



ปีการศึกษา 2531

FSK MODEM

โดย

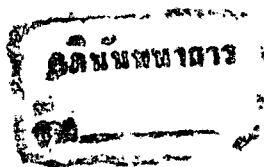
นายวรินทร์ สัจจิตโต

นายวัชร นิเทศรี

นายจิต บุตรนาก

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.วิชัย สุรพันธ์



M024699

29 ม.ค. 2533

ปริญญาโท ศึกษาศาสตร์ 2531

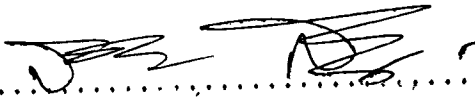
ภาควิชา เทคโนโลยีการสื่อสาร

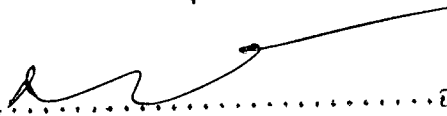
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

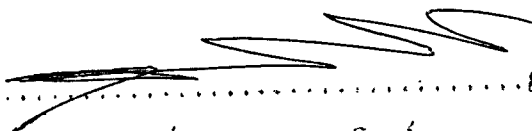
เรื่อง FSK Modulator / Demodulator

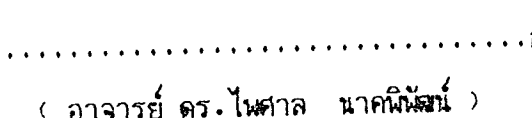
ผู้จัดทำ

1. นายวรพันธ์ สุจิตโต
2. นายวัชร นิกะศรี
3. นายทิต บุตรนาค


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ.วิชัย สรพันธ์)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ประดิษฐ์ ไชยพิชัย)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ อุทัย ศรีธีระโรจน์)


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร.ไพศาล นาคพันธ์)

เครื่อง FSK Modulator / Demodulator

วรรณธ์ สุจิตโต

วัชร นิกะศรี

ชิต บุตรนาค

ผศ.วิชัย สุรวัฒน์ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2531

บทคัดย่อ

* ปัจจุบันการบริหารข้อมูลได้เจริญเติบโตขึ้นอย่างรวดเร็ว การส่งถ่ายข้อมูลจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง อย่างถูกต้องและรวดเร็ว นับว่ามีความจำเป็นอย่างยิ่งในแนวความคิดที่จะสร้างข่ายสื่อสาร เพื่อมารองรับความจำเป็นอันนี้ได้พัฒนาขึ้น โดยการเปลี่ยนข้อมูลเป็นรหัส DIGITAL แล้วแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งผ่านตัวกลางโดยใช้สายทองแดง แต่ก็ยังมีขีดจำกัดที่ระยะทางไกล ๆ หากไกล ๆ มากจะเกิดการสูญเสีย (LOSS) ในสาย ดังนั้นจึงมีการเปลี่ยนรหัส DIGITAL เป็นสัญญาณผ่านความถี่เสียง ซึ่งจะส่งได้ไกลมากขึ้นและยังสามารถส่งผ่านในข่ายสื่อสารชุมสายโทรศัพท์ได้อีกด้วย ทำให้การส่งถ่ายข้อมูลเป็นไปได้อย่างกว้างขวาง

FSK Modem เป็นอุปกรณ์ที่ถูกพัฒนาขึ้นมาอย่างรวดเร็ว การส่งถ่ายข้อมูลในระยะไกลอย่างถูกต้องรวดเร็ว และเป็นไปอย่างมีระบบ มีการตรวจสอบสัญญาณ รับ-ส่ง ตลอดเวลา นับว่าเป็นอุปกรณ์ที่จำเป็นในการพัฒนา การบริหารข้อมูลเป็นอย่างยิ่ง

FSK Modulator / Demodulator

WORAPHUN SUJIPUTTO

WACHARA NIGASEE

CHIT BUTNAK

MR.WICHAJ SURAPAT Advisor

1988

Abstract

Nowaday, data management has been developed, It is necessary to transfer rapidly the correct messages and data from one place to another. A new concept for communication system is developed by changing digital signal to electrical signal and transmit through conductor, but there is limitation with short distance, caused from loss in transmission line. The proper means by changing digital signal to radio frequency range has been used, we can send in longer distance, and can be transmitted through telephone communication network.

FSK Modem is new equipment developed for this purpose. The correctly messages and data can be rapidly transmitted with long distance.

สารบัญ

| เรื่อง | หน้า |
|--------------------------------|-------|
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| บทที่ 2 หลักการของโมเด็ม | 7 |
| บทที่ 3 การสร้าง และการทำงาน | 15 |
| บทที่ 4 การทดลอง และผลการทดลอง | 18 |
| บทที่ 5 บทวิจารณ์ และสรุป | 31 |
| ภาคผนวก | 32-47 |
| กิตติกรรมประกาศ | 48 |
| หนังสืออ้างอิง | 49 |

บทที่ 1บทนำระบบการสื่อสาร

ระบบการสื่อสารคือ ระบบในการเปลี่ยนแปลงข้อมูลซึ่งอยู่ภายนอก หมายถึง ที่ปลายสาย อาจเป็นการควบคุมทางไกล (REMOTE) จากคอมพิวเตอร์ แต่จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงกำลังงานของตัวเองในทันทีด้วย ระบบนี้บางครั้งเรียกว่า ระบบ ออน-ไลน์ (ON-LINE)

การเชื่อมต่อ (LINK) ระหว่างปลายสาย และขบวนการหลัก ถูกเรียกว่า คอมมิวนิเคชัน แชนเนล (COMMUNICATION CHANNEL)

การสื่อสารสามารถจำกัดความได้ว่า เป็นการโยกย้ายข่าวสาร หรือถ้าง่ายขึ้นก็หมายถึง การรับส่งข่าวสาร

คอมมิวนิเคชัน แชนเนล เป็นตัวกลางสำหรับการ โยกย้ายข่าวสารระหว่างคอมพิวเตอร์ และปลายสายของระบบการสื่อสาร

ขบวนการสื่อสาร

สำหรับขบวนการการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพ จะต้องปฏิบัติตามขั้นตอนที่ถูกต้อง ขั้นตอนเหล่านี้มีหัวใจที่สำคัญ ในการสื่อสารระหว่างบุคคลเท่ากับการสื่อสารระหว่างตัวเครื่อง

กฎเกณฑ์ (FORMULATION)

- ขบวนการของการได้รับข่าวสารเพื่อที่จะส่งออกไป
- ขบวนการนี้จะถูกทำให้ปฏิบัติจนได้โดยลอจิก และโปรแกรมของเครื่องทางธุรกิจ (BUSINESS MACODING)

- การถอดรหัส (ENCODING)

- ขบวนการของการเปลี่ยนแปลงข่าวสารให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถส่งออกไปได้
- ในเครื่องทางธุรกิจ ข่าวสารจะถูกแทนด้วยพัลส์ (PULSE) ทางไฟฟ้า

การส่ง (TRANSMISSION)

- เป็นการเคลื่อนย้ายข่าวสาร จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง โดยการมอดูเลชัน (MODULATION) ของตัวกลาง

การรับ (Reception)

- การรวบรวมข่าวสารถูกกระทำโดยเครื่อง ซึ่งเป็นการสื่อสารโดยตรง

การเข้ารหัส (Decoding)

- การแยกข่าวสารจาก เสียง (Sound) หรือ พัลส์ที่ได้รับมา

เครื่องดัดแปลง (Adapter)

ส่วนมากจะเรียกว่า เครื่องดัดแปลงทางสื่อสาร (Communication adapter) จัดให้หน่วยประมวลผลกลาง [(Control -Processing Unit) หรือ ซีพียู (CPU)] สามารถอินเตอร์เฟส กับอุปกรณ์ทางการสื่อสาร

- เปลี่ยนแปลงข้อมูลจากการส่งทีละหลายบิต (Bit parallel) เป็นการส่งทีละบิต (Bit serial) สำหรับเอาท์พุท. และจากการส่งทีละบิต ไปเป็นการส่งทีละหลายบิต สำหรับอินพุท
- รับผิดชอบเกี่ยวกับคำสั่งที่ได้รับมาจาก ซีพียู หรือ เทอร์มินอล , เครื่องดัดแปลง จะใช้ควบคุมอุปกรณ์ทางการสื่อสาร

โมเด็ม (Modem)

โมเด็ม ปกติจะมีความหมายเหมือนกัน "ดาต้า เซ็ต" (Data set) หรือ อุปกรณ์การสื่อสารข้อมูล (Data communications Equipment หรือ ดีซีอี (DCE)

คำว่า Modem เป็นชื่อย่อที่ผสมขึ้นจากคำว่า Modulator/Demodulator อุปกรณ์นี้พบทั้ง 2 ด้านของคอมพิวเตอร์ใน เคชั่น แชนเนล

- โมเด็มที่ปลายด้านส่งของแชนเนล เป็นสัญญาณความถี่พิเศษ และวางสัญญาณบนแชนเนล สัญญาณนี้เรียกว่า แครเรียร์ (Carrier)
- โมเด็มจะได้รับข้อมูลทีละบิตจากเครื่องดัดแปลง และใช้มัน มอดูเลทสัญญาณแครเรียร์
- โมเด็มที่ปลายด้านรับของแชนเนลจะรับสัญญาณที่มอดูเลทแล้ว และปฏิบัติขบวนการ ซึ่งเป็นสาเหตุให้ข่าวสารถูกแยกจาก แครเรียร์ ขบวนการนี้เรียกว่า

ดีมอดูเลท (Demodulate) หลังจากแยกจาก แคเรียร์แล้ว ข้อมูลจะถูกส่งไปที่เครื่องดัดแปลงเครื่องรับในแบบทีละบิต

- ข้อมูลถูกส่งไปที่ คอมมูนิกเคชัน แชนเนล อยู่ในรูปแบบที่เรียกว่า อนาล็อก (Analog) เพราะว่าเครื่องดัดแปลงทำงานด้วยข้อมูลที่เป็น ดิจิตอล (Digital) มันสามารถอยู่ในสภาวะซึ่ง โมเด็มเปลี่ยนข้อมูลจาก ดิจิตอล เป็นอนาล็อก เมื่อเวลาส่ง และจากอนาล็อก เป็นดิจิตอลเมื่อเวลารับ

อัตราสัญญาณ และการมอดูเลชัน

(Signal rates and Modulation)

1. การถ่ายถอดข้อมูล และความเร็วของสัญญาณ (Data Transfer and Signaling Speeds)

ในขอบเขตของการสื่อสารข้อมูล ๑ เทอม ซึ่งใช้ทั่วไปในการบรรยายความเร็วของการทำงานคือ ความถี่แคเรียร์ (Carrier frequency) บิต เรท (Baud Rate) และ บิท เรท

1.1 ความถี่แคเรียร์

สัญญาณแคเรียร์ ถูกผลิตโดยเครื่องกำเนิดสัญญาณแคเรียร์ (Carrier generator) ของโมเด็มการส่ง และจะถูกใช้เหมือนกับพาหนะ นำข้อมูลไปถ่ายถอด

ความถี่ ถูกกำหนดโดยการวัดช่วงเวลาของหนึ่งรอบ และจะแบ่งเวลาใน 1 รอบนั้น ภายใน 1 วินาที

ความถี่แคเรียร์ ไม่ได้ถูกควบคุมโดยตรงจากความเร็วที่ถ่ายถอดออกไป

1.2 บิต เรท

เราจะใช้การบรรยายถึงความเร็วที่ข้อมูลถูกเคลื่อนย้ายไป ที่ใช้ในระบการสื่อสาร บิตเรท จะถูกกำหนดโดย บิตเรท และวิธีการมอดูเลชันที่ใช้ ถ้าเทคโนโลยีของการมอดูเลชันใช้ โมเด็ม ซึ่งการมอดูเลชันแต่ละครั้ง จะแทนบิตของข้อมูล 1 บิต บิตเรทจะมีค่าเท่ากับ บิต เรท

2. * เทคโนโลยีของการมอดูเลชัน (Modulation Techniques)

มีเทคโนโลยีมากมาย ซึ่งสามารถใช้ในการเปลี่ยนแปลงข้อมูลดิจิทัล ให้เป็นข้อมูลอนาล็อก สำหรับการสื่อสาร อย่างไรก็ตาม มีเพียง 2 วิธี ที่ใช้ความถี่ คือ ฟรีควนซี ชิฟ มอดูเลชัน (Frequency Shift Modulation) และ เฟส ชิฟ มอดูเลชัน (Phase Shift Modulation) วิธีเหล่านี้ จะเป็นวิธีมอดูเลชันแคเรียร์ ที่ใช้กันมากต่อไป เพราะว่าโอกาสในการส่งข้อมูลอนาล็อก จะประสบผลสำเร็จมากกว่าการมอดูเลชัน ในรูปแบบอื่น ๆ ในที่นี้จะขอกล่าวรายละเอียดเพียง ฟรีควนซี ชิฟ มอดูเลชัน

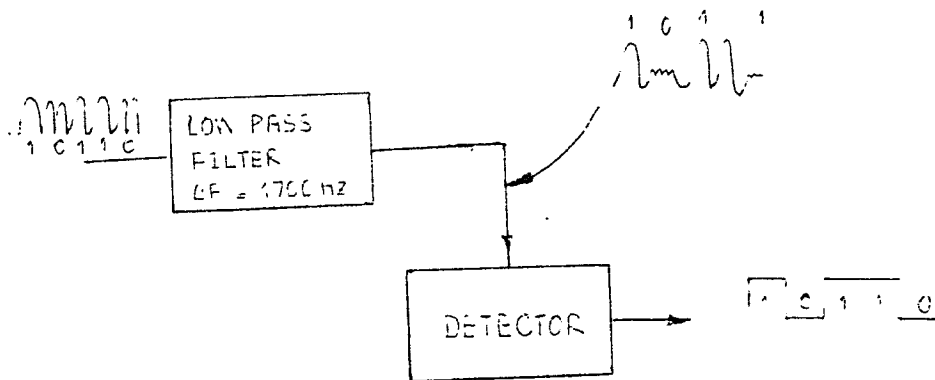
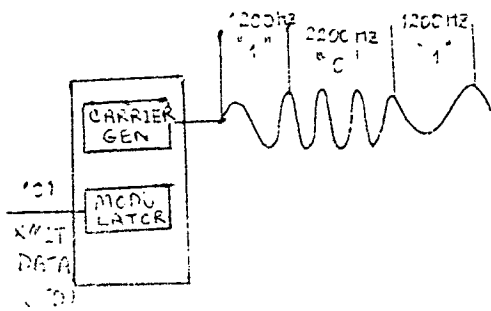
ฟรีควนซี ชิฟ มอดูเลชัน

โดยทั่วไปเรียกว่า ฟรีควนซี ชิฟ คีย์อิง (Frequency Shift Keying) หรือ เอฟ เอส เค (FSK) วิธีนี้ก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเอาทพุทของเครื่องล่าง ระหว่างความถี่ที่แตกต่างกัน 2 ความถี่ ซึ่งใช้แทน มาร์ค (Mark) และ สเปซ (Spce) ในแบบอนาล็อก

เอฟ เอส เค ถูกใช้กับ อะซิงโครนัส โมเด็ม (Asynchronous Modem) ความถี่ต่ำปกติจะแทนมาร์ค และความถี่สูงจะแทนสเปซ ความถี่เอาทพุทจะขึ้นอยู่กับข้อมูลอินพุทที่ส่งเข้ามอดูเลเตอร์ (Modulator) เมื่อเครื่องดัดแปลงเปลี่ยนสภาวะของข้อมูลที่ส่งเข้ามาโมเด็มจะเปลี่ยนแปลงความถี่ของเอาทพุท

เพราะว่า เราใช้การถอดรหัสเป็น 2 สภาวะ ฉะนั้นการถอดรหัส จะถูกถอดทีละบิต เป็นผลให้ บิต เรท มีค่าเท่ากับ บิต เรท

การดีมอดูเลชัน (Demodulation) ที่โมเด็มทางด้านรับ สามารถทำได้โดยการใช้ ฟิลเตอร์ พาส ฟิลเตอร์ (Low pass Filter) ซึ่งฟิลเตอร์นี้ จะมีความถี่คutoff ที่ 1700 เฮิรท์ ฟิลเตอร์นี้จะยอมให้ความถี่ที่ต่ำกว่า 1700 เฮิรท์เท่านั้น ที่ผ่านไปได้ สัญญาณแอนะล็อกที่เข้าไปใน ฟิลเตอร์ จะมีเพียงสัญญาณ มาร์ค ซึ่งเป็นความถี่ต่ำ ที่ผ่านไปได้ วงจรดีเทคเตอร์ (Detector) จะจำสัญญาณเหล่านี้ไว้ และเปลี่ยนสัญญาณเหล่านี้ให้เป็นสัญญาณดิจิตอล



FILTER METHOD OF FSK DEMODULATION

บทที่ 2

หลักการของโมเด็ม

จุดมุ่งหมายเพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของโมเด็มว่าเป็นอย่างไร เพื่อบรรลุจุดมุ่งหมายของการบรรยายทั้งโมเด็มของอะซิงโครนัส (Asynchronous) และ ซิงโครนัส (Synchronous) ดังนั้น การบรรยายอุปกรณ์ ซึ่งใช้แทนโมเด็มจะรวมอยู่ด้วย โดยจะเน้นความสำคัญที่ว่า จุดมุ่งหมายไม่ได้เป็นการใช้เทคโนโลยี โดยโมเด็มทั้งหมด

เป็นความจริงที่ว่า ความรู้เกี่ยวกับรายละเอียดของการทำงานภายในโมเด็มไม่จำเป็นต้องการบ่อยนัก เมื่ออุปกรณ์การสื่อสาร ถูกใช้ในการบริการ มันสำคัญที่สุดที่จะต้องเข้าใจหน้าที่ของโมเด็มและการควบคุม รวมทั้งการปรับแต่ง และการติดตั้ง

อะซิงโครนัส โมเด็ม (Asynchronous Modem)

อะซิงโครนัส โมเด็ม มีรูปภาพประกอบในหน้าถัดไป สามารถพิจารณาเป็นตัวอย่างได้

ทางด้านซ้ายของรูป จะสังเกตเห็น อีไอเอ (EIA) ซึ่งต่อไปยังเครื่องดัดแปลงของเครื่องจักรทางธุรกิจได้ ตอนกลางบนสุดของรูปภาพ จะเห็นโมเด็ม ของวงจรเครื่องส่ง และตอนล่างสุด จะเป็นวงจรเครื่องรับ โมเด็มนี้ จะใช้เทคโนโลยีการมอดูเลชันของฟรีควอนซีฟ ครีย์อิ่ง หรือ เอฟ เอส เค

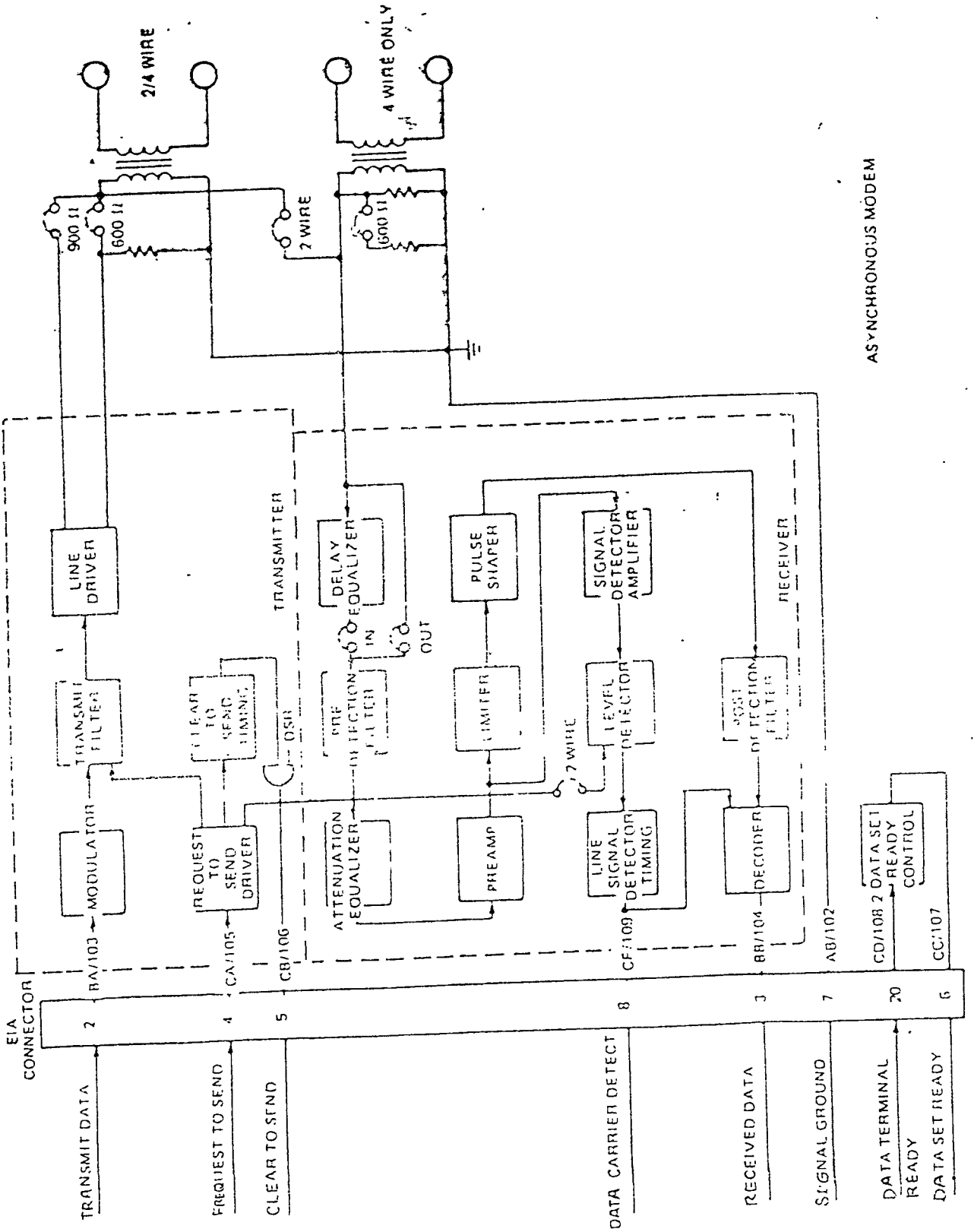
1. การต่อสายโทรศัพท์ (Telephone Line Interface)

การต่อไปที่สายโทรศัพท์ จะทำได้ โดยผ่านหม้อแปลงอัตรา 1:1

1.1 การทำงานแบบ 4 สาย (4 Wire Operation)

ถ้าโมเด็มถูกปรับสำหรับการทำงานแบบ 4 สาย หม้อแปลงด้านบนจะ

ใช้สำหรับการส่ง และหม้อแปลงด้านล่างจะใช้สำหรับการรับ



ASYNCHRONOUS MODEM



1.2 การทำงานแบบ 2 สาย (2 Wire Operation)

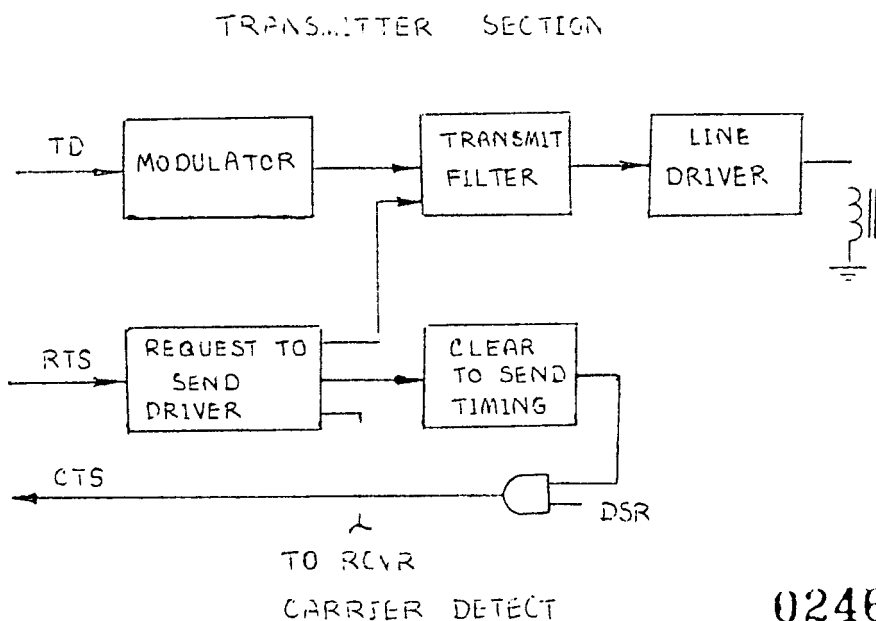
ถ้าโมเด็มถูกปรับสำหรับการทำงานแบบ 2 สาย หม้อแปลงด้านส่งจะไม่ถูกใช้ หม้อแปลงด้านรับจะใช้ทั้งส่งและรับ เมื่อปรับให้ทำงานแบบ 2 สาย ทางเลือกจะต่อไว้ จะถูกควบคุมโดยสวิทช์ในโมเด็ม ทางเลือกของ 2 สายง่าย ๆ จะต่ออยู่กับหม้อแปลงด้านรับไปที่เครื่องรับของโมเด็ม

1.3 การเลือกอิมพีแดนซ์ให้เหมาะสม (Impedance Matching Option)

การกระโดดไปหาทางเลือก ถูกเตรียมไว้สำหรับ การแมชชิงของอิมพีแดนซ์ของสายโทรศัพท์ ไม่ว่าจะเป็น 600 โอห์ม หรือ 900 โอห์ม

2. เครื่องส่ง (Transmitter)

วงจรนี้แทนส่วนของโมเด็มเครื่องส่ง เอาท์พุทต่ออยู่ด้านรับของหม้อแปลง 2 ขั้ว การควบคุมของเครื่องส่งมาจากเครื่องตัดแปลง และเข้าไปผ่านเข้า



2.1 มอดูเลเตอร์ (Modulator)

มอดูเลเตอร์ เป็นวงจรรับผิดชอบสำหรับผลิตความถี่ของ มาร์ค และ สเปซ ที่ใช้ในการมอดูเลชัน เอฟ เอส เค ความถี่ที่ผลิตมาขึ้นอยู่กับ ลอจิกของข้อมูลที่ส่งมา (TD) ซึ่งนำมาจากเครื่องตัดแปลง ถ้าข้อมูลที่ส่งมา ถูกยึดในสภาวะ มาร์ค ความถี่จะเป็น 1200 เฮิรท์ ถ้าข้อมูลที่ส่งมา ถูกยึดในสภาวะ สเปซ ความถี่จะเป็น 2200 เฮิรท์

2.2 ทรานสมิท ฟิลเตอร์ (Transmit Filter)

ฟิลเตอร์นี้ ก็คือ โลว์ พาส ฟิลเตอร์ ซึ่งมีแบนด์วิธ ประมาณ 2900 เฮิรท์ ทำหน้าที่ป้องกันการผ่านของความถี่ เอาท์ ออฟ แบนด์ (Out of Band) ดังนั้นการควบคุม ออน - ออฟ (ON - OFF) ของเครื่องส่งอยู่ที่อินพุท ที่เข้าไปในฟิลเตอร์ ถ้าบล็อก Request to Send Driver ปิด สัญญาณจากมอดูเลเตอร์ จะไม่สามารถเข้าไปในฟิลเตอร์ได้

2.3 ไลน์ ไดรเวอร์ (Line Driver)

ไลน์ ไดรเวอร์ เป็นแอมป์ลิไฟเออร์ ซึ่งแมทซ์กันระหว่างอิมพีแดนซ์ของโมเด็ม กับอิมพีแดนซ์ของสาย ปรับเพื่อเตรียมอัตราของระดับการส่ง จากประมาณ 17 dbm ขึ้นไปจนถึง 0 dbm

2.4 รีเควส ทู เซนด์ ไดรเวอร์ (Request to send Driver)

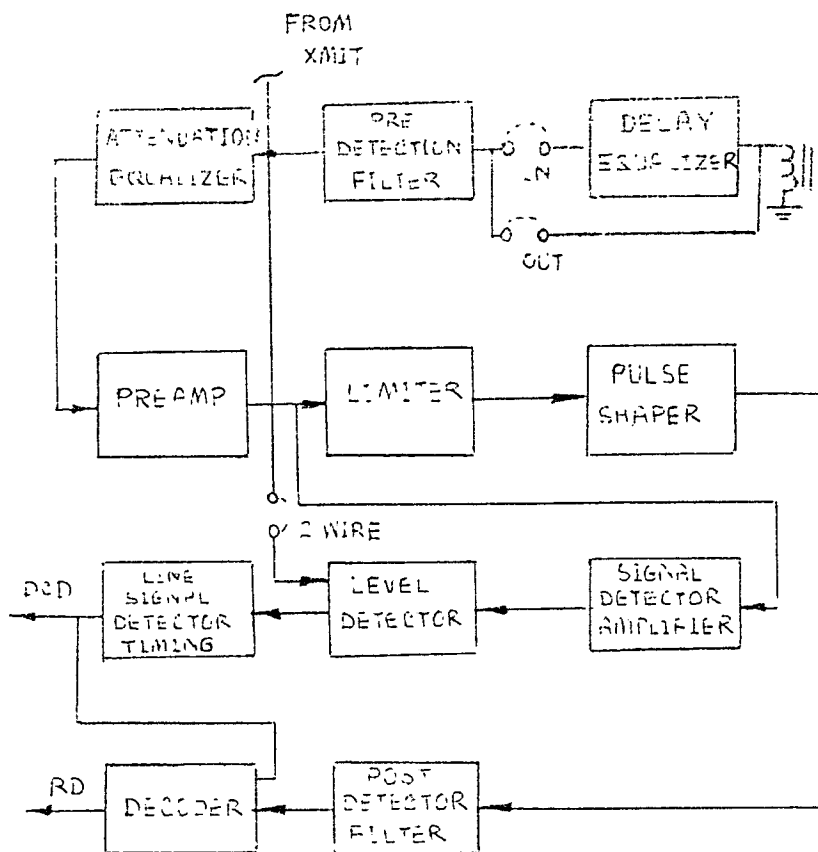
ไดรเวอร์ ถูกควบคุมโดยสาย RTS จากเครื่องตัดแปลง เมื่อ RTS ไปเปิด เครื่องส่งไดรเวอร์จะกระตุ้นเพื่อความชัดเจนในการส่ง ไทมิ่ง เซอร์กิต (Timing Circuit) ดังนั้น วงจรตรวจจับแคเรียร์ ในเครื่องรับจะเสียหายใช้การไม่ได้ ถ้าโมเด็มถูกกำหนดให้ทำงานแบบ 2 สาย

2.5 เคลีย ทุ เซนต์ ไทมิ่ง เซอร์กิต (Clear to send timing circuit)

วงจรนี้ทำงานเมื่อ RTS เข้ามา การทำงานของมันก็คือ เปิดให้ CTS ไปที่เครื่องตัดแปลง หลังจากปรับดีเลย์ (Delay) แล้ว ดีเลย์ที่นำมาใช้คือ 25 msce (4 สาย) และ 150 msec (2 สาย)

3. เครื่องรับ (Receiver)

วงจรต่อไปนี้ เป็นรูปแบบของเครื่องรับของโมเด็ม หน้าทีหลัก 2 อย่าง ที่จะต้องปฏิบัติของเครื่องรับ คือ จำแคเรียร์ได้ และเปลี่ยนข้อมูลจากอนาล็อกไปเป็นดิจิตอล สัญญาณข้อมูลหรือสัญญาณแคเรียร์ ที่เข้าไปในเครื่องรับจะผ่านตลอด



3.1 ดีเลย์ อีควอลไลเซอร์ (Delay Equalizer)

ดีเลย์ อีควอลไลเซอร์ จะชดเชยสำหรับผลของดีเลย์ ดิสทอร์ชัน (Delay Distortion) ของสัญญาณ เอฟ เอส เค ที่ผ่านมาจากสายโทรศัพท์ วงจรนี้สามารถที่จะ สวิตช์อิน หรือสวิตช์เอาท์ก็ได้

3.2 ปริ - ดีเทคชั่น ฟิลเตอร์ (Pre - detection Filter)

วงจรมีได้รับสัญญาณแอนาล็อกจาก ดีเลย์ อีควอลไลเซอร์ หรือโดยตรงจากหม้อแปลง ฟิลเตอร์นี้จะไม่ยอมรับความถี่ ซึ่งอยู่นอกแถบข้อมูล (Data Band) หน้าทีของมันก็คือ ป้องกันเสียงรบกวน ที่จะเข้ามาในเครื่องรับ

3.3 แอทเทนนูเอชัน อีควอลไลเซอร์ (Attenuation)

วงจรมีจะมีการชดเชย สำหรับการผิดเพี้ยนของแอมพลิจูด (Amplitude) ซึ่งเป็นสาเหตุมาจากขุมสายโทรศัพท์ มันสามารถ สวิตช์เอาท์ (Switch Out) สำหรับสายที่มี คุณภาพสูง ในกรณีที่มีหน้าทีเหมือนปริ-แอมพลิไฟเออร์ (Pre-Amplifier) ซึ่งจะมีเกน (Gain) ถึง 10 เดซิเบล (dB)

3.4 ปรี - แอมพลิไฟเออร์

วงจรมีจะจัดให้มีเกนคงที่ 20 เดซิเบล สำหรับสัญญาณต่ำที่มาจาก แอทเทนนูเอชัน อีควอลไลเซอร์ ถ้าสัญญาณที่ได้รับมาเป็นสัญญาณแรง ปรี-แอม จะทำหน้าที่เหมือน ปรี-ลิมิตเตอร์ (Pre-Limiter) ในกรณีมันจะคลิบ (Clip) ยอดของสัญญาณแรงนั้น เอาท์พุทของวงจรมีจะเป็นไปได้ทั้ง ลิมิตเตอร์ และ ซิกเนล ดีเทคเตอร์ แอมพลิไฟเออร์

3.5 ลิมิตเตอร์

ลิมิตเตอร์ จะรับสัญญาณจาก ปริ-แอมพลิไฟเออร์ และ เปลี่ยนสัญญาณที่ได้รับ เป็นสแควร์เวฟ (Squar Wave) ที่มีขนาดเท่ากัน

3.6 พัลส์ ชาฟเปอร์ (Pulse Shaper)

วงจรนี้จะรับ สแควร์ เอฟ จาก ลิมิตเตอร์ และสร้างพัลส์บวกที่มีช่วงระหว่างกันคงที่สำหรับทุก ๆ การเปลี่ยนของสแควร์ เอฟ

3.7 โพล ดีเทคชั่น ฟิลเตอร์ (Post Detection Filter)

วงจรนี้จะผลิตระดับแรงดัน ดีซีเอาท์พุท (D.C. Output) ซึ่งแอมพลิฟูด จะถูกกำหนดโดยความถี่ของพัลส์ที่มาจาก พัลส์ ชาฟเปอร์ ตัวอย่างเช่น สัญญาณ 2200 เฮิรท์ ซึ่งมาจากสาย (Line) จะผลิตพัลส์ความถี่จากพัลส์ ชาฟเปอร์ และผลที่ได้ตามมาก็คือ ดี ซีเอาท์พุท สูงขึ้นจาก ฟิลเตอร์ จะมากกว่าสัญญาณ 1200 เฮิรท์ จากสาย

3.8 ดีโคดเดอร์ (Decoder)

ดีโคดเดอร์ จะเปรียบเทียบกับ ดี ซี เอาท์พุท ของ โพล ดีเทคชั่น ฟิลเตอร์ กับ ดี ซี เอาท์พุท ที่อ้างอิงไว้ก่อนแล้ว ถ้าระดับ ดี ซี แสดงว่า มันเป็นผลของสัญญาณสาย 2200 เฮิรท์ ดีโคดเดอร์ จะวางตำแหน่งสาย Rd ไปที่เครื่องดัดแปลงในเงื่อนไขของสเปซ (+12 V) ถ้าระดับ ดี ซี จากฟิลเตอร์ แสดงว่ามันเป็นผลของสัญญาณ 1200 เฮิรท์ สาย RD จะวางตำแหน่งไปที่เงื่อนไขของ มาร์ค (-12 V)

3.9 ซิกเนล ดีเทคเตอร์ แอมพลิไฟเออร์ (Signal Detector

Amplifier)

หน้าที่ของวงจรนี้ ก็คือ กำหนดการมีหรือไม่มีของสัญญาณข้อมูลที่ได้รับมา การเลือกธรेशโฮล (Threshold) กำหนดโดยความแรงของสัญญาณที่น้อยที่สุด ซึ่งจะถูกจำไว้ และลักษณะของเกน จะกำหนดจำนวนการขยาย ซึ่งจะถูกปฏิบัติตาม ลักษณะสำหรับสายที่มีคุณภาพ ธรेशโฮลมีค่าสูง และเกนมีค่าลดลง

3.10 เลฟเวล ดีเทคเตอร์ (Level Detector)

เลฟเวล ดีเทคเตอร์ จะผลิต ทรริกเกอร์ พัลส์ (Trigger pulse) สำหรับ วงจร ไลน์ ซิกเนล ดีเทคเตอร์ ไทมิ่ง ยาวนานเท่ากับ เอาท์พุทของซิกเนล ดีเทคเตอร์ แอมพลิไฟเออร์ แสดงถึงเวลาของสัญญาณที่ได้รับมาก ถ้าไม่ได้ถูกให้ทำงานแบบ 2 สาย พัลส์ เหล่านี้จะใช้การไม่ได้ เมื่อ รีเคवल ทู เซนส์ ไดรเวอร์ เปิด

3.11 ไลน์ ซิกเนล ดีเทคเตอร์ ไทมิ่ง (Line Signal Detector

Timing)

วงจรมีจะยึดสาย ดาต้า แคเรียร์ ดีเทค (Data Signal Detect) ไปที่ เครื่องตัดแปลงในสภาวะออน (On) +12 V ยาวนานเท่ากับที่มันได้รับพัลส์จากเลฟเวล ดีเทคเตอร์ มันจะเตรียมให้ ดีเลย์ มีสภาวะ เปิด (Turn On) และปิด (Turn Off) ซึ่งจะไปทำให้ ฟิวเตอร์ มีสภาวะ เปิดหรือปิดชั่วคราว บนสายข้อมูลที่ได้รับมา

บทที่ 3การสร้างและการทำงานการสร้าง

อันดับแรกของการทดลองจัดสร้าง FSK MODEM ได้ศึกษาคุณลักษณะของ FSK MODEM พบว่า การทำงานหลักคือ การเปลี่ยนข้อมูลเป็นรหัส ดิจิตอล และแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้าส่งผ่านสายทองแดง หรือผ่านชุมสายโทรศัพท์ ซึ่งการทำงานของเครื่องนี้จะต้องอาศัยการส่งการข้อมูล (DATA) จากเครื่อง (Micro-Computer) จากนั้นก็จัดหาอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองสร้าง FSK Modem เช่น วงจร , อะไหล่ , โปรแกรม ควบคุมการทำงานของวงจร เป็นต้น เมื่อได้อุปกรณ์ดังกล่าวแล้ว ทดลองประกอบในแผงวงจรทดลอง (Photo Board) เมื่อทดลองจนแน่ใจว่าวงจรที่สร้างขึ้นนี้สามารถทำงานได้ ก็จัดท่าแม่พิมพ์ขึ้นตามวงจร และขนาดของอุปกรณ์ วงจร อุปกรณ์ (ยกเว้นไอซี) พร้อมบัดกรีให้เรียบร้อย จากนั้นจ่ายไฟให้วงจรและจัดไฟของวงจรทั้งหมดว่า ได้ความวงจรก็สามารถใส่ไอซีได้ ตรวจสอบความเรียบร้อยอีกครั้งหนึ่งสำหรับการทดลองจะได้กล่าวในบทต่อไป

การทำงานของวงจร

IC XR 1488 และ XR 14894 เป็น Match Pair IC ซึ่งใช้คู่กันในการเป็น Quan Line Driver และ Receiver โดยจะทำหน้าที่เป็น Data Communication equipment มาตรฐาน RS-232 C โดยต่อกับ RS-232 ADAPTER ตามมาตรฐาน RS-232 C และ O/P ของ XR 1488 และ XR-14894 ต่อเข้ากับ IC 8806 ซึ่งเป็น LSI ซึ่งทำหน้าที่ BUS INTERFACE และ CONTROL FUNCITION โดย I/P 8806 ต่อกับ DIP SWITCH ซึ่งจะ SET ค่าให้ขาต่าง ๆ ของ 8806 ส่งสัญญาณ O/P ออกไปