

**ยูเอชเอฟรีโมทคอนโทรล
(UHF REMOTE CONTROL)**



โดย
นาย มานพ สุขวงษ์ศิลป์
นาย อนิรุจน์ ว่องหงสาวีวัฒน์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญาโท ยูเอชเอฟรีโมทคอนโทรล

โดย

นาย มานพ สุขวงศ์ศิลป์ เลขประจำตัว 35102066

นาย อนิรุจน์ ว่องพงศาวิวัฒน์ เลขประจำตัว 35102085

อาจารย์ที่ปรึกษา อ.ประติษฐ์ วัชรนิบลุย์

ภาควิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม

ปีการศึกษา 2536

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญาโท

.....ประธานกรรมการ

()

.....กรรมการ

()

.....กรรมการ

()

.....กรรมการ

()

.....กรรมการ

()

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ยูเอชเอฟรีโมทคอนโทรล

UHF REMOTE CONTROL

โดย นาย มานพ สุขวงศ์ศิลป์
นาย อนิรุจน์ ว่องพงศาวิวัฒน์

อาจารย์ที่ปรึกษา อ. ประดิษฐ์ วัชรนิบูลย์

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นเรื่องเกี่ยวกับอุปกรณ์ควบคุมระยะไกลด้วยคลื่นวิทยุย่าน UHF ซึ่งได้นำเอาการสื่อสารข้อมูลระบบดิจิทัลเรดิโอ (DIGITAL RADIO) มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ในระยะไกล ที่มีลักษณะของสวิตซ์ ON/OFF ซึ่งส่วนนี้เองสามารถที่จะนำไปใช้ควบคุมการทำงาน เช่น เครื่องกันขโมยเปิดปิดไฟ เป็นต้น โดยที่ตัวรีโมทสามารถควบคุมการ เปิด/ปิด ได้ 7 ช่อง

ABSTRACT

THIS PROJECT IS CONCERNED ABOUT THE REMOTE CONTROLLING BY USING OF RADIO WAVE IN UHF BAND(400 MHZ) AS A CARRIER WITH AMPLITUDE SHIFT KEYING(ASK) MODULATION. THE REMOTE CONTROL CAN BE APPLIED FOR CONTROLLING THE ON/OFF FUNCTION OF ANY ELECTRICAL EQUIPMENTS IN THE DISTANCE OF 20 METRES WITH THE CAPABLE OF 7 CHANNELS TO BE CONTROLLED.

สารบัญ

บทคัดย่อ

บทที่ 1 ความมุ่งหมายของปริญญาโท

- | | | |
|-----|------------------------------|---|
| 1.1 | บทนำ | 1 |
| 1.2 | วัตถุประสงค์ของการทำปริญญาโท | 1 |
| 1.3 | ขอบเขตของโครงการปริญญาโท | 2 |

บทที่ 2 การสื่อสารข้อมูล

- | | | |
|-----|---|-------|
| 2.1 | ข้อมูล | 3 |
| 2.2 | หลักการเบื้องต้นของการสื่อสาร | 3-5 |
| 2.3 | วิธีการส่งข้อมูลไปตามสาย | 5-7 |
| 2.4 | วิธีการส่งผ่านข้อมูลตามลักษณะการจัดข้อมูล | 7-11 |
| 2.5 | วงจร OSCILLATOR | 11-18 |
| 2.6 | การคำนวณค่า C และ L ในวงจรความถี่สูง | 19-27 |

บทที่ 3 หลักการของพัลส์มอดดูเลชั่น

- | | | |
|-----|--------------------------------|-------|
| 3.1 | การแสดงผลสัญญาณในรูปดิจิตอล | 28-29 |
| 3.2 | ระบบพัลส์มอดดูเลชั่น | 29 |
| 3.3 | พัลส์แอมพลิฟายเออร์มอดดูเลชั่น | 30 |
| 3.4 | การมอดดูเลทสัญญาณดิจิตอล | 30-33 |

บทที่ 4 การเข้ารหัสและถอดรหัส

- | | | |
|-----|----------------|-------|
| 4.1 | กล่าวโดยทั่วไป | 34 |
| 4.2 | การเข้ารหัส | 34-35 |
| 4.3 | การถอดรหัส | 36-38 |

บทที่ 5 หลักการทำงานของระบบ

- | | | |
|-----|--------|-------|
| 5.1 | ภาคส่ง | 39-43 |
| 5.2 | ภาครับ | 44-48 |

บทที่ 6	การทดลองและผลการทดลอง	
	- การทดลองและผลการทดลอง	49-60
	- สรุปผลการทดลอง	61
	กิตติกรรมประกาศ	62
	หนังสืออ้างอิง	63
	ภาคผนวก	64



บทที่ 1

ความมุ่งหมายของปริญญาโท

1.1 บทนำ

ในปัจจุบันนี้มีอุปกรณ์ควบคุมระยะไกลหลายรูปแบบทั้งที่ใช้เฉพาะงาน และเป็นแบบแอนะล็อกซึ่งมีจำนวนช่องใช้งานหรือควบคุมอุปกรณ์ได้น้อย และจำกัดการควบคุมอยู่เพียงการเปิดปิดอุปกรณ์เท่านั้น อีกทั้งส่วนใหญ่ใช้แสงอินฟราเรดเป็นสื่อในการส่งสัญญาณควบคุม ทำให้จำกัดเรื่องทิศทางและระยะควบคุม ผู้ทำโครงการนี้จึงได้ทำการค้นคว้าหาวิธีการควบคุมด้วยคลื่นวิทยุย่าน UHF (400 MHz) และการสื่อสารข้อมูลดิจิทัลโอ (DIGITAL RADIO) มาประยุกต์ใช้กับการควบคุมอุปกรณ์อำนวยความสะดวกสบายต่างๆ เช่น การ ปิด-เปิด แอร์ พัดลม โทรทัศน์ ประตู เป็นต้น

โครงการชุดนี้จะเป็นประโยชน์ต่อทุกท่านที่ได้ศึกษา และนำไปใช้เพื่ออำนวยความสะดวกสบายต่างๆได้เป็นอย่างดี

1.2 วัตถุประสงค์ของการทำปริญญาโท

1. เพื่อศึกษาการรับ-ส่งข้อมูลดิจิทัลแบบอนุกรม
2. เพื่อศึกษาการออกแบบวงจรเข้ารหัสและวงจรถอดรหัส
3. เพื่อศึกษาการทำงานของวงจรรับ-ส่ง คลื่นวิทยุย่าน UHF
4. เพื่อศึกษาการควบคุมระยะไกลแบบไร้สายและด้วยสายสัญญาณ 2 เส้น
5. เพื่อศึกษาการออกแบบวงจรควบคุมระยะไกลทั้งแบบไร้สายและแบบใช้สาย
6. เพื่อการนำเอาวงจรไปใช้งานได้จริงในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ
7. เพื่อศึกษาการใช้งานของฟลิปฟลอป

1.3 ขอบเขตของโครงการปริญญาโท

- สร้างวงจรภาครับและภาคส่งของคลื่นวิทยุย่าน UHF
- สร้างชุดวงจรภาคเข้ารหัสและภาคถอดรหัส
- สร้างวงจรส่งข้อมูลดิจิทัลแบบอนุกรม
- ศึกษาการใช้ SOFT WARE ORCAD
- ศึกษาการใช้ SOLF WARE PROTEL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สามารถใช้โครงงานนี้ควบคุมการทำงานได้ 7 ตำแหน่ง
- สามารถใช้การควบคุมได้ 2 แบบ คือ 1.ไร้สาย 2.ใช้สายสัญญาณ 2 เส้น
- สามารถใช้งานในการควบคุมอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆได้

เราได้เลือกใช้อุปกรณ์ ไอซีโมโตโรล่าเบอร์ MC145026 ซึ่งเป็นตัวเข้ารหัส และ MC 145027 ซึ่งเป็นตัวถอดรหัส ไอซี MC145026 จะมีอินพุตสำหรับป้อนข้อมูลขนาด 9 บิต TRINARY ("0", "1", "OPEN") ทำให้สามารถเข้ารหัสได้ $3^9 = 19,683$ รหัส สำหรับ MC 145027 จะมีอินพุตสำหรับป้อนข้อมูลเป็น ADDRESS 5 BIT TRINARY และมีเอาต์พุตเป็น BINARY 4 BIT ADDRESS ของ MC 145027 นี้จะตรงกับขา A1-A5 และเอาต์พุตจะตรงกับ A6-A9 ของ MC 145027 สามารถถอดรหัสจาก MC 145026 ได้ทั้งสิ้นเท่ากับ $3^5 * 2^4 = 3,888$ รหัส



บทที่ 2 การสื่อสารข้อมูล

2.1 ข้อมูล

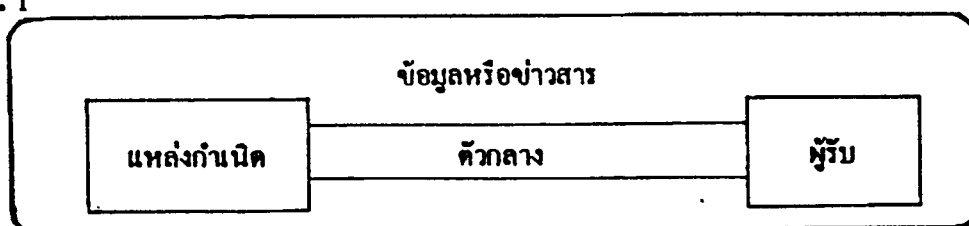
ในระบบสื่อสารข้อมูลนั้น วัตถุประสงค์หลักของเราก็คือการส่งข่าวสารหรือข้อมูลซึ่งอาจ จะเป็นชุดของตัวอักษร ตัวเลข หรืออาจจะเป็นเครื่องหมายต่างๆ จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ระยะทางระหว่างจุดทั้งสองอาจจะใกล้หรือไกลก็ได้ ข้อมูลต่างๆ ที่ใช้ส่งนั้นเราไม่อาจที่จะส่งไปในลักษณะเดียวกับรูปร่างที่เรามองเห็นในกระดาษพิมพ์ได้ จำเป็นต้องเปลี่ยนรูปแบบให้เหมาะสมกับการส่งไปตามตัวกลางที่ใช้ส่งข่าวสาร ข่าวสารที่ถูกเปลี่ยนรูปแบบไปนี้จะถูกนำมาเปลี่ยนกลับให้เป็นรูปแบบเดิม ณ จุดรับ รูปแบบที่ใช้กันในระบบการสื่อสารข้อมูลนั้นก็คือ รูปแบบในลักษณะของเลขฐานสอง ซึ่งเราก็ไม่ได้นำเอาเลขฐานสองมาใช้โดยตรง แต่นำมาสร้างเป็นรหัสชนิดต่างๆ ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะลักษณะต่างๆของการส่งข่าวสาร

2.2 หลักการเบื้องต้นของการสื่อสาร

ในการสื่อสารหรือการส่งข่าวสารจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งนั้น ไม่ว่าจะเป็นการสื่อสารในรูปแบบใดก็ตามจะต้องประกอบด้วยส่วนประกอบหลักเบื้องต้น 3 ส่วน คือ

- แหล่งกำเนิด (Source)
- ตัวกลาง (Media)
- แหล่งรับ (Receiver)

แหล่งกำเนิดเป็นส่วนที่สร้างข่าวสารเพื่อส่งตามตัวกลางไปยังแหล่งรับซึ่งเป็นจุดหมายปลายทาง ส่วนประกอบทั้งสามนี้เป็นส่วนประกอบสำหรับโครงสร้างที่เล็กที่สุดของระบบการสื่อสาร หากขาดส่วนใดส่วนหนึ่งจากสามส่วนนี้ไป การสื่อสารจะเกิดขึ้นไม่ได้ แผนภูมิรูปบล็อก (Block Diagram) แสดงถึงโครงสร้างการสื่อสารเบื้องต้น แสดงดังรูป 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงแผนภูมิรูปบล็อกของระบบการสื่อสารเบื้องต้น

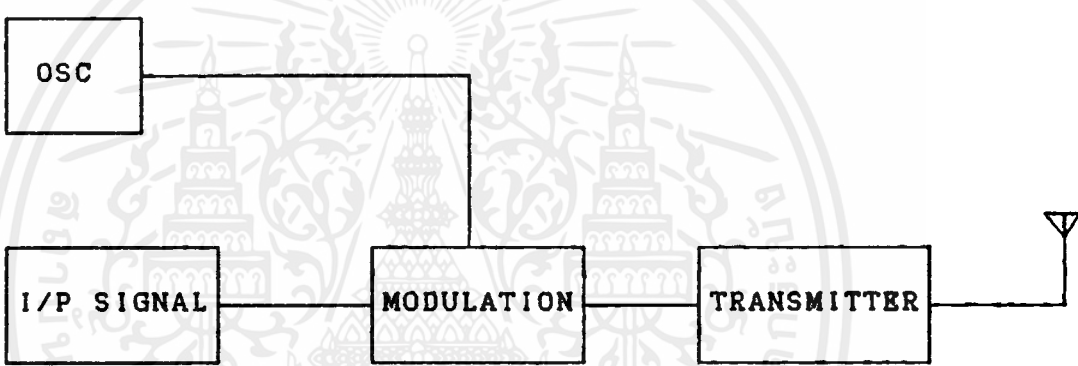
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.21 หลักการเบื้องต้นของรีโมตคอนโทรล



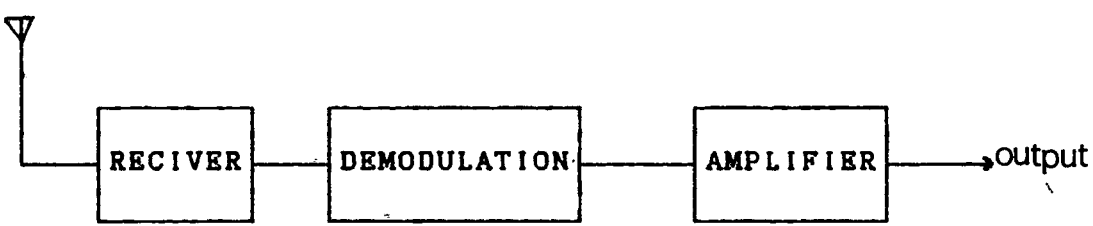
รูปที่ 2.2 แสดงหลักการเบื้องต้นของรีโมตคอนโทรล

โดยทั่วไประบบรีโมตคอนโทรลจะต้องมีส่วนประกอบอย่างน้อย 2 ส่วนดังรูปข้างบน คือภาครับและภาคส่ง และจะต้องมีตัวในการส่งข้อมูลเชื่อมระหว่างตัวรับและตัวส่ง



รูปที่ 2.3 แสดงหลักการรีโมททางภาคส่ง

ภาคส่ง ประกอบด้วยตัวผลิตความถี่เพื่อนำไปควบคุมขบวนการด้านรับ และวงจรกำเนิดความถี่พาหะเพื่อนำมาทำการมอดดูเลทกับสัญญาณควบคุม แล้วจึงส่งไปให้ตัวส่งสัญญาณออกไป ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.4 แสดงหลักการรีโมททางภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาครับ ทำหน้าที่รับสัญญาณควบคุมที่ด้านตัวกลางมาจากภาคส่ง ดังนั้นภาครับ จึงต้องมีความสามารถในการรับความถี่ที่ส่งออกมาจากเครื่องส่งเท่านั้นเพื่อเป็นป้องกันการรบกวนจากสัญญาณอื่นๆ วงจรภาคนี้ประกอบด้วยตัวรับสัญญาณ ตัวถอดสัญญาณ และ วงจรขยายสัญญาณ เพื่อให้ทำงานตามสัญญาณควบคุมจากเครื่องส่งดังรูปที่ 2.4

ตัวอย่างสำหรับแสดงถึงระบบการสื่อสารก็คือ การพูดโทรศัพท์ระหว่างบุคคล 2 คน ผู้เรียกสาย (calling Subscriber) คือ แหล่งต้นกำเนิดของข่าวสาร สายโทรศัพท์เป็นตัวกลาง ส่วนผู้ถูกเรียก (Called Subscriber) คือ แหล่งรับข้อมูล ข่าวสารก็คือข้อความที่ใช้สนทนากัน

การสื่อสารจะเป็นไปได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อ ข่าวสารที่แหล่งต้นกำเนิดส่งไปตามตัวกลางนี้แหล่งรับรับมาได้อย่างสมบูรณ์ ในบางครั้งข่าวสารที่ส่งมาตามตัวกลาง อาจถูกรบกวนทำให้คุณสมบัติของข่าวสารผิดไปจากเดิม สิ่งที่รบกวนคุณสมบัติของข่าวสาร เรียกว่า นอยซ์ (Noise) ระบบการสื่อสารที่ดีนั้นจะต้องสามารถตรวจสอบข่าวสารที่ได้รับมาได้ว่า มีสิ่งรบกวนจนข่าวสารผิดหรือไม่ หากมีก็ต้องแก้ความผิดพลาดนั้นให้ถูกต้องด้วย

2.3 วิธีการส่งข้อมูลตามทิศทาง การส่งภายในสาย

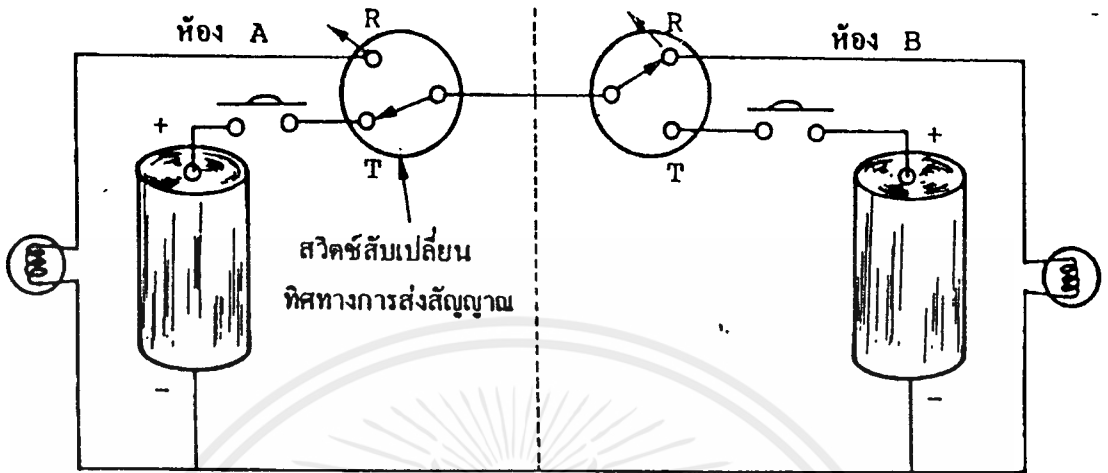
ในการสื่อสารข้อมูลนั้น ตัวกลางที่ใช้ในการสื่อสารอาจมีได้หลายๆ ชนิดแต่ตัวกลางที่นิยมใช้กันมากก็คือ สายสื่อสาร (Communication Line) โดยการส่งข้อมูลไปตามสายทำให้บางครั้งเรียกสายเหล่านี้ว่า สายข้อมูล (Data Line) ในการใช้สายสำหรับการส่งข่าวสารนั้น หากพิจารณาตามทิศทาง การส่งข้อมูลภายในสายแล้วสามารถแบ่งการส่งข้อมูลออกได้เป็น 3 ชนิดด้วยกันคือ

1. การส่งแบบทิศทางเดียว (One-Way Transmission)
2. การส่งแบบทิศทางใดทิศทางหนึ่ง (Either-Way Transmission Or Half Duplex Transmission)
3. การส่งแบบสองทิศทาง (Both-Way Transmission Or Full Duplex Transmission)

2.3.1 การส่งแบบทิศทางเดียว

ตามปกติสายสำหรับการส่งข้อมูลนั้นอาจจะประกอบด้วย แชนแนล (Channel) สำหรับหนึ่งแชนแนลหรือมากกว่าก็ได้ เพื่อ คำว่าหนึ่งแชนแนลนั้น หมายถึง ประการส่งในทิศทาง ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

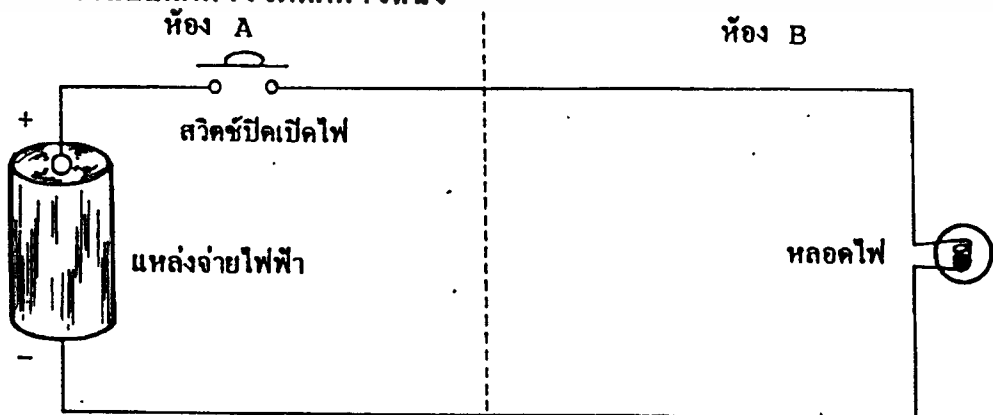
เดียว (One-WayTransmission) แชนแนลหนึ่งแชนแนลนั้นสามารถที่จะใช้สำหรับการส่ง
ข่าวสารในทิศทางใดก็ได้แต่เพียงทิศทางเดียวในเวลาใดๆ ทิศทางการไหลของข่าวสารนั้น
หาได้จาก คุณสมบัติของอุปกรณ์ที่ปลายแต่ละข้างของแชนแนล



รูปที่ 2.5 การสื่อสารในทิศทางเดียว

รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างระบบสื่อสารในทิศทางเดียว ซึ่งเป็นระบบของ
การต่อหลอดไฟสามดวงว่ามีห้องสองห้องคือห้อง A และห้อง B เราให้แบตเตอรี่และสวิทซ์
แก่คนในห้อง A ให้หลอดไฟแก่คนในห้อง B แล้วต่ออุปกรณ์ต่างๆ เข้าด้วยกันโดยใช้สาย
สองเส้นดังรูป 2.5 ในกรณีนี้ A สามารถส่งข่าวสารไปยัง B ได้โดยการกดสวิทซ์ทำให้วงจรปิด
(Close Circuit) กระแสไฟฟ้าไหลทำให้หลอดไฟสว่าง แต่ถ้าหากปล่อยสวิทซ์ก็ไม่มี
กระแสไฟฟ้าไหลหลอดไฟก็ไม่ติด โดยการกำหนดกฎเกณฑ์เกี่ยวกับการติด-ดับของหลอดไฟ
ระหว่าง A และ B สำหรับการสื่อสารความหมายต่างๆ จะทำให้ A และ B สามารถติดต่อ
สื่อสารกันได้โดย A เป็นผู้ส่งข่าวสารแต่เพียงฝ่ายเดียว ทางด้าน B ไม่สามารถส่งข่าวสาร
มายัง A ได้ เพราะอุปกรณ์ภายในวงจรไม่สามารถกระทำได้

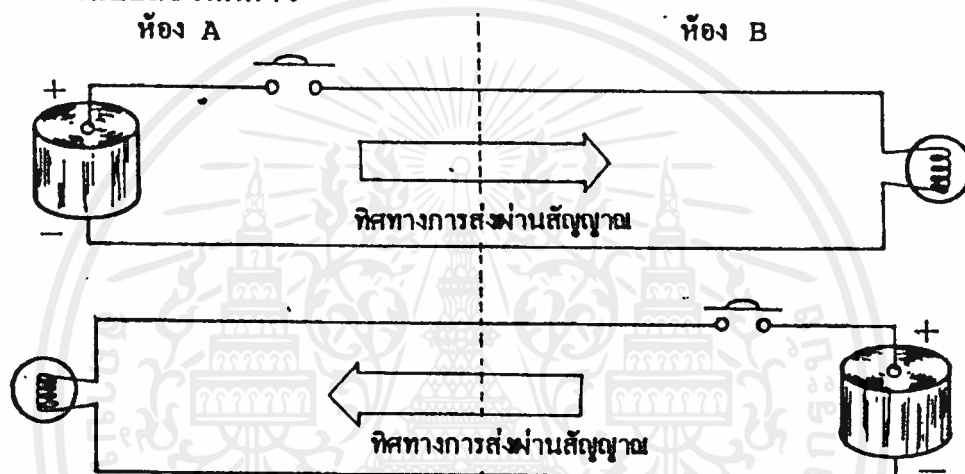
2.3.2 การส่งแบบทิศทางใดทิศทางหนึ่ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ โดยบริษัท ทรู คอร์ปอเรชั่น จำกัด (มหาชน) ขอสงวนสิทธิ์ในเนื้อหาและข้อมูล
รูปที่ 2.6 การสื่อสารแบบทิศทางใดทิศทางหนึ่ง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การส่งแบบทิศทางใดทิศทางหนึ่งหรือที่เรียกว่า แบบกึ่งคิวเพล็กซ์ เราสามารถเปลี่ยนหรือสลับทิศทางของการไหลของข้อมูลในแขนแนลหนึ่งให้กลับทิศทางกันโดยใช้อุปกรณ์ปลายสายที่พัฒนาขึ้นมาให้มีความสามารถทั้งการรับและการส่งได้ในเครื่องเดียวกัน สำหรับวิธีการนี้ในตอนแรก A ส่งข่าวสารไปยัง B หลังจากส่งไปหมดแล้ว เราสามารถเปลี่ยนให้ B ส่งข่าวสารกลับมายัง A ได้ โดยวิธีการนี้เราสามารถส่งข่าวสารระหว่าง A และ B ได้ทั้งสองทิศทางโดยสลับกัน ฉะนั้นเวลาเดียวกันเราสามารถส่งข่าวสารได้ในทิศทางเดียวเท่านั้น

2.3.8 การส่งแบบสองทิศทาง



รูปที่ 2.7 ระบบการสื่อสารแบบสองทิศทาง

ในการส่งสัญญาณจากทั้งสองด้านพร้อมๆ กันสามารถกระทำได้หากเราเพิ่มแขนแนลของการสื่อสารขึ้นมาเป็นสองแขนแนล ก็จะทำให้ทั้งสองฝ่ายของการสื่อสารสามารถส่งข้อมูลหรือข่าวสารได้ในเวลาเดียวกัน โดยใช้แขนแนลหนึ่งแขนแนลสำหรับการส่งในทิศทางหนึ่ง และอีกหนึ่งแขนแนลสำหรับการส่งในอีกทิศทางหนึ่ง หากอุปกรณ์ปลายทางทั้งสองด้านมีความสามารถในการรับหรือส่งได้ในเวลาเดียวกันตลอดเวลา ก็จะทำให้ระบบนี้สามารถติดต่อกันได้สองทิศทางตลอดเวลา ระบบในลักษณะนี้เรียกว่า ระบบสองทิศทาง หรือที่เรียกว่าระบบฟูลคิวเพล็กซ์

2.4 วิธีการส่งผ่านข้อมูลตามลักษณะการจัดข้อมูล

รูปแบบของสายส่งสัญญาณสื่อสารประกอบด้วยสายส่งตั้งแต่หนึ่งสายขึ้นไป ซึ่งทำให้เกิดช่องทางการส่งข้อมูลได้มากกว่าหนึ่งช่องทางก็ได้ และจากวิธีการเข้ารหัสเพื่อแทนตัวอักขระต่างๆ ไว้ในรูปของเลขฐานสอง (0 และ 1) จึงทำให้เราเลือกวิธีการส่งผ่านข้อมูลพื้นฐานได้สองรูปแบบคือ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1. การส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน
- 2. การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม

2.4.1 การส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน

การส่งผ่านข้อมูลในลักษณะนี้ ทุกบิตที่เข้ารหัสแทนหนึ่งตัวอักษรจะถูกส่งผ่านไป ตามสายส่งขนานกันไป ดังนั้นทุกบิตจะเดินทางถึงผู้รับพร้อมๆกัน และจำนวนสายส่งเพื่อให้เกิดช่องทางการส่งจะต้องมีจำนวนเท่ากับจำนวนบิตที่เข้ารหัสตัวอักษรในแต่ละระบบ เช่น การส่งข้อมูลที่เข้ารหัสไว้แบบแอสกี (8 บิตรวมทั้งบิตตรวจสอบ) ก็จำเป็นต้องใช้ช่องทางการส่ง 8 ช่องทาง จึงจะทำให้ทุกบิตวิ่งผ่านสายส่งขนานกันไปดังรูป 2.8 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าทุกบิตที่เข้ารหัสตัวอักษรตัวหนึ่งๆ จะเดินทางขนานกันไปโดยเริ่มจากผู้ส่ง หรือต้นกำเนิดข้อมูลผ่านสายส่งสัญญาณที่มีอยู่ 8 เส้น ไปยังผู้รับซึ่งสมมติให้มีการส่งตัวอักษรเพียงสองตัว ดังนั้นผู้รับจะได้รับตัวอักษรตัวแรกก่อน โดยการรับทุกบิตของตัวอักษรตัวแรกพร้อมกัน ต่อจากนั้นจึงรับตัวอักษรตัวที่สอง โดยรับทุกบิตของตัวอักษรพร้อมกันเช่นเดียวกับตัวอักษรตัวแรก เราอาจกล่าวได้ว่าเป็นการส่งผ่านข้อมูลแบบขนานกันของบิต แต่เป็นการส่งผ่านข้อมูลแบบเรียงลำดับของตัวอักษร เพราะผู้รับจะได้รับอักษรตัวแรกก่อนและลำดับต่อไปจะรับตัวอักษรตัวที่สอง



สายส่งสัญญาณทั้ง 8 เส้น

ทุกบิตของแต่ละตัวอักษรจะวิ่งขนานกันไป และแต่ละตัวอักษรจะวิ่งเรียงลำดับกันไป

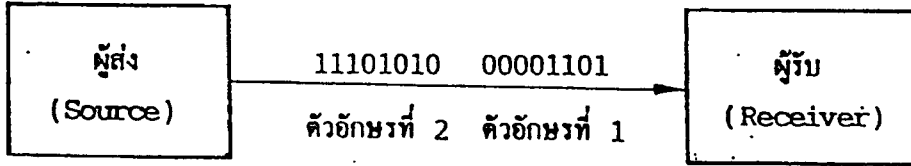
รูปที่ 2.8 การส่งผ่านข้อมูลแบบขนาน

2.4.2 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม

ในรูปแบบการส่งผ่านข้อมูลในลักษณะนี้ทุกบิตที่เข้ารหัสแทนหนึ่งตัวอักษรจะถูกส่งผ่านไปตามสายส่งเรียงลำดับกันไปทีละบิตในสายส่งเพียงเส้นเดียว ซึ่งทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในเรื่องสายส่งสัญญาณ ดังนั้นการส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรมนี้จึงนิยมใช้กันมากในการส่งผ่านข้อมูลทางไกลและจากรูป 2.9 ตัวอักษรตัวที่ 1 จะประกอบด้วย 8 บิตเรียงเป็นลำดับ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

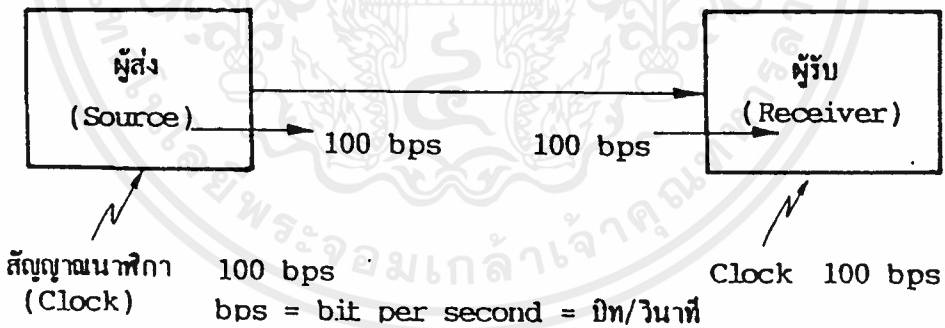
และผู้รับจะรวบรวมบิตเหล่านี้ทีละบิตจนครบเป็น 1 ตัวอักษร และตามมาด้วยกลุ่มบิตของตัวอักษรตัวที่ 2 ในขณะที่อาจเกิดปัญหาขึ้นเมื่อเป็นในลักษณะนี้เครื่องรับ/ผู้รับ จะทราบได้อย่างไรว่า จะแบ่งตัวอักษรตัวที่ 1 และตัวที่สองตรงบิตใด ซึ่งปัญหาในข้อนี้มีวิธีการแก้ไขได้ 2 วิธีคือ



รูปที่ 2.9 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรม

- การซิงโครไนซ์ของบิต (Bit Synchronization)

ในการส่งผ่านข้อมูลนั้นจำเป็นต้องอย่างยิ่งที่จะต้องให้ผู้รับ (Receiver) ตรวจสอบและตีความรูปแบบของบิตที่ส่งมาจากผู้ส่ง (Source) ได้อย่างถูกต้อง ซึ่งหมายความว่าผู้รับจะต้องคอยจับคู่ที่สายสื่อสารว่า เมื่อใดมีบิตเข้ามาตามสายและเมื่อใดไม่มี วิธีการแก้ปัญหานี้จะกระทำได้โดยการให้จังหวะนั่นเอง หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าจะต้องให้สัญญาณนาฬิกา (Clock) แก่ปลายสายทั้งคู่คือทั้งผู้ส่งและผู้รับว่า ถ้ามีบิตวิ่งเข้ามาตามสายจะวิ่งด้วยความเร็วเท่าไรโดยมีหน่วยความเร็วเป็นบิตต่อวินาที (Bit Per Second หรือ bps) ดังรูป 2.10 และวิธีการแก้ปัญหาเช่นนี้เรียกว่า "การซิงโครไนซ์ของบิต" นั่นเอง



รูปที่ 2.10 การส่งผ่านข้อมูลแบบอนุกรมและใช้สัญญาณนาฬิกาเป็นตัวกำหนดความเร็วในการส่งข้อมูล

ถ้าพิจารณาถึงสัญญาณนาฬิกาที่จุดผู้ส่ง สัญญาณนาฬิกาจะเป็นตัวคอยบอกผู้ส่งว่าให้ถ่ายทอดข้อมูลเป็นบิตลงในสายส่งด้วยความเร็วเท่าไร และสัญญาณนาฬิกาที่จุดผู้รับว่าจะต้องมีข้อมูลที่ เป็นบิตวิ่งมาตามสายส่งด้วยความถี่เท่าไร สมมติว่าเราต้องการส่งผ่านข้อมูลด้วยความเร็ว 100 bps และเราก็ตั้งสัญญาณนาฬิกาที่จุดส่งด้วยความถี่ 100 bps เช่นกัน ซึ่งสัญญาณนาฬิกาจะเป็นผู้กระตุ้นให้ใส่ข้อมูลเป็นบิต (ไม่ว่าจะเป็นบิต 0 หรือ 1 ก็ตาม) ในทุกๆรอบของสัญญาณนาฬิกา หรือกล่าวได้ว่าจะให้ข้อมูลเป็นบิตลงในสายส่ง 100 ครั้งใน 1 วินาที เช่นกัน และที่จุดผู้รับนั้นผู้รับจะต้องตรวจสอบว่ามีบิตเข้ามาทุกๆ 1/100 วินาที และ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

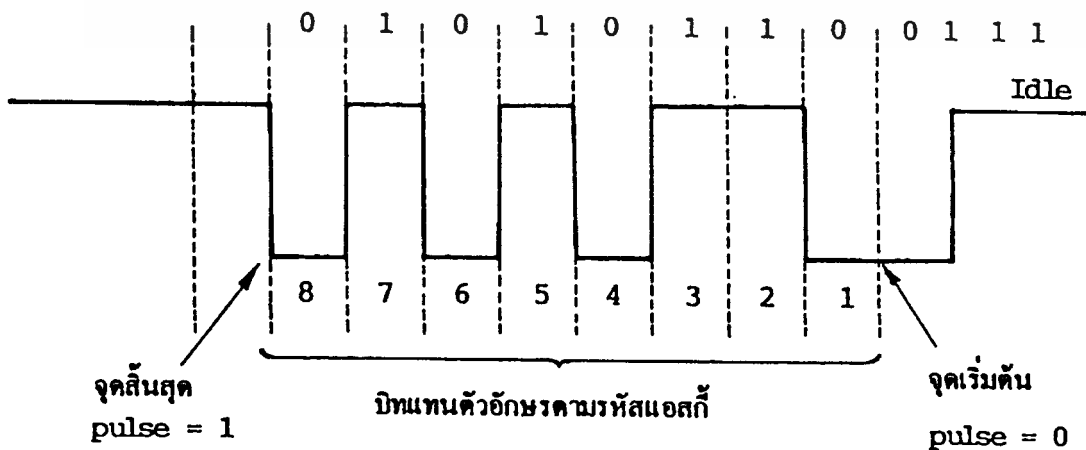
สัญญาณนาฬิกาที่จุดผู้รับก็จะเป็นตัวกระตุ้นให้ผู้รับตรวจรับข้อมูลเป็นบิตด้วยความเร็ว 100 bps เช่นกัน

- การอซิงโครนัส (Asynchronous)

การส่งข้อมูลแบบอซิงโครนัสนี้เป็นระบบในการจัดส่งตัวอักษรตัวใดตัวหนึ่งไปทันทีที่ทันใจซึ่งจะเป็นเวลาใดๆก็ได้ โดยไม่จำเป็นต้องกำหนดความสัมพันธ์กับตัวอักษรตัวอื่นๆ เราอาจจะส่งตัวอักษรเรียงติดกันไปเลย โดยไม่มีที่ว่างระหว่างตัวอักษรคล้ายกับกรณีของการส่งสัญญาณแบบซิงโครนัสก็ได้ หรืออาจนานส่งไปสักตัวหนึ่งก็ได้ ในกรณีเช่นนี้เครื่องรับปลายทางจะต้องสร้างลักษณะของซิงโครนัสขึ้นมาใหม่สำหรับตัวอักษรแต่ละตัว เครื่องรับปลายทางจะต้องรู้จักว่าสิ่งที่ส่งมานั้นมีบิตแรกของตัวอักษรอยู่ที่ใด ดังนั้นหน้าตัวอักษรแต่ละตัวเราจะใส่บิตลักษณะพิเศษ เพื่อถือเป็นจุดเริ่มต้น (Start Pulse) ซึ่งเมื่อเครื่องรับพบบิตแบบนี้จะทราบได้ทันทีว่านี่คือ จุดเริ่มต้นของตัวอักษร

เครื่องรับสัญญาณปลายทางจะตรวจพบบิตแสดงจุดเริ่มต้น ได้โดยตรวจสอบสถานะทางไฟฟ้าของสายส่งนั่นเอง คล้ายกับตัวเราเป็นผู้รับสัญญาณแล้วดูที่สายส่งว่าขณะนั้นมีสถานะเป็น 1 หรือ 0 (คือมีไฟหรือไม่มีไฟนั่นเอง) ในขณะที่สายส่งรักษาระดับไฟคงที่โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงนั้นแสดงว่าไม่มีการส่งข้อมูลออกมาเลย ลักษณะของสายส่งในลักษณะนี้เรียกว่า Idle Line และเพื่อ

ความสะดวกจะให้สถานะของ Idle Line มีระดับทางไฟฟ้าเป็น 1 (ในบางระบบจะเรียกสถานะ Idle Line นี้ว่า Mark Condition) สำหรับสถานะทางไฟฟ้าที่ตรงข้ามกับสถานะ Idle Line คือสถานะทางไฟฟ้าที่เป็น 0 และในบางระบบจะเรียกสถานะนี้ว่า Space Condition หรือสถานะว่างเปล่า หรืออาจเรียกอีกอย่างว่าสถานะสายเปิด (Open Line) จะสังเกตได้ว่าสถานะ Idle line นี้เป็นสถานะที่ตัวส่งสัญญาณส่งค่าบิตเป็น 1 มาติดกันโดยตลอด



รูปที่ 2.11 แสดงการส่งตัวอักษร 1 ตัวแบบอซิงโครนัส เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อมีความต้องการที่จะส่งตัวอักษร เครื่องส่งสัญญาณ (Transmitter) จะใส่บิต 0 มาหน้ากลุ่มของบิตที่แทนตัวอักษรนั้น ซึ่งบิตที่ใส่นำหน้านี้จะทำหน้าที่เป็นบิตนำหน้าเพื่อบ่งบอกว่า เป็นจุดเริ่มต้นของการส่งตัวอักษร ถ้าพิจารณาในแง่ของลักษณะสัญญาณทางไฟฟ้า ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 2.11 เครื่องส่งสัญญาณจะสร้างบิตเริ่มต้น (Start Bit หรืออาจเรียกว่า Start Pulse ก็ได้) โดยการสลับเปลี่ยนสถานะของสายส่งจากการรักษาระดับไฟคงที่ (Idle Line) ซึ่งถือเป็น 1 เข้าสู่สถานะ 0 โดยใช้เพียงบิตเดียวพร้อมกันนี้ข้อความที่ต้องการส่งก็จะตามบิตเริ่มต้นเข้าสู่เครื่องรับต่อไป

