บทที่ 2

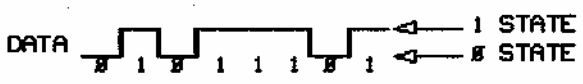
การเข้ารหัสสายสัญญาณ (LINE CODING)

วัตถุประสงค์

เมื่อจบบทนี้ เราสามารถอธิบายการเข้ารหัสและการถอดรหัสโดยใช้ชุดทดลองการเข้ารหัส จากชุดทดลองการสื่อสารดิจิตอล 2

หลักการเบื้องต้น

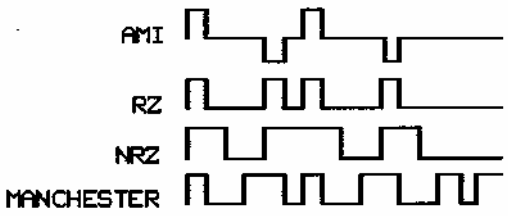
ในการส่งข้อมูลแบนด์มูลฐาน (baseband) สัญญาณข่าวสารซึ่งมีข้อมูลบรรจุอยู่จะถูกส่งผ่านช่องสัญญาณโดยตรง



ข้อมูลฐานสองมักจะถูกเข้ารหัสเป็นลำดับของพัลส์

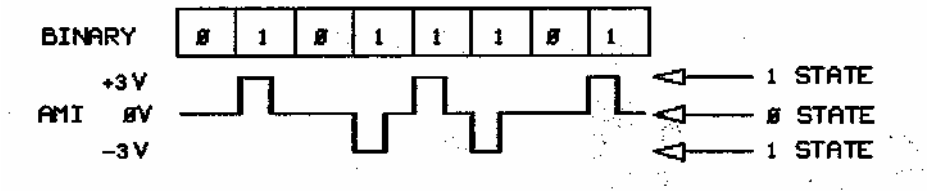
ในวงจรดิจิตอลภายในคอมพิวเตอร์มักจะใช้ +5 V สำหรับสถานะเป็น1 (mark) และ 0 V (space) สำหรับสถานะเป็น 0

เมื่อการสื่อสารข้อมูลให้ความสำคัญกับการส่งข้อมูลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ข้อมูลจึงถูกเข้ารหัส



การเข้ารหัสสายสัญญาณมีหลายชนิดที่ใช้กัน เช่น AMI, RZ NRZ และ MANCHESTER

รหัสสายสัญญาณแต่ละชนิดจะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป ระหว่าง การตอบสนองทางความถี่ , แบนด์วิดท์, สัญญาณนาฬิกา และ สัญญาณไฟตรง

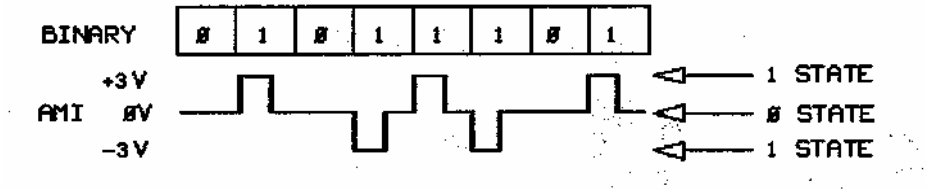


Help 2-1

รหัสสายสัญญาณซึ่งใช้ในระบบการส่งสัญญาณดิจิตอล T1 เรียกว่า alternate mark inversion หรือ AMI

mark หรือ 1 จะถูกแทนด้วยพัลส์บวกหรือพัลส์ลบที่สมมาตรกับแกน 0 V

สังเกตว่าพัลส์ของ mark ที่ถูกเปลี่ยนให้เป็นตรงข้ามและมีค่าเป็น +3 V หรือ –3 V



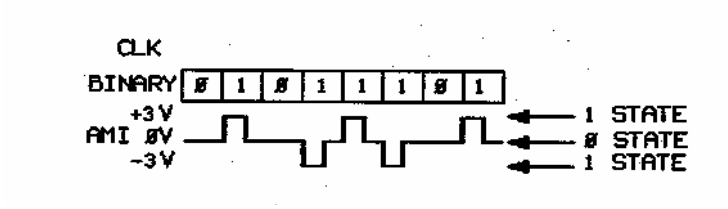
1. space หรือ 0 ใช้แทนอะไร?
   ก. พัลส์บวก
   ข. ไม่มีพัลส์
   ค. พัลส์ลบ

สัญญาณที่เข้ารหัสแล้วไม่สามารถส่งข้อมูลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่งได้ถ้าไม่มีการซิงโครไนซ์ระหว่างด้านส่งและด้านรับ

ในระบบที่มีการซิงโครไนซ์ สัญญาณนาฬิกาของเครื่องรับและเครื่องส่งจะต้องซิงโครไนซ์กัน

ในทางปฏิบัติ เครื่องส่งสามารถส่งสัญญาณนาฬิกาโดยใช้สายอีกเส้นที่แยกออกมา

การเข้ารหัสสายสัญญาณหลายชนิดมีสัญญาณนาฬิกาบางส่วนหรือสัญญาณนาฬิกาทั้งหมดรวมอยู่ด้วย ทำให้เครื่องรับสามารถแยกข้อมูลสัญญาณนาฬิกาออกจากสัญญาณที่ส่งมา

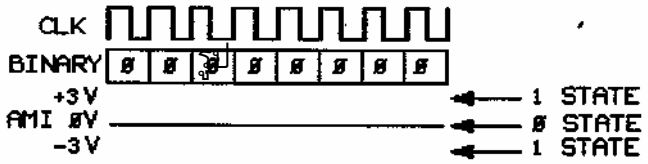


ข้อมูลสัญญาณนาฬิกาที่ถูกแยกออกจากสัญญาณที่เข้ารหัสมักจะขึ้นอยู่กับข้อมูลของข่าวสารที่ส่งมา

2. ในสัญญาณ AMI ข้อมูลสัญญาณนาฬิกาจะเกิดเมื่อ

   ก. 1 ถูกส่ง

   ข. 0 ถูกส่ง



การเข้ารหัสสายสัญญาณชนิดพิเศษจะถูกใช้กับสัญญาณ AMI เพื่อที่จะให้ได้สัญญาณนาฬิกากลับมาอย่างถูกต้องเมื่อข้อมูล 0 ถูกส่งมาติดกันเป็นแถวยาว

ในระบบ Binary 8-Zero Substitution (B8ZS) ศูนย์ที่ติดกันจำนวน 8 ตัว จะถูกตรวจจับที่เครื่องส่งและถูกแทนที่ด้วยรหัสที่มี 1

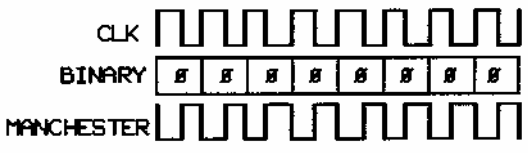
ที่เครื่องรับ รหัสจะถูกแปลงกลับเป็นสัญญาณนาฬิกา และเปลี่ยนกลับเป็นรหัสของเลข 0 จำนวน 8 ตัวเหมือนเดิม

3. เครื่องรับสามารถจำรูปแบบของการแทนที่แบบพิเศษได้อย่างไร?

   ก. จำนวนของพัลส์บวก

   ข. จำนวนของพัลส์ลบ

   ค. ลำดับของขั้วของพัลส์



4. ข้อมูลสัญญาณนาฬิกาที่อยู่ในสัญญาณที่เข้ารหัส Manchester ขึ้นอยู่กับข้อมูลของข่าวสารที่ถูกส่งออกไปใช่หรือไม่?
   ก. ใช่
   ข. ไม่ใช่

ความหมายของศัพท์

Baseband data transmission	- การส่งข้อมูลโดยไม่ได้มีการมอดูเลท
Baud	- หน่วยวัดความเร็วในการส่งข้อมูล
Data	- ข้อมูล (1 และ 0)
Data speed (bps)	- ความเร็วในการส่งข้อมูล
Decode	- ถอดรหัส
Encode	- เข้ารหัส
Frequency spectrum	- องค์ประกอบทางความถี่
Line coding	- เทคนิคการเข้ารหัสที่ใช้ในการส่งข้อมูล
Polar signals	- ขั้วของสัญญาณบวกหรือลบโดยเทียบกับศูนย์
Unipolar signals	- สัญญาณที่มีเพียงขั้วเดียว (บวกหรือลบ) โดยเทียบกับศูนย์
Ternary signal	- ระดับของสัญญาณมี 3 ระดับ mark ใช้แทนทั้ง บวกและลบ space ใช้แทน กรณีไม่มีลูกพัลส์

เครื่องมือที่ต้องการ

F.A.C.E.T Base Unit
ชุดทดลองการสื่อสารดิจิตอล 2
ภาคจ่ายไฟ, 15 Vdc ใช้จำนวน 2 ชุด
ออสซิลโลสโคปที่มี 2 ช่อง
เครื่องกำเนิดสัญญาณรูปไซน์

วัตถุประสงค์ของแบบฝึกหัด

เมื่อจบแบบฝึกหัดนี้ เราจะสามารถอธิบายการเข้ารหัส 3 วิธี ที่ใช้ในการสื่อสารดิจิตอล รวมทั้งข้อดีของแต่ละวิธี

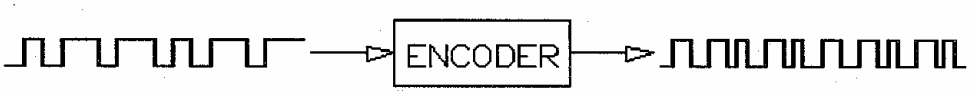
ข้อศึกษา

ในการส่งแบนด์มูลฐาน สัญญาณข่าวสาร (ข้อมูล) ถูกส่งโดยตรงผ่านช่องสัญญาณโดยไม่ได้ใช้สัญญาณพาหะ

เมื่อส่งข้อมูลในแบนด์มูลฐาน คุณลักษณะของสัญญาณข่าวสารจะต้องเข้ากันกับช่องสัญญาณ คุณลักษณะของสัญญาณประกอบด้วย

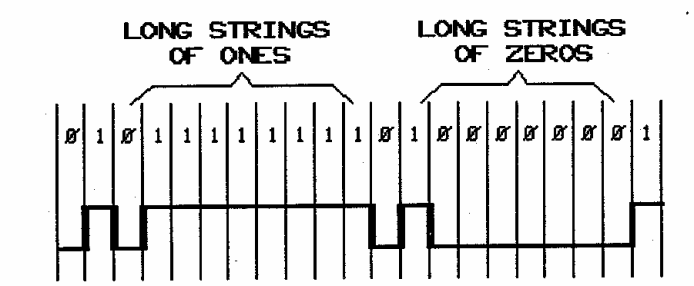
- ข้อมูลของเวลา
- สัญญาณไฟตรงซึ่งเกิดมาจากข้อมูล 1 หรือ 0 ติดกันเป็นแถวยาว
- องค์ประกอบทางความถี่

ถ้าสัญญาณเข้ากันไม่ได้กับช่องสัญญาณอาจทำให้การส่งผิดพลาดได้ ดังนั้นเพื่อให้การส่งได้ผลดีที่สุดจึงต้องมีการเข้ารหัสข้อมูล



การเข้ารหัสข้อมูลจะเปลี่ยนลักษณะของข้อมูลที่ปรากฏบนช่องสัญญาณ

เทคนิคการเข้ารหัสสัญญาณแต่ละชนิดจะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันไป ระหว่าง การตอบสนองทางความถี่, แบนด์วิดท์, สัญญาณนาฬิกา และ สัญญาณไฟตรง



1. ถ้าการเข้ารหัสข้อมูลแบบหนึ่งไม่มีการเปลี่ยนระดับของพัลส์เมื่อมีข้อมูลของ 1 หรือ 0 ติดกันเป็นแถวยาว ถามว่าการเข้ารหัสแบบนี้มีข้อมูลของสัญญาณนาฬิกาอยู่ด้วย ใช่หรือไม่ ?
   ก. ใช่
   ข. ไม่ใช่

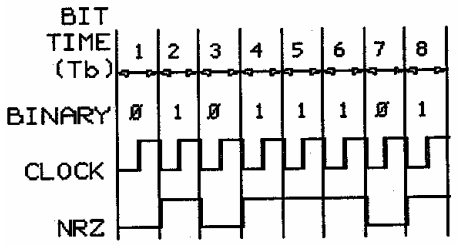
การเข้ารหัสข้อมูล 3 แบบที่เราจะทดสอบมีดังนี้

- non-return-to-zero (NRZ)
- return-to-zero (RZ)
- Manchester (MAN)

การเข้ารหัสแต่และแบบจะแตกต่างกันที่วิธีการแทนค่า 1 หรือ 0 ในช่วงเวลาของ bit time ที่กำหนดให้

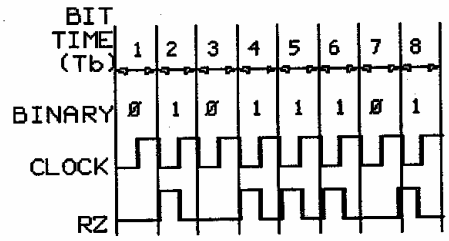
ในการเข้ารหัสแบบ NRZ, ข้อมูลจะถูกแทนด้วยระดับสัญญาณ ซึ่งมีค่าคงที่ตลอดช่วงเวลาของ bit time ที่กำหนดให้

ระดับสัญญาณที่เป็นบวกของ NRZ จะไม่กลับไปเป็นศูนย์ในช่วงเวลาของ bit time ที่กำหนดให้



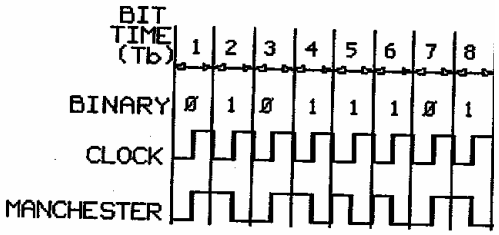
ในการเข้ารหัสแบบ RZ, ข้อมูลจะถูกแทนด้วยระดับสัญญาณในช่วงครึ่งแรกของ bit time เท่านั้น

ในช่วงครึ่งหลังของ bit time, ระดับสัญญาณจะมีค่าเป็นศูนย์เสมอ

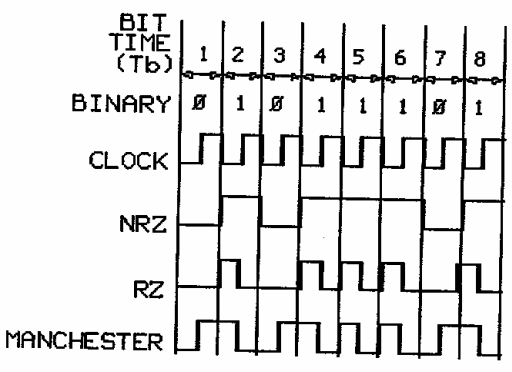


ในการเข้ารหัสแบบ Manchester, ข้อมูลจะถูกแทนด้วยระดับสัญญาณในช่วงครึ่งแรกของ bit time เท่านั้น

ในช่วงครึ่งหลังของ bit time, ระดับสัญญาณจะมีค่าตรงข้ามกับครึ่งแรกเสมอ



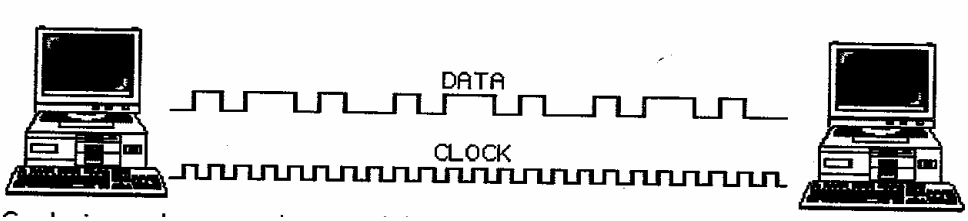
2. การเข้ารหัสแบบใดที่ระดับสัญญาณมีค่าคงที่ตลอดช่วงเวลาของ bit time
   ก. สัญญาณนาฬิกา
   ข. Manchester
   ค. RZ
   ง. NRZ



คุณลักษณะ 3 ข้อที่ใช้ในการเลือกเทคนิคการเข้ารหัส คือ

- ข้อมูลของเวลา
- องค์ประกอบทางความถี่
- ความสามารถในการส่งข้อมูลของ 1 และ 0 ที่ติดกันเป็นแถวยาว

คุณลักษณะเหล่านี้ถูกเลือกเพื่อให้แน่ใจว่าสัญญาณที่เข้ารหัสจะเข้ากันได้กับช่องสัญญาณและมีการซิงโครไนซ์ที่เหมาะสมระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ



การเข้ารหัสบางชนิดจะรวมสัญญาณนาฬิกาส่งไปกับสัญญาณข้อมูล ในขณะการเข้ารหัสบางชนิดจะแยกส่งสัญญาณนาฬิกาไปต่างหาก

เมื่อมีการมีการเปลี่ยนระดับสัญญาณในแต่ละ bit time, เครื่องรับสามารถใช้ช่วงเวลาที่มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณสร้างสัญญาณนาฬิกาขึ้นใหม่

สัญญาณที่ไม่มีการเปลี่ยนระดับในทุกๆ bit time จะมีข้อมูลสัญญาณนาฬิกาไม่เพียงพอ ดังนั้นจึงต้องส่งสัญญาณนาฬิกาแยกต่างหาก

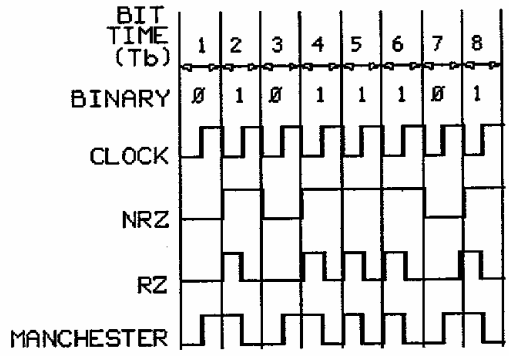
3. การเข้ารหัสสายสัญญาณแบบใดที่มีข้อมูลสัญญาณนาฬิกาเพียงพอโดยที่มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณในแต่ละ bit time

