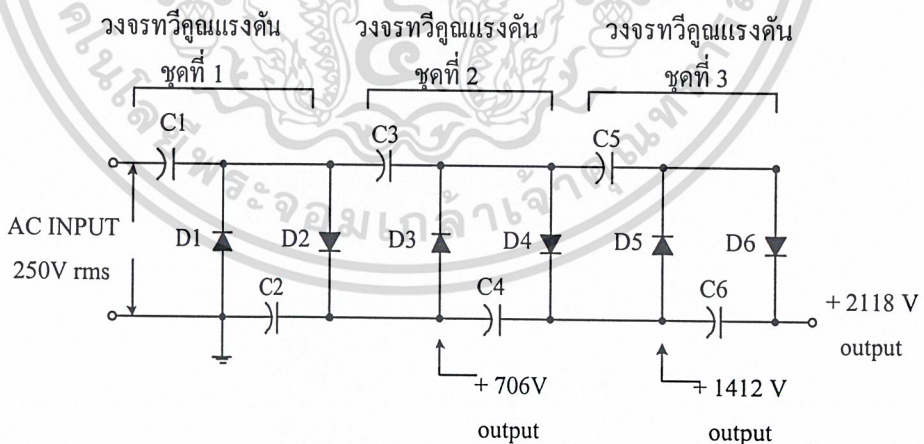
รูปที่ 2.24 แสดงตัวอย่างของการเชื่อมต่อวงจรทวีคูณแรงดัน 2 เท่าเข้าด้วยกันจำนวน 3 จุด ทำให้ได้แรงดันไฟเอาต์พุตสุดท้ายรวมเป็น 6 เท่าของแรงดันสูงสุดของแรงดันอินพุต 250 โวลต์อาร์เอ็มเอส แต่ละวงจรทวีคูณแรงดัน 2 เท่าจะมีเอาต์พุตแยกอิสระจากกันซึ่งเป็นแรงดันที่ตกคร่อม C2, C4 และ C6 ขนาด 706 โวลต์ แต่เนื่องจากเอาต์พุตของวงจรทวีคูณแรงดัน 2 เท่าชุดแรกจะถูกนำมาใช้เป็นแรงดันไฟอ้างอิงของวงจรทวีคูณแรงดันในชุดที่ 2 ก็จะถูกใช้เป็นแรงดันไฟอ้างอิงของวงจรทวีคูณแรงดันในชุดที่ 3 ด้วยการเชื่อมต่อแบบนี้จึงทำให้แรงดันไฟเอาต์พุตสุดท้ายที่ได้มีค่าเท่ากับ + 2118 โวลต์ จากแรงดันไฟสลับอินพุต 250 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 แสดงตัวอย่างของการเชื่อมต่อวงจรทวีคูณแรงดัน 2 เท่าจำนวน 3 ชุด

จากวงจรในรูปที่ 2.24 จะเป็นได้ว่า ตัวเก็บประจุที่เชื่อมต่อกับอินพุตเพื่อรับแรงดันไฟสลับซึ่งในที่นี้คือ C1, C3 และ C5 จะต้องมีค่าพิทัดแรงดันต่ำสุดเท่ากับหรือสูงกว่าแรงดันเอาต์พุตเทียบกับกราวด์ในแต่ละส่วนของวงจร ตัวอย่างเช่น C5 ต้องการพิทัดแรงดันต่ำสุดสำหรับใช้งานที่ 2118 โวลต์หรือสูงกว่า ซึ่งนับว่าเป็นปัญหาสำคัญและเป็นอุปสรรคหนึ่งในการออกแบบวงจร เนื่องจากต้องใช้ตัวเก็บประจุที่มีพิทัดแรงดันค่อนข้างสูงมากจนในช่วงกลางทศวรรษที่ 1930 จึงได้มีผู้ที่นำวงจรเดิมนี้อาปรับปรุงพัฒนาอีก โดยให้ชื่อว่าวงจรทวีคูณแรงดันแบบ Cockcroft-Walton ดังแสดงการเชื่อมต่อวงจรตามมาตรฐานในรูปที่ 2.25



รูปที่ 2.25 แสดงวงจรทวีคูณแรงดันแบบ Cockcroft-Walton ที่เชื่อมต่อกันรวม 3 ชุด

จากรูปจะเห็นได้ว่ามีความคล้ายคลึงกับวงจรในรูปที่ 2.24 มาก ยกเว้นเฉพาะจุดที่มีการเชื่อมเฉพาะจุดที่มีการเชื่อมต่อตัวเก็บประจุเข้ากับแรงดันไฟสลับอินพุตโดยตรง เปลี่ยนมาเป็นเชื่อมต่อเข้ากับจุดแรงดันที่ผ่านการแคลมป์แล้วในแต่ละวงจรทวีคูณแรงดันอันก่อน การปรับปรุงเป็นวงจรแบบนี้ทำ

ทำให้ปัญหาเรื่องค่าพิกัดแรงดันไฟขณะทำงานของตัวเก็บประจุภายในวงจรในแต่ละชุดลดลงได้ โดยลดลงเหลือเพียงให้มีค่าเท่ากับหรือมากกว่าค่าแรงดันพิกัดของแรงดันไฟสลับอินพุตที่ป้อนให้กับวงจรเท่านั้น

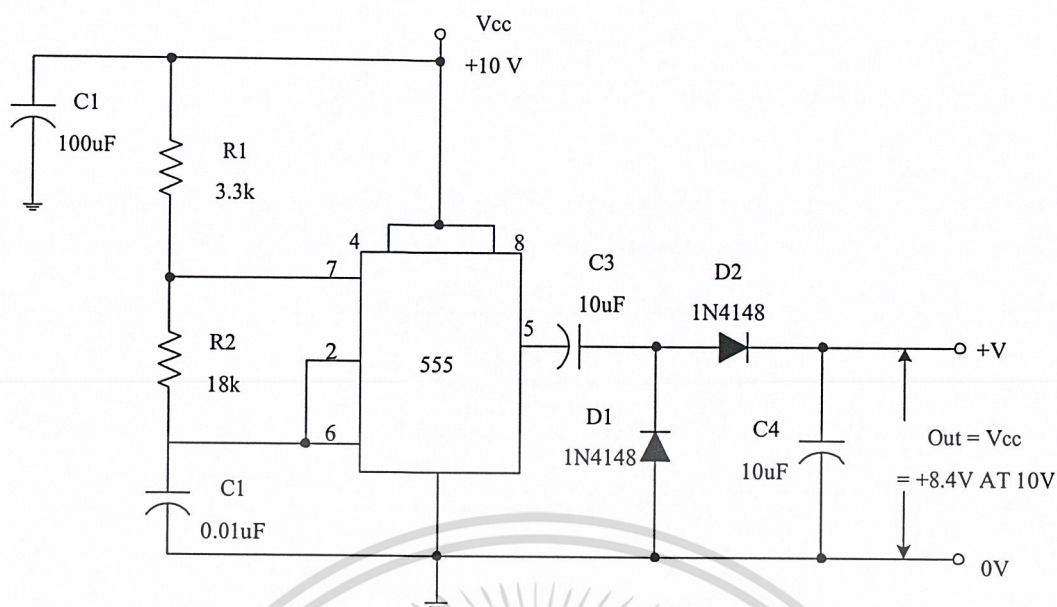
จุดด้อยของวงจรทวีคูณแรงดันแบบ Cockcroft-Walton คือวงจรแบบนี้จะให้ค่าเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ที่มีค่าสูง อันเนื่องมาจากการรวมกันของอิมพีแดนซ์ของตัวเก็บประจุอินพุตที่มีอยู่หลายตัว และสามารถจ่ายกระแสไฟเอาต์พุตได้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น ในทางปฏิบัติวงจรทวีคูณแรงดันแบบนี้สามารถออกแบบให้กำเนิดแรงดันไฟสูงมาก ๆ ประมาณ 30 กิโลโวลต์ได้อย่างไม่ยากเย็นนัก เพื่อใช้เป็นแรงดันไฟเลี้ยงขั้วแอโนดของหลอด (cathode-ray tube) หลอดจนวนจรอื่น ๆ ที่ต้องการแรงดันไฟสูงแต่ไม่ต้องการใช้กระแสไฟจำนวนมาก

ส่วนข้อดีที่เห็นได้ชัดคือวงจรแบบนี้ จะช่วยให้ประหยัดมากขึ้นและเป็นอันตรายน้อยลงอันเนื่องมาจากการใช้ตัวเก็บประจุที่มีพิกัดกำลังไฟสูง ๆ ด้วยหลักการทำงานของวงจร Cockcroft-Walton ถ้าออกแบบให้มีวงจรทวีคูณแรงดันจำนวน 10 ชุด เมื่อป้อนแรงดันไฟสลับอินพุตเท่ากับ 500 โวลต์ วงจรจะสร้างแรงดันไฟตรงเอาต์พุตออกได้สูงกว่า 14 กิโลโวลต์แต่ภายในวงจรอุปกรณ์ต่าง ๆ ในแต่ละชุดสามารถใช้อุปกรณ์ที่มีพิกัดแรงดันต่ำสุดเพียง 1.5 กิโลโวลต์ก็เพียงพอแล้ว

### วงจรทวีคูณแรงดันแบบกระแสไฟตรง

ในวงจรอิเล็กทรอนิกส์บางประเภทจำเป็นต้องใช้แรงดันไฟเลี้ยงที่มีค่าสูงในขณะทำงาน หรือต้องการแหล่งจ่ายไฟที่มีทั้ง 2 ขั้วคือไฟบวก, ลบ และกราวด์ในขณะเดียวกัน แต่ในทางปฏิบัตินั้นแหล่งจ่ายไฟที่ใช้อาจเป็นแบตเตอรี่ซึ่งไม่สามารถตอบสนองความต้องการได้ จึงจำเป็นต้องใช้วงจรทวีคูณแรงดันมาทำหน้าที่แก้ไขปัญหานี้ การแปลงค่าแรงดันไฟตรงให้มีค่าเพิ่มขึ้นหรือเพื่อการสลับขั้วโดยทั่วไปจะใช้วงจรกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม (square wave generator) ผลิตความถี่ประมาณ 1-30 กิโลเฮิรตซ์ และส่งผ่านไปเข้าวงจรทวีคูณแรงดันแบบมาตรฐาน เพื่อสร้างแหล่งจ่ายแรงดันแบบมาตรฐาน เพื่อสร้างแหล่งจ่ายแรงดันไฟใหม่ตามค่าที่ต้องการ

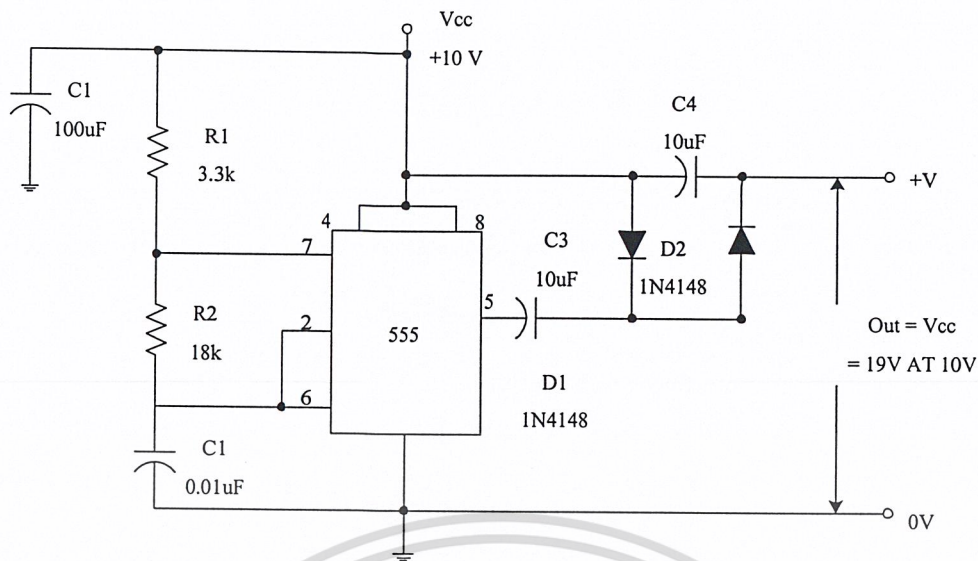
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.26 แสดงวงจรตัวอย่างของวงจรควบคุมแรงดันแบบกระแสไฟตรงโดยใช้ไอซีไทเมอร์เบอร์ 555

วงจรในรูปที่ 2.26 แสดงวงจรตัวอย่างของวงจรควบคุมแรงดันแบบกระแสไฟตรงโดยใช้ไอซีไทเมอร์เบอร์ 555 ซึ่งเป็นไอซีที่สามารถให้กระแสไฟเอาต์พุตได้สูงทำงานเป็นวงจรกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมโดยผลิตความถี่ออกเอาต์พุตประมาณ 33 กิโลเฮิร์ตซ์ ด้วยการกำหนดค่าความถี่จากค่าของ R1, R2, และ C2 และขับโดยตรงเข้ากับภาคควบคุมแรงดันที่ประกอบด้วย C3, D1, D2 และ C4 ในอุดมคติที่นั่นค่าแรงดันไฟตรงเอาต์พุตที่ได้จะมีค่าเท่ากับค่าแรงดันพิกขุพิกของสัญญาณรูปสี่เหลี่ยม ซึ่งมีค่าเท่ากับค่าแรงดัน Vcc แต่ในทางปฏิบัติที่นั่นค่าแรงดันพิกขุพิกของสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่ผลิตขึ้นจะมีค่าน้อยกว่า Vcc เล็กน้อยและการทำงานในภาคควบคุมแรงดันก็จะต้องการสูญเสียค่าแรงดันไฟไปอีกประมาณ 1.2 โวลต์ ซึ่งตกคร่อมไดโอด D1 และ D2 ผลลัพธ์ที่แท้จริงในทางปฏิบัติของวงจรนี้จึงสามารถให้แรงดันไฟตรงออกสู่อเอาต์พุตน้อยกว่า Vcc ประมาณ 1.6 โวลต์ เสมอเช่นวงจรตัวอย่างในรูปที่ 2.26 นี้สามารถนำไปใช้กับแรงดันไฟเลี้ยงหรือ Vcc ในย่านกว้างตั้งแต่ 5-15 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

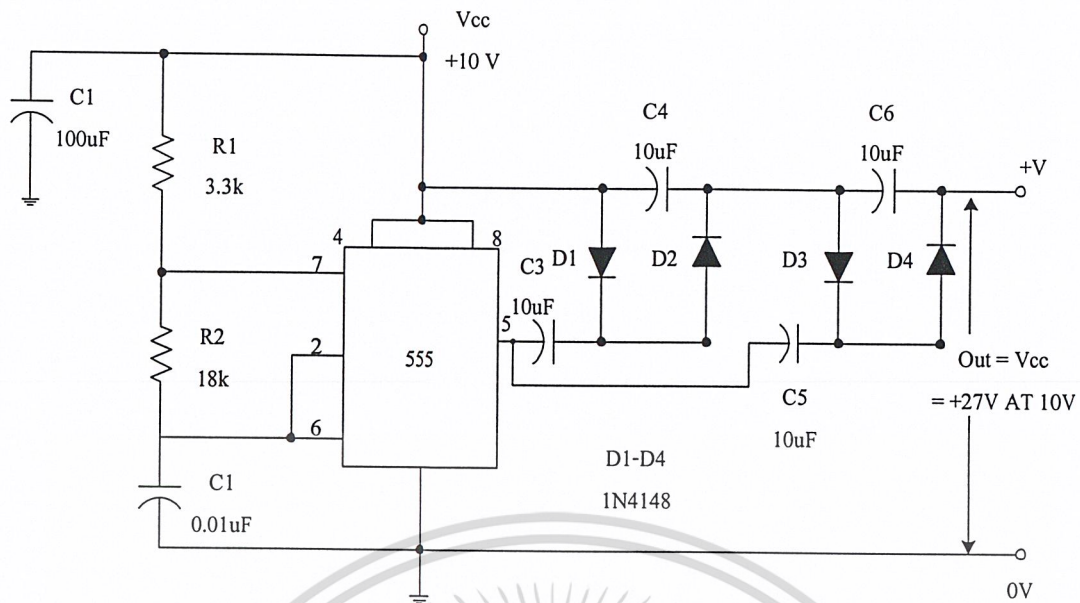


รูปที่ 2.27 แสดงวงจรทวีคูณแรงดันแบบกระแสไฟตรงที่ปรับปรุงวงจรในภาคทวีคูณแรงดันขึ้นใหม่ให้ตรงตามมาตรฐานและเป็นแบบที่นิยมใช้กันทั่วไป

จากรูปวงจรนี้จะเห็นได้ว่าในภาคทวีคูณแรงดันที่ประกอบด้วย C3, D1, D2 และ C4 จะเชื่อมต่อกับวงจรที่ด้านไฟบวกของแหล่งจ่ายไฟด้านเดียว (แตกต่างจากวงจรในรูปที่ 2.25 ที่ต่อกับกราวด์) และแรงดันไฟเอาต์พุตที่ได้จะเป็นค่าผลรวมระหว่างแรงดันไฟเลี้ยงและแรงดันเอาต์พุตของภาคทวีคูณแรงดัน ทำให้ค่าแรงดันไฟเอาต์พุตจริงในทางอุดมคติของวงจรนี้มีค่าประมาณ  $V_{cc} \times 2$  (เมื่อขับโหลดที่ใช้กระแสไฟต่ำ) ในทางปฏิบัติการทำงานของวงจรยังคงมีการสูญเสียแรงดันไฟตกคร่อมในส่วนต่าง ๆ อยู่บ้าง ทำให้วงจรนี้สามารถให้แรงดันไฟเอาต์พุตได้จริงประมาณ 19 โวลต์เท่านั้นเมื่อใช้แหล่งจ่ายไฟ 10 โวลต์

จากวงจรทวีคูณแรงดันแบบกระแสไฟตรงในรูปที่ 2.27 ยังสามารถนำมาปรับปรุงต่อไปโดยเพิ่มวงจรภาคทวีคูณแรงดันเชื่อมต่อแบบคาสเคด (cascaded pair) เพื่อเพิ่มการทวีคูณแรงดันให้มีค่าเพิ่มสูงขึ้นอีก ซึ่งในที่นี้เมื่อเพิ่มภาคทวีคูณแรงดันอีก 1 วงจรประกอบด้วย C5, D3, D4 และ C6 ดังแสดงในรูปที่ 2.28 จะทำให้วงจรนี้สามารถกำเนิดแรงดันไฟตรงออกสู่เอาต์พุตได้ประมาณ  $V_{cc} \times 3$  (เมื่อขับโหลดที่ใช้กระแสไฟต่ำ) ในทางปฏิบัตินี้วงจรนี้จะสามารถให้แรงดันไฟตรงเอาต์พุตได้ประมาณ 27 โวลต์ เมื่อใช้แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงป้อนให้กับวงจรเท่ากับ 10 โวลต์

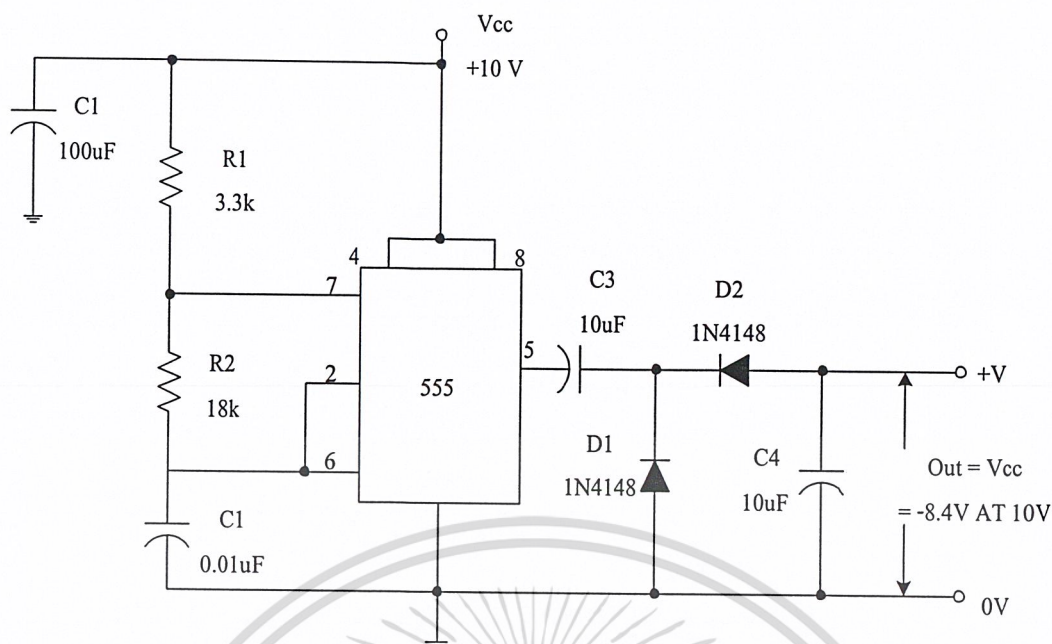
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.28 แสดงวงจรทวีคูณแรงดันแบบกระแสไฟตรงที่นำมาปรับปรุงต่อไปโดยเพิ่มวงจรภาคทวีคูณแรงดันเชื่อมต่อแบบคาสเคด เพื่อเพิ่มการทวีคูณแรงดันให้มีค่าเพิ่มขึ้น

นอกจากวงจรทวีคูณแรงดันจะถูกใช้เพื่อเพิ่มแรงดันไฟตรงตามต้องการแล้ว ในบางโอกาสอาจประยุกต์ใช้ในการนำมาสร้างเป็นวงจรกำเนิดแหล่งจ่ายไฟที่สลับขั้วจากเดิม เช่นวงจรในรูปที่ 2.29 แสดงการใช้วงจรทวีคูณแรงดันในการนำมาสร้างเป็นวงจรกำเนิดแรงดันไฟลบซึ่งในอุดมคติแล้วค่าแรงดันไฟตรงที่ได้จะต้องมีค่าเท่ากับแหล่งจ่ายไฟเลี้ยงของไอซีหรือเท่ากับค่า  $V_{cc}$  เพียงแต่ขั้วจะตรงข้ามจากเดิม จากรูปวงจรจะเห็นได้ว่ามีลักษณะคล้ายกับวงจรในรูปที่ 2.27 แต่ที่  $C_3$ ,  $D_1$ ,  $D_2$  และ  $C_4$  จะถูกสลับขั้วจากวงจรเดิมทั้งนี้ก็เพื่อให้แรงดันไฟตรงเอาต์พุตมีค่าเป็นลบ ในทางปฏิบัตินั้นวงจรนี้จะสามารถให้แรงดันไฟตรงเอาต์พุตได้ประมาณ  $-8.4$  โวลต์เมื่อใช้แหล่งจ่ายไฟเลี้ยงป้อนให้กับวงจรเท่ากับ  $10$  โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

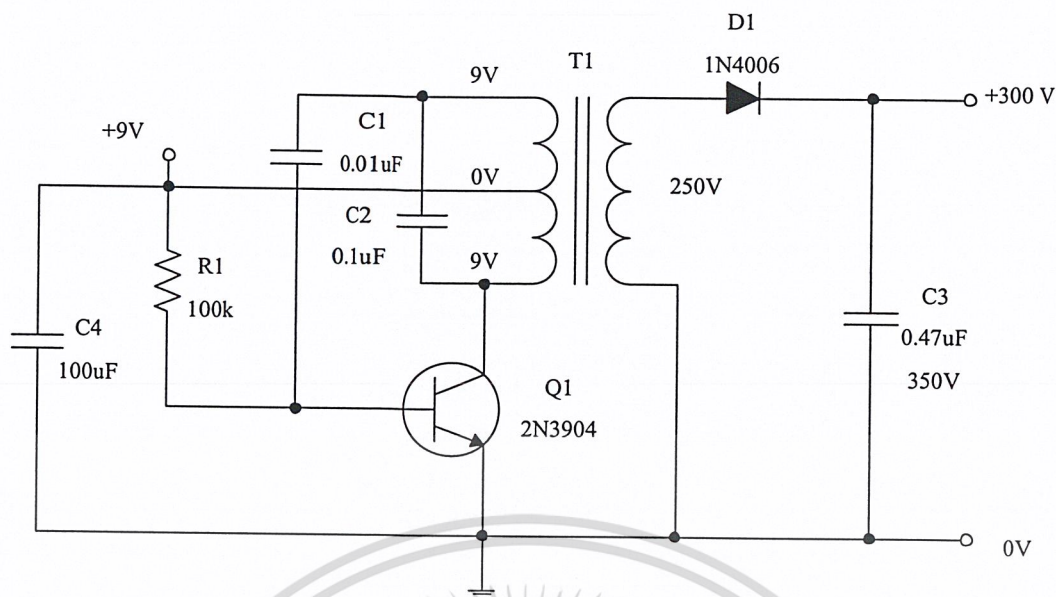


รูปที่ 2.29 แสดงการใช้วงจรทวีคูณแรงดันในการนำมาสร้างเป็นวงจรกำเนิดแรงดัน

### วงจรทวีคูณแรงดันไฟสูงโดยใช้หม้อแปลงไฟขึ้น

การใช้วงจรทวีคูณแรงดันดังที่ได้อธิบายมาในข้างต้นจะเหมาะหรือคุ้มค่าที่สุดในการใช้งานก็ต่อเมื่ออัตราทวีคูณแรงดันมีค่าไม่เกิน 6 เท่า ในกรณีที่ต้องการทวีคูณค่าแรงดันไฟมาก ๆ เช่นต้องการแรงดันไฟตรงเอาต์พุตออกสูงเป็นหลายร้อยโวลต์ในขณะที่ใช้แหล่งจ่ายไฟเพียง 6-12 โวลต์ เป็นต้น ในกรณีเช่นนี้ผู้ออกแบบส่วนมากมักจะหันมาใช้วิธีการทวีคูณแรงดันไฟ โดยใช้หม้อแปลงไฟขึ้น (step-up voltage transformer) แทน โดยการใช้วงจรออสซิลเลเตอร์แรงดันต่ำหรือวงจรกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมมาทำหน้าที่ขับหม้อแปลงไฟทางด้านปฐมภูมิ ซึ่งจะทำให้หม้อแปลงกำเนิดแรงดันไฟสูงออกทางขดทุติยภูมิในรูปแบบของสัญญาณกระแสไฟสลับ หลังจากนั้นจึงนำสัญญาณกระแสไฟสลับไปทำการเรกติไฟเออร์เพื่อแปลงกลับให้เป็นแรงดันไฟตรงอีกครั้งดังแสดงตัวอย่างวงจรทวีคูณแรงดันแบบนี้ในรูปที่ 2.30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