เมื่อเครื่องรับสัญญาณตรวจพบว่า มีการเปลี่ยนแปลงจากสถานะ 1 ไปสู่สถานะ 0 ก็จะมีการเทียบสัญญาณนาฬิกาทันที ภายหลังจากผ่านพ้นไปได้ครึ่งบิตสัญญาณนาฬิกาจะเป็นตัวบอกเครื่องรับให้ตรวจสอบสถานะของสายส่งถ้าตรวจสอบสถานะของสายส่งแล้วได้บิต 0 อยู่เครื่องก็จะเริ่มตรวจรับรหัสของตัวอักษรนั้น แต่ถ้าในจุดเริ่มต้นนี้เครื่องรับพบว่าบิตที่เข้ามาที่แรกมีสถานะเป็น 1 เครื่องรับจะวิเคราะห์ว่าที่จุดเริ่มต้นที่การเปลี่ยนจาก 1 ไปเป็น 0 นี้เป็นสัญญาณรบกวน (Noise) ช่วงสั้นๆ และจะหยุดตรวจสอบสถานะสายส่งเพราะไม่ต้องการรวมบิตเป็นตัวอักษรอีกต่อไป (ถ้าเครื่องรับสัญญาณ 1,0 ที่มีการผ่านมาจริงๆ โดยไม่มีการตรวจทานโดยวิธีที่กล่าวมาแล้วสัญญาณรบกวนอาจเป็นสาเหตุให้มีการนับบิตรวมเป็นตัวอักษรขึ้นมาก็ได้ ซึ่งถือว่าตัวอักษรที่เกิดขึ้นในกรณีเช่นนี้เป็นขยะของการส่งผ่านข้อมูล)

สำหรับสัญญาณนาฬิกาที่เครื่องรับจะทำให้เกิดการซิงโครไนส์ที่ตอนต้นของตัวอักษรที่กำลังรับเข้ามาโดยเราอาจมอบให้เกิดการแตกต่างกันไปได้เล็กน้อยระหว่างความเร็วในการส่งผ่านข้อมูลกับสัญญาณนาฬิกาที่เครื่องรับใช้ ณ ที่จุดสิ้นสุดของแต่ละตัวอักษรที่ส่งมา Stop Pulse จะถูกส่งมายังเครื่องรับเพื่อทำให้เกิดสถานะคงที่ก่อนที่ตัวอักษรอื่นจะตามมาดังแสดงในรูป 2.11 เราจะเห็นว่ากลุ่มบิตที่แทนค่าของตัวอักษรถูกปิดหัวปิดท้ายไว้ด้วย Start Bit และ Stop Bit ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้ ในบางครั้งจึงมีการเรียกการส่งผ่านแบบซิงโครไนส์นี้ว่า การส่งผ่านข้อมูลแบบเริ่มต้น/หยุด (Start/Stop Transmission)

2.5 วงจร OSCILLATOR

ระบบการสื่อสารโดยทั่วไปมีความจำเป็นที่จะต้องใช้คลื่นรูปไซน์ในการทำงานเป็นอย่างมาก หรืออาจพูดอีกนัยหนึ่งได้ว่า ระบบการสื่อสารแทบจะทำงานไม่ได้ถ้าขาดแหล่งคลื่นรูปไซน์ มีวงจรหลายชนิดที่ใช้ผลิตคลื่นรูปไซน์เหล่านี้เช่น วงจรออสซิลเลเตอร์แบบป้อนกลับ (FEEDBACK OSCILLATOR) วงจร RC และวงจร LC ความถี่ที่ผลิตนี้เริ่มตั้งแต่ความถี่เสียงถึงความถี่ VHF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

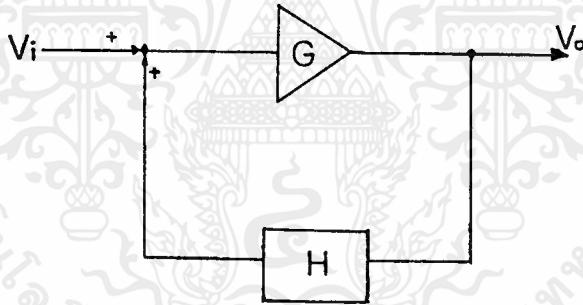
2.5.1 วงจรออสซิลเลเตอร์ป้อนกลับแบบบวก

การป้อนกลับแบบบวก (POSITIVE FEEDBACK) เป็นพื้นฐานของวงจรออสซิลเลเตอร์ โดยทั่วไปที่ใช้กันอยู่ รูปที่ 2.12 แสดงวงจรถึงวงจรขยายแบบป้อนกลับ (FEEDBACK AMPLIFIER) ภายใต้สถานะอันหนึ่ง สามารถทำให้วงจรนี้มีการป้อนกลับแบบบวก และกลายเป็นวงจรผลิตความถี่ (OSCILLATOR CIRCUIT) ขึ้นมา

ข้อแม้ของวงจรที่จะทำให้เกิดการออสซิลเลตได้นั้นจะต้องมี (1) อัตราการขยายในลูปป้อนกลับจะต้องมากกว่า 1 (2) เฟสที่เปลี่ยนไป (PHASE SHIFT) ในลูปนี้จะต้องเป็นเฟสบวก คูณด้วย 2π เรเดียน หรือ 360 องศา ข้อหนึ่งและข้อสองจะต้องเกิดขึ้นในเวลาเดียวกันจึงจะทำให้เกิดการออสซิลเลตได้

$$\text{อัตราขยายในลูป (LOOP GAIN)} = |GH| \angle \phi \dots \dots \dots (2.1)$$

กำหนดให้ $n = 0, 1, 2, 3, \dots$, $\phi = n360$ องศา และ $|GH| >= 1$



รูปที่ 2.12 วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้การป้อนกลับแบบบวก

วงจรขยายโดยทั่วไปจะมีเฟสของสัญญาณเอาต์พุตตรงข้าม กลับสัญญาณอินพุต 180 องศา และมีอัตราขยายมากกว่า 1 สมมติให้ G ตามรูป 2.9 คือการขยายวงจร และ H คือการป้อนกลับของลูป ดังนั้นอัตราการขยายของวงจรภายในลูป นี้คือผลคูณของ G และ H และการขยายทั้งหมดของวงจร (OVERALL GAIN) ที่มีการป้อนกลับคือ

$$A_v = G / (1 - GH) \dots \dots \dots (2.2)$$

กำหนดให้

A_v = การขยายทั้งหมดของวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูผู้สอนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 G = ส่วนการขยายของวงจร
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

H = ส่วนการขยายของการป้อนกลับ

GH = การขยายของลูป

ค่าที่กำหนดทั้งหมดนี้เป็นค่าคอมเพล็กซ์ (COMPLEX) ซึ่งหมายถึงขนาดและเฟส (MAGNITUDE AND PHASE ANGLE) รวมอยู่ด้วย

ความถี่ของออสซิลเลเตอร์นี้ ถูกกำหนดโดยส่วนประกอบของ H ซึ่งทำให้เฟสเปลี่ยนไป 180 องศา การเลือกค่าขององค์ประกอบเหล่านี้ต้องเลือกด้วยความระมัดระวังเพื่อให้เกิดเฟสชิฟ 180 องศาที่ความถี่เดียวกันนี้ และความถี่นี้คือความถี่ของออสซิลเลเตอร์ที่นำไปใช้

วงจรออสซิลเลเตอร์แบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดคือ

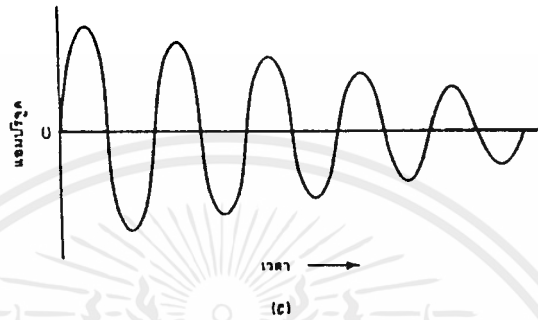
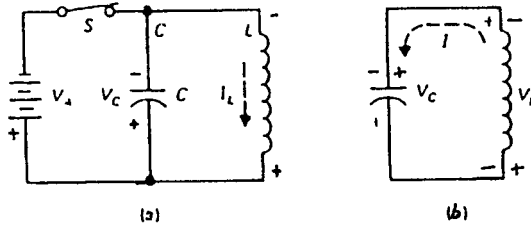
1. วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ LC
2. วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ RC
3. วงจรออสซิลเลเตอร์ที่ใช้ก้อนผลึก (CRYSTAL)

2.5.3 วงจร LC ออสซิลเลเตอร์

วงจร LC เกิดออสซิลเลทได้อย่างไร จากรูปที่ 2.13(a) แบบเตอรีจ่ายพลังงานให้แก่คาปาซิเตอร์ C ซึ่งต่อขนานอยู่กับอินดักเตอร์ L ในลักษณะนี้ยังไม่มีการออสซิลเลทใดๆ เกิดขึ้น แบบเตอรีจะซาร์จประจุให้แก่คาปาซิเตอร์จนถึงระดับแรงดันไฟฟ้า V_C และเกิดไฟฟ้ากระแสตรง I_L ไหลภายในคอยล์ ดังนั้นจะเกิดพลังงานสะสมภายในตัวคาปาซิเตอร์และเกิดพลังงานแม่เหล็กภายในคอยล์ขึ้นจากรูปที่ 2.13(b) สวิตช์ S ถูกเปิดวงจร ทำให้วงจรของแบบเตอรี V_L ถูกตัดขาดออกจากวงจร LC ทันที ในสภาวะเช่นนี้ จึงสามารถที่จะพิจารณาการทำงานของวงจร LC ได้ เมื่อปราศจากแบบเตอรี ระดับของกระแส I_L จะค่อยๆ ลดลง ดังนั้นจึงเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า V_L ขึ้นในขณะนี้คอยล์ L จึงเสมือนกับเป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้า LC แต่อย่างไรก็ตามชื่อของแรงดันไฟฟ้ามี V_L จะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้ I_L ไหลในทิศทางเดียวกันเพื่อที่ C จะสามารถดิสชาร์จประจุได้แต่ที่จริงแล้ว V_L จะซาร์จประจุให้แก่ C ด้วยขั้วที่ตรงข้ามเมื่อ V_C เปลี่ยนไปจนมีค่ามากกว่า V_L คาปาซิเตอร์จะจ่ายกระแสดิสชาร์จประจุ I_C ออกมาซึ่งมีทิศทางที่ตรงกันข้ามกับ I_L ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจะเกิดการแลกเปลี่ยนพลังงานระหว่างอินดักแทนซ์และคาปาซิแทนซ์เกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่าง V กับ I ด้วยความถี่เรโซแนนท์ธรรมชาติของวงจร LC ขึ้นดังรูปที่ 2.13(c) ขณะใดก็ตามที่ I_L มีค่าเปลี่ยนเป็นศูนย์ก็จะเกิดการเหนี่ยวนำ V_L ขึ้นและขณะใดก็ตามที่ V_C มีค่าเป็นศูนย์ก็จะเกิดการ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนแปลงเป็นกระแส I ขึ้นสลับกันอยู่อย่างนี้เรื่อยไป ทำให้เกิดเป็นคลื่น SINE ที่มีลักษณะต่อเนื่องตลอดเวลาซึ่งจะสังเกตได้ว่า V และ I จะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงค่าได้อย่างทันทีทันใด



รูปที่ 2.13 วงจร LC ออสซิลเลทที่ความถี่ไรโซแนนท์

- (a) ในขณะที่สวิตช์ปิดวงจรแบตเตอรี่จะชาร์จประจุให้แก่ C และผลิตกระแสให้ไหลภายใน L
- (b) ในขณะที่สวิตช์เปิดวงจร วงจรแบตเตอรี่จะถูกตัดขาดออกจากวงจร LC ในวงจร LC ขณะนี้เกิดการเปลี่ยนพลังงานระหว่าง L กับ C
- (c) คลื่นไซน์ (Sinusoidal wave)

แอมพลิจูดของการออสซิลเลทค่า V และ I จะค่อยๆลดลงเรื่อยๆเนื่องจากเกิดการสูญเสียพลังงานที่ความต้านทานของวงจร จนกระทั่งแอมพลิจูดของคลื่นไซน์จะมีค่าเข้าใกล้ศูนย์ ในที่สุดดังรูปที่ 2.13(c) การทำงานของวงจร LC ในการออสซิลเลทให้เกิดคลื่นไซน์ จากพลังงานที่สะสมอยู่ในวงจรเราเรียกว่า "ริงกิง" (ringing) ซึ่งที่จริงแล้วคอยล์ในวงจรใดๆ ก็ตามสามารถเกิดริงกิงได้จากค่าคาปาซิแตนซ์ตกค้าง (stray capacitance) ที่ต่อขนานอยู่สำหรับลักษณะของคลื่นที่ค่า I มีค่าลดลงอย่างรวดเร็วจะเกิดขึ้นได้ ในคอยล์ที่มีค่า Q สูงๆ วงจร LC อาจจะมีอีกชื่อหนึ่งคือ วงจรแทงค์ (Tank circuit) เนื่องจากสามารถเก็บสะสมพลังงานเพื่อก่อให้เกิดการออสซิลเลทได้ คุณสมบัติของวงจรแทงค์ในการผลิตคลื่นไซน์ซึ่งมีอินพุทเป็นไฟตรงหรือเป็นพัลส์ก็ได้เรียกว่า ฟลายวีล เอฟเฟ็ค (Flywheel Effect)

วงจรออสซิลเลเตอร์ในทางปฏิบัตินั้น โดยทั่วไปการขยายสัญญาณจะให้ทรานซิสเตอร์ หรือหลอดสุญญากาศก็ได้เช่นกัน ดังนั้นจึงสามารถที่จะปรับปรุงวงจรให้เป็นวงจรป้อนกลับ โดยป้อนสัญญาณเอาท์พุทกลับไปยังอินพุทเพื่อรักษาสภาวะการออสซิลเลทให้คงอยู่ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พลังงานที่ใช้เพื่อคงสถานะการอสซิลเลทให้อยู่ได้นั้น ได้จากแหล่งจ่ายไฟตรงสำหรับ วงจรขยายสัญญาณนั่นเอง วงจรอสซิลเลเตอร์ LC นี้ส่วนใหญ่ใช้สำหรับผลิตคลื่นไซน์ที่มีความถี่ RF ซึ่งมีความถี่สูงถึง 300 MHz ที่ความถี่ RF ค่าอุปกรณ L และ C ที่ใช้จะมีค่าสูงมาก ดังนั้นจึงแก้ปัญหาด้วยการแก้ปัญหาด้วยการปรับปรุงวงจรให้มีการใช้งานในย่านความถี่สูงกว่า 300 MHz, ย่าน UHF และเป็นวงจรอสซิลเลเตอร์ในวงจรไมโครเวฟ เป็นต้น

ความถี่ออสซิลเลเตอร์

ในวงจรออสซิลเลเตอร์แบบจูน RF สัญญาณที่เอาท์พุทจะต้องมีความถี่เป็นความถี่รีโซแนนท์ของวงจร LC ซึ่งจะมีสมการดังนี้

$$f_r = 1/(2\pi\sqrt{LC})$$

สำหรับค่าที่ใช้ในทางปฏิบัติในวงจร RF, L มีขนาดเป็นไมโครเฮนรี่, C มีขนาดเป็นพิโคฟารัด จะได้ความถี่ของ f_r มีหน่วยเป็นกิกะเฮิรตซ์ (GHz) ดังตัวอย่าง ถ้า $L = 80 \mu\text{H}$ และ $C = 20 \text{ pF}$ จะได้

$$\begin{aligned} f_r &= 1/(2\pi\sqrt{80*20}) = 1/(2\pi\sqrt{1600}) \\ &= 1/2\pi*40 = 1/80\pi \\ f_r &= 0.004 \text{ GHz, or } 4\text{MHz} \end{aligned}$$

ในวงจรที่มีเสถียรภาพดีๆ นั้น วงจรจูนจะต้องมีมีค่า Q สูง เพื่อป้องกันการเลื่อนของความถี่สัญญาณนอกจากนี้ทั้ง L และ C ยังจะต้องมีคุณภาพดีนั่นคือมีค่าคงที่แม้ว่าอุณหภูมิจะเปลี่ยนไปก็ตาม และการปรับปรุงให้แหล่งจ่ายไฟ มีเอาท์พุทที่คงที่ตลอดเวลา เป็นการช่วยปรับปรุงเสถียรภาพของความถี่ได้อีกทางหนึ่ง

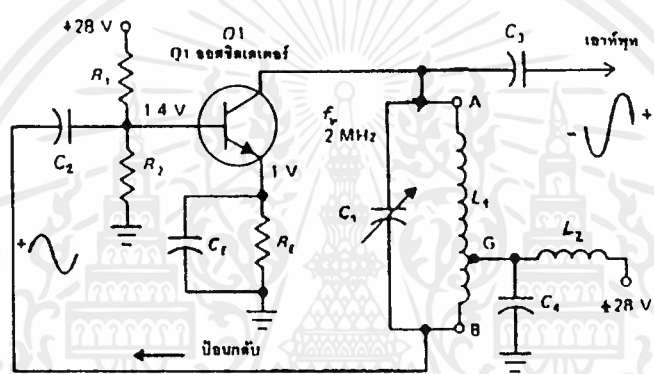
2.5.3 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ทลีย์

จุดสังเกตของวงจรแบบนี้อยู่ที่วงจรจูน LC ที่มีการแท็ปคอยล์สำหรับเป็นวงจรคอยล์ป้อนกลับ (Inductive feedback) แทนที่จะเป็นคอยล์ทริกเกอร์แบบแยก จากรูปที่ 2.14 C1 และ L1 ประกอบกันเป็นวงจรจูน การแท็ปสัญญาณจากคอยล์ L1 ที่จุด G ก็เพื่อเป็นการจ่ายแรงดันคอลเลคเตอร์ L2 ในวงจร คือ RF ช็อค (choke) จุดแท็ปสัญญาณ G จะต่ออยู่กับกราวด์โดยมี C4 เป็นบายพาสคาปาซิเตอร์อยู่ สัญญาณเอาท์พุทของออสซิลเลเตอร์จะจ่ายออกที่ขาคอลเลคเตอร์ ซึ่งมีระดับแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ V_{A_2} ซึ่งเป็นความต่างศักย์ระหว่างจุด A บนคอยล์ L1 เทียบกับจุด G ส่วนในด้านตรงข้ามกับจุดแท็ปแรงดันไฟสลับป้อนกลับเท่ากับ V_{A_1} ซึ่งถูกคัปปลิงโดย C2 วนกลับไปยังขาเบสของ Q_1 เป็นการป้อนกลับสัญญาณ

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในลักษณะนี้เป็นแบบบวกเพราะจะมีความต่างเฟส 180 องศา เมื่อเทียบกับ V_{in} ซึ่งผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น จะก่อให้เกิดการออสซิลเลท ผลิตสัญญาณไฟลลับจ่ายออกมาที่เอาพุท ด้วยความถี่ ริโซแนนท์ของวงจร LC

พิจารณาระดับแรงดันไฟตรง V_c มีค่าเท่ากับ 28 V เพราะความต้านทานไฟตรงของคอยล์ RF, L1 และ L2 มีค่าน้อยมากไม่นำมาคำนวณก็ได้ ขาอิมิตอร์มีแรงดันไฟไบอัสตนเอง เท่ากับ 1 V จาก R_2 โดยมี C_2 เป็นตัวรักษาเสถียรภาพของการไบอัสแรงดันไฟฟ้าฟอร์วิตที่ขาเบสจ่ายผ่าน R_1, R_2 ซึ่งแบ่งมาจากแหล่งจ่ายไฟ +28 V ดังนั้นค่า $V_{\text{BE}} = 1.4 - 1.0 = 0.4V$ ซึ่งน้อยกว่าค่าแรงดันไฟฟ้าคัทออฟ 0.5 V แต่ค่าแรงดันยอดด้านบวกของแรงดันไฟฟ้าป้อนกลับจะขับให้ขาเบสมีระดับแรงดันไฟฟ้าเป็นบวกซึ่งสามารถทำให้ Q1 นำกระแสไฟฟ้าและเกิดการออสซิลเลทได้



รูปที่ 2.14 วงจรออสซิลเลเตอร์แบบฮาร์ทเลย์. แท้ปคอสส์ที่จุด L1 เพื่อป้อนสัญญาณ

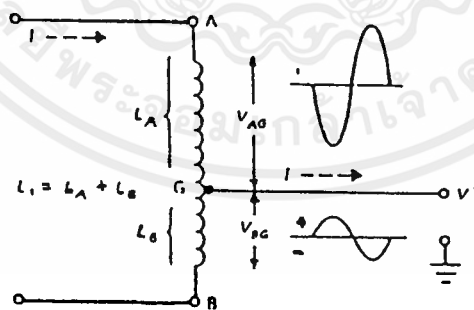
- หน้าที่ของอุปกรณ์แต่ละตัวในวงจรรูปที่ 2.14 สามารถสรุปได้ดังนี้
- L1 : อินดักแตนซ์สำหรับวงจรจูน, มีการแท็ปเพื่อป้อนสัญญาณกลับ
- C1 : คาปาซิเตอร์สำหรับวงจรจูน, เปลี่ยนแปลงค่าได้
- L2 : RF ใช้คทำหน้าที่แยกสัญญาณออสซิลเลเตอร์ออกจากแหล่งจ่ายไฟ
- C4 : ขายพาส สำหรับต่อจุดแท็ปจาก L1 เพื่อดึงสัญญาณไฟลลับลงกราวด์
- C2 : คัปปีงสัญญาณป้อนกลับเข้าไปยังขาเบสร่วมกับ C2 เป็นวงจร RC คัปปีงสัญญาณร่วมกับ R1 เป็นวงจรแบ่งแรงดันสำหรับไบอัสขาเบส ร่วมกับ C2 เป็นวงจรกรองแบบ RC สำหรับแปลงไฟของสัญญาณไบอัส
- R1 : ร่วมกับ R2 ป้อนแรงดันไบอัสตรงให้กับขาเบส

2.5.3.1 การกลับเฟสของสัญญาณด้วยแท็ปคอสส์

เหตุผลที่ใช้อธิบายว่าเพราะอะไรการแท็ปสัญญาณของ L1 จึงช่วยให้เกิดการป้อนกลับแบบบวก แสดงได้ดังรูปที่ 2.15 ก่อนอื่นพิจารณาส่วนของคอยล์ L1 ซึ่งแบ่งไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกได้เป็นสองส่วนคือ L_A และ L_B วิเคราะห์การไหลของกระแสอิเล็กทรอนิกส์เข้าไปยังจุด A จะเห็นว่าทิศทางการไหลผ่านคอยล์ L_A ระหว่างจุด A กับจุด G แล้วไหลไปสู่แหล่งจ่ายไฟ V^* ซึ่งในกรณีนี้คอยล์ L_B ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องกับทิศทางการไหลของกระแสแต่อย่างไรก็ตามคอยล์ทั้งสองส่วนก็ต่อเนื่องกันอยู่ ดังนั้น L_B จึงเป็นตัวหม้อแปลงคัปปลิงสัญญาณไปสู่ L_A ได้ในการแปรผันของแรงดันไฟสลับ สมมติให้ I มีค่าเพิ่มขึ้นของเลข (lenz law) จะได้ว่าเกิดการเหนี่ยวนำด้วยตัวเองขึ้น (self induced) เกิดแรงดันไฟฟ้า V_{Aa} ซึ่งมีขั้วเป็นลบที่จุด A เพื่อต่อต้านการเพิ่มขึ้นของ I ยิ่งกว่านั้นแรงดันที่เหนี่ยวนำขึ้นมาส่งผลให้คอยล์ทั้งหมดมีแรงดันไฟฟ้าเป็นลบ และเนื่องจากลักษณะของการพันคอยล์เป็นแบบในทิศทางเดียวกัน ดังนั้นจึงมีสนามแม่เหล็กเหมือนกันตลอดทั้งคอยล์ จุด A ถือว่าเป็นจุดปลายสุดของแรงดันไฟลบที่เหนี่ยวนำขึ้นมาเมื่อเปรียบเทียบกับจุดอื่นๆ หรือขดถัดมาด้านล่าง(ตามรูป) ส่วนจุด B เมื่อพิจารณาตามแรงดันไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำขึ้นมา จุด B จะมีแรงดันเป็นบวกเมื่อเทียบกับขดถัดไปที่อยู่เหนือขึ้นไป(ตามรูป) ส่วนจุด B เมื่อพิจารณาตามแรงดันไฟฟ้าเป็นบวกเมื่อเทียบกับขดถัดไปที่อยู่เหนือขึ้นไป(ตามรูป) ดังนั้นทั้งจุด A และ B จึงมีขั้วตรงกันข้ามเสมอเมื่อเทียบกับแท่งนั้นคือ V_{Aa} และ V_{Bb} จะมีเฟสของสัญญาณต่างกัน 180 องศาเสมอในขณะที่จุดหนึ่งเป็นลบมากที่สุด อีกจุดหนึ่งก็จะมีเฟสเป็นบวกมากที่สุดเนื่องจากจุดที่ป ๒ ต่ออยู่กับกราวด์ เพราะฉะนั้น V_{Aa} และ V_{Bb} จึงเป็นสัญญาณไฟสลับที่มีขั้วตรงกันข้ามกันเสมอเมื่อเทียบกับจุดกราวด์

อ้างอิงวงจรรูปที่ 2.14 V_{Aa} จะถูกป้อนกลับแบบบวกไปเข้ายังอินพุทของขาเบสโดยทั่วๆไป จุดที่ปจะป้อนกลับแรงดันไฟฟ้าประมาณ 1 ใน ๑ ของแรงดันไฟฟ้าที่ตกคร่อมคอยล์ทั้งหมด



รูปที่ 2.15 เฟสของแรงดันไฟฟ้าในการที่ปคอยล์ L_B จะต่างเฟส 180 องศา เทียบกับแรงดันไฟฟ้าในคอยล์ L_A

2.5.5 ระบบการสื่อสารย่านความถี่ UHF

ความหมายของ UHF

นักวิทยาศาสตร์ได้มีการแบ่งคลื่นวิทยุตลอดทุกความถี่ในสเปกตรัมจของความถี่ออกเป็นช่วงๆอย่างต่อเนื่องและมีการกำหนดชื่อให้แก่ละช่องของความถี่เหล่านั้นดังเช่นไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

VHF (VERY HIGH FREQUENCY) อยู่ในช่องความถี่ 30-300 MHz

UHF (ULTRA HIGH FREQUENCY) อยู่ในช่องความถี่ 300-3000 MHz

SHF (SUPPER HIGH FREQUENCY) อยู่ในช่องความถี่ 3-30 GHz

ความสัมพันธ์ระหว่าง NOISE และความต้องการในการสื่อสารความถี่สูง การทำงานของอุปกรณ์หรือระบบสื่อสาร ต่างมีขอบเขตในการทำงาน โดยขึ้นอยู่กับระดับของ NOISE และ INTERFERENCE ที่เกิดจากแหล่งกำเนิดอื่นที่ส่งผลให้มารบกวนต่อระบบสื่อสารเป็นตัวกำหนด เป็นที่แน่นอนแล้วว่าระบบสื่อสารหนึ่งๆย่อมได้รับการรบกวนจากภายนอก แต่ระบบสื่อสารยังใช้งานได้หากระดับสัญญาณรบกวนอยู่ในระดับที่ไม่ทำให้ระบบสื่อสารต้องสูญเสียความถูกต้อง หรือชัดเจนในระดับที่ต่ำกว่ามาตรฐานทั้งนี้มีการกำหนด ระดับสัญญาณรบกวนที่ยอมให้เกิดขึ้นได้มากที่สุดในรูปแบบของ SIGNAL TO NOISE RATIO

NOISE ในประเภทต่างๆในระบบสื่อสาร

1. ATMOSPHERIC NOISE อันได้แก่ NOISE ที่เกิดจากการเคลื่อนที่ของประจุในบรรยากาศซึ่งหมายถึง ปรากฏการณ์ฟ้าผ่า ระดับของสัญญาณ NOISE จะเป็นฟังก์ชันกับความถี่ที่เกิดขึ้น เนื่องจากการเคลื่อนที่ของประจุ โดยปกติแล้วการเคลื่อนที่ของประจุจะทำให้เกิดความถี่โดยเฉลี่ย 10 MHz และค่า NOISE ชนิดนี้จะลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้น และลดลงอย่างรวดเร็วที่ความถี่ 50 MHz และมากกว่า

2. MAN MADE NOISE เป็น NOISE ที่เกิดจากอุปกรณ์ไฟฟ้า NOISE ประเภทนี้จะมีค่าลดลงเมื่อความถี่สูงขึ้นประมาณ 100-200 MHz และที่ระดับสูงขึ้นไป NOISE ชนิดนี้จะมีค่าคงที่ที่ระดับต่ำ

3. RECEIVER NOISE จะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่สูงขึ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์หรือระดับสื่อสารที่ใช้

จากตัวอย่างของ NOISE ทั้งสามประเภทที่กล่าวมาพบว่าอุปกรณ์ หรือระบบสื่อสารมีประสิทธิภาพในการส่งและรับดีขึ้น เมื่อระบบมีการใช้งานที่ความถี่สูง ทั้งนี้เพราะการลดลงของ NOISE นั้นเองเหตุที่มีการพัฒนาระบบสื่อสาร UHF เพราะในช่วงหลังสงครามมีการพัฒนาไปมากมีการใช้ความถี่วิทยุทุกความถี่อย่างเต็มที่ ในขณะที่ยังมีความต้องการมีใช้คลื่นวิทยุในการส่ง โทรทัศน์ หรือระบบ FM ดังนั้นจึงจำเป็นต้องขยายการใช้งานของคลื่นวิทยุให้กว้างออกไปอีกที่ความถี่สูงขึ้นไป ปัจจุบันการสื่อสารย่านความถี่ UHF มีการใช้งานอย่างกว้างขวางทั้งในราชการทหาร ในงานเอกชน เช่นการส่งโทรทัศน์ในระบบ UHF ซึ่งทำให้สามารถส่งสัญญาณที่มีแบนวิดท์กว้างมากขึ้น ทำให้มีสีดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

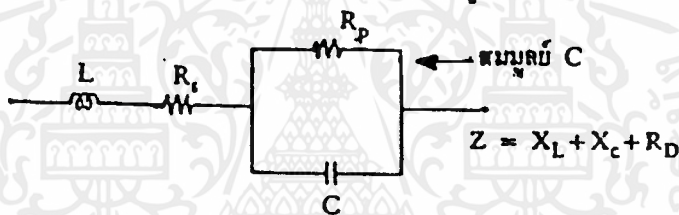
2.6 การคำนวณค่า C และ L ในวงจรความถี่สูง

2.6.1 ตัวเก็บประจุ

ในงานด้านความถี่วิทยุ (RF) ตัวเก็บประจุถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางไม่ว่าจะใช้ในการคัปปลิงสัญญาณระหว่างภาคต่างๆ ในวงจรรีโซแนนซ์หรือวงจรกรองความถี่ แต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติแตกต่างกันไป ดังนั้นในการออกแบบใช้ตัวเก็บประจุให้เหมาะสมกับการใช้งาน

ค่าคาปาซิเตอร์ที่ความถี่สูง

การใช้คาปาซิเตอร์ที่ความถี่สูงนั้น จำเป็นต้องศึกษาให้ดีเพราะคาปาซิเตอร์นั้นมีหลายแบบด้วยกัน เช่น แบบแผ่นขนาน แบบไมก้า แบบเซรามิก แบบแทนทาลัม แบบไมลาร์ แต่ละแบบก็ให้คุณสมบัติที่แตกต่างกันไปตามความถี่ และที่สำคัญคือ จะไม่ปรากฏว่า C ที่แท้จริง แต่จะปรากฏทั้ง L R และ C ไปด้วยกันดังรูปที่ 2.16



รูปที่ 2.16 แสดงวงจรสมมูลของ C

คาปาซิเตอร์ที่ง่ายที่สุดก็คือแบบใช้แผ่นขั้วขนานกัน (PARALLEL PLATE CAPACITOR) บางแบบก็มีตัวกลางเป็นแก๊สอากาศ เช่น พวกคาปาซิเตอร์แบบทริมเมอร์ ที่ปรับค่าได้ที่ใช้ในเครื่องรับวิทยุทั่วไป บางแบบก็มีพลาสติกหรือตัวไดอิเล็กทริก (DIELECTRIC) แบบต่างๆ ค่าคาปาซิเตอร์แบบแผ่นขนานนี้หาได้จากสมการที่

$$C = Q/V \dots\dots\dots(2.7)$$

C = ค่าคาปาซิแตนซ์ หน่วยเป็นฟารัด (FARAD)

Q = ค่าประจุไฟฟ้า หน่วยเป็นคูลอมบ์ (COULOMBS)

V = ความต่างศักย์ของทั้ง 2 ขั้ว หน่วยเป็นโวลต์ (VOLTS)

ค่าตามสมการบางครั้งไม่สะดวกในการใช้งาน เพราะไม่รู้ค่าของประจุไฟฟ้า จึงได้มีการแปลงจากสูตรในสมการที่ ให้เป็นสูตรในสมการที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับขอใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

$$C = 0.2249 \frac{\Delta A}{d \Delta \epsilon_0} \dots\dots\dots(2.8)$$

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- C = ค่าคาปาซิแตนซ์หน่วยเป็นพิโคฟารัด (pF)
- d = ระยะห่างของเพลท หน่วยเป็นนิ้ว
- A = พื้นที่ของเพลท หน่วยเป็นตารางนิ้ว
- Δ = เป็นค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของตัวกลาง (FARAD/M)
- Δ_0 = เป็นค่าคงที่ไดอิเล็กตริกของอากาศ (ฟารัดต่อเมตร)
= 8.854×10^{-12} (f/m)

ค่าของไดอิเล็กตริกที่ใช้กันมาก คือ DIELECTRIC CONSTANT (k) = Δ / Δ_0

อากาศ	= 1
โพลีเทรน	= 2.5
กระดาษ	= 4
ไม้ก้ำ	= 5
เซรามิคอ่อน	= 10
เซรามิคแข็ง	= 100-1000

ในการนำคาปาซิเตอร์ไปใช้งานนั้นจะต้องทราบคุณสมบัติต่างๆ เช่น ค่าของอหุภูมิที่ทนได้ ค่าของ R_s คูในรูปที่ ค่า R_p และ L ทั้งหมดนี้จะทำให้ทราบถึงค่าของเพาเวอร์แฟคเตอร์ (POWER FACTOR) ที่แน่นอนได้โดยทั่วไปค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของคาปาซิเตอร์ต่างๆจะมีค่าคือ

$$PF = \cos \phi \dots \dots \dots (2.9)$$

โดยค่าของ ϕ จะเป็นเฟสที่นำหน้าอยู่ 90 องศาใน C แท้ๆ

ภายในของคาปาซิเตอร์จะมีค่าของ R_s และ R_p ต่อกันอยู่ ซึ่งเป็นค่าความต้านทานทาง AC ของคาปาซิเตอร์ เราเรียกกันว่า เอฟเฟคทีฟ ซีรีส์ซิสแตนซ์ (EFFECTIVE SERIES RESISTANCE) หรือเรียกย่อๆว่า ESR ค่าของ ESR สามารถหาได้ดังนี้

$$ESR = PF / 2\pi FC (1 \times 10^6) \dots \dots \dots (2.10)$$

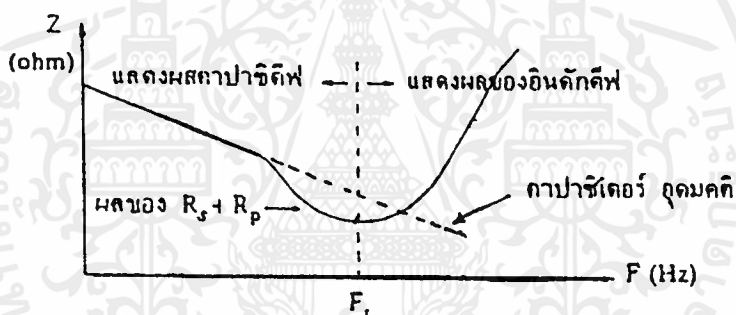
(DISSIPATION FACTOR) หรือเรียกย่อๆว่า DF ซึ่งสามารถหาได้ดังนี้

$$DF = (ESR/X_c) * 100\% \quad \dots\dots\dots (2.11)$$

ค่าของ DF นี้เป็นอัตราส่วนของความต้านทาน AC ต่อค่าของรีแอคแตนซ์ (REACTANCE) และอีกค่าหนึ่งที่จะลืมไม่ได้ก็คือค่าของควอลิตี้ แฟคเตอร์ (QUALITY FACTOR) หรือเรียกย่อๆว่า Q สามารถหาได้จากสูตรที่

$$Q = 1/DF = X_c/ESR \quad \dots\dots\dots (2.12)$$

ค่า Q นี้ยิ่งสูงยิ่งดี เพราะจะปรากฏว่า X_c เก่งชัดขึ้นนั่นเอง
คุณลักษณะของคาปาซิเตอร์ ดูได้จากรูปที่ 2.17

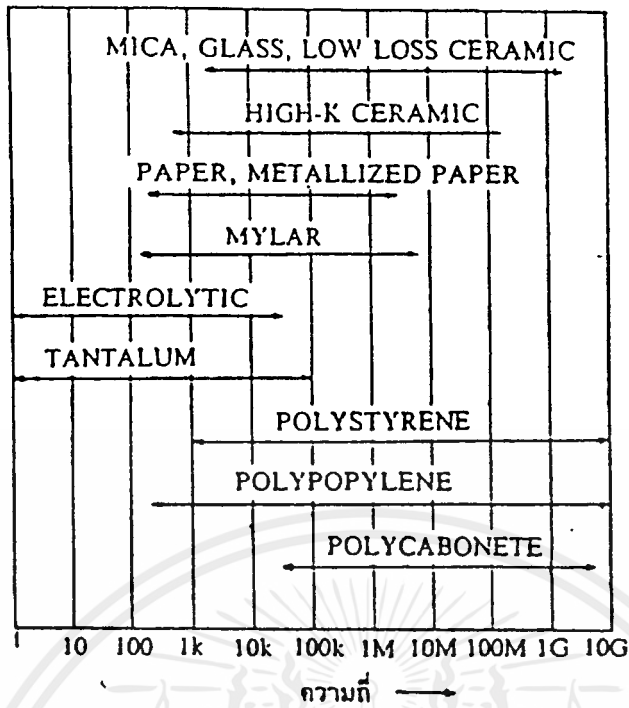


รูปที่ 2.17 แสดงคุณลักษณะและผลต่างๆในตัวคาปาซิเตอร์

2.6.2 ชนิดของคาปาซิเตอร์

คาปาซิเตอร์มีหลายชนิดด้วยกัน โดยมากถือกันตามค่าของไดอิเล็กตริก เช่น อีเล็กโตรไลต์ เปเปอร์ เซรามิก ไมก้า โพลีไทลีน โพลีโพรไพลีน โพลีคาร์บอนเนต เทฟลอน แทนทาลัม เป็นต้น ความเหมาะสมในการใช้คาปาซิเตอร์ในช่วงความถี่สูงต่างๆ ดูได้จากตารางรูปที่ 2.18

จากรูปที่ 2.18 จะเห็นว่าคาปาซิเตอร์ที่ใช้ได้ดีที่ความถี่สูงเกิน 100 MHz มีด้วยกัน 5 แบบ คือพวกไมก้า เซรามิก โพลีไทลีน โพลีโพรไพลีน โพลีคาร์บอนเนต ทั้ง 5 แบบนี้นิยมใช้เซรามิกกันมาก เพราะราคาถูกและยังทำให้เสถียรต่ออุณหภูมิได้ง่าย โดยใช้สารสองชนิดในการทำคาปาซิเตอร์ ชนิดแรกเป็นแมกนีเซียมไตรคาเนต ซึ่งมีสัมประสิทธิ์ต่ออุณหภูมิเป็นบวก ชนิดที่สองเป็นแคลเซียมไตรคาเนต ซึ่งมีสัมประสิทธิ์ต่ออุณหภูมิเป็นลบ เมื่อใช้ทั้งสองชนิดผสมกันเป็นคาปาซิเตอร์แบบเซรามิกก็จะทำให้สัมประสิทธิ์ต่ออุณหภูมิเป็นศูนย์หรือเรียกว่า NPO (NEGATIVE POSITIVE ZERO) ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.15 แสดงความเหมาะสมในการเลือกใช้คาปาซิเตอร์แบบต่างๆที่ความถี่ต่างๆ

2.6.3 การหาค่า L ให้ได้ค่า L ตามต้องการ

ลวดตัวนำที่พันหรือขดขึ้นเป็นคอยล์ มักจะใช้ในวงจรที่มีความถี่ไฟสลับ ทำหน้าที่เป็นตัวที่ทำให้เกิดอินดักแตนซ์ในวงจรเราเรียกอุปกรณ์พวกนี้ว่า อินดักเตอร์ (Inductor) หรือบางทีเรียกว่า โช้ค (choke) หรือคอยล์ก็ได้ แกนของอินดักเตอร์ที่มีทั้งที่ทำจากสารแม่เหล็ก เช่น พลาสติก หรือเบเคไลต์ สำหรับเป็นโครงยึดขดลวดในกรณีที่พันด้วยเส้นลวดเล็กๆ หรือเป็นลวดเส้นโตๆ ก็พันตัวเปล่าๆ โดยไม่ต้องมีแกนเหล่านี้ว่าอินดักเตอร์แกนอากาศ (air coil inductor)

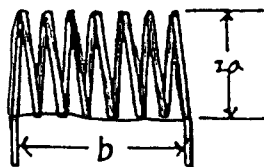
ในตัวย่อมมีค่าอินดักแตนซ์เสมอแม้ว่าตัวนำนั้นไม่อยู่ในรูปของคอยล์ก็ตามลวดตัวนำที่เป็นเส้นตรงสั้นๆ จะมีค่าอินดักแตนซ์น้อยมาก แต่ถ้ามีกระแสที่เปลี่ยนแปลงไหลผ่านตัวมันมากพอ ก็จะทำให้เกิดการเหนี่ยวนำขึ้นได้ ถ้าอยู่ในวงจรความถี่ต่ำ แต่ในกรณีที่ความถี่สูงกว่า 100 MHz ขึ้นไป เส้นลวดอันนี้จะมีผลต่อความถี่ในวงจรได้