   ก. RZ

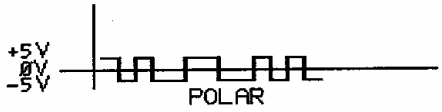
   ข. NRZ

   ค. MANCHESTER

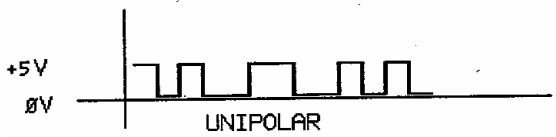
   ง. ถูกทุกข้อ

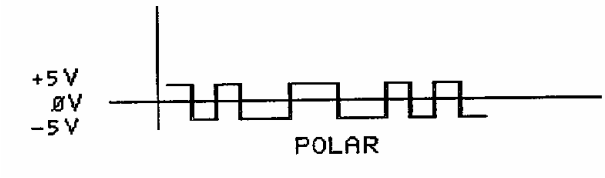


สัญญาณไบนารี 2 แบบที่เราจะศึกษา คือ แบบ unipolar และแบบ polar



สัญญาณ unipolar เปลี่ยนแปลงระหว่าง 2 สถานะคือ 0V (จุดอ้างอิง) และค่าบวกซึ่งโดยปกติจะเป็น +5V สาเหตุที่เรียกว่า unipolar เพราะมันไม่สมมาตรกับเส้นอ้างอิง (0V)

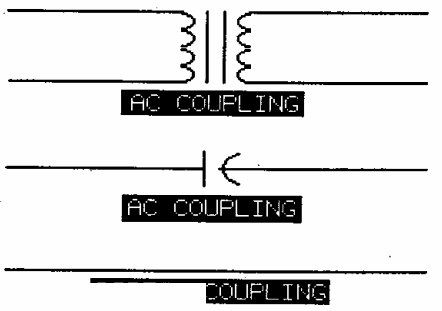




ระดับอ้างอิงของ polar signal (0V) อยู่ที่จุดกึ่งกลางของระดับสัญญาณ

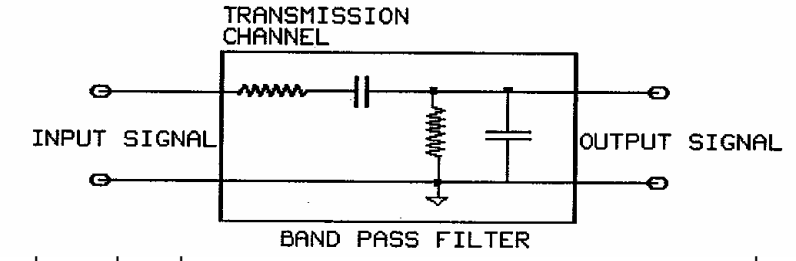
จากรูป, polar signal เปลี่ยนแปลงระหว่าง 2 สถานะ คือ ค่าบวก (+5V) และค่าลบ (-5V)

การเชื่อมต่อไปยังช่องสัญญาณการสื่อสารสามารถใช้การเชื่อมต่อแบบ ac coupling หรือ direct coupling

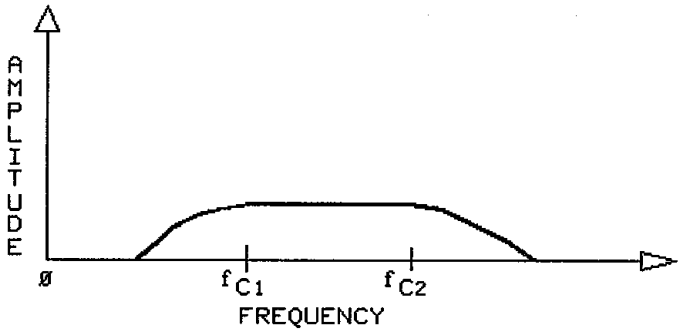


ในการเชื่อมต่อแบบ ac coupling, แรงดันไฟตรงจะถูกกั้นไว้และสัญญาณความถี่ต่ำจะถูกลดทอนลง

การจำกัดย่านความถี่สูงมีอยู่ในช่องสัญญาณการสื่อสารทุกชนิด

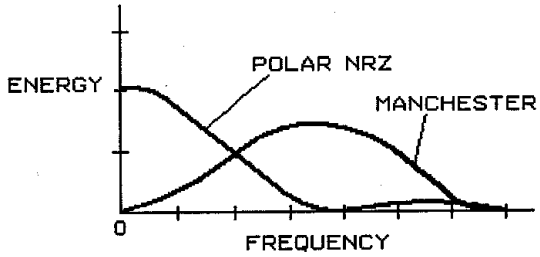


ช่องสัญญาณการสื่อสารที่ถูกเชื่อมต่อแบบ ac coupling มีคุณลักษณะทางความถี่แบบวงจรกรองความถี่แถบผ่าน (bandpass filter)



เนื่องจาก bandpass filter จะยอมให้ความถี่ที่อยู่ในช่วงจุดตัด (f_{c1} ถึง f_{c2}) ผ่านไปได้ ส่วนสัญญาณในช่วงความถี่อื่นจะถูกลดทอนลง

4. ความถี่ที่ต่ำกว่า f_{c1} สามารถผ่านได้หรือไม่
   ก. ได้
   ข. ไม่ได้



รูปด้านบนแสดงพลังงานที่อยู่ในการเข้ารหัสสองแบบ

Polar NRZ มีข้อเสียตรงที่พลังงานส่วนใหญ่อยู่ใกล้ความถี่ศูนย์ (dc)

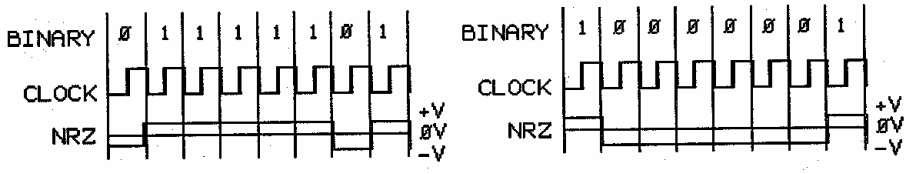
5. การที่มีพลังงานส่วนใหญ่อยู่ใกล้ dc หมายความว่า สัญญาณ NRZ ไม่เหมาะกับการส่งไปในช่องสัญญาณแบบ ac coupling จริงหรือไม่

   ก. จริง

   ข. ไม่จริง

การเข้ารหัสแบบ Manchester จะเลื่อนพลังงานไปยังความถี่ที่สูงขึ้น ดังนั้น การเข้ารหัสแบบ Manchester จึงเหมาะกับการส่งไปในช่องสัญญาณแบบ ac coupling

คุณลักษณะของการเข้ารหัสแบบ Manchester ที่ได้มาต้องแลกกับการเพิ่ม bandwidth ซึ่งการเพิ่ม bandwidth นี้อาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดได้ถ้าช่องสัญญาณแบบ bandpass ถูกจำกัด

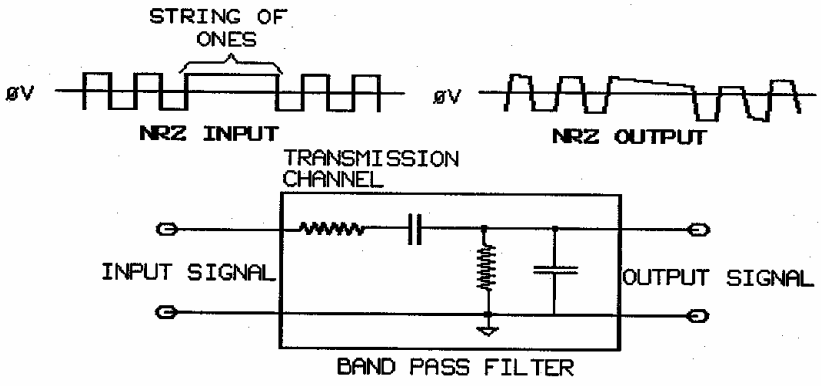


โดยทั่วไป การส่งข้อมูลจะประกอบด้วย 1 และ 0 เป็นจำนวนที่เท่าๆ กัน แต่บางทีอาจมี 1 ติดกันเป็นแถวยาว หรือ มี 0 ติดกันเป็นแถวยาว

ในการเข้ารหัสแบบ NRZ, สัญญาณจะไม่มีการเปลี่ยนระดับเมื่อมีข้อมูล 1 หรือ 0 อยู่ติดกันเป็นแถวยาว ทำให้เกิดองค์ประกอบที่เป็น dc

1 ที่อยู่ติดกันเป็นแถวยาวจะเพิ่มองค์ประกอบ dc ที่เป็นบวกของสัญญาณ NRZ

0 ที่อยู่ติดกันเป็นแถวยาวจะเพิ่มองค์ประกอบ dc ที่เป็นลบของสัญญาณ NRZ

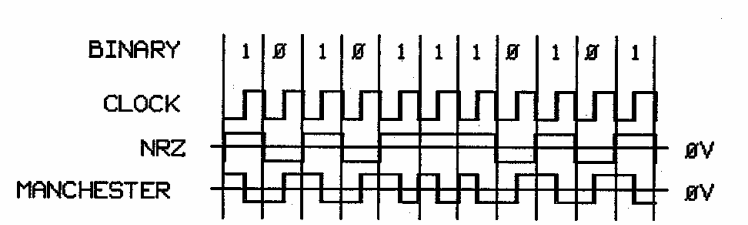


ช่องสัญญาณแบบ ac coupling ที่จำกัดความถี่สูง จะเปลี่ยนรูปร่างของพัลส์ข้อมูล

ยิ่งไปกว่านั้น, 1 หรือ 0 ที่อยู่ติดกันเป็นแถวยาวจะทำให้รูปร่างของพัลส์ผิดเพี้ยนไป เป็นผลให้เกิดความผิดพลาดในวงจรแปลงกลับ

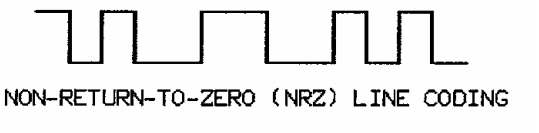
สำหรับการเข้ารหัสแบบ Manchester, 1 หรือ 0 ที่อยู่ติดกันเป็นแถวยาวจะถูกเปลี่ยนเป็นระดับสัญญาณที่เปลี่ยนแปลง

ระดับสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงจะป้องกันการก่อตัวขององค์ประกอบ dc



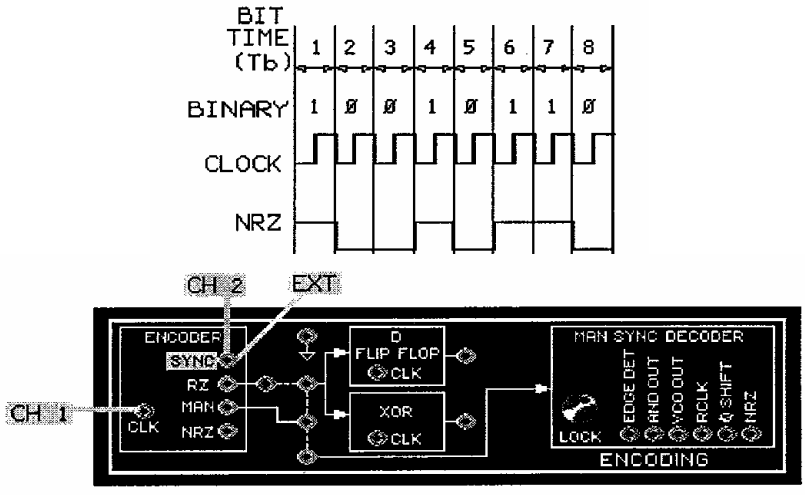
6. ระดับสัญญาณที่มีการเปลี่ยนแปลงของรหัส Manchester จะป้องกันการก่อตัวขององค์ประกอบ dc เพราะว่ามีแรงดันบวกและลบอยู่ในแต่ละ bit time จริงหรือไม่?
   ก. จริง
   ข. ไม่จริง

ขั้นตอน A



ในขั้นตอนนี้เราจะใช้ออสซิลโลสโคปสังเกตดูคุณลักษณะของการเข้ารหัสแบบ NRZ

ลักษณะเด่นของการเข้ารหัสแบบ NRZ คือ สัญญาณจะเป็น high หรือ low ตลอด bit time

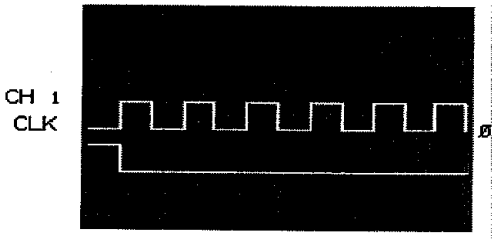


1. ในบล็อกวงจร ENCODER, ต่อโพรบ CH 1 ที่ CLK และต่อโพรบ CH 2 ที่ SYNC
2. ต่อโพรบ EXT ที่ SYNC เพื่อ synchronize สัญญาณ
3. ต่อ Ground ของสโคป ไปที่ GND ของชุดวงจร

หมายเหตุ เมื่อมีการวัดสัญญาณของสโคป ให้ต่อ Ground ของโพรบเข้าที่ GND ที่ใกล้ที่สุด

4. ตั้งค่า V/DIV ของ CH 1 และ 2 ของสโคป ไปที่ 5 V/DIV และตั้งค่า sweep เป็น 0.5 ms/DIV โดย TRIGGER ที่ค่าบวกของ EXT

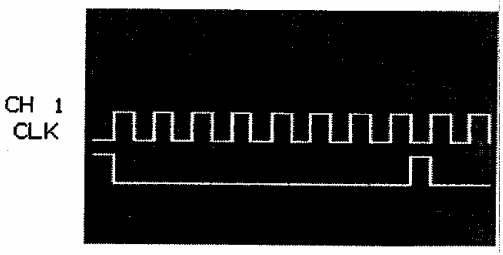
5. ปรับสโคปให้ได้รูปสัญญาณดังภาพ



6. ที่ CH 1 ให้วัดคาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา

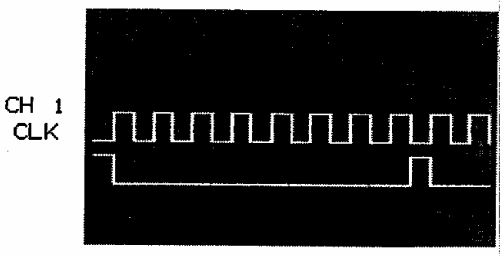
   T = ... ms

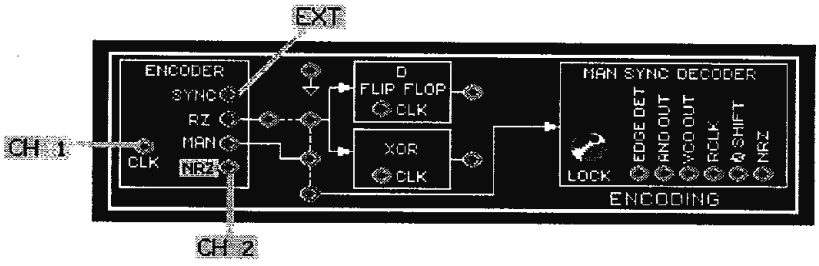
7. ปรับค่า TIME/DIV ให้ 1 คาบเวลาของสัญญาณ sync เท่ากับ 8 ช่อง การปรับค่าเช่นนี้ทำให้แต่ละ bit time มีค่าเท่ากับ 1 ช่อง



8. มีสัญญาณนาฬิกาอยู่กี่ลูกระหว่างสัญญาณ SYNC สองลูก

   CYCLES = ...





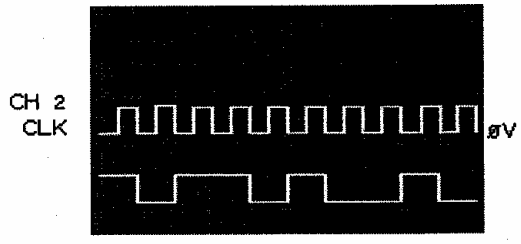
9. ย้ายโพรบ CH2 ไปที่ตำแหน่ง NRZ โดยยังไม่มีการเปลี่ยนแปลงการปรับตั้งสโคป

10. สัญญาณนาฬิกา 1 ลูกจะแทนจำนวน 1 bit time, ถามว่า สัญญาณที่ CH 2 ใช้แทนข้อมูลอะไรที่เป็นเลขฐานสองจำนวน 8 บิต

    ก. 0011 0101

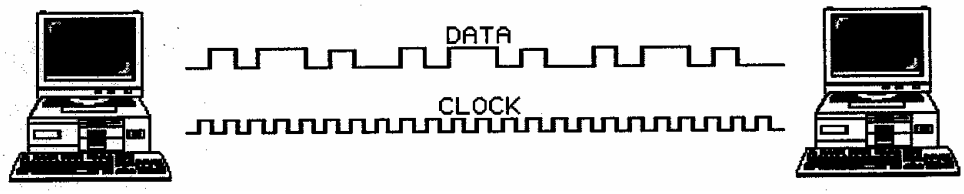
    ข. 1011 0100

    ค. 1000 1011



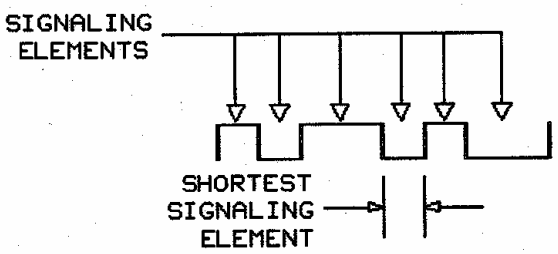
11. การเข้ารหัสแต่ละชนิดสามารถแยกแยะได้โดยดูที่ค่า High หรือ Low ในแต่ละ bit time
12. จากการสังเกตสัญญาณ NRZ, สัญญาณจะคงสภาพเป็น High หรือ Low ตลอด bit time ใช่หรือไม่?