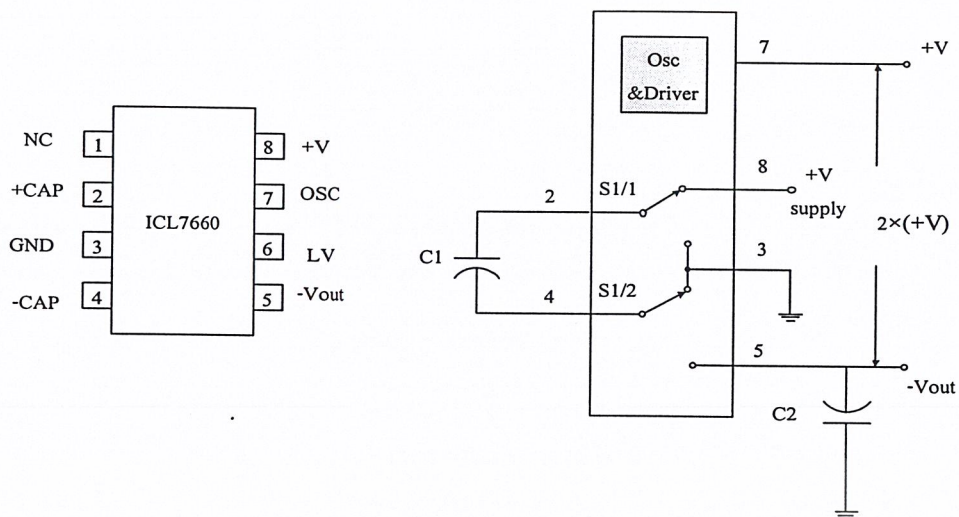
รูปที่ 2.30 วงจรทวีคูณแรงดันไฟโดยใช้หม้อแปลงไฟขึ้น

จากวงจรรูปที่ 2.30 เป็นวงจรที่ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟตรงอินพุตที่มีค่าต่ำไปเป็นแรงดันไฟตรงเอาต์พุตที่มีค่าสูงขึ้น ซึ่งในที่นี้สามารถให้แรงดันไฟตรงเอาต์พุตได้ประมาณ 300 โวลต์ จากแรงดันไฟตรงอินพุต 9 โวลต์ Q1 และวงจรต่อรวมทำงานเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ชนิดฮาร์ตเลย์ (Hartley L-C oscillator) โดยทำงานร่วมกับหม้อแปลงไฟขึ้น T1 ที่มีขดปฐมภูมิเป็น 9V-0V-9V และมีขดทางทุติยภูมิเป็น 250 โวลต์ ขดลวดภายในหม้อแปลงทำหน้าที่เป็นตัวเหนี่ยวนำให้กับวงจรออสซิลเลเตอร์และทำงานร่วมกับ C2 เป็นวงจรจูน จากวงจรนี้แรงดันไฟจากแหล่งจ่ายไฟตรงจะถูกเพิ่มค่าขึ้นไปเป็น 350 โวลต์ที่ขดด้านทุติยภูมิของ T1 และจะถูกเรกติไฟเออร์แบบครึ่งคลื่นโดย D1 และ C3 ในขณะที่ยังไม่มีภาระต่อโหลด แรงดันไฟที่ตกคร่อม C3 จะมีค่าสูงสุดและเมื่อมีการต่อ โหลดให้กับวงจรแรงดันไฟที่ออกสู่เอาต์พุตจะมีค่าลดลงเหลือประมาณ 300 โวลต์เมื่อ โหลดกินกระแสไฟไม่มากนักเพียงไม่กี่มิลลิแอมป์

### วงจรทวีคูณแรงดันแบบฟลายอิงคาปาซิเตอร์

เทคนิคหนึ่งที่สามารถสร้างให้เป็นวงจรแหล่งจ่ายไฟแบบกู่จากแหล่งจ่ายไฟเดียว ซึ่งให้ประสิทธิภาพได้เป็นอย่างดีคือการใส่ฟลายอิงคาปาซิเตอร์ (flying capacitor technique) เทคนิคนี้เป็นที่นิยมอย่างมากในปัจจุบันเนื่องจากสามารถออกแบบได้ง่ายโดยใช้ไอซีเบอร์ ICL7660 และอุปกรณ์เพียงไม่กี่ตัวและยังมีการสูญเสียต่ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.31 (ก) แสดงรูปร่างและตำแหน่งขาต่อใช้งานของ ICL7660

(ข) แสดงการทำงานภายในของ ICL7660

ICL7660 เป็นไอซีขนาด 8 ขาซึ่งมีรูปร่างและขาต่อใช้งานดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.31 (ก) การทำงานภายในไอซีต้องการเพียงแหล่งจ่ายไฟเดียวป้อนเข้าที่ขา 8 (+V) และขา 3 (GND) ส่วนเอาต์พุตของไอซีซึ่งทำหน้าที่กำเนิดแรงดันไฟลบที่มีค่าเท่ากับไฟเลี้ยงที่ได้รับจะต่อออกที่ขา 5 (-Vout) ดังนั้นถ้าป้อนแรงดันไฟเลี้ยง +5 โวลต์ให้กับวงจร มันจะกำเนิดแรงดันไฟลบ -5 โวลต์ออกมาทางขา 5 ของไอซีหรือมองอีกแง่หนึ่งคือมันทำการทวีคูณแรงดันขึ้นอีกเท่าตัวหนึ่งเมื่อวัดแรงดันไฟที่ขา 8 และ 5 ของไอซี ดังนั้นไอซีเบอร์นี้จึงอาจกล่าวได้ว่ามันทำหน้าที่ได้ 2 อย่างคือเป็นวงจรกำเนิดแรงดันไฟลบและวงจรทวีคูณแรงดัน

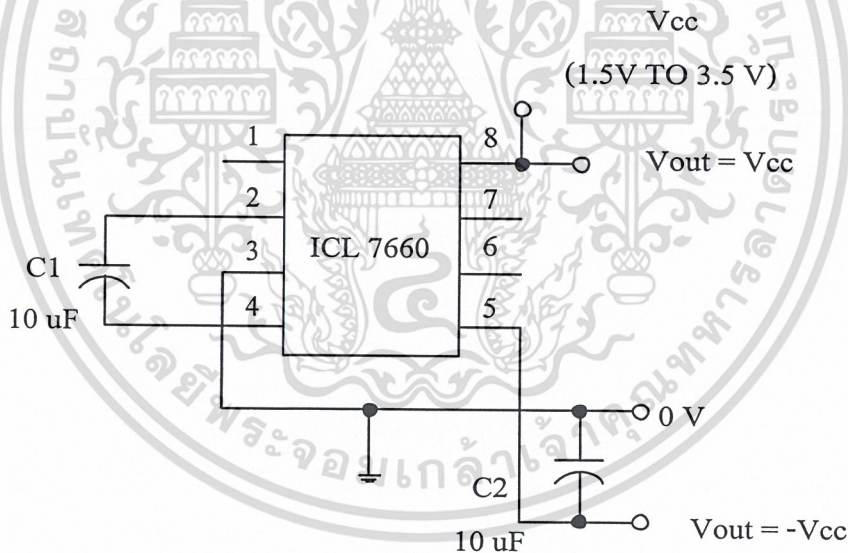
ICL7660 สามารถทำงานได้โดยใช้ไฟเลี้ยงได้ตลอดย่าน +1.5 ถึง 10 โวลต์ ต้องการกระแสไฟขณะทำงานประมาณ 170 มิลลิแอมป์ที่ไฟเลี้ยง 10 โวลต์และสามารถให้ประสิทธิภาพในการแปลงค่าแรงดันจากไฟบวกไปเป็นไฟลบได้สูงถึง 99.9 เปอร์เซ็นต์ เมื่อขา 55 ของไอซียังไม่ได้ต่อโหลด เมื่อขาเอาต์พุตของไอซีมีการต่อโหลด (ที่ไฟเลี้ยง + 10 โวลต์) ซึ่งตัวมันเองจะทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายแรงดัน (Voltage source) ที่มีค่าเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ประมาณ 70 โอห์ม และสามารถจ่ายกระแสไฟได้สูงสุดประมาณ 40 มิลลิแอมป์ ถ้าเอาต์พุตอิมพีแดนซ์ของไอซีจะมีค่าแปรผกผันกับค่าแรงดันไฟเลี้ยง เช่นค่าเอาต์พุตอิมพีแดนซ์จะมีค่าประมาณ 330 โอห์มเมื่อใช้แรงดันไฟเลี้ยงเท่ากับ 2.5 โวลต์ เป็นต้น

เทคนิคที่ถูกนำมาใช้ในไอซี ICL7660 คือเทคนิคการแปลงแรงดันแบบฟายอิงคาปาซิเตอร์ซึ่งอธิบายได้ดังแสดงในรูปที่ 2.31 (ข) วงจรกำเนิดสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมภายในไอซีถูกสร้างขึ้นจากเทคโนโลยีซีมอสโดยจะทำหน้าที่ผลิตความถี่ประมาณ 10 กิโลเฮิร์ตซ์ออกมา และจะทำการหารค่าลงครึ่งหนึ่งแล้วส่งออกที่ขา 2 ของไอซีสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมที่กำเนิดขึ้นนี้จะทำหน้าที่ควบคุมสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ 2 ทิศทางหรือ S1 ที่ผลิตด้วยเทคโนโลยีซีมอสเหมือนกัน เพื่อทำการเชื่อมต่อฟายอิงคาปาซิเตอร์ในที่นี้คือ C1 จากภายนอก

การทำงานของ ICL7660 จะมีรูปแบบดังนี้คือเมื่อ S1 ถูกสวิตช์ไปยังตำแหน่งบน C1 จะถูกเชื่อมต่อโดยตรงเข้ากับแหล่งจ่ายไฟ +V และกราวด์ ดังนั้น C1 จะถูกชาร์จประจุจนเต็มเท่ากับแรงดันไฟบวกที่

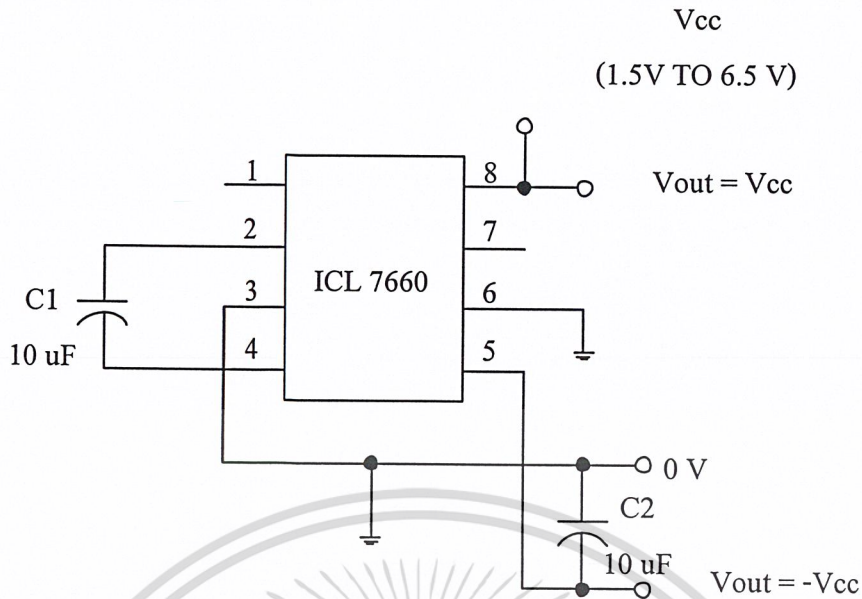
ป้อนให้ในช่วงเวลาต่อมาเมื่อไซเกิลของสัญญาณรูปสี่เหลี่ยมถัดไปมาถึง S1 จะถูกสลับให้ไปยังตำแหน่งล่างภายใต้สถานะนี้ C1 จะถูกเชื่อมต่อในลักษณะกลับขั้วจากในสถานะแรกและต่อโดยตรงพร้อมกับ C2 ซึ่งเป็นตัวเก็บประจุภายนอกอีกตัวหนึ่ง เป็นผลให้เกิดแรงดันไฟเอาต์พุตซึ่งเป็นแรงดันไฟลบตกรวมที่ C2 อยู่ การสลับขั้วไปมาอย่างต่อเนื่องของ S1 จะมีค่าความถี่ประมาณครึ่งหนึ่งของสัญญาณนาฬิกาภายใน จึงทำให้แรงดันไฟลบเอาต์พุตถูกส่งออกมาอย่างต่อเนื่อง และเนื่องจาก ICL7660 ใช้เทคโนโลยีซีเอ็มอส (CMOS semiconductor) ในการผลิตสวิตช์อิเล็กทรอนิกส์ภายในซึ่งให้ผลดีกว่าเทคโนโลยีไบโพลาร์ (bipolar semiconductor) จึงทำให้ประสิทธิภาพในการแปลงแรงดันมีค่าสูงมากจนแทบจะไม่เกิดการสูญเสียขึ้นเลย

การใช้งานไอซี ICL7660 ในทางปฏิบัติก็สามารถทำได้โดยง่าย โดยมีจุดที่ต้องพิจารณาในการใช้ อยู่เพียงจุดเดียวคือที่ขา 6 (LV) ของไอซีซึ่งควบคุมวงจรถูกเรกูเลเตอร์แรงดันภายในของไอซี ถ้าแรงดันไฟเลี้ยงของไอซีมีค่าอยู่ระหว่าง 1.5-3.5 โวลต์ที่ขา LV นี้จะต้องปล่อยลอยเปิดวงจรไว้และถ้าใช้แรงดันไฟเลี้ยงสูงกว่า 6.5 โวลต์ต้องมีการเพิ่มวงจรโดยต่อไดโอดป้องกัน (protection diode) ต่ออนุกรมเข้ากับขา 5 ของไอซีด้วยเสมอ ซึ่งการต่อใช้งานในรูปแบบต่าง ๆ ที่ขา LV นี้จะเห็นได้จากรูปวงจรที่ 2.32-2.34 ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไปนี้

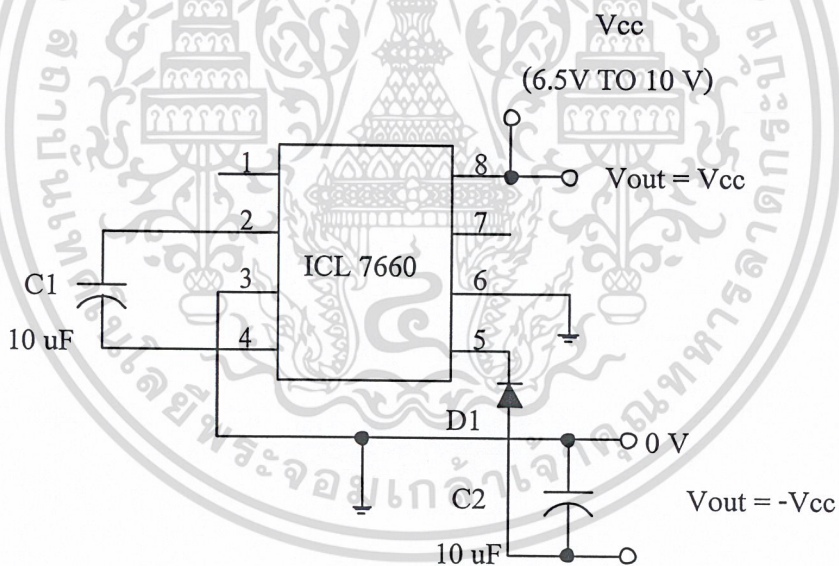


รูปที่ 2.32 วงจรพื้นฐานในการต่อใช้งาน ICL 7660 ที่ใช้แรงดันไฟเลี้ยงในช่วง 1.8-3.5 โวลต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.33 วงจรพื้นฐานในการต่อใช้งาน ICL 7660 ที่ใช้แรงดันไฟเลี้ยงอยู่ในช่วง 3.5-6.5 โวลต์



รูปที่ 2.34 แสดงการนำ ICL 7660 ใช้งานกับแรงดันไฟเลี้ยงในช่วง 6.5-10 โวลต์

### การประยุกต์ใช้งาน ICL7660

การประยุกต์ใช้งานไอซีเบอร์ ICL7660 โดยทั่วไปคือใช้งานเป็นวงจรกำเนิดแรงดันไฟลบหรือไม่ก็เป็นวงจรทวิคูณแรงดันอย่างง่ายดังแสดงวงจรเบื้องต้นได้ดังในรูปที่ 2.32-2.34 ในแต่ละวงจรตัวอย่างเหล่านี้จะใช้ C1 และ C2 ทำหน้าที่เก็บค่าแรงดันเอาต์พุตและกรองแรงดันให้เรียบโดยทั้ง C1 และ C2 กำหนดให้ใช้ค่า 10 ไมโครฟารัดทั้ง 2 ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรในรูปที่ 2.34 เป็นวงจรพื้นฐานในการต่อใช้งาน ICL7600 ที่ใช้แรงดันไฟเลี้ยงในช่วง ICL7660 ที่ใช้แรงดันไฟเลี้ยงในช่วง 1.5-3.5 โวลต์ จะเห็นได้ว่าวงจรต้องการอุปกรณ์ภายนอกเพียง 2 ตัว เท่านั้นก็สามารถทำงานได้แล้ว ส่วนวงจรในรูปที่ 2.32 เป็นวงจรที่มีลักษณะการเชื่อมต่อคล้าย ๆ กัน แต่ในที่นี้เป็นวงจรที่ใช้แรงดันไฟเลี้ยงในช่วง 3.5-6.5 โวลต์ ซึ่งต้องมีการต่อเชื่อมขา 6 ของไอซีลงกราวด์ด้วย สุดท้ายวงจรในรูปที่ 2.33 แสดงการนำไปใช้งานกับแรงดันไฟเลี้ยงช่วง 6.5-10 โวลต์ ซึ่งต้องมีการต่อเพิ่ม ไดโอด D1 อนุกรมเข้ากับขา 5 ของไอซีเพื่อป้องกันการไบแอสกลับขั้ว (reverse bias) ดังนั้นเพื่อที่จะทำให้แรงดันไฟเอาต์พุตลดลงน้อยที่สุด D1 จึงควรเลือกใช้เลือกใช้ชนิดที่เป็นเจอร์เมเนียม (germanium) หรือ ชอตตี้ (schottky)

### 2.13 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์เดิมมีแนวความคิดพื้นฐานมาจากไมโครโพรเซสเซอร์ เพียงแต่แตกต่างกัน ที่ว่าไมโครคอนโทรลเลอร์จะนำเอาอุปกรณ์ที่ทำให้ระบบสมบูรณ์ เช่น หน่วยความจำอินพุตและเอาต์พุต พอร์ตเข้าไปอยู่ในชิปตัวเดียวกัน

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MCS-51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 8 บิตที่มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในหลายอย่างได้แก่ หน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล หน่วยความจำสำหรับเก็บ โปรแกรม ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ อุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม เนื่องจากโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์มีอุปกรณ์สนับสนุนประกอบอยู่ภายในนี้เอง ทำให้การใช้งานง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยไม่ต้องมีการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกเพิ่มเติมมากเหมือนกับตัวไมโครโพรเซสเซอร์ทั่วไป นอกจากนี้หากเราต้องการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ร่วมกับอุปกรณ์อื่นเพิ่มเติมเช่น ไอซี 8255 หรือ หน่วยความจำภายนอก เรายังสามารถนำมาเชื่อมต่อเพิ่มเติมเข้ากับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้อีกด้วย

ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 มีให้เลือกใช้หลายเบอร์ดังแสดงในตารางที่ 2.5

Device Name	EPROM	ROM Bytes	RAM Bytes	16 BIT TIMER/COUNTER	INTERRUPT
8031	-	-	128*8	2	5
8031AH	-	-	128*8	2	5
8031BH	-	-	128*8	2	5
8032AH	-	-	256*8	3	6
8051	-	4K*8	128*8	2	5
8051AH	-	4K*8	128*8	2	5
8051BH	-	4K*8	128*8	2	5
8052AH	-	8K*8	256*8	3	6
8751H	4K*8	-	128*8	2	5
8752H	8K*8	-	256*8	3	6

### ตารางที่ 2.5 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

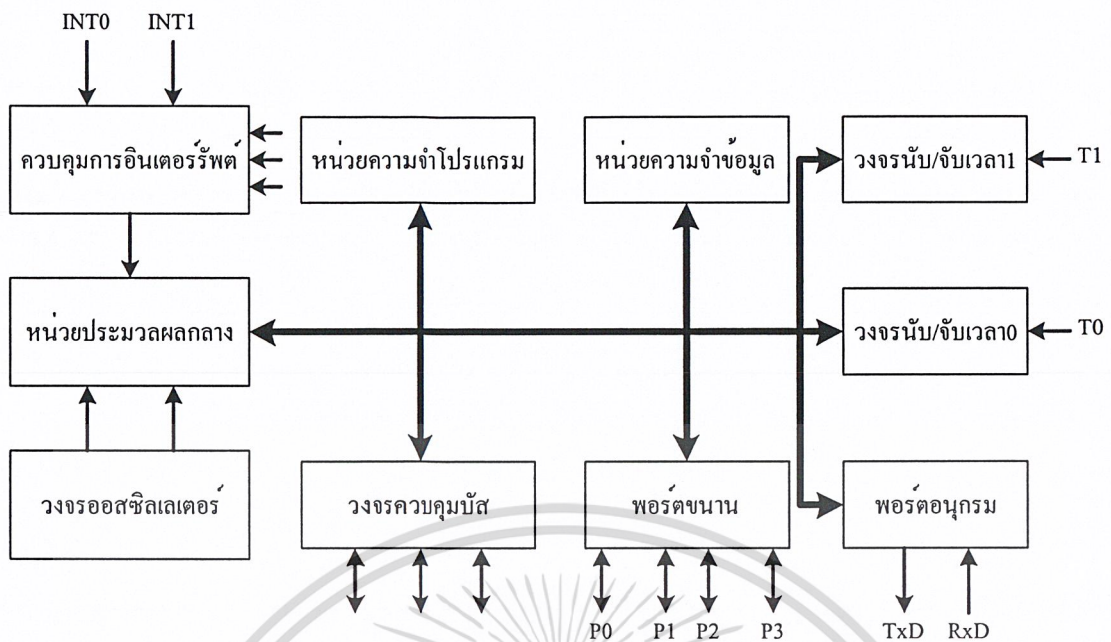
#### โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

โครงสร้างภายในพื้นฐานของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051 แสดงในรูป 2.35

ประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆดังนี้

- หน่วยความจำภายในสำหรับเก็บข้อมูลขนาด 128 ไบต์ (Internal data memory 128 byte)
- หน่วยความจำภายในสำหรับเก็บโปรแกรมขนาด 4 กิโลไบต์ ((Internal program memory 4 Kbyte)
- อุปกรณ์ควบคุมการอินเตอร์รัพต์ (Interrupt Control Unit)
- ตัวตั้งเวลาและตัวนับขนาด 16 บิต 2 ชุด (Timer/Counter0 and Timer/Counter1)
- พอร์ตควบคุมการสื่อสารอนุกรมแบบ Full Duplex ซึ่งสามารถรับและส่งข้อมูลพร้อมกันได้
- พอร์ตขนานสำหรับติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกจำนวน 4 พอร์ตๆละ 8 บิต
- วงจรผลิตสัญญาณนาฬิกาภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.35 โครงสร้างภายในของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 เบอร์ 8051

การทำงานของส่วนประกอบต่างๆที่อยู่ในไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 จะเป็นดังต่อไปนี้

### หน่วยความจำโปรแกรม

หน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมทำหน้าที่เก็บโปรแกรมที่ผู้ใช้เขียนขึ้นเพื่อควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์โดยหน่วยความจำจะเป็นแบบ ROM มีความจำ 4 Kbyte (ตำแหน่ง 0000H-0FFFH) ในการใช้งาน เราสามารถกำหนดให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์เลือกใช้โปรแกรมที่เก็บอยู่ในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ หรือโปรแกรมที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำ (EPROM) ที่อยู่ภายนอกก็ได้ การเลือกการติดต่อทำได้โดยการป้อนสัญญาณควบคุมให้ที่ขา EA (External Access) ถ้าต้องการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ จะต่อขานี้กับลอจิก 1 หากต้องการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับโปรแกรมที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำภายนอก จะต่อขานี้กับลอจิก 0 การติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกจะติดต่อได้ทั้งหมด 64 Kbyte (ตำแหน่ง 0000H-FFFFH)

ในกรณีที่กำหนดให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะติดต่อได้ 4 Kbyte (สำหรับเบอร์ 8051) หากตำแหน่งของโปรแกรม มีค่าเกินกว่าตำแหน่งของหน่วยความจำภายใน (โปรแกรมยาวเกินกว่า 4 Kbyte) ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการติดต่อกับโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำภายนอกอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หน่วยความจำข้อมูล

หน่วยความจำข้อมูลมีไว้ใช้สำหรับเก็บข้อมูลทั่วไปหรือตัวแปรที่เกิดขึ้นในขณะที่กำลังประมวลผลโปรแกรมไว้เป็นการชั่วคราว โดยพื้นฐานแล้วหน่วยความจำข้อมูลจัดเป็นหน่วยความจำแบบสแตค ดังนั้นเมื่อไม่มีการจ่ายไฟฟ้าให้กับระบบก็จะมีผลทำให้ข้อมูลที่เก็บไว้ในสูญหาย สำหรับพื้นที่ของหน่วยความจำข้อมูลภายในของ 8051 สามารถมีได้สูงสุดไม่เกิน 64 กิโลไบต์ และแยกประเภทออกเป็น 2 ลักษณะ ตามตำแหน่งที่ตั้งของหน่วยความจำนั้น คือ หน่วยความจำภายในซึ่งเป็นแรม (RAM) ที่อยู่ภายในตัวไอซีเอง และหน่วยความจำข้อมูลภายนอกซึ่งเป็นการใช้ไอซีหน่วยความจำมาเพิ่มเติมเข้าไปในวงจร ลักษณะเดียวกับการนำเอาไอซีอีพรอมมาต่อเป็นหน่วยความจำโปรแกรม

ในกรณีที่กำหนดให้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ใช้ที่อยู่ภายในหน่วยความจำภายในตัวของไมโครคอนโทรลเลอร์ หน่วยความจำข้อมูลภายในของ 8051 มีจำนวนทั้งหมด 256 ไบต์ โดยสามารถจำแนกออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ พื้นที่เฉพาะสำหรับตัวประมวลผลกลาง ซึ่งจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ (Register) และพื้นที่ใช้งานทั่วไปสำหรับโปรแกรมที่ผู้ใช้สร้างขึ้นมา หน่วยความจำขนาด 128 ไบต์แรก บริเวณนี้มีตำแหน่งแอดเดรสอยู่ในช่วง 00H-7FH ซึ่งมีการจำแนกออกเป็น 3 ส่วนตามการใช้งาน คือ