ค่าอินดักแตนซ์โดยประมาณของขดลวดที่พันขึ้นเดี่ยวนบนแกนอากาศ คำนวณได้จาก สูตร

$$\text{อินดักแตนซ์ (L)} = \frac{a^2 n^2}{(9a+10b)}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้งานเฉพาะกิจเท่านั้น ไม่ควรนำออกไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า โดยที่ L คือ ค่าอินดักแตนซ์มีหน่วยเป็น MH ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- a คือ รัศมีของแกน มีหน่วยเป็นนิ้ว
 b คือ ความยาวของการพันขดลวด มีหน่วยเป็นนิ้ว
 n คือ จำนวนรอบของขดลวด



รูปที่ 2.16 แสดงความหมายของ a และ b ของขดลวด

หรือหาจำนวนรอบของขดลวดได้ โดยการจัดสูตรใหม่ หาจำนวนรอบ

$$N = \sqrt{L(9a+10b)/(a)^2}$$

อย่างไรก็ตามสูตรที่ให้ไว้จะมีค่าใกล้เคียงกับความจริงมากเมื่อความยาวของการพันขดลวด (b) มีค่าไม่น้อยกว่า 0.8a และถ้าความยาวของขดลวดมีจำกัด เช่น ต้องการให้ใช้ความยาวของขดลวดน้อยที่สุด ค่า L จะสูงที่สุดก็ต่อเมื่อ $b = 0.8a$ พอดี ถ้าไม่สะดวกจะคำนวณ ก็อาจหาจำนวนรอบโดยประมาณได้โดยโมโนกราฟที่ให้ไว้

ขั้นตอนแรกให้ลากเส้นตรงจากขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (D) ของแกนที่จะใช้ ไปยังค่า L ที่ต้องการ ลากเส้นเลขจนไปถึงแกนร่วม

ขั้นที่สองลากเส้นตรงจากค่า K ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวของการพัน ลากไปตัดกับเส้นแรกที่แกนร่วม แล้วลากเลขไปตัดแกน n ก็จะอ่านค่าได้จากจำนวนรอบที่ได้จากแกน n นี้ ตามรูปในโมโนกราฟ แสดงว่าถ้ากำหนดเส้นผ่าศูนย์กลางของแกน (2a) เป็น 1 นิ้ว ความยาวของการพัน (b) เป็น 1.5 นิ้ว และต้องการค่า L เป็น 32mh จะต้องพันประมาณ 49 รอบ

หลังจากที่รู้จำนวนรอบแล้วสิ่งต่อไปก็คือจะต้องหาว่าควรใช้ลวดเบอร์อะไร เทคนิคในการเลือกขนาด (เบอร์) ขดลวด คือ ต้องดูว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของเส้นลวดที่ใช้ อย่างมากจนไม่สามารถพันจำนวนรอบที่ต้องการลงบนแกนที่ยาวจำกัดได้หรือไม่ดังนั้นเราจึงต้องคำนวณหาจำนวนรอบต่อนิ้วที่จะตั้งลงบนแกนเสียก่อน แล้วจึงดูช่องที่ 4 ในตารางที่ 1 หาเบอร์ลวดในมาตรฐานที่ต้องการที่สามารถพันได้จำนวนรอบ/นิ้วมากกว่าที่ต้องการ แต่ถ้ามากเกินไปขนาดเส้นลวดอาจเล็กเกินไปจนค่าความต้านทานของลวดอาจทำให้ค่า Q ของขดลวดน้อยเกินไป

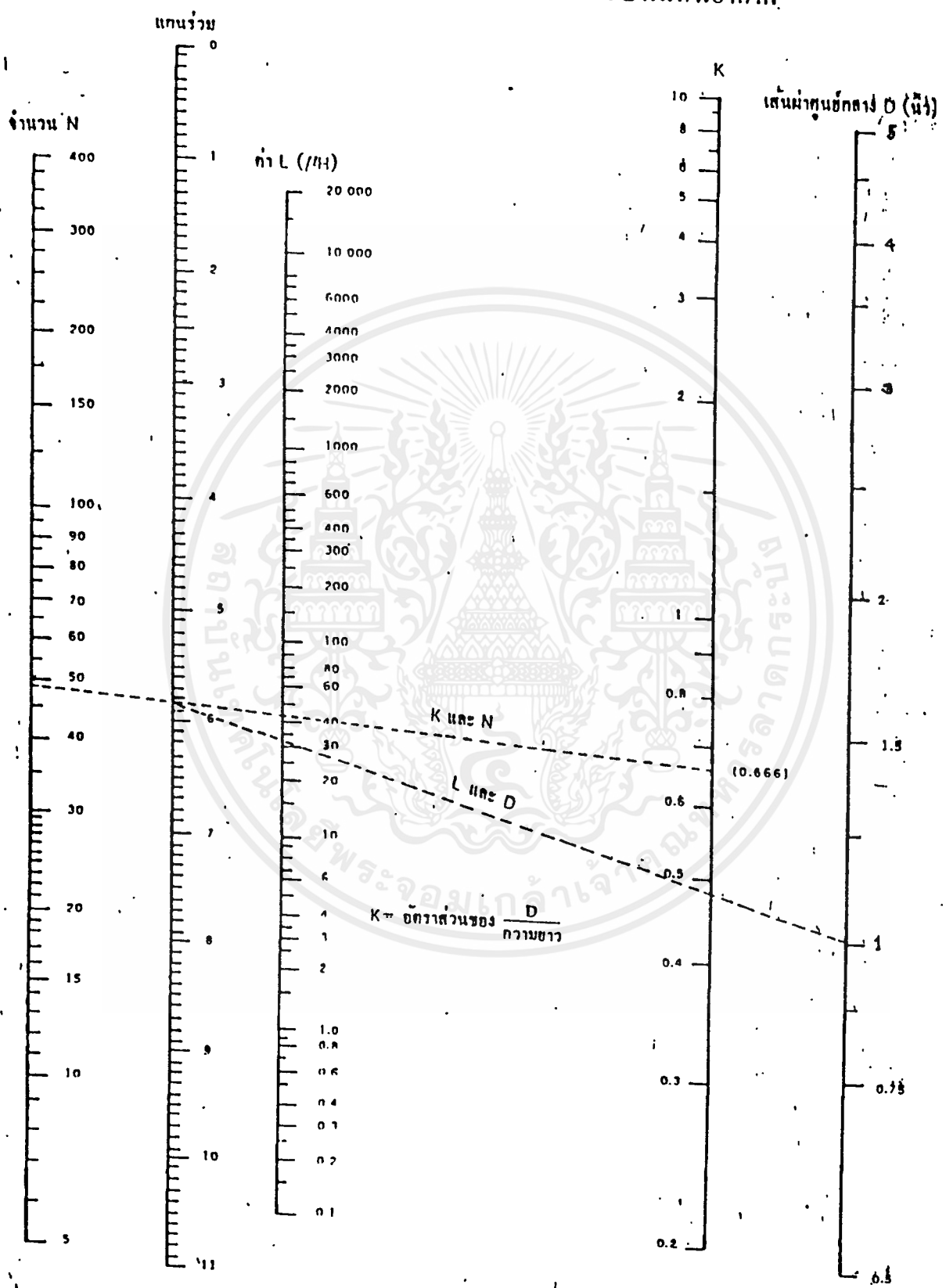
ตัวอย่าง สมมติว่าขดลวดขดหนึ่งมี 48 รอบ พันด้วยความถี่ 32 รอบต่อ 1 นิ้ว และมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3/4 นิ้ว ค่า L จะเป็นเท่าไร

ตารางที่ 1 แสดงคุณสมบัติของดาวเกิดรอบหน่วยบอร์ต่าง ๆ

เบอร์ดาว AWG	เบอร์ดาว SWG ที่ใกล้เคียง	เส้นผ่าศูนย์กลาง (มม.)	จำนวนรอบ/นิ้ว	จำนวนรอบ ต่อ ค.ร. นว	ค่า $\Omega/1000$ ฟุต ที่ 38 °ซ
1	1	7.348	-	-	0.1264
2	3	6.544	-	-	0.1593
3	4	5.827	-	-	0.2009
4	5	5.189	-	-	0.2533
5	7	4.621	-	-	0.3195
6	8	4.115	-	-	0.4028
7	9	3.665	-	-	0.5080
8	10	3.264	7.6	57	0.6405
9	11	2.906	8.6	72	0.8077
10	12	2.588	9.6	90	1.018
11	13	2.305	10.7	113	1.284
12	14	2.053	12.0	141	1.619
13	15	1.828	13.5	177	2.042
14	16	1.628	15.0	221	2.575
15	17	1.450	16.8	277	3.247
16	18	1.291	18.9	348	4.094
17	18	1.150	21.2	437	5.163
18	19	1.024	23.6	548	6.510
19	20	0.912	26.4	681	8.210
20	21	0.812	29.4	852	10.35
21	22	0.723	33.1	1065	13.05
22	23	0.644	37.0	1340	16.46
23	24	0.573	41.3	1665	20.76
24	25	0.511	46.3	2100	26.17
25	26	0.455	51.7	2630	33.00
26	27	0.405	58.0	3320	41.62
27	29	0.361	64.9	4145	52.48
28	30	0.321	72.7	5250	66.17
29	31	0.286	81.6	6510	83.44
30	33	0.255	90.5	8175	105.2
31	34	0.227	101	10,200	132.7
32	36	0.202	113	12,650	167.3
33	37	0.180	127	16,200	211.0
34	38	0.160	143	19,950	266.0
35	38-39	0.143	158	25,000	335
36	39-40	0.127	175	31,700	423
37	41	0.113	198	39,600	533
38	42	0.101	224	49,100	673
39	43	0.090	248	62,600	848
40	44	0.080	282	77,600	1070

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โนโมกราฟค่า I. สำหรับกราฟชั้นเค็วบนแกนอากาศ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีทำ $a = (3/4)*(1/2) = 0.375$ นิ้ว

$b = \cancel{48/32} = 1.5$ นิ้ว

และ $n = 48$

$$L = \frac{0.375*0.375*48*48}{(9*0.375)+(10*1.5)}$$

$$= 17.6 \text{ uH}$$

ตัวอย่าง ต้องการพันขดลวดให้ได้ค่า 10uH โดยแกนที่จะใช้มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 นิ้ว และยาวพอที่จะพันลวดได้ยาว 1(1/4) นิ้ว จะต้องพันลัดกี่รอบ

วิธีทำ $a = 0.5$, $b = 1.35$ และ $L = 10$ จะได้

$$n = \frac{\sqrt{10(4.5+1.25)}}{0.5*0.5} = \sqrt{680}$$

$$= 26.1 \text{ รอบ}$$

เวลาพันจริงก็พัน 26 รอบก็ใกล้เคียงพอแล้ว เนื่องจากการพันทั้งหมดยาว 1.25 นิ้ว ดังนั้นจำนวนรอบต่อนิ้วจะเป็น 26.1/1.25 = 20.9 รอบต่อนิ้ว จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าลวดเคลือบน้ำยาเบอร์ 17 AWG หรือลวดเบอร์ 18SWG ใช้ได้เพราะสามารถพันได้แน่นถึง 21.2 รอบต่อนิ้ว แต่อาจจะใช้ลวดขนาดเล็กกว่าบ้างก็ได้ (หมายถึงใช้เบอร์สูงขึ้น)

คุณสมบัติอีกข้อหนึ่งของลวดตัวนำก็คือ เมื่อมีกระแสไหลผ่านลวดตัวนำจะทำให้เกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบๆ ลวดตัวนำ โดยมีค่าคงที่ตลอดเวลาแต่จะไม่มีผลต่อลวดตัวนำถ้าเป็น กระแสไฟตรง แต่ถ้าหากกระแสนั้นเปลี่ยนแปลงตามเวลา (กระแสสลับ) สนามแม่เหล็กก็จะเกิดการเปลี่ยนแปลงตามกระแสไฟฟ้าด้วย โดยจะพุ่งตัวและยุบตัวลงตามการเพิ่มและลดลงของกระแสไฟฟ้า สนามแม่เหล็กนี้จะเคลื่อนที่ตัดผ่านเนื้อโลหะของสายไฟทำให้เกิดแรงดันเหนี่ยวนำขึ้นใน สายไฟฟ้า โดยจะมีทิศทางต้านการไหลของกระแสไฟฟ้า ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า ความเหนี่ยวนำตัวเอง (self-inductance) และอุปกรณ์ที่มีคุณสมบัติเช่นนี้ก็คือ ตัวเหนี่ยวนำ (inductor) และถ้านำสายไฟฟ้ามาขดเป็นวงกลมเป็นหลายๆชั้นก็กลายเป็นขดลวดหรือคอยล์ และค่าความเหนี่ยวนำ (inductance) ที่เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารของโรงเรียนวิศวกรรมเพื่อการศึกษาด้าน เมื่อมีผู้ใดเห็นไปใช้ประโยชน์ด้านใดก็ตามโดยไม่ขออนุญาตจากทางโรงเรียนฯ หรือหากมีเหตุใดก็ตามที่ต้องแจ้งให้ทางโรงเรียนฯ ทราบ กรุณาแจ้งให้ทางโรงเรียนฯ ทราบ

ในสายไฟธรรมดาจะมีค่าน้อยมากจนไม่มีผลอะไรที่ความถี่สูงๆสำหรับค่าความเหนี่ยวนำและค่าความเข้มสนามแม่เหล็ก (magnetic flux density) ของสายไฟ หาได้จากสูตรดังต่อไปนี้

$$L = (0.002)l[2.3 \log(4l/d - 0.075)] \dots\dots\dots(\mu H)$$

- โดยที่ L = ค่าความเหนี่ยวนำ (ไมโคร เฮนรี่)
- l = ความยาวของสายไฟ (เซนติเมตร)
- d = เส้นผ่านศูนย์กลางของสายไฟ (เซนติเมตร)

และอีกสูตร

$$B = \mu / 2\pi r$$

- โดยที่ B = ความเข้มสนามแม่เหล็ก (wb.m⁻²)
- μ = ค่าความซึมซาบสิ่งแวดล้อมของสายไฟอยู่ในอากาศ, ($\mu_{\text{อากาศ}} = 400 \text{ nHm}^{-1}$)
- r = ระยะห่างของจุดที่เราต้องการทราบค่า B ถัดจากจุดศูนย์กลางของสายไฟ (m)
- I = ค่ากระแสไฟฟ้าที่ไหลในสาย (Amp)

ตัวอย่าง ต้องการหาค่าความเหนี่ยวนำ และความเข้มของสนามแม่เหล็กที่ระยะห่าง 0.5 cm ของลวดทองแดงเบอร์ 22 ที่มีความยาว 5 cm มีกระแสไหลผ่าน 10 mA วางอยู่ในอากาศ

วิธีทำ จากตารางที่ 1 เส้นผ่านศูนย์กลางสายเท่ากับ 0.643 cm แทนลงในสมการได้

$$L = 0.02(5)[2.3] \log\{(4(5)/0.0643) - 0.75\}$$

$$= 57 \text{ nH}$$

$$\text{ค่าความซึมซาบของอากาศ } \mu(\text{อากาศ}) = 400 \text{ nHm}^{-1}$$

แทนลงในสมการได้

$$B = (400 \times 10^{-9} \times 10 \times 10^{-2}) / 2\pi \times 0.5 \times 10^{-2}$$

$$= 400 \text{ nHAm}^{-1}$$

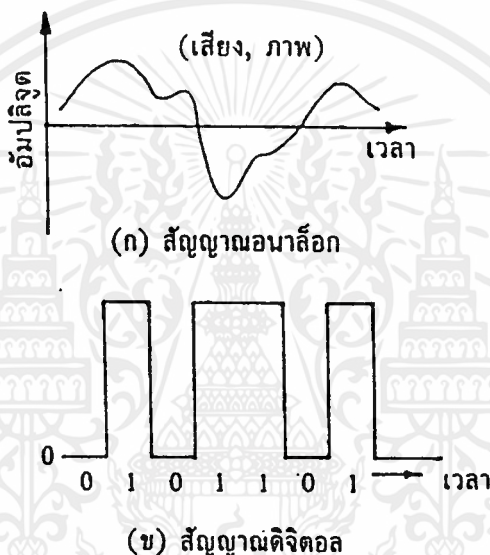
$$= 400 \times 10^{-9} \text{ wb.}^{-2}$$

.....

บทที่ 3 หลักการของพัลส์มอดคูเลชั่น

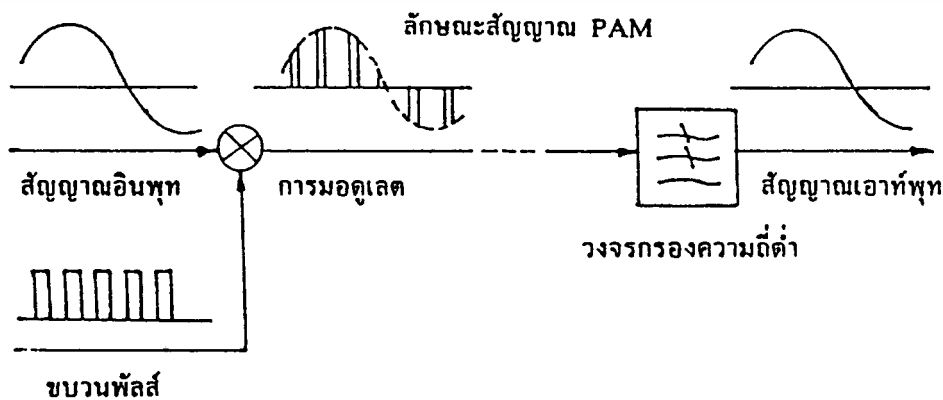
3.1 การแสดงสัญญาณในรูปดิจิทัล

สัญญาณดิจิทัลที่ส่งออกไปแบบดิสครีททั้งเวลาและแอมพลิจูด ส่วนสัญญาณเดิมจะเป็นสัญญาณอนาล็อก โดยที่สัญญาณนี้จะมีแอมพลิจูดเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่องไปกับเวลา ถ้าแสดงความแตกต่างระหว่างสัญญาณทั้งสองอีกครั้งอย่างง่าย ๆ จะเป็นไปตามรูปที่ 3.1 ในการที่จะส่งสัญญาณอนาล็อกในรูปดิจิทัลนั้นจำเป็นต้องแปลงสัญญาณให้มีรูปร่างต่างกันไป โดยที่ยังรักษาข่าวสารเดิมไว้



รูปที่ 3.1 สัญญาณอนาล็อกและดิจิทัล

กระบวนการเบื้องต้นที่จะแปลงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นดิจิทัลนั้นจะอาศัย ทฤษฎีการแซมปลิง (SAMPLING THEOREM) โดยมีแนวความคิดเบื้องต้นตามรูปที่ 3.2 ขบวนการพัลส์ที่เอาท์พุทของมอดคูเลเตอร์จะเปลี่ยนไปตามระดับของสัญญาณอินพุท สำหรับด้านรับนั้น

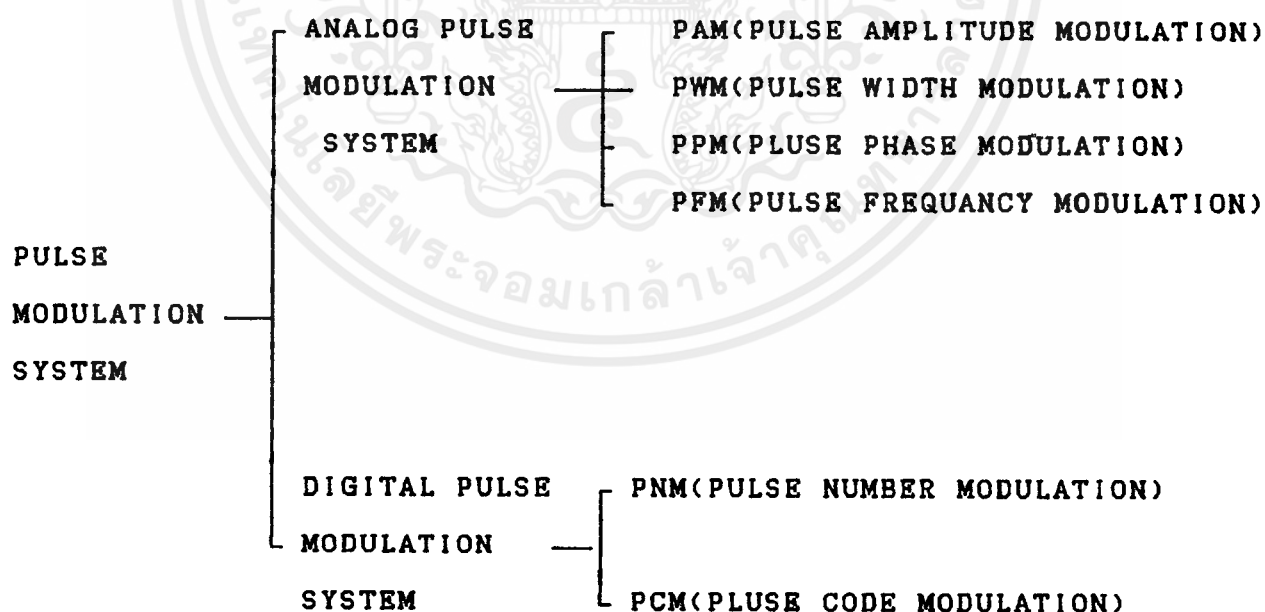


รูปที่ 3.2 บล็อกไดอะแกรมตามแนวความคิดของทฤษฎีการแซมปลิง

เมื่อองค์ประกอบความถี่สูงของขบวนพัลส์ถูกกำจัดออกโดยวงจรความถี่ต่ำ (LOW PASS FILTER) แล้วจะได้สัญญาณเดิม กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ ถ้าแซมปิ้งสัญญาณอินพุตด้วยระยะห่างที่เท่ากันแล้ว ก็สามารถจะทำให้เกิดสัญญาณเดิมได้อย่างสมบูรณ์ที่ด้านรับ ซึ่งทฤษฎีการแซมปลิงกล่าวไว้ว่า "ถ้าข่าวสารในสัญญาณถูกจำกัดให้มีความถี่สูงสุดเป็น f_c แล้ว หากใช้ขบวนพัลส์ที่มีความถี่เท่ากับหรือมากกว่า $2f_c$ ทำการแซมปลิง ก็จะสามารถจะเก็บข่าวสารได้อย่างสมบูรณ์"

3.2 ระบบพัลส์มอดคูละชั่น

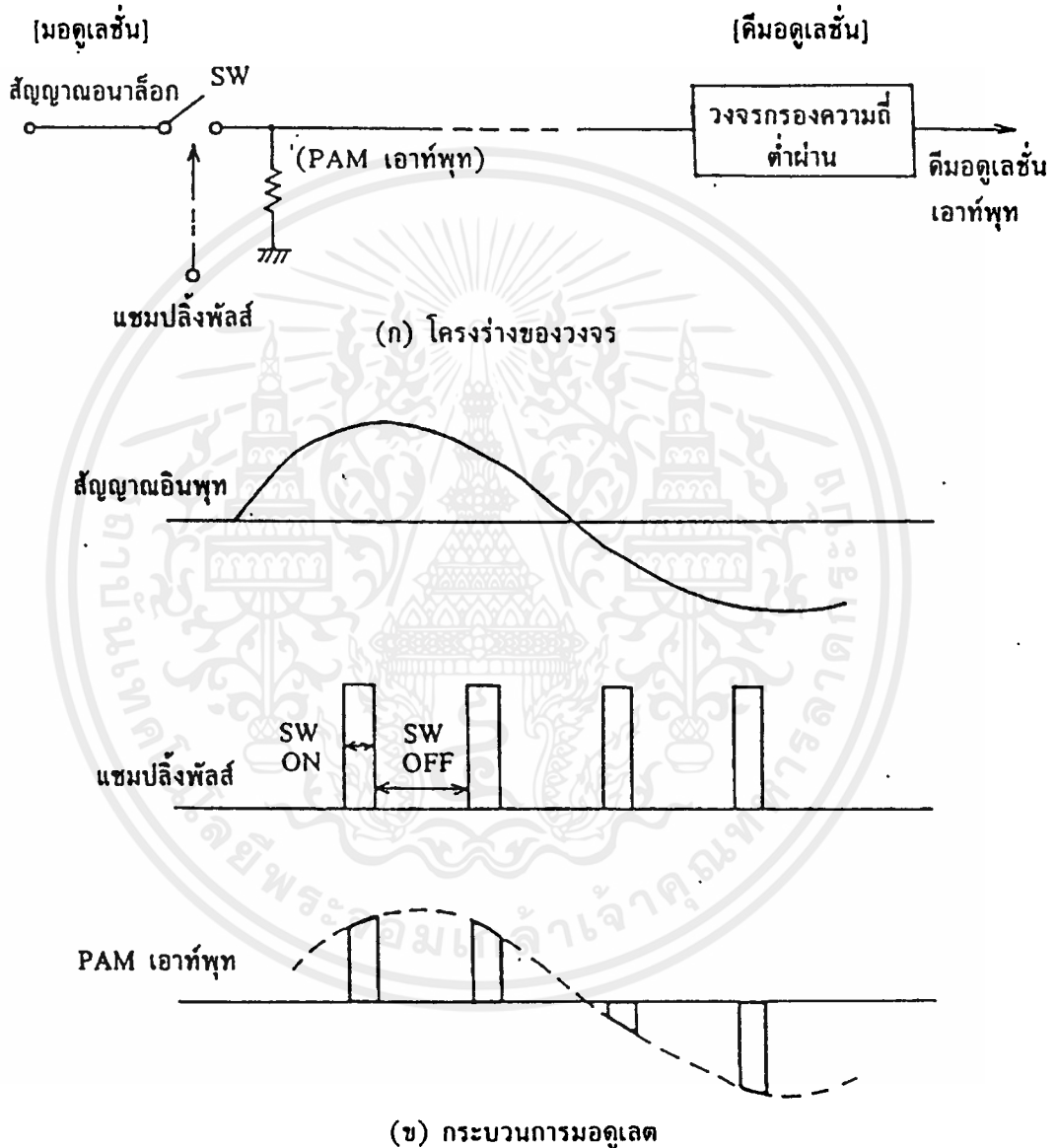
เมื่อจำแนกระบบของพัลส์มอดคูละชั่นแล้วจะมีสองระบบกว้างๆ คือ ระบบพัลส์อนาล็อกมอดคูละชั่น และระบบพัลส์ดิจิตอลมอดคูละชั่น แบบแรกได้จากการแซมปลิงสัญญาณอนาล็อกให้เป็นค่าทิสครีทในช่วงเวลาที่เท่ากันอย่างสม่ำเสมอแล้วทำการส่งในหลายรูปโดยยังรักษาสัญญาณอนาล็อกเดิมไว้ดังเช่นระบบ PAM(PULSE AMPLITUDE MODULATION), PWM(PULSE WIDTH MODULATION), PPM(PULSE PHASE MODULATION) และ PFM(PULSE FREQUANCY MODULATION) ส่วนแบบที่สองนั้นจะใช้ค่าแบบทิสครีททั้งเวลาและแอมพลิจูดโดยผ่านกระบวนการควอนไทซิง (QUANTIZING) และการเข้ารหัส (CODING)



ในระบบอนาล็อก ปริมาณที่เป็นอนาล็อกเช่น PAM และ PWM นั้น เมื่อมันถูกส่งออกไปยังด้านรับ ถ้ามีน็อยส์ปนอยู่ในช่องสัญญาณใดๆ ก็จะไม่สามารแยกสัญญาณเดิมออกมาได้อย่างแจ่มชัด ซึ่งระบบต่างๆ เหล่านี้จะมีน็อยส์มากกว่าแบบดิจิตอลพัลส์มอดคูละชั่น เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 พัลส์แอมพลิจูดมอดดูเลชั่น (PAM)

หลักการเบื้องต้นของการมอดดูเลทและดีมอดดูเลทแบบ PAM นั้นแสดงในรูปที่ 3.3 ตามรูปสวิทช์จะปิดเฉพาะเวลาแชนเปลิ่งเท่านั้น ขนาดของพัลส์ที่ได้รับจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับแอมพลิจูดของสัญญาณเดิม



รูปที่ 3.3 หลักการของ PAM มอดดูเลชั่นและดีมอดดูเลชั่น

3.4 การมอดดูเลทสัญญาณดิจิทัล

เทคนิคการมอดดูเลทสัญญาณดิจิทัลนี้มี 3 แบบด้วยกันคือ

1. AMPLITUDE SHIFT KEYING (ASK)

2. FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK)

3. PHASE SHIFT KEYING (PSK)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คลื่นพาหะในย่านความถี่วิทยุ กำหนดได้โดย

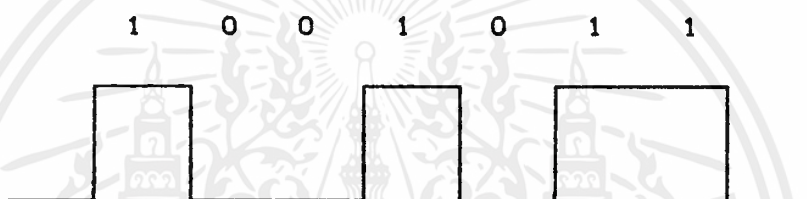
$$\text{คลื่นพาหะ} = A \cos (2\pi f_c t + \phi)$$

ในที่นี้ A : แอมพลิจูดของคลื่นพาหะ

f_c : ความถี่คลื่นพาหะ

ϕ : INITIAL PHASE

สัญญาณดิจิทัลแบบแบนด์เป็นคลื่นรูปสี่เหลี่ยมแสดงรหัสไบนารี 1 และ 0 ในการมอดูเลตสัญญาณดิจิทัลหนึ่งโน้ในสามพารามิเตอร์คือ แอมพลิจูด ความถี่ หรือ เฟสของคลื่นพาหะจะเปลี่ยนไปตามสถานะ 1 หรือ 0 ของสัญญาณแบบแบนด์

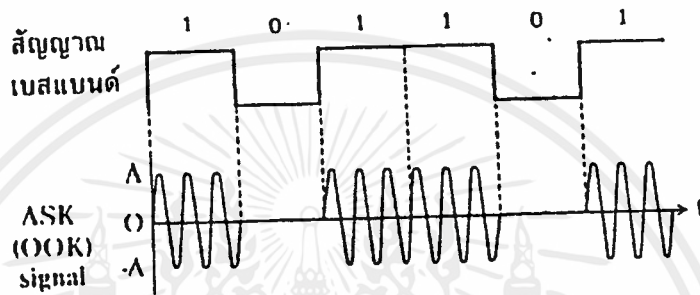


รูปที่ 3.4 รูปสัญญาณแบบแบนด์ดิจิทัล

การมอดูเลตแบบดิจิทัล	การมอดูเลตแบบอนาล็อก
ASK AMPLITUDE SHIFT KEYING	AM
FSK FREQUENCY SHIFT KEYING	FM
PSK PHASE SHIFT KEYING	PM

3.4.1 ASK (AMPLITUDE SHIFT KEYING) บางครั้งเรียกว่า OOK (ON OFF KEYING) เพราะว่า คลื่นพาหะถูกสวิตช์ ON/OFF ตามสัญญาณที่เป็น 1 หรือ 0 ถ้าคลื่นพาหะกำหนดโดย $A \cos 2\pi f_c t$ ดังนั้นสัญญาณ ASK จะกำหนดได้เป็น

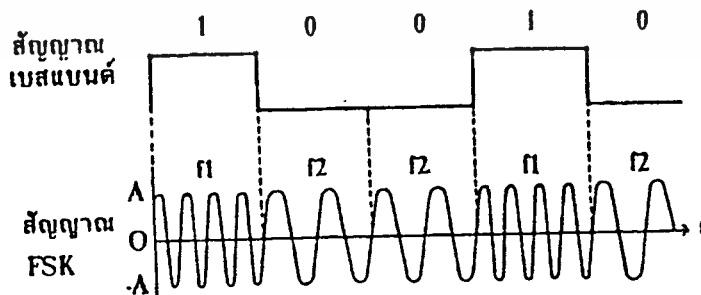
$$s(t) = \begin{cases} A \sin 2\pi f_c t, & \text{เมื่อสัญญาณเป็น 1} \\ 0, & \text{เมื่อสัญญาณเป็น 0} \end{cases}$$



รูปที่ 3.5 แสดง AMPLITUDE SHIFT KEYING

3.4.2 FREQUENCY SHIFT KEYING (FSK) ความถี่คลื่นพาหะจะมี 2 ความถี่ เช่น ความถี่ f_1 สำหรับสัญญาณที่เป็น 1 และความถี่ f_2 สำหรับความถี่ที่เป็น 0

$$s(t) = \begin{cases} A \sin 2\pi f_1 t & \text{สำหรับสัญญาณเป็น 1} \\ A \sin 2\pi f_2 t & \text{สำหรับสัญญาณเป็น 0} \end{cases}$$

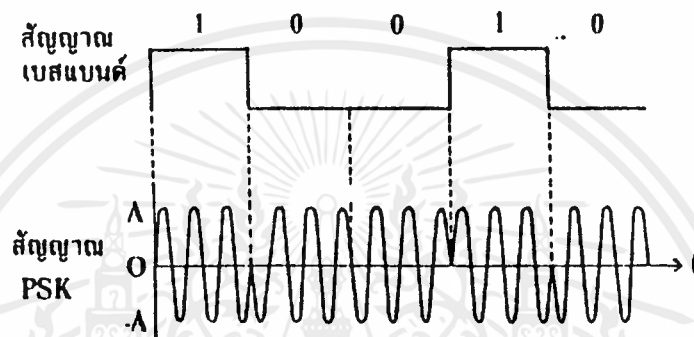


รูปที่ 3.6 แสดง FREQUENCY SHIFT KEYING

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4.3 PHASE SHIFT KEYING (PSK) แอมพลิจูดและความถี่จะคงที่แต่ INITIAL PHASE จะต่างกันสำหรับสัญญาณที่เป็น 1 หรือ 0 คือเฟสของคลื่นพาหะ $A \cos(2\pi f_c t + \theta)$ จะเปลี่ยนไปตามสถานะของสัญญาณ เช่น เฟส θ เป็น 0 กรณีสัญญาณมีสถานะเป็น 1 และเฟส θ เป็น π กรณีมีสัญญาณเป็น 0

$$s(t) = \begin{cases} A \sin 2\pi f_c t & \text{กรณีสัญญาณเป็น 1} \\ A \sin(2\pi f_c t + \pi) & \text{กรณีสัญญาณเป็น 0} \end{cases}$$



รูปที่ 3.5 แสดง PHASE SHIFT KEYING

บทที่ 4

การเข้ารหัสและการถอดรหัส

4.1 กล่าวโดยทั่วไป

การเข้ารหัส (Encoder) ในเรื่องของวงจรลอจิกแล้ว ความหมาย คือการเปลี่ยนระดับของลอจิกจากสวิตช์มาเป็นสัญญาณลอจิกตามรหัสที่ต้องการ เช่น เรามีสวิตช์อยู่ 10 ตัวกดสวิตช์หมายเลขใดก็ให้เอาท์พุทของวงจรเป็นสัญญาณลอจิกของรหัส Binary เป็นต้น ซึ่งเราจะให้เอาท์พุทของวงจรเป็นรหัสอะไรก็ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้ ในทำนองเดียวกันการถอดรหัส (Decoder) ก็หมายความว่าถึงวงจรซึ่งเปลี่ยนรหัสทางอินพุทเพื่อเป็นรหัสอื่นตามต้องการ เช่น เปลี่ยนรหัส BCD เป็นแรงดันของเลขฐานสิบ เป็นต้น วงจรเข้ารหัส-ถอดรหัสนี้สามารถสร้างได้จาก Diode ซึ่งต่อแบบ Matrix หรือจากวงจร Gate Combination ก็ได้ ซึ่งทั้งสองชนิดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของผู้ใช้ในแง่ของขนาดความยุ่งยาก ราคา ฯลฯ

4.2 การเข้ารหัส (ENCODER)

การเข้ารหัส (Encoder) เป็นการนำข้อมูลมาทำการเข้ารหัสให้ข้อมูลนั้นเหลือน้อยลงในโครงงานนี้จะเป็นการเข้ารหัสได้โดยการเปลี่ยนจากข้อมูลที่เป็น Binary ขนาด 9 บิต แบบขนานให้เป็นแบบอนุกรม ซึ่งจะใช้อิซีเบอร์ MC 145026 ซึ่งอิซีเบอร์นี้จะทำหน้าที่เป็นตัวเข้ารหัสและส่งข้อมูลแบบอนุกรมขนาด 9 บิต ข้อมูลที่จะส่งมี 3 สถานะคือ (0, 1, Open) โดยที่จะถูกจำกัดอยู่ที่ขา A1/D1-A9/D9 เป็นขาทางอินพุท ซึ่งจะมีความแตกต่างกันถึง $3^9 = 19,683$ ข้อมูลจะถูกส่งเมื่อขา TE ได้รับสัญญาณที่ขอบขาลง (Active low) และถ้าขา TE Active จะทำให้ข้อมูลถูกส่งออกไปอย่างต่อเนื่อง ซึ่งขา TE เปรียบเสมือน

สวิตช์อย่างหนึ่งที่อยู่ภายในอิซี จะทำงานเมื่ออินพุทอยู่ในสภาวะลอจิก "0" ขณะที่สัญญาณขา TE อยู่ในสภาวะลอจิก "1" จะไม่มีการเข้ารหัสเนื่องจาก Oscillator จะเริ่มต้นการเข้ารหัสและจะมีการส่งสัญญาณออกไปอย่างเรียงลำดับ อินพุทจะถูกกำหนดโดยสภาวะของลอจิก ในขณะนั้นที่ขา Output Data Out จะถูกส่งแบบอนุกรม (Series) การส่งจะเริ่มต้นเมื่อขา TE อยู่ในสภาวะลอจิก "0" เพราะจะมีการ Reset เกิดขึ้นภายในเป็นลำดับแรกจากการส่งอย่างเรียงร้อย

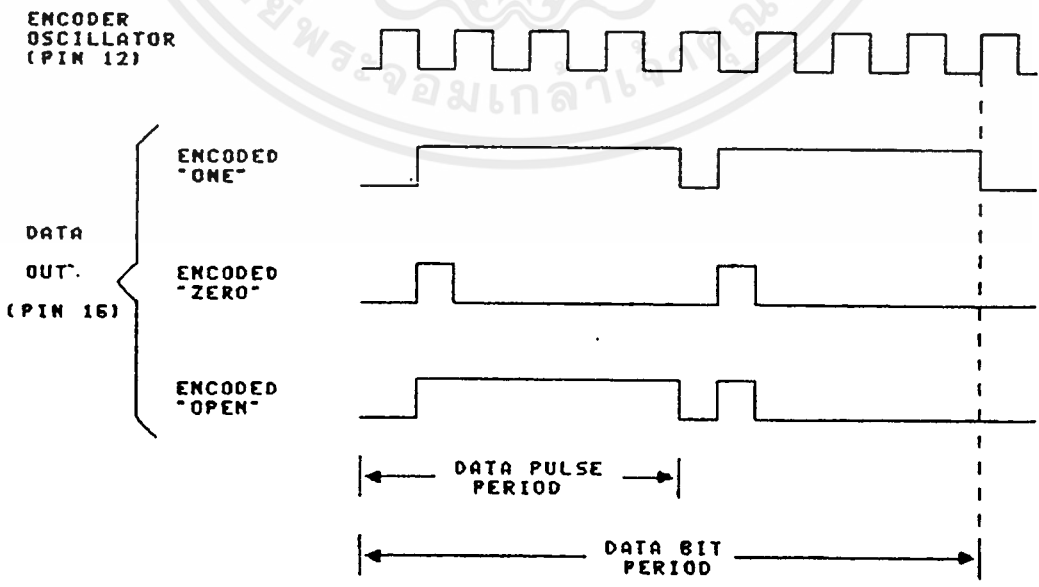
ตำแหน่งและหน้าที่การทำงานของขาไอซีเบอร์ MC 145026 Encoder

A1/D1	1	16	VDD	A1/D1-A9/D9	เป็นขาอินพุทของข้อมูลที่จะนำไปเข้ารหัส เป็นข้อมูลอนุกรมทางเอาต์พุท
A2/D2	2	15	Data Out ⁴	VSS	เป็นขาสำหรับต่อลงกราวด์
A3/D3	3	14	\overline{TE}	RS, CTC, RTC	ขาเหล่านี้เป็นส่วนของ Oscillator ต้องต่อ R, C เพื่อกำหนดความถี่ฐานเวลา
A4/D4	4	13	RTC	TE	ขานี้ใช้ควบคุมการส่งถ้าเป็น "0" จึงจะมีการส่งข้อมูล
A5/D5	5	12	CTC	DATA OUT	เป็นเอาต์พุทซึ่งจะส่งในลักษณะสัญญาณอนุกรม
A6/D6	6	11	RS	VDD	ขาสำหรับต่อไฟบวก
A7/D7	7	10	A9/D9		
VSS	8	9	A8/D8		