    ก. ใช่ ข. ไม่ใช่



ระดับสัญญาณของการเข้ารหัส NRZ มีค่าคงที่ตลอด bit time และไม่มีข้อมูลของสัญญาณนาฬิกา ซึ่งหมายความว่าเราจำเป็นต้องส่งสัญญาณนาฬิกาแยกไปต่างหาก

ข้อมูลเวลา (ข้อมูลของสัญญาณนาฬิกา) เป็นคุณลักษณะที่สำคัญของการเข้ารหัสสัญญาณ และคุณลักษณะที่สำคัญอีกประการหนึ่งก็คือ อัตราการส่งข้อมูล



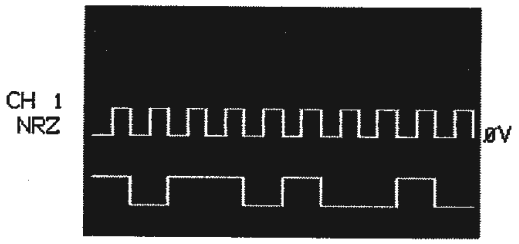
13. Baud rate หรือ อัตราการส่งข้อมูล คือส่วนกลับของช่วงเวลาที่สั้นที่สุดของ signaling element

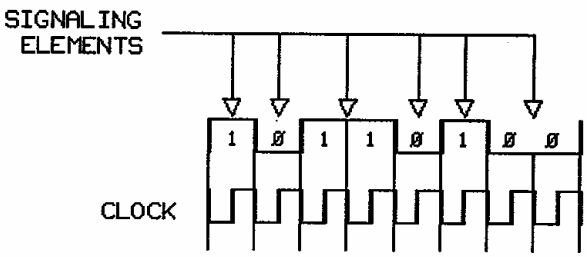
    Baud rate = 1/ ช่วงเวลาที่สั้นที่สุดของ signaling element

14. baud rate ของ NRZ (ช่อง 2) คือเท่าไร

    baud rate = 1/ ช่วงเวลาที่สั้นที่สุดของ signaling element

    = ... baud

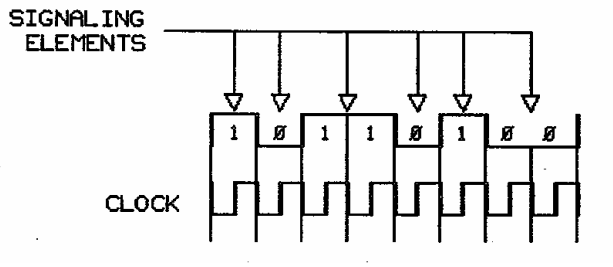




15. ความเร็วของการส่งข้อมูลจะหาได้จากจำนวนบิต (0 หรือ 1) ที่ถูกส่งภายใน 1 วินาที

Binary data bauds และ bits per second (bps) จะมีค่าเท่ากันหรือต่างกันก็ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของการเข้ารหัสและ signaling element

จากการสังเกตสัญญาณนาฬิกา (CH 1) และ NRZ (CH 2) จะเห็นว่ามีการส่งข้อมูล 1 บิตต่อสัญญาณนาฬิกา 1 ลูก หรือมีการส่งข้อมูล 1 บิตทุกๆ 0.80 ms



16. ความเร็วของข้อมูลในหน่วย bps ของสัญญาณ NRZ คือเท่าไร

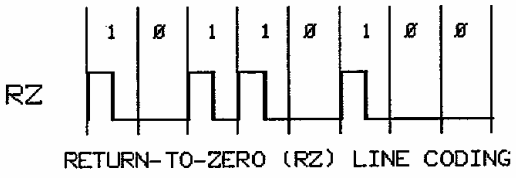
data rate=.....bps

- baud (1250) และ data rate (1250 bps) ของสัญญาณ NRZ มีค่าเท่ากันเพราะอะไร

ก. ช่วงเวลาที่ยาวที่สุดของ signaling element มีค่าเท่ากันใน 1 bit time

ข. ช่วงเวลาที่สั้นที่สุดของ signaling element มีค่าเท่ากันใน 1 bit time

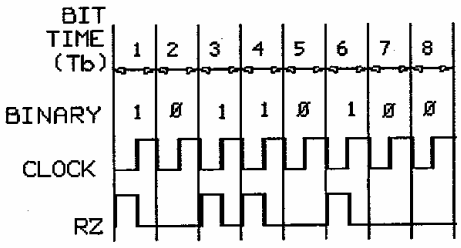
ขั้นตอน B

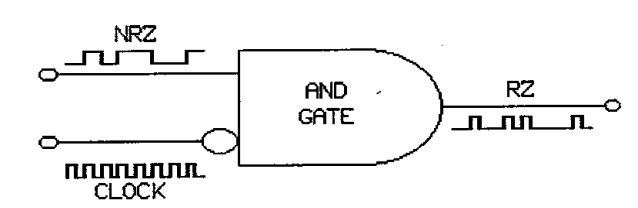


ในขั้นตอนนี้เราจะใช้ออสซิลโลสโคปสังเกตดูคุณลักษณะของการเข้ารหัสแบบ RZ

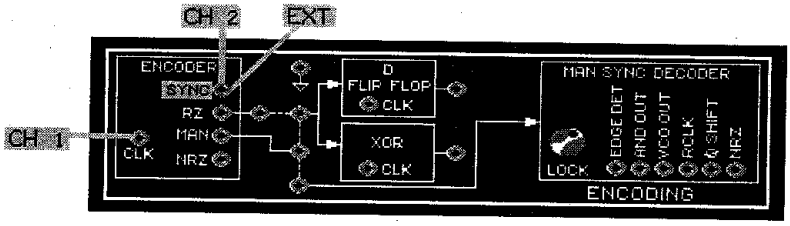
ลักษณะเด่นของการเข้ารหัสแบบ RZ คือ ข้อมูลจะถูกแทนด้วยระดับสัญญาณในช่วงครึ่งแรกของ bit time เท่านั้น

ในช่วงครึ่งหลังของ bit time, ระดับสัญญาณจะมีค่าเป็นศูนย์เสมอ

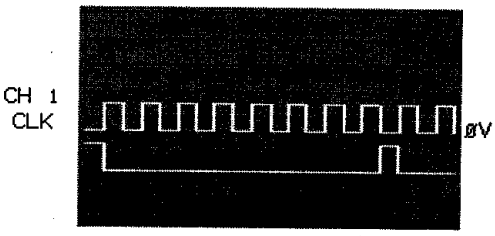




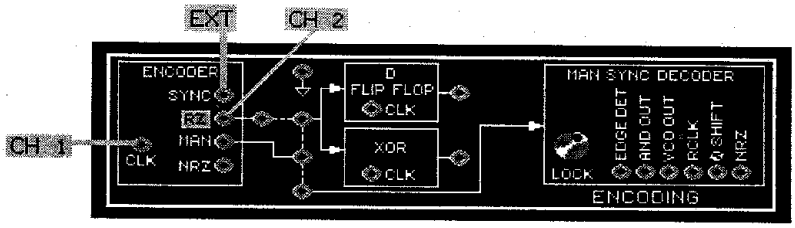
สัญญาณ RZ จะถูกสร้างจากสัญญาณ NRZ และสัญญาณนาฬิกาโดยใช้ AND gate ดังรูป



1. ถอดสายและตัวต่อออกจากบอร์ดทดลอง Digital Communications 2
2. ที่บล็อกวงจร ENCODER ต่อโพรบ CH1 ที่ CLK และต่อโพรบ CH 2 ที่ SYNC
3. ต่อโพรบ EXT ที่ SYNC
4. ตั้งค่า CH1 และ CH2 เป็น 5 V/DIV และตั้ง sweep ไปที่ 0.5 ms/DIV โดย TRIGGER ที่ค่าบวกของ EXT
5. ปรับค่า TIME/DIV ให้ 1 คาบเวลาของสัญญาณ sync เท่ากับ 8 ช่อง



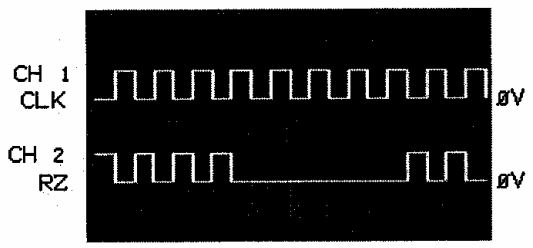
6. แต่ละเซนติเมตรแทนอะไร
   ก. สัญญาณนาฬิกา 1 ลูก
   ข. 1 bit time
   ค. ทั้ง 2 ข้อ



7. ย้ายโพรบ CH 2 ไปที่ตำแหน่ง RZ

   ในการเข้ารหัสแบบ RZ, ข้อมูลจะถูกแทนด้วยระดับสัญญาณในช่วงครึ่งแรกของ bit time

   ในช่วงครึ่งหลังของ bit time, ระดับสัญญาณจะมีค่าเป็นศูนย์เสมอ

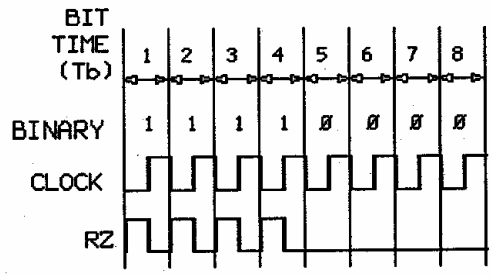


8. สัญญาณที่ CH 2 ใช้แทนข้อมูลอะไรที่เป็นเลขฐานสองจำนวน 8 บิต

ก. 10001010

ข. 11110000

ค. 10110100



การเข้ารหัสต้องมีการเปลี่ยนระดับสัญญาณทุกๆ bit time เพื่อให้มีสัญญาณอ้างอิงในการสร้างสัญญาณนาฬิกาที่สมบูรณ์กลับมาที่เครื่องรับ

9. สังเกตรูปพัลส์ RZ (CH2), สัญญาณที่เข้ารหัส RZ

ก. มีข้อมูลสัญญาณนาฬิกาที่สมบูรณ์

ข. ไม่มีข้อมูลสัญญาณนาฬิกา

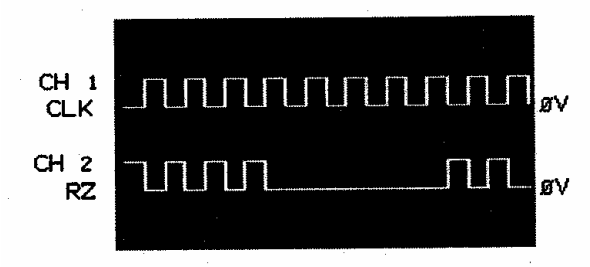
ค. มีข้อมูลบางส่วนของสัญญาณนาฬิกา

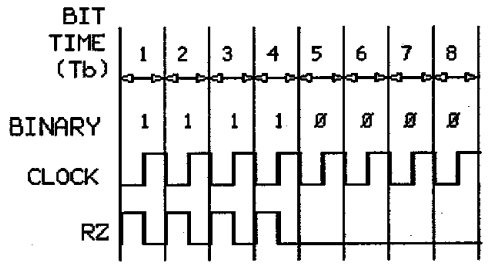
10. ให้สังเกตสัญญาณนาฬิกา (CH 1) และสัญญาณ RZ (CH 2)

Baud Rate ของสัญญาณ RZ มีค่าเท่าไร

baud rate = 1/ ช่วงเวลาที่สั้นที่สุดของ signaling element

= ..... baud





จากการสังเกตสัญญาณนาฬิกา (CH 1) และ RZ (CH 2) จะเห็นว่ามีการส่งข้อมูล 1 บิตต่อสัญญาณนาฬิกา 1 ลูก หรือมีการส่งข้อมูล 1 บิตทุกๆ 0.80 ms

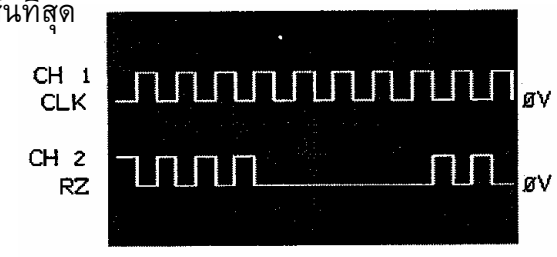
11. ความเร็วของข้อมูลในหน่วย bps ของสัญญาณ NRZ คือเท่าไร

data rate = ...bps

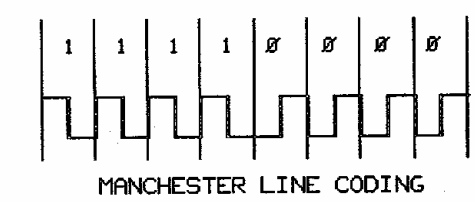
12. baud (2500 baud) และ data rate (1250 bps) ของสัญญาณ RZ มีค่าไม่เท่ากันเพราะช่วงเวลาที่สั้นที่สุดของ signaling element

ก. มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของ bit time

ข. มีค่าเท่ากับ 1 bit time



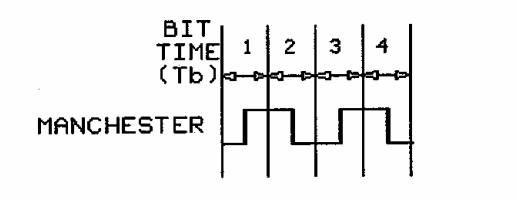
ขั้นตอน C



ในขั้นตอนนี้เราจะใช้ออสซิลโลสโคปสังเกตดูคุณลักษณะของการเข้ารหัสแบบ Manchester

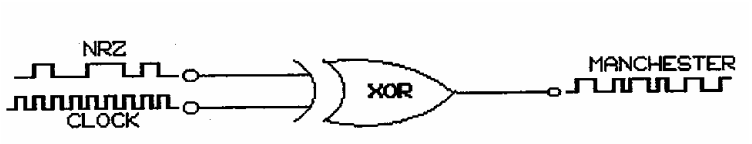
ลักษณะเด่นของการเข้ารหัสแบบ Manchester คือ ข้อมูลจะถูกแทนด้วยระดับสัญญาณในช่วงครึ่งแรกของ bit time เท่านั้น

ในช่วงครึ่งหลังของ bit time, ระดับสัญญาณจะมีค่าตรงข้ามกับครึ่งแรกเสมอ

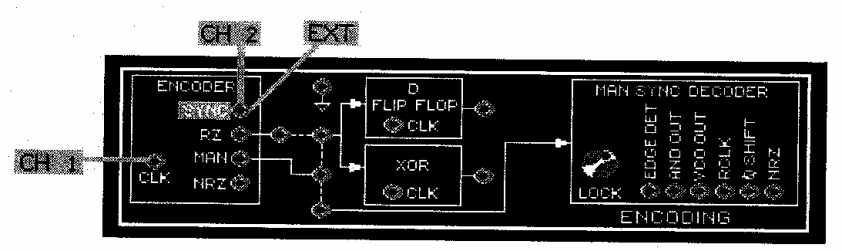


จากรูปด้านบน ระดับสัญญาณใน bit time ที่ 2 มีค่าตรงกับข้อมูลใด

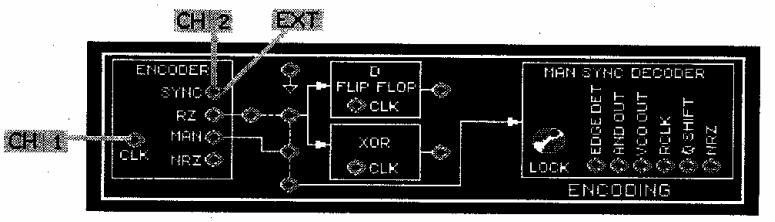
ก. 0 ข. 1



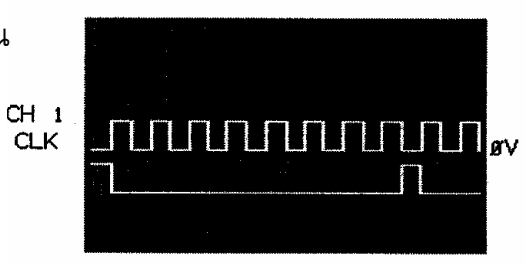
สัญญาณ Manchester จะถูกสร้างจากสัญญาณ NRZ และสัญญาณนาฬิกาโดยใช้ exclusive OR (XOR) gate ดังรูป

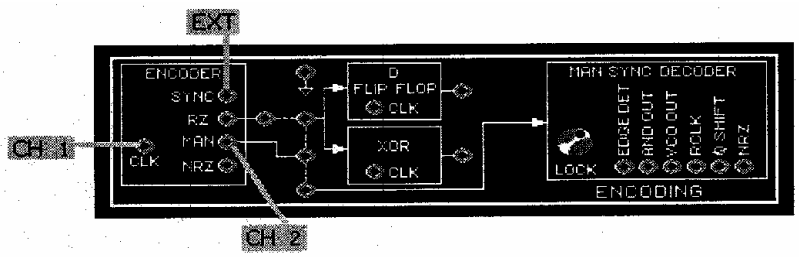


1. ถอดสายและตัวต่อออกจากบอร์ดทดลอง
2. ที่บล็อกวงจร ENCODER ต่อโพรบ CH1 ที่ CLK และต่อโพรบ CH 2 ที่ SYNC
3. ต่อโพรบ EXT ที่ SYNC



4. ตั้งค่า CH1 และ CH2 เป็น 5 V/DIV และตั้ง sweep ไปที่ 0.5 ms/DIV โดย TRIGGER ที่ค่าบวกของ EXT
5. ปรับค่า TIME/DIV ให้ 1 คาบเวลาของสัญญาณ sync เท่ากับ 8 ช่อง
6. แต่ละเซนติเมตรแทนอะไร
   ก. สัญญาณนาฬิกา 1 ลูก
   ข. 1 bit time
   ค. ทั้ง 2 ข้อ



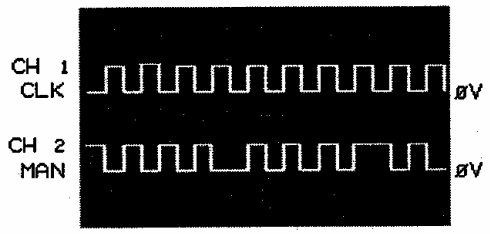


7. ย้ายโพรบ CH 2 ไปที่ตำแหน่ง MAN

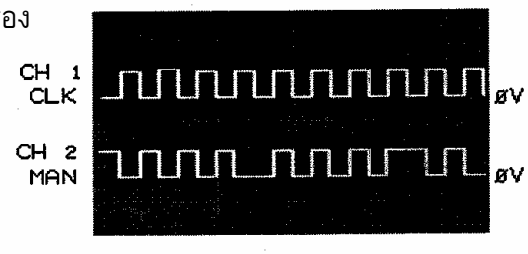
การเข้ารหัสแบบ Manchester นั้น ข้อมูลจะถูกแทนด้วยระดับสัญญาณในช่วงครึ่งแรกของ bit time