บริเวณแอดเดรส 00H-1FH แบ่งออกเป็นกลุ่มข้อมูลจำนวน 8 ไบต์ รวมทั้งหมด 4 กลุ่ม โดยพื้นที่ในแต่ละกลุ่มจะถูกใช้งานในฐานะของรีจิสเตอร์ใช้งานโดยทั่วไป ซึ่งมีชื่อเรียกว่า รีจิสเตอร์ R0-R7

บริเวณแอดเดรส 20H-2FH จำนวน 16 ไบต์ พื้นที่บริเวณนี้เป็นส่วนสำหรับผู้ใช้งานซึ่งมีความพิเศษแตกต่างไปจากหน่วยความจำอื่นๆ เนื่องจากผู้ใช้งานสามารถอ้างถึงหน่วยความจำในบริเวณนี้ได้ในลักษณะไบต์ข้อมูลหรือในลักษณะบิตข้อมูลได้โดยตรง ดังนั้นหากมองในลักษณะบิตข้อมูลแล้วจะมีพื้นที่ตัวแปรบิตให้ใช้ได้มากถึง 128 บิต

บริเวณแอดเดรส 30H-7FH เป็นบริเวณที่ผู้ใช้งานสามารถนำไปใช้งานได้โดยอิสระ โดยสามารถอ้างถึงได้ในลักษณะของไบต์ข้อมูลตามปกติเท่านั้น

หน่วยความจำขนาด 128 ไบต์ถัดไป เป็นพื้นที่ตั้งแต่บริเวณแอดเดรส 80H-FFH เป็นบริเวณของหน่วยความจำที่มีการใช้งานเฉพาะจาก 8051 เท่านั้น โดยจะนำมาใช้เป็นตำแหน่งของรีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ จำนวน 20 ตำแหน่ง

รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ เป็นรีจิสเตอร์สำหรับการควบคุมหน้าที่และการทำงานของพอร์ตทั้งหมด โดยมีตำแหน่งอยู่ในบริเวณแอดเดรส 80H-FFH การใช้งานในรีจิสเตอร์พิเศษสามารถระบุชื่อหรืออ้างถึงตำแหน่งของรีจิสเตอร์เหล่านั้นได้แก่

- แอควิวูเลเตอร์ รีจิสเตอร์ (Accumulator) หรือ ACC เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่ในการเก็บข้อมูลที่จะส่งให้กับหน่วยทำงานภายใน CPU และเก็บผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานนั้น การทำงานของรีจิสเตอร์แอควิวูเลเตอร์นี้มีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับแอควิวูเลเตอร์ทั่วไป
- รีจิสเตอร์ B (Register B) เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้สำหรับการทำคำสั่งคูณและหารตัวเลข ในกรณีที่ไม่ใช้การคำนวณทางด้านคณิตศาสตร์ ก็สามารถนำไปใช้งานเช่นเดียวกับรีจิสเตอร์อื่นๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง หรืออาจมีผู้อื่นอ้างสิทธิ์ในเอกสารฉบับนี้โดยไม่ได้รับอนุญาตจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- โปรแกรมเคาน์เตอร์ (Program Counter) เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ชี้ตำแหน่งแอดเดรสของหน่วยความจำโปรแกรม ซึ่งจะต้องไปทำงานในลำดับถัดไป การใช้งานภายในโปรแกรมจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ PC
- สแต็กพอยน์เตอร์ (Stack pointer) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต ทำหน้าที่เก็บตำแหน่งของตัวชี้หรือพอยน์เตอร์ของบริเวณสแต็กสำหรับเก็บข้อมูลของแอกคิวมูลเตอร์ รีจิสเตอร์ต่างๆรวมทั้งข้อมูลจากโปรแกรม โดยปกติแล้วเมื่อทำการเริ่มต้นระบบใหม่ภายหลังจากการจ่ายไฟฟ้าหรือมีการรีเซตเกิดขึ้น ค่าภายในสแต็กพอยน์เตอร์จะมีค่า 07H ซึ่งเป็นตำแหน่งแอดเดรสรหัสภายในเนื้อที่บริเวณ 128 ไบต์แรกของหน่วยความจำข้อมูลภายใน การใช้งานภายในจะเรียกว่า รีจิสเตอร์ SP
- ตัวชี้ข้อมูลหรือดาต้าพอยน์เตอร์ (Data pointer) เป็นรีจิสเตอร์ขนาด 16 บิต ซึ่งเรียกว่า รีจิสเตอร์ DPTR และสามารถใช้งานแยกเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต 2 ตัว คือ รีจิสเตอร์ DPH และรีจิสเตอร์ DPL เพื่อเก็บค่าของแอดเดรสของหน่วยความจำที่ต้องใช้ภายในโปรแกรมหรืออาจจะเป็นแอดเดรสของอุปกรณ์ภายนอก ซึ่งกำหนดให้ติดต่อกันโดยใช้ตำแหน่งของหน่วยความจำนั้นภายในโปรแกรม
- โปรแกรมสเตตัสเวิร์ด (PSW) รีจิสเตอร์นี้ทำหน้าที่บอกถึงแฟล็กสถานะการทำงานต่างๆ รวมทั้งบิตสำหรับการกำหนดเลือกเบงค์ของรีจิสเตอร์ที่ใช้งานด้วย
- รีจิสเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับพอร์ต (Port register) รีจิสเตอร์เหล่านี้จะมีความเกี่ยวข้องกับการทำงานของพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตโดยตรง ซึ่งแต่ละตัวจะเป็นรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิต สามารถใช้งานได้ในลักษณะของการอินพุต หรือการเอาต์พุตข้อมูลได้ การดำเนินการใดๆที่เกี่ยวข้องกับพอร์ตทั้ง 4 นี้ ข้อมูลที่ตำแหน่งของพอร์ตเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน นอกจากนี้ พอร์ต P0 และพอร์ต P2 ยังสามารถที่จะใช้ในการติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม หรือหน่วยความจำข้อมูลภายนอกได้ โดยพอร์ต P2 จะเป็นค่าของแอดเดรสในช่วง 8 บิตล่างของหน่วยความจำ ช่วงเวลาต่อมาจึงนำพอร์ต P0 ไปใช้เป็นบัสนับในการรับหรือส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอก สำหรับพอร์ต P3 นอกเหนือจากนำไปใช้เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุตตามปกติแล้ว ยังนำไปใช้ในฐานะบัสนับควบคุมเกี่ยวกับการอินเตอร์รัพต์ได้อีกด้วย
- รีจิสเตอร์ SBUF เป็นบัฟเฟอร์ขนาด 8 บิต สำหรับการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมทั้งการรับและการส่งข้อมูล ซึ่งตามความเป็นจริงแล้วบัฟเฟอร์ที่เหมาะสมให้โดยฮาร์ดแวร์
- รีจิสเตอร์ PCON เป็นรีจิสเตอร์ที่ใช้ในการทำงานในสามลักษณะ ซึ่งได้แก่ การควบคุมการทำงานของโปรเซสเซอร์ (บิต IDL และ PD) การกำหนดอัตราความถี่ของอัตราเร็วในการสื่อสารข้อมูลอนุกรม (บิต SMOD) และแฟล็กสถานะสำหรับการใช้งานทั่วไป (บิต GRO และบิต GRI)
- บิต PD (Power down) เป็นการกำหนดให้ลดกำลังไฟฟ้าที่จ่ายให้กับส่วนของโปรเซสเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารภายในอง วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า โดยยังคงมีกำลังไฟฟ้าจ่ายให้กับส่วนหน่วยความจำข้อมูลภายในผ่านทางขาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณ RST วิธีการนี้มักนำมาใช้ในกรณีที่มีการตรวจสอบการไม่มีกำลังไฟฟ้า (Power failure) โดยวงจรตรวจสอบภายนอกจะต้องมีการอินเตอร์รัพต์เข้ามา เพื่อทำการเก็บข้อมูลที่กำลังประมวลผลอยู่ก่อน และเมื่อมีกระแสไฟฟ้าจ่ายเป็นปกติจึงค่อยนำข้อมูลนั้นมาประมวลผลต่อไป

- บิต IDL (Idle mode) เป็นการกำหนดโปรเซสเซอร์ให้หยุดการทำงานชั่วคราว (Sleep) และจะกลับมาอยู่ในสภาพปกติอีกครั้งเมื่อทำการรีเซตทางฮาร์ดแวร์ หรือมีการอินเตอร์รัพต์อย่างใดอย่างหนึ่งเกิดขึ้น การทำงานในลักษณะนี้สามารถเกิดขึ้นได้เนื่องจากว่าสถานะการหยุดทำงานชั่วคราวนั้น เป็นเพียงเพื่อห้ามไม่ให้มีสัญญาณนาฬิกาจ่ายให้ส่วนของโปรเซสเซอร์เท่านั้น ส่วนของวงจรการอินเตอร์รัพต์พอร์ตอนุกรมและวงจรจับเวลา ยังคงมีสัญญาณนาฬิกาอยู่เป็นปกติ
- รีจิสเตอร์ IP, IE, TMOD, SCON เป็นกลุ่มของรีจิสเตอร์ที่ทำหน้าที่กำหนดการควบคุม และการทำงานของการทำงานการอินเตอร์รัพต์ต่างๆของ 8051

#### อุปกรณ์ควบคุมการอินเตอร์รัพต์ (Interrupt Control Unit)

เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ควบคุมการอินเตอร์รัพต์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งมีการร้องขออินเตอร์รัพต์ได้จาก 6 แหล่งกำเนิด คือ สัญญาณจากภายนอก 2 สัญญาณจากตัว Timer0, Timer1 และ Timer2 (เบอร์ 8051 มี Timer เพียง 2 ตัวดังนั้นจะมีแหล่งกำเนิดสัญญาณอินเตอร์รัพต์ 5 แหล่ง) และจากอุปกรณ์รับส่งข้อมูลแบบอนุกรม 1 สัญญาณ สัญญาณอินเตอร์รัพต์ที่เกิดขึ้นเราสามารถควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ตอบรับหรือไม่ตอบรับก็ได้ นอกจากนี้เรายังสามารถจัดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพต์ (Interrupt priority) จากสัญญาณต่างๆได้เป็น 2 ระดับแตกต่างกัน

#### การรีเซต (Reset)

การรีเซต สามารถมองเป็นการอินเตอร์รัพต์สูงสุด เพราะโปรแกรมไม่สามารถสกัดกั้นได้ การอินเตอร์รัพต์ชนิดนี้บ่อยครั้งเราเรียกว่า Nonmaskable เนื่องจากไม่มีบิตตัวใดที่สามารถหยุดมันได้ ซึ่งไม่เหมือนกับการอินเตอร์รัพต์แบบอื่น PC จะไม่เก็บค่าโปรแกรมครั้งสุดท้าย รีเซตเป็นคำสั่งที่สมบูรณ์ในการกระโดดไปที่ 0000H และเริ่มทำงานที่จุดนี้

เมื่อลอจิก 1 ใ้ที่ขา RST 8051 จะอยู่ในสถานะรีเซต หลังจากขา RST เป็น 0 รีจิสเตอร์ภายในจะมีค่าดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

REGISTER	VALUE HEX
PC	0000
DPTR	0000
A	00
B	00
SP	07
SPW	00
P0-3	FF
IP	XXX00000B
IE	0XX00000B
TCON	00
TMOD	00
TH0	00
TLO	00
TH1	00
TL1	00
SCON	00
SBUF	XX
PCON	0XXXXXXXB

ตารางที่ 2.6 แสดงค่าภายในรีจิสเตอร์หลังจากการรีเซ็ต

### ตัวตั้งเวลาและตัวนับ (Timer/Counter)

ในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8051 ประกอบด้วยรีจิสเตอร์ตัวตั้งเวลา/ตัวนับ ขนาด 16 บิต จำนวน 2 ชุด คือ Timer0 และ Timer1 สำหรับในไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8052 จะมี Timer2 เพิ่มขึ้นอีก 1 ตัวโดย Timer ทั้งหมดสามารถกำหนดให้ทำงานในลักษณะของตัวนับหรือตัวจับเวลาก็ได้

การทำงานในโหมดของตัวตั้งเวลา ค่าในรีจิสเตอร์จะเพิ่มขึ้นทุกๆ แมกซ์ขึ้นไซเกิลโดย 1 แมกซ์ขึ้นไซเกิลประกอบด้วยสัญญาณนาฬิกา 12 ลูก ดังนั้นอัตราการจับเวลาจะเป็น 1/12 เท่าของความถี่สัญญาณนาฬิกาของระบบ ค่าสูงสุดที่ตั้งได้คือ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำงานในโหมดการนับ ค่าของการนับจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีสัญญาณเข้ามาที่ขา T0 หรือ T1 เปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 ความเร็วในการนับสูงสุดคือ 1/24 เท่าของสัญญาณนาฬิกา โดยสัญญาณที่เข้ามาที่ขา T0 หรือ T1 จะมี Duty Cycle เท่าใดก็ได้

### พอร์ตอินพุตเอาต์พุต

ในไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51 ประกอบด้วย พอร์ตอินพุต และเอาต์พุตแบบ 2 ทิศทาง (Bi-directional) จำนวน 4 พอร์ต และเป็นพอร์ตขนาด 8 บิตทั้งหมด การใช้งานพอร์ตสามารถทำได้ในลักษณะของเส้นสัญญาณเดี่ยวๆ หรือของกลุ่มสัญญาณได้ แต่ละพอร์ตมีอุปกรณ์แลตช์ข้อมูลและเอาต์พุต ไดรเวอร์ประกอบอยู่ทางด้านเอาต์พุต และทางด้านอินพุตจะมีบัฟเฟอร์ (พอร์ตทั้ง 4 เป็นรีจิสเตอร์พิเศษชื่อ P0, P1, P2 และ P3) เราสามารถใช้งานแต่ละพอร์ตเป็นอินพุตหรือเอาต์พุตได้ตามต้องการ แต่ละบิตของพอร์ตสามารถเชื่อมต่อกับสัญญาณ TTL ได้โดยตรง

ในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกพอร์ต P0 และ P2 จะใช้สำหรับกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำภายนอก โดยพอร์ต P0 จะทำงานในลักษณะของมัลติเพล็กซ์คือเป็นทั้งพอร์ตตำแหน่งและพอร์ตข้อมูล โดย P0 จะเป็นตำแหน่งของหน่วยความจำด้านต่ำ (Low byte) และ P2 จะเป็นตำแหน่งของหน่วยความจำด้านสูง (High byte)

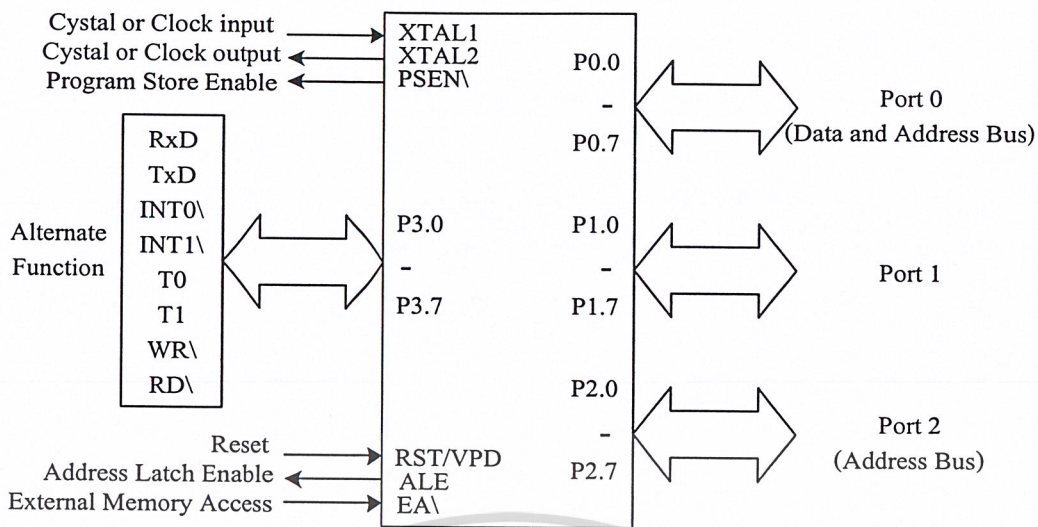
การใช้งานเป็นพอร์ตอินพุต จะต้องเริ่มด้วยการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 1 ออกมาทางบิตของพอร์ตนั้นก่อนเป็นอันดับแรก เพื่อหยุดการทำงานของทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุตของบิตนั้น ทำให้ขาสัญญาณของบิตถูกต่อเข้ากับตัวต้านทานนี้มีค่าประมาณ 50 กิโลโอห์ม ซึ่งเป็นค่าที่สูงมาก และทำให้อุปกรณ์ภายนอกสามารถขับสัญญาณของพอร์ตเหล่านี้เป็นลอจิกต่ำได้ง่าย สำหรับบิตของพอร์ต 0 นั้นแม้ว่าจะมีหลักการทำงานที่คล้ายคลึงกับบิตอื่น แต่เนื่องจากที่ไม่มีตัวต้านทานที่ทำหน้าที่พูลอัพภายในไว้ ทำให้เมื่อทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุตเหล่านั้นหยุดการทำงาน ก็จะเป็นผลทำให้ขาสัญญาณนี้อยู่ในสถานะอิมพีแดนซ์สูงแทน

การใช้งานเป็นพอร์ตเอาต์พุต เมื่อมีการส่งข้อมูลที่มีค่าเป็น 0 ให้กับแต่ละบิตของพอร์ตทุกพอร์ต ข้อมูลเหล่านี้จะถูกส่งให้กับฟลิปฟล็อปซึ่งจะทำหน้าที่ค้างสถานะเหล่านี้ไว้ และมีผลทำให้ทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสัญญาณเอาต์พุตเหล่านั้นทำงาน ดังนั้นขาสัญญาณก็จะมีสถานะเป็นลอจิกต่ำด้วย

### สัญญาณต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์ในตระกูล MSC-51 เป็นไอซีขนาด 40 ขาซึ่งมีสัญญาณต่างๆแสดงในรูป 2.36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 2.36 สัญญาณต่างๆของ MSC-51 เบอร์ 8051

สัญญาณต่างๆของไมโครคอนโทรลเลอร์ MSC-51สามารถจำแนกตามการทำงานเป็น 3 กลุ่มคือ

- กลุ่มสัญญาณตำแหน่ง เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของหน่วยความจำ
- กลุ่มสัญญาณควบคุม เป็นสัญญาณควบคุมการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์
- กลุ่มสัญญาณข้อมูลเป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์กับหน่วยความจำ

หน้าที่และการใช้งานของสัญญาณต่างๆเป็นดังนี้

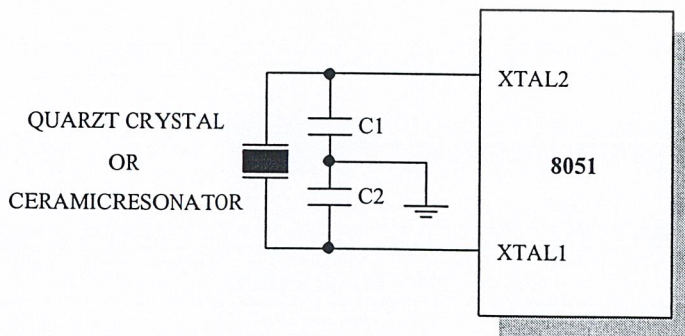
VCC สำหรับต่อกับไฟเลี้ยง 5 โวลต์

VSS สำหรับต่อกับกราวด์

XTAL1 เป็นอินพุตของภาคขยายสัญญาณแบบอินเวอร์สของวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกา

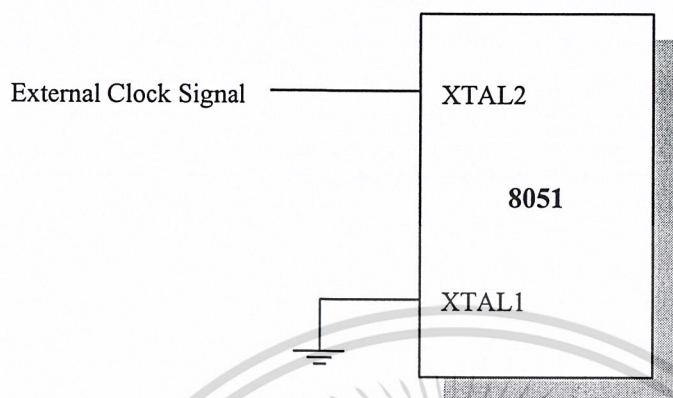
XTAL2 เป็นเอาต์พุตของภาคขยายสัญญาณแบบอินเวอร์สของวงจรผลิตสัญญาณนาฬิกา

การต่อใช้งานของขา XTAL1 และ XTAL2 เพื่อสร้างวงจรผลิตสัญญาณให้กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้คริสตัลสามารถทำได้ดังรูป2.37



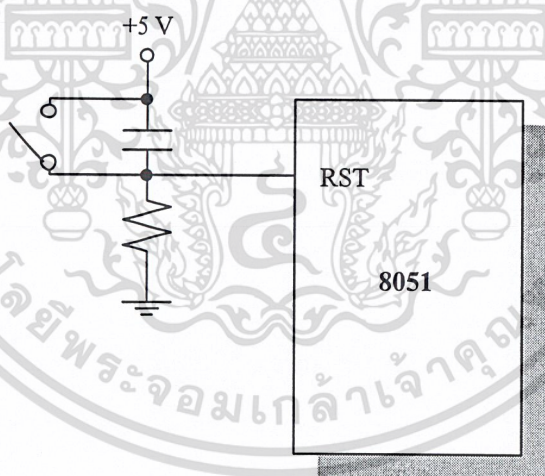
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อผู้อื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หากต้องการใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอกจะต่อ XTAL1 ลงกราวด์และต่อสัญญาณนาฬิกาจากภายนอกเข้าที่ขา XTAL2 ดังรูป 2.38



รูป 2.38 การใช้สัญญาณนาฬิกาจากภายนอก

**RST** สัญญาณรีเซ็ต ไมโครคอนโทรลเลอร์จะถูกรีเซ็ตเมื่อสัญญาณที่ขา RST นี้มีค่าเป็นลอจิก 1 นานไม่ต่ำกว่า 2 แมกซ์ซึ่งในขณะเกิด การต่อขารีเซ็ตจะเป็นดังรูป 2.39



รูป 2.39 การต่อสัญญาณรีเซ็ต

**ALE/PROG (Address Latch Enable)** เป็นสัญญาณเอาต์พุต ซึ่งไมโครคอนโทรลเลอร์จะส่งออกไปเป็นพัลส์เพื่อแลตช์ค่าตำแหน่งไบต์ต่ำที่อยู่ที่พอร์ต P0 ในขณะที่ติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก สัญญาณนี้จะถูกส่งออกไปด้วยอัตราค่าที่คือ 1/6 เท่าของความถี่สัญญาณนาฬิกาซึ่งสามารถนำไปใช้เป็นสัญญาณนาฬิกาให้กับอุปกรณ์ภายนอกได้ สัญญาณพัลส์นี้จะถูกข้ามไป 1 พัลส์เมื่อมีการเอกสารนี้เป็นติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอก (External Data Memory) และสัญญาณนี้จะใช้เป็นอินพุตไม่ว่ากรณีใดเพื่อควบคุมการโปรแกรม PROM ภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ด้วยเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

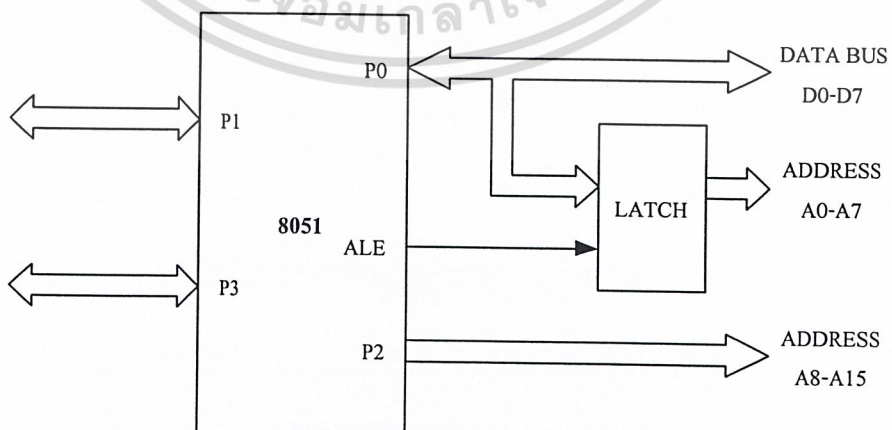
**PSEN (Program Store Enable)** เป็นเอาต์พุต สำหรับส่งสัญญาณสตโรป (พัลส์ต่ำ) เพื่ออ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก (External Program Memory) เมื่อซีพียูอ่านรหัสคำสั่งจากหน่วยความจำภายนอก จะส่งสัญญาณสตโรปออกมา 2 ครั้งใน 1 เมกไซนไซเคิลแต่สัญญาณสตโรปทั้ง 2 ครั้งจะถูกข้ามไปหากเป็นช่วงที่ซีพียูติดต่อกับ External Data Memory

**EA (External Access)** เป็นสัญญาณอินพุต ใช้สำหรับควบคุมให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เลือกติดต่อกับโปรแกรมที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำโปรแกรมภายใน หรือโปรแกรมที่เก็บอยู่ในหน่วยความจำภายนอกตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ หากให้ค่าลอจิก 1 ที่ขา EA จะเป็นการเลือกใช้นหน่วยความจำโปรแกรมภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ หากต้องการให้ซีพียูติดต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมภายนอกต้องต่อสัญญาณเข้ากับลอจิก 0 หรือ VSS ถึงแม้ว่าเบอร์ 8031 ไม่มี EPROM ภายในก็ต้องต่อขา EA นี้ลงกราวด์ด้วย ในกรณีของการโปรแกรม ROM ภายในไมโครคอนโทรลเลอร์จะต่อขา EA นี้เข้ากับไฟ 21 V ถ้าเป็น 8751 AH แต่หากเป็น 8751 BH ต้องต่อกับ 12.75 V

**PORT 0** เป็นพอร์ตอินพุตเอาต์พุต 2 ทางแบบ Open drain ขนาด 8 บิต P0.1-P0.7 เมื่อใช้เป็นเอาต์พุตสามารถต่อกับไอซี TTL ตระกูล LS ได้ 8 ตัว เมื่อต้องการใช้งานเป็นอินพุตต้องส่งค่าลอจิก 1 ออกไปที่พอร์ตรก่อนเพื่อทำให้ลอยซึ่งจะเป็นอิมพีแดนซ์สูง