รูปที่ 4.1 แสดงตำแหน่งขา IC MC145026 ENCODER

กระบวนการส่งของไอซีเบอร์ MC 145026 Encoder

ข้อมูล Trinary Data ขนาด 9 บิตนั้นจะกำหนดได้ที่ขาอินพุท A1/D1-A9/D9 การส่งจะเริ่มขึ้นเมื่อขาสัญญาณ TE ได้รับลอจิก "0" จะเป็น Pulse แคบๆ สองลูกลอจิก "1" จะเป็น Pulse กว้างสองลูก และ Open จะเป็น Pulse กว้างหนึ่งลูกตามด้วย Pulse แคบอีกหนึ่งลูก ข้อมูล 9 บิตนั้นเราเรียกว่า Word แต่ละครั้งที่ TE ได้รับ Pulse "0" จะมีการส่งข้อมูลออกไป 2 Word ทั้งนี้เพื่อให้ตัวรับทำการตรวจสอบความผิดพลาด หรือถ้า TE ได้รับลอจิก "0" ค้างอยู่ก็จะมีการส่งข้อมูลออกไปอย่างต่อเนื่องที่ Word ไปเรื่อยๆ ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 data waveforms ของการเข้ารหัส โดย IC MC 145026 Encoder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และสงวนไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์อื่นใดได้ หากต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อผู้จัดทำเอกสาร

4.3 การถอดรหัส(DECODER)

สำหรับการถอดรหัสนั้นก็มีลักษณะตรงข้ามกับการเข้ารหัสกล่าวคือ จะเป็นการนำเอาสัญญาณที่เป็นแบบอนุกรม ทำการถอดรหัสให้เป็นข้อมูลแบบขนานที่ต้องการ ซึ่งในที่นี้จะใช้ไอซีเบอร์ MC 145027 ซึ่งไอซีเบอร์นี้จะทำหน้าที่รับสัญญาณ Serial Data ที่ถูกส่งมาจาก Encoder มาทำการถอดรหัสข้อมูลที่ส่งมาซึ่งประกอบด้วย Two Identical DataWords จะทำการตรวจสอบบิต โดยบิตที่ได้รับ 5 บิตแรกจะเป็น Address Bit โดยที่ Address ที่ตัวเข้ารหัสจะต้องตรงกับ Address ที่ตัวรับ ถ้า Address Bit ตรงกัน แล้วอีก 4 บิตถัดไปจะเป็นข้อมูล ซึ่งจะนำมาเก็บและเปรียบเทียบ หลังจาก Valid Data 5 ถูกเก็บขณะที่ทำการ Encoder Word ลำดับที่ 2 ค่า Address ใหม่จะต้อง Match กัน และถ้าเป็นดังนั้นแล้วข้อมูลจะถูกตรวจสอบโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลที่เก็บอยู่ก่อนแล้ว ถ้าข้อมูลทั้งสองครั้งตรงกันก็จะส่งออกมาทาง Output Data และจะทำการ Latch ข้อมูลไว้จนกว่าจะส่งข้อมูลใหม่เข้ามา

ตำแหน่งและหน้าที่การทำงานของขาไอซีเบอร์ MC 145027 Decoder

	<p>A1-A5 เป็นขา Address Input ซึ่งต้องให้ตรงกับ A1/D1-A5/D5 ที่ตัวส่ง</p> <p>D6-D9 เป็น Output ซึ่งจะให้ข้อมูลตรงกับ A6/D6-A9/D9 ที่ตัวส่ง</p> <p>R1, C1 ใช้ต่อ R, C เพื่อกำหนด Narrow Pulse หรือ Wide Pulse ที่ถูกเข้ารหัสมาซึ่งควรมีค่า TimeConstant $1.72 R_{TC} C_{TC}$ ของสัญญาณนาฬิกาที่ตัวส่ง $R1C1=3.95R_{TC} C_{TC}$</p> <p>R2, C2 ใช้ต่อ R, C ลงกราวด์เพื่อกำหนดจุดสิ้นสุดของการส่งแต่ละ Word ซึ่งควรมีค่า Time Constant 33.5 ของสัญญาณนาฬิกาที่ตัวส่ง $R2C2=77R_{TC} C_{TC}$</p> <p>VT เป็นขา Output ของสถานะเพื่อการรับถูกต้อง</p> <p>VDD เป็นขาสำหรับต่อไฟบวก</p> <p>VSS เป็นขาสำหรับต่อลงกราวด์</p>
--	---

รูปที่ 4.3 แสดงตำแหน่งขาไอซี MC145027 Decoder

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบวนการรับของไอซีเบอร์ MC 145027 Decoder

ข้อมูลที่รับมาได้นั้นจะถูกรับบิตต่อบิต 5 บิตแรกจะใช้เป็น Address ซึ่งจะตรงตรงกับ Address ที่อินพุทของตัวรับถ้า Address Bit ตรงกัน 4 บิต ต่อไปจะถูกเก็บไว้แต่ยังไม่มีเอาท์พุทออกมา ต้องทำการเปรียบเทียบกับ Data ใน Word หลังเสียก่อน หากตรงกันขาสัญญาณ VT ก็จะเป็น "1" และมีเอาท์พุทที่ Bus Data และ Latch ไว้อย่างนั้นจนกว่าจะมี Data ตัวใหม่เข้ามา Address ทั้ง 5 บิตสามารถเข้ารหัสเป็น Trinary ได้แต่ Data 4 Bit นั้นต้องเป็น Binary เท่านั้น ซึ่ง Open จะ Decode เป็นลอจิก "1" ซึ่งกระบวนการรับเป็นไปตาม Flowchart

สัญญาณนาฬิกาของตัวเข้ารหัสและตัวถอดได้จาก RC Oscillator ซึ่งต่ออยู่ภายนอกของไอซีทั้งสองเบอร์ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร
ตัวเข้ารหัส (MC 145026)

$$F_{osc} = 1/2 \cdot 3R_{Tc} C_{Tc}$$

จาก DATA SHEET กำหนดให้ $C_{Tc} = C_{Tc} + 20pF$

และให้ค่า $R_S = 2R_{Tc}$

C_{Tc} มีค่าอยู่ระหว่าง 100pF-15uF

R_{Tc} มีค่าไม่ต่ำกว่า 10K

การกำหนดความถี่ก็ควรกำหนดให้เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ใช้

ตัวถอดรหัส (MC 145027) ค่าคำนวณได้จากสูตร

$$R1C1 = 3.95R_{Tc} C_{Tc}$$

$$\text{และ } R2C2 = 77R_{Tc} C_{Tc}$$

ตัวอย่างการคำนวณจากการใช้งานจริง

ตัวส่ง (TRANSMITTER)

MC 145026 กำหนดให้ $R_{Tc} = 50K$

$$C_{Tc} = 5100pF$$

$$R_S = 100K$$

จะได้ $F_{osc} = 1.71 \text{ KHz}$

ตัวรับ (RECEIVER)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกรณีการใช้งานที่ระบุไว้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
MC 145027 ซึ่งจะต้อง MATCH กับค่าที่กำหนดไว้ที่ MC 145026
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก $R1C1 = 3.95R_{tc}C_{tc}$ จะได้

$$R1 = 10K$$

$$C1 = 0.02pF$$

และ $R2C2 = 77R_{tc}C_{tc}$ จะได้

$$R2 = 200K$$

$$C2 = 0.1\mu F$$

F_{osc} (KH _z)	R_{tc}	C_{tc}	R_S	$R1$	$C1$	$R2$	$C2$
362.00	10K	120PF	20K	10K	470PF	100K	910PF
181.00	10K	240PF	20K	10K	910PF	100K	1800PF
88.7	10K	490PF	20K	10K	2000PF	100K	3900PF
42.60	10K	1020PF	20K	10K	3900PF	100K	7500PF
21.50	10K	2020PF	20K	10K	8200PF	100K	0.015 μ F
8.53	10K	5100PF	20K	10K	0.02PF	200K	0.020 μ F
1.71	50K	5100PF	100K	10K	0.02PF	200K	0.100 μ F

ตารางตัวอย่างค่า R และ C ที่ความถี่ต่างๆ

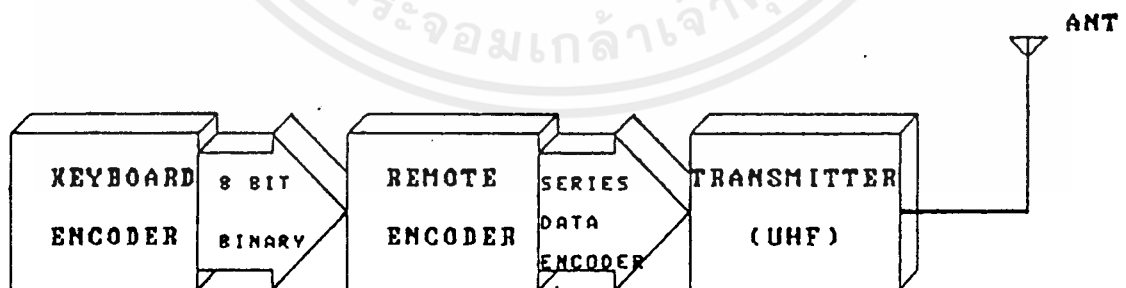
บทที่ 5 หลักการทํางานของระบบ

5.1 ภาคส่ง

5.1.1 รายละเอียดของบล็อกไดอะแกรมทางภาคส่ง

จากบล็อกแรกเป็นภาค Keyboard หรือ Switch ซึ่งใช้เป็นแขนแปลที่จะใช้เป็นตัวเลือกช่องสัญญาณการควบคุม เมื่อมีการกด Keyboard ก็จะมีการเข้ารหัส (Encoder) สัญญาณข้อมูลที่ถูกเข้ารหัสจะถูกส่งไปยังบล็อกที่สอง โดยบล็อกแรกจะส่งสัญญาณ Enable หรือ Strobe ไปเป็นตัวควบคุมการทํางานของบล็อกที่สอง เมื่อบล็อกที่สองซึ่งเป็นบล็อกของ Remote Encoder ได้รับสัญญาณข้อมูลที่เข้ารหัสมาแล้ว และสัญญาณ Enable ซึ่งมีลอจิก "0" ก็จะทำให้วงจร Encoder ในบล็อกนี้ทํางานโดยทำการเข้ารหัสสัญญาณข้อมูลที่รับเข้ามา ซึ่งเป็นแบบขนานให้เป็นสัญญาณข้อมูลแบบอนุกรม และส่งสัญญาณแบบอนุกรมที่เข้ารหัสแล้วนี้ไปยังบล็อกที่สาม โดยสัญญาณข้อมูลที่ส่งเข้ามานี้จะมีลักษณะเป็นขบวนพัลส์ 9 บิตจำนวน 2 Word ต่อเนื่องกันไป

บล็อกที่สาม (Transmitter) เมื่อได้รับสัญญาณข้อมูลแบบอนุกรมแล้ว ก็จะนำสัญญาณข้อมูลแบบอนุกรมนี้มา Modulate เข้ากับความถี่ Carrier ที่วงจร Oscillator สร้างขึ้นมา ซึ่งการ Modulate ของวงจรนี้จะ เป็นแบบ Pulse Amplitude Modulate (PAM) สัญญาณข้อมูลที่ Modulate แล้วก็จะถูกส่งแพร่กระจายออกไปในอากาศด้วยคลื่นความถี่ย่าน UHF



รูปที่ 5.1 บล็อกไดอะแกรมทางภาคส่ง

5.1.2 หลักการทํางานของวงจรทางภาคส่ง

เมื่อมีความต้องการควบคุมการปิด-เปิด อุปกรณ์ทางไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ที่จุดใด ๆ ที่สามารถทำได้โดยการเลือกช่องสัญญาณการควบคุมได้ที Keyboard หรือ Switch ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือกช่องการควบคุมอื่นๆ ซึ่งเมื่อมีการกด Keyboard ตัวใดตัวหนึ่งก็จะเสมือนกับการส่งข้อมูลแบบขนานเข้าไปยังวงจรถ่ายรหัส (Encoder) ซึ่งมีไอซี CMOS เบอร์ 4532 8-line-to-3-line Encoder เป็นตัวเข้ารหัสจากข้อมูลทางอินพุต 8 แชนแนล ไปเป็นข้อมูลทางเอาต์พุตขนาด 3 บิต เช่นเมื่อมีการกด Keyboard หมายเลข 5 ก็จะทำให้ได้ข้อมูลทางเอาต์พุตเป็น 101 (เรียงตามลำดับค่านัยสำคัญจากสูงไปต่ำ Q_2, Q_1, Q_0) เป็นต้น หรืออาจกล่าวได้ว่าไอซีเบอร์ 4532 เป็นตัวทำหน้าที่เข้ารหัสเลขฐานสิบเป็นเลขฐานสองขนาด 3 บิต ดังนั้นจำนวนแชนแนลของการส่งข้อมูลทางอินพุตจึงมีค่าเท่ากับ $2^3 = 8$ แชนแนลในกรณีที่มีการกด Keyboard พร้อมๆกันหลายๆแชนแนล แชนแนลที่จะถูกเลือกนำไปเข้ารหัสคือแชนแนลที่มีค่านัยสำคัญสูงสุด (MSB) เช่นมีการกด Keyboard หมายเลข 7 และหมายเลข 3 พร้อมกัน แชนแนลที่จะถูกนำไปเข้ารหัสคือ แชนแนลหมายเลข 7 (MSB) ส่วนแชนแนลหมายเลข 3 (LSB) จะไม่ถูกนำไปเข้ารหัสเพราะมีค่านัยสำคัญน้อยกว่าแชนแนลหมายเลข 7 ในขณะที่มีการเข้ารหัสและได้รหัสที่เอาต์พุตมีค่าเท่าใดก็ตาม สัญญาณลอจิกที่ขา E_0 จะมีค่าเป็นลอจิก "0" แต่ถ้าไม่มีการเข้ารหัสสัญญาณลอจิกที่ขา E_0 จะมีค่าเป็นลอจิก "1"

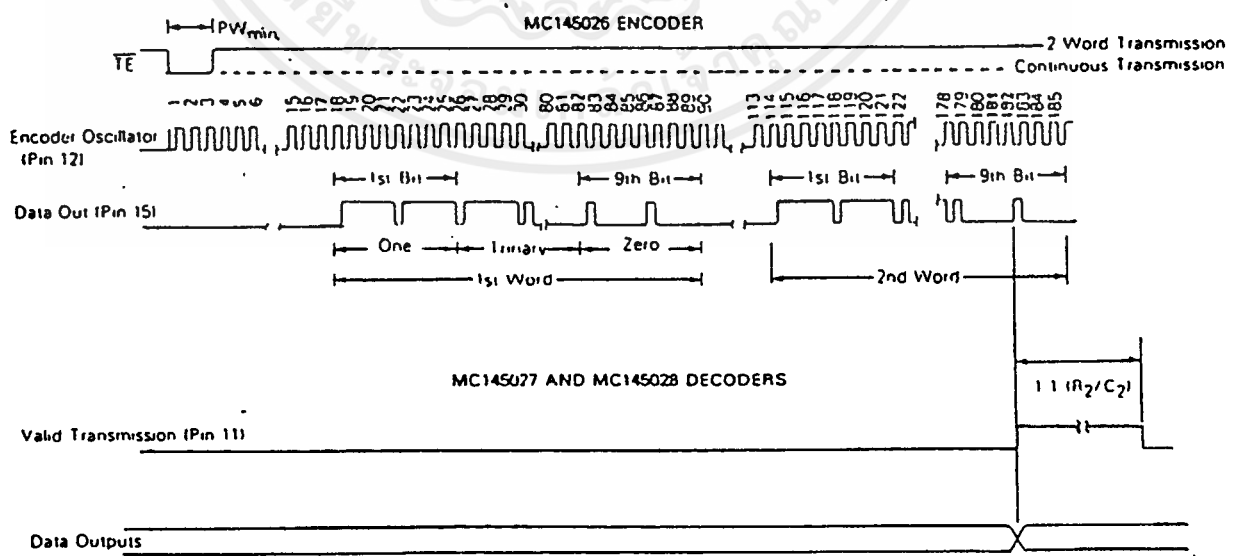
INPUT									OUTPUT				
Ein	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	GS	Q2	Q1	Q0	Eout
0	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	1	X	X	X	X	X	X	X	1	1	1	1	0
1	0	1	X	X	X	X	X	X	1	1	1	0	0
1	0	0	1	X	X	X	X	X	1	1	0	1	0
1	0	0	0	1	X	X	X	X	1	1	0	0	0
1	0	0	0	0	1	X	X	X	1	0	1	1	0
1	0	0	0	0	0	1	X	X	1	0	1	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1	X	1	0	0	1	0
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0

X = DON'T CARE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สรุปไว้เพื่อช่วยในการเรียนการสอนเรื่องลอจิกที่นำมาใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 5.2 ตารางแสดงการเข้ารหัสของไอซีเบอร์ 4532
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เนื่องจาก Keyboard หมายเลข 0 (ขา D₀ ของไอซีเบอร์ 4532) มีปัญหา คือเมื่อกด Keyboard หมายเลขนี้จะได้ออกที่พทของไอซีเบอร์ 4532 Q₂Q₁Q₀ เป็น 000 ในขณะที่มีการกด Keyboard หมายเลขอื่นๆที่ไม่ใช่ Keyboard หมายเลข 0 นั้นในบางครั้ง การกด Keyboard หมายเลขต่างเหล่านี้อาจใช้เวลาน้อยไปบ้างมากไปบ้างไม่ได้จังหวะแทนที่ Data 2 Word ที่จะถูกส่งออกไปนั้นควรเป็นเลขตาม Keyboard ที่กด ก็กลับกลายเป็น เลข 0 แทน ดังนั้นจึงเกิดการซ้ำซ้อนกับการกด Keyboard หมายเลข 0 ซึ่งทำให้ชนแนว การควบคุมเกิดการ ผิดพลาดในการควบคุม เพื่อไม่ให้เกิดเหตุการณ์ดังกล่าวในการออกแบบ วงจรจึงตัด Keyboard หมายเลข 0 ออกเพื่อความถูกต้องและแม่นยำของระบบการควบคุม

ข้อมูลที่ได้จากการเข้ารหัสเมื่อได้ทำการเลือกชนแนลควบคุมใดๆแล้ว ข้อมูล นั้น (Q₂Q₁Q₀) จะถูกส่งไปยังขา A₇A₆A₅ ของไอซีเบอร์ MC 145026 ซึ่งทำหน้าที่เป็น ตัวเข้ารหัสเปลี่ยนข้อมูลที่รับเข้ามาแบบขนานให้ออกไปเป็นข้อมูลแบบอนุกรม Address ของ ไอซีเบอร์ MC 145026 นี้จะแบ่งเป็นสองชุด ชุดแรกขา A₁-A₅ จะต่ออยู่กับ DIP SW. ซึ่งใช้เป็นตัวอ้าง Address ให้กับไอซีเบอร์นี้ ส่วนชุดที่สองขา A₆-A₇ เป็นขาอินพุทที่รับ ข้อมูลเข้ามา โดยที่ขา A₆ จะมีค่านัยสำคัญสูงสุด (MSB) ส่วนขา A₇ จะเป็นขาที่มีค่านัย สำคัญต่ำสุด (LSB) ดังนั้นเมื่อนำไอซีเบอร์ MC 145026 ไปต่อเข้ากับไอซีเบอร์ 4532 เพื่อรับข้อมูล จึงต้องต่อขา A₇-A₆ ของไอซีเบอร์ MC 145026 เข้ากับขา Q₂-Q₁ ของ ไอซีเบอร์ 4532 ส่วนขา A₅ ของไอซีเบอร์ MC 145026 นั้น ก็เป็นขาที่ต้องรับข้อมูลเช่น กันแต่มีค่านัยสำคัญสูงกว่าขา A₇-A₆ เพื่อให้ง่ายต่อการออกแบบจึงต่อลงกราวด์ นั่นคือรับ ข้อมูลที่เป็นลอจิก "0" ตลอดเวลา ส่วนขา R₀, R_{TC}, C_{TC} เป็นขาที่ใช้ต่อ R, C ค่าต่างๆ

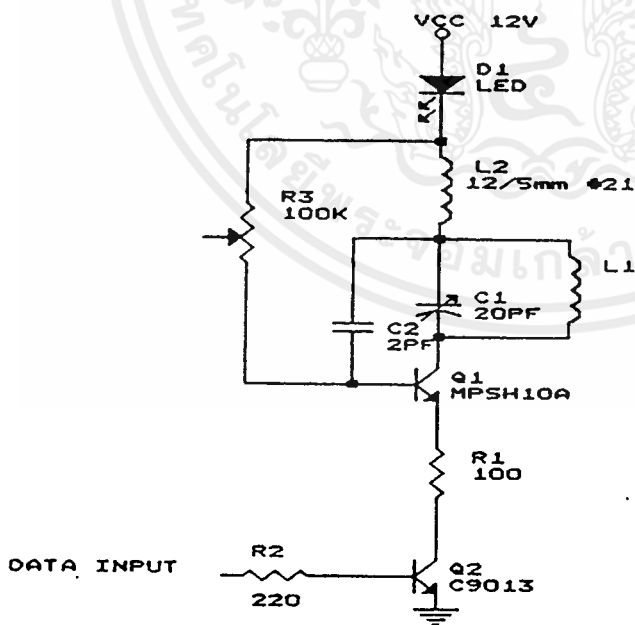


รูปที่ 5.3 Encoder/Decoder Timing Diagram

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อกำหนดค่าความถี่ Oscillator เพื่อใช้เป็นฐานเวลาในการเข้ารหัสข้อมูล การส่งข้อมูลออกจากตัวไอซีเบอร์ MC 145026 จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อขา TE ของไอซี เบอร์นี้ได้รับสัญญาณลอจิก "0" เพียงกรณีเดียวเท่านั้น ข้อมูลที่ส่งออกมาจะมีลักษณะเป็นขบวนพัลส์ต่อเนื่องกันไปขนาด 9 บิตจำนวน 2 Word ซึ่งข้อมูลทั้ง 9 บิตนั้นจะมีลอจิกของแต่ละบิตเป็น 0 หรือ 1 เมื่อใดก็ตามที่ขา TE ได้รับลอจิก "0" ก็จะมีการส่งข้อมูลเรียงต่อกันไป 2 Word ดังรูปที่ 5.3 ซึ่งแสดงการส่งข้อมูลที่เข้ารหัสแล้ว

ในกรณีที่ข้อมูลที่ส่งจากตัวไอซีเบอร์ MC 145026 มีลอจิกเป็น "0" ซึ่งเป็นระดับที่ไม่สามารถทำให้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 9013 ชนิด NPN นำกระแสได้ เพราะไม่มีแรงดันไบอัสที่ขาเบสที่สูงพอที่จะทำให้ทรานซิสเตอร์ตัวนี้นำกระแสได้ ดังนั้นทรานซิสเตอร์ MPSH 10A จึงยังไม่ทำงานด้วยเช่นกันเนื่องจากยังไม่ครบวงจร (ขาอิมิตเตอร์ยังไม่ต่อลงกราวด์) เมื่อทรานซิสเตอร์เบอร์ MPSH 10A ยังไม่ทำงาน วงจร Oscillator ที่ต่ออยู่ในวงจรก็จะไม่ทำงานด้วย ดังนั้นในกรณีนี้จะไม่มีการแพร่กระจายคลื่นความถี่ของวงจรออกอากาศ ในกรณีตรงกันข้ามถ้าข้อมูลที่ส่งจากตัวไอซีเบอร์ MC 145026 มีลอจิกเป็น "1" ก็จะทำให้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 9013 ทำงานเนื่องจากมีระดับแรงดันไบอัสที่สูงพอ ซึ่งก็เป็นสาเหตุให้ทรานซิสเตอร์เบอร์ MPSH 10A ทำงานด้วยเช่นกันเนื่องจากครบวงจร เพราะว่าขาอิมิตเตอร์เปรียบเสมือนกับต่อลงกราวด์ดังนั้นวงจร Oscillator ที่ต่ออยู่ในวงจรจึงทำงานกำเนิดคลื่นความถี่ย่าน UHF ออกมา ซึ่งคลื่นความถี่ที่จะมีค่า Amplitude สูงสุดที่ความถี่ประมาณ 400 MHz คลื่นความถี่ที่กำเนิดขึ้นมากก็จะถูกส่งแพร่กระจายออกไปในอากาศ



TRANSMITTER CIRCUIT

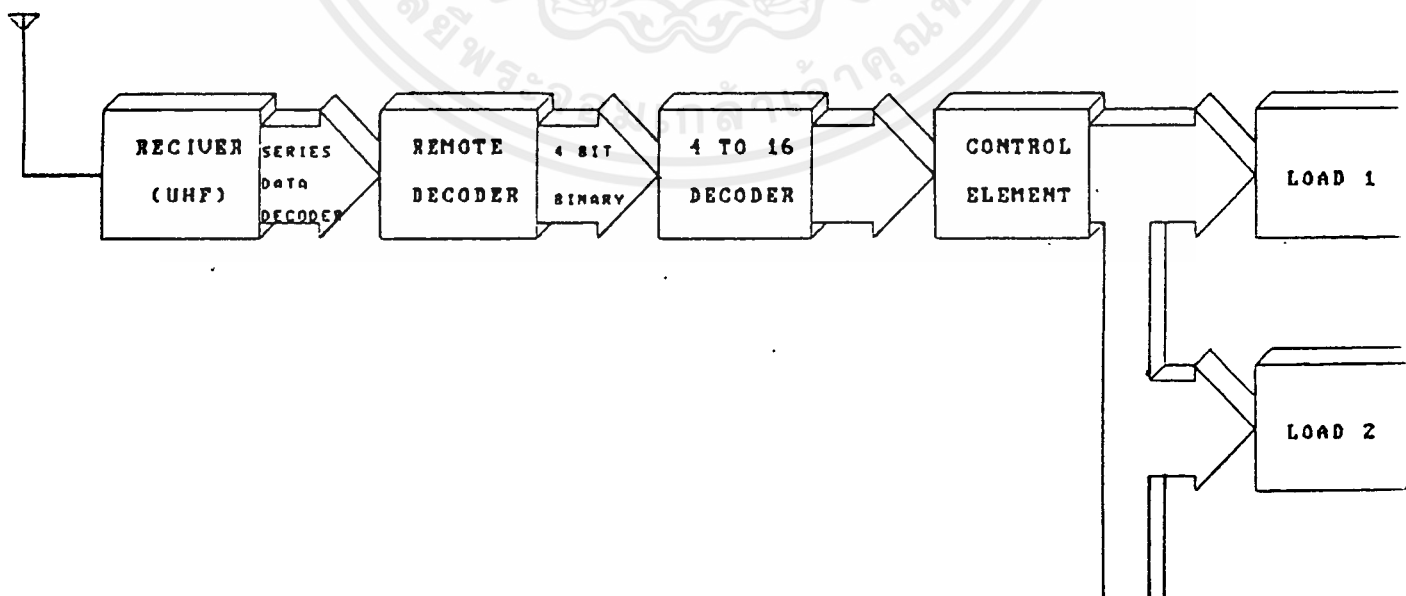
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับรูปที่ 5.5 แสดงวงจรทางด้านภาคส่งนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ภาครับ

5.2.1 รายละเอียดบล็อกโคจรทางภาครับ

สัญญาณคลื่นความถี่ย่าน UHF ที่ส่งแพร่กระจายออกมาในอากาศจากภาคส่งนั้น ทางภาครับ (Receiver) จะสามารถรับสัญญาณความถี่นี้ได้ เนื่องจากทางภาครับก็มีวงจร Oscillator ที่ตั้งความถี่ไว้ตรงกับภาคส่ง ดังนั้นข้อมูลที่ส่งออกมาเป็นแบบอนุกรมอย่างต่อเนื่องขนาด 2 Word ก็จะถูกภาครับรับข้อมูลไว้ได้ซึ่งเป็นแบบอนุกรมเช่นกันข้อมูลที่รับได้นั้น จะถูกส่งต่อไปยัง Block Remote Decoder เพื่อทำการถอดรหัสและทำการตรวจสอบข้อมูล โดยที่ข้อมูล Word แรกจะถูกส่งเข้าไปก่อนแล้ว Word ที่สองก็จะถูกส่งตามเข้ามา เพื่อทำการถอดรหัสออกเป็นข้อมูลแบบขนานขนาด 4 บิต และทำการเปรียบเทียบกับข้อมูล Word แรก ถ้าข้อมูลที่ได้รับทั้งสอง Word มีค่าตรงกันแล้ว ข้อมูลก็จะถูกส่งออกไปที่ Bus Data และถูก Latch เอาไว้จนกว่าจะมีข้อมูลใหม่เข้ามาเมื่อข้อมูลขนาด 4 บิตที่ได้จาก Block Remote Decoder ถูกส่งเข้าไปยังบล็อก 4 to 16 Decoder ข้อมูลก็จะถูกถอดรหัสจากข้อมูลขนาด 4 บิตแบบขนานออกเป็นข้อมูลของเลขฐานสิบจำนวน 16 ค่า เลขฐานสิบ 16 ค่านี้จะมีตำแหน่งที่ตรงกับแขนแนลที่ใช้เลือกช่องควบคุมทางภาคส่ง 8 ตำแหน่ง

ในแต่ละตำแหน่งจาก 8 ตำแหน่งของวงจร Decoder สามารถนำไปควบคุมการปิด/เปิดอุปกรณ์ทางไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ได้ 1 อย่าง ดังนั้นจึงสามารถทำการควบคุมอุปกรณ์ทางไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ได้ทั้งหมด 8 อย่างโดยใช้บล็อก Control Element เป็นตัวแยกตำแหน่งการควบคุม

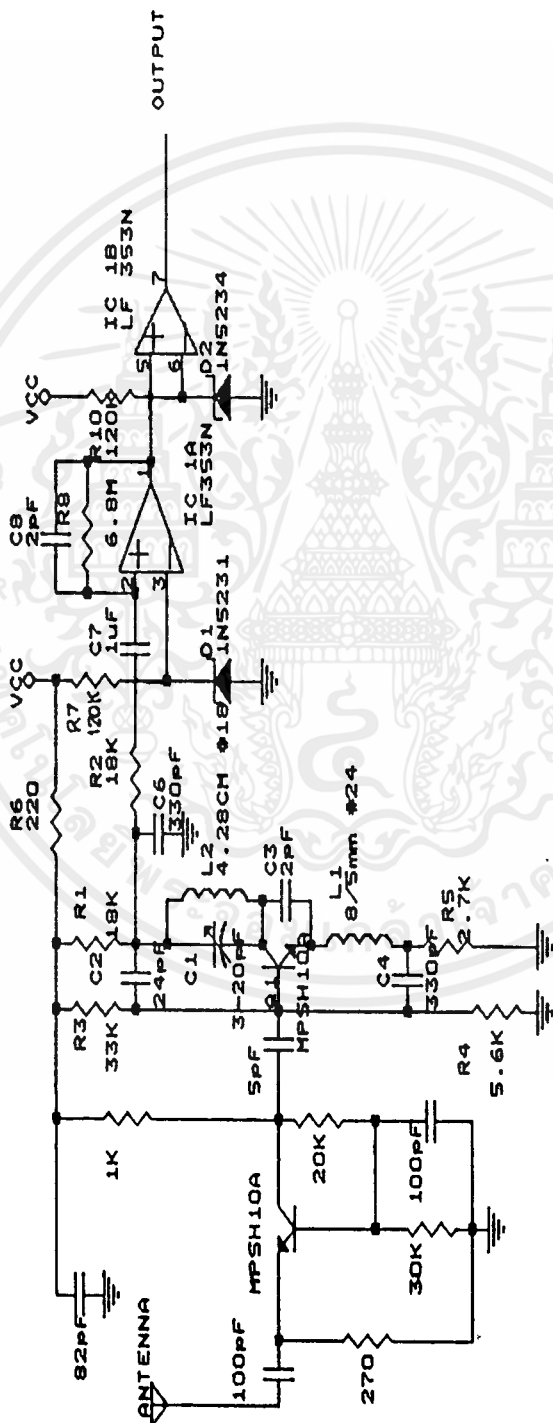


รูปที่ 5.6 แสดง Block Diagram ทางภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในโครงการวิจัยและพัฒนาของกรมการสื่อสารแห่งประเทศไทย โดยไม่หวังกำไร หากมีผู้ใดคัดลอกหรือเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมการสื่อสารแห่งประเทศไทย จะมีความผิดตามกฎหมายว่าด้วยลิขสิทธิ์

5.2.2 หลักการทำงานของวงจรทางภาครับ

สัญญาณควบคุมที่ส่งมาจากภาคส่งโดยใช้การ Modulate แบบ PAM และส่งแพร่กระจายออกอากาศด้วยคลื่นย่านความถี่ UHF นั้นเราสามารถที่จะรับสัญญาณควบคุมนี้ได้โดยการใช้วงจรแท่ง LC Circuit จึงต้องปรับค่าความถี่ที่ได้จากวงจรนี้ให้ตรงกับความถี่ที่ส่งมาจากภาคส่ง จึงจะทำให้วงจรทางภาครับ (Receiver) สามารถรับสัญญาณควบคุมที่ส่งออกมาได้



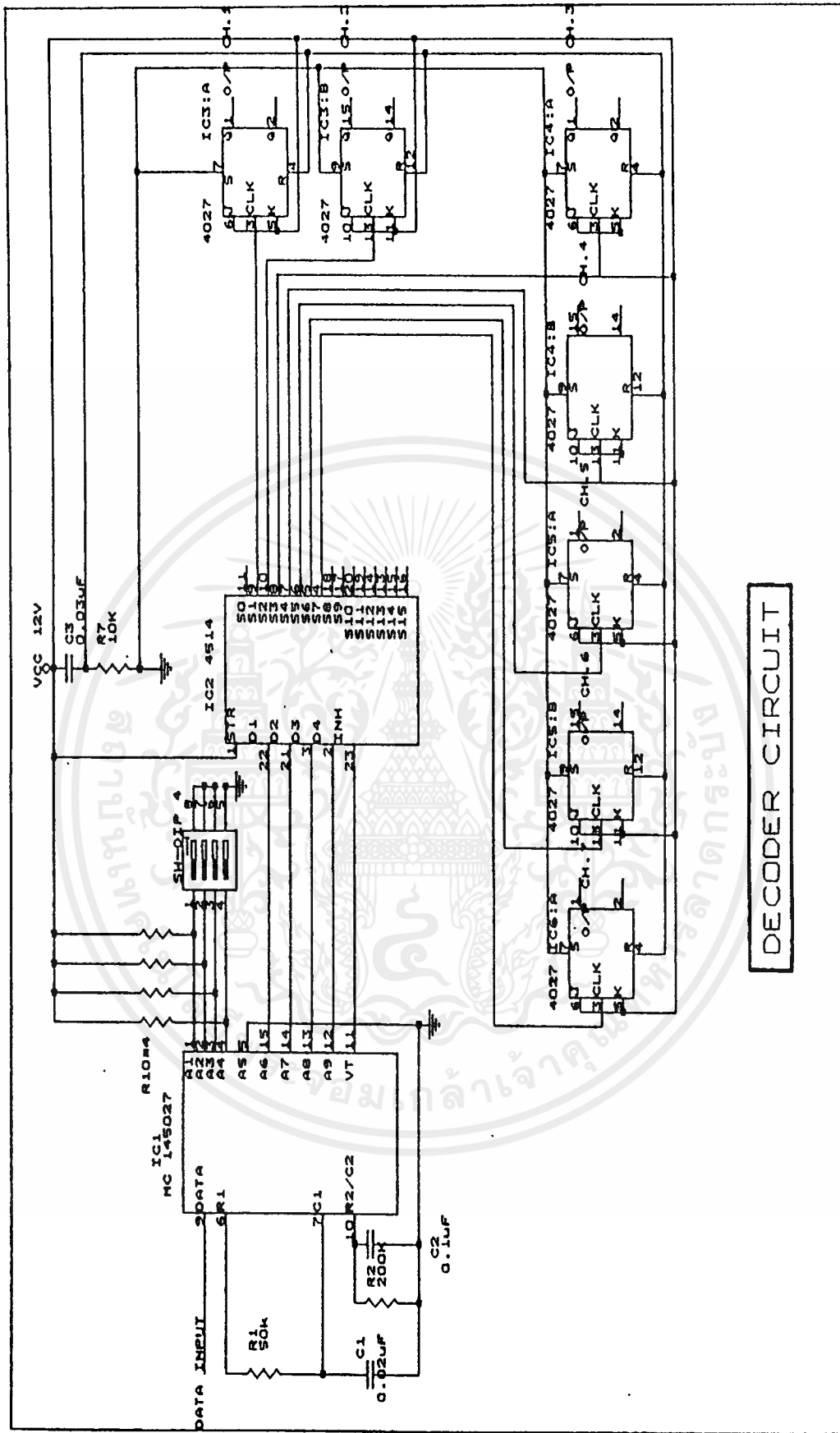
RECEIVER CIRCUIT

รูปที่ 5.7 แสดงถึงวงจรทางด้านภาครับ (Receiver circuit) ด้านการคำนวณเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ในชื่อของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้รับสัญญาณควบคุมที่ถูก Demodulate ให้ตรงกับสัญญาณจริงที่ส่งมาจากภาคส่งแล้ว สัญญาณควบคุมนี้ก็จะถูกส่งเข้าไปยังวงจรโดยใช้ไอซีเบอร์ MC 145027 เป็นตัวถอดรหัสจากข้อมูลที่ส่งมาเป็นแบบอนุกรมซึ่งเป็นขบวนพัลส์ที่มีความต่อเนื่องขนาด 9 บิต จำนวน 2 Word ให้เป็นข้อมูลแบบขนานจำนวน 4 บิต ซึ่งการถอดรหัสจะกระทำได้สำเร็จและถูกต้องเมื่อมีการตั้ง Address ที่ขา A_1-A_8 ของไอซีเบอร์ MC 145027 โดยใช้ DIP SW. ให้ตรงกับ Address ที่ตั้งไว้ที่ขา A_1-A_8 ของไอซีเบอร์ MC 145026 ในภาครับ เมื่อเป็นเช่นนี้แล้วข้อมูลที่รับเข้ามาได้ก็จะถูกถอดรหัสออกมาเป็นข้อมูลแบบขนาน โดยที่การถอดรหัสของข้อมูล Word แรกจะถูกนำมา Latch ค้างไว้และทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้ออกจากการถอดรหัสใน Word ที่สอง ถ้าข้อมูลจากการถอดรหัสที่ได้ทั้งสองครั้งมีค่าตรงกันแล้วขา V_T ของไอซีเบอร์ MC 145027 จะมีสถานะลอจิกเป็น "1" และจะมีการส่งข้อมูลออกมาจำนวน 4 บิตแบบขนาน ส่วนขา R_1, C_1, R_2, C_2 เป็นขาที่ใช้ต่อ R, C ค่าต่างๆ เพื่อกำเนิดความถี่ Oscillator ให้ตรงกับความถี่ Oscillator ที่ตั้งไว้ที่ขา R_3, R_{TC}, C_{TC} ที่ตัวไอซีเบอร์ MC145026 เพื่อใช้เป็นฐานเวลาในการถอดรหัสข้อมูลให้ตรงกับข้อมูลที่ส่งมา

ข้อมูลขนาด 4 บิตแบบขนานที่ได้จากวงจรถอดรหัส (Decoder) ก็จะถูกส่งเข้าไปยังวงจรถอดรหัส อีกครั้งโดยใช้ไอซี CMOS เบอร์ 4514 4-line-to-16-line decoder ไอซีเบอร์นี้จะทำหน้าที่ถอดรหัสข้อมูลที่ส่งเข้ามาแบบขนานจำนวน 4 บิต ให้เป็นข้อมูลจำนวน 16 ค่า (ตำแหน่ง) ที่ขา S_0-S_3 โดยไอซีเบอร์นี้จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อขา INH ได้รับลอจิก "1" ซึ่งส่งมาจากขา V_T ของไอซีเบอร์ MC 145027 ข้อมูลทั้ง 16 ค่าที่ถูกถอดรหัสได้นี้จะมีอยู่ 8 ค่าที่มีตำแหน่งตรงกับสัญญาณควบคุมที่ส่งมาจาก Keyboard ทั้ง 8 ตำแหน่ง แต่เนื่องจาก Keyboard หมายเลข 0 มีปัญหาดังนั้นจึงเหลือเพียงแค่ 7 ตำแหน่งเท่านั้นที่จะมีตำแหน่งตรงกันทั้งทางด้านส่งและด้านรับ ข้อมูลทั้ง 7 ตำแหน่งที่ได้จะถูกส่งเข้าไปยังไอซี CMOS เบอร์ 4027 JK F/F จำนวน 7 ตัวซึ่งต่อเป็น T F/F เหตุผลที่ต้องใช้ T F/F เพราะต้องการให้มีการคงสถานะข้อมูล เมื่อมีการกด Keyboard หมายเลขนั้นๆก็จะสามารถควบคุมอุปกรณ์ทางไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ได้พร้อมๆกันทั้ง 7 ตำแหน่ง เมื่อต้องการหยุดควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้าหรืออิเล็กทรอนิกส์ที่ตำแหน่งใดๆก็ ต้องมีการกด Keyboard ที่ตำแหน่งนั้นๆซ้ำอีกครั้งหนึ่งจึงจะสามารถหยุดการควบคุมได้ส่วน R_3, C_3 ต่อไว้เพื่อควบคุมการทำงานของไอซี CMOS เบอร์ 4069 (Not Gate) โดยในสถานะแรกที่มีการเปิดเครื่อง ที่ขา 1 ของไอซีเบอร์นี้จะมีลอจิกเป็น "0" ซึ่งทำให้เอาท์พุทที่ขา 2 มีลอจิกเป็น "1" เนื่องจาก C_3 ยังไม่มีแรงดันตกคร่อม ซึ่งจะเป็นการ Reset หรือ Clear Memory ของไอซีเบอร์ 4027 ให้มีค่าลอจิกเป็น "0" ทุกตัวเพื่อความพร้อมที่จะรับข้อมูลใหม่เข้าไป เมื่อเวลาผ่านไปสักครู่หนึ่ง C_3 จะมีแรงดันตกคร่อมตัวมันทำให้ขา 1 ของไอซี CMOS เบอร์ 4069 มีสถานะลอจิกเป็น "1" เป็นเหตุให้