ในช่วงครึ่งหลัง ระดับสัญญาณจะมีค่าตรงข้ามกับครึ่งแรกเสมอ

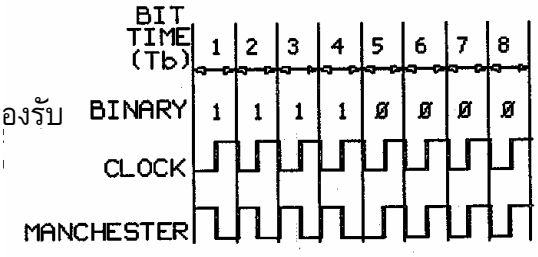
ที่จุดกึ่งกลางของ bit time, สัญญาณที่เปลี่ยนเป็นลบแทนด้วย 1 และสัญญาณที่เปลี่ยนเป็นบวกแทนด้วย 0



8. สัญญาณที่ CH 2 ใช้แทนข้อมูลอะไรที่เป็นเลขฐานสอง จำนวน 8 บิต
   ก. 10001010
   ข. 11110000
   ค. 10110100



การเข้ารหัสต้องมีการเปลี่ยนระดับสัญญาณทุกๆ bit time เพื่อให้มีสัญญาณอ้างอิงในการสร้างสัญญาณนาฬิกาที่สมบูรณ์กลับมาที่เครื่องรับ

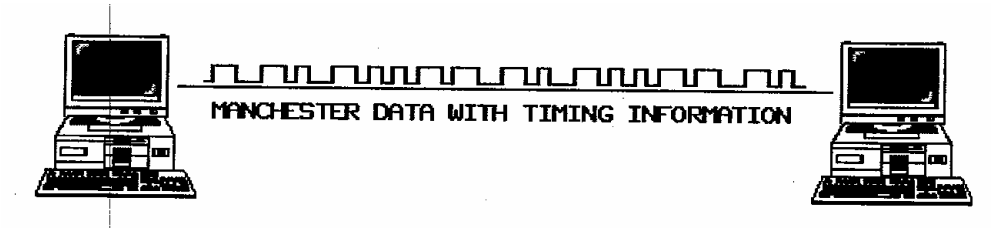


9. สังเกตรูปพัลส์ Manchester (CH2), สัญญาณที่เข้ารหัส Manchester

ก. มีข้อมูลสัญญาณนาฬิกาที่สมบูรณ์

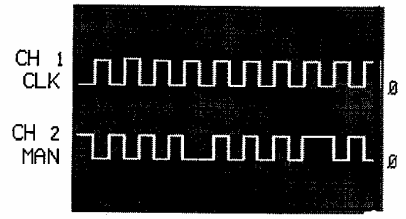
ข. ไม่มีข้อมูลสัญญาณนาฬิกา

ค. มีข้อมูลบางส่วนของสัญญาณนาฬิกา



เนื่องจากการเข้ารหัสแบบ Manchester มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณที่จุดกึ่งกลางของแต่ละ bit time ดังนั้น รหัส Manchester จึงมีทั้งข้อมูลข่าวสารและข้อมูลสัญญาณนาฬิกา จึงไม่จำเป็นต้องส่งสัญญาณนาฬิกาแยกไปต่างหาก

10. ให้สังเกตสัญญาณนาฬิกา (CH 1) และสัญญาณ Manchester (CH 2)



Baud Rate ของสัญญาณ Manchester มีค่าเท่าไร

baud rate = 1/ ช่วงเวลาที่สั้นที่สุดของ signaling element

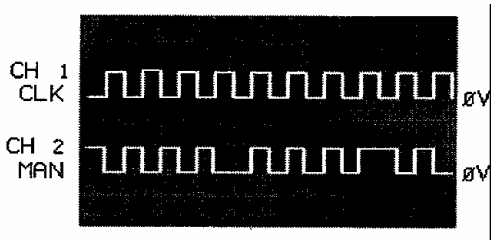
= ..... baud

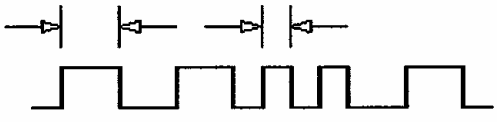
จากการสังเกตสัญญาณนาฬิกา (CH 1) และ Manchester (CH 2) จะเห็นว่ามีการส่งข้อมูล 1 บิตต่อสัญญาณนาฬิกา 1 ลูก หรือมีการส่งข้อมูล 1 บิตทุกๆ 0.80 ms

11. ความเร็วของข้อมูลในหน่วย bps ของสัญญาณ Manchester คือเท่าไร

data rate = ...bps

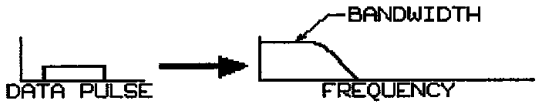
12. baud (2500 baud) และ data rate (1250 bps) ของสัญญาณ Manchester (CH2) มีค่าไม่เท่ากัน เพราะช่วงเวลาที่สั้นที่สุดของ signaling element มีค่าเป็นครึ่งหนึ่งของคาบเวลาของสัญญาณนาฬิกา

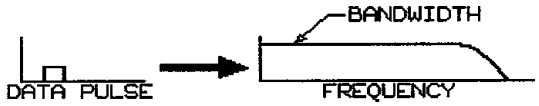




ความหมายของคำที่ใกล้เคียงกับ baud rate คือ bandwidth

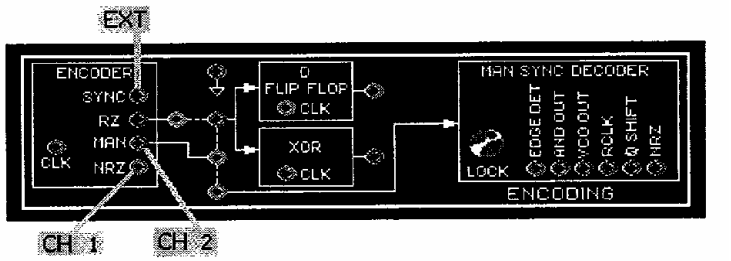
bandwidth ของสัญญาณถูกกำหนดโดยความกว้างของพัลส์ของสัญญาณ





สัญญาณที่มีความกว้างของพัลส์มาก (ความถี่ต่ำ) จะมี bandwidth แคบ
สัญญาณที่มีความกว้างของพัลส์น้อย (ความถี่สูง) จะมี bandwidth กว้าง

- สัญญาณ baud rate แบบใดที่ต้องการ bandwidth กว้าง?
  - ก. high baud
  - ข. low baud



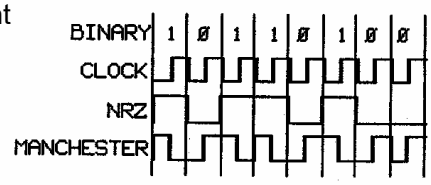
13. ย้ายโพรบ CH 1 ไปที่ตำแหน่ง NRZ

สังเกตความแตกต่างระหว่างสัญญาณ NRZ (CH 1) และ Manchester (CH 2) สำหรับเลขฐานสอง 10110100 ในแต่ละเซนติเมตรแทนสัญญาณนาฬิกาหนึ่งลูก

14. baud rate ของสัญญาณ NRZ (CH 1) มีค่าเท่าไร?

baud rate = 1/ ช่วงเวลาที่สั้นที่สุดของ signaling element

= ..... baud.



15. baud rate ของสัญญาณ NRZ เป็น _____baud

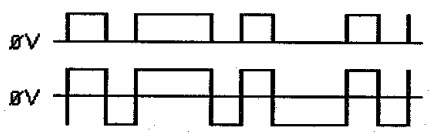
baud rate ของสัญญาณ Macnchester เป็น_____baud

รหัสสายสัญญาณแบบใดต้องการ bandwidth ที่กว้าง ?

ก. NRZ

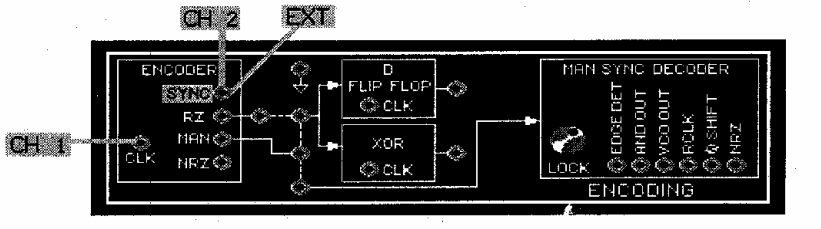
ข. Manchester

ขั้นตอน D

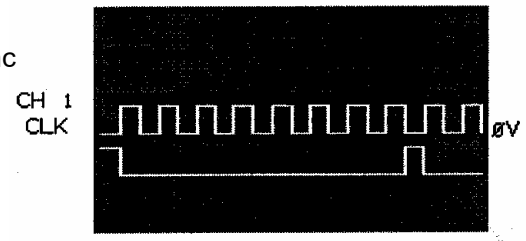


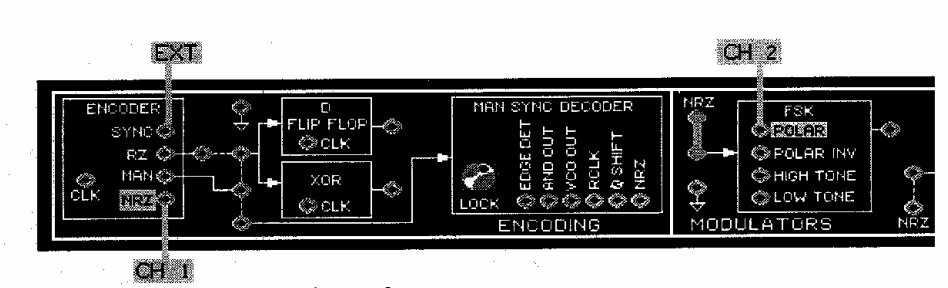
ในขั้นตอนนี้เราจะสังเกตคุณลักษณะของสัญญาณ unipolar และสัญญาณ polar

นอกจากนี้เราจะทำการวัดและเปรียบเทียบไฟ dc ที่มีอยู่ในสัญญาณ NRZ และ Manchester โดยการใช้ข้อมูลหลายๆ แบบ

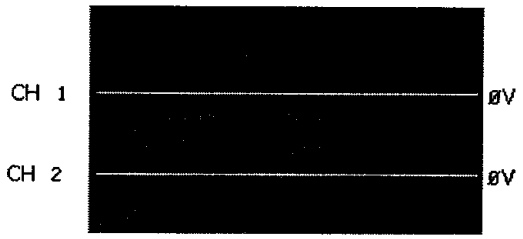


1. ถอดสายและตัวต่อออกจากบอร์ดทดลอง Digital Communications 2
2. ที่บล็อกวงจร ENCODER ต่อโพรบ CH1 ที่ CLK และต่อโพรบ CH 2 ที่ SYNC
3. ต่อโพรบ EXT ที่ SYNC
4. ตั้งค่า CH1 และ CH2 เป็น 5 V/DIV และตั้ง sweep ไปที่ 0.5 ms/DIV โดย TRIGGER ที่ค่าบวกของ EXT
5. ปรับค่า TIME/DIV ให้ 1 คาบเวลาของสัญญาณ sync เท่ากับ 8 ช่อง
   โดยแต่ละเซนติเมตรแทนสัญญาณนาฬิกา 1 ลูก





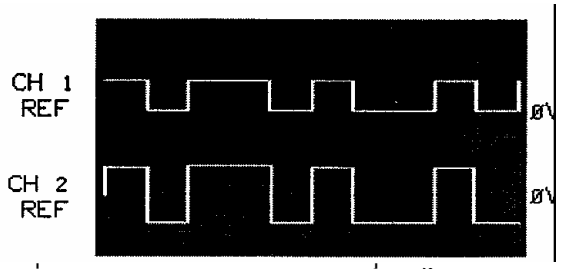
6. ต่อตัวต่อ 2 ขาดังรูปที่แสดงในบล็อก MODULATORS
7. ย้ายโพรบ CH 1 ไปที่ตำแหน่ง NRZ และโพรบ CH2 ไปที่ตำแหน่ง POLAR



8. ตั้ง Vertical coupling ไปที่ GND และเลื่อนเส้นกราวด์ของ CH 1 และ CH 2 ดังแสดงในรูป

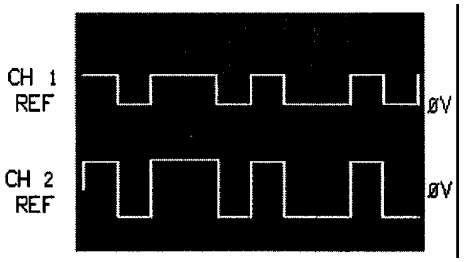
9. เปลี่ยน Vertical coupling ไปที่ dc โดย
   ให้ CH 1 ให้แสดงข้อมูล NRZ แบบ Unipolar

   และให้CH 2 ให้แสดงข้อมูล NRZ แบบ Polar



10. สังเกตการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณ Unipolar เปลี่ยนแปลงระหว่าง 2 สถานะ ซึ่งจะไม่สมมาตรกับเส้นอ้างอิง (0V) ข้อมูล 1 แทนด้วยระดับบวก ข้อมูล 0 แทนด้วยระดับศูนย์
11. วัดแอมปลิจูด (V1) ของสัญญาณ Unipolar (CH 1) ซึ่งแทนข้อมูลที่เป็น 1

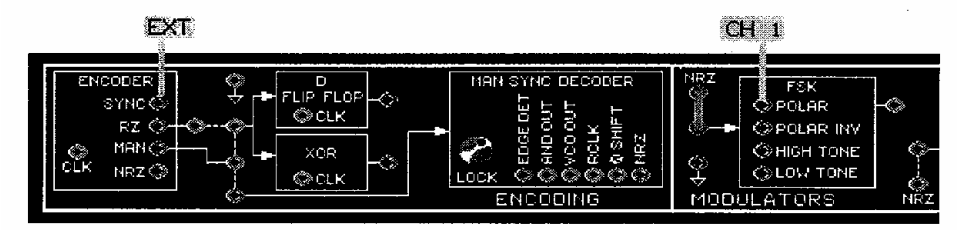
    V1 = ...V



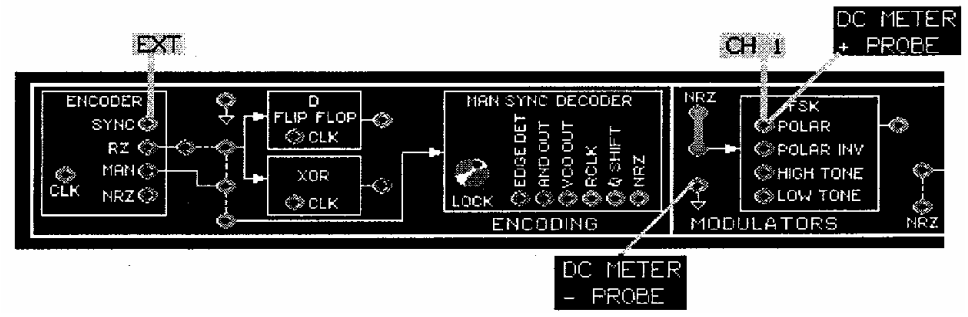
12. สังเกตสัญญาณ Polar (CH 2) ที่เปลี่ยนระหว่าง
    2 สถานะและเส้นอ้างอิง (0V) ที่อยู่จุดกึ่งกลาง
    ข้อมูล 1 แทนด้วยระดับบวก ข้อมูล 0 แทนด้วยระดับลบ

13. วัดแอมปลิจูด (V0) ของสัญญาณ polar (CH 2) ซึ่งแทนข้อมูลที่เป็น 0

    V0 = ...V



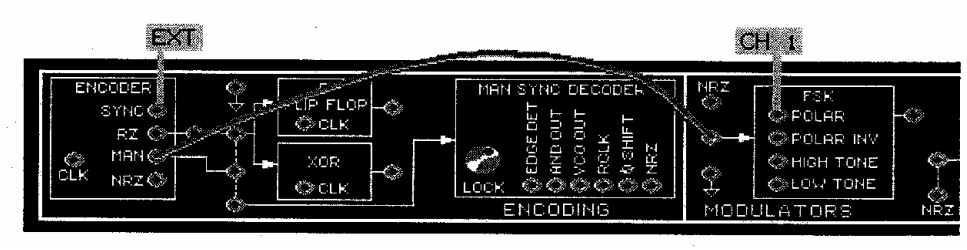
14. ถอดโพรบ CH 2 ออกและย้ายโพรบ CH 1 ไปที่ตำแหน่ง POLAR ของบล็อกวงจร MODULATORS
    ซึ่ง CH 1 จะแสดงเลขฐานสอง 10110100 ในรูปแบบของ NRZ polar



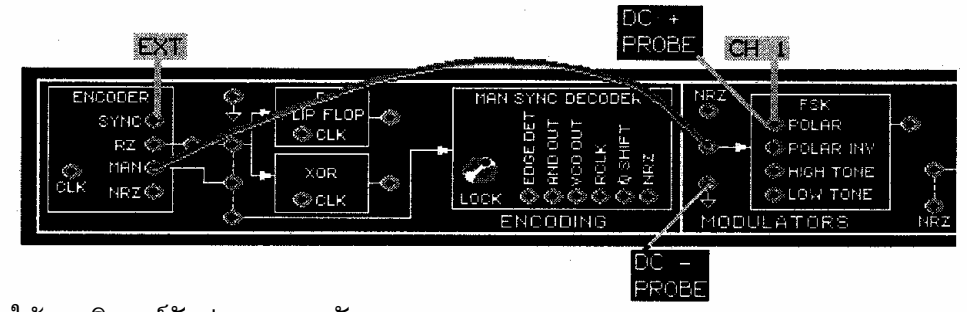
15. ใช้ dc มิเตอร์วัดค่า dc ของสัญญาณ NRZ polar

    dc = ...mVdc

16. วงจรจะถูกกระตุ้นให้เปลี่ยนค่าของเลขฐานสองเป็น 01000100
ใช้ dc มิเตอร์วัดค่า dc ของสัญญาณ NRZ polar
dc = ……..mVdc



17. ถอดตัวต่อ 2 ขาออกจากตำแหน่ง NRZ ในบล็อกวงจร MODULATORS
18. ให้ต่อสายจากตำแหน่ง MAN ในบล็อก ENCODER ไปยังที่บล็อกวงจร Modulator ดังรูป ตอนนี้ CH 1 จะแสดงเลขฐานสอง 10110100 ในรูปแบบของ Manchester polar



19. ใช้ dc มิเตอร์วัดค่า dc ของสัญญาณ Manchester polar
dc = ……..mVdc
20. วงจรจะถูกกระตุ้นให้เปลี่ยนค่าของเลขฐานสองเป็น 01000100
ใช้ dc มิเตอร์วัดค่า dc ของสัญญาณ NRZ polar
dc = ……..mVdc