พอร์ต P0 จะทำงานอีกหน้าที่หนึ่งคือ เป็นมัลติเพล็กซ์ของสัญญาณตำแหน่งด้านต่ำ และสัญญาณข้อมูลในการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก การทำงานในลักษณะนี้จะใช้การพูลอัพ (Pull up) จากภายในที่สามารถจ่ายกระแสให้กับอินพุตของ TTL ได้ 8 ตัว นอกจาก 2 หน้าที่ดังกล่าวแล้ว พอร์ต P0 ยังใช้เป็นตัวรับข้อมูลในช่วงการโปรแกรม EPROM และเป็นตัวส่งข้อมูลออกมาในช่วงการตรวจสอบโปรแกรมภายใน ROM หรือ EPROM ซึ่งจะต้องใช้พูลอัพจากภายนอกในขณะทำการตรวจสอบโปรแกรม

การสร้างสัญญาณตำแหน่ง A0-A7 และสัญญาณข้อมูล D0-D7 ทำโดยใช้อุปกรณ์แลตช์ข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 2.40



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 2.40 การสร้างสัญญาณแอดเดรสและสัญญาณข้อมูล  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- PORT 1** เป็นพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบ 2 ทาง ขนาด 8 บิต ที่มีพูลอัพอยู่ภายใน ในกรณีเอาต์พุตจะต่อกับอินพุตของ TTL ตระกูล LS ได้ 4 ตัว เมื่อต้องการใช้เป็นอินพุตต้องเริ่มต้นด้วยการส่งค่าลอจิก 1 ออกไปที่พอร์ตนี้ก่อน เพื่อทำให้เกิดพูลอัพภายใน เมื่อสัญญาณอินพุตเป็น 0 เข้ามาจะทำให้พอร์ตจ่ายกระแสออกเนื่องจากการพูลอัพอยู่ภายใน นอกจากนี้พอร์ต P1 ยังทำหน้าที่รับตำแหน่งด้านต่ำในช่วงของการโปรแกรม EPROM และช่วงการตรวจสอบโปรแกรมใน ROM หรือ EPROM อีกด้วย สำหรับเบอร์ 8032 AH และ 8052 AH ขา P1.0 และ P1.1 จะทำหน้าที่เป็น T2 และ T2EX อีกหนึ่งหน้าที่
- PORT 2** เป็นพอร์ตอินพุต/เอาต์พุตแบบ 2 ทาง ขนาด 8 บิต ที่มีพูลอัพอยู่ภายใน ในกรณีเอาต์พุตจะต่อกับอินพุตของ TTL ตระกูล LS ได้ 4 ตัว เมื่อต้องการทำเป็นอินพุต ต้องเริ่มต้นด้วยการส่งค่าลอจิก 1 ออกไปที่พอร์ตก่อนเพื่อให้เกิดการพูลอัพภายใน เมื่อสัญญาณอินพุตเข้ามาเป็น 0 จะทำให้พอร์ต P2 จ่ายกระแสออกเนื่องจากการพูลอัพภายใน ในระหว่างการติดต่อกับโปรแกรมภายนอกหรือการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกที่มีการอ้างตำแหน่งแบบ 16 บิต พอร์ต P2 จะส่งตำแหน่งไบต์สูงออกไป ซึ่งการทำงานในลักษณะนี้จะมีการพูลอัพภายในอยู่ ในช่วงของการติดต่อกับหน่วยความจำข้อมูลภายนอกที่ใช้การอ้างตำแหน่งแบบ 8 บิต (คำสั่ง MOVX @Ri) สัญญาณที่ขาของพอร์ต P2 จะมีค่าเท่ากับรีจิสเตอร์ P2 ที่อยู่ใน SFR นอกจากนี้พอร์ต P2 ยังทำหน้าที่รับตำแหน่งไบต์สูง ในช่วงของการโปรแกรม EPROM และการตรวจสอบโปรแกรมใน ROM และ EPROM อีกด้วย
- PORT 3** เป็นพอร์ตอินพุต/เอาต์พุต 2 ทาง ขนาด 8 บิต ที่มีพูลอัพอยู่ภายใน ในกรณีเอาต์พุตสามารถต่อกับอินพุตของ TTL ตระกูล LS ได้ 4 ตัว เมื่อต้องการทำเป็นอินพุตเข้ามาเป็น 0 จะทำให้พอร์ต P3 จ่ายกระแสออกเนื่องจากการพูลอัพภายใน นอกจากนี้ พอร์ต P3 ยังทำหน้าที่เป็นสัญญาณอื่นๆอีก ดังนี้

พอร์ต	สัญญาณ	หน้าที่
P3.0	RXD	อินพุตของพอร์ตอนุกรม
P3.1	TXD	เอาต์พุตของพอร์ตอนุกรม
P3.2	INT0	สัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอกตัวที่ 0
P3.3	INT	สัญญาณอินเตอร์รัพต์จากภายนอกตัวที่ 1
P3.4	T0	อินพุตจากภายนอกของตัวตั้งเวลา 0
P3.5	T1	อินพุตจากภายนอกของตัวตั้งเวลา 1
P3.6	WR	สัญญาณการเขียนข้อมูลออกไปภายนอก
P3.7	RD	สัญญาณการอ่านข้อมูลจากภายนอกเข้ามา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องยกย่องถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.7 สัญญาณต่างๆของพอร์ต P3

เมื่อต้องการใช้งานพอร์ต P3 ให้ทำหน้าที่เป็นสัญญาณต่างๆ จะต้องเริ่มต้นด้วยการส่งค่าลอจิก 1 ออกไปแลตซ์ที่พอร์ต P3 ก่อนเพื่อให้เกิดการพูลอัพภายใน หากเรากำหนดให้มีค่าลอจิก 0 จะทำให้สัญญาณที่ขาต่างๆมีค่าเป็น 0 ตลอดเวลา



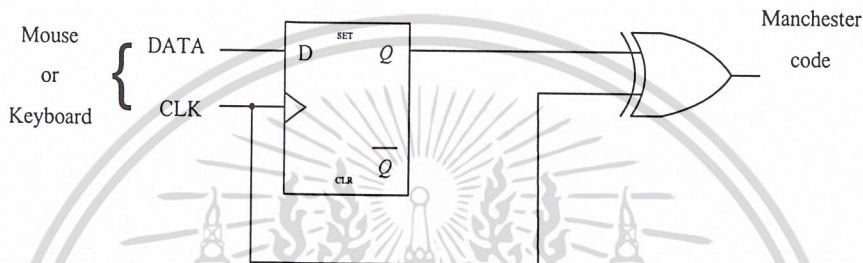
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

#### การคำนวณและการสร้าง

##### 3.1 วงจรเข้ารหัสแมนเชสเตอร์ (Manchester Encoder)

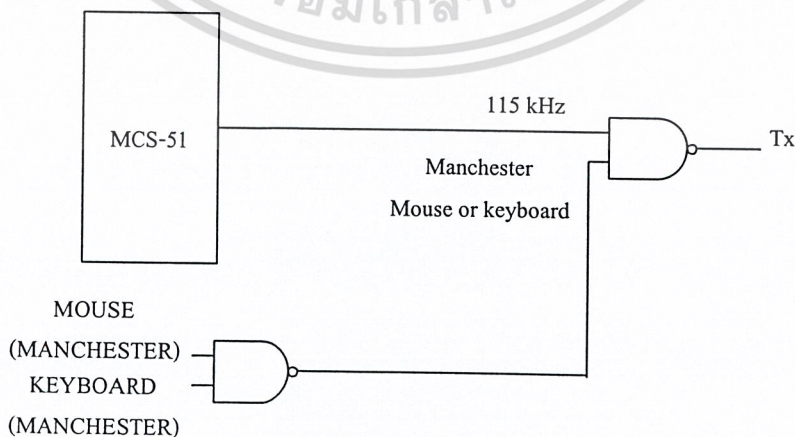
วงจรเข้ารหัสสัญญาณแบบแมนเชสเตอร์ ใช้ Exclusive OR Gate ของโดยอินพุตที่ 1 เป็นสัญญาณข้อมูล ส่วนอินพุตที่ 2 เป็นสัญญาณอ้างอิง (Clock) เอาท์พุตที่ได้จะเป็นข้อมูลจำลองที่มีการเข้ารหัสเป็นสัญญาณสี่เหลี่ยม (Square wave) สูงเท่าไฟเลี้ยงวงจรกับกราวด์ แต่เนื่องจากสัญญาณข้อมูลและสัญญาณที่เข้ามานั้นไม่พร้อมกันจึงทำการผ่าน D-FF(D-Flip Flop) เมื่อให้ข้อมูลมีการเริ่มต้นของสัญญาณพร้อมกันได้ดังรูป



รูปที่ 3.1 วงจรเข้ารหัสสัญญาณแบบแมนเชสเตอร์ด้วย Exclusive or gate โดยทำการปรับสัญญาณที่เข้ามาให้ตรงกันด้วย DFF

##### 3.2 วงจรเพิ่มความถี่ให้อยู่ในช่วงใช้งานของโมดูล

เนื่องจากตัวโมดูลมีช่วงความถี่ใช้งานที่ 115 kHz ดังนั้นจึงต้องทำการเพิ่มความถี่ให้กับสัญญาณที่จะทำการส่งก่อนจะส่งผ่านตัวโมดูล ออกแบบโดยใช้ MCS-51 เป็นตัวผลิตความถี่ 115 kHz ออกมาแล้วจึงนำสัญญาณที่ได้มาทำการ NAND กับสัญญาณเมาส์หรือคีย์บอร์ดที่เข้ามาจากวงจรเข้ารหัสแมนเชสเตอร์ เพื่อให้ได้สัญญาณแมนเชสเตอร์ที่มีความถี่ 115 kHz



รูปที่ 3.2 วงจรการเพิ่มความถี่ให้เป็น 115 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในโครงการวิจัยเท่านั้น ไม่ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

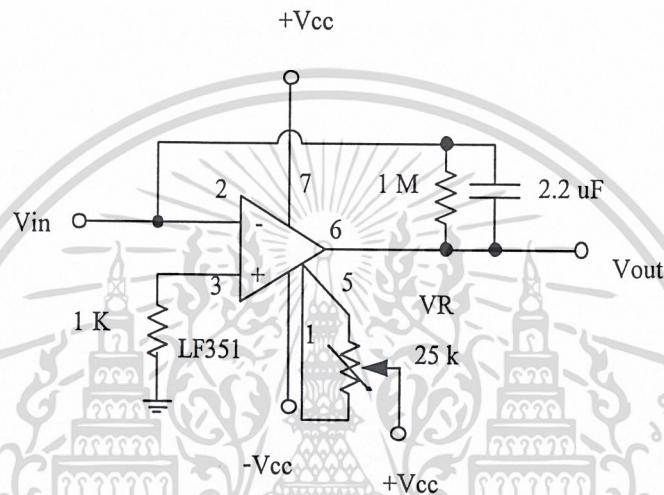
### การกำหนดคาบเวลาที่ใช้ใน MCS-51

สามารถหาคาบเวลา โดยนำ 12 หารด้วย ความถี่คริสตอลที่นำมาใช้ ( 11.059 MHz ) ได้คาบเวลา 1 แมกซ์ซินไซเกิล =  $12/11.059 \text{ MHz} = 1.09 \text{ us}$  หากต้องการสร้างความถี่ 115 kHz จะสามารถทำได้โดย คาบเวลา =  $1/115 \text{ kHz} = 8.7 \text{ us}$  แสดงว่าต้องเขียนคำสั่งวนลูปโดยใช้ลูปละ 5 แมกซ์ซินไซเกิล

### 3.3 การออกแบบวงจรตรรกหัสัญญาณแบบแมนเชสเตอร์

วงจรตรรกหัสัญญาณแมนเชสเตอร์ประกอบด้วยวงจร 3 ส่วนดังนี้

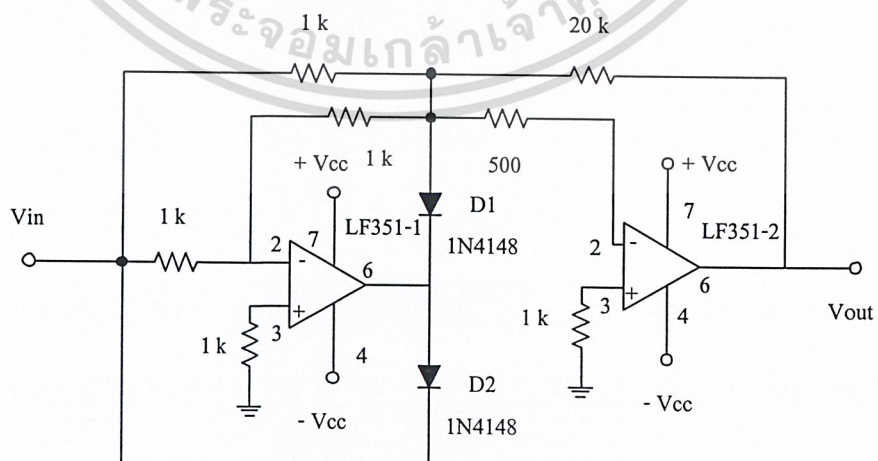
#### 3.3.1. วงจรอินทิเกรตออกแบบได้ดังรูป



รูปที่ 3.3 วงจร integrate

#### 3.3.2. วงจรค่าสัมบูรณ์

ออกแบบตาม Datasheet ได้ดังรูปที่ 3.4

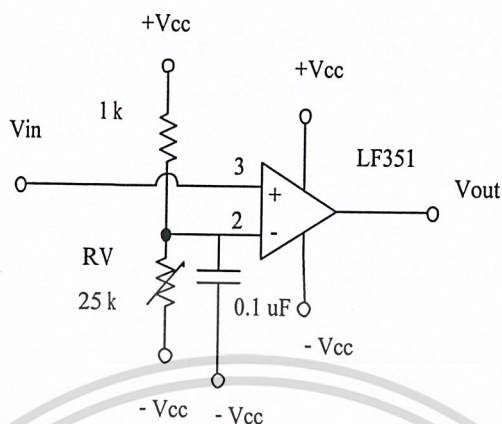


รูปที่ 3.4 วงจรค่าสัมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องส่งคืนไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3.3. วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ

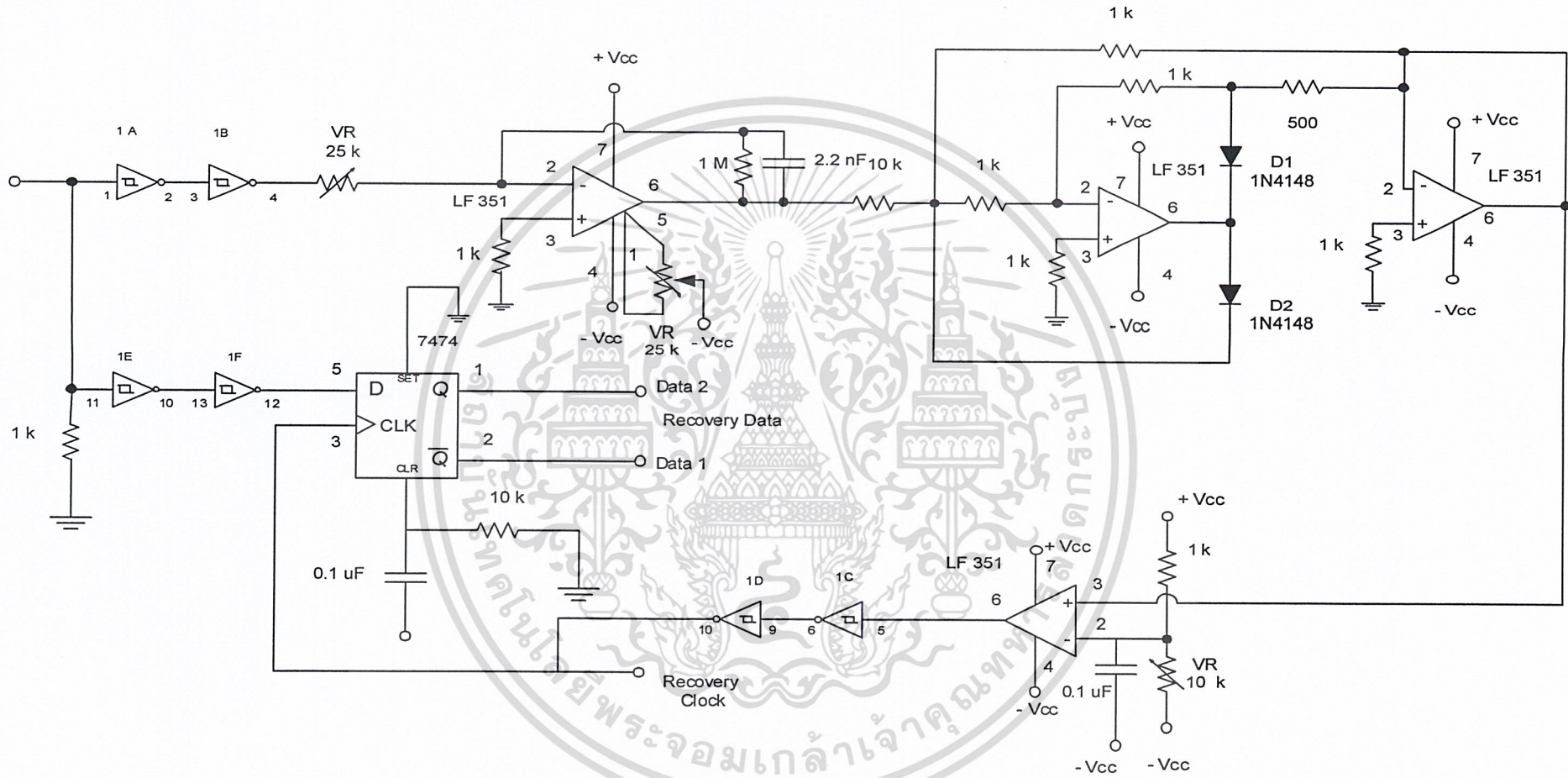
ออกแบบวงจรตาม Datasheet ได้ดังนี้



รูปที่ 3.5 วงจรเปรียบเทียบสัญญาณ

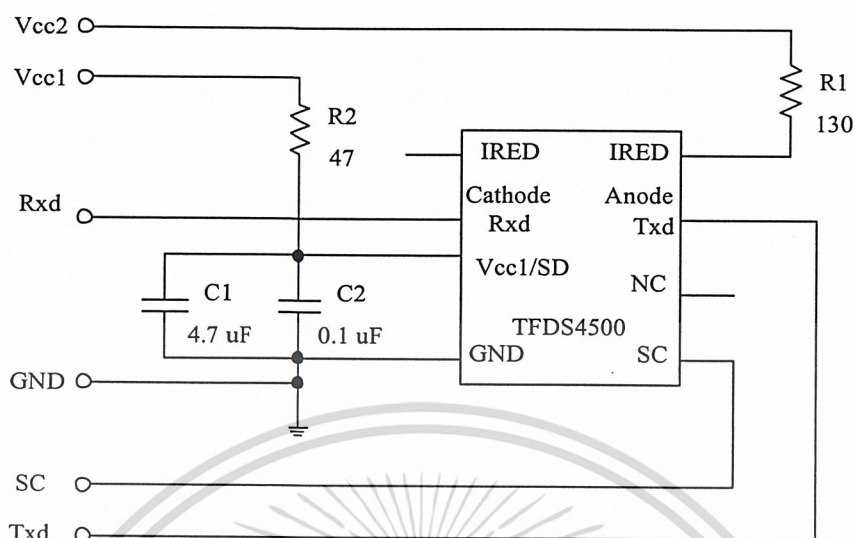
นำทั้ง 3 ส่วนมาต่อรวมกันกับวงจร D-FF จะได้วงจรรวมของวงจรถอดรหัสสัญญาณแบบแมนเชสเตอร์ดังรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.6 แสดงวงจรรวมของภาคการถอดรหัสสัญญาณแบบแมนเชสเตอร์

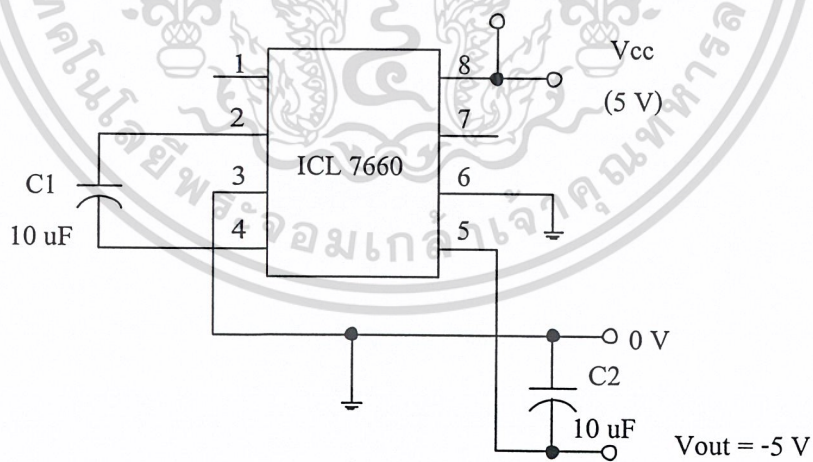
### 3.4 วงจรโมดูลรับ-ส่งอินฟราเรด



รูปที่ 3.7 แสดงวงจรรับ-ส่งของโมดูลอินฟราเรด

### 3.5 วงจรดีซีโวลต์เตจคอนเวอร์เตอร์

ต่อวงจรตามวงจรพื้นฐานในการต่อใช้งาน ICL 7660 ที่ใช้แรงดันไฟเลี้ยงอยู่ในช่วง 3.5-6.5 โวลต์

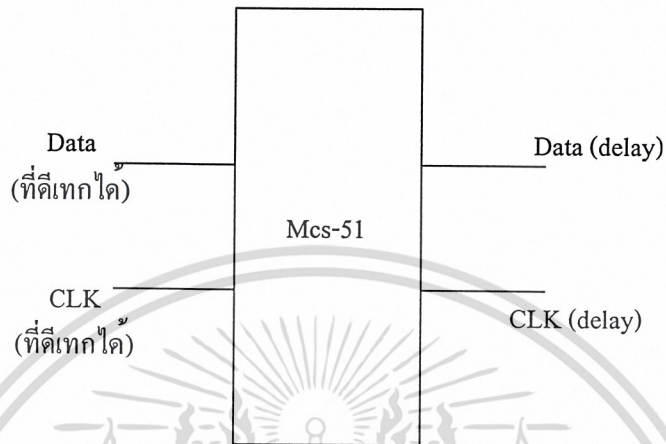


รูปที่ 3.8 แสดงวงจรดีซีโวลต์เตจคอนเวอร์เตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

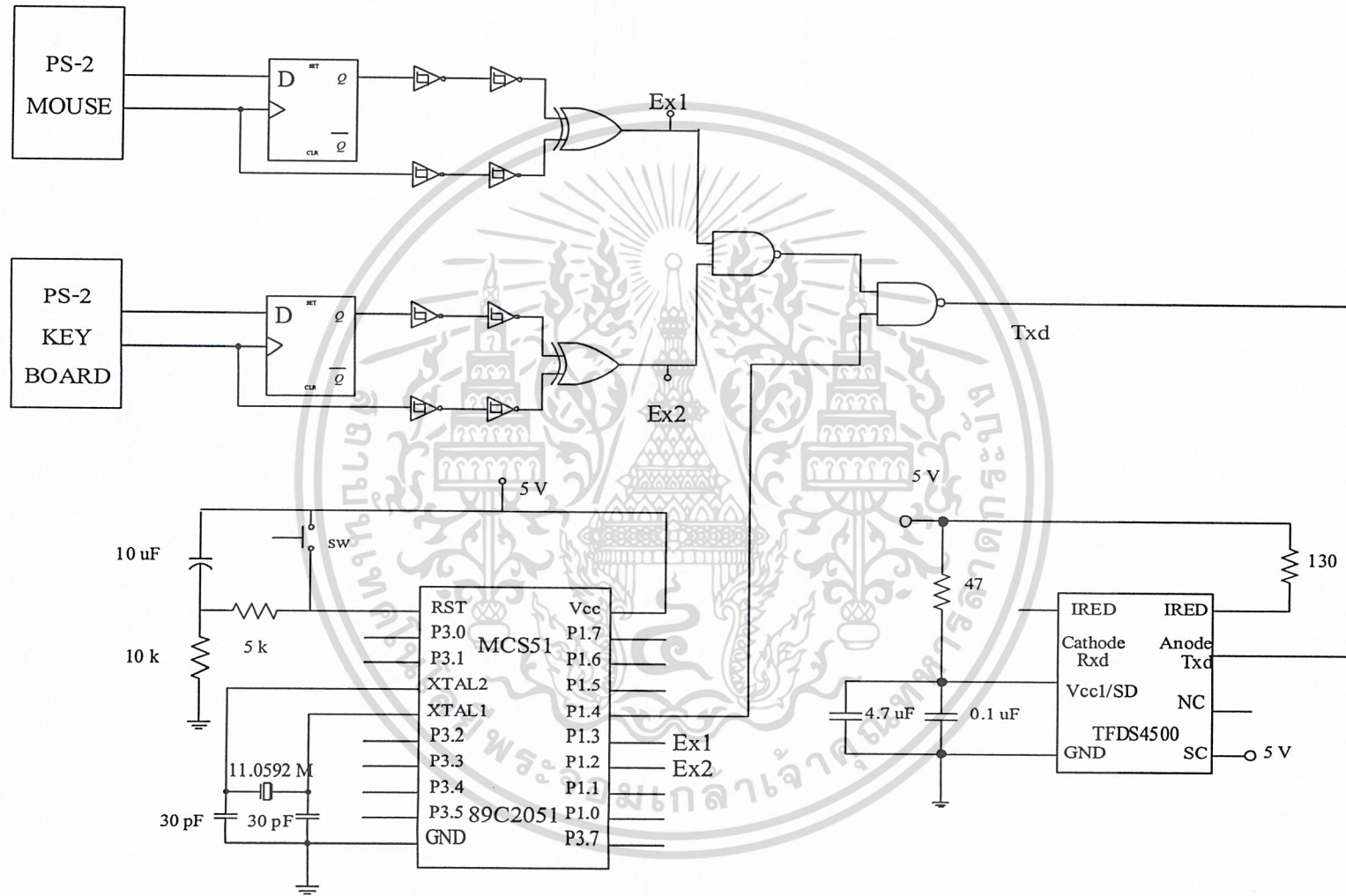
### 3.6 วงจรดีเลย์สัญญาณกีบบอร์ดหรือเมมส์

ทำการดีเลย์และปรับแต่งสัญญาณและคล็อกของกีบบอร์ดและเมมส์ก่อนทำการต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์