เอกสารนี้เป็นลิขสิทธิ์ของสำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ นครเชียงใหม่
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



DECODER CIRCUIT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ แสดงวงจรส่วนของการถอดรหัส (Decoder circuit) นี้ด้านการค้า ไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอาท์พุทที่ขา 2 มีลอจิกเป็น "0" ซึ่งเป็นการสั่งให้หยุดการ Reset Memory ของไอซี CMOS เบอร์ 4027 ในตอนนี้ไอซี CMOS เบอร์ 4027 ก็พร้อมที่จะรับข้อมูลข้อมูลแต่ละตำแหน่งที่ผ่านไอซี CMOS เบอร์ 4027 JK F/F จะถูกส่งไปเป็นอินพุทของไอซี CMOS เบอร์ 1413 ซึ่งเป็นไอซีที่ทำหน้าที่ขับ(Driver)รีเลย์ ซึ่งภายในตัวไอซีเบอร์นี้จะมีภาคBuffer 7 ตัวและที่เอาท์พุทจะมีไดโอดต่อแบบ Reverse กันไฟบวกเพื่อป้องกันการย้อนกลับของไฟบวกจากขดลวดของรีเลย์ด้วย ทำให้สะดวกในการต่อและประหยัดเนื้อที่ในการวางอุปกรณ์ไปได้มาก

การทำงานของภาคควบคุม Load จะเริ่มจาก เมื่อเอาท์พุทของ JK F/F เป็น "1" ซึ่งเป็นอินพุทของไอซี CMOS เบอร์ 1413 ทำให้เอาท์พุทของไอซีเบอร์นี้เป็น "0" ทำให้เสมือนดึงรีเลย์ลงกราวด์ กระแสไฟจึงผ่านรีเลย์ได้ทำให้รีเลย์ทำงานดึงหน้าสัมผัสมาแตะกัน วงจรของ Load ก็จะครบวงจรจนกว่าเอาท์พุทของ JK F/F จะเป็น "0" รีเลย์ก็จะหยุดทำงาน พร้อมกันนี้ Load ก็จะหยุดทำงานด้วย



บทที่ 6

การทดลองและผลการทดลอง

การทดลอง project เราได้ทำการทดลองออกเป็นสามส่วนด้วยกันคือ

- ENCODE/DECODE & Keyboard switch
- oscillator circuit (Hartly oscillator)...TX
- tank tune circuit (tuned amplifier).....RX

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

- oscilloscope
- spectrum analyzer
- RF Generator
- digital multimeter
- power supply

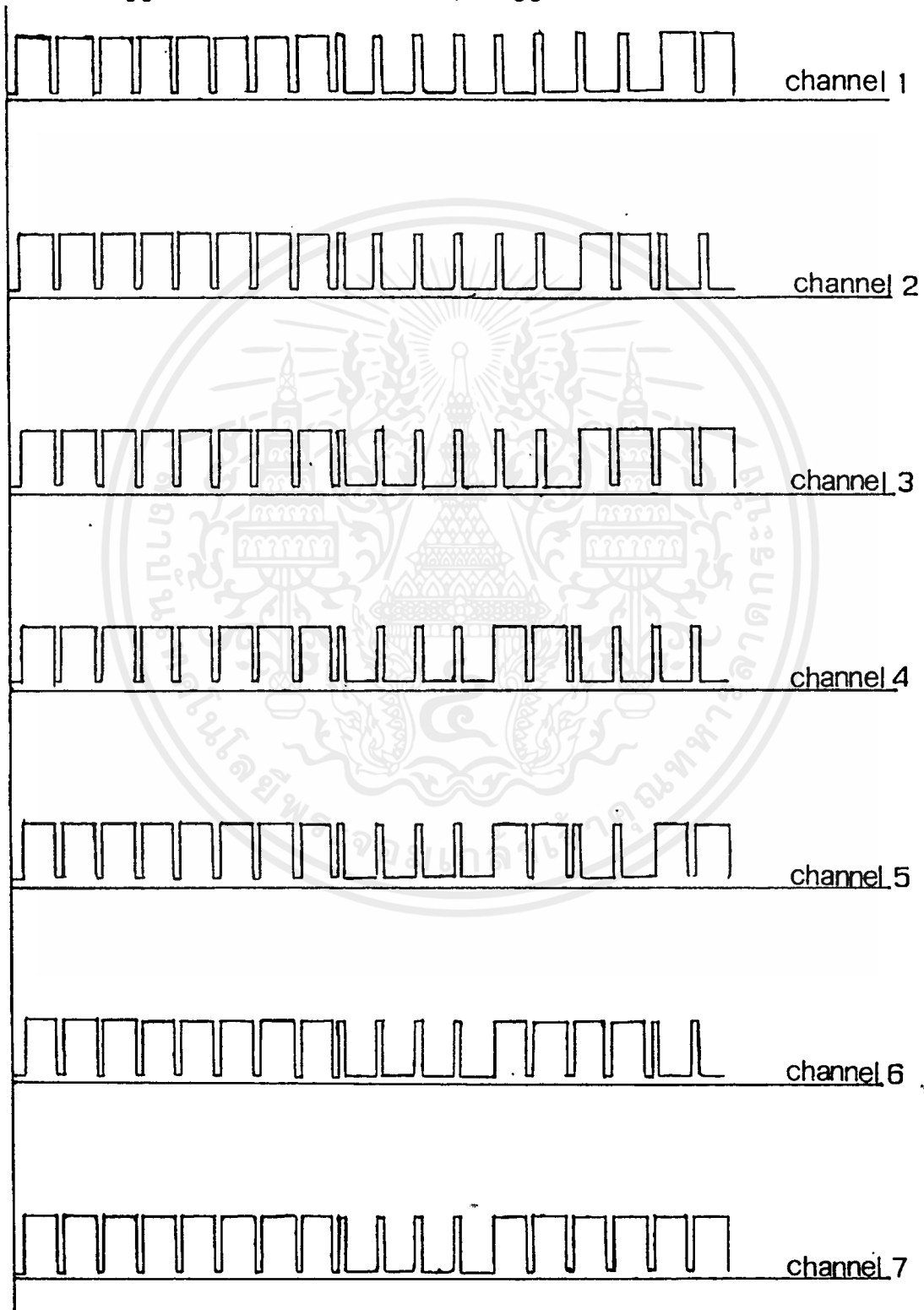
การทดลองและผลการทดลอง

-Encode/decode จากวงจรที่เราทำการทดลองนั้นเราได้ใช้ไอซีเบอร์ 145026/27 ซึ่งเป็นไอซีที่ใช้คู่กันในรีโมทคอนโทรล เป็นลักษณะที่ต้องมีการต่อตัวต้านทานและตัวเก็บประจุเพื่อให้เกิดความถี่ออสซิลเลทซึ่งต้องมีความถี่ที่ตรงกันทั้งตัวส่ง และตัวรับดังนั้นในการทดลองเราทำการต่อตามคู่มือไอซีซึ่งจะมีวงจรที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ ในส่วนของ Key board switch เราได้ใช้ไอซีเบอร์ 14532 เป็นไอซีที่ทำหน้าที่ 8-bit priority encode ในการเข้ารหัสจากkeyboardได้เอาที่พุกไปเข้าเป็นข้อมูลแก่ไอซีเข้ารหัสจากการทดลองทั้งสองตัวพบว่าเกิดปัญหาในช่วงที่ D1-D7(14532) มีสภาวะ "1" ตัวใดตัวหนึ่งจะได้ Q0-Q2 เป็นสภาวะตามคู่มือแต่ไอซีเข้ารหัส(145026)แต่ไอซีเข้ารหัสจะได้อินพุทที่ขา A7-A9 เป็น 000 ป้อนแก่ไอซีเข้าเข้ารหัส(145026)ก่อนช่วงหนึ่งทำให้เราไม่สามารถส่งครบ 8 channel ได้ คือต่อ D0 ของ IC14532 ลงกราวด์เพื่อป้องกันการผิดพลาดในการระหว่งการส่งผ่านคลื่น UHF ซึ่งทำให้เหลือเพียงแค่ 7 channel เท่านั้น ส่วนนอกนั้นเป็นไปตามการทำงานของวงจรซึ่งเลือกใช้ค่า RC ตามคู่มือไอซีเข้ารหัส

จากรูปที่ 6.1 แสดงถึงการเปรียบเทียบสัญญาณที่ผ่านการเข้ารหัสจากเอาท์พุทของไอซีเข้ารหัส MC 145026 (ขาที่ 15) ในแต่ละ Channel เพื่อให้เห็นถึงความ

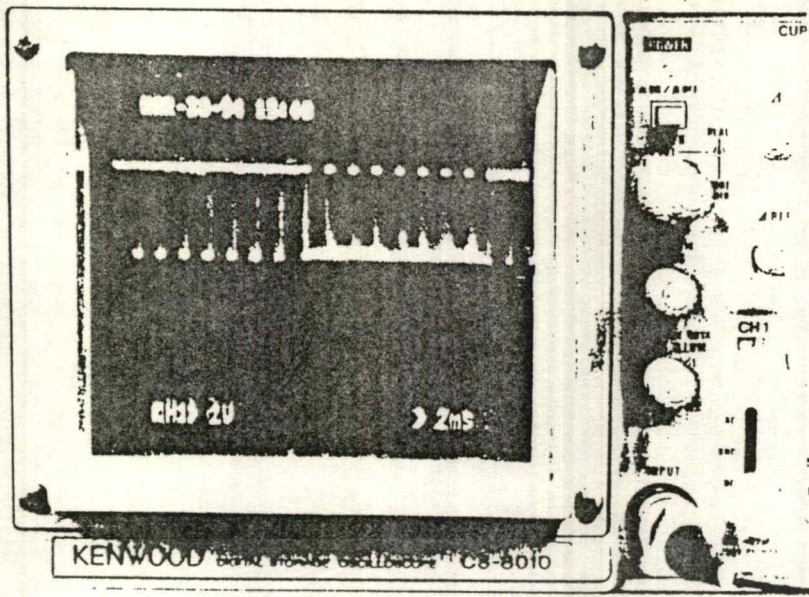
ไม่ว่ากรณีใด ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แตกต่างกันของสัญญาณ จะสังเกตเห็นว่า 6 บิตแรกจะเหมือนกัน โดยที่ 5 บิตแรกเป็น แอดเดรส ซึ่งต้องตรงกันระหว่าง Encode กับ Decode สัญญาณในหนึ่งเฟรมหรือการส่ง สัญญาณในหนึ่งแชนแนลนั้นประกอบด้วยสัญญาณ 9 บิต โดยที่ 5 บิตแรกนั้นเป็นแอดเดรส 4 บิตหลังเป็นข้อมูล ดังที่เห็นในรูปที่ 6.2 เราได้ใช้ Digital Storage Oscilloscope เป็นเครื่องวัดสัญญาณซึ่งแสดงให้เห็นกันจริงๆว่าสัญญาณที่วัดได้เป็นเช่นไร

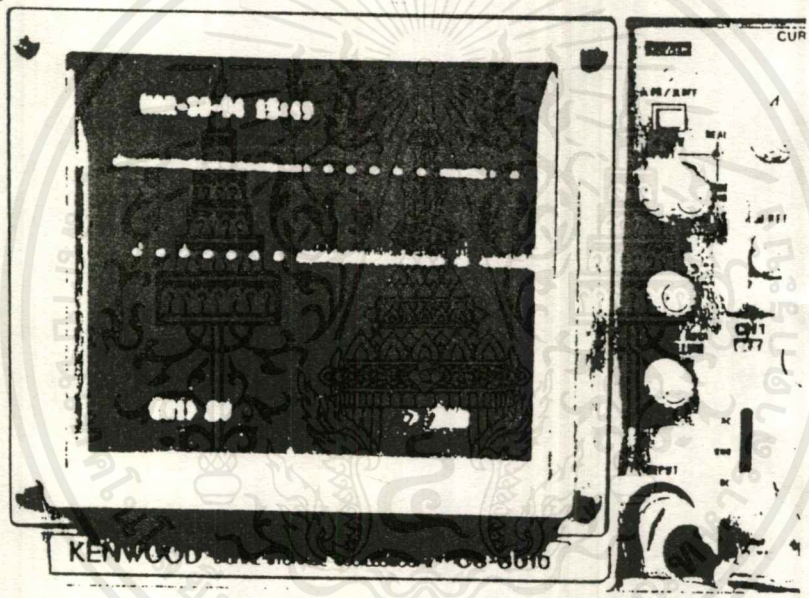


รูปที่ 6.1 แสดงรูปสัญญาณที่ผ่านการเข้ารหัสจากเอาต์พุตของ IC MC 145026 (ชา ก 15)

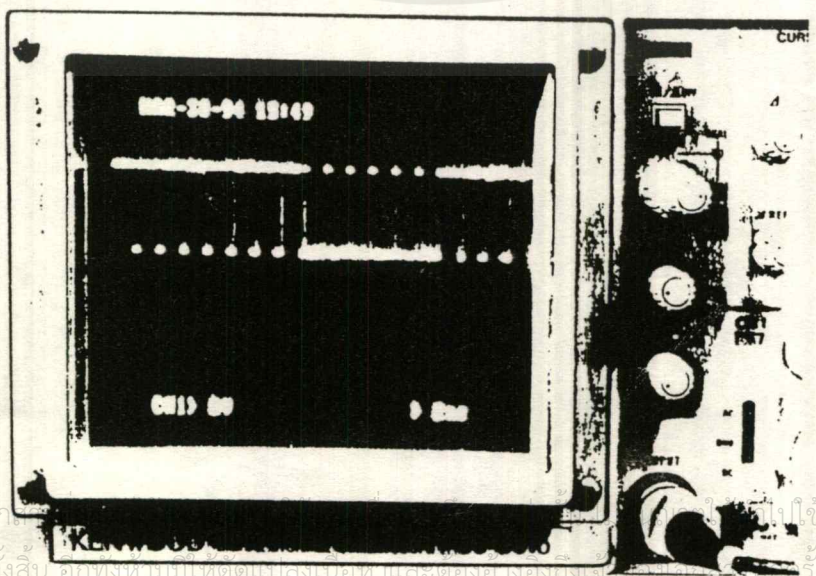
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) รูปสัญญาณเอาต์พุตของไอซีเข้ารหัส(MC 145026 ชาติ 15), channel 1

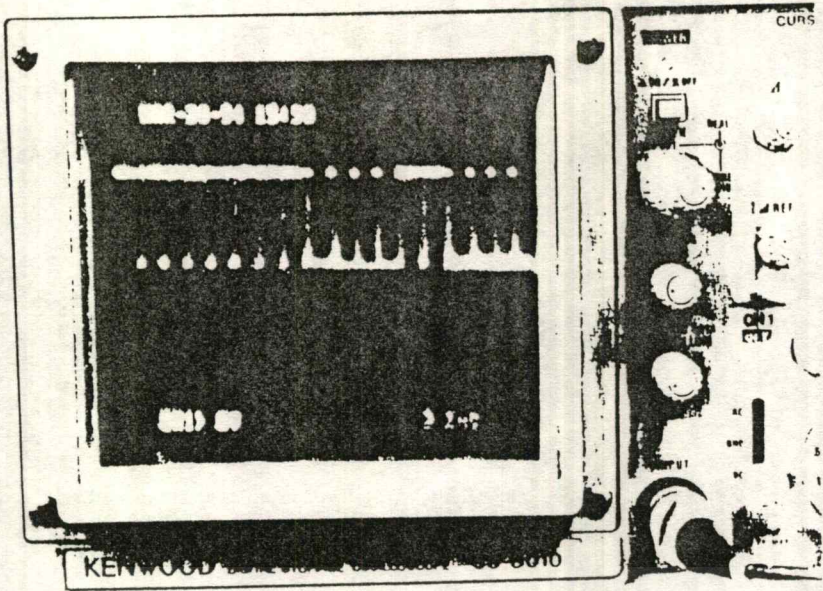


(b) รูปสัญญาณเอาต์พุตของไอซีเข้ารหัส(MC 145026 ชาติ 15), channel 2

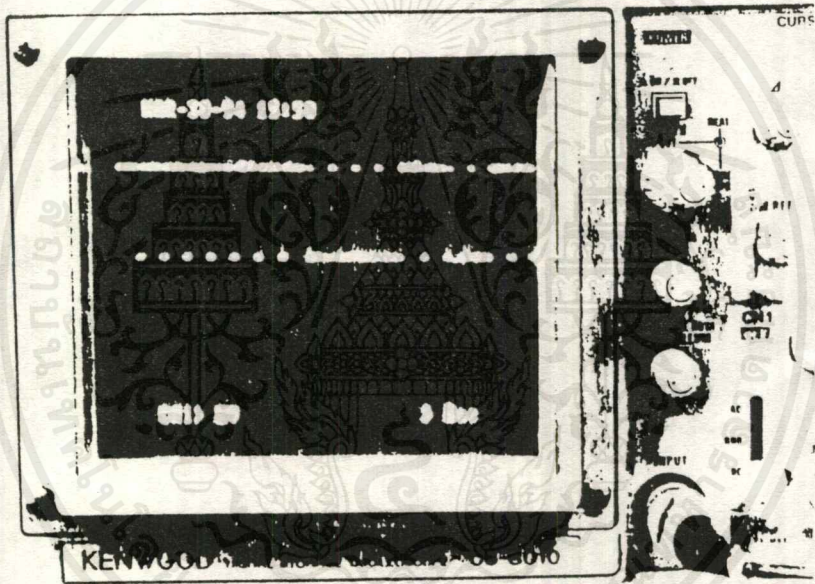


(c) รูปสัญญาณเอาต์พุตของไอซีเข้ารหัส(MC 145026 ชาติ 15) channel 3

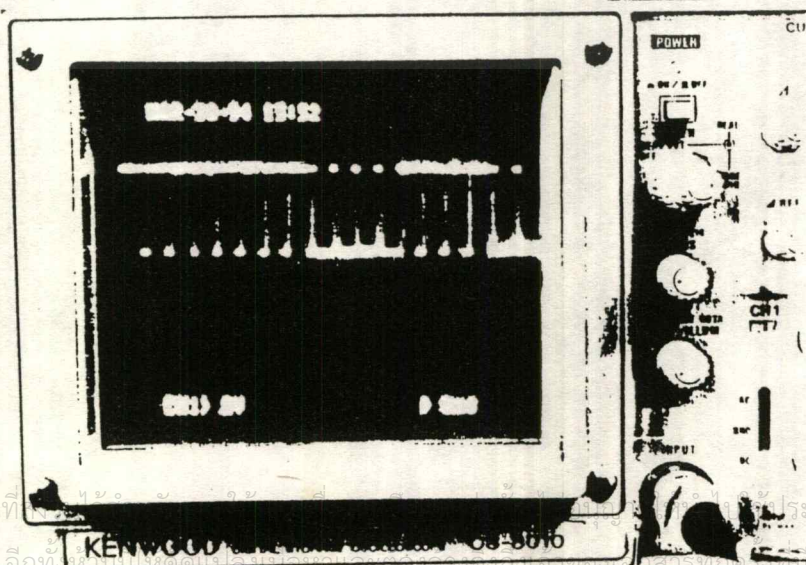
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงแหล่งที่มาของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ด) รูปสัญญาณเอาต์พุตของไอซีเข้ารหัส(MC 145026 ชาติ 15), channel 4

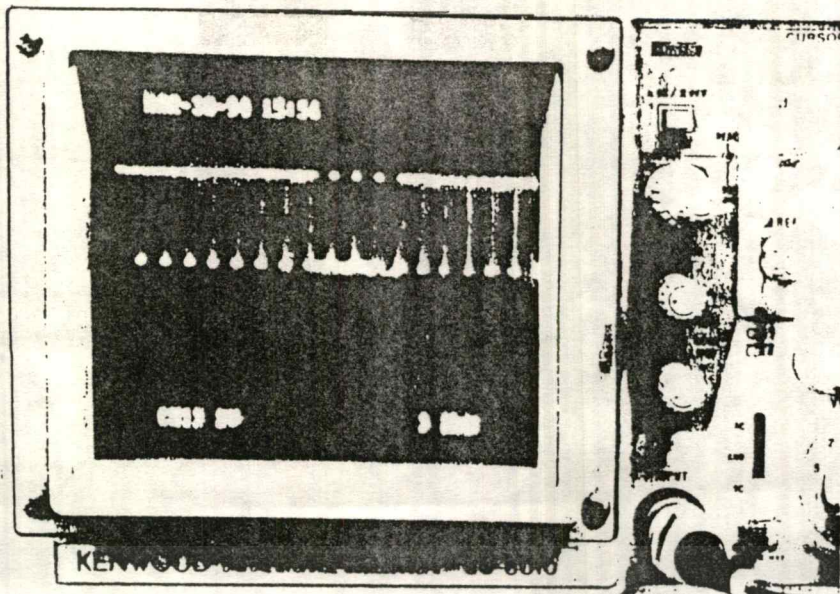


(e) รูปสัญญาณเอาต์พุตของไอซีเข้ารหัส(MC 145026 ชาติ 15), channel 5



(f) รูปสัญญาณเอาต์พุตของไอซีเข้ารหัส(MC 145026 ชาติ 15), channel 6

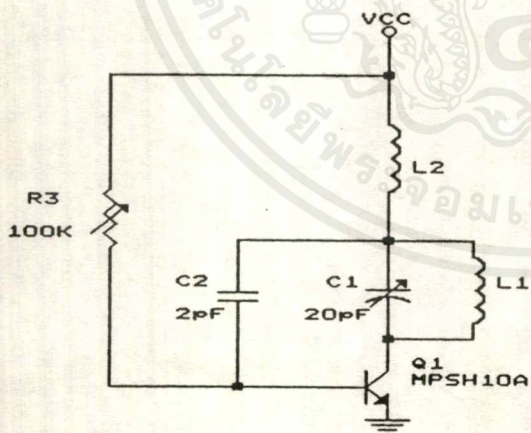
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... ประโยชน์ด้านการค้า... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้ง... ของเอกสารที่... นำไปใช้



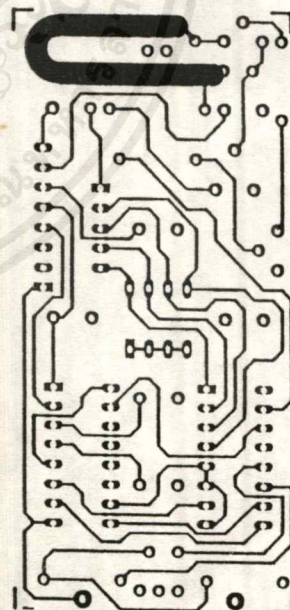
(ง) รูปสัญญาณเอาต์พุทของไอซีเข้ารหัส(MC 145026 ขาที่ 15), channel 7

รูปที่ 6.2 (a-ง) แสดงรูปสัญญาณที่วัดได้จากไอซีเข้ารหัส MC 145026 (ขาที่ 15) แชนแนลที่ 1-7

-Oscillator Circuit วงจรกำเนิดความถี่ที่เราคิดว่าเหมาะแก่การใช้เป็นภาคส่งของรีโมทคอนโทรลนั้นเป็นแบบ Hartly Oscillator ซึ่งมีขนาดของวงจรที่น้อย และขนาดเล็ก เนื่องจากตัวรีโมทต้องการให้มีขนาดเล็กเพื่อความคล่องตัวสูง วงจรที่ใช้ทดลองจะต่อในลักษณะที่ให้ทำงานตลอดเวลาแล้วใช้ Spectrum Analyzer เป็นตัววัดความถี่ และ



(a) uhf osc. circuit



(b) PCB artwork for TX.

รูปที่ 6.3 (a)แสดงวงจรออสซิลเลเตอร์ และ(b)ลายทองแดงที่ใช้ในภาคส่ง ซึ่งแสดงส่วนของ L1 ในลายทองแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับบริการเชิงงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขนาดของสัญญาณในตอนแรกที่ทำกรทดลองสัญญาณที่ได้อ่อนมากและความถี่ที่ได้ไม่ถึงย่าน UHF แต่เราทำการเปลี่ยนค่าของตัวเก็บประจุที่ต่อระหว่าง LC tank tune กับขาเบสของทรานซิสเตอร์ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงมาลองต่อดูซึ่งสามารถผลิตความถี่ได้ในช่วง 300-500 MHz เป็นความถี่ที่อยู่ในช่วงของย่าน UHF (300-3000 MHz) โดยการปรับค่า C ปรับค่า ในส่วนของวงจร tank tune

ในส่วนของวงจร LC tank tune นั้นค่า L (ค่าเหนี่ยวนำ) นั้นเกิดจากลายทองแดงดั่งแสดงในรูป 6.3(b) จะเห็นว่า มีขนาดเล็กและทำให้เราปรับเพียงแค่ตัว C ปรับค่าเท่านั้นและส่วนความต้านทานปรับค่านั้น ที่เราใช้แบบปรับค่าเพราะเราต้องการปรับค่าไบอัสโวลเตจแก่ทรานซิสเตอร์ และในการทดลองจะพบว่าตัว C ปรับค่าได้นั้นซึ่งมีขายแบบต่างๆแต่ที่ใช้งานได้ดีที่พอจะหาซื้อคือแบบเซรามิค เนื่องจากมีผลกระทบภายนอกน้อยที่สุดแต่ก็มีใช้แบบที่ดีที่สุด ความถี่ที่ออสซิลเลทออกมาจากภาคส่งนั้นจะกระจายออกมาจากตัว L1 ที่ทำจากลายทองแดง และ L2 นั้นจะทำหน้าที่เป็น RF Choke ในการทดลองเราลองเปลี่ยนค่า L2 เพื่อดูความเปลี่ยนแปลงของความถี่ที่ผลิตออกมาจากภาคส่ง ผลที่ได้นั้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงไม่มากเมื่อค่าความเหนี่ยวนำที่เปลี่ยนนั้น ไม่แตกต่างกันมากแต่หน้าที่หลักของ RF Choke มีหน้าที่ทำการกันความถี่ที่กำเนิดระหว่างภาคออสซิลเลเตอร์กับภาคจ่ายไฟ เพื่อไม่ให้เกิดการกระจายความถี่ไปในส่วนที่ไม่ต้องการ

แสดงการคำนวณค่า LC ที่ใช้ในวงจร Tank Tune

At Transmitter	f (Frequency)	=	400 MHz
	(ความยาวคลื่น)	=	c/f
เมื่อ	c	=	3×10^8
ดังนั้น		=	$3 \times 10^8 / (400 \times 10^6)$
ความยาวคลื่น		=	0.75 m = 75 cm

วงจร LC tank tune

$$C = 3-20 \text{ pF (แบบเซรามิคที่ปรับค่าได้)}$$

L ใช้จากลายทองแดงเป็นค่าอินดักแตนซ์

จากสูตร

$$f = 1 / (2\pi \sqrt{LC})$$

เมื่อเราใช้ค่า C ที่ค่า 5 pF

$$\text{ดังนั้น } L = 1 / (5 \times 10^{-12}) (2\pi \times 400 \times 10^6)^2$$

$$L = 0.03 \mu\text{H} \quad \#$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกิจกรรมการเรียนการสอนที่ศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่า L ที่ใช้เป็น RF choke (ภาคส่ง)

เราใช้ลวดทองแดงเบอร์ 21 พันบนแกนอากาศขนาด 0.5 cm จำนวนรอบ 12 รอบ ลวดทองแดงเบอร์ 21 มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 0.0732 cm พันบนแกนอากาศ

จากสูตร $L = 0.394r^2N^4 / (9r+10l) \dots\dots\dots(\mu H)$

- เมื่อ r คือ รัศมีของขดลวด(cm)
- N คือ จำนวนรอบที่พัน
- l คือความของขดลวด(cm)
- L คือค่าความเหนี่ยวนำ(μH)

แทนค่าได้ดังนี้

$$L = 0.394(0.25)^2(12)^4 / (9(0.25)+10(2))$$

จะได้ $L = 1.91 \mu H$ # (ค่าความเหนี่ยวนำของRF choke)

AT Receiver $f = 400 \text{ MHz}$
LC Tank Tune Circuit

$$C = 3-20 \text{ pF}$$

L เราใช้ลวดทองแดงเบอร์18 ยาว 4.28 cm

ลวดทองเบอร์ 18 มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากับ 0.1024 cm

จากสูตร $L = 0.002(l)[2.31 \log\{(4l/d)-0.075\}] \dots\dots(\mu H)$

- เมื่อ l คือ ความยาวของลวดตัวนำ
- d คือเส้นผ่าศูนย์กลางของลวดตัวนำ

แทนค่าได้ดังนี้

$$L = 0.002(4.28)[2.31 \log\{(4(4.28)-0.075)\}]$$

$$L = 0.043 \mu H$$

เมื่อทราบค่า L แล้วสามารถทราบค่า C ได้จาก

$$f = 1/2\pi\sqrt{LC}$$

เมื่อค่า เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น

$$f = 400 \text{ MHz}$$

$$C = 1/L(2\pi f)^2$$

$$= 1/0.043 \times 10^{-6} (2\pi(400 \times 10^6))^2$$

จะได้

$$C = 3.68 \text{ pF}$$

ค่า L ที่ใช้เป็น RF choke (ภาครับ)

เราใช้ลวดทองแดงเบอร์ 24 พัน 8 รอบบนแกนอากาศขนาด 5 mm

ลวดทองแดงเบอร์ 24 มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 0.0511 cm

จากสูตรการพัน L บนแกนอากาศชั้นเดียว

$$L = 0.394/r^2 N^3 / (9r+10l) \dots (\mu H)$$

แทนค่าได้

$$L = 0.394(0.25)^3 (8)^3 / [9(0.25)+10(1)]$$

จะได้

$$L = 1.029 \mu H$$

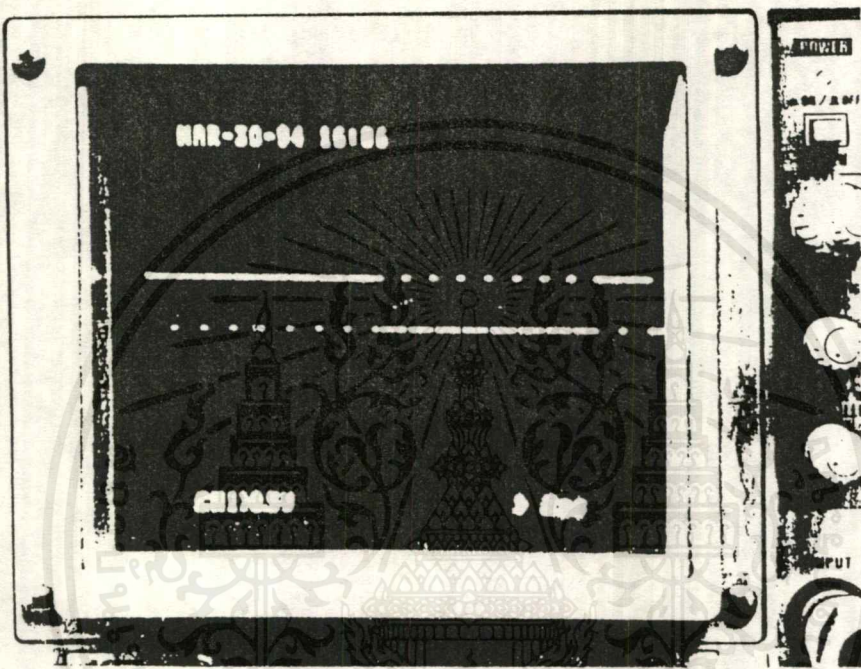
จากค่า LC ที่คำนวณมาจะเห็นว่า เป็นการหาค่าจากค่าที่เกิดจากวงจรที่มีอยู่แล้ว แต่ถ้าเราต้องการกำหนดความถี่ใหม่ก็เพียงแต่เปลี่ยนค่า C โดยอาจจะไม่ต้องเปลี่ยนค่า L เมื่อความถี่อยู่ในช่วง 380 - 420 MHz หรือค่าใกล้เคียง

การทดลองในส่วนของภาครับ เราเริ่มที่ส่วนของวงจรมายแบบเลือกจูน (tuned amplifier) โดยมี LC tank tune เป็นตัวจูนความถี่รับเข้ามาเลือกขยาย ซึ่งในวงจรจะเห็นว่าเราใช้ค่าความเหนี่ยวนำจากลวดทองแดงโดยการกำหนดความยาวและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเส้นลวดเป็นตัวกำหนดค่าความเหนี่ยวนำในวงจรซึ่งสาเหตุที่ใช้เช่นนี้เนื่องจากเราต้องการที่จะปรับได้ทั้งตัว L และ C ปรับค่าเพื่อช่วยในการปรับความถี่ที่จะรับเข้ามาจากภาคส่งจากการทดลองจะพบปัญหาเกี่ยวกับค่า inductance จากลวดทองแดงและอุปกรณ์ในลวงจร ซึ่งเป็นส่วนที่เราไม่ต้องการเลยทำให้ค่า C ที่ใช้ปรับต้องมีความละเอียดสูงและได้รับผลกระทบจากสิ่งกีดขวางในระหว่างการส่งก็เป็นตัวทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทำให้เมื่อนำไปต่อภาค decode แล้วไม่สามารถ decode ออกมาได้ปัญหาในส่วนนี้เราสามารถใช้ RF Generator เป็นตัวป้อนแก่ภาครับแล้วลองเปลี่ยนความถี่ว่าความถี่ใดที่ภาครับสามารถรับสัญญาณออกมาที่เอาท์พุทของภาครับได้บ้าง จากการทดลองพบว่าความถี่ที่ภาครับสามารถตอบสนองได้ดีอยู่ในช่วงความถี่ 380-400 MHz ซึ่งเป็นความถี่ที่เราต้องการใช้งานอยู่แล้ว หลังจากนั้นก็ทำการลองใช้ภาคส่งที่ประกอบทุกส่วนแล้วมาเป็นตัวส่งแทนเพื่อทำการปรับความถี่ที่ภาครับว่ารับความถี่ได้ตรงกับภาคส่งซึ่งสัญญาณที่ได้จะผ่านเข้าวงจรจัดแต่งรูปสัญญาณ และทำการขยายสัญญาณไปในตัว สัญญาณที่ออกจากภาคนี้จะต้องมีความถี่ที่ตรงกันที่ส่งมาเพื่อที่ส่วนของ decode สามารถที่จะถอดรหัส

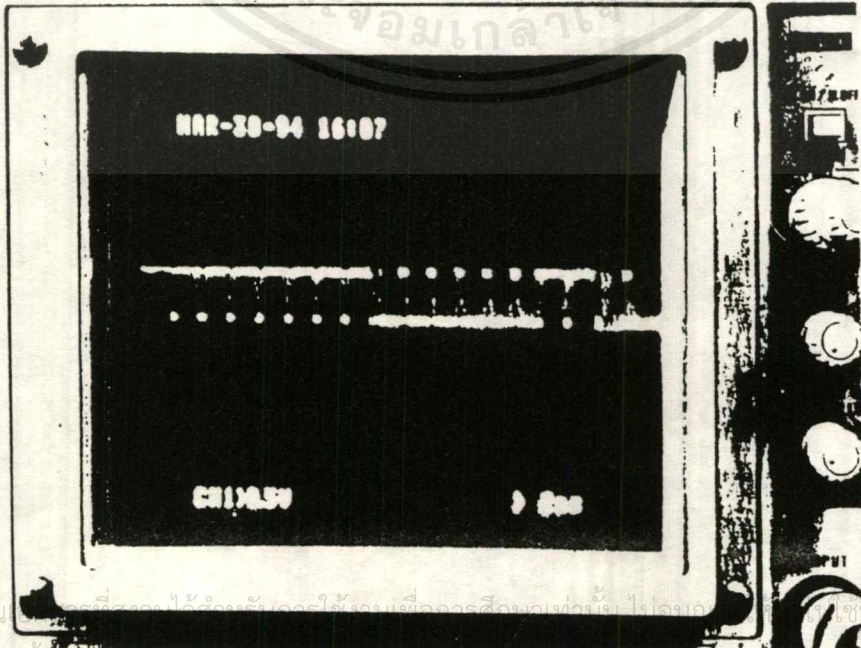
เอกสารนี้เป็นเอกสารหลังวันผลิตหรือมีการแก้ไขในพ็อคเก็ตบุ๊ก ใช้เท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต

ไม่วารณิตย ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกมาได้เพราะถ้าความถี่และ Adress ไม่ตรงกันอย่างไรก็อย่างหนึ่งก็จะไม่สามารถให้ข้อมูลออกมาได้ และจากการที่เราเข้ารหัสข้อมูล(encode data)นั้นทำให้เวลามอดูเลขส่งโดยใช้ความถี่ UHF เมื่อเรากด keyswitch แต่ละ channel เมื่อใช้ spectrum analyzer วัตถุประสงค์ที่ภาคส่งนั้นการกด key แต่ละตัวจะมีความแตกต่างทางความถี่ประมาณ 100-180 KHz ทำให้ภาครับต้องมีช่วงความถี่ซึ่งสามารถรับ key ทุกช่องได้แต่เมื่อเราจูนที่ภาครับแล้วไม่ค่อยมีปัญหาตรงส่วนนี้มากเท่าไร



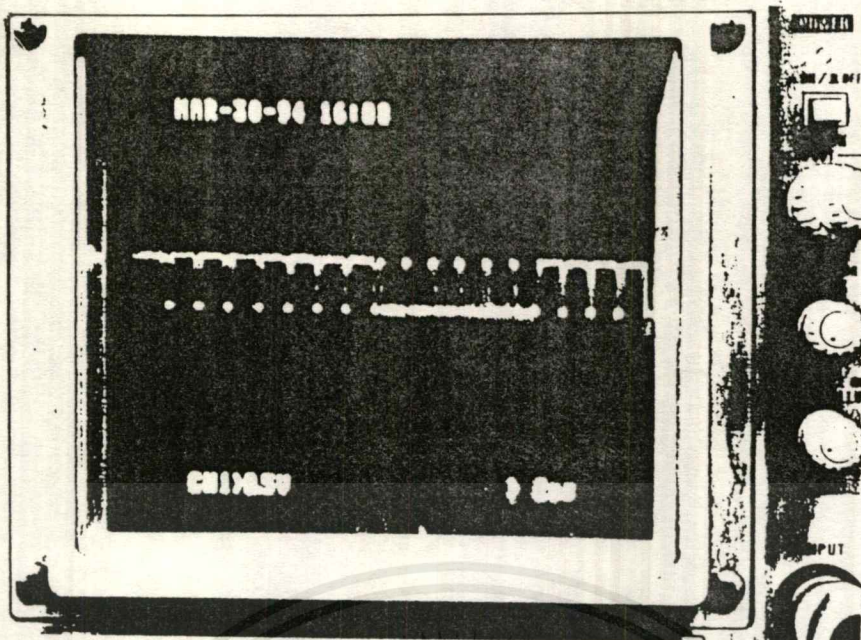
(a) รูปสัญญาณเอาท์พุทของวงจรรับสัญญาณ(receiver circuit)เมื่อกดส่ง channel 1



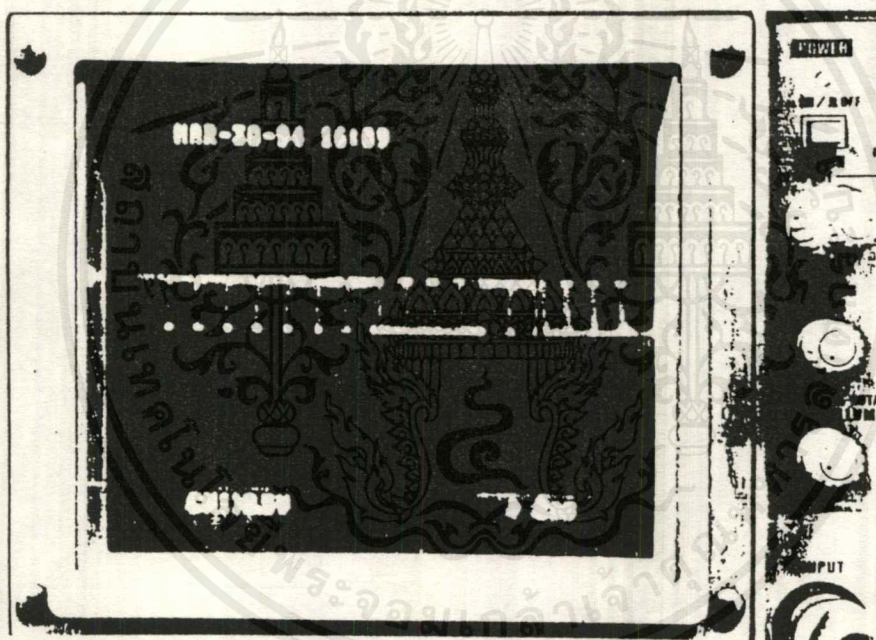
(b) รูปสัญญาณเอาท์พุทของวงจรรับสัญญาณ(receiver circuit)เมื่อกดส่ง channel 2

เอกสารนี้เป็น... ใช้... เพื่อ... ไม่สามารถ... ทรัพย์สินของ... ระเบียบข้อบังคับการคำ