BIANRY DATA PATTERN	MANCHESTER ENCODER	NRZ POLAR ENCODER
10110100	42 mVDC	56 mVDC
01000100	42 mVDC	-2.43 VDC

จากการวัดค่า dc ของทั้ง Manchester polar และ NRZ polar ถามว่า การเข้ารหัสแบบใดที่มีค่า dc ต่ำสุดโดยไม่ต้องพิจารณาจากรูปแบบของข้อมูลเลขฐานสอง

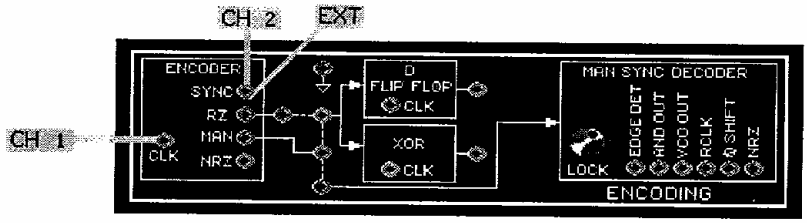
ก. Manchester

ข. NRZ

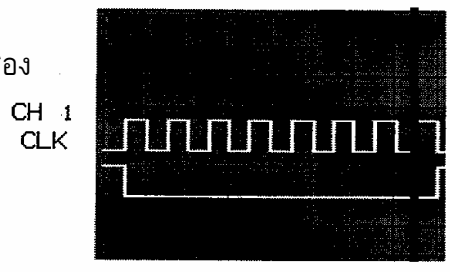
สรุป

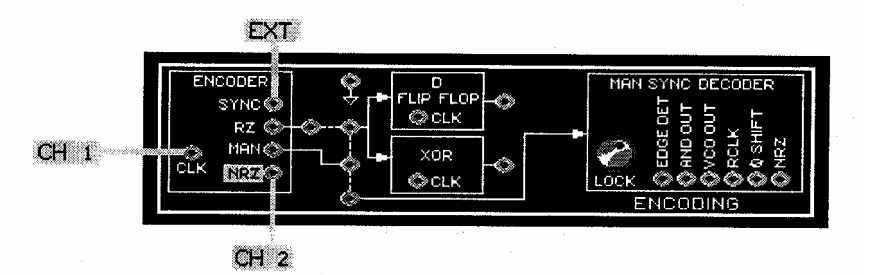
- ในการเข้ารหัสแบบ NRZ, ข้อมูลจะถูกแทนด้วยระดับสัญญาณ ซึ่งมีค่าคงที่ตลอดช่วงเวลาของ bit time ที่กำหนดให้
- ในการเข้ารหัสแบบ RZ, ข้อมูลจะถูกแทนด้วยระดับสัญญาณในช่วงครึ่งแรกของ bit time เท่านั้น ในช่วงครึ่งหลังของ bit time, ระดับสัญญาณจะมีค่าเป็นศูนย์เสมอ
- ในการเข้ารหัสแบบ Manchester, ข้อมูลจะถูกแทนด้วยระดับสัญญาณในช่วงครึ่งแรกของ bit time เท่านั้น ในช่วงครึ่งหลังของ bit time, ระดับสัญญาณจะมีค่าตรงข้ามกับครึ่งแรกเสมอ
- รหัส Manchester มีข้อมูลเวลาอยู่ด้วยเนื่องจากมีการเปลี่ยนระดับสัญญาณที่จุดกึ่งกลางของแต่ละ bit time
- สัญญาณ unipolar จะเปลี่ยนแปลงระหว่าง 2 สถานะ และไม่สมมาตรที่ 0
- สัญญาณ polar จะเปลี่ยนแปลงระหว่าง 2 สถานะเทียบกับระดับอ้างอิง (0V) ที่จุดกึ่งกลางของสัญญาณ
- การเข้ารหัสแบบ Manchester ต้องการแบนด์วิดท์มากกว่าการเข้ารหัสแบบ NRZ
- การเข้ารหัสแบบ Manchester จะมีค่าของ dc ต่ำที่สุดโดยไม่ต้องพิจารณาจากรูปแบบของข้อมูลเลขฐานสอง
- baud rate = ส่วนกลับของช่วงเวลาที่สั้นที่สุดของ signaling element
- การเข้ารหัสแบบ NRZ ไม่มีข้อมูลสัญญาณนาฬิกาและมีค่า dc สูง
- การเข้ารหัสแบบ RZ จะมีข้อมูลสัญญาณนาฬิกาบางส่วน

คำถามทบทวน

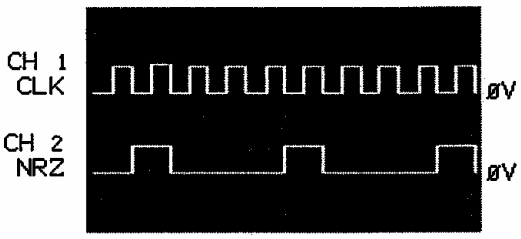


1. ที่บล็อกวงจร ENCODER ให้ต่อ CH 1 ของสโคปเข้าที่ตำแหน่ง CLK และต่อ CH 2 เข้าที่ตำแหน่ง SYNC พร้อมกับต่อโพรบ EXT เข้าที่ตำแหน่ง SYNC
   ให้ตั้งค่าของ CH 1 และ CH 2 เป็น 5V/DIV พร้อมกับตั้ง sweep เป็น 0.5 ms/DIV โดย TRIGGER ที่ค่าบวกของ EXT
1. ปรับค่า TIME/DIV ให้ 1 คาบเวลาของสัญญาณ sync เท่ากับ 8 ช่อง การปรับค่าเช่นนี้ทำให้แต่ละ bit time มีค่าเท่ากับ 1 ช่อง





1. ย้ายโพรบ CH 2 ไปที่ตำแหน่ง NRZ โดยไม่ต้องเปลี่ยนแปลงการตั้งค่าต่างๆ ของสโคป

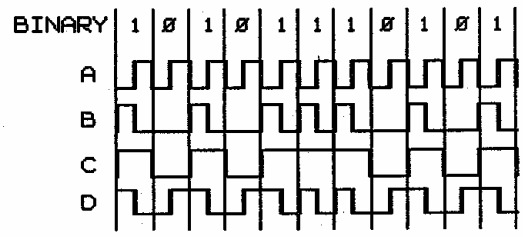


1. แต่ละระดับของข้อมูล NRZ แสดงค่าตลอด bit time สัญญาณที่ CH 2 ใช้แทนข้อมูลอะไรที่เป็นเลขฐานสองจำนวน 8 บิต
   - ก. 00110101
   - ข. 10110100
   - ค. 01000100

baud rate = 1/ ช่วงเวลาที่สั้นที่สุดของ signaling element

2. สัญญาณ Manchester จะมี baud rate เท่าไรเมื่อคาบเวลาของสัญญาณนาฬิกาเท่ากับ 1.66 ms
   - ก. 600 baud
   - ข. 1200 baud **Help 2-2**
   - ค. 300 baud
   - ง. 2400 baud

3. รูปพัลส์แบบใดที่แสดงการเข้ารหัสแบบ RZ



   - ก. A
   - ข. B
   - ค. C
   - ง. D

4.ข้อใดที่ไม่ใช่คุณลักษณะของการเข้ารหัสแบบ Manchester
   - ก. มีแรงดันทั้งบวกและลบในแต่ละ bit time โดยไม่ต้องพิจารณาจากรูปแบบของข้อมูลเลขฐานสอง
   - ข. 1 หรือ 0 ที่อยู่ติดกันเป็นแถวยาวจะถูกเปลี่ยนเป็นระดับสัญญาณที่เปลี่ยนแปลง
   - ค. การเข้ารหัสแบบ Manchester เหมาะกับการส่งไปในช่องสัญญาณแบบ ac coupling
   - ง. การเข้ารหัสแบบ Manchester ให้ข้อมูลสัญญาณนาฬิกาเป็นบางส่วน

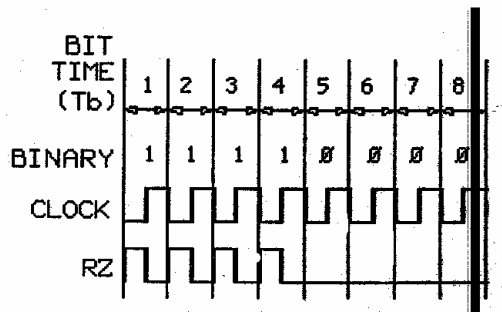
5. ความเร็วของข้อมูลในหน่วย bps ของสัญญาณ RZ เมื่อคาบเวลาของสัญญาณนาฬิกาเท่ากับ 1 ms คือ

   ก. 500 bps.

   ข. 1000 bps

   ค. 2000 bps

   ง. 5000 bps

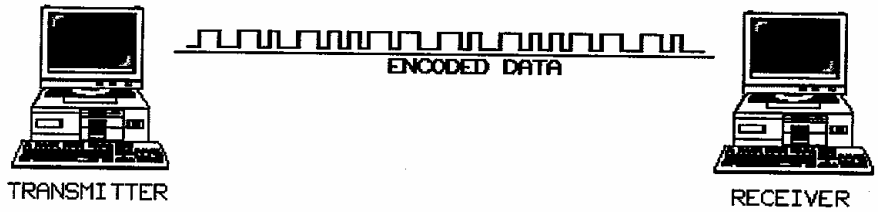


แบบฝึกหัด 2-2

วัตถุประสงค์ของแบบฝึกหัด

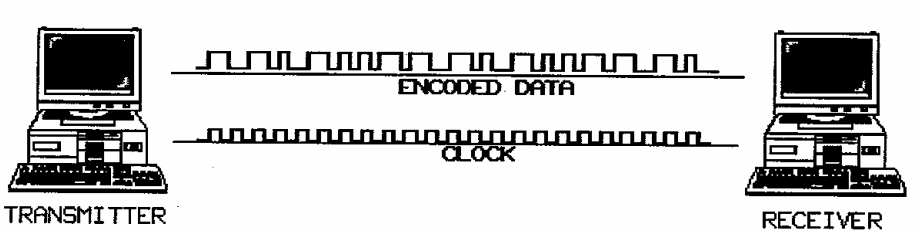
เมื่อจบแบบฝึกหัดนี้ เราสามารถที่จะอธิบายวิธีการ 3 วิธีที่ใช้ในการถอดรหัสสัญญาณ RZ และ Manchester ไปเป็นสัญญาณ NRZ ซึ่งเราสามารถพิสูจน์ผลการทดลองโดยใช้ timing diagrams และออสซิลโลสโคป

ข้อศึกษา



การส่งข้อมูลที่เข้ารหัสจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับจะไม่น่าเชื่อถือถ้าปราศจากการซิงโครไนซ์สัญญาณนาฬิการะหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ

ในทางปฏิบัติ บางครั้งข้อมูลและสัญญาณนาฬิกาจะแยกกันส่งคนละเส้น



1. การเข้ารหัสข้อมูลแบบใดที่สามารถใช้ได้เมื่อข้อมูลและสัญญาณนาฬิกาแยกกันส่งคนละเส้น

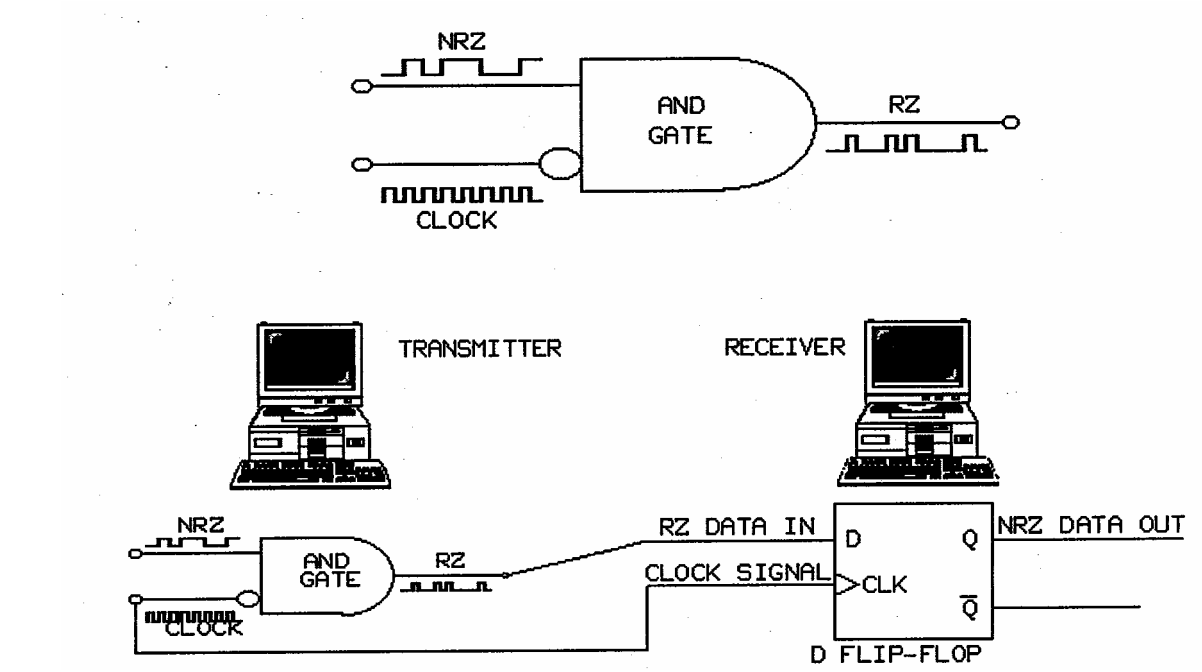
   ก. RZ

   ข. NRZ

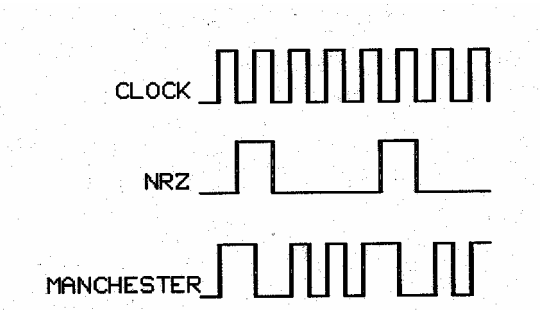
ค. Manchester

ง. ถูกทุกข้อ

สัญญาณ RZ จะถูกสร้างจากสัญญาณ NRZ และสัญญาณนาฬิกาโดยใช้ AND gate



เราสามารถใช้ D flip- flop ที่เครื่องรับในการถอดรหัสสัญญาณ RZ ให้กลับเป็นสัญญาณ NRZ โดยสัญญาณ RZ จะถูกป้อนเข้าที่ขา D ของ flip – flop. และสัญญาณนาฬิกาของเครื่องส่งจะถูกป้อนโดยตรงเข้าที่ตำแหน่ง CLK ของ flip- flop



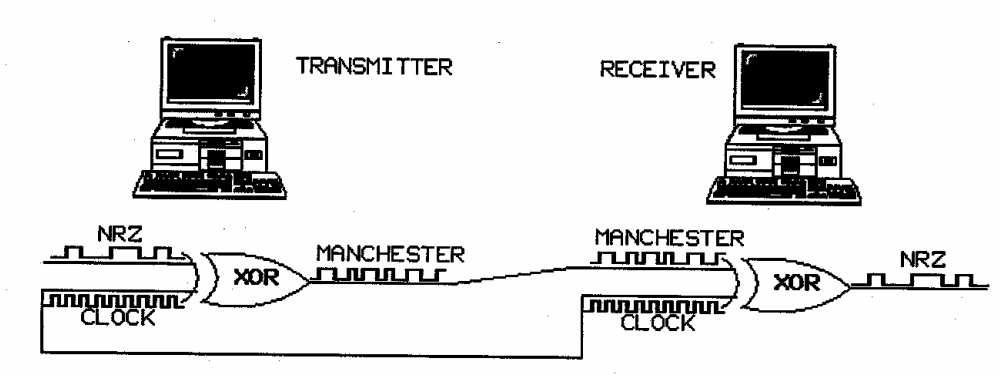
2. สัญญาณที่เข้ารหัส Manchester สามารถสร้างที่เครื่องส่งจากสัญญาณ NRZ โดยใช้

ก. AND gate

ข. OR gate

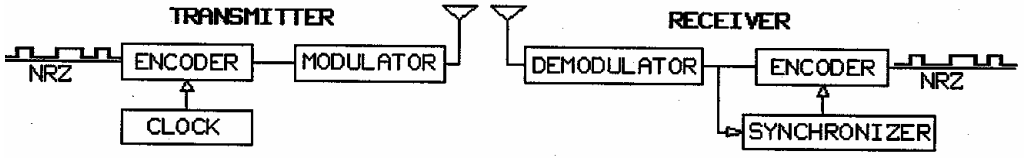
ค. XOR gate

สัญญาณ Manchester จะถูกสร้างจากสัญญาณ NRZ และสัญญาณนาฬิกาโดยใช้ XOR gate



XOR gate ที่เครื่องรับสามารถใช้ถอดรหัสสัญญาณ Manchester กลับมาเป็น NRZ

สัญญาณ Manchester และสัญญาณนาฬิกาจากเครื่องส่งจะถูกป้อนเข้าที่ขาอินพุทของ XOR gate



ในการสื่อสารทางไกล การเชื่อมต่อโดยตรงระหว่าง encoder ของเครื่องส่งกับ decoder ของเครื่องรับจะไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ ซึ่งหมายความว่า จะไม่มีสายสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ร่วมกันระหว่างเครื่องส่งและเครื่องรับ

นอกจากนี้ เรามักจะส่งและรับข้อมูลโดยใช้เทคนิคการมอดูเลท เช่น AM หรือ FM

เราต้องใช้ clock synchronizer ที่เครื่องรับเพื่อกู้สัญญาณนาฬิกากลับมาจากข้อมูลที่ส่งมา

3. ข้อมูลที่ส่งมาจะต้องมีข้อมูลสัญญาณนาฬิการวมอยู่ด้วยเพื่อให้ clock synchronizer ทำงานได้ถูกต้อง

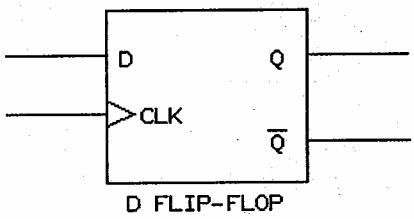
   การเข้ารหัสแบบใดที่มีข้อมูลสัญญาณนาฬิกาอย่างสมบูรณ์?