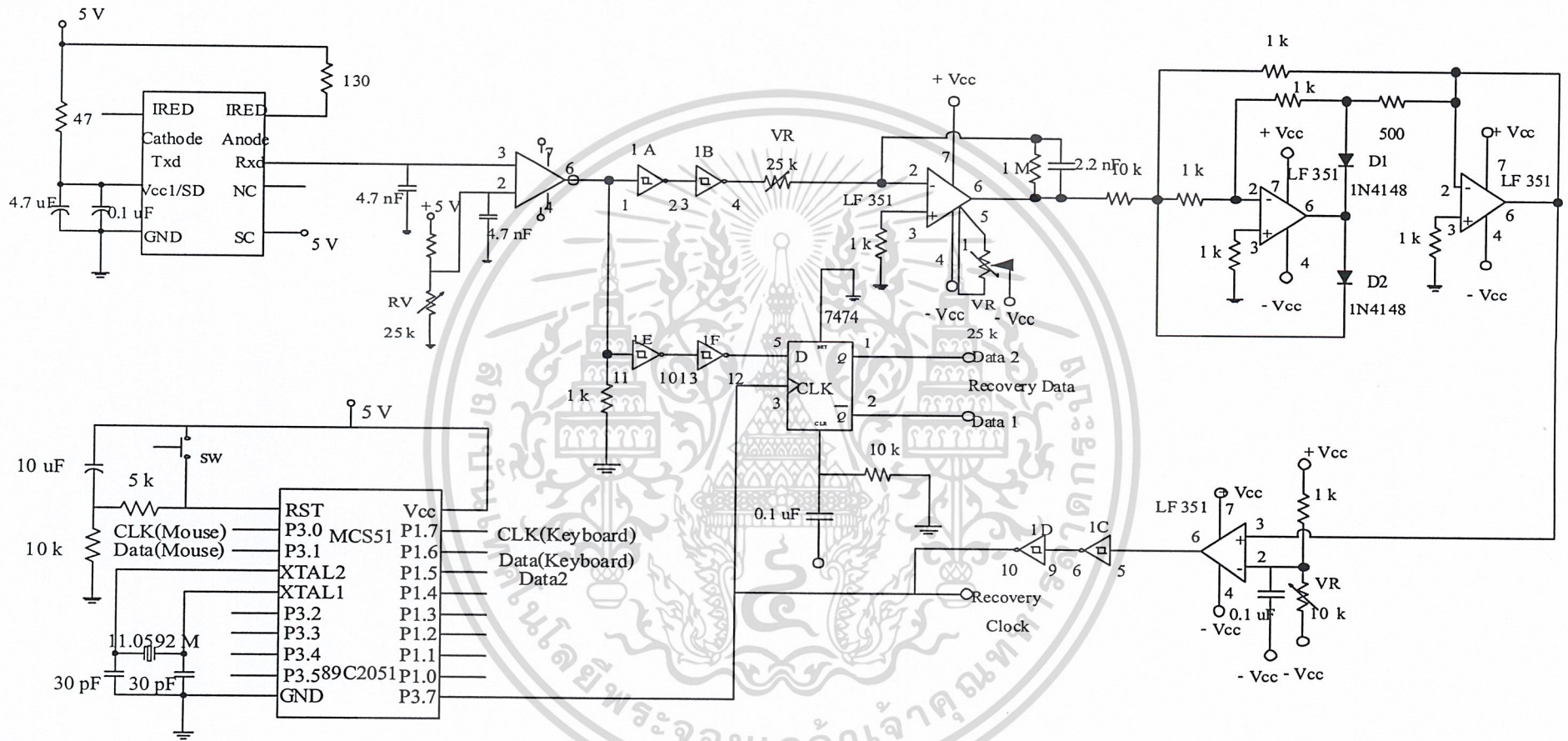


รูปที่ 3.9 แสดงการดีเลย์สัญญาณที่ตีเทกได้โดยใช้ MCS-51

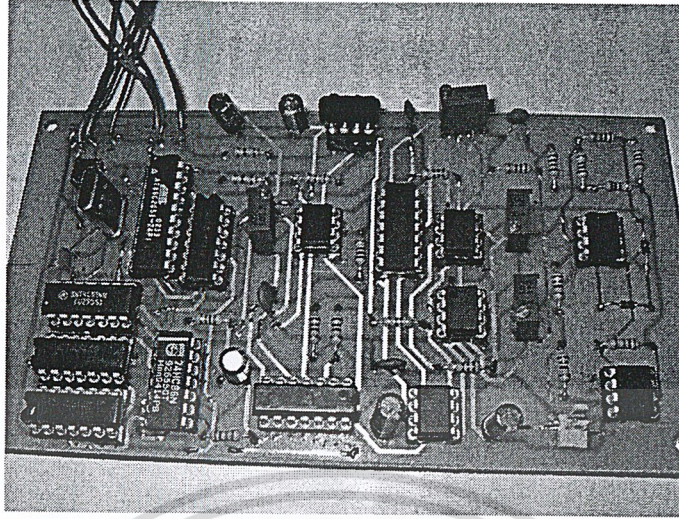
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 แสดงวงจรรวมทางด้านส่ง



รูปที่ 3.11 แสดงวงจรรับทั้งหมด

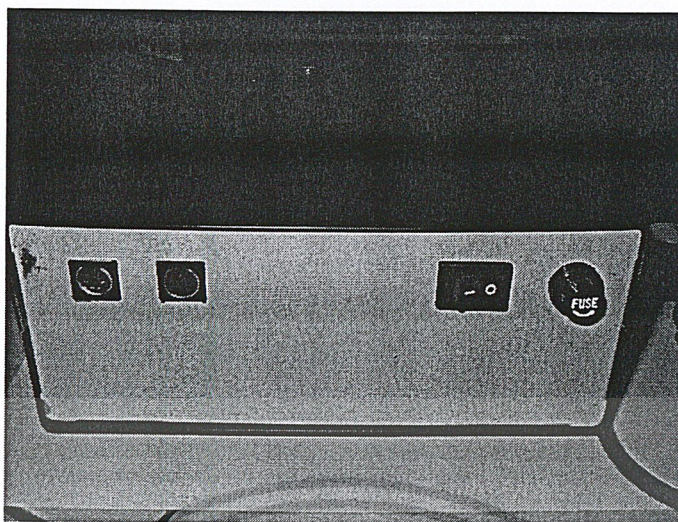


รูปที่ 3.12 แสดงวงจรทั้งหมด



รูปที่ 3.13 แสดงกล่องที่ใช้บรรจุวงจร(ด้านหน้า)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 แสดงกล่องที่ใช้บรรจุวงจร (ด้านหลัง)

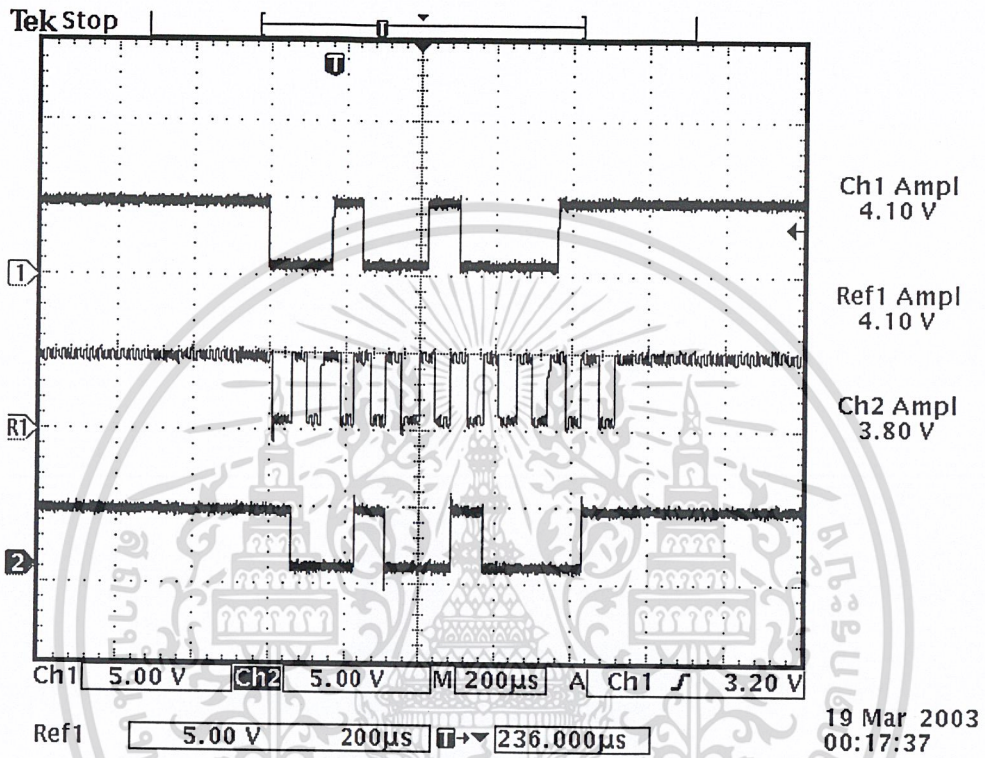


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

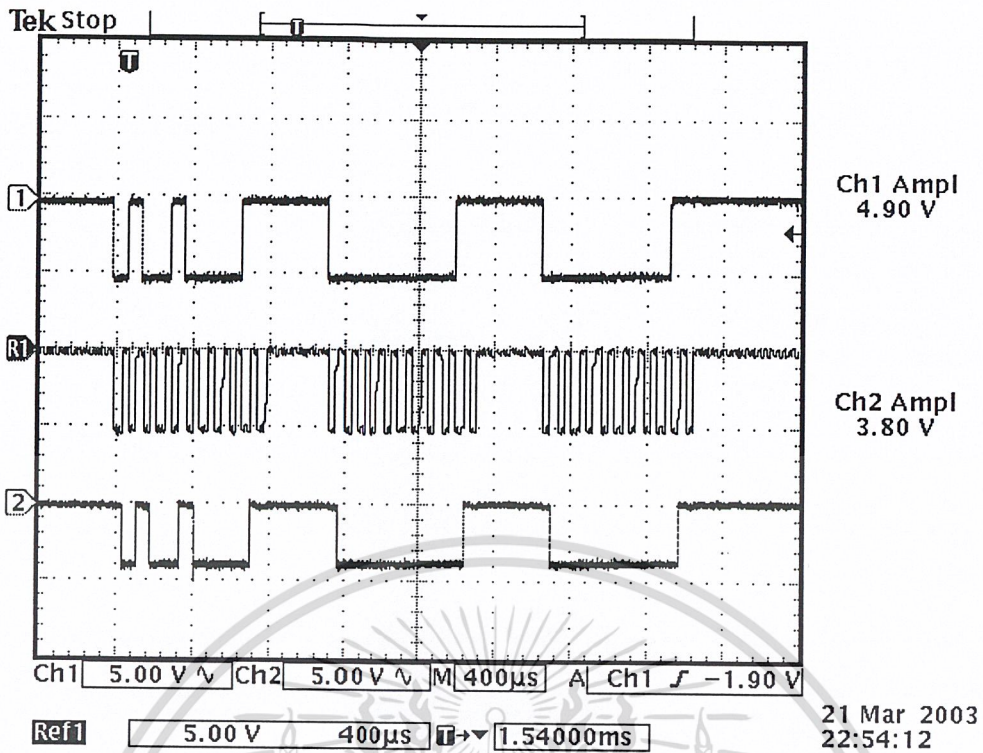
## การทดลองและผลการทดลอง

เมื่อทำการป้อนไฟเลี้ยงแล้วทำการกดเป็นคีย์บอร์ดและคลิกเมาส์จะได้ผลดังนี้

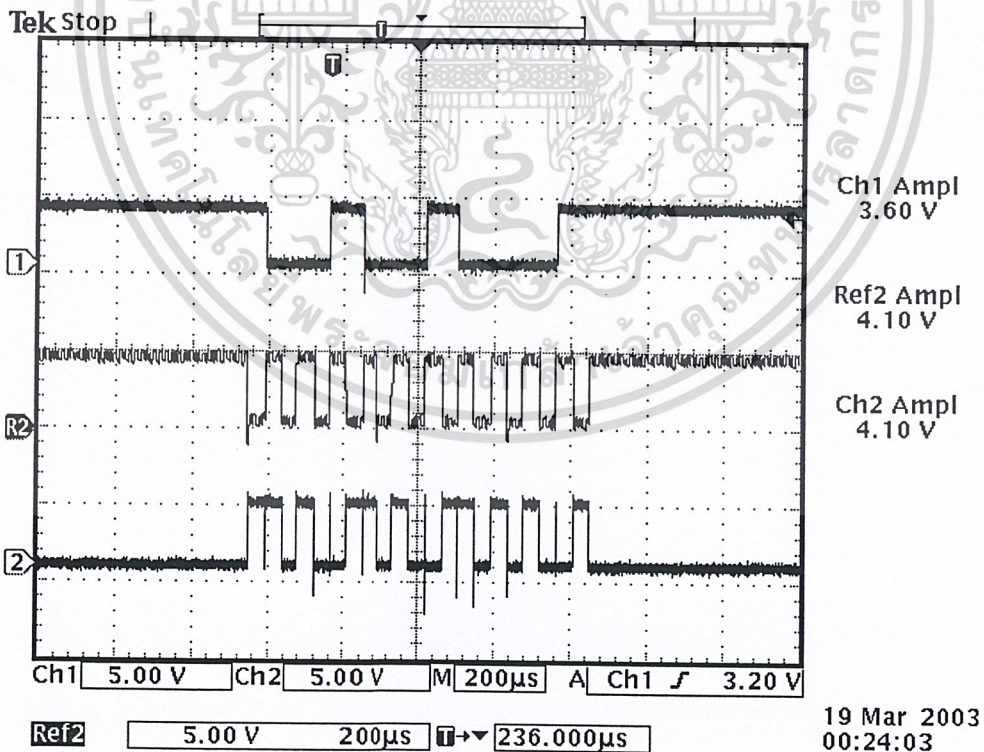


รูปที่ 4.1 สัญญาณข้อมูลจากคีย์บอร์ด (บน)  
สัญญาณนาฬิกา และสัญญาณที่ออกจาก D-FF(D-Flip Flop)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

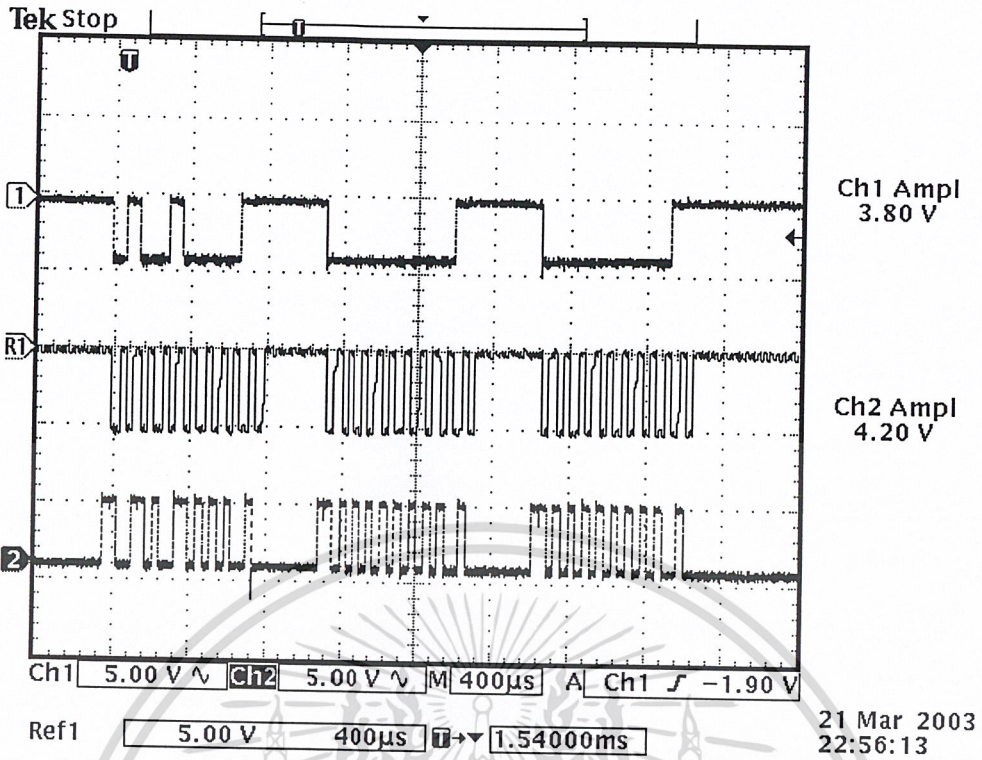


รูปที่ 4.2 สัญญาณข้อมูลจากเมาส์ (บน)  
สัญญาณนาฬิกา (กลาง) และสัญญาณที่ออกจาก D-FF(D-Flip Flop)(ล่าง)

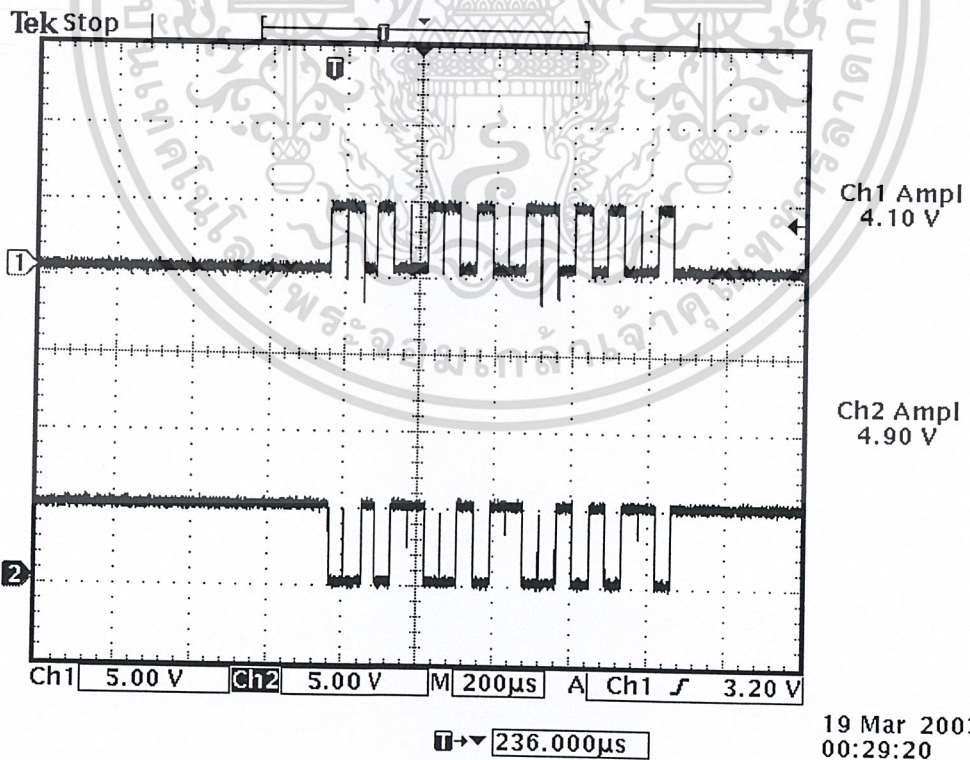


รูปที่ 4.3 สัญญาณข้อมูลคีย์บอร์ด (บน), สัญญาณนาฬิกา (กลาง)

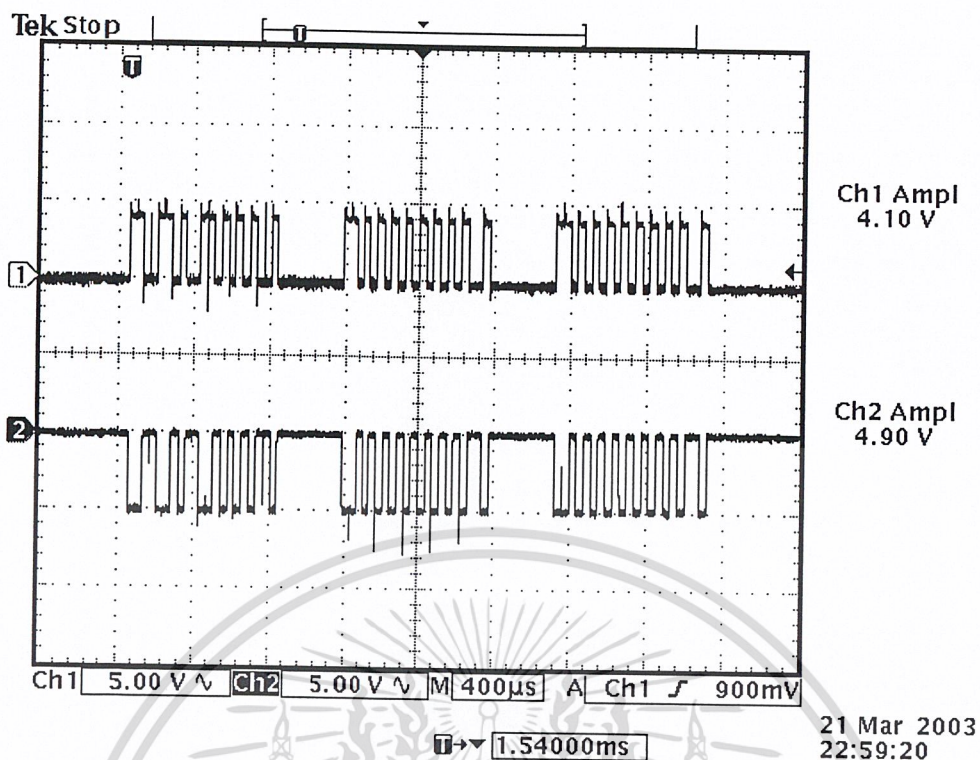
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น มิใช่สัญญา ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ตีพิมพ์ลงเนื้อหาและต้องแจ้งไปยังเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



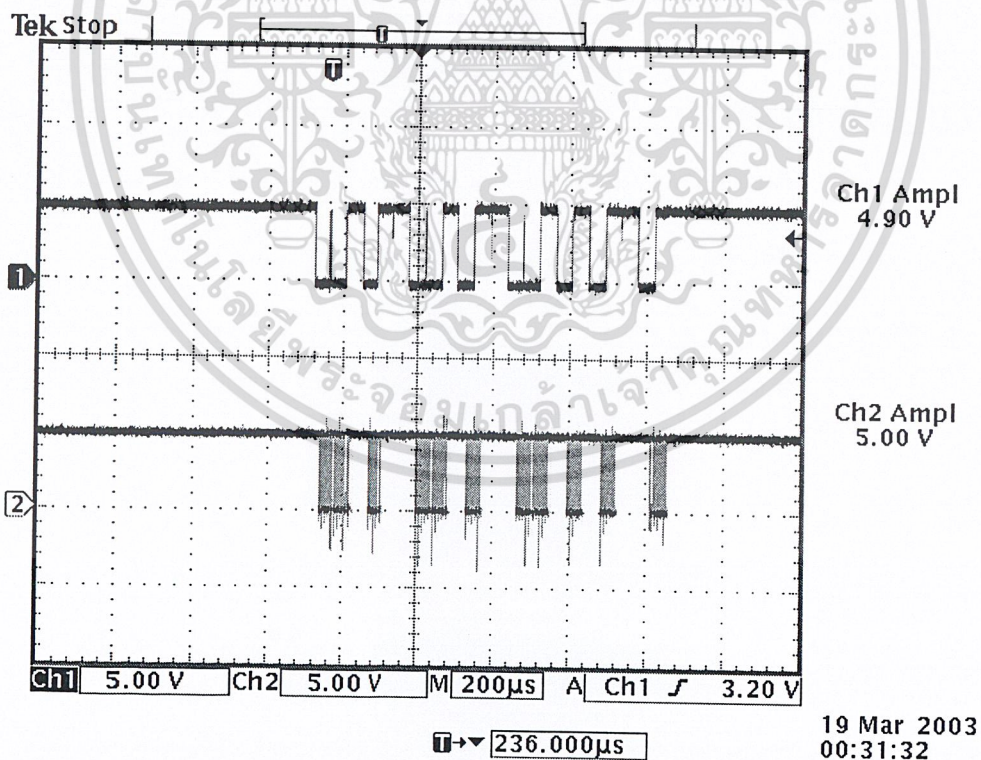
รูปที่ 4.4 สัญญาณข้อมูลเมาส์ (บน), สัญญาณนาฬิกา (กลาง) และสัญญาณที่ออกจาก Exclusive OR (ล่าง)



เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับใช้เฉพาะในชั้นเรียนด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

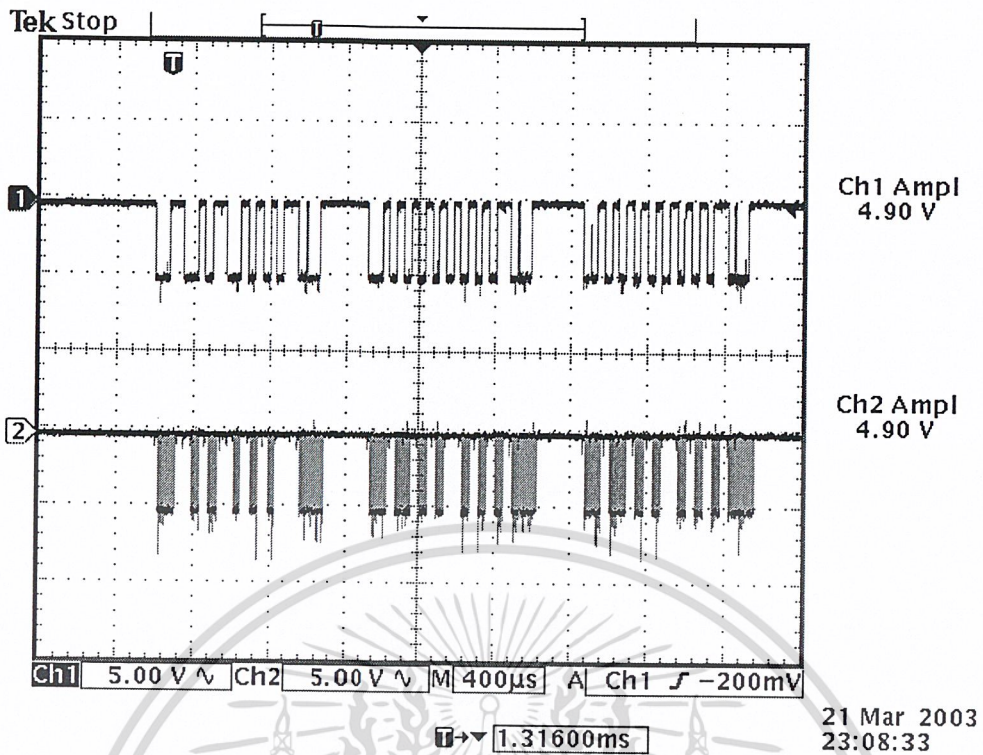


รูปที่ 4.6 แสดงสัญญาณ Manchester ของเมสส์ที่ไปผ่าน Schmitt trigger แบบอินเวอร์ส

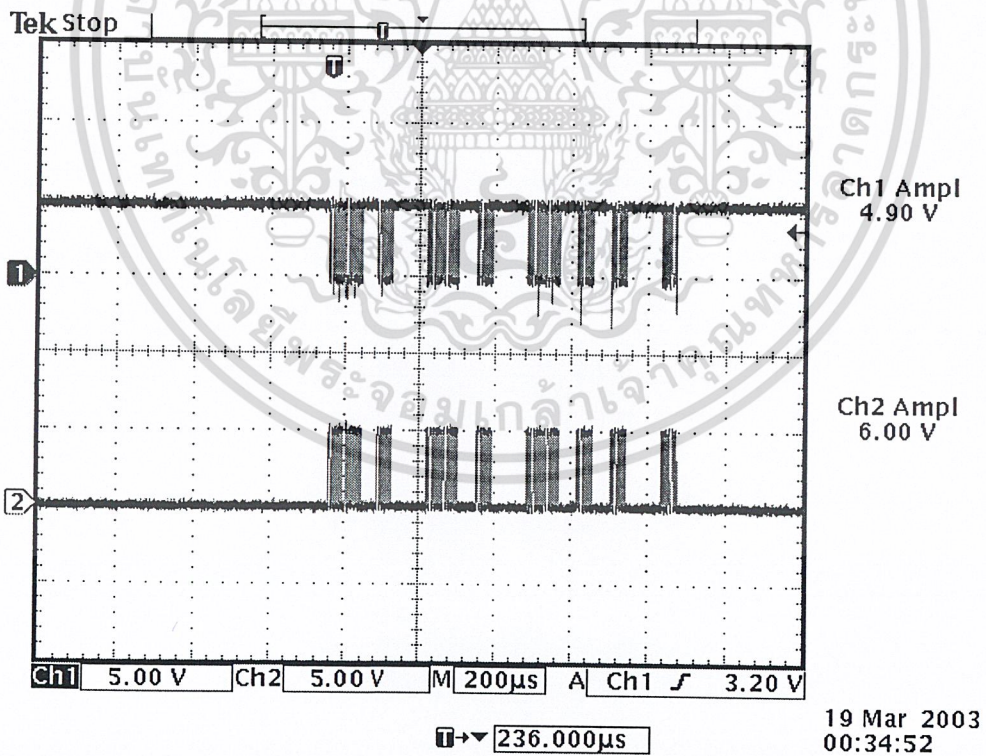


รูปที่ 4.7 แสดงสัญญาณของคีย์บอร์ดที่ถูกเพิ่มความถี่ไปเป็น 115 kHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