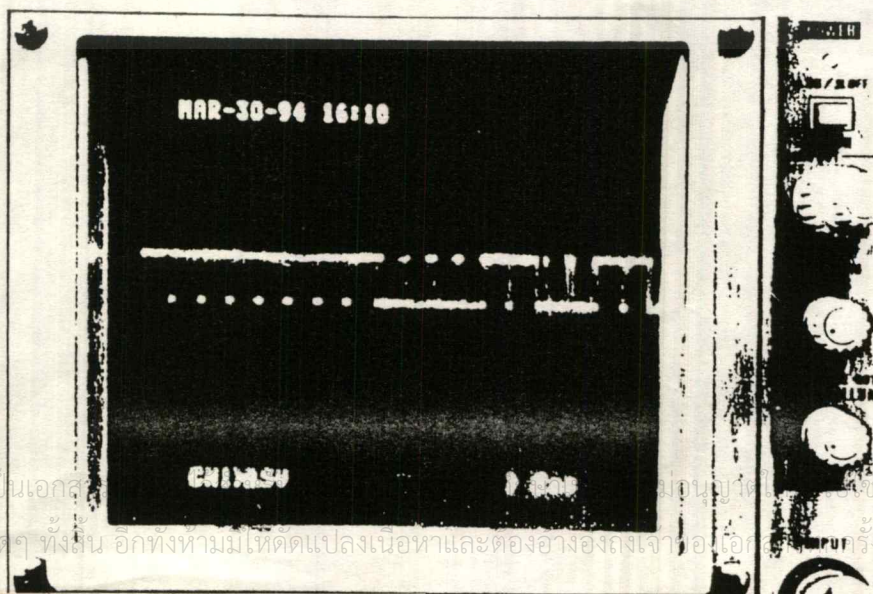
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



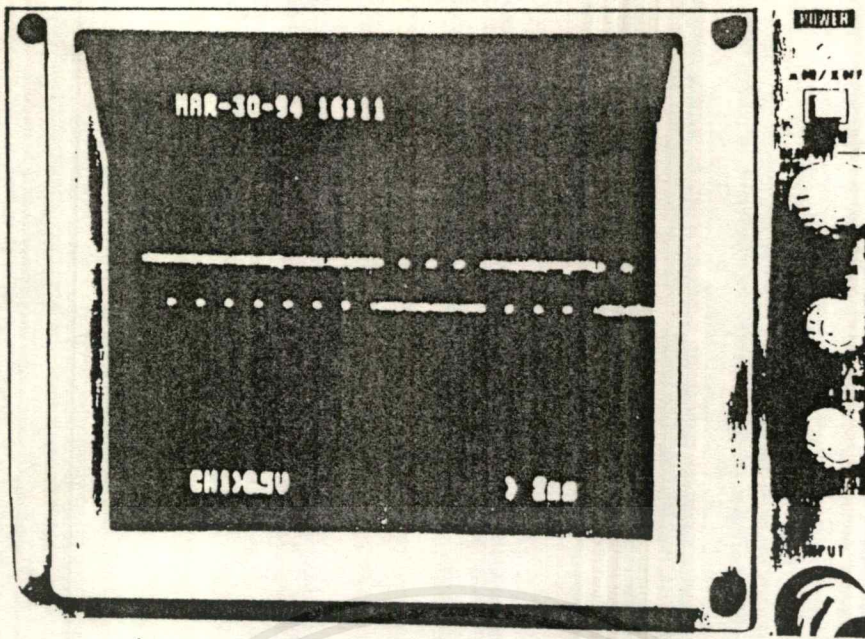
(c) รูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจรรับสัญญาณ(receiver circuit)เมื่อกดส่ง channel 3



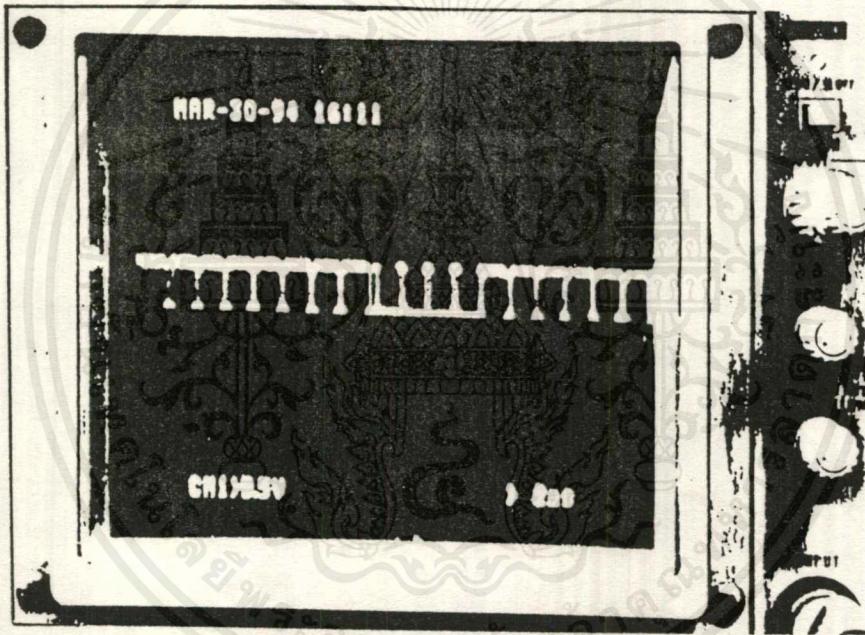
(d) รูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจรรับสัญญาณ(receiver circuit)เมื่อกดส่ง channel 4



เอกสารนี้เป็นเอกสาร... อนุญาตให้... วัตถุประสงค์... ประโยชน์ด้านการค้า... ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงงานของ... รั้งที่มีการนำไปใช้



(f) รูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจรรับสัญญาณ(receiver circuit)เมื่อกดส่ง channel 6



(g) รูปสัญญาณเอาต์พุตของวงจรรับสัญญาณ(receiver circuit)เมื่อกดส่ง channel 7

รูปที่ 6.4 (a-g) แสดงรูปสัญญาณที่วัดได้จากภาครับที่เอาต์พุตของ
วงจรรับสัญญาณ (Receiver Circuit)

การปรับแต่งสัญญาณ

เมื่อเราทำการทดลองในส่วนต่างๆ ของวงจรแล้วต่อไปก็เป็นการลงมือสร้าง
กันโดยเราควรทำการสร้างชุดส่งให้เสร็จสมบูรณ์เสียก่อนในการลงอุปกรณ์ควรตัดขาอุปกรณ์
ให้สั้นที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้ เพราะขาอุปกรณ์จะมีค่าเป็น L เมื่ออยู่ในส่วนของวงจร
ความถี่สูง ซึ่งจะเป็นผลให้ความถี่คลาดเคลื่อนจากค่าที่เราต้องการ เมื่อเราทำการประ
กอบวงจรในภาคส่งเสร็จแล้ว ซึ่งเราสามารถใช้แผ่นลายวงจรแบบ 2 หน้าซึ่งควรใช้แบบอีพ็อกซี
เพื่อช่วยในการป้องกันกั้นการรบกวนกันทางความถี่สูง ในส่วนของแหล่งจ่ายทางภาคส่งเรา
ใช้แบตเตอรี่ 12 Volt ขนาดเล็กซึ่งเป็นแบตเตอรี่ที่ใช้กับภาคส่งของรีโมทโดยเฉพาะและ

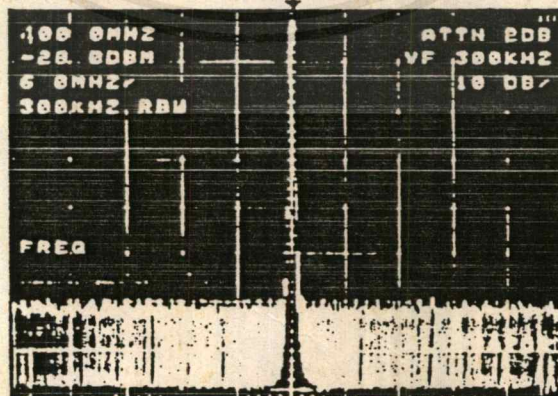
เมื่อเราประกอบทุกอย่างเรียบร้อยแล้วทำการทดลองปรับแต่งที่ ตัว C แบบปรับค่าโดยใช้ เครื่อง Spectrum Analyzer เป็นตัววัดความถี่และขนาดของสัญญาณที่ส่งออกมา โดยทำการปรับให้ได้ความถี่ในช่วง 380-420 MHz ที่ค่า amplitude สูงสุดซึ่งจะอยู่ใน ช่วง (-26)-(-35) dBm โดยที่ใช้สายอากาศแบบง่ายทั่วไปเป็นตัวรับคลื่นที่ตัว เครื่อง Spectrum Analyzer (เปรียบเสมือนเครื่องรับ)

ในส่วนของเครื่องรับเราทำการแยกออกเป็นสองส่วนคือส่วนของวงจรภาครับ กับส่วนของวงจรภาคถอดรหัส โดยที่ส่วนของวงจรถอดรหัสสามารถทดสอบการทำงาน โดยการใส่สายเป็นตัวกลางนำสัญญาณจากส่วนของวงจรเข้ารหัสมาต่อเข้ากับอินพุทของวงจร ถอดรหัสได้เลย แต่วงจรของภาครับสัญญาณที่ส่งมาจากภาคส่งนั้นเราปรับแต่งจนทาง ด้านรับโดยอาจใช้ RF GENERATOR เป็นตัวป้อนความถี่ให้แก่ภาครับโดยปรับความถี่ที่เท่า กับที่จูนไว้ที่ภาคส่งหรืออาจใช้ความถี่จากภาคส่งที่ประกอบเสร็จสมบูรณ์แล้วเป็นตัวส่งได้เลย โดยจูนที่ภาครับและอาศัยเครื่อง OSCILLOSCOPE เป็นตัวเช็คสัญญาณที่เอาท์พุทของภาครับ ถ้าจูนได้ตรงกันสัญญาณที่ได้ออกมาจะตรงกับเอาท์พุทของภาคเข้ารหัสที่ภาคส่งของรีโมท โดยเริ่มที่ระยะทางจากไกลไปหาใกล้โดยพยายามจูน C ปรับค่าที่ภาครับให้ได้สัญญาณที่ ไม่ผิดจากเดิมมากที่สุด ซึ่งจะได้ระยะทางในทางตรงประมาณ 20 เมตร

เมื่อทำการปรับแต่งสัญญาณเสร็จแล้วก็ทำการต่อส่วนวงจรรับสัญญาณ กับวงจร ถอดรหัส เข้าด้วยกันเพื่อทดลองรับส่งโดยสมบูรณ์ว่ามีการรับส่งผิดพลาดหรือไม่ เช่นกดปุ่ม ช่องที่ 1 แล้วช่องอื่นทำงานด้วยหรือไม่ถ้าทำงานผิดพลาดก็ให้ลองตรวจสอบที่วงจรรับคลื่น สัญญาณดูว่าสัญญาณที่ได้ตรงกับภาคส่งหรือไม่

SPECTRUM ANALYZER

Signal Frequency = Center Frequency
(400 MHz)



รูปที่ 6.5 แสดงสัญญาณที่วัดได้จากตัวรีโมทภาคส่ง (400 MHz) ด้วยเครื่อง

Spectrum Analyzer เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานในเอกสารศึกษานี้ ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่จำกัดใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองนั้นผลที่ได้ในบางครั้งสามารถส่งได้ในระยะที่ไกลๆได้แต่ในบางครั้งก็ไม่สามารถที่จะส่งในระยะทางไกลๆ ได้อันเนื่องมาจากการเลื่อนของความถี่ในภาคส่ง แต่ถ้าเป็นระยะทางไม่ไกลประมาณ 10 เมตรเราสามารถทำการควบคุมได้ค่อนข้างแม่นยำ แต่ในขณะเดียวกันเราได้เพิ่มส่วนของภาคขยายสัญญาณจากสายอากาศเข้าไปเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มระยะให้ไกลขึ้นแต่ก็เพิ่มขึ้นเพียง 8 เมตรเท่านั้นเองซึ่งอาจเป็นเพราะว่าการไม่ match กันระหว่างวงจร tuned amplifier กับวงจรขยายจากสายอากาศ

ผลการทดลองที่ได้ออกมาทั้งหมดจะกล่าวโดยรวมๆ แล้วจะทำให้ทราบถึงหลักการทำงานของ รีโมทคอนโทรล และการสื่อสารผ่านคลื่นในย่าน UHF แบบง่าย ถึงแม้ว่าเราจะไม่ประสบความสำเร็จดังที่ตั้งใจไว้แต่เราก็ได้รับความรู้ไม่น้อยเลยเกี่ยวกับการทำโครงงานนี้ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในการทำงานจริงๆได้



กิติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของวิชา PROJECT 2 ปีการศึกษา 2536 สามารถสำเร็จจุล่งไปด้วยดี คณะผู้จัดทำขอขอบพระคุณท่านอาจารย์ประดิษฐ์ วัชรนิบูลย์ และอาจารย์คณะวิศวกรรมศาสตร์ทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษา และแนะแนวทางการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น และเพื่อนๆทุกคน ตลอดจนถึงเจ้าหน้าที่ห้องสมุดภาคเทคนิคอุตสาหกรรมที่ได้ให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้านจึงทำให้ผลงานชิ้นนี้สำเร็จจุล่งไปด้วยดี

คณะผู้จัดทำจึงขอขอบคุณ ณ ที่นี้

มานพ
อนิรุจน์

สุขวงษ์ศิลป์
ว่องพงศาวิวัฒน์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

- 1.ถวิล กิ่งทอง , ผศ. , " การส่งสัญญาณดิจิทัล " ,คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ลาดกระบัง, 2535.
- 2.ถวิล ینگมา , รศ. , "การออกแบบวงจรโทรคมนาคมความถี่สูง",คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ลาดกระบัง, 2534.
- 3.ณรงค์ เหมกรณ์ , รศ. , " การสื่อสารดาวเทียม " , คณะวิศวกรรมศาสตร์ , สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ลาดกระบัง, 2534.
- 4.สุรียัน ศรีสวัสดิ์กุล , " ระบบสื่อสารข้อมูลคอมพิวเตอร์ " , นิลิกส์เซ็นเตอร์ การพิมพ์ , 2534
- 5.ชูชัย ชนสารตั้งเจริญ , พิชัย ภักดีพาณิชย์เจริญ, "ระบบสื่อสารวิทยุ", นิลิกส์เซ็นเตอร์ การพิมพ์, 2536

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MC14532B

8-BIT PRIORITY ENCODER

The MC14532B is constructed with complementary MOS (CMOS) enhancement mode devices. The primary function of a priority encoder is to provide a binary address for the active input with the highest priority. Eight data inputs (D0 thru D7) and an enable input (E_{in}) are provided. Five outputs are available, three are address outputs (Q0 thru Q2), one group select (GS) and one enable output (E_{out}).

- Quiescent Current = 5.0 nA/package typical @ 5 Vdc
- Noise Immunity = 45% of V_{DD} typical
- Diode Protection on All Inputs
- Low Input Capacitance = 5.0 pF typical
- Supply Voltage Range = 3.0 Vdc to 18 Vdc
- Capable of Driving Two Low-power TTL Loads, One Low-power Schottky TTL Load or Two HTL Loads Over the Rated Temperature Range

CMOS MSI

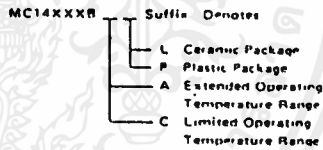
(LOW-POWER COMPLEMENTARY MOS)

8-BIT PRIORITY ENCODER



L SUFFIX CERAMIC PACKAGE CASE 620
P SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 648

ORDERING INFORMATION



MAXIMUM RATINGS (Voltages referent to V_{SS})

Rating	Symbol	Value	Unit
DC Supply Voltage	$V_{(M)}$	-0.5 to +18	Vdc
Input Voltage, All Inputs	V_{in}	0.5 to $V_{DD} + 0.5$	Vdc
DC Current Drain per Pin	I	10	mAdc
Operating Temperature Range AL Device CL/CP Device	T_A	55 to +125 -40 to +85	$^{\circ}C$
Storage Temperature Range	$T_{(st)}$	65 to +150	$^{\circ}C$

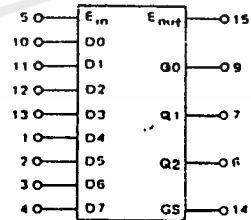
TRUTH TABLE

INPUT										OUTPUT				
E_{in}	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0	GS	Q2	Q1	Q0	E_{out}	
0	X	X	X	X	X	X	X	X	0	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
1	1	X	X	X	X	X	X	X	1	1	1	1	0	
1	0	1	X	X	X	X	X	X	1	1	1	0	0	
1	0	0	1	X	X	X	X	X	1	1	0	1	0	
1	0	0	0	1	X	X	X	X	1	1	0	0	0	
1	0	0	0	0	1	X	X	X	1	0	1	1	0	
1	0	0	0	0	0	1	X	X	1	0	0	1	0	
1	0	0	0	0	0	0	1	X	1	0	0	0	0	
1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	

X = Don't Care

This device contains circuitry to protect the inputs against damage due to high static voltages or electric fields; however, it is advised that normal precautions be taken to avoid application of any voltage higher than maximum rated voltages to this high impedance circuit. For proper operation it is recommended that V_{in} and V_{out} be constrained to the range $V_{SS} < (V_{in} \text{ or } V_{out}) < V_{DD}$. Unused inputs must always be tied to an appropriate logic voltage level (e.g., either V_{SS} or V_{DD}).

BLOCK DIAGRAM



V_{DD} = Pin 16
 V_{SS} = Pin 8



MC14532B

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	V _{DD} Vdc	T _{low} *		25°C			T _{high} *		Unit
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
Output Voltage V _{in} = V _{DD} or 0 V _{in} = 0 or V _{DD}	V _{OL}	5.0	-	0.05	-	0	0.05	-	0.05	Vdc
		10	-	0.05	-	0	0.05	-	0.05	
		15	-	0.05	-	0	0.05	-	0.05	
	V _{OH}	5.0	4.95	-	4.95	5.0	-	4.95	-	Vdc
		10	9.95	-	9.95	10	-	9.95	-	
		15	14.95	-	14.95	15	-	14.95	-	
Input Voltage [#] (V _O = 4.5 or 0.5 Vdc) (V _O = 9.0 or 1.0 Vdc) (V _O = 13.5 or 1.5 Vdc) (V _O = 0.5 or 4.5 Vdc) (V _O = 1.0 or 9.0 Vdc) (V _O = 1.5 or 13.5 Vdc)	V _{IL}	5.0	-	1.5	-	2.25	1.5	-	1.5	Vdc
		10	-	3.0	-	4.50	3.0	-	3.0	
		15	-	4.0	-	6.75	4.0	-	4.0	
	V _{IH}	5.0	3.5	-	3.5	2.75	-	3.5	-	Vdc
		10	7.0	-	7.0	5.50	-	7.0	-	
		15	11.0	-	11.0	8.25	-	11.0	-	
Output Drive Current (AL Device) (V _{OH} = 2.5 Vdc) (V _{OH} = 4.6 Vdc) (V _{OH} = 9.5 Vdc) (V _{OH} = 13.5 Vdc) (V _{OL} = 0.4 Vdc) (V _{OL} = 0.5 Vdc) (V _{OL} = 1.5 Vdc)	Source I _{OH}	5.0	-1.2	-	-1.0	-1.7	-	-0.7	-	mAdc
		5.0	-0.25	-	-0.2	-0.36	-	-0.14	-	
		10	-0.62	-	-0.5	-0.9	-	-0.35	-	
	Sink I _{OL}	5.0	0.64	-	0.51	0.88	-	0.36	-	mAdc
		10	1.6	-	1.3	2.25	-	0.9	-	
		15	4.2	-	3.4	8.8	-	2.4	-	
Output Drive Current (CL/CP Device) (V _{OH} = 2.5 Vdc) (V _{OH} = 4.6 Vdc) (V _{OH} = 9.5 Vdc) (V _{OH} = 13.5 Vdc) (V _{OL} = 0.4 Vdc) (V _{OL} = 0.5 Vdc) (V _{OL} = 1.5 Vdc)	Source I _{OH}	5.0	-1.0	-	-0.8	-1.7	-	-0.6	-	mAdc
		5.0	-0.2	-	-0.16	-0.36	-	-0.12	-	
		10	-0.5	-	-0.4	-0.9	-	-0.3	-	
	Sink I _{OL}	5.0	0.52	-	0.44	0.88	-	0.36	-	mAdc
		10	1.3	-	1.1	2.25	-	0.9	-	
		15	3.6	-	3.0	8.8	-	2.4	-	
Input Current (AL Device)	I _{in}	15	-	±0.1	-	±0.00001	±0.1	-	±1.0	μAdc
Input Current (CL/CP Device)	I _{in}	15	-	±0.3	-	±0.00001	±0.3	-	±1.0	μAdc
Input Capacitance (V _{in} = 0)	C _{in}	-	-	-	-	5.0	7.5	-	-	pF
Quiescent Current (AL Device) (Per Package)	I _{DD}	5.0	-	5.0	-	0.005	5.0	-	150	μAdc
		10	-	10	-	0.010	10	-	300	
		15	-	20	-	0.015	20	-	600	
Quiescent Current (CL/CP Device) (Per Package)	I _{DD}	5.0	-	20	-	0.005	20	-	150	μAdc
		10	-	40	-	0.010	40	-	300	
		15	-	80	-	0.015	80	-	600	
Total Supply Current**† (Dynamic plus Quiescent, Per Package) (C _L = 50 pF on all outputs, all buffers switching)	I _T	5.0	I _T = (1.74 μA/kHz) f + I _{DD}							μAdc
		10	I _T = (3.65 μA/kHz) f + I _{DD}							
		15	I _T = (5.73 μA/kHz) f + I _{DD}							

*T_{low} = -55°C for AL Device, -40°C for CL/CP Device.

T_{high} = +125°C for AL Device, +85°C for CL/CP Device.

#Noise immunity specified for worst-case input combination.

Noise Margin for both "1" and "0" level = 1.0 Vdc min @ V_{DD} = 5.0 Vdc

2.0 Vdc min @ V_{DD} = 10 Vdc

2.5 Vdc min @ V_{DD} = 15 Vdc

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

$$I_T(C_L) = I_T(50\text{ pF}) + 5 \times 10^{-3} (C_L - 50) V_{DD} f$$

where: I_T is in μA (per package), C_L in pF, V_{DD} in Vdc, and f in kHz is input frequency.

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



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC14532B

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

Characteristic	Symbol	VDD	Min	Typ	Max	Unit
Output Rise Time t _{TLH} = (3.0 ns/pF) C _L + 30 ns t _{TLH} = (1.5 ns/pF) C _L + 15 ns t _{TLH} = (1.1 ns/pF) C _L + 10 ns	t _{TLH}	5.0 10 15	- - -	180 90 65	360 180 130	ns
Output Fall Time t _{THL} = (1.5 ns/pF) C _L + 25 ns t _{THL} = (0.75 ns/pF) C _L + 12.5 ns t _{THL} = (0.55 ns/pF) C _L + 9.5 ns	t _{THL}	5.0 10 15	- - -	100 50 40	200 100 80	ns
Propagation Delay Time - E _{in} to E _{out} t _{PLH} , t _{PHL} = (1.7 ns/pF) C _L + 120 ns t _{PLH} , t _{PHL} = (0.66 ns/pF) C _L + 77 ns t _{PLH} , t _{PHL} = (0.5 ns/pF) C _L + 55 ns	t _{PLH} , t _{PHL}	5.0 10 15	- - -	205 110 80	410 220 160	ns
Propagation Delay Time (E _{in} to GS) t _{PLH} , t _{PHL} = (1.7 ns/pF) C _L + 90 ns t _{PLH} , t _{PHL} = (0.66 ns/pF) C _L + 57 ns t _{PLH} , t _{PHL} = (0.5 ns/pF) C _L + 40 ns	t _{PLH} , t _{PHL}	5.0 10 15	- - -	175 90 65	350 180 130	ns
Propagation Delay Time - E _{in} to O _n t _{PLH} , t _{PHL} = (1.7 ns/pF) C _L + 195 ns t _{PLH} , t _{PHL} = (0.66 ns/pF) C _L + 107 ns t _{PLH} , t _{PHL} = (0.5 ns/pF) C _L + 75 ns	t _{PLH} , t _{PHL}	5.0 10 15	- - -	280 140 100	560 280 200	ns
Propagation Delay Time - O _n to O _n t _{PLH} , t _{PHL} = (1.7 ns/pF) C _L + 265 ns t _{PLH} , t _{PHL} = (0.66 ns/pF) C _L + 137 ns t _{PLH} , t _{PHL} = (0.5 ns/pF) C _L + 85 ns	t _{PLH} , t _{PHL}	5.0 10 15	- - -	300 170 110	600 340 220	ns
Propagation Delay Time - O _n to GS t _{PLH} , t _{PHL} = (1.7 ns/pF) C _L + 195 ns t _{PLH} , t _{PHL} = (0.66 ns/pF) C _L + 107 ns t _{PLH} , t _{PHL} = (0.5 ns/pF) C _L + 75 ns	t _{PLH} , t _{PHL}	5.0 10 15	- - -	280 140 100	560 280 200	ns

The formula given is for the typical characteristics only.

FIGURE 1 - TYPICAL SINK AND SOURCE CURRENT CHARACTERISTICS

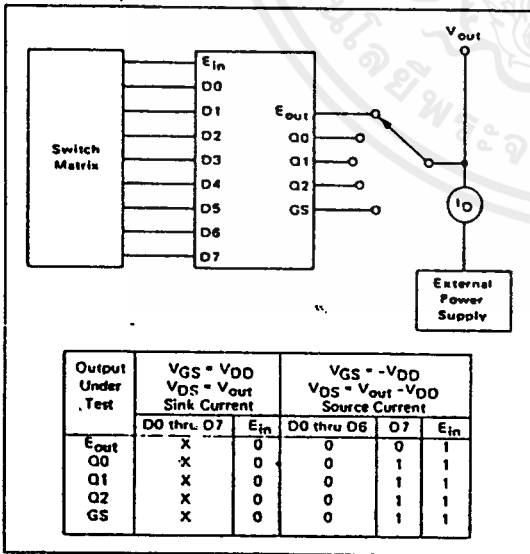
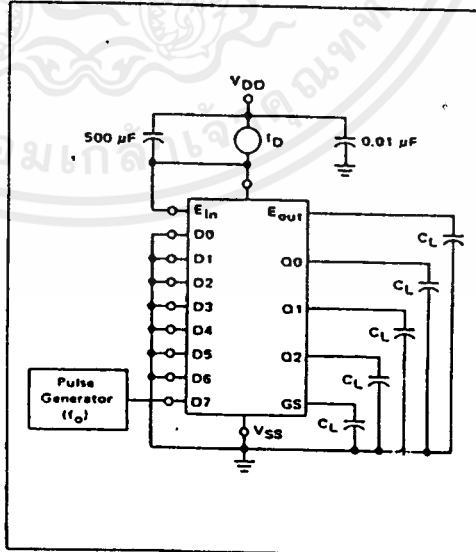
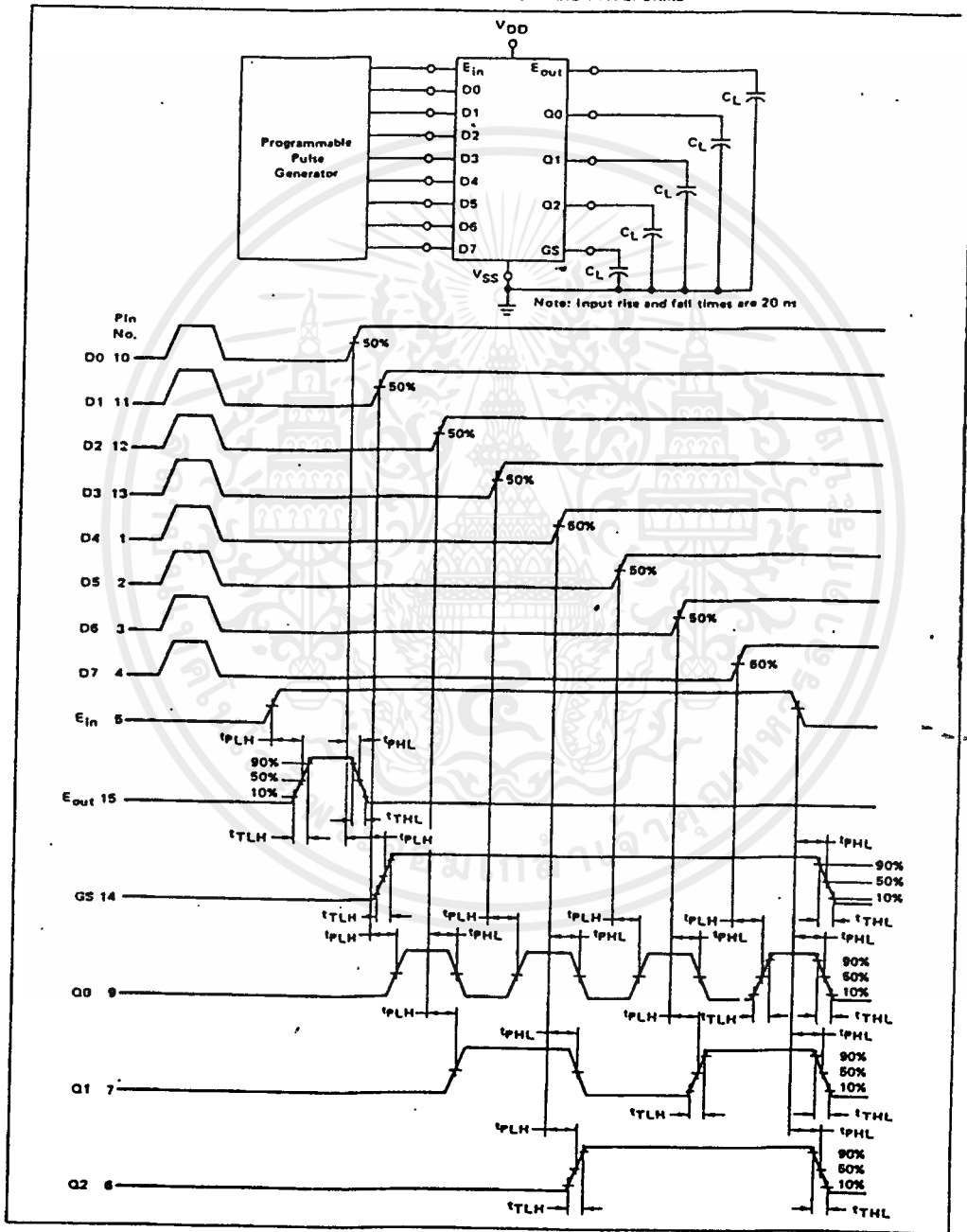


FIGURE 2 - TYPICAL POWER DISSIPATION TEST CIRCUIT



MC14532B

FIGURE 3 - AC TEST CIRCUIT AND WAVEFORMS



MC14532B

LOGIC DIAGRAM
(Positive Logic)

LOGIC EQUATIONS

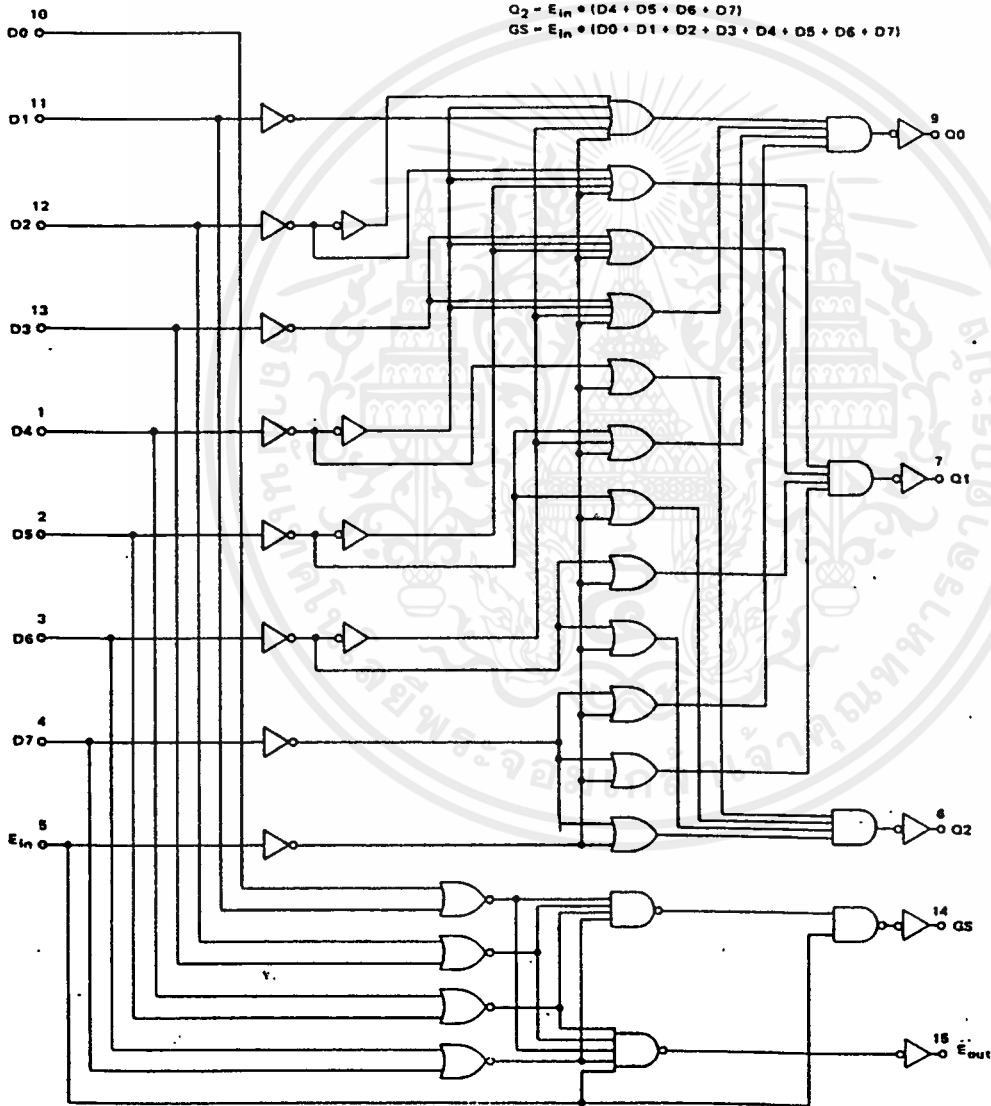
$$E_{out} = E_{in} \cdot \bar{D0} \cdot \bar{D1} \cdot \bar{D2} \cdot \bar{D3} \cdot \bar{D4} \cdot \bar{D5} \cdot \bar{D6} \cdot \bar{D7}$$

$$Q0 = E_{in} \cdot (D1 \cdot \bar{D2} \cdot \bar{D4} \cdot \bar{D6} \cdot D3 \cdot \bar{D4} \cdot \bar{D6} \cdot D5 \cdot \bar{D6} \cdot D7)$$

$$Q1 = E_{in} \cdot (D2 \cdot \bar{D4} \cdot \bar{D5} \cdot D3 \cdot \bar{D4} \cdot \bar{D5} \cdot D6 \cdot D7)$$

$$Q2 = E_{in} \cdot (D4 \cdot D5 \cdot D6 \cdot D7)$$

$$GS = E_{in} \cdot (D0 \cdot D1 \cdot D2 \cdot D3 \cdot D4 \cdot D5 \cdot D6 \cdot D7)$$



MC14532B

FIGURE 4 - TWO MC14532B'S CASCADED FOR 4-BIT OUTPUT

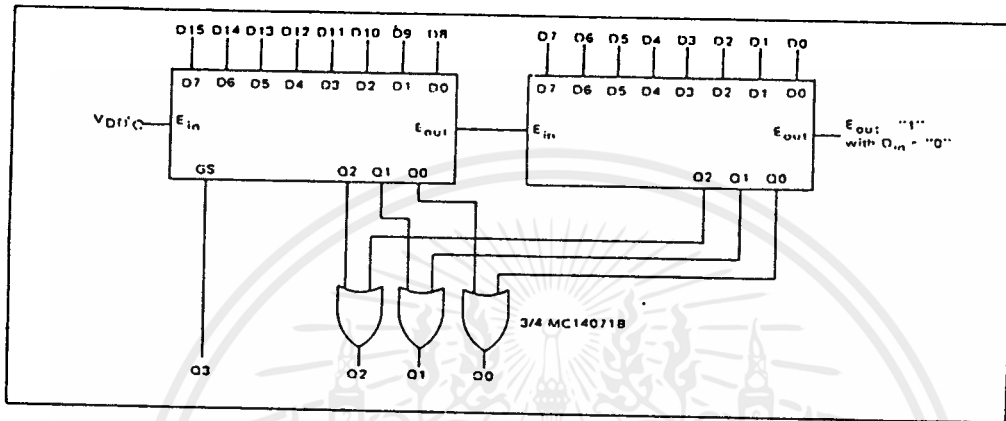
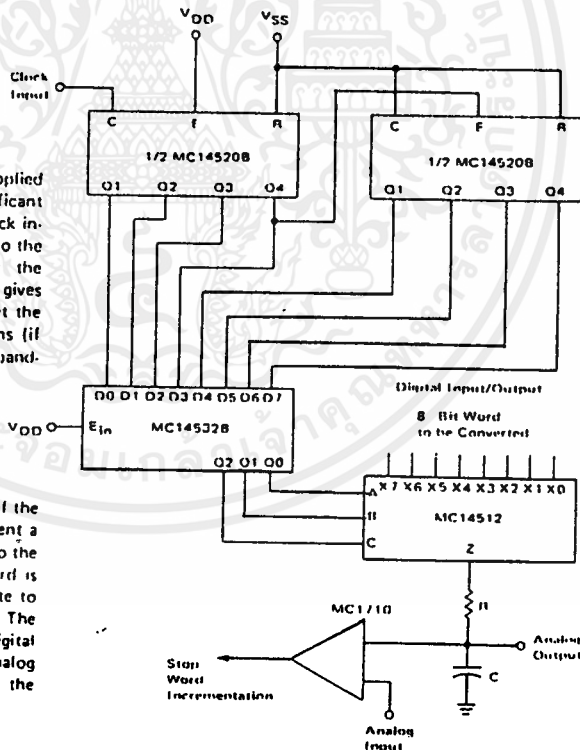


FIGURE 5 - DIGITAL TO ANALOG AND ANALOG TO DIGITAL CONVERTER

DIGITAL TO ANALOG CONVERSION

The digital eight-bit word to be converted is applied to the inputs of the MC14512 with the most significant bit at X7 and the least significant bit at X0. A clock input of up to 2.5 MHz (at $V_{DD} = 10V$) is applied to the MC14520B. A compromise between bias for the MC1710 and ΔR between N and P-channel outputs gives a value of R of 33 k ohms. In order to filter out the switching frequencies, RC should be about 10 ms (if $R = 33\text{ k ohms}$, $C \approx 0.03\ \mu F$). The analog 3.0 dB bandwidth would then be dc to 1.0 kHz.



ANALOG TO DIGITAL CONVERSION

An analog signal is applied to the analog input of the MC1710. A digital eight-bit word known to represent a digitized level less than the analog input is applied to the MC14512 as in the D to A conversion. The word is incremented at rates sufficient to allow steady state to be reached between incrementations (i.e. 3.0 ms). The output of the MC1710 will change when the digital input represents the first digitized level above the analog input. This word is the digital representation of the analog word.

Circuit diagrams utilizing Motorola products are included as a means of illustrating typical semiconductor applications; consequently, complete information sufficient for construction purposes is not necessarily given. The information has been carefully checked and

is believed to be entirely reliable. However, no responsibility is assumed for inaccuracies. Furthermore, such information does not convey to the purchaser of the semiconductor devices described any license under the patent rights of Motorola Inc. or others.

7



**MC145026
MC145027
MC145028**

Advance Information

MC145026 ENCODER, MC145027/MC145028 DECODERS

The MC145026 will encode nine bits of information and serially transmit this information upon receipt of a transmit enable, \overline{TE} , (active low) signal. Nine inputs may be encoded with trinary data (0, 1, open) to allow 3^9 (19,683) different codes.

Two decoders are presently available. Both use the same transmitter — the MC145026. The decoders will receive the 9-bit word and will interpret some of the bits as address codes and some as data. The MC145027 will interpret the first five transmitted bits as address and the last four bits as data. The MC145028 will treat all nine bits as address. If no errors are received, the MC145027 will output the four data bits when the transmitter sends address codes that match that of the receiver. A valid transmission output will go high on both decoders when they recognize an address that matches that of the decoder. Other receivers can be produced with different address/data ratios.