   ก. RZ

   ข. Manchester

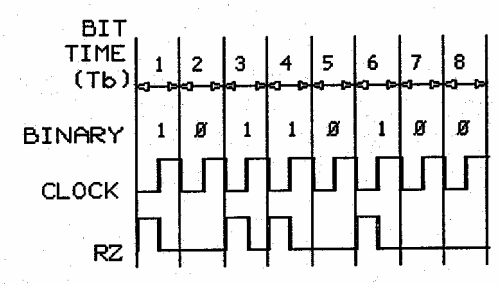
   ค. NRZ

ขั้นตอน A

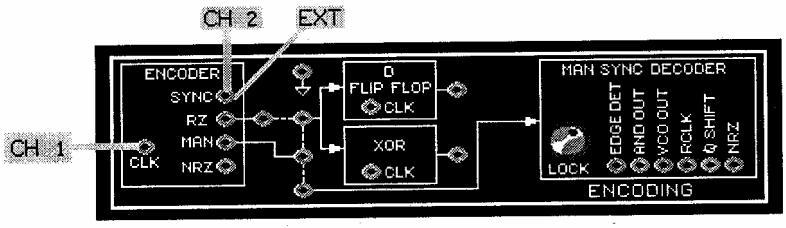


D FLIP-FLOP

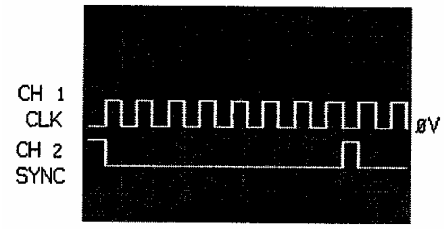
ในขั้นตอนนี้ เราจะใช้ D- flip-flop ในการถอดรหัสสัญญาณ RZ ไปเป็นสัญญาณ NRZ

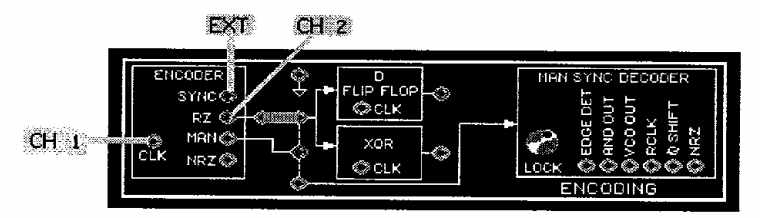


ลักษณะเด่นของการเข้ารหัสแบบ RZ คือ ข้อมูลจะถูกแทนด้วยระดับสัญญาณในช่วงครึ่งแรกของ bit time เท่านั้น ในช่วงครึ่งหลังของ bit time, ระดับสัญญาณจะมีค่าเป็นศูนย์เสมอ

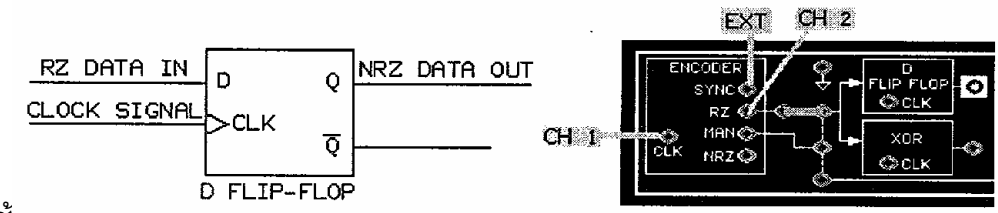


1. ที่บล็อกวงจร ENCODER ต่อโพรบ CH1 ที่ CLK และต่อโพรบ CH 2 ที่ SYNC
2. ต่อโพรบ EXT ที่ SYNC
3. ตั้งค่า CH1 และ CH2 เป็น 5 V/DIV และตั้ง sweep ไปที่ 0.5 ms/DIV โดย TRIGGER ที่ค่าบวกของ EXT
4. ปรับค่า TIME/DIV ให้ 1 คาบเวลาของสัญญาณ sync เท่ากับ 8 ช่อง
5. แต่ละเซนติเมตรแทนอะไร
   ก. สัญญาณนาฬิกา 1 ลูก
   ข. 1 bit time
   ค. ทั้ง 2 ข้อ





6. ที่บล็อกวงจร ENCODER ให้ใส่ตัวต่อ 2 ขาระหว่าง RZ และอินพุทของบล็อก D- flip- flop
7. ย้ายโพรบของช่อง 2 ไปที่ตำแหน่ง RZ



D- flip- flop ใช้ถอดรหัสสัญญาณ RZ เป็นเป็น NRZ

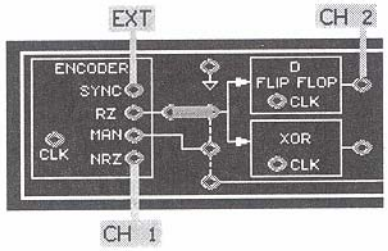
สัญญาณ RZ จะถูกรับเข้ามาที่ขา D

สัญญาณนาฬิกาถูกป้อนเข้าไปที่ขา CLK

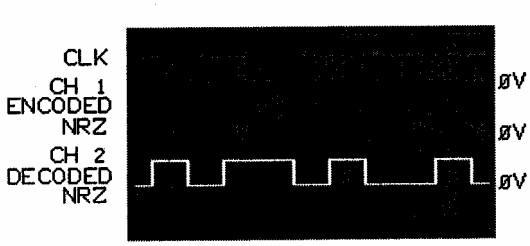
เอาท์พุท Q คือ สัญญาณ NRZ

สัญญาณข้อมูลต้องมีการเปลี่ยนระดับสัญญาณในแต่ละ bit time เพื่อให้เครื่องรับสร้างสัญญาณนาฬิกากลับมาได้ มิฉะนั้นต้องส่งสัญญาณนาฬิกาแยกต่างหาก

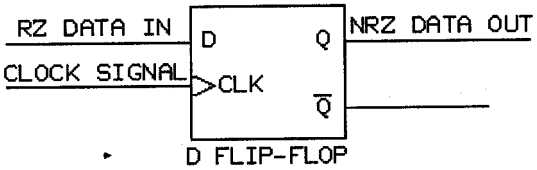
8. ที่สัญญาณเข้าของ D flip- flop, เมื่อถอดรหัสข้อมูล RZ ไปเป็น NRZ, สัญญาณนาฬิกา
   ก. จะถูกส่งแยกจากข้อมูล
   ข. จะถูกกู้กลับมาจากข้อมูล RZ

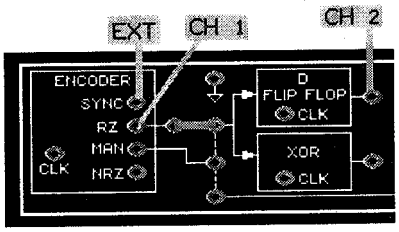


9. ย้ายโพรบ CH 2 ไปที่ตำแหน่งเอาท์พุทของ D flip – flop (Q)
10. ย้ายโพรบ CH 1 ไปที่ตำแหน่ง NRZ ของบล็อกวงจร ENCODER
11. เปรียบเทียบสัญญาณ NRZ ที่เข้ารหัสที่ CH 1 และสัญญาณ NRZ ที่ถอดรหัสที่ CH 2 จะถามว่าสัญญาณที่ถอดรหัสจะช้ากว่าสัญญาณที่เข้ารหัสเท่าไร
    ก. สัญญาณนาฬิกา 1 ลูก
    ข. สัญญาณนาฬิกาครึ่งลูก

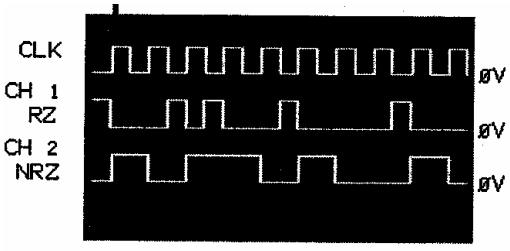


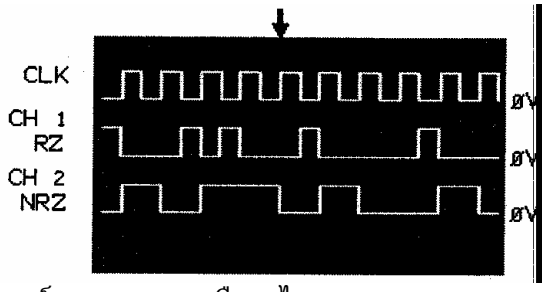
NOTE: Although you cannot view the CLK waveform on the oscilloscope, it is shown here in a different color for reference.





12. ย้ายโพรบ CH 1 ไปที่ตำแหน่ง RZ (สัญญาณเข้าของ D)
13. จากการสังเกต ช่วงแรกของขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา เอาท์พุท Q (CH 2) ของตัวถอดรหัสมีค่าเป็นเท่าไร
    ก. high ข. low
14. ข้อมูล NRZ ที่ถูกถอดรหัส (CH 2) ขึ้นอยู่กับระดับ





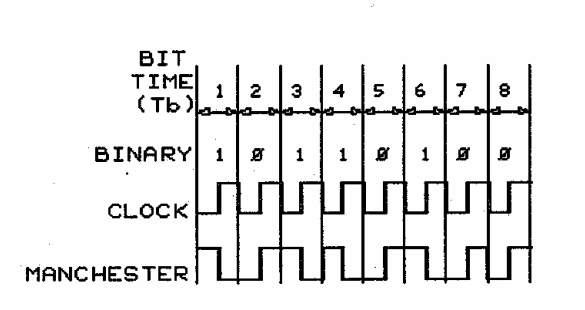
ของข้อมูล RZ (CH 1) ณ เวลาขอบขาขึ้นของสัญญาณนาฬิกา

ที่ bit time ที่ 5 (สัญญาณนาฬิกาลูกที่ 5) ข้อมูลเอาท์พุทของ NRZ คืออะไร

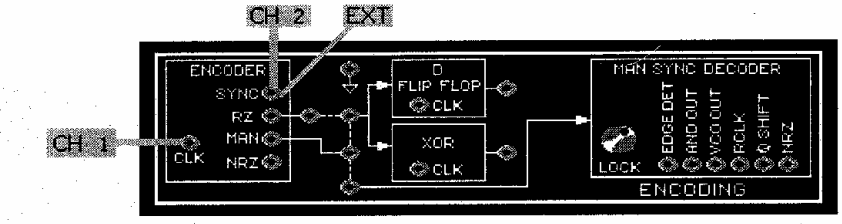
ก. 1 ข. 0

ขั้นตอน B

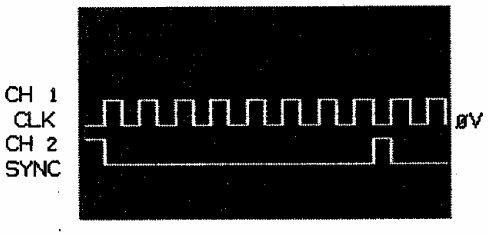
ในขั้นตอนนี้ เราจะใช้ XOR gate เพื่อถอดรหัสสัญญาณ Manchester ไปเป็นสัญญาณ NRZ

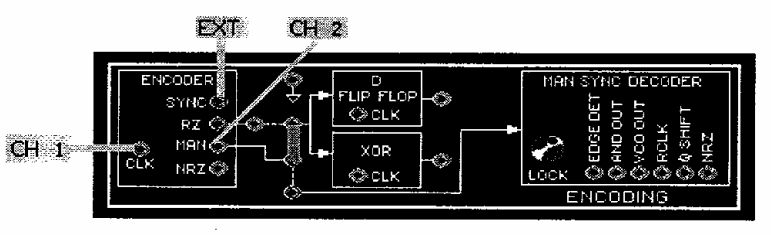


ลักษณะเด่นของการเข้ารหัสแบบ Manchester คือ ข้อมูลจะถูกแทนด้วยระดับสัญญาณในช่วงครึ่งแรกของ bit time เท่านั้น ในช่วงครึ่งหลังของ bit time, ระดับสัญญาณจะมีค่าตรงข้ามกับครึ่งแรกเสมอ

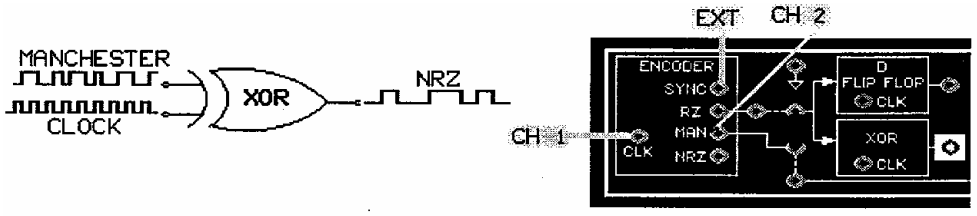


1. ที่บล็อกวงจร ENCODER ต่อโพรบ CH 1 ที่ CLK และต่อโพรบ CH 2 ที่ SYNC
2. ต่อโพรบ EXT ที่ SYNC
3. ตั้งค่า CH1 และ CH2 เป็น 5 V/DIV และตั้ง sweep ไปที่ 0.5 ms/DIV โดย TRIGGER ที่ค่าบวกของ EXT
4. ปรับค่า TIME/DIV ให้ 1 คาบเวลาของสัญญาณ sync เท่ากับ 8 ช่อง
5. โดยแต่ละเซนติเมตรแทนสัญญาณนาฬิกา 1 ลูก หรือ 1 bit time

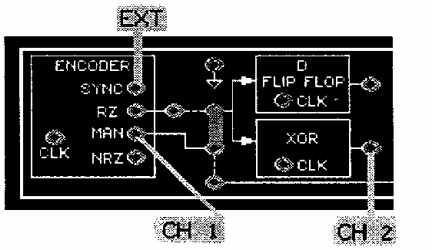




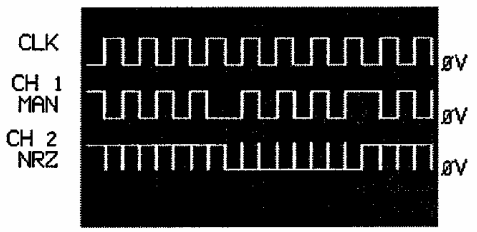
6. ที่บล็อกวงจร ENCODER ให้ต่อตัวต่อ 2 ขาเข้าระหว่างตำแหน่ง MAN และอินพุทของบล็อก XOR
7. ย้ายโพรบ CH 2 ไปที่ตำแหน่ง MAN



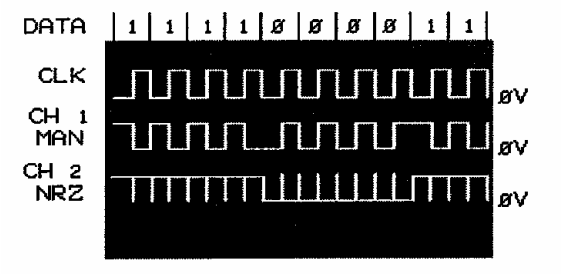
8. XOR gate สามารถใช้ในการถอดรหัสสัญญาณ Manchester เป็นสัญญาณ NRZ โดยการป้อนสัญญาณ Manchester และสัญญาณนาฬิกาเข้าที่อินพุทของ XOR gate จะได้เอาท์พุทของ XOR gate เป็นสัญญาณ NRZ
9. ให้สังเกตสัญญาณอินพุทของ XOR gate เมื่อทำการถอดรหัสสัญญาณ Manchester ไปเป็นสัญญาณ NRZ, สัญญาณนาฬิกาที่ขาอีกข้างหนึ่งของ XOR
   ก. สามารถดึงมาจากสัญญาณ Manchester
   ข. จะต้องมาจากสัญญาณนาฬิกาอีกเส้นหนึ่ง



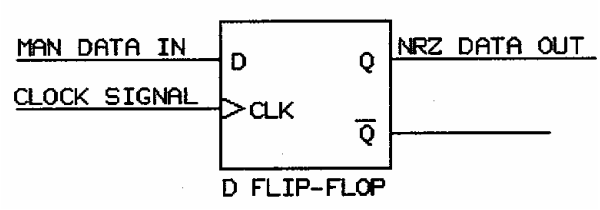
10. ย้ายโพรบ CH 2 ไปที่ตำแหน่งเอาท์พุทของ XOR gate
11. ย้าย โพรบ CH 1 ไปที่ตำแหน่ง MAN ของบล็อก ENCODER
12. เปรียบเทียบรูปสัญญาณ CLOCK และ MAN
13. เอาท์พุท (CH 2) ของ XOR gate เป็น 1 เมื่ออินพุททั้งคู่เป็นอย่างไร
    ก. มีค่าตรงกันข้าม
    ข. มีค่าเท่ากัน



NOTE: Although you cannot view the CLK waveform on the oscilloscope, it is shown here in a different color for reference.



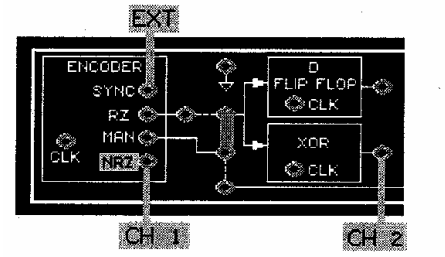
spike ในสัญญาณเอาท์พุท (CH 2) เป็นผลมาจากการหน่วงเวลาในการ switching ของสัญญาณอินพุท spike เหล่านี้ทำให้สัญญาณ NRZ ผิดเพี้ยน ซึ่งมีผลให้ข้อมูลผิดพลาดได้



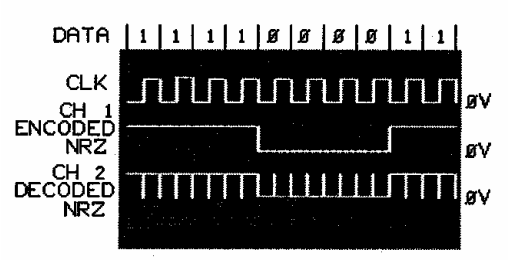
D flip- flop มักจะถูกใช้ในการถอดรหัส วงจรถอดรหัสชนิดนี้มีไม่ค่อยไวกับการหน่วงเวลาในการ switching ของสัญญาณอินพุท ใช่หรือไม่?