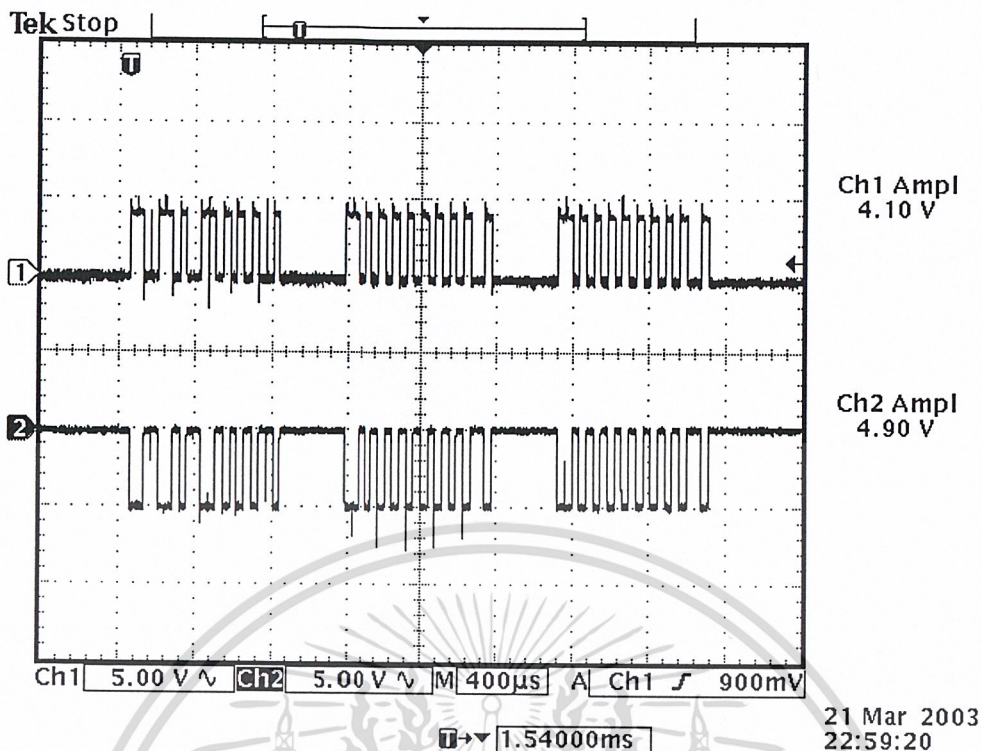


รูปที่ 4.8 แสดงสัญญาณของเมาส์ที่ถูกเพิ่มความถี่ไปเป็น 115 kHz

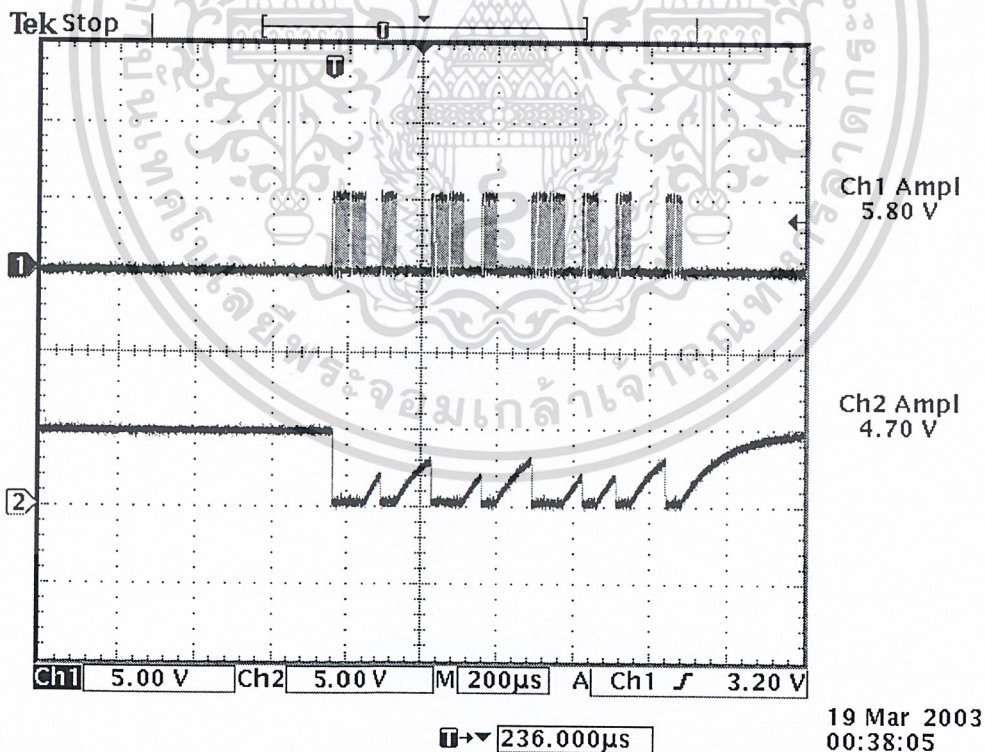


รูปที่ 4.9 แสดงสัญญาณของคีย์บอร์ดที่ไปผ่าน Schmitt trigger แบบอินเวอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

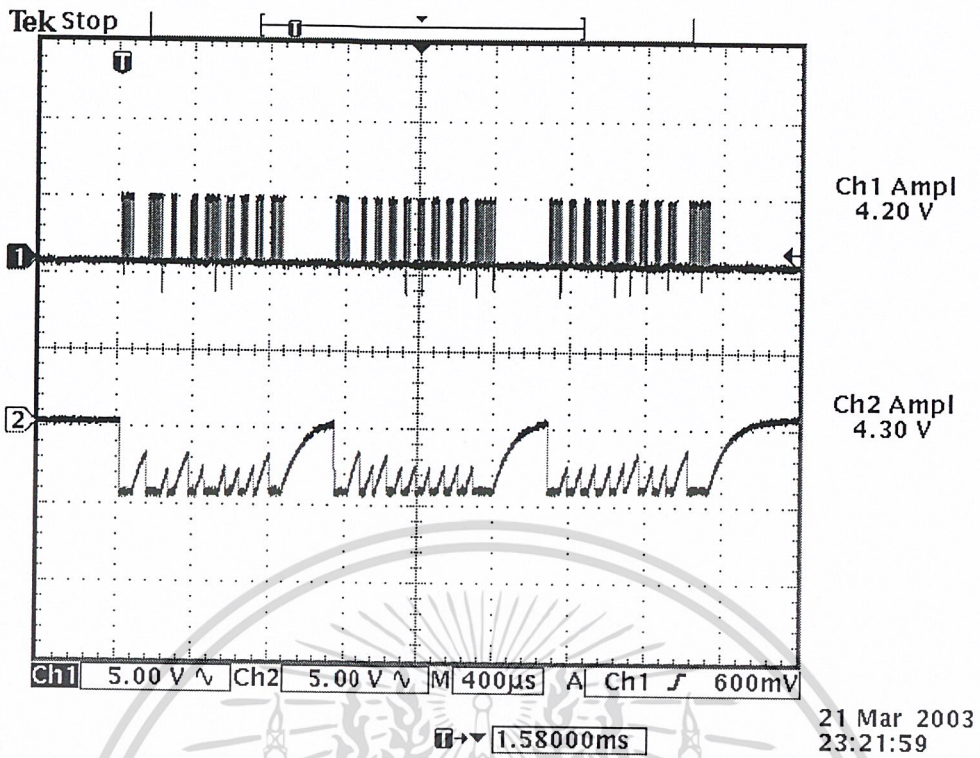


รูปที่ 4.10 แสดงสัญญาณของเมาส์ที่ไปผ่าน Schmitt trigger แบบอินเวอร์ส

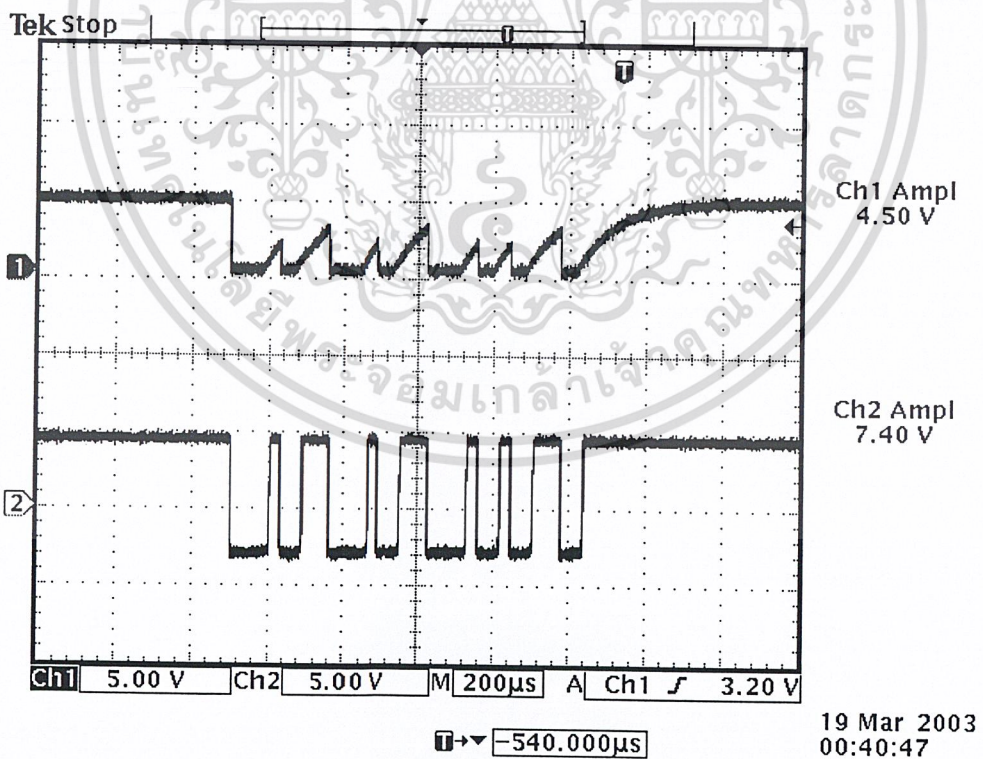


รูปที่ 4.11 แสดงสัญญาณของคีย์บอร์ดที่ทำการส่ง-รับผ่านตัว โมดูลอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

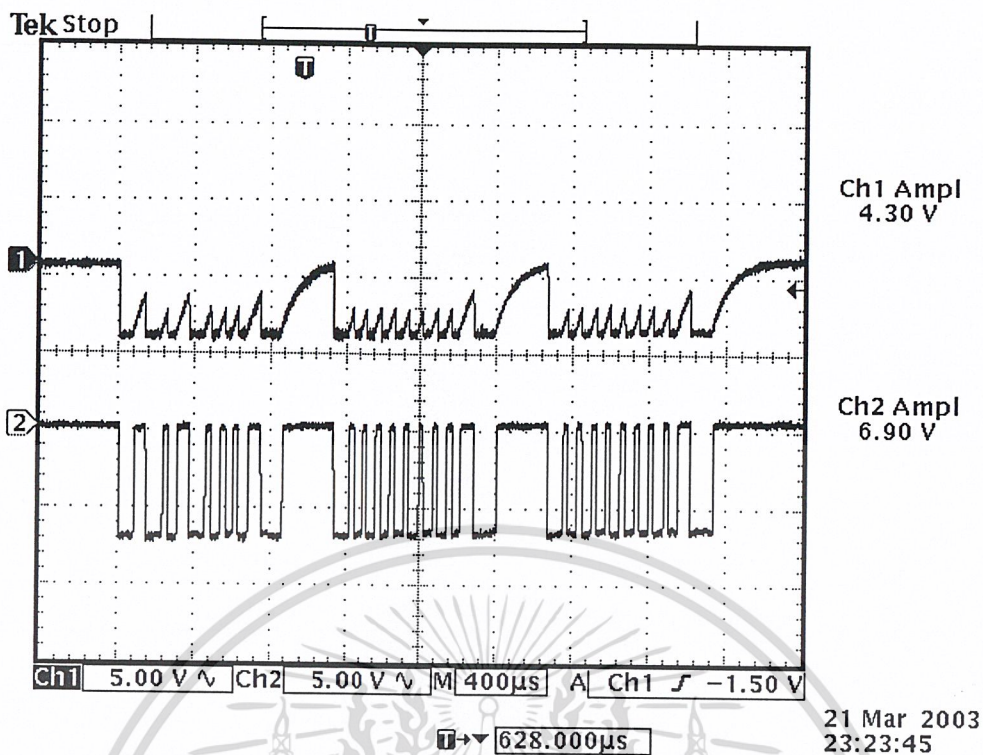


รูปที่ 4.12 แสดงสัญญาณของเมาส์ที่ทำการส่ง-รับผ่านตัวโมดูลอินฟราเรด

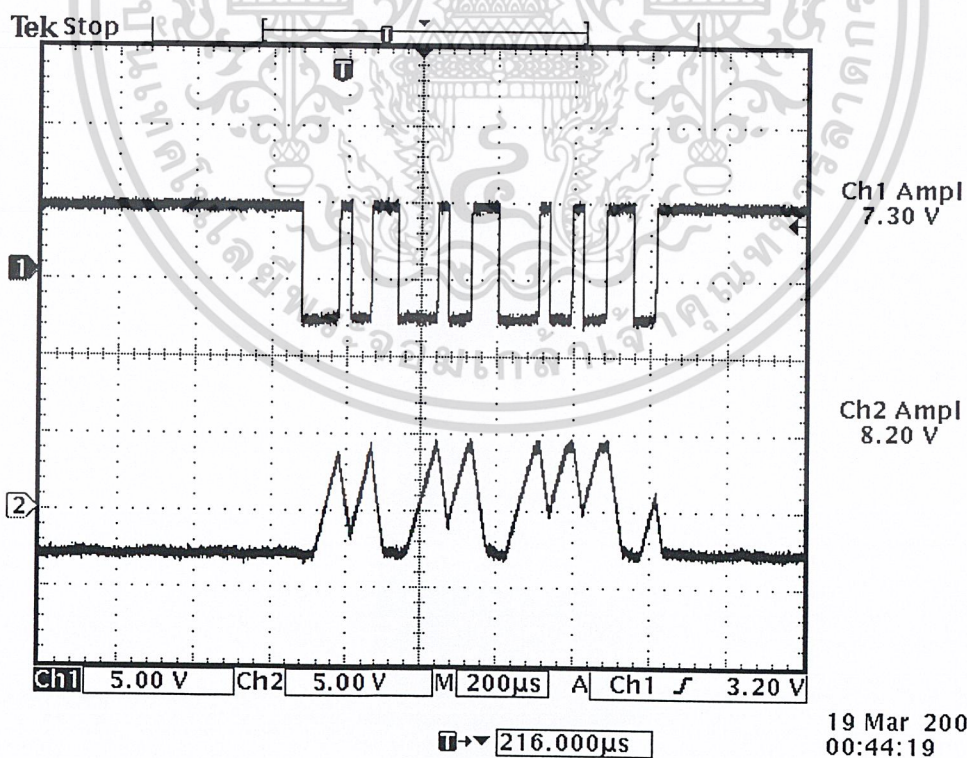


รูปที่ 4.13 แสดงสัญญาณของคีย์บอร์ดที่ผ่านวงจรเปรียบเทียบสัญญาณออกมา

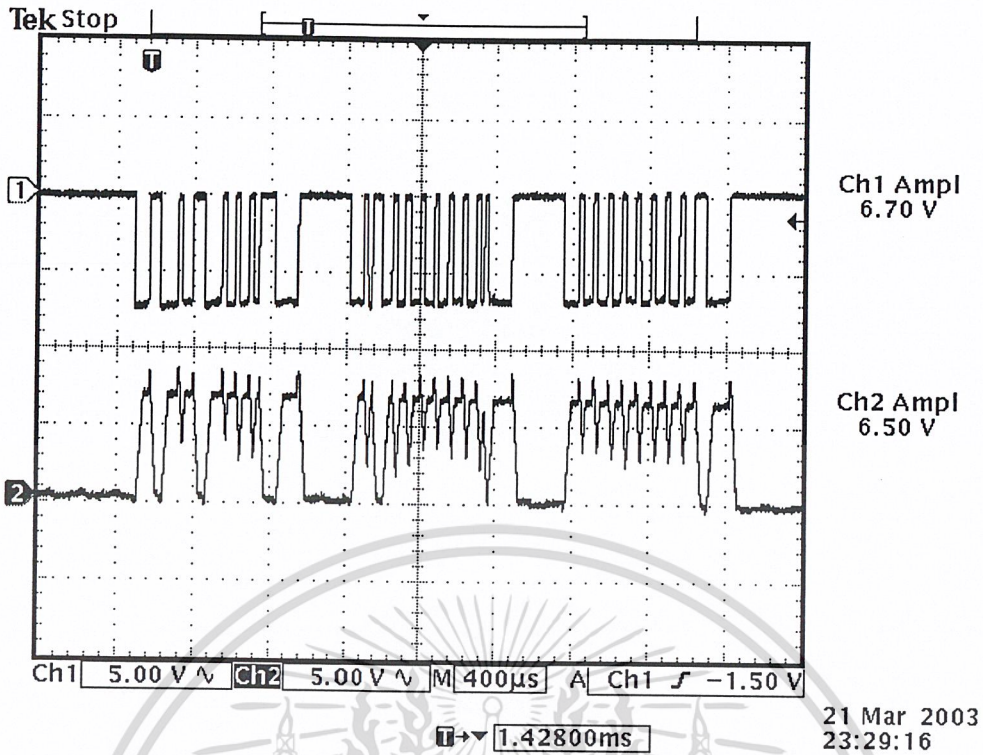
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า เป็นสัญญาณแมนเชสเตอร์  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



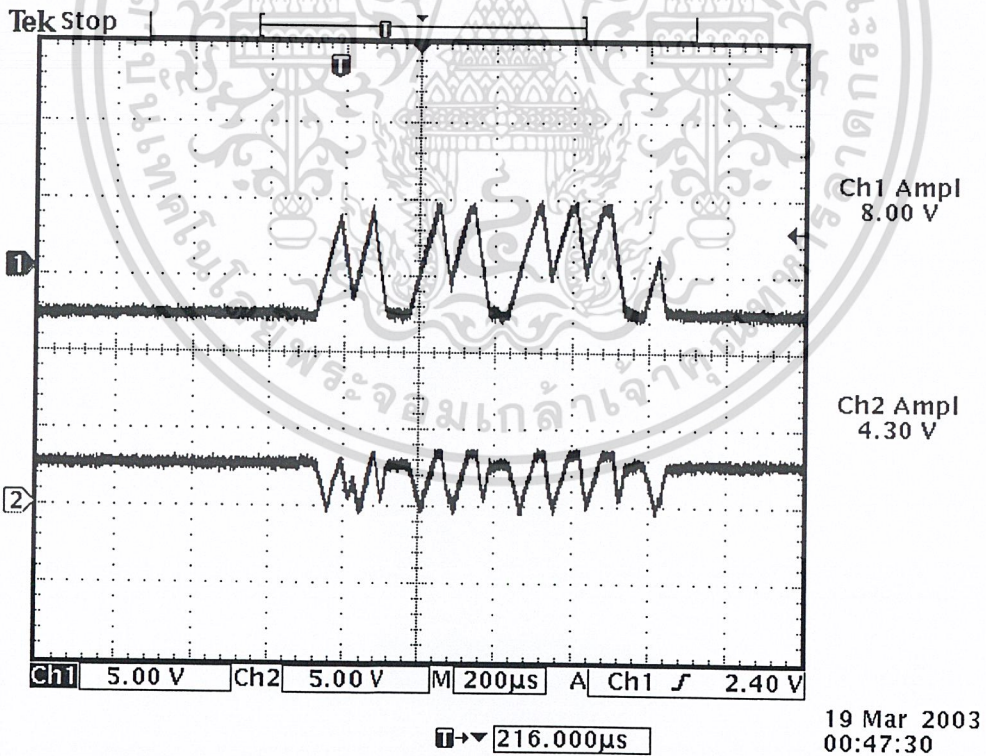
รูปที่ 4.14 แสดงสัญญาณของเมสที่ผ่านวงจรเปรียบเทียบกับสัญญาณออกมาเป็นสัญญาณแมนเชสเตอร์



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 4.15 แสดงสัญญาณแมนเชสเตอร์ของคีย์บอร์ดผ่านวงจรอินทรีเกรทที่ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

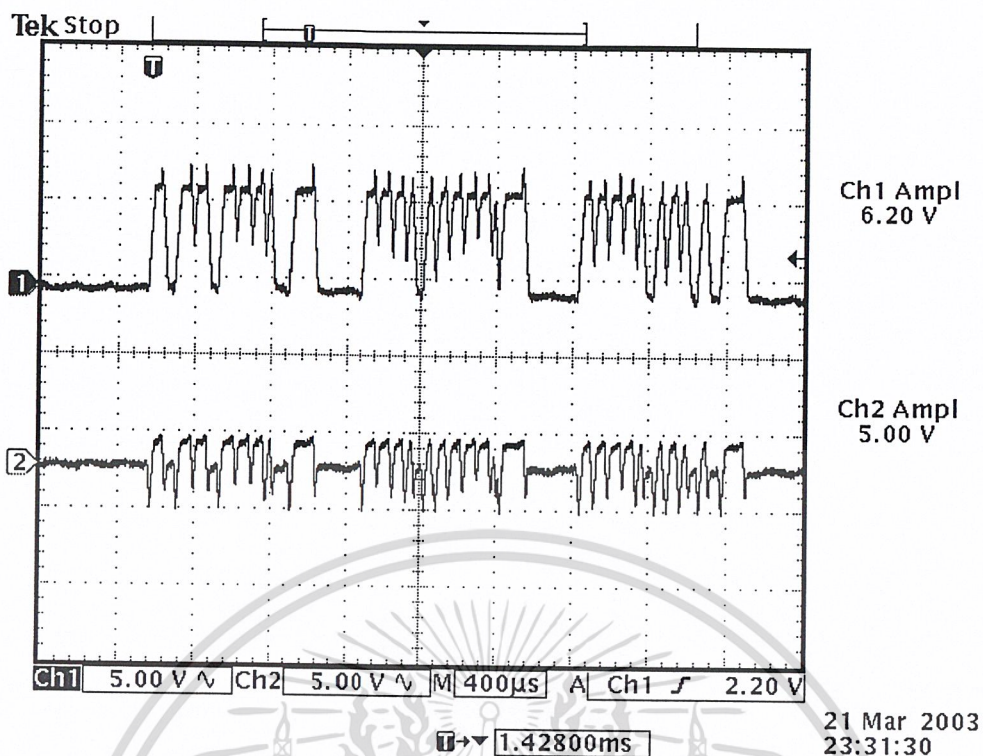


รูปที่ 4.16 แสดงสัญญาณแมนเชสเตอร์ของเมสส์ผ่านวงจรอินทรีเกรท

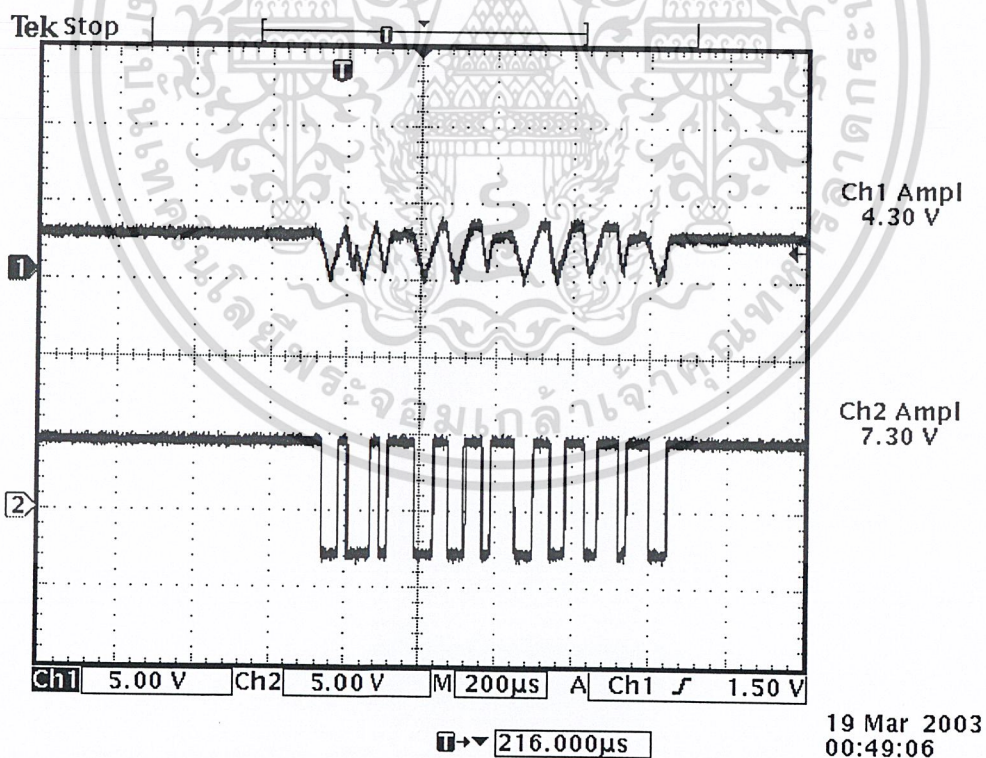


รูปที่ 4.17 แสดงสัญญาณอินทรีเกรทของคีย์บอร์ดผ่านวงจรค่าสัมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