- May be Addressed in either Binary or Trinary
- Trinary Addressing Maximizes Number of Codes
- Interfaces with RF, Ultrasonic, or Infrared Transmission Medias
- Double Transmissions for Error Checking
- 4.5 V to 18 V Operation
- On-Chip R/C Oscillator; No Crystal Required
- High External Component Tolerance; Can use 5% Components
- Standard B-Series Input and Output Characteristics

CMOS MSI
(LOW-POWER COMPLEMENTARY MOS)
**REMOTE CONTROL
ENCODER/DECODER PAIRS**

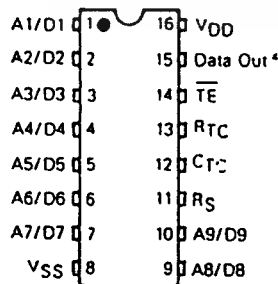
L SUFFIX
CERAMIC PACKAGE
CASE 620

P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 648

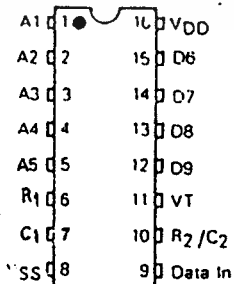
MC14XXX Suffix Denotes
L Ceramic Package
P Plastic Package

4

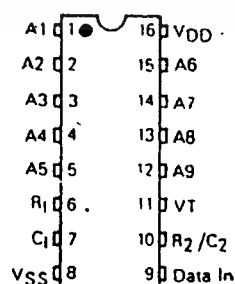
PIN ASSIGNMENTS



MC145026
Encoder



MC145027
Decoder



MC145028
Decoder

This is advance information and specifications are subject to change without notice.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MC145026 • MC145027 • MC145028

MAXIMUM RATINGS (Voltages Referenced to V_{SS})

Rating	Symbol	Value	Unit
DC Supply Voltage	V _{DD}	-0.5 to +18	V
Input Voltage, All Inputs	V _{in}	-0.5 to V _{DD} +0.5	V
DC Current Drain Per Pin	I	10	mA
Operating Temperature Range	T _A	-40 to +85	°C
Storage Temperature Range	T _{stg}	-65 to +150	°C

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	V _{DD} V	-40°C		25°C			+85°C		Unit
			Min	Max	Min	Typ	Max	Min	Max	
Output Voltage V _{in} = V _{DD} or 0 V _{in} = 0 or V _{DD}	"0" Level V _{OL}	5.0	-	0.05	-	0	0.05	-	0.05	V
		10	-	0.05	-	0	0.05	-	0.05	
		15	-	0.05	-	0	0.05	-	0.05	
	"1" Level V _{OH}	5.0	4.95	-	4.95	5.0	-	4.95	-	V
		10	9.95	-	9.95	10	-	9.95	-	
		15	14.95	-	14.95	15	-	14.95	-	
Input Voltage (V _O = 4.5 or 0.5 V) (V _O = 9.0 or 1.0 V) (V _O = 13.5 or 1.5 V) (V _O = 0.5 or 4.5 V) (V _O = 1.0 or 9.0 V) (V _O = 1.5 or 13.5 V)	"0" Level V _{IL}	5.0	-	1.5	-	2.25	1.5	-	1.5	V
		10	-	3.0	-	4.50	3.0	-	3.0	
		15	-	4.0	-	6.25	4.0	-	4.0	
	"1" Level V _{IH}	5.0	3.5	-	3.5	2.75	-	3.5	-	V
		10	7.0	-	7.0	5.50	-	7.0	-	
		15	11.0	-	11.0	8.25	-	11.0	-	
Output Drive Current (V _{OH} = 2.5 V) (V _{OH} = 4.6 V) (V _{OH} = 9.5 V) (V _{OH} = 13.5 V) (V _{OL} = 0.4 V) (V _{OL} = 0.5 V) (V _{OL} = 1.5 V)	Source I _{OH}	5.0	-2.5	-	-2.1	-4.2	-	-1.7	-	mA
		10	-0.52	-	-0.44	-0.88	-	-0.36	-	
		15	-1.3	-	-1.1	-2.25	-	-0.9	-	
	Sink I _{OL}	5.0	0.52	-	0.44	0.88	-	0.36	-	mA
		10	1.3	-	1.1	2.25	-	0.9	-	
		15	3.6	-	3.0	8.8	-	2.4	-	
Input Current - TE (MC145026, Pullup Device)	I _{in}	5.0	-	-	3.0	4.0	7.0	-	-	μA
		10	-	-	16	20	26	-	-	
		15	-	-	35	45	55	-	-	
Input Current R _S (MC145026) Data In (MC145027, MC145028)	I _{in}	15	-	±0.3	-	±0.00001	±0.3	-	±1.0	μA
Input Current A1/D1-A9/D9 (MC145026) A1-A5 (MC145027) A1-A9 (MC145028)	I _{in}	5.0	-	-	-	±55	±80	-	-	μA
		10	-	-	-	±300	±340	-	-	
		15	-	-	-	±650	±725	-	-	
Input Capacitance (V _{in} = 0)	C _{in}	-	-	-	-	5.0	7.5	-	-	pF
Quiescent Current - MC145026	I _{DD}	5.0	-	-	-	0.0050	0.10	-	-	μA
		10	-	-	-	0.0100	0.20	-	-	
		15	-	-	-	0.0150	0.30	-	-	
Quiescent Current - MC145027, MC145028	I _{DD}	5.0	-	-	-	30	50	-	-	μA
		10	-	-	-	60	100	-	-	
		15	-	-	-	90	150	-	-	
Total Supply Current - MC145026 (f _C = 20 kHz)	I _T	5.0	-	-	-	100	200	-	-	μA
		10	-	-	-	200	400	-	-	
		15	-	-	-	300	600	-	-	
Total Supply Current - MC145027, MC145028 (f _C = 20 kHz)	I _T	5.0	-	-	-	200	400	-	-	μA
		10	-	-	-	400	800	-	-	
		15	-	-	-	600	1200	-	-	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

Characteristic	Symbol	V _{DD}	Min	Typ	Max	Unit
Output Rise and Fall Time	t _{TLH}	5.0	—	100	200	ns
	t _{THL}	10	—	50	100	
	t _{THL}	15	—	40	80	
Data In Rise and Fall Time (MC145027, MC145028)	t _{TLH}	5.0	—	—	15	μs
	t _{THL}	10	—	—	15	
	t _{THL}	15	—	—	15	
Encoder Clock Frequency	f _{cl}	5.0	0	—	2	MHz
		10	0	—	5	
		15	0	—	10	
Maximum Decoder Frequency (Referenced to Encoder Clock) (See Figure 9)	f _{cl}	5.0	—	—	240	kHz
		10	—	—	410	
		15	—	—	450	
T _E Pulse Width	t _{WL}	5.0	65	—	—	ns
		10	30	—	—	
		15	20	—	—	
System Propagation Delay (T _E to Valid Transmission)	—	—	—	182	—	Clock Cycles
Tolerance on Timing Components (ΔR _{1C} + ΔC _{1C} + ΔR ₁ + ΔC ₁) (ΔR ₂ + ΔC ₂)	—	—	—	—	± 25 ± 25	%

OPERATING CHARACTERISTICS

MC145026

The encoder will serially transmit nine bits of trinary data as defined by the state of the A1/D1-A9/D9 input pins. These pins can be in either of three states (0, 1, open) allowing 3⁹ = 19683 possible codes. The transmit sequence will be initiated by a low level of the T_E input pin. Each time the T_E input is forced low the encoder will output two identical data words. This redundant information is used by the receiver to reduce errors. If the T_E input is kept low, the encoder will continuously transmit the data words. The transmitted words are self-completing (two words will be transmitted for each T_E pulse).

Each transmitted data bit is encoded into two data pulses. A logic zero will be encoded as two consecutive short pulses, a logic one by two consecutive long pulses, and an open as a long pulse followed by a short pulse. The input state is determined by using a weak output device to try to force each input first low, then high. If only a high state results from the two tests, the input is assumed to be hard wired to V_{DD}. If only a low state is obtained, the input is assumed to be hard wired to V_{SS}. If both a high and a low can be forced at an input, it is assumed to be open and is encoded as such.

The transmit sequence is enabled by a logic zero on the T_E input. This input has an internal pullup device so that a simple switch may be used to force the input low. While T_E is high the encoder is completely disabled, the oscillator is inhibited and the current drain is reduced to quiescent current. When T_E is brought low, the oscillator is started, and an internal reset is generated to initialize the transmit sequence. Each input is then sequentially selected and a determination is made as to input logic state. This information is serially transmitted via the Data Out output pin.

MC145027

The decoder will receive the serial data from the encoder, check it for errors and output data if valid. The transmitted data consisting of two identical data words is examined bit by bit as it is received. The first five bits are assumed to be

address bits and must be encoded to match the address inputs at the receiver. If the address bits match, the next four (data) bits are stored and compared to the last valid data stored. If this data matches, the VT pin will go high on the 2nd rising edge of the 9th bit of the first word. Between the two data words no signal is sent for three data bit times. As the second encoded word is received, the address must again match, and if it does, the data bits are checked against the previously stored data bits. If the two words of data (four bits each) match, the data is transferred to the output data latches and will remain until new data replaces it. At the same time, the Valid Transmission output pin is brought high and will remain high until an error is received or until no input signal is received for four data bit times.

Although the address information is encoded in trinary fashion, the data information must be either a one or a zero. A trinary (open) will be decoded as a logic one.

MC145028

This receiver operates in the same manner as the MC145027 except that nine address bits are used and no data output is available. The Valid Transmission output is used to indicate that a valid signal has been received.

Although address information normally is encoded in trinary, the designer should be aware that, for the MC145028, the ninth address bit (A9) must be either a one or a zero. This part, therefore, can accept only 2 × 3⁸ = 13,122 different codes. A trinary (open) A9 will be interpreted as a logic 1. However if the transmitter sends a trinary (or logic 1) and the receiver address is a logic 1 (or trinary) respectively, the valid transmission output will be shortened to the R1 × C1 time constant.

DOUBLE TRANSMISSION DECODING

Although the encoder sends two words for error checking, a decoder does not necessarily wait for two transmitted words to be received before issuing a valid transmission output. Refer to the flowcharts in Figures 7 and 8.

MC145026 • MC145027 • MC145028

PIN DESCRIPTION

MC145026 Encoder

A1/D1-A9/D9 – These inputs will be encoded and the data serially output from the encoder.

VSS – The most negative supply (usually ground)

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

TE – This Transmit-Enable (active low) input will initiate transmission when forced low. A pullup device will keep this input high normally.

Data Out – This is the output of the encoder that will present the serially encoded signals

VDD – The most positive supply

MC145027 Decoder

A1-A5 – These are the address inputs that must match the encoder inputs A1/D1-A5/D5 in order for the decoder to output data.

D6-D9 – These outputs will give the information that is presented to the encoder inputs A6/D6-A9/D9. Note: only binary data will be acknowledged, a trinary open will be decoded as logic one.

R1, C1 – These pins accept a resistor and capacitor that are used to determine whether a narrow pulse or a wide pulse has been encoded. The time constant $R_1 \times C_1$ should be set to 1.72 transmit clock periods. $R_1 C_1 = 3.95 RTCTC$

R2/C2 – This pin accepts a resistor to VSS and a capacitor to VSS that are used to detect both the end of an encoded word and the end of transmission. The time constant $R_2 \times C_2$ should be 33.5 transmit clock periods (four data bit periods). This time constant is used to determine that the Data In input has remained low for four data bit times (end of transmission). A separate comparator looks at a voltage equivalent two data bit times ($0.4 R_2 C_2$) to detect the dead time between transmitted words $R_2 C_2 = 77 RTCTC$

Valid Transmission, VT – This output will go high when the following conditions are satisfied:

1. the transmitted address matches the receiver address, and
2. the transmitted data matches the last valid data received.

VT will remain high until either a mismatch is received, or no input signal is received for four data bit times

VDD – The most positive supply

VSS – The most negative supply (usually ground)

FIGURE 1 – ENCODER BLOCK DIAGRAM MC145026

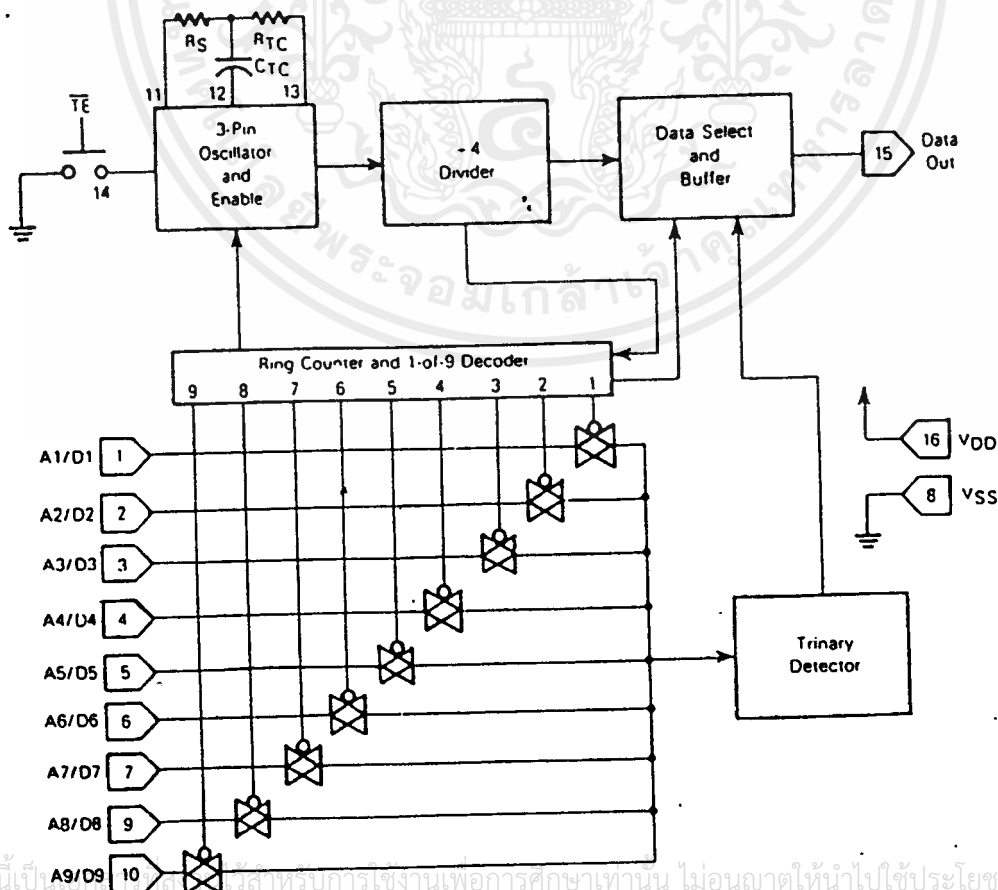


FIGURE 2 – DECODER BLOCK DIAGRAM MC145027

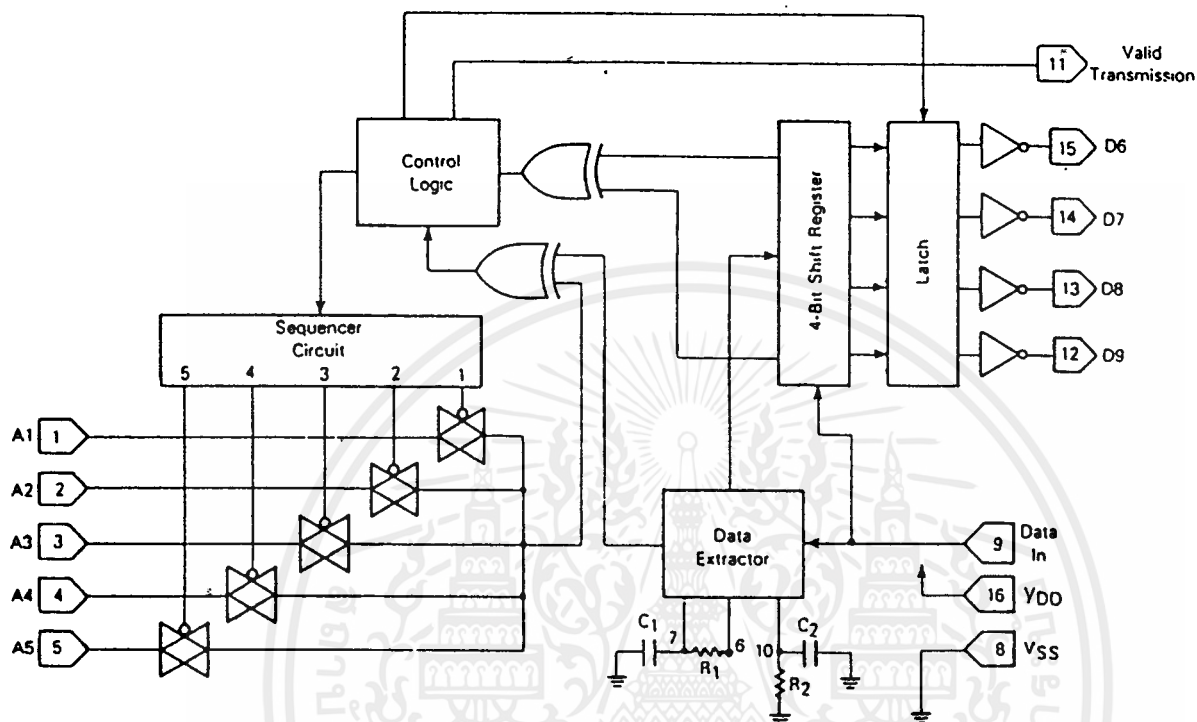
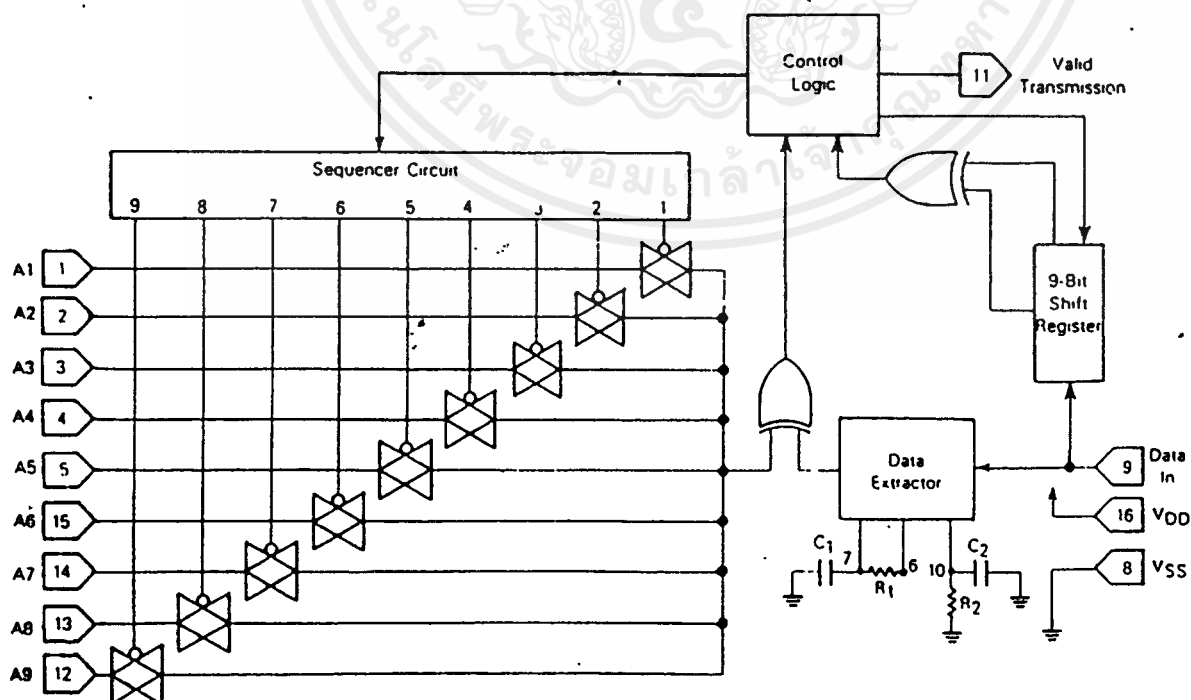
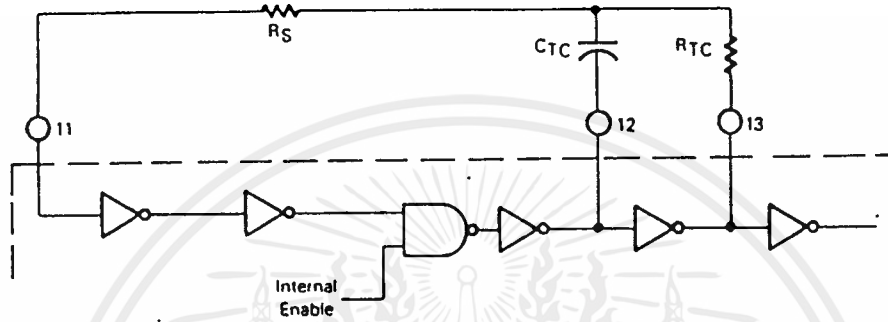


FIGURE 3 – DECODER BLOCK DIAGRAM MC145028



MC145026 • MC145027 • MC145028

FIGURE 4 — ENCODER OSCILLATOR INFORMATION



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

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

for 1 kHz ≤ f ≤ 400 kHz

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

$$R_S = 2 R_{TC}$$

$$R_S \geq 20 \text{ k}$$

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

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

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

For frequencies outside the indicated range, the formula will be less accurate. The actual oscillation range of this circuit is from less than 1 Hz to over 1 MHz.

FIGURE 5 — ENCODER/DECODER TIMING DIAGRAM

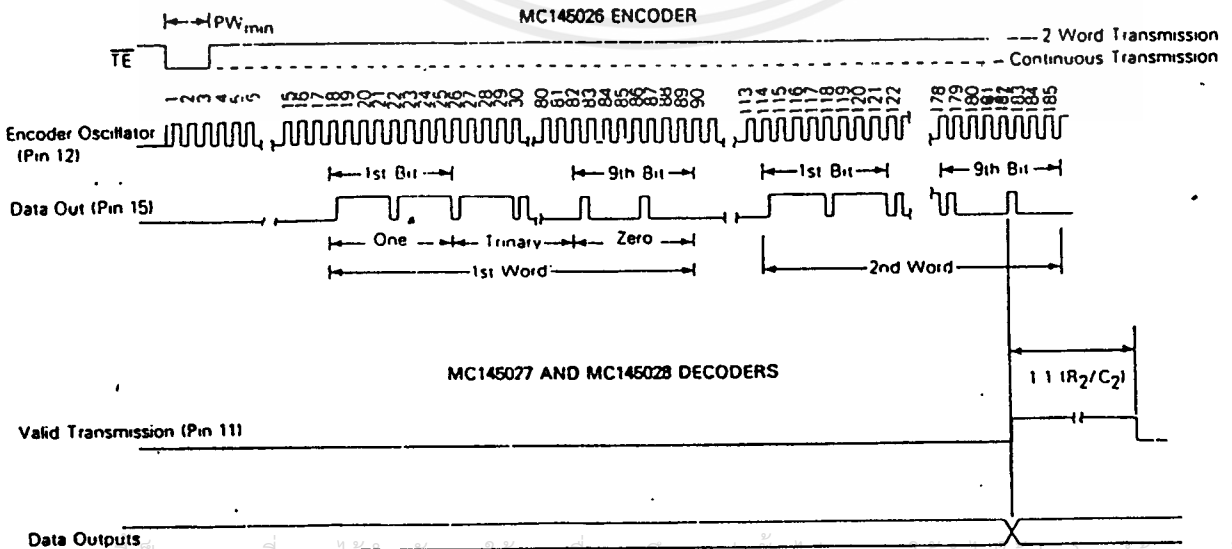


FIGURE 6 – ENCODER DATA WAVEFORMS (MC145026)

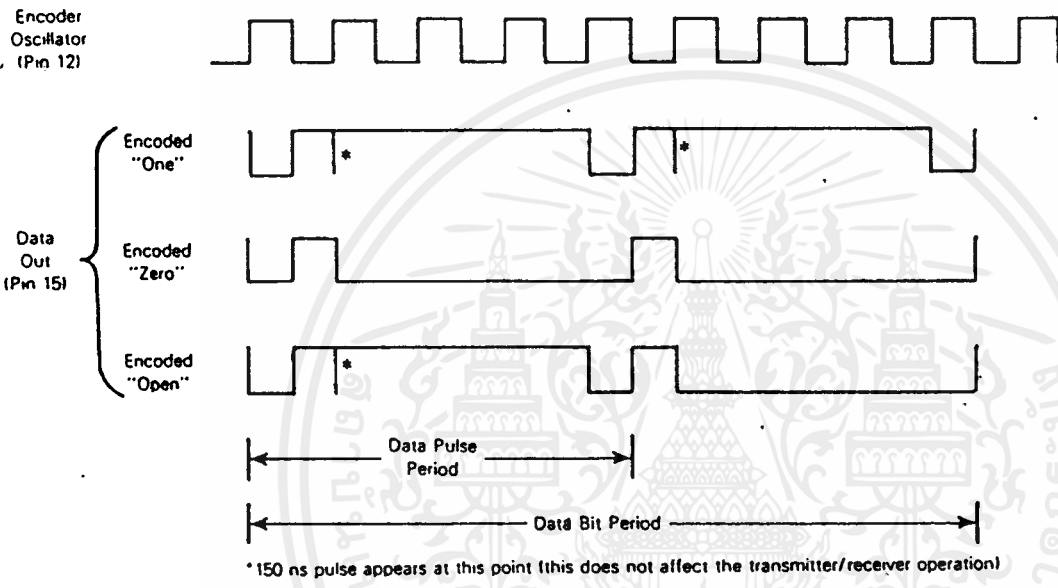
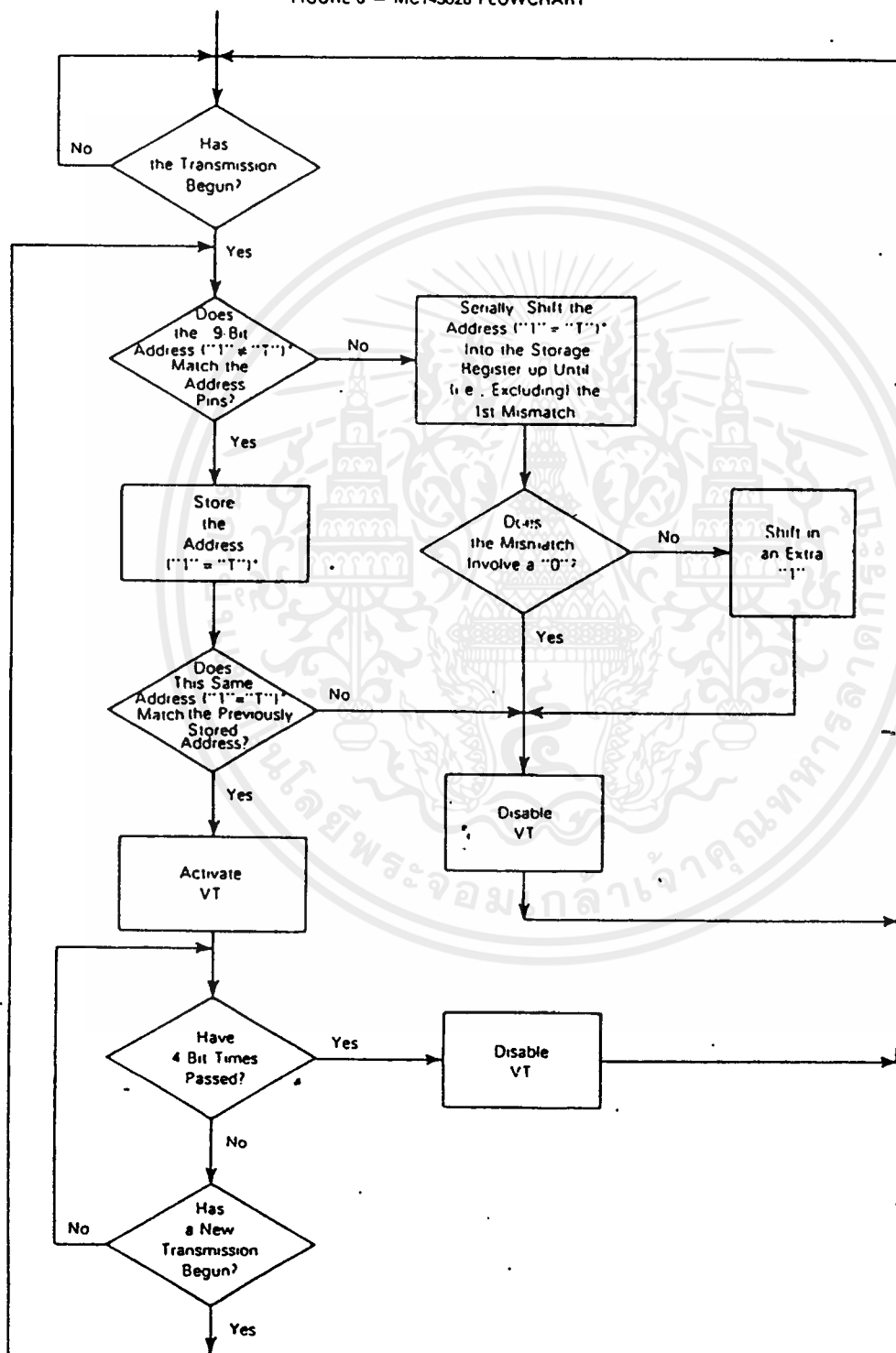
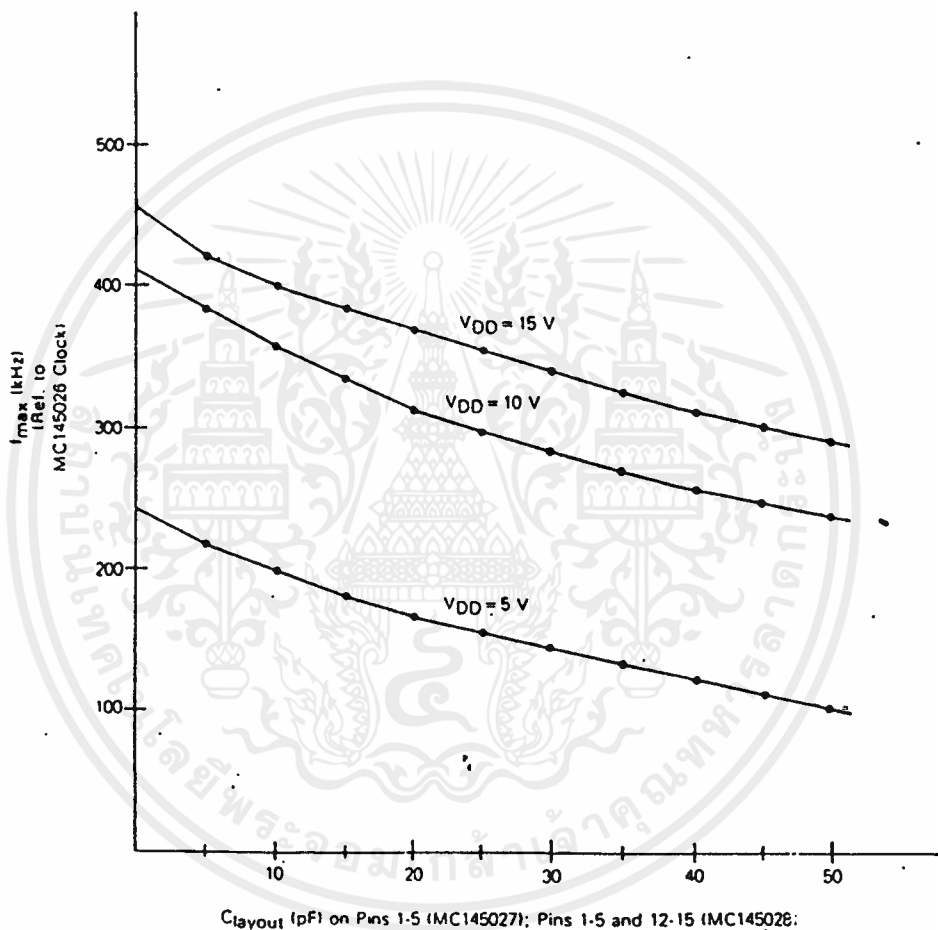


FIGURE 8 – MC145028 FLOWCHART



*For shift register comparisons, a "T" is stored as a "1"

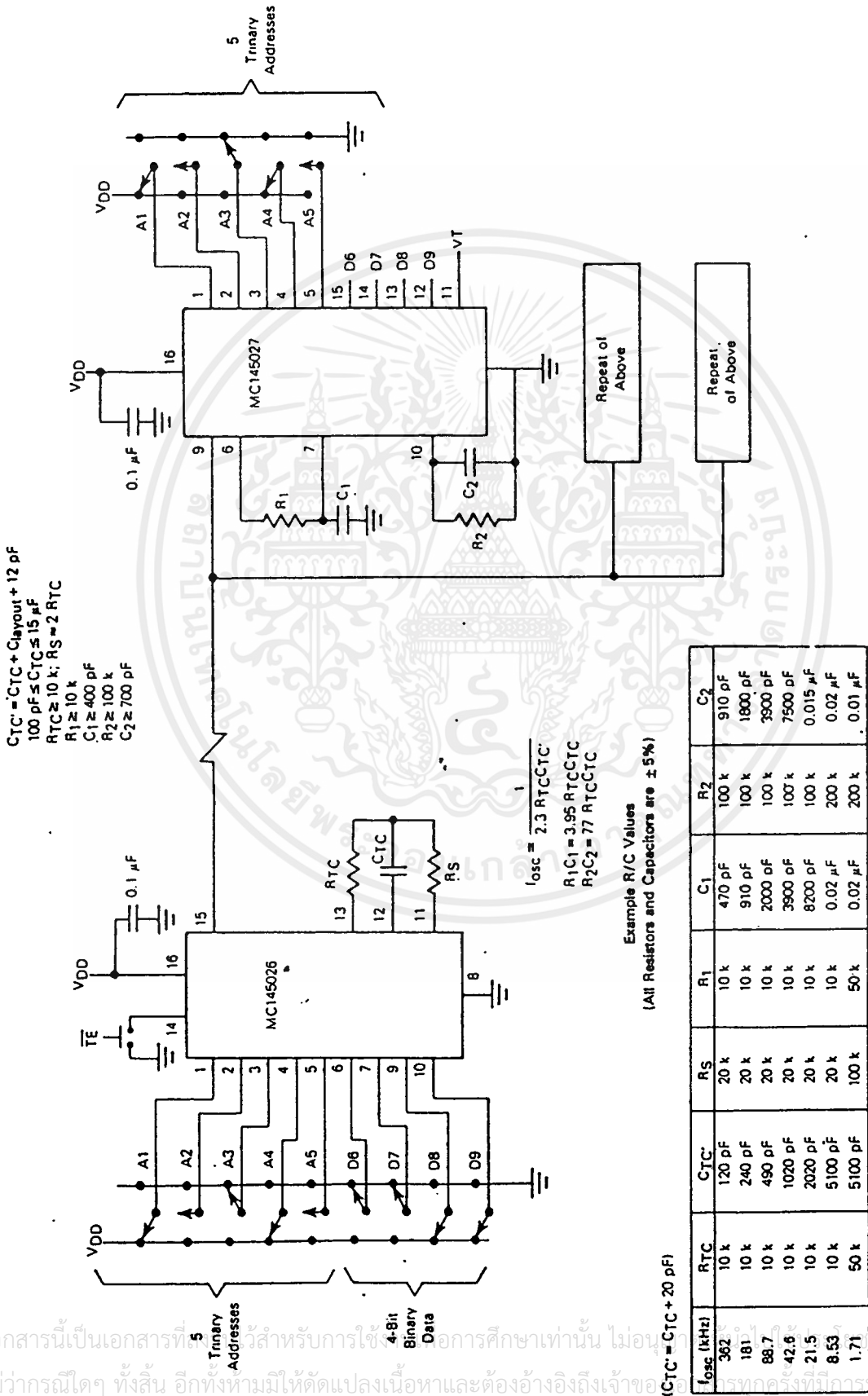
FIGURE 9 — MC145027/MC145028
 f_{max} vs C_{layout}



4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

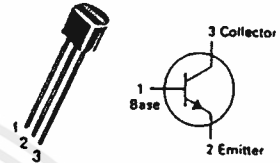
FIGURE 10 — TYPICAL APPLICATION



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่... วัตถุประสงค์... การศึกษาเท่านั้น... ไม่สามารถ... ใดๆ... ให้อ่างอิงถึงเจ้าขอ... การครั้งที่มีการนำไปใช้

MPSH10 MPSH11

CASE 29-04, STYLE 2
TO-92 (TO-226AA)



VHF/UHF TRANSISTORS

NPN SILICON

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CEO}	25	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	30	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}	3.0	Vdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	350 2.8	mW mW/°C
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	1.0 8.0	Watt mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to +150	°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	125	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	357	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted.)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
OFF CHARACTERISTICS				
Collector-Emitter Breakdown Voltage ($I_C = 1.0 \text{ mAdc}, I_B = 0$)	$V_{(BR)CEO}$	25	—	Vdc
Collector-Base Breakdown Voltage ($I_C = 100 \mu\text{Adc}, I_E = 0$)	$V_{(BR)CBO}$	30	—	Vdc
Emitter-Base Breakdown Voltage ($I_E = 10 \mu\text{Adc}, I_C = 0$)	$V_{(BR)EBO}$	3.0	—	Vdc
Collector Cutoff Current ($V_{CB} = 25 \text{ Vdc}, I_E = 0$)	I_{CBO}	—	100	nAdc
Emitter Cutoff Current ($V_{BE} = 2.0 \text{ Vdc}, I_C = 0$)	I_{EBO}	—	100	nAdc
ON CHARACTERISTICS				
DC Current Gain ($I_C = 4.0 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}$)	h_{FE}	60	—	—
Collector-Emitter Saturation Voltage ($I_C = 4.0 \text{ mAdc}, I_B = 0.4 \text{ mAdc}$)	$V_{CE(sat)}$	—	0.5	Vdc
Base-Emitter On Voltage ($I_C = 4.0 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}$)	V_{BE}	—	0.25	Vdc
SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS				
Current-Gain — Bandwidth Product ($I_C = 4.0 \text{ mAdc}, V_{CE} = 10 \text{ Vdc}, f = 100 \text{ MHz}$)	f_T	650	—	MHz
Collector-Base Capacitance ($V_{CB} = 10 \text{ Vdc}, I_E = 0, f = 1.0 \text{ MHz}$)	C_{cb}	—	0.7	pF
Common-Base Feedback Capacitance ($V_{CB} = 10 \text{ Vdc}, I_E = 0, f = 1.0 \text{ MHz}$)	C_{rb}	0.35 C.L.	0.65 0.9	pF
Collector Base Time Constant ($I_C = 4.0 \text{ mAdc}, V_{CB} = 10 \text{ Vdc}, f = 31.8 \text{ MHz}$)	$r_b \cdot C_c$	—	9.0	ps

MOTOROLA SMALL-SIGNAL TRANSISTORS, FETs AND DIODES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MPSH10, MPSH11

COMMON-BASE γ PARAMETERS versus FREQUENCY
 ($V_{CB} = 10 \text{ Vdc}$, $I_C = 4.0 \text{ mAdc}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)

Y_{ib} , INPUT ADMITTANCE

FIGURE 1 – RECTANGULAR FORM

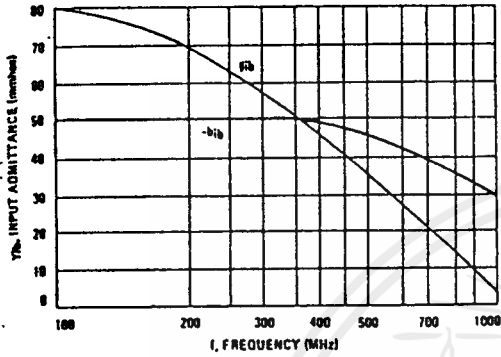
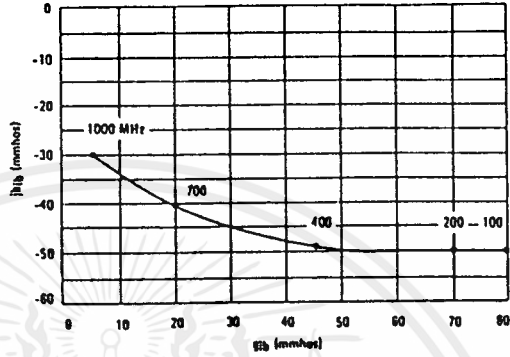


FIGURE 2 – POLAR FORM



COMMON-BASE γ PARAMETERS versus FREQUENCY
 ($V_{CB} = 10 \text{ Vdc}$, $I_C = 4.0 \text{ mAdc}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$)

Y_{fb} , FORWARD TRANSFER ADMITTANCE

FIGURE 3 – RECTANGULAR FORM

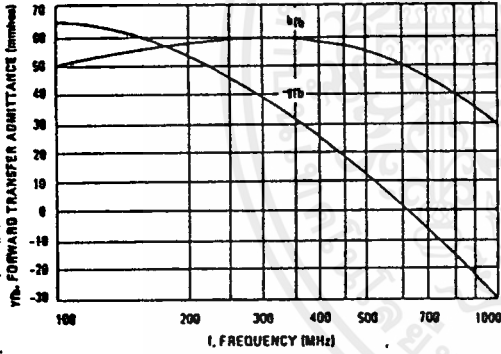
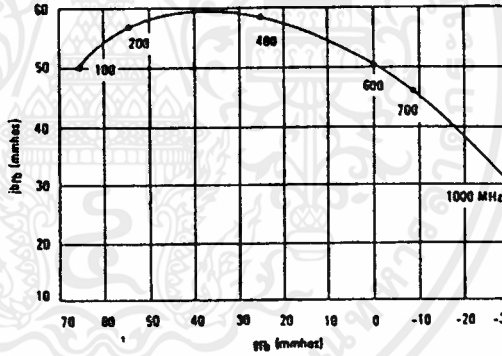


FIGURE 4 – POLAR FORM



Y_{rb} , REVERSE TRANSFER ADMITTANCE

FIGURE 5 – RECTANGULAR FORM

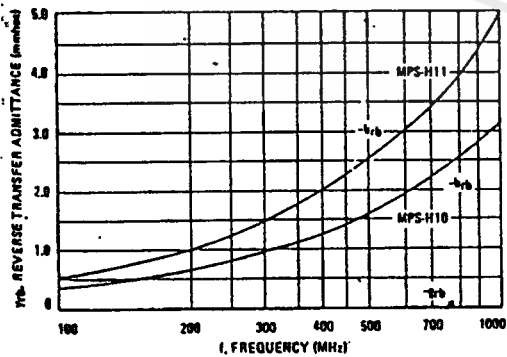
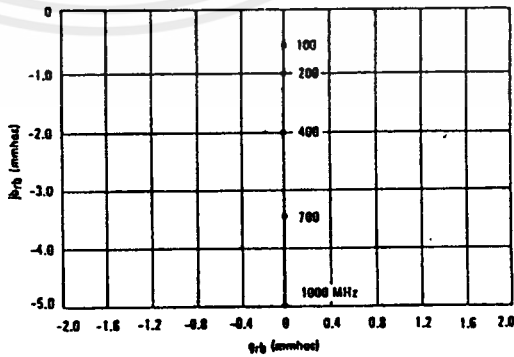


FIGURE 6 – POLAR FORM



MOTOROLA SMALL-SIGNAL TRANSISTORS, FETs AND DIODES

MPSH10, MPSH11

Y_{ob} OUTPUT ADMITTANCE

FIGURE 7 - RECTANGULAR FORM

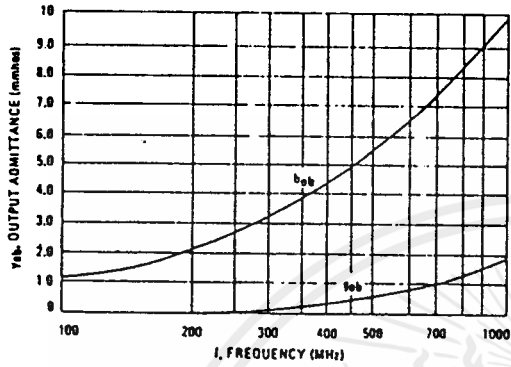
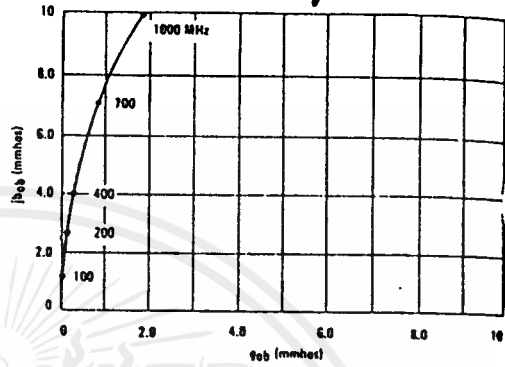


FIGURE 8 - POLAR FORM



2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



MOTOROLA

2

JFET INPUT OPERATIONAL AMPLIFIERS

These low cost JFET input operational amplifiers combine two state-of-the-art linear technologies on a single monolithic integrated circuit. Each internally compensated operational amplifier has well matched high voltage JFET input devices for low input offset voltage. The BIFET technology provides wide bandwidths and fast slew rates with low input bias currents, input offset currents, and supply currents.