ก. ใช่

ข. ไม่ใช่



14. ย้าย โพรบ CH 1 ไปที่ NRZ ของบล็อกวงจร ENCODER

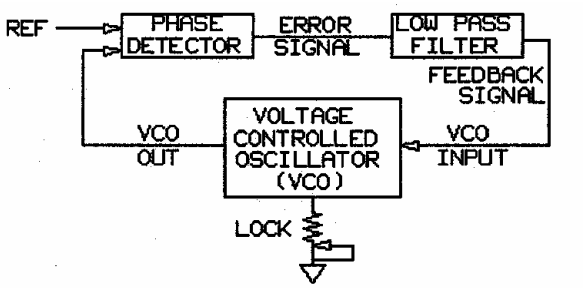


15. สังเกตรูปสัญญาณที่วงจรถอดรหัส Manchester, สัญญาณ NRZ ที่ถูกถอดรหัสจะมีลักษณะอย่างไร

ก. มีเฟสตรงกันข้ามกับสัญญาณ NRZ ที่เข้ารหัส

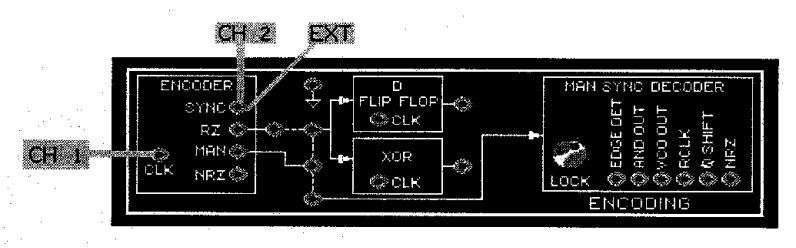
ข. มีเฟสตรงกันกับสัญญาณ NRZ ที่เข้ารหัส

ขั้นตอน C

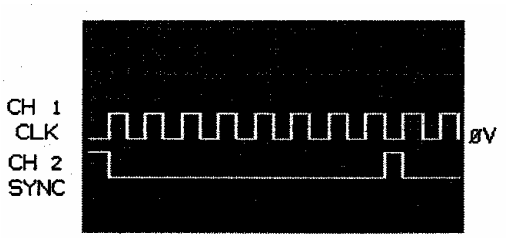


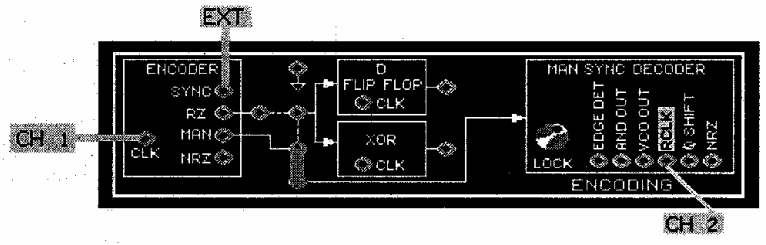
ในขั้นตอนนี้ เราจะใช้วงจร phase – locked loop (PLL) synchronizer ในการสร้างสัญญาณนาฬิกาจากข้อมูล Manchester

เราจะใช้ D flip- flop เพื่อถอดรหัสสัญญาณ Manchester ไปเป็นสัญญาณ NRZ



1. ที่บล็อกวงจร ENCODER ต่อโพรบ CH1 ที่ CLK และต่อโพรบ CH 2 ที่ SYNC
2. ต่อโพรบ EXT ที่ SYNC
3. ตั้งค่า CH1 และ CH2 เป็น 5 V/DIV และตั้ง sweep ไปที่ 0.5 ms/DIV โดย TRIGGER ที่ค่าบวกของ EXT
4. ปรับค่า TIME/DIV ให้ 1 คาบเวลาของสัญญาณ sync เท่ากับ 8 ช่อง
   โดยแต่ละเซนติเมตรแทนสัญญาณนาฬิกา 1 ลูก

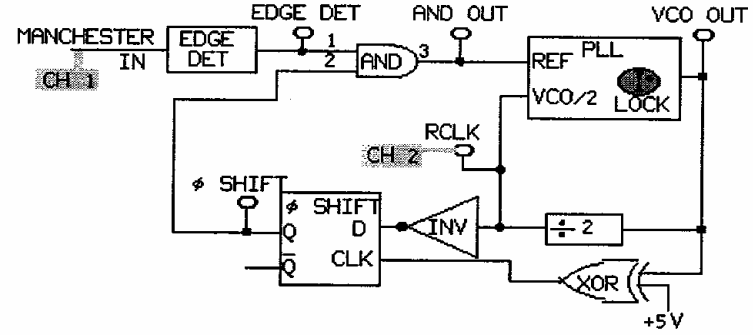




5. ที่บล็อกวงจร ENCODER ให้ต่อตัวต่อ 2 ขาเข้าระหว่างตำแหน่ง MAN และ อินพุทของ MAN SYNC DECODER
6. ปรับปุ่ม LOCK ตามเข็มนาฬิกาจนสุด และย้ายโพรบ CH 2 ไปที่ตำแหน่ง RCLK ในบล็อกวงจร MAN SYNC DECODER

7. ให้สังเกตรูปสัญญาณ แล้วค่อยๆ ปรับปุ่ม LOCK ทวนเข็มนาฬิกา จนกระทั่งได้สัญญาณ RCLK (CH 2) เหมือนกันกับสัญญาณ CLK (CH 1)

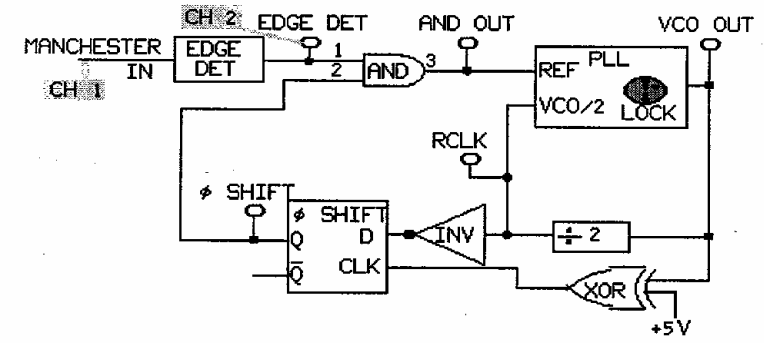
   ตอนนี้วงจร synchronizer ถูกล็อกกับสัญญาณ Manchester ที่เข้ามา



วงจร synchronizer สร้างสัญญาณนาฬิกา (RCLK) จากสัญญาณ Manchester โดยสัมพันธ์กันกับสัญญาณนาฬิกาจากเครื่องส่ง

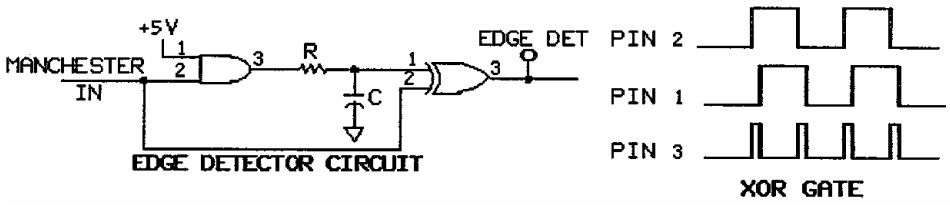
ส่วนที่สำคัญของวงจร Manchester synchronizer คือ edge detector (EDGE DET), AND gate (AND), phase-locked loop (PLL), และ phase shifter (∅ SHIFT)

8. ย้ายโพรบ CH 1 ไปที่ตำแหน่ง MAN และ CH 2 ไปที่ตำแหน่ง EDGE DET



ข้อมูล Manchester (CH 1) ถูกป้อนเข้าที่วงจร EDGE DETECTOR

เอาท์พุท (CH 2) คือ ลำดับของพัลส์แคบๆ

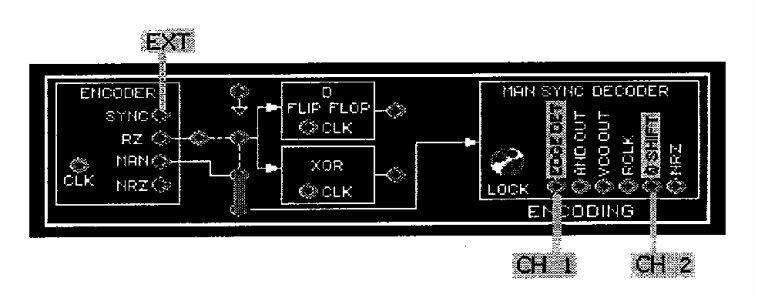


ดู Help 2-4 - AND gate และ XOR gate ประกอบกันเป็นวงจร EDGE DETECTOR.
โดยที่ AND gate จะถูกต่อให้ทำหน้าที่เป็น buffer โดยจะมีวงจร RC ทำหน้าที่หน่วงเวลาระหว่างอินพุท 2 ขาคือขา 1 และ 2 ของ XOR gate

- ช่วงเวลาที่หน่วงทำให้ได้พัลส์แคบที่เอาท์พุท

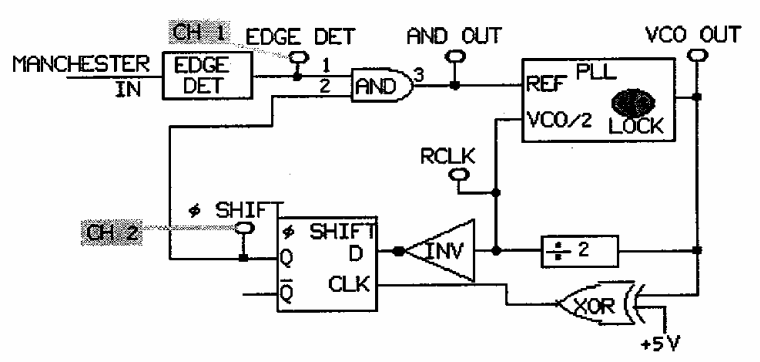
ดู Help 2-5 - ให้สังเกตที่รูปสัญญาณ ถามว่าสัญญาณพัลส์แคบที่เป็นเอาท์พุทของวงจร EDGE DETECTOR มีที่มาอย่างไร

ก. ขอบขาขึ้นแต่ละครั้งของข้อมูลอินพุท
ข. ขอบขาลงแต่ละครั้งของข้อมูลอินพุท
ค. ขอบขาขึ้นและขอบขาลงแต่ละครั้งของข้อมูลอินพุท
ง. ขอบขาขึ้นครั้งเว้นครั้งของข้อมูลอินพุท



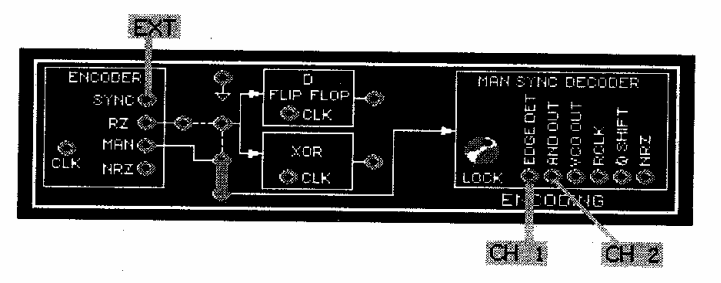
9. ให้ย้ายโพรบ CH 2 ไปที่ตำแหน่ง ∅ SHIFT และ โพรบ CH 1 ไปที่ตำแหน่ง EDGE DET

ดู Help 2-6



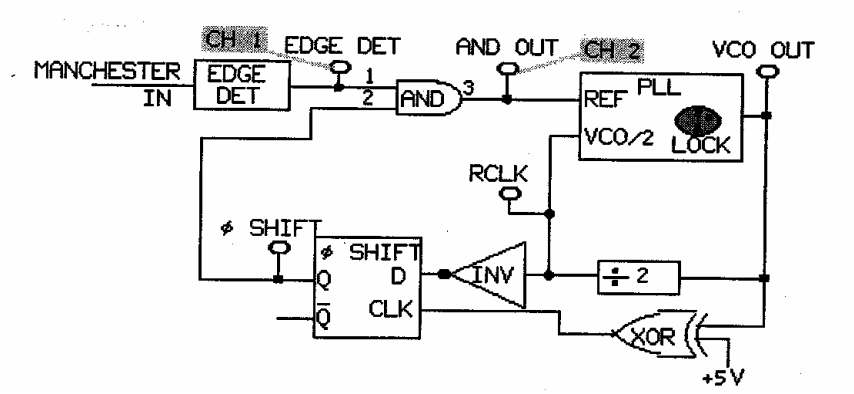
10. ให้สังเกตรูปสัญญาณอินพุท สัญญาณเอาท์พุทจาก AND gate สำหรับพัลส์ลูกที่ 4 และพัลส์ลูกที่ 9 ของ EDGE DET ที่ CH 1 จะเป็นอย่างไร

ก. HIGH ข. LOW

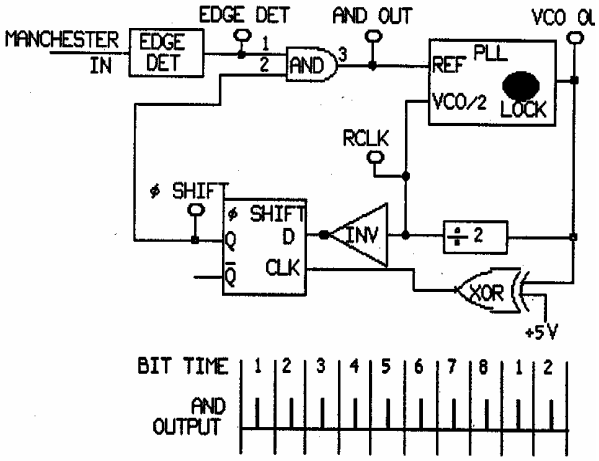


11. ย้ายโพรบ CH 2 ไปที่ตำแหน่ง AND OUT

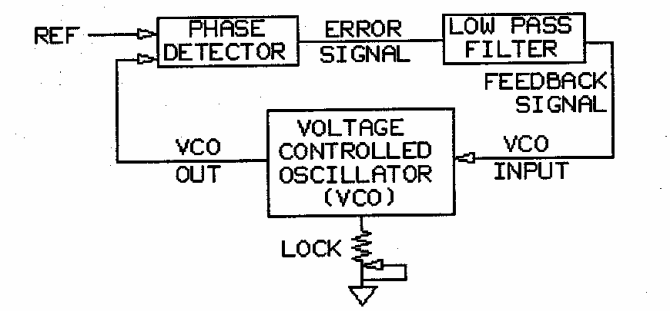
ดู Help 2-7



12. สัญญาณเอาท์พุทของ AND gate จะคล้ายกับสัญญาณของ edge detector (CH 1) ลบด้วยพัลส์ที่ตำแหน่งใด
    - ก. จุดเริ่มต้นของ bit time
    - ข. จุดกึ่งกลางของ bit time
13. สัญญาณพัลส์เอาท์พุทของ AND gate จะเป็นสัญญาณอินพุทของ phase-locked loop (PLL)



พัลส์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของ bit time ถูกใช้งานโดยวงจร PLL เพื่อใช้ในการสร้างสัญญาณนาฬิกาที่สัมพันธ์กันกับสัญญาณนาฬิกาจากเครื่องส่ง



PLL ประกอบด้วย phase detector, low pass filter และ voltage control oscillator (VCO)

PLL ทำงานโดยผลิตความถี่ VCO ที่เท่ากับสัญญาณอ้างอิง (REF)

ปุ่ม LOCK ใช้ในการปรับย่านความถี่ของ VCO

สัญญาณ REF และสัญญาณ VCO OUT จะเป็นสัญญาณอินพุทที่ป้อนให้กับ phase detector

เมื่อความถี่ของสัญญาณอ้างอิง (REF) เท่ากับความถี่ของ VCO OUT, PLL จะอยู่ในสภาวะล็อก

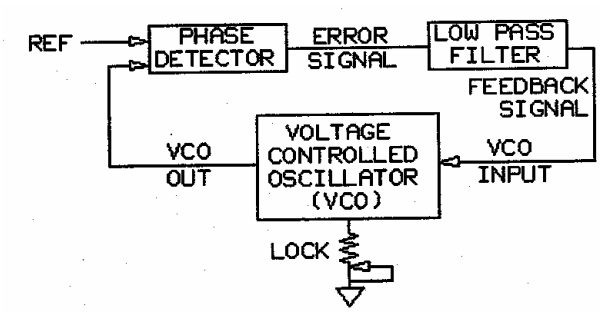
14. เมื่อ PLL อยู่ในสภาวะล็อก, ถ้า REF เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย เราจะเห็นความเปลี่ยนแปลงอะไรเป็นอย่างแรกระหว่าง REF และ VCO OUT

    ก. เฟสเปลี่ยน

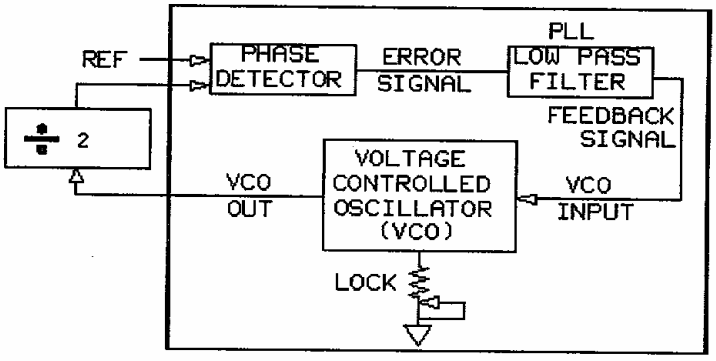
    ข. แอมปลิจูดเปลี่ยน

เฟสที่มีการเปลี่ยนแปลงระหว่าง REF และ VCO OUT เป็นเหตุให้ phase detector เปลี่ยนสัญญาณเอาท์พุท ซึ่งเรียกว่า error signal

error signal จะถูกกรองโดย low pass filter และถูกป้อนเข้าที่ VCO



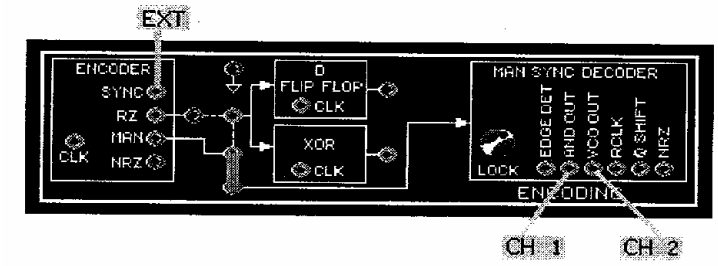
การป้อนกลับของ error signal ทำให้ VCO แก้ไขความถี่ที่ไม่ตรงกันระหว่าง REF และ VCO OUT



PLL สามารถดัดแปลงโดยการใส่วงจรนับหารสองระหว่าง VCO OUT และ phase detector การใส่วงจรนับหารสองเช่นนี้ทำให้ความถี่ของ VCO เปลี่ยนไป ใช่หรือไม่?