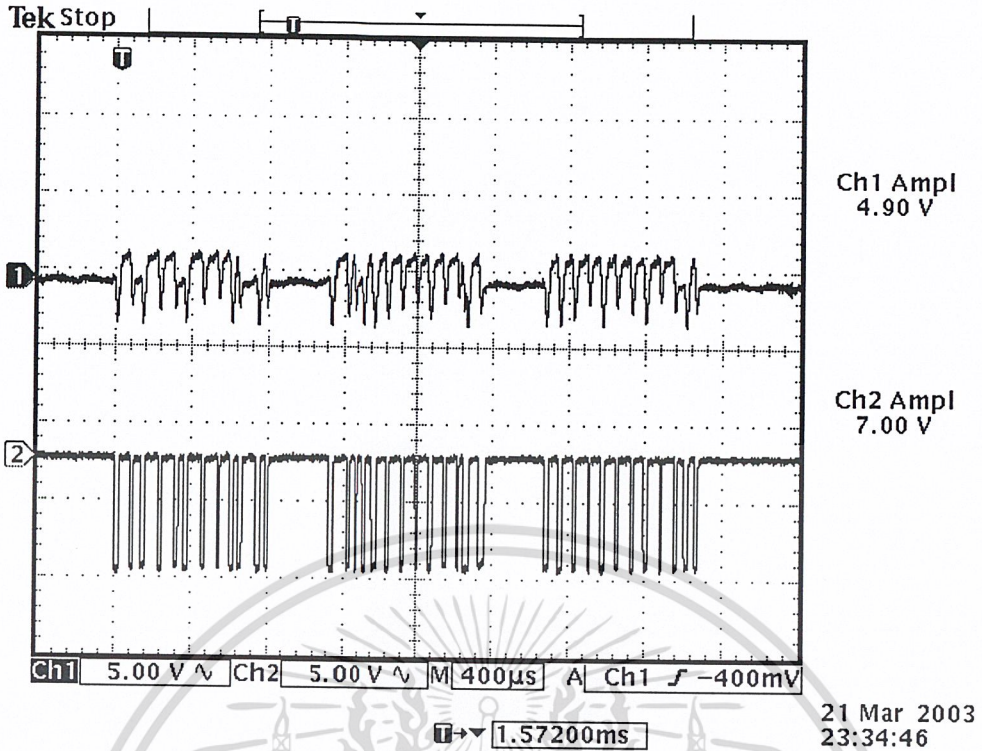


รูปที่ 4.18 แสดงสัญญาณอินทรีเกรดของเมสส์ผ่านวงจรค่าสัมบูรณ์

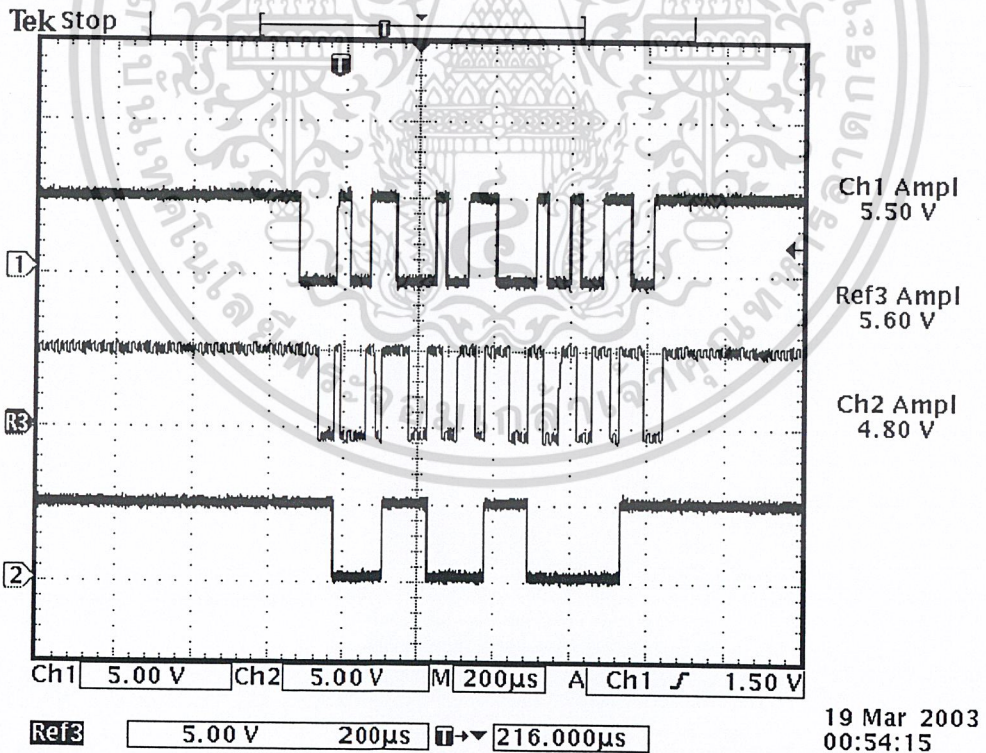


รูปที่ 4.19 แสดงสัญญาณค่าสัมบูรณ์ของดียบอร์คผ่านวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

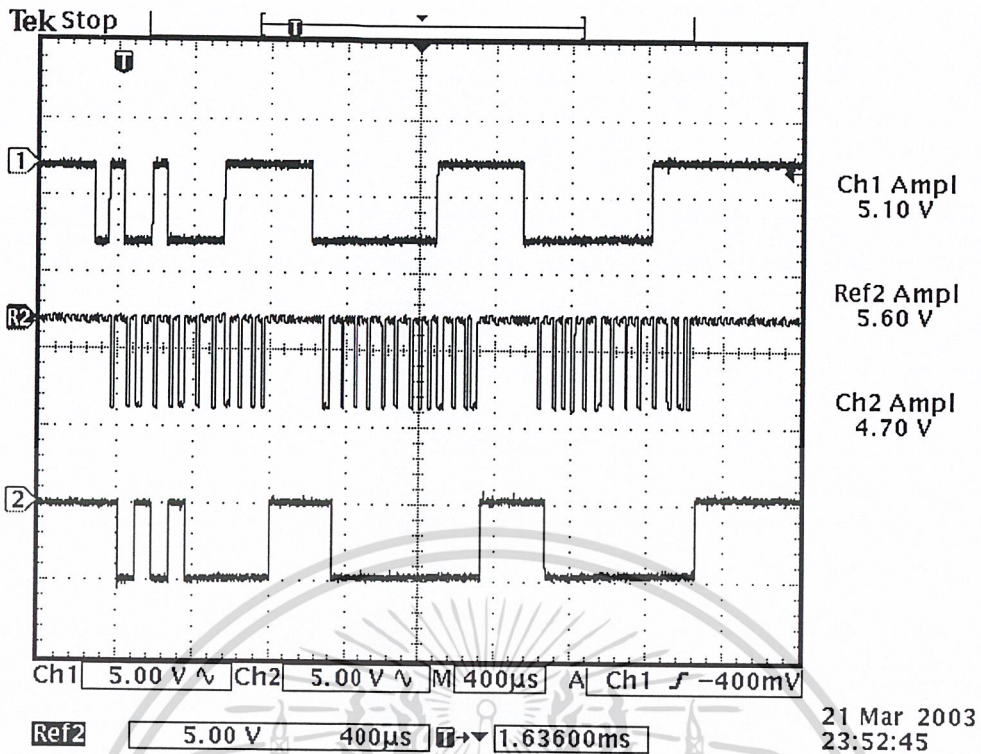


รูปที่ 4.20 แสดงสัญญาณค่าสัมบูรณ์ของเมตาส์ผ่านวงจรเปรียบเทียบสัญญาณ

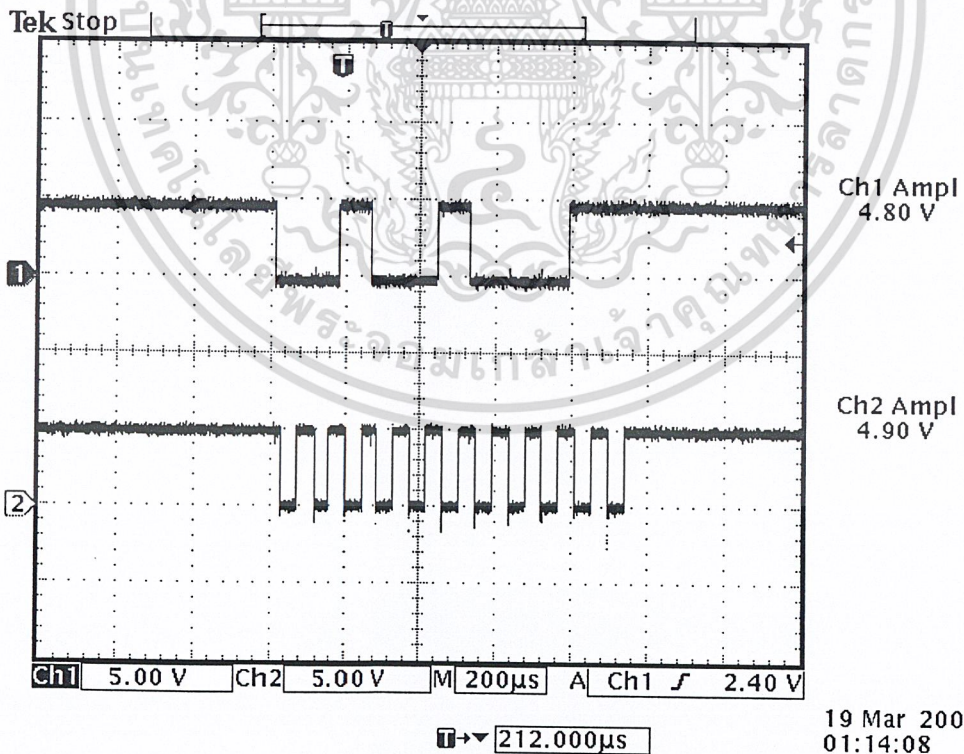


รูปที่ 4.21 แสดงสัญญาณข้อมูลคีย์บอร์ดที่ตีเทกได้จาก D-FF

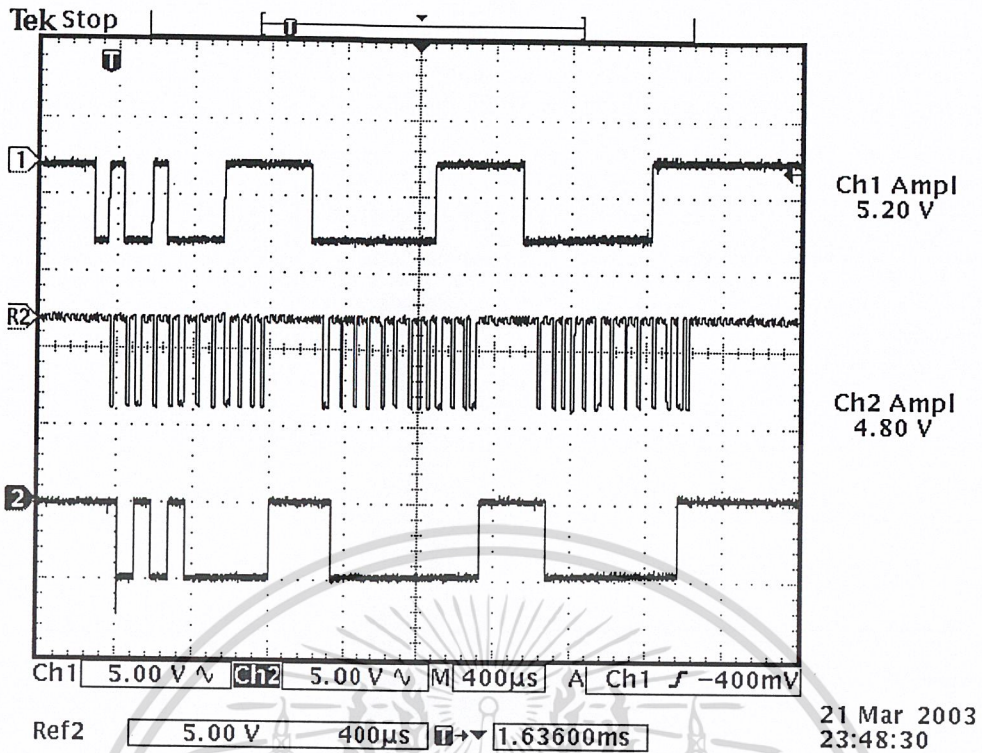
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 แสดงสัญญาณข้อมูลเมสที่ตีเทกได้จาก D-FF



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์โดยบริษัทไมโครคอนโทรลเลอร์ จำกัด  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 แสดงสัญญาณที่ได้จาก MCS-51 หลังจากทำการหน่วยเวลาของสัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### บทวิจารณ์และบทสรุป

ปริญญาานิพนธ์นี้ได้ศึกษาเกี่ยวกับการรับ-ส่งข้อมูลของ เมาส์และคีย์บอร์ด โดยใช้สัญญาณอินฟราเรดเป็นคลื่นพาหะในการรับ-ส่ง ซึ่งจากทดลองที่ผ่านมายังประสบกับปัญหาอยู่มากเนื่องจากการลดทอนของสัญญาณมีสูงมาก ทำให้ส่งได้ในระยะไม่ไกลเท่าที่ควร อีกทั้งยังมีการรบกวนของสิ่งแวดล้อมทำให้เกิดนอยส์ (Noise) เป็นผลทำให้ประสิทธิภาพในการรับส่งค่อยลงไปด้วย ซึ่งการแก้ไขนั้นอาจจะทำได้โดยใช้ความถี่ที่เหมาะสมในการมอดูเลท หรืออาจจะเพิ่มกำลังส่งให้สูงขึ้นอีกแต่ต้องคำนึงถึงตัวอุปกรณ์ที่มีขีดจำกัดทางด้านของกำลังส่งอยู่ด้วย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROGRAM GENERATE CLOCK 115KHz AND PERFECT SIGNAL

```

ORG          0100H
MOV          P1,#0FFH
MOV          P3,#0FFH
MAIN0:      MOV          C,P1.5
            JNC          MAIN2
            MOV          C,P1.2
            JNC          MAIN1
            MOV          C,P1.3
            JC           MAIN0
MAIN1:      MOV          R0,#0E0H
F115K:      CPL          P1.4
            NOP
            DJNZ         R0,F115K
            CPL          P3.5
            CPL          P3.5
            LJMP        MAIN0
MAIN2:      CLR          P1.7
            CLR          P3.1
            NOP
            MOV          R1,#15H
LINE1:      DJNZ         R1,LINE1
            MOV          R0,#0BH
LOOP:       MOV          P1.6,C
            MOV          P3.0,C
            NOP
            MOV          R1,#05H
LINE2:      DJNZ         R1,LINE2
            SETB         P1.7
            SETB         P3.1
            NOP
            MOV          R1,#12H
LINE3:      DJNZ         R1,LINE3
            CLR          P1.7
            CLR          P3.1
            NOP
            MOV          C,P1.5
            MOV          R1,#09H
LINE4:      DJNZ         R1,LINE4
            DJNZ         R0,LOOP
            SETB         P1.6
            SETB         P1.7
            SETB         P3.0
            SETB         P3.1
            LJMP        MAIN0
            END
    
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PROGRAM ANSWER MOUSE

```

ORG          0000H
MAIN:        MOV          P1,#0FFH
             MOV          C,P1.2
             JC           MAIN
             MOV          R0,#08H
             MOV          P1.4,C
             CLR          A
LOOP0:       MOV          R1,#21H
             DJNZ        R1,LOOP0
             NOP
             MOV          C,P1.2
             NOP
             NOP
BIT:         MOV          P1.4,C
             MOV          ACC.0,C
LOOP1:       MOV          R1,#21H
             DJNZ        R1,LOOP1
             RL           A
             MOV          C,P1.2
             DJNZ        R0,BIT
             CJNE        A,#0AAH,JUMP
             LJMP        CHECK00
JUMP:        LJMP        MAIN
CHECK00:     MOV          C,P1.2
             JC           CHECK00
             MOV          R0,#08H
             NOP
             NOP
             MOV          P1.4,C
             CLR          A
LOOP2:       MOV          R1,#21H
             DJNZ        R1,LOOP2
             NOP
             MOV          C,P1.2
             NOP
             NOP
BIT1:        MOV          P1.4,C
             MOV          ACC.0,C
LOOP3:       MOV          R1,#21H
             DJNZ        R1,LOOP3
             RL           A
             MOV          C,P1.2
             DJNZ        R0,BIT1
             CJNE        A,#00H,JUMP1
             LJMP        F4
JUMP1:       LJMP        MAIN
F4:          MOV          R1,#73H
L:           DJNZ        R1,L
             CLR          P1.3
             MOV          R1,#27H
L1:          DJNZ        R1,L1
             CLR          P1.2
             MOV          R1,#63H
LOOP4:       DJNZ        R1,LOOP4
             SETB        P1.3
             MOV          R1,#27H
LOOP5:       DJNZ        R1,LOOP5
             CLR          P1.3

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นไว้สำหรับศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV          R1,#09H
LOOP6:      DJNZ      R1,LOOP6
           SETB      P1.2
           MOV       R0,#08H
           MOV       R1,#08H
LOOP7:      DJNZ      R1,LOOP7
           NOP
CLOCK:      SETB      P1.3
           MOV       R1,#13H
LOOP8:      DJNZ      R1,LOOP8
           CLR       P1.3
           MOV       R1,#12H
LOOP9:      DJNZ      R1,LOOP9
           DJNZ      R0,CLOCK
           SETB      P1.3
           MOV       R1,#13H
LOOP10:     DJNZ      R1,LOOP10
           CLR       P1.3
           MOV       R1,#09H
LOOP11:     DJNZ      R1,LOOP11
           CLR       P1.2
           MOV       R1,#09H
LOOP12:     DJNZ      R1,LOOP12
           SETB      P1.3
           MOV       R1,#13H
LOOP13:     DJNZ      R1,LOOP13
           CLR       P1.3
           MOV       R1,#09H
LOOP14:     DJNZ      R1,LOOP14
           SETB      P1.2
           MOV       R1,#09H
LOOP15:     DJNZ      R1,LOOP15
           SETB      P1.3
           MOV       R1,#50H
L2:         DJNZ      R1,L2
           CLR       P1.2
           MOV       R1,#09H
LOOP16:     DJNZ      R1,LOOP16
           CLR       P1.3
           MOV       R1,#13H
LOOP17:     DJNZ      R1,LOOP17
           SETB      P1.3
           MOV       R1,#13H
LOOP18:     DJNZ      R1,LOOP18
           CLR       P1.3
           MOV       R1,#13H
LOOP19:     DJNZ      R1,LOOP19
           SETB      P1.3
           MOV       R1,#09H
LOOP20:     DJNZ      R1,LOOP20
           SETB      P1.2
           MOV       R1,#09H
LOOP21:     DJNZ      R1,LOOP21
           CLR       P1.3
           MOV       R1,#13H
LOOP22:     DJNZ      R1,LOOP22
           SETB      P1.3
           MOV       R1,#09H
LOOP23:     DJNZ      R1,LOOP23
           CLR       P1.2
           MOV       R1,#09H

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นไว้สำหรับศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

LOOP24 :   DJNZ     R1, LOOP24
           CLR      P1.3
           MOV      R1, #13H
LOOP25 :   DJNZ     R1, LOOP25
           SETB    P1.3
           MOV      R1, #09H
LOOP26 :   DJNZ     R1, LOOP26
           SETB    P1.2
           MOV      R1, #09H
LOOP27 :   DJNZ     R1, LOOP27
           CLR      P1.3
           MOV      R0, #0DH
           NOP
CLOCK1 :   MOV      R1, #12H
LOOP28 :   DJNZ     R1, LOOP28
           CPL      P1.3
           DJNZ     R0, CLOCK1

LJMP     MAIN
END

```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## Features

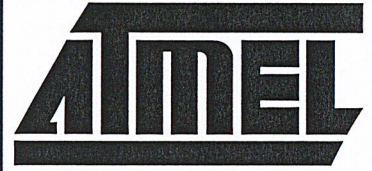
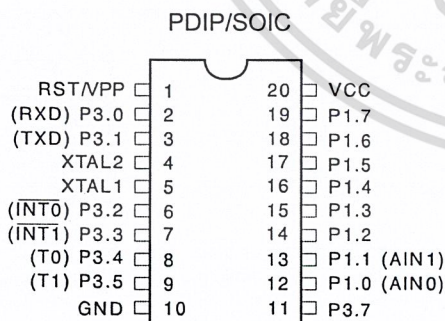
- Compatible with MCS-51™ Products
- 2K Bytes of Reprogrammable Flash Memory
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 2.7V to 6V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Two-Level Program Memory Lock
- 128 x 8-Bit Internal RAM
- 15 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial UART Channel
- Direct LED Drive Outputs
- On-Chip Analog Comparator
- Low Power Idle and Power Down Modes

## Description

The AT89C2051 is a low-voltage, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 2K 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. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C2051 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The AT89C2051 provides the following standard features: 2K Bytes of Flash, 128 bytes of RAM, 15 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, a precision analog comparator, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C2051 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 Configuration



## 8-Bit Microcontroller with 2K Bytes Flash

### AT89C2051

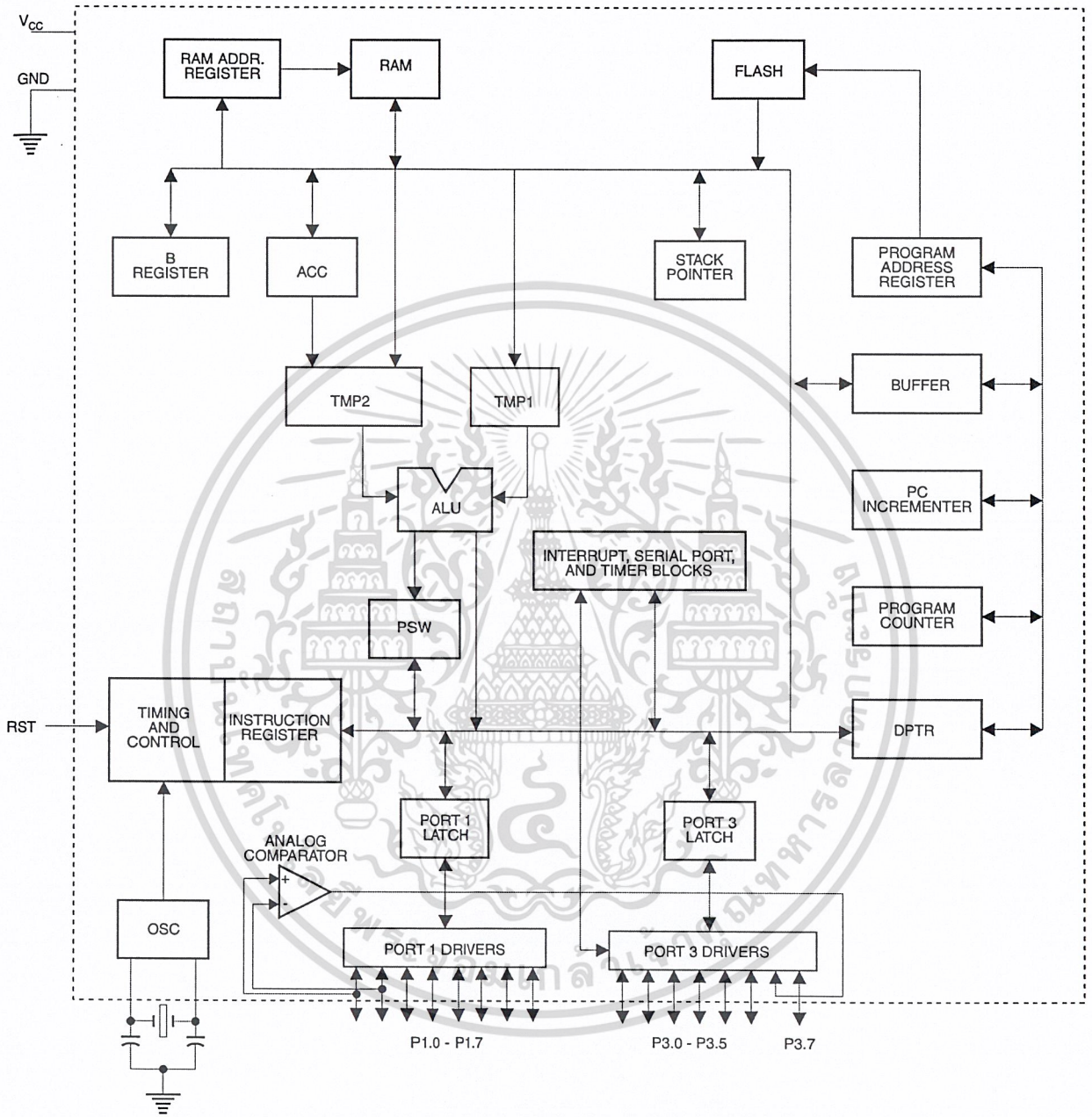
0368D-B-12/97



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการเป็นเจ้าของเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า 4-15

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### Block Diagram



## Pin Description

**V<sub>CC</sub>**  
Supply voltage.

**GND**  
Ground.

### Port 1

Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port. Port pins P1.2 to P1.7 provide internal pullups. P1.0 and P1.1 require external pullups. P1.0 and P1.1 also serve as the positive input (AIN0) and the negative input (AIN1), respectively, of the on-chip precision analog comparator. The Port 1 output buffers can sink 20 mA and can drive LED displays directly. When 1s are written to Port 1 pins, they can be used as inputs. When pins P1.2 to P1.7 are used as inputs and are externally pulled low, they will source current ( $I_{IL}$ ) because of the internal pullups.

Port 1 also receives code data during Flash programming and verification.

### Port 3

Port 3 pins P3.0 to P3.5, P3.7 are seven bidirectional I/O pins with internal pullups. P3.6 is hard-wired as an input to the output of the on-chip comparator and is not accessible as a general purpose I/O pin. The Port 3 output buffers can sink 20 mA. 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 AT89C2051 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{\text{INT0}}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{\text{INT1}}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (timer 0 external input)
P3.5	T1 (timer 1 external input)

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

### RST

Reset input. All I/O pins are reset to 1s as soon as RST goes high. Holding the RST pin high for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

Each machine cycle takes 12 oscillator or clock cycles.

### XTAL1

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

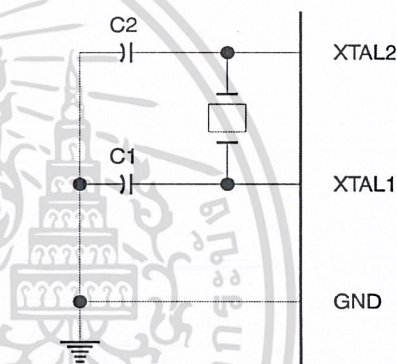
### XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

## Oscillator Characteristics

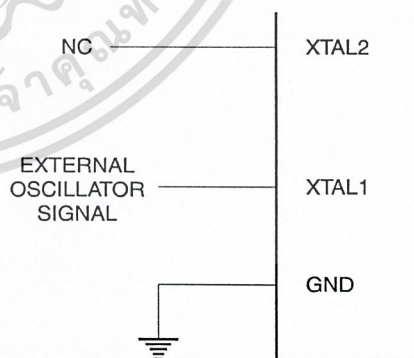
XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected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

Figure 1. Oscillator Connections



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

Figure 2. External Clock Drive Configuration





## Special Function Registers

A map of the on-chip memory area called the Special Function Register (SFR) space is shown in the table below.

Note that not all of the addresses are occupied, and unoccupied addresses may not be implemented on the chip. Read accesses to these addresses will in general return random data, and write accesses will have an indeterminate effect.

User software should not write 1s to these unlisted locations, since they may be used in future products to invoke new features. In that case, the reset or inactive values of the new bits will always be 0.

**Table 1. AT89C2051 SFR Map and Reset Values**

0F8H								0FFH
0F0H	B 00000000							0F7H
0E8H								0EFH
0E0H	ACC 00000000							0E7H
0D8H								0DFH
0D0H	PSW 00000000							0D7H
0C8H								0CFH
0C0H								0C7H
0B8H	IP XXX00000							0BFH
0B0H	P3 11111111							0B7H
0A8H	IE 0XX00000							0AFH
0A0H								0A7H
98H	SCON 00000000	SBUF XXXXXXXX						9FH
90H	P1 11111111							97H
88H	TCON 00000000	TMOD 00000000	TL0 00000000	TL1 00000000	TH0 00000000	TH1 00000000		8FH
80H		SP 00000111	DPL 00000000	DPH 00000000			PCON 0XXX0000	87H

## Restrictions on Certain Instructions

The AT89C2051 and is an economical and cost-effective member of Atmel's growing family of microcontrollers. It contains 2K bytes of flash program memory. It is fully compatible with the MCS-51 architecture, and can be programmed using the MCS-51 instruction set. However, there are a few considerations one must keep in mind when utilizing certain instructions to program this device.

All the instructions related to jumping or branching should be restricted such that the destination address falls within the physical program memory space of the device, which is 2K for the AT89C2051. This should be the responsibility of the software programmer. For example, LJMP 7E0H would be a valid instruction for the AT89C2051 (with 2K of memory), whereas LJMP 900H would not.

### 1. Branching instructions:

LCALL, LJMP, ACALL, AJMP, SJMP, JMP @A+DPTR

These unconditional branching instructions will execute correctly as long as the programmer keeps in mind that the destination branching address must fall within the physical boundaries of the program memory size (locations 00H to 7FFH for the 89C2051). Violating the physical space limits may cause unknown program behavior.

CJNE [...], DJNZ [...], JB, JNB, JC, JNC, JBC, JZ, JNZ With these conditional branching instructions the same rule above applies. Again, violating the memory boundaries may cause erratic execution.

For applications involving interrupts the normal interrupt service routine address locations of the 80C51 family architecture have been preserved.

### 2. MOVX-related instructions, Data Memory:

The AT89C2051 contains 128 bytes of internal data memory. Thus, in the AT89C2051 the stack depth is limited to 128 bytes, the amount of available RAM. External DATA memory access is not supported in this device, nor is external PROGRAM memory execution. Therefore, no MOVX [...] instructions should be included in the program.

A typical 80C51 assembler will still assemble instructions, even if they are written in violation of the restrictions mentioned above. It is the responsibility of the controller user to know the physical features and limitations of the device being used and adjust the instructions used correspondingly.

## Program Memory Lock Bits

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

### Lock Bit Protection Modes<sup>(1)</sup>

Program Lock Bits			Protection Type
	LB1	LB2	
1	U	U	No program lock features.
2	P	U	Further programming of the Flash is disabled.
3	P	P	Same as mode 2, also verify is disabled.

Note: 1. The Lock Bits can only be erased with the Chip Erase operation.

## 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.

P1.0 and P1.1 should be set to '0' if no external pullups are used, or set to '1' if external pullups are used.

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.

## 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 Registers 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<sub>CC</sub> is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

P1.0 and P1.1 should be set to '0' if no external pullups are used, or set to '1' if external pullups are used.



## Programming The Flash

The AT89C2051 is shipped with the 2K bytes of on-chip PEROM code memory array in the erased state (i.e., contents = FFH) and ready to be programmed. The code memory array is programmed one byte at a time. *Once the array is programmed, to re-program any non-blank byte, the entire memory array needs to be erased electrically.*

**Internal Address Counter:** The AT89C2051 contains an internal PEROM address counter which is always reset to 000H on the rising edge of RST and is advanced by applying a positive going pulse to pin XTAL1.

**Programming Algorithm:** To program the AT89C2051, the following sequence is recommended.

1. Power-up sequence:  
Apply power between  $V_{CC}$  and GND pins  
Set RST and XTAL1 to GND
2. Set pin RST to 'H'  
Set pin P3.2 to 'H'
3. Apply the appropriate combination of 'H' or 'L' logic levels to pins P3.3, P3.4, P3.5, P3.7 to select one of the programming operations shown in the PEROM Programming Modes table.

To Program and Verify the Array:

4. Apply data for Code byte at location 000H to P1.0 to P1.7.
5. Raise RST to 12V to enable programming.
6. Pulse P3.2 once to program a byte in the PEROM array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes 1.2 ms.
7. To verify the programmed data, lower RST from 12V to logic 'H' level and set pins P3.3 to P3.7 to the appropriate levels. Output data can be read at the port P1 pins.
8. To program a byte at the next address location, pulse XTAL1 pin once to advance the internal address counter. Apply new data to the port P1 pins.
9. Repeat steps 5 through 8, changing data and advancing the address counter for the entire 2K bytes array or until the end of the object file is reached.
10. Power-off sequence:  
set XTAL1 to 'L'  
set RST to 'L'  
Turn  $V_{CC}$  power off

**Data Polling:** The AT89C2051 features  $\overline{\text{Data}}$  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 data on P1.7. Once the write cycle has been completed, true data is valid on all outputs, and the next cycle may begin.  $\overline{\text{Data}}$  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 RDY/BSY output signal. Pin P3.1 is pulled low after P3.2 goes High during programming to indicate BUSY. P3.1 is pulled High again when programming is done to indicate READY.

**Program Verify:** If lock bits LB1 and LB2 have not been programmed code data can be read back via the data lines for verification:

1. Reset the internal address counter to 000H by bringing RST from 'L' to 'H'.
2. Apply the appropriate control signals for Read Code data and read the output data at the port P1 pins.
3. Pulse pin XTAL1 once to advance the internal address counter.
4. Read the next code data byte at the port P1 pins.
5. Repeat steps 3 and 4 until the entire array is read.

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 PEROM array (2K bytes) and the two Lock Bits are erased electrically by using the proper combination of control signals and by holding P3.2 low for 10 ms. The code array is written with all "1"s in the Chip Erase operation and must be executed before any non-blank memory byte can be re-programmed.

**Reading the Signature Bytes:** The signature bytes are read by the same procedure as a normal verification of locations 000H, 001H, and 002H, except that P3.5 and P3.7 must be pulled to a logic low. The values returned are as follows.

- (000H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
- (001H) = 21H indicates 89C2051

## 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/VPP	P3.2/ $\overline{\text{PROG}}$	P3.3	P3.4	P3.5	P3.7
Write Code Data <sup>(1)(3)</sup>		12V		L	H	H	H
Read Code Data <sup>(1)</sup>		H	H	L	L	H	H
Write Lock	Bit - 1	12V		H	H	H	H
	Bit - 2	12V		H	H	L	L
Chip Erase		12V		H	L	L	L
Read Signature Byte		H	H	L	L	L	L

- Notes:
1. The internal PEROM address counter is reset to 000H on the rising edge of RST and is advanced by a positive pulse at XTAL 1 pin.
  2. Chip Erase requires a 10-ms  $\overline{\text{PROG}}$  pulse.
  3. P3.1 is pulled Low during programming to indicate RDY/BSY.

Figure 3. Programming the Flash Memory

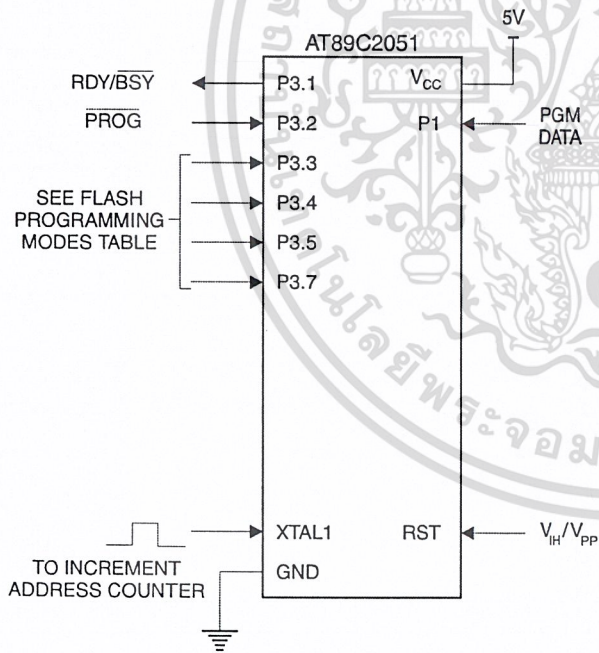
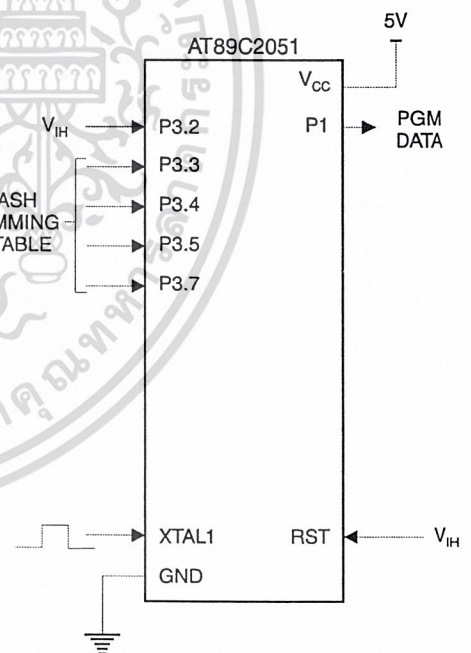


Figure 4. Verifying the Flash Memory





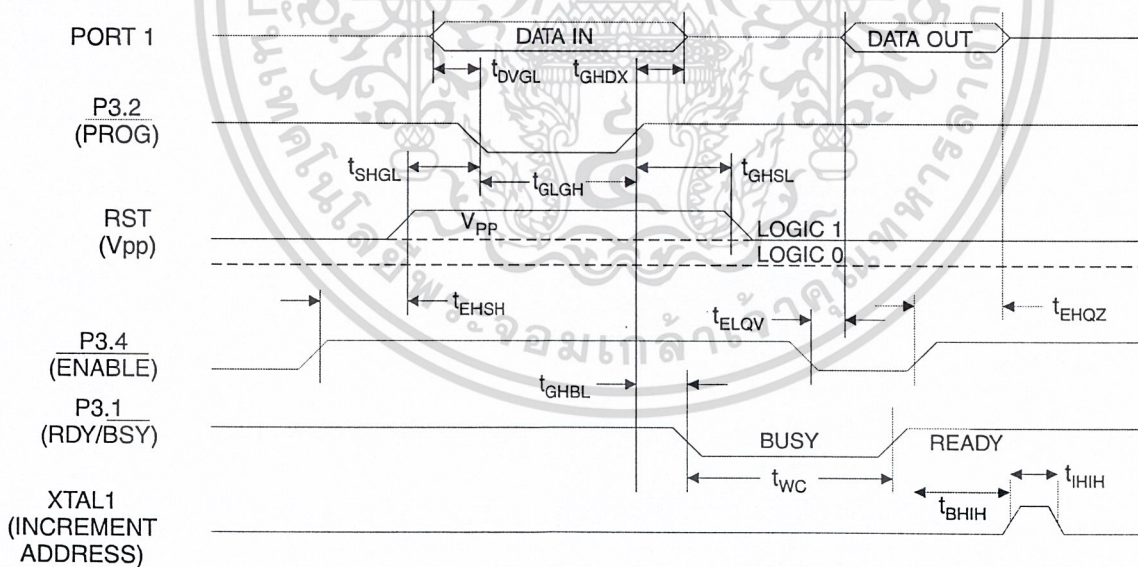
## Flash Programming and Verification Characteristics

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

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
$V_{PP}$	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
$I_{PP}$	Programming Enable Current		250	$\mu\text{A}$
$t_{DVGL}$	Data Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	1.0		$\mu\text{s}$
$t_{GHDX}$	Data Hold After $\overline{\text{PROG}}$	1.0		$\mu\text{s}$
$t_{EHS}$	P3.4 ( $\overline{\text{ENABLE}}$ ) High to $V_{PP}$	1.0		$\mu\text{s}$
$t_{SHGL}$	$V_{PP}$ Setup to $\overline{\text{PROG}}$ Low	10		$\mu\text{s}$
$t_{GHSL}$	$V_{PP}$ Hold After $\overline{\text{PROG}}$	10		$\mu\text{s}$
$t_{GLGH}$	$\overline{\text{PROG}}$ Width	1	110	$\mu\text{s}$
$t_{ELQV}$	$\overline{\text{ENABLE}}$ Low to Data Valid		1.0	$\mu\text{s}$
$t_{EHQZ}$	Data Float After $\overline{\text{ENABLE}}$	0	1.0	$\mu\text{s}$
$t_{GHBL}$	$\overline{\text{PROG}}$ High to $\overline{\text{BUSY}}$ Low		50	ns
$t_{WC}$	Byte Write Cycle Time		2.0	ms
$t_{BHIH}$	$\text{RDY}/\overline{\text{BSY}}$ to Increment Clock Delay	1.0		$\mu\text{s}$
$t_{IHIL}$	Increment Clock High	200		ns

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

## Flash Programming and Verification Waveforms



## 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.....	25.0 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

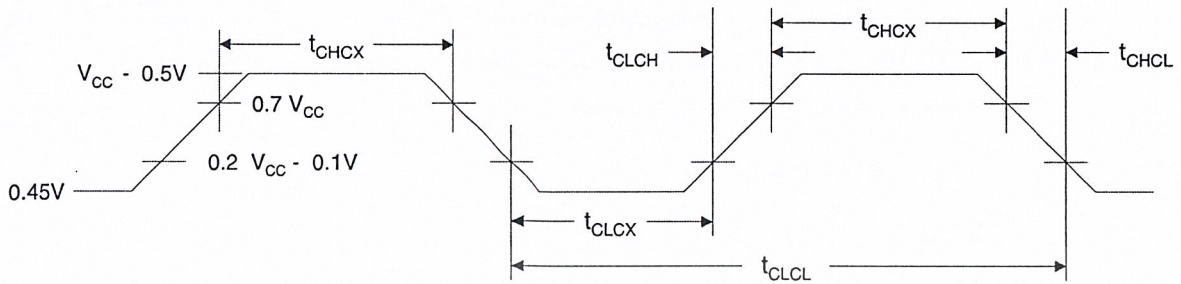
T<sub>A</sub> = -40°C to 85°C, V<sub>CC</sub> = 2.0V to 6.0V (unless otherwise noted)

Symbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
V <sub>IL</sub>	Input Low Voltage		-0.5	0.2 V <sub>CC</sub> - 0.1	V
V <sub>IH</sub>	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V <sub>CC</sub> + 0.9	V <sub>CC</sub> + 0.5	V
V <sub>IH1</sub>	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V <sub>CC</sub>	V <sub>CC</sub> + 0.5	V
V <sub>OL</sub>	Output Low Voltage <sup>(1)</sup> (Ports 1, 3)	I <sub>OL</sub> = 20 mA, V <sub>CC</sub> = 5V I <sub>OL</sub> = 10 mA, V <sub>CC</sub> = 2.7V		0.5	V
V <sub>OH</sub>	Output High Voltage (Ports 1, 3)	I <sub>OH</sub> = -80 μA, V <sub>CC</sub> = 5V ± 10%	2.4		V
		I <sub>OH</sub> = -30 μA	0.75 V <sub>CC</sub>		V
		I <sub>OH</sub> = -12 μA	0.9 V <sub>CC</sub>		V
I <sub>IL</sub>	Logical 0 Input Current (Ports 1, 3)	V <sub>IN</sub> = 0.45V		-50	μA
I <sub>TL</sub>	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1, 3)	V <sub>IN</sub> = 2V, V <sub>CC</sub> = 5V ± 10%		-750	μA
I <sub>LI</sub>	Input Leakage Current (Port P1.0, P1.1)	0 < V <sub>IN</sub> < V <sub>CC</sub>		±10	μA
V <sub>OS</sub>	Comparator Input Offset Voltage	V <sub>CC</sub> = 5V		20	mV
V <sub>CM</sub>	Comparator Input Common Mode Voltage		0	V <sub>CC</sub>	V
RRST	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
C <sub>IO</sub>	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T <sub>A</sub> = 25°C		10	pF
I <sub>CC</sub>	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz, V <sub>CC</sub> = 6V/3V		15/5.5	mA
		Idle Mode, 12 MHz, V <sub>CC</sub> = 6V/3V P1.0 & P1.1 = 0V or V <sub>CC</sub>		5/1	mA
	Power Down Mode <sup>(2)</sup>	V <sub>CC</sub> = 6V P1.0 & P1.1 = 0V or V <sub>CC</sub>		100	μA
		V <sub>CC</sub> = 3V P1.0 & P1.1 = 0V or V <sub>CC</sub>		20	μA

- Notes: 1. Under steady state (non-transient) conditions, I<sub>OL</sub> must be externally limited as follows:  
 Maximum I<sub>OL</sub> per port pin: 20 mA  
 Maximum total I<sub>OL</sub> for all output pins: 80 mA  
 If I<sub>OL</sub> exceeds the test condition, V<sub>OL</sub> may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.
2. Minimum V<sub>CC</sub> for Power Down is 2V.



## External Clock Drive Waveforms



## External Clock Drive

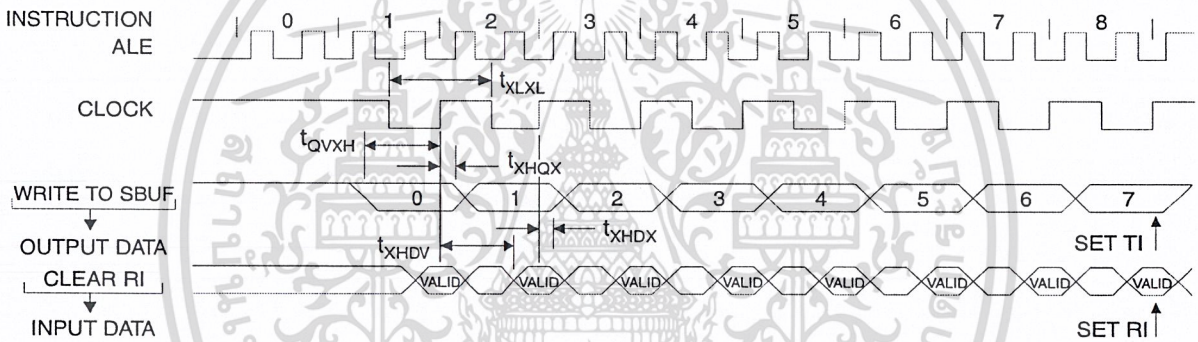
Symbol	Parameter	$V_{CC} = 2.7V \text{ to } 6.0V$		$V_{CC} = 4.0V \text{ to } 6.0V$		Units
		Min	Max	Min	Max	
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	0	12	0	24	MHz
$t_{CLCL}$	Clock Period	83.3		41.6		ns
$t_{CHCX}$	High Time	30		15		ns
$t_{CLCX}$	Low Time	30		15		ns
$t_{CLCH}$	Rise Time		20		20	ns
$t_{CHCL}$	Fall Time		20		20	ns

**Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions**

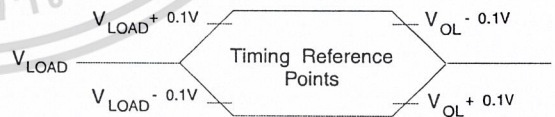
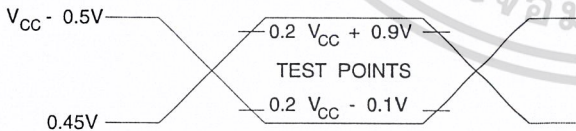
(V<sub>CC</sub> = 5.0V ± 20%; Load Capacitance = 80 pF)

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t <sub>XLXL</sub>	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		12t <sub>CLCL</sub>		μs
t <sub>QVXH</sub>	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		10t <sub>CLCL</sub> -133		ns
t <sub>XHQX</sub>	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		2t <sub>CLCL</sub> -117		ns
t <sub>XHDX</sub>	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t <sub>XHDV</sub>	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		10t <sub>CLCL</sub> -133	ns

**Shift Register Mode Timing Waveforms**



**AC Testing Input/Output Waveforms<sup>(1)</sup> Float Waveforms<sup>(1)</sup>**

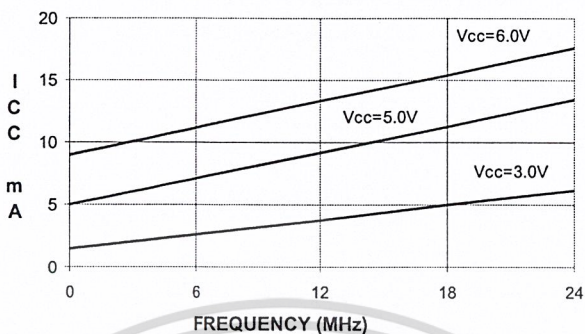


Note: 1. AC Inputs during testing are driven at V<sub>CC</sub> - 0.5V for a logic 1 and 0.45V for a logic 0. Timing measurements are made at V<sub>IH</sub> min. for a logic 1 and V<sub>IL</sub> max. for a logic 0.

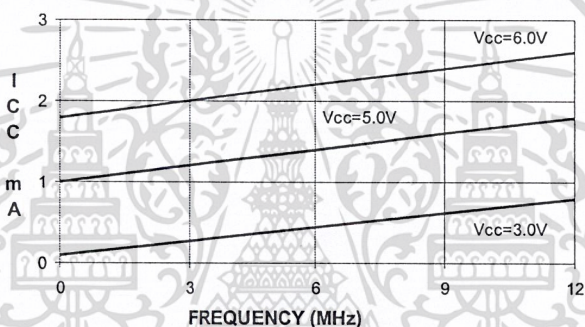
Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when 100 mV change from the loaded V<sub>OH</sub>/V<sub>OL</sub> level occurs.



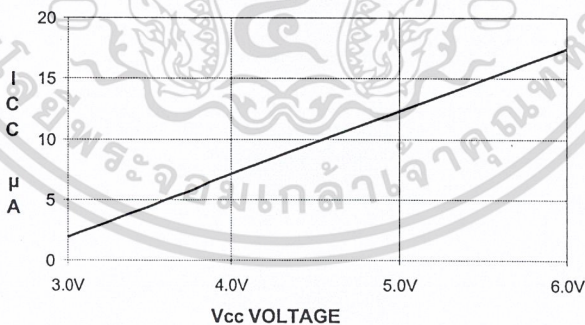
**AT89C2051**  
TYPICAL  $I_{CC}$  - ACTIVE (85°C)



**AT89C2051**  
TYPICAL  $I_{CC}$  - IDLE (85°C)



**AT89C2051**  
TYPICAL  $I_{CC}$  vs. VOLTAGE - POWER DOWN (85°C)



- Notes:
1. XTAL1 tied to GND for  $I_{CC}$  (power down)
  2. P1.0 and P1.1 =  $V_{CC}$  or GND
  3. Lock bits programmed

## Ordering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	2.7V to 6.0V	AT89C2051-12PC AT89C2051-12SC	20P3 20S	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C2051-12PI AT89C2051-12SI	20P3 20S	Industrial (-40°C to 85°C)
		AT89C2051-12PA AT89C2051-12SA	20P3 20S	Automotive (-40°C to 105°C)
24	4.0V to 6.0V	AT89C2051-24PC AT89C2051-24SC	20P3 20S	Commercial (0°C to 70°C)
		AT89C2051-24PI AT89C2051-24SI	20P3 20S	Industrial (-40°C to 85°C)



Package Type	
20P3	20 Lead, 0.300" Wide, Plastic Dual In-line Package (PDIP)
20S	20 Lead, 0.300" Wide, Plastic Gull Wing Small Outline (SOIC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์นี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วย คำปรึกษา คำแนะนำ และคำช่วยเหลือของอาจารย์ที่ปรึกษาคือ อาจารย์สมเกียรติ ฤกษ์วิญญู และอาจารย์ทุก ๆ ท่านที่ได้ให้ความรู้ในด้านต่าง ๆ รวมถึงพี่ ๆ ที่คอยให้คำชี้แนะในเรื่องอุปกรณ์ และเพื่อน ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือตลอดมา จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

นายสุพัฒน์ ภูวรินทร์ไพศาล

นายสุรศักดิ์ ลือศักดิ์อุดมพร



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## หนังสืออ้างอิง

1. รศ.ดร.วิวัฒน์ กิรานนท์ “วิศวกรรมการสื่อสาร”, อักษรสยามการพิมพ์, 2540
2. รศ.สมยศ จุณณะปิยะ “การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51”, คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2541
3. แผนกหนังสือพิเศษด้านอิเล็กทรอนิกส์ “รีโมต เครื่องควบคุมไร้สาย”, ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2538



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้