These devices are available in single, dual and quad operational amplifiers which are pin-compatible with the industry standard MC1741, MC1458, and the MC3403/LM324 bipolar devices.

- Input Offset Voltage of 5.0 mV Max (LF347B)
- Low Input Bias Current - 50 pA
- Low Input Noise Voltage - 16 nV/√Hz
- Wide Gain Bandwidth - 4.0 MHz
- High Slew Rate - 13 V/μs
- Low Supply Current - 1.8 mA per Amplifier
- High Input Impedance - 10¹² Ω
- High Common-Mode and Supply Voltage Rejection Ratios - 100 dB

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Supply Voltage	VCC	+ 18	V
	VEE	- 18	V
Differential Input Voltage	V _{ID}	± 30	V
Input Voltage Range (Note 1)	V _{IDR}	± 15	V
Output Short Circuit Duration (Note 2)	t _S	Continuous	
Power Dissipation at T _A = + 25°C	P _D	900	mW
	Derate above T _A = + 25°C	1/θ _{J-A}	10
Operating Ambient Temperature Range	T _A	0 to + 70	°C
Operating Junction Temperature Range	T _J	115	°C
Storage Temperature Range	T _{stg}	- 65 to + 150	°C

NOTES:

1. Unless otherwise specified, the absolute maximum negative input voltage is limited to the negative power supply.
2. Any amplifier output can be shorted to ground indefinitely. However, if more than one amplifier output is shorted simultaneously, maximum junction temperature ratings may be exceeded.

LF347
LF351
LF353

FAMILY OF BIFET OPERATIONAL AMPLIFIERS SILICON MONOLITHIC INTEGRATED CIRCUITS



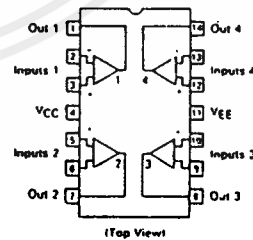
N SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 626-05 (LF351, LF353 Only)

D SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 751-02 SO-8 (LF351, LF353 Only)



N SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 646-06 (LF347 Only)

D SUFFIX PLASTIC PACKAGE CASE 751A-02 SO-14



ORDERING INFORMATION

Function	Device	Package
Single	LF351D	SO-8
Single	LF351N	Plastic DIP
Dual	LF353D	SO-8
Dual	LF353N	Plastic DIP
Quad	LF347D	SO-14
Quad	LF347BN	Plastic DIP
Quad	LF347N	Plastic DIP

MOTOROLA LINEAR/INTERFACE DEVICES

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($V_{CC} = +15\text{ V}$, $V_{EE} = -15\text{ V}$, $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted).

Characteristic	Symbol	LF347B			LF347, LF351, LF353			Unit
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Input Offset Voltage ($R_S \leq 10\text{ k}$, $V_{CM} = 0$) $T_A = +25^\circ\text{C}$ $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$	V_{IO}	—	1.0	5.0	—	5.0	10	mV
Average Temperature Coefficient of Input Offset Voltage $R_S \leq 10\text{ k}$, $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$	$\Delta V_{IO}/\Delta T$	—	10	—	—	10	—	$\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
Input Offset Current ($V_{CM} = 0$, Note 3) $T_A = +25^\circ\text{C}$ $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$	I_{IO}	—	25	100	—	25	100	pA nA
Input Bias Current ($V_{CM} = 0$, Note 3) $T_A = +25^\circ\text{C}$ $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$	I_{IB}	—	50	200	—	50	200	pA nA
Input Resistance	r_i	—	10^{12}	—	—	10^{12}	—	Ω
Common Mode Input Voltage Range	V_{ICR}	± 11	+15 -12	—	± 11	+15 -12	—	V
Large-Signal Voltage Gain ($V_O = \pm 10\text{ V}$, $R_L = 2.0\text{ k}$) $T_A = +25^\circ\text{C}$ $0^\circ\text{C} \leq T_A \leq +70^\circ\text{C}$	A_{VOL}	50 25	100	—	25 15	100	—	V/mV
Output Voltage Swing ($R_L = 10\text{ k}$)	V_O	± 12	± 14	—	± 12	± 14	—	V
Common Mode Rejection Ratio ($R_S \leq 10\text{ k}$)	CMRR	80	100	—	70	100	—	dB
Supply Voltage Rejection Ratio ($R_S \leq 10\text{ k}$)	PSRR	80	100	—	70	100	—	dB
Supply Current	I_D	—	7.2	11	—	7.2	11	mA
	LF347	—	—	—	—	1.8	3.4	
	LF351	—	—	—	—	3.6	6.5	
	LF353	—	—	—	—	—	—	
Slew Rate ($A_v = +1$)	SR	—	13	—	—	13	—	$\text{V}/\mu\text{s}$
Gain-Bandwidth Product	BW _p	—	4.0	—	—	4.0	—	MHz
Equivalent Input Noise Voltage ($R_S = 100\ \Omega$, $f = 1000\text{ Hz}$)	e_n	—	16	—	—	16	—	$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
Equivalent Input Noise Current ($f = 1000\text{ Hz}$)	i_n	—	0.01	—	—	0.01	—	$\text{pA}/\sqrt{\text{Hz}}$
Channel Separation (LF347, LF353) $1.0\text{ Hz} \leq f \leq 20\text{ kHz}$ (Input Referred)	—	—	-120	—	—	-120	—	dB

For Typical Characteristic Performance Curves, refer to MC34001/34002/34004 data sheet.

NOTES: (continued)

3. Input bias currents of JFET input op amps approximately double for every 10°C rise in junction temperature. To maintain junction temperatures as close to ambient as is possible, pulse techniques are utilized during test.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SCL4514B
SCL4515B



CMOS 4-TO-16 LINE
DECODERS WITH LATCH

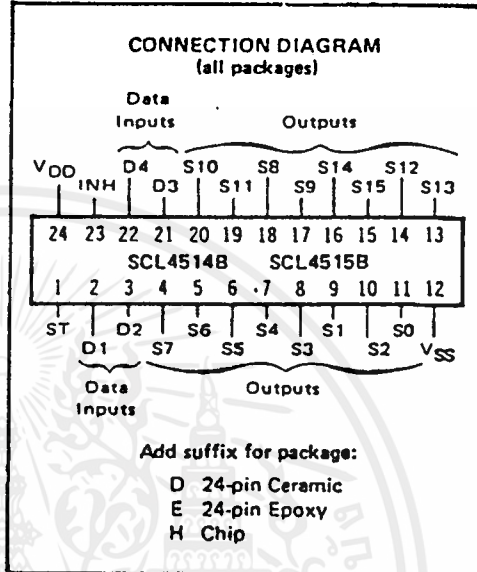
FEATURES

- ◆ Strobed Input Latch
- ◆ Inhibit Control
- ◆ Selected Output Active High (SCL4514B) or Active Low (SCL4515B)

DESCRIPTION

The SCL4514B and SCL4515B are two output options of a 4-to-16 Line Decoder with Latched Inputs. The SCL4514B presents a logic "1" at the selected output, and the SCL4515B presents a logic "0" at the selected output. The latches hold the last input data presented prior to the Strobe transition from "1" to "0". Inhibit allows all outputs to be placed at "0" (SCL4514B), or "1" (SCL4515B), regardless of the state of the Data or Strobe inputs.

Applications include code conversion, address decoding, memory selection control, demultiplexing, and readout decoding.



TRUTH TABLE (Strobe = 1)

Inhibit	Data Inputs				Selected Output	
	D	C	B	A	SCL4514B = Logic "1"	SCL4515B = Logic "0"
0	0	0	0	0	S0	
0	0	0	0	1	S1	
0	0	0	1	0	S2	
0	0	0	1	1	S3	
0	0	1	0	0	S4	
0	0	1	0	1	S5	
0	0	1	1	0	S6	
0	0	1	1	1	S7	
0	1	0	0	0	S8	
0	1	0	0	1	S9	
0	1	0	1	0	S10	
0	1	0	1	1	S11	
0	1	1	0	0	S12	
0	1	1	0	1	S13	
0	1	1	1	0	S14	
0	1	1	1	1	S15	
1	X	X	X	X	All Outputs = "0", SCL4514B All Outputs = "1", SCL4515B	

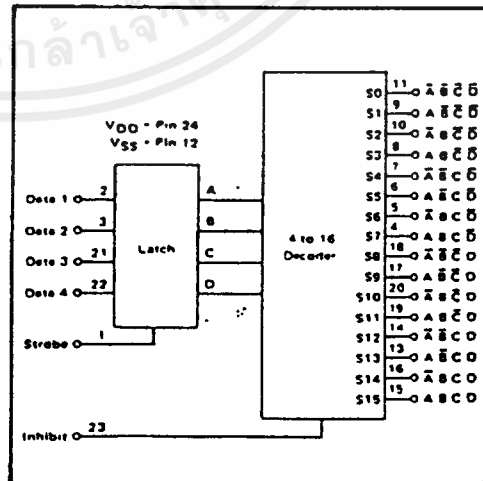
X = Don't Care

RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

For maximum reliability:

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

BLOCK DIAGRAM



STATIC CHARACTERISTICS¹

PARAMETER	V _{DD} (Vdc)	CONDITIONS	T _{LOW} ²		+25°C			T _{HIGH} ²		Units
			Min.	Max.	Min.	Typ.	Max.	Min.	Max.	
QUIESCENT DEVICE CURRENT	I _{DD}	V _{IN} = V _{GS} or V _{DD} All valid input combinations	-	5	-	0.05	5	-	150	μA _{DC}
			-	10	-	0.1	10	-	300	
			-	20	-	0.2	20	-	600	

NOTES: ¹ Remaining Static Electrical Characteristics are listed under "SCL4000B Series Family Specifications".

² T_{LOW} = -55°C for C, D, F, H device.

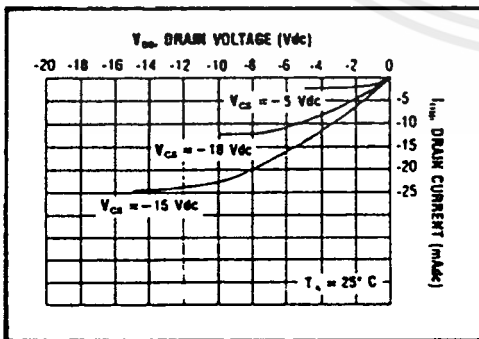
= -40°C for E device.

T_{HIGH} = +125°C for C, D, F, H device.

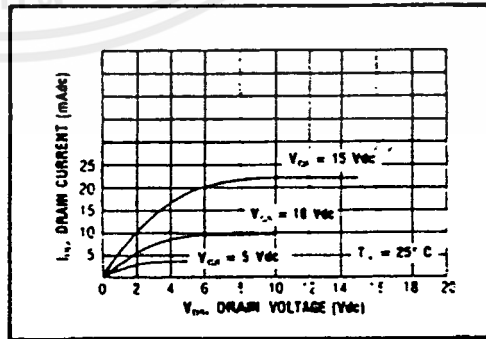
= +85°C for E device.

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

PARAMETER	V _{DD} (Vdc)	Min.	Typ.	Max.	Units
PROPAGATION DELAY TIME From Data Inputs	t _{PLH} , t _{PHL}	5	-	550	1100
		10	-	225	450
		15	-	150	300
From Inhibit Input		5	-	400	800
		10	-	150	300
		15	-	100	200
OUTPUT TRANSITION TIME	t _{TLH} , t _{THL}	5	-	130	260
		10	-	65	130
		15	-	50	100
MINIMUM DATA INPUT SETUP TIME	t _{setup}	5	-	125	250
		10	-	50	100
		15	-	40	80
MINIMUM STROBE PULSE WIDTH	PW _{ST}	5	-	175	350
		10	-	50	100
		15	-	40	80



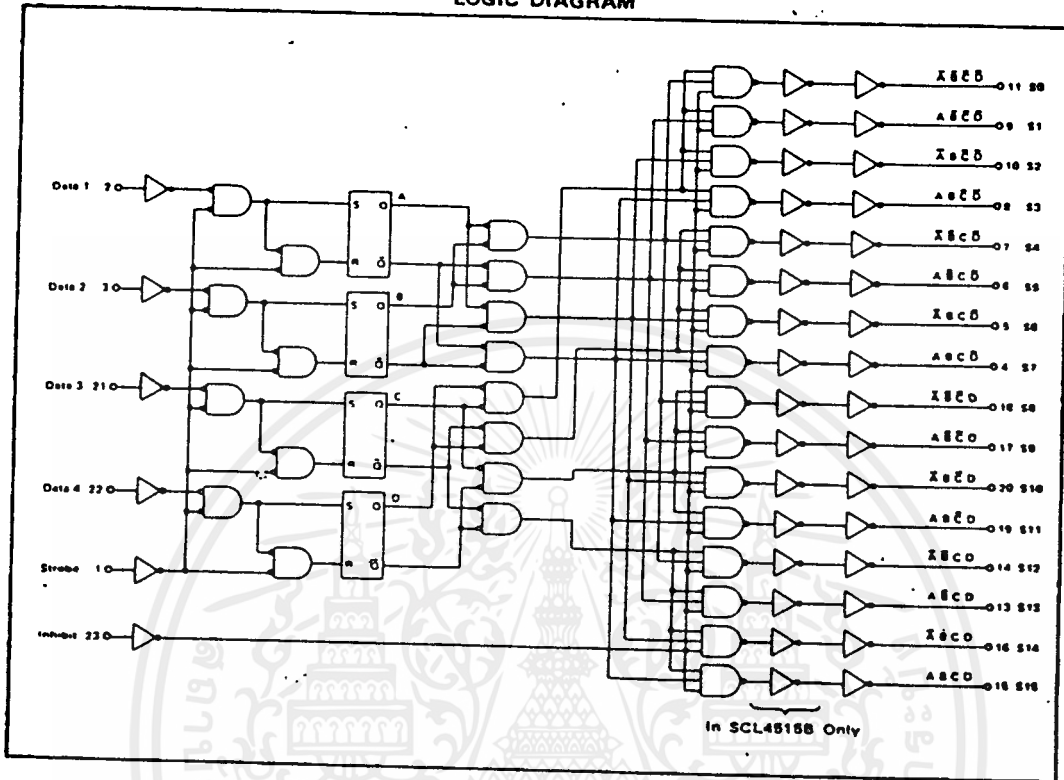
Typical P-Channel
Source Current Characteristics



Typical N-Channel
Sink Current Characteristics

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOGIC DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

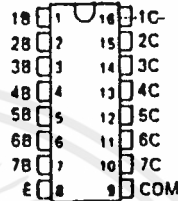
ULN2001A THRU ULN2005A DARLINGTON TRANSISTOR ARRAYS

D2624, DECEMBER 1976—REVISED SEPTEMBER 1986

HIGH-VOLTAGE HIGH-CURRENT DARLINGTON TRANSISTOR ARRAYS

- 500 mA Rated Collector Current (Single Output)
- High-Voltage Outputs . . . 50 V
- Output Clamp Diodes
- Inputs Compatible with Various Types of Logic
- Relay Driver Applications
- Designed to be Interchangeable with Sprague ULN2001A Series

D OR N PACKAGE
(TOP VIEW)

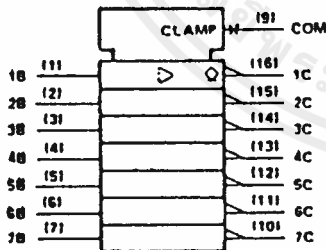


description

The ULN2001A, ULN2002A, ULN2003A, ULN2004A, and ULN2005A are monolithic high-voltage, high-current Darlington transistor arrays. Each consists of seven n-p-n Darlington pairs that feature high-voltage outputs with common-cathode clamp diodes for switching inductive loads. The collector-current rating of a single Darlington pair is 500 milliamperes. The Darlington pairs may be paralleled for higher current capability. Applications include relay drivers, hammer drivers, lamp drivers, display drivers (LED and gas discharge), line drivers, and logic buffers. For 100-volt (otherwise interchangeable) versions, see the SN75465 through SN75469.

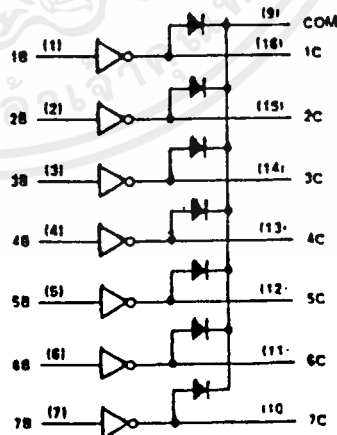
The ULN2001A is a general-purpose array and may be used with TTL, P-MOS, CMOS, and other MOS technologies. The ULN2002A is specifically designed for use with 14- to 25-volt P-MOS devices and each input has a zener diode and resistor in series to limit the input current to a safe limit. The ULN2003A has a 2700-ohm series base resistor for each Darlington pair for operation directly with TTL or 5-volt CMOS. The ULN2004A has a 10.5-kilohm series base resistor to allow its operation directly from CMOS or P-MOS that use supply voltages of 6 to 15 volts. The required input current is below that of the ULN2003A and the required voltage is less than that required by the ULN2002A. The ULN2005A has a 1050-ohm series base resistor and is especially designed for use with TTL where higher output current is required and loading of the driving source is not a concern.

logic symbol†



† This symbol is in accordance with ANSI EEE Std 91-1984 and IEC Publication E17-12.

logic diagram



PRODUCTOR DATA documents contain information current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

TEXAS
INSTRUMENTS

Copyright © 1984 Texas Instruments Incorporated

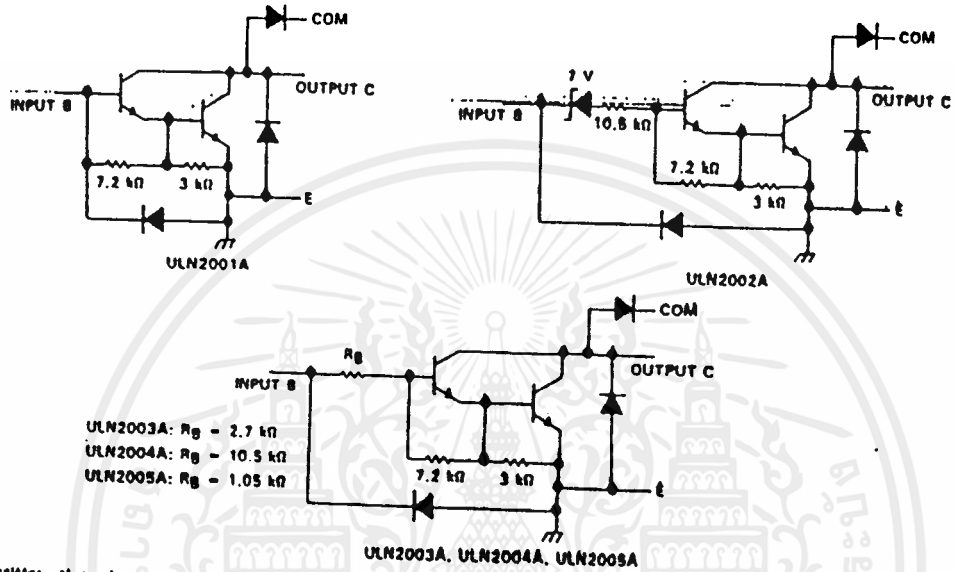
5-173

5
Peripheral Drivers/Actuators

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2001A THRU ULN2005A DARLINGTON TRANSISTOR ARRAYS

schematics (each Darlington pair)



All resistor values shown are nominal

absolute maximum ratings at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

Collector-emitter voltage	50 V
Input voltage (see Note 1): ULN2002A, ULN2003A, ULN2004A	30 V
ULN2005A	15 V
Peak collector current (see Figures 14 and 15)	500 mA
Output clamp diode current	500 mA
Total emitter-terminal current	2.5 A
Continuous dissipation (total package) at (or below) 25°C free-air temperature (see Note 2): D package	950 mW
N package	1650 mW
Operating free-air temperature range	-20°C to 85°C
Storage temperature range	-65°C to 150°C
Lead temperature 1.6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C

NOTES. 1 All voltage values are with respect to the emitter/substrate terminal, E, unless otherwise noted.
 2 For operation above 25°C free air temperature, derate the D package linearly at the rate of 7.6 mW/°C and derate the N package linearly at the rate of 13.2 mW/°C.

Peripheral Drivers/Actuators

TEXAS
INSTRUMENTS

POST OFFICE BOX 655012 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2001A THRU ULN2005A
DARLINGTON TRANSISTOR ARRAYS

electrical characteristics at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST FIGURE	TEST CONDITIONS	ULN2001A			ULN2002A			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
I_{CEX} Collector cutoff current	1	$V_{CE} = 50 \text{ V}, I_B = 0$			50			50	μA
	2	$V_{CE} = 50 \text{ V}, I_B = 0$ $T_A = 70^\circ\text{C}, V_I = 8 \text{ V}$			100			100	
I_{HOFF} Off-state input current	3	$V_{CE} = 50 \text{ V}, I_C = 500 \mu\text{A}$ $T_A = 70^\circ\text{C}$	50	65		50	65	μA	
I_I Input current	4	$V_I = 17 \text{ V}$						0.82	mA
h_{FE} Static forward current transfer ratio	5	$V_{CE} = 2 \text{ V}, I_C = 350 \text{ mA}$	1000						
$V_{I(ON)}$ On-state input voltage	6	$V_{CE} = 2 \text{ V}, I_C = 300 \text{ mA}$						13	V
$V_{CE(sat)}$ Collector-emitter saturation voltage	5	$I_B = 250 \mu\text{A}, I_C = 100 \text{ mA}$	0.9	1.1		0.9	1.1		V
		$I_B = 350 \mu\text{A}, I_C = 200 \text{ mA}$	1.0	1.3		1.0	1.3		
		$I_B = 500 \mu\text{A}, I_C = 350 \text{ mA}$	1.2	1.6		1.2	1.6		
I_R Clamp diode reverse current	7	$V_R = 50 \text{ V}$			50			50	μA
V_F Clamp diode forward voltage	8	$V_R = 50 \text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$ $I_F = 350 \text{ mA}$			100			100	V
C_i Input capacitance		$V_I = 0 \text{ V}, f = 1 \text{ MHz}$	1.7	2		1.7	2		pF

electrical characteristics at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST FIGURE	TEST CONDITIONS	ULN2003A			ULN2004A			UNIT
			MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
I_{CEX} Collector cutoff current	1	$V_{CE} = 50 \text{ V}, I_B = 0$			50			50	μA
	2	$V_{CE} = 50 \text{ V}, I_B = 0$ $T_A = 70^\circ\text{C}, V_I = 1 \text{ V}$			100			100	
I_{HOFF} Off state input current	3	$V_{CE} = 50 \text{ V}, I_C = 500 \mu\text{A}$ $T_A = 70^\circ\text{C}$	50	65		50	65	μA	
I_I Input current	4	$V_I = 3.85 \text{ V}$			0.93	1.35			mA
		$V_I = 5 \text{ V}$						0.35	
		$V_I = 12 \text{ V}$						1.45	
$V_{I(ON)}$ On-state input voltage	6	$V_{CE} = 2 \text{ V}$	$I_C = 125 \text{ mA}$					5	V
			$I_C = 200 \text{ mA}$			2.4		6	
			$I_C = 250 \text{ mA}$			2.7			
			$I_C = 275 \text{ mA}$					7	
			$I_C = 300 \text{ mA}$			3			
$V_{CE(sat)}$ Collector-emitter saturation voltage	5	$I_B = 250 \mu\text{A}, I_C = 100 \text{ mA}$	0.9	1.1		0.9	1.1	V	
		$I_B = 350 \mu\text{A}, I_C = 200 \text{ mA}$	1.0	1.3		1.0	1.3		
		$I_B = 500 \mu\text{A}, I_C = 350 \text{ mA}$	1.2	1.6		1.2	1.6		
I_R Clamp diode reverse current	7	$V_R = 50 \text{ V}$			50			50	μA
V_F Clamp diode forward voltage	8	$V_R = 50 \text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$ $I_F = 350 \text{ mA}$			100			100	V
C_i Input capacitance		$V_I = 0 \text{ V}, f = 1 \text{ MHz}$	1.7	2		1.7	2		pF

5

Peripheral Drivers/Actuators



TEXAS INSTRUMENTS
DALLAS, TEXAS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ULN2001A THRU ULN2005A
DARLINGTON TRANSISTOR ARRAYS**

electrical characteristics at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

PARAMETER	TEST FIGURE	TEST CONDITIONS	ULN2005A			UNIT
			MIN	TYP	MAX	
I_{Cex} Collector cutoff current	1	$V_{CE} = 50\text{ V}, I_b = 0$			50	μA
I_{Heff} Off-state input current	3	$V_{CE} = 50\text{ V}, I_b = 0, T_A = 70^\circ\text{C}$			100	μA
I_i Input current	4	$V_i = 3\text{ V}$	50	65		μA
$V_{H(ol)}$ On-state input voltage	6	$V_{CE} = 2\text{ V}, I_C = 350\text{ mA}$		1.5	2.4	V
$V_{CE(sat)}$ Collector-emitter saturation voltage	5	$I_b = 250\text{ }\mu\text{A}, I_C = 100\text{ mA}$	0.9	1.1		V
		$I_b = 350\text{ }\mu\text{A}, I_C = 200\text{ mA}$	1.0	1.3		
		$I_b = 500\text{ }\mu\text{A}, I_C = 350\text{ mA}$	1.2	1.8		
I_R Clamp diode reverse current	7	$V_R = 50\text{ V}$			50	μA
		$V_R = 50\text{ V}, T_A = 70^\circ\text{C}$			100	
V_F Clamp diode forward voltage	8	$I_F = 350\text{ mA}$	1.7	2		V
C_i Input capacitance		$V_i = 0\text{ V}, f = 1\text{ MHz}$	15	25		pF

switching characteristics at 25°C free-air temperature

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH} Propagation delay time, low-to-high-level output	See Figure 9	0.25	1	1	μs
t_{PLL} Propagation delay time, high-to-low-level output					
V_{OH} High-level output voltage after switching	$V_S = 50\text{ V}, I_O = 300\text{ mA}$ See Figure 10	$V_S - 20$			V

9

Peripheral Drivers/Actuators



TEXAS INSTRUMENTS
DALLAS, TEXAS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2001A THRU ULN2005A
DARLINGTON TRANSISTOR ARRAYS

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

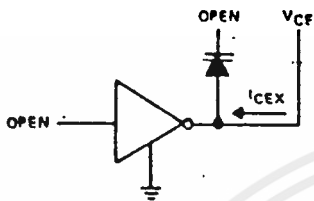


FIGURE 1. I_{CEX}

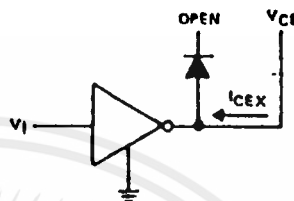


FIGURE 2. I_{CEX}

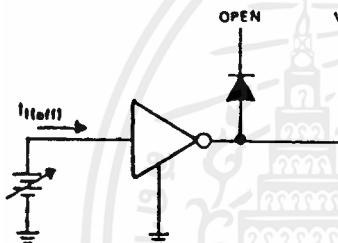


FIGURE 3. $I_I(off)$

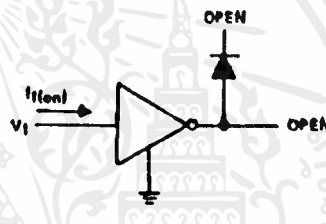


FIGURE 4. I_I

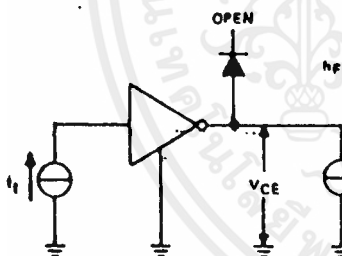


FIGURE 5. h_{FE} , $V_{CE(sat)}$

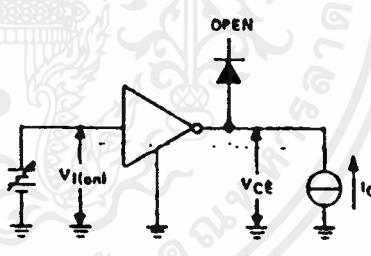


FIGURE 6. $V_I(on)$

NOTE: I_I is fixed for measuring $V_{CE(sat)}$; variable for measuring h_{FE} .

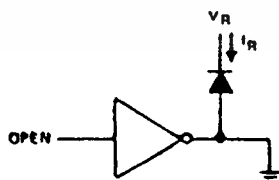


FIGURE 7. I_R

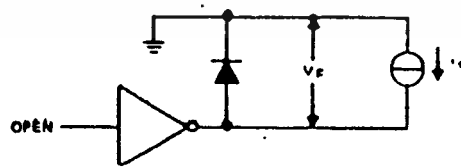
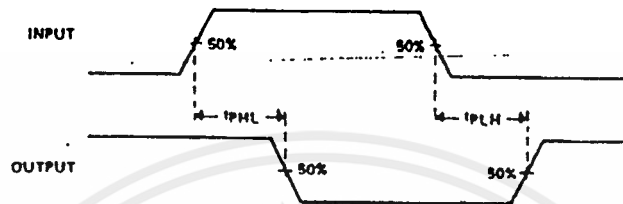


FIGURE 8. V_F

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

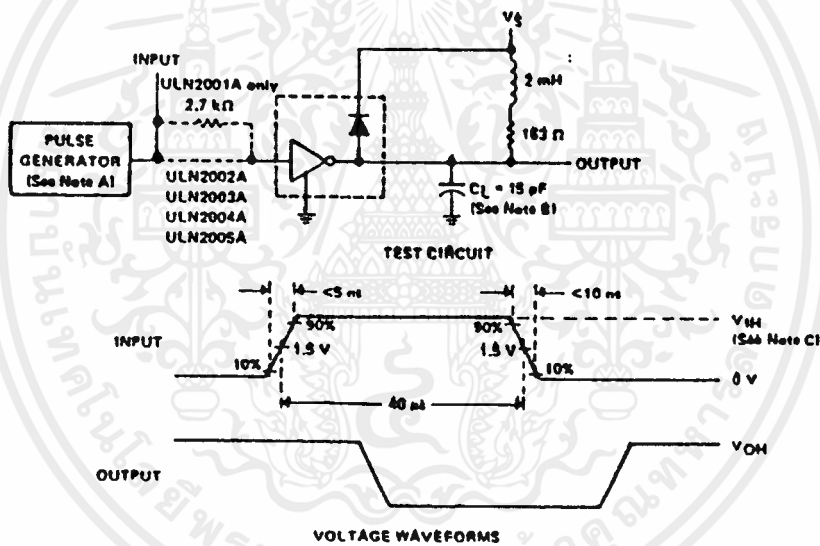
**ULN2001A THRU ULN2005A
DARLINGTON TRANSISTOR ARRAYS**

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION



VOLTAGE WAVEFORMS

FIGURE 9. PROPAGATION DELAY TIMES



VOLTAGE WAVEFORMS

- NOTES:**
- A The pulse generator has the following characteristics: PRR = 12.5 kHz, $Z_{out} = 50 \Omega$
 - B C_L includes probe and jig capacitance.
 - C For testing the ULN2001A, ULN2003A, and the ULN2005A, $V_{IH} = 3 V$; for the ULN2002A, $V_{IH} = 13 V$; for the ULN2004A, $V_{IH} = 8 V$

FIGURE 10. LATCH-UP TEST

5 Peripheral Drivers/Actuators

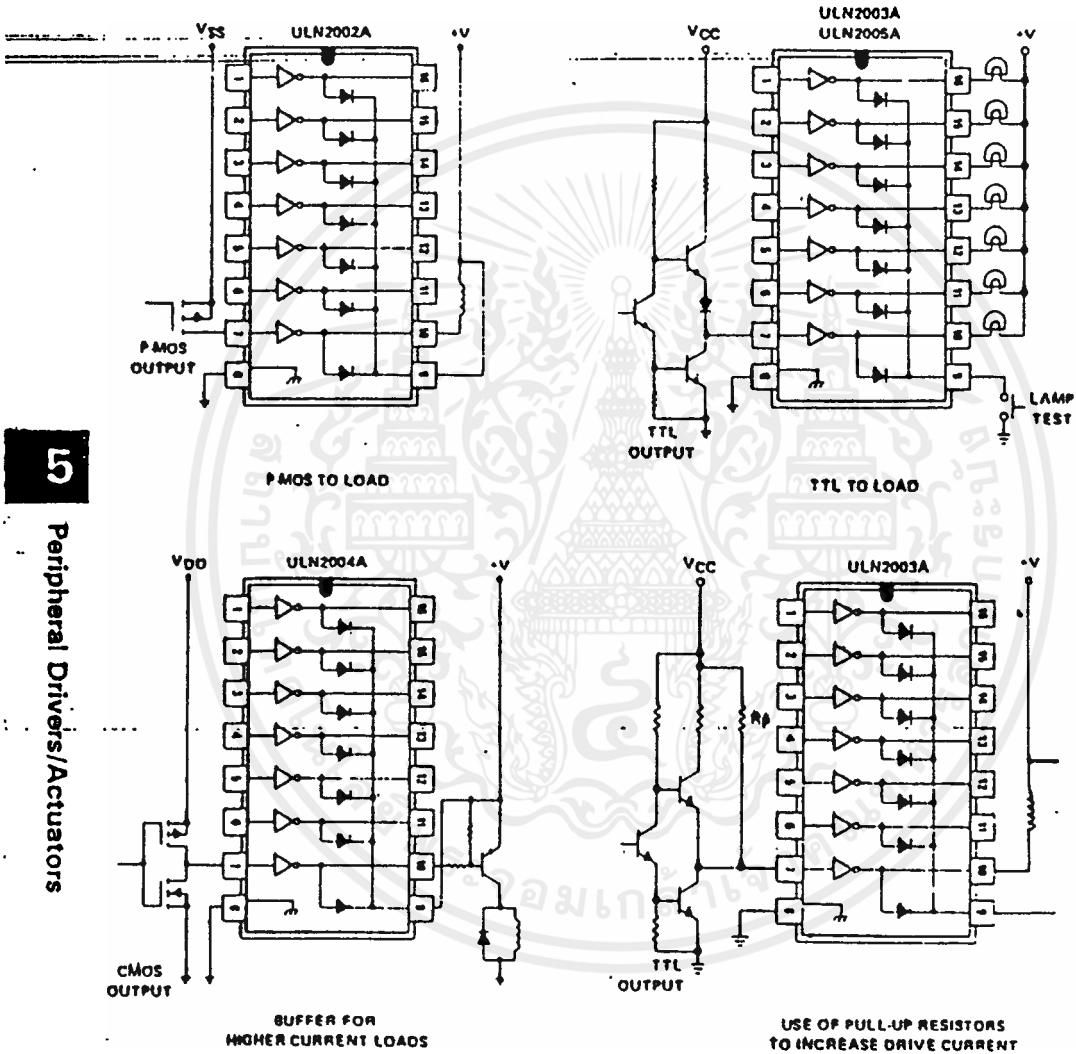


POST OFFICE BOX 455012 • DALLAS, TEXAS 75245

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใด ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ULN2001A THRU ULN2005A
DARLINGTON TRANSISTOR ARRAYS**

TYPICAL APPLICATION DATA



15

Peripheral Drivers/Actuators

**TEXAS
INSTRUMENTS**

POST OFFICE BOX 655412 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ULN2001A THRU ULN2005A
DARLINGTON TRANSISTOR ARRAYS

TYPICAL CHARACTERISTICS

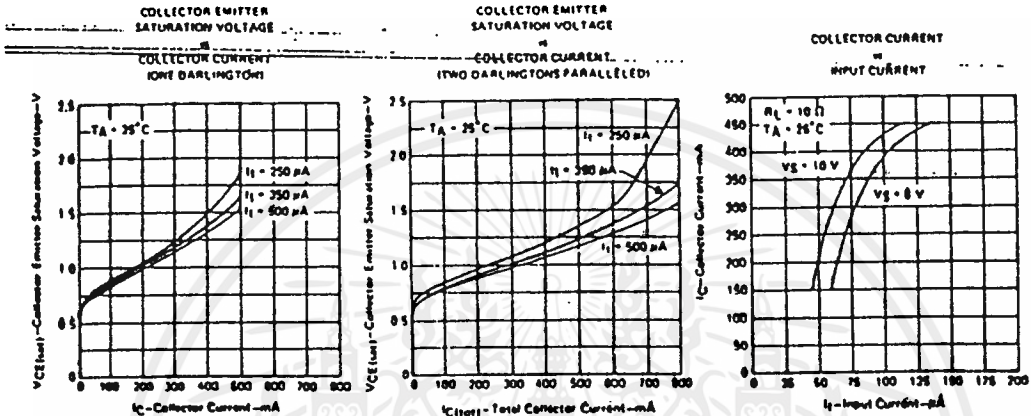


FIGURE 11

FIGURE 12

FIGURE 13

THERMAL INFORMATION

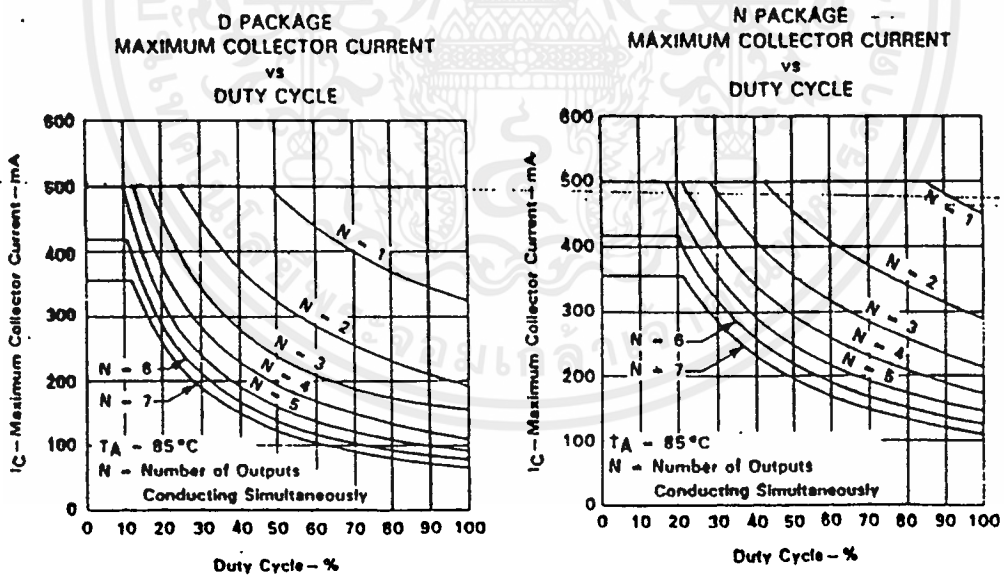


FIGURE 14

FIGURE 15

5
Peripheral Drivers/Actuators

TEXAS
INSTRUMENTS

7525 DALLAS ROAD • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้