ก. ใช่

ข. ไม่ใช่



15. ย้ายโพรบ CH 2 ไปที่ตำแหน่ง VCO OUT และย้ายโพรบ CH 1 ไปที่ตำแหน่ง AND OUT

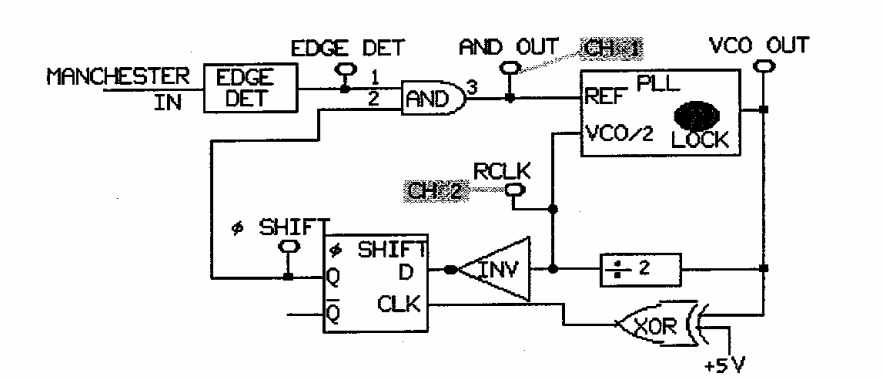
16. ให้เปรียบเทียบสัญญาณ, phase- locked loop (CH 2) ที่เป็น square wave ว่ามีความถี่เท่าไร?

ดูHelp 2-9

ก. ความถี่ของ VCO เท่ากับสัญญาณเอาท์พุทจาก AND gate (CH 1)

ข. ความถี่ของ VCO มีค่าเป็น 2 เท่าของสัญญาณเอาท์พุทจาก AND gate (CH 1)

17. ย้ายโพรบ CH 2 ไปที่ตำแหน่ง RCLK

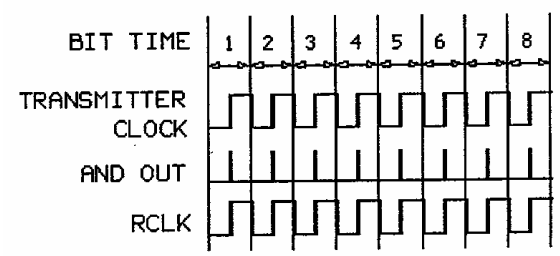


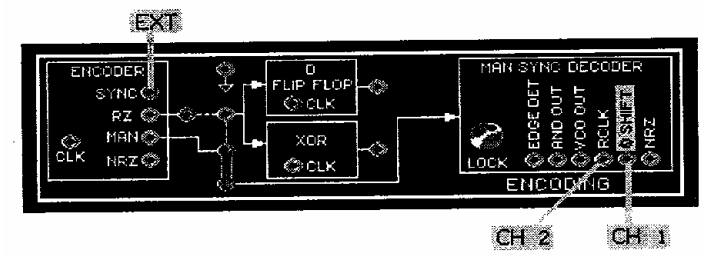
18. ให้เปรียบเทียบรูปสัญญาณ สัญญาณเอาท์พุทจากวงจรหารสอง (CH 2) มีความถี่เท่ากับความถี่ของสัญญาณเอาท์พุทจาก AND gate (CH 1) ใช่หรือไม่?

ก. ใช่ ข. ไม่ใช่

พัลส์เวลาที่ตำแหน่ง AND OUT นั้นสัมพันธ์กันกับสัญญาณนาฬิกาจากเครื่องส่ง

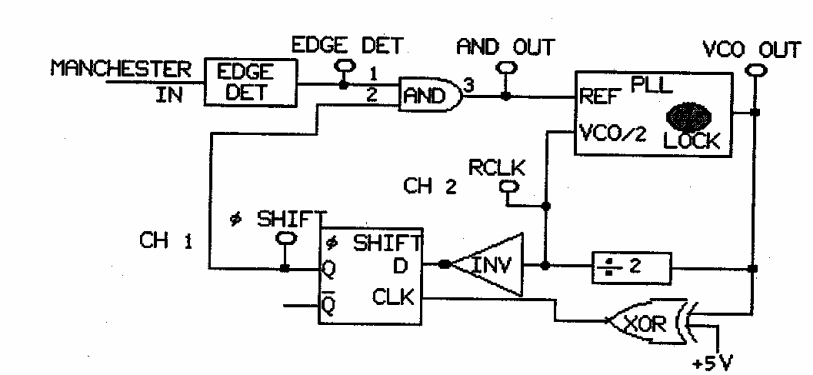
พัลส์ที่ตำแหน่งกึ่งกลางของ bit time ถูกใช้งานโดยวงจร PLL เพื่อใช้ในการสร้างสัญญาณ RCLK ซึ่งเหมือนกันกับสัญญาณนาฬิกาจากเครื่องส่ง





19. ย้ายโพรบ CH 1 ไปที่ตำแหน่ง ∅ SHIFT

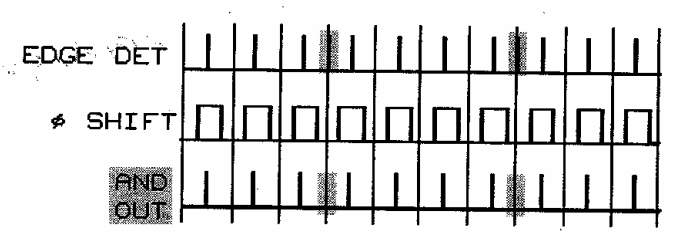
Help 2-10



20. ให้เปรียบเทียบรูปสัญญาณ สัญญาณ ∅ SHIFT เป็น square wave เหมือนกับสัญญาณ RCLK ที่เลื่อนไป

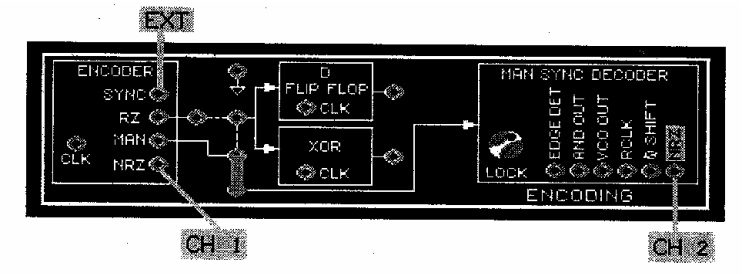
ก. 180 องศา ข. 0 องศา ค. 90 องศา

Help 2-11

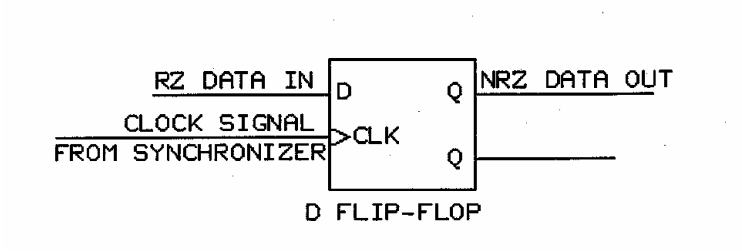


สัญญาณ ∅ SHIFT 90 องศา ถูกป้อนเข้าที่ขาอินพุทของ AND gate ขณะที่อินพุทอีกขาหนึ่งรับสัญญาณ EDGE DET

ระดับ 0 ของสัญญาณ ∅ SHIFT จะกำจัดพัลส์ที่จุดเริ่มต้นของแต่ละ bit time, เฉพาะพัลส์ที่จุดกึ่งกลางของแต่ละ bit time เท่านั้นที่จะถูกป้อนเข้า PLL



21. ย้ายโพรบ CH 1 ไปที่ตำแหน่ง NRZ ในบล็อกวงจร ENCODER
ย้ายโพรบ CH 2 ไปที่ตำแหน่ง NRZ OUT ในบล็อกวงจร MAN SYNC DECODER



เมื่อสัญญาณนาฬิกา RCLK ถูกแยกมาจากสัญญาณ MANCHESTER, เราสามารถใช้วงจรถอดรหัสที่มี D flip- flop เพื่อกู้ข้อมูล NRZ กลับมา

22. เปรียบเทียบสัญญาณที่เข้ารหัส NRZ (CH 1) และสัญญาณ NRZ ที่ถูกถอดรหัส (CH 2)

ข้อมูล NRZ ที่ถูกถอดรหัสช้ากว่าข้อมูลที่เข้ารหัสอยู่เท่าไร?

ก. สัญญาณนาฬิกา 1 ลูก

ข. สัญญาณนาฬิกา 1/4 ลูก

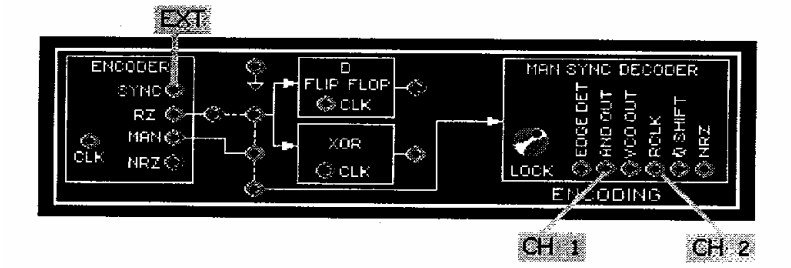
ค. สัญญาณนาฬิกา 1/2 ลูก

บทสรุป

- XOR gate ใช้ในการถอดรหัสสัญญาณ Manchester ไปเป็น NRZ
- D flip-flop ใช้ในการถอดรหัสสัญญาณ RZ เป็น NRZ
- วงจร synchronizer ใช้ในการสร้างสัญญาณนาฬิกาจากข้อมูลที่รับเข้ามาให้สัมพันธ์กันกับสัญญาณนาฬิกาจากเครื่องส่ง
- ในทางปฏิบัติ เครื่องรับและเครื่องส่งสามารถใช้สายสัญญาณข้อมูลและสายสัญญาณนาฬิกาแยกกันได้
- ในวงจร synchronous clock, สัญญาณที่เข้ามาจะต้องมีข้อมูลของสัญญาณนาฬิกา

คำถามทบทวน

ดูHelp 2-13



1. ที่บล็อกวงจร ENCODER ให้ต่อโพรบ ดังรูป

ตั้งค่า CH1 และ CH2 เป็น 5 V/DIV และตั้ง sweep ไปที่ 0.5 ms/DIV และปรับ TIME VARIABLE ไปที่ CAL'D โดย TRIGGER ที่ค่าบวกของ EXT

1. ใช้ตัวต่อ 2 ขาต่อเข้าที่ตำแหน่ง MAN และตำแหน่งอินพุท ของ MAN SYNC DECODER

ให้หมุนปุ่ม LOCK ตามเข็มนาฬิกาไปจนสุด

ให้หมุนปุ่ม LOCK ทวนเข็มนาฬิกาช้าๆ จนกระทั่งวงจร synchronizer ล็อกสัญญาณ Manchester ที่เข้ามา

1. ย้ายโพรบ CH 2 ไปที่ VCO OUT

   ความถี่ของ voltage control oscillator (VCO) มีค่าเท่าไร

   ก. 1.2 kHz

   ข. 4.8 kHz

   ค. 2.4 kHz

   ง. 0.6 kHz

2. VCO output ของ phase lock loop สร้าง square wave ความถี่เท่าไร

ดู Help 2-14

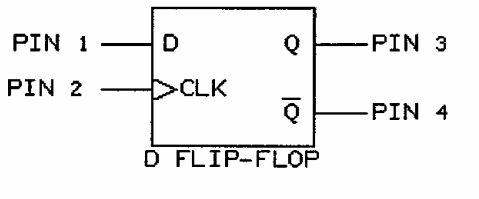
   ก. เท่ากับความถี่ REF

   ข. 2 เท่าของความถี่ REF

   ค. เท่ากับความถี่ของสัญญาณนาฬิกา (RCLK)

   ง. 2 เท่าของความถี่ของ phase shift

3. วงจรที่แสดงใช้ในการถอดรหัส



   สัญญาณ RZ เป็น NRZ แสดงดังรูป

   สัญญาณอะไรจะปรากฏที่ขาต่อไปนี้

   ก. RZ ที่ขา 1, NRZ ที่ขา 2, สัญญาณนาฬิกาที่ขา 3

   ข. RZ ที่ ขา 3, NRZ ที่ขา 1, ไม่มีสัญญาณนาฬิกาที่ขา 2

   ค. RZ ที่ขา 2, +5V ที่ขา 1, NRZ ที่ขา 3

   ง. RZ ที่ขา 1, NRZ ที่ ขา 3, สัญญาณนาฬิกาที่ขา 2

4. จากวงจรที่แสดง, XOR gate ถูกใช้ถอดรหัส Manchester เป็น NRZ, เอาท์พุทจะเป็น 1 เมื่อไร

   ก. ทั้งสัญญาณนาฬิกาและสัญญาณ Manchester เป็น high

   ข. สัญญาณนาฬิกาเป็น low แต่สัญญาณ Manchester เป็น high

   ค. ทั้งสัญญาณนาฬิกาและสัญญาณ Manchester เป็น low

   ง. ถูกทั้ง ก. และ ค.

5. วงจร synchronizer สร้างสัญญาณนาฬิกาจากสัญญาณ Manchester สัมพันธ์กับ

   ก. สัญญาณนาฬิกาจากเครื่องส่ง

   ข. สัญญาณนาฬิกาจากเครื่องรับ

   ค. สัญญาณนาฬิกาจากภายนอก

   ง. สัญญาณนาฬิกาแยกต่างหาก

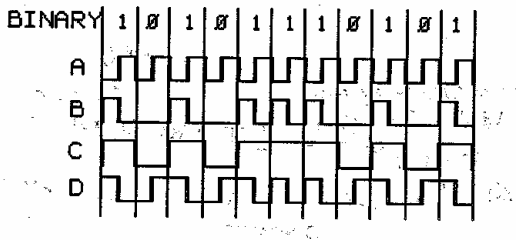
แบบทดสอบ

1. ชนิดของการเข้ารหัสสายสัญญาณแบบใดที่คงที่ตลอด bit time
   - ก. AMI
   - ข. RZ
   - ค. NRZ
   - ง. Manchester

2. ชนิดของการเข้ารหัสสายสัญญาณแบบใดที่มีข้อมูลสัญญาณนาฬิกาเพียงพอโดยไม่ต้องพิจารณาจากรูปแบบของข้อมูลเลขฐานสอง
   - ก. AMI
   - ข. RZ
   - ค. NRZ
   - ง. Machester

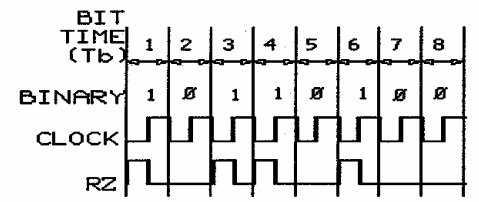
3. ข้อใดไม่ใช่คุณลักษณะของการเข้ารหัสแบบ Manchester
   - ก. มีการเปลี่ยนระดับสัญญาณที่จุดกึ่งกลางของแต่ละ bit time
   - ข. มีการเพิ่ม bandwidth มากกว่าการ เข้ารหัสแบบ NRZ
   - ค. ไม่เหมาะที่จะส่งผ่านช่องสัญญาณแบบ ac coupling
   - ง. ป้องกันการก่อตัวขององค์ประกอบ dc

4. สัญญาณข้อใดคือการเข้ารหัสแบบ NRZ

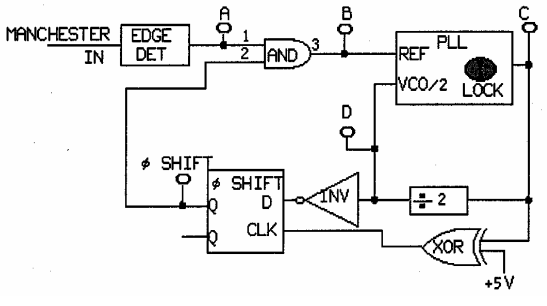


   - ก. A
   - ข. B
   - ค. C
   - ง. D

5. baud rate ของสัญญาณ RZ เมื่อคาบเวลาของสัญญาณนาฬิกาเป็น 1 ms คือ
   - ก. 2000 baud
   - ข. 1000 baud
   - ค. 500 baud
   - ง. 4000 baud



6. วงจร synchronizer สร้างสัญญาณนาฬิกาจากสัญญาณ Manchester
   สัญญาณนาฬิกาที่สร้างขึ้นใหม่จะปรากฏที่จุดใด
   ก. A ข. B ค. C ง. D



7. การเข้ารหัสสายสัญญาณแบบใดต้องการ bandwidth น้อยที่สุด

ก. NRZ

ข. RZ

ค. Manchester

ง. ทุกข้อเหมือนกัน

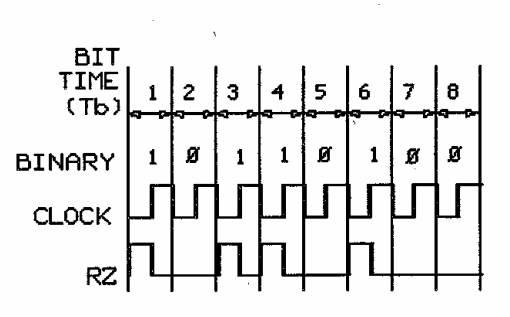
8. data rate ของสัญญาณ RZ เมื่อคาบเวลาของสัญญาณนาฬิกาเป็น 1.25 ms คือ

ก. 1600 bps

ข. 1250 bps

ค. 800 bps

ง. 400 bps



9. การเข้ารหัสแบบ Manchester สามารถถอดรหัสกลับเป็น NRZ ได้โดยใช้

ก. AND gate

ข. D flip- flop

ค. edge detector

ง. PLL

10 สัญญาณ RZ จากรูปใช้แทนข้อมูลอะไรที่เป็นเลขฐานสองจำนวน 8 บิต

ก. 01010101

ข. 11110000

ค. 01101001

ง. 10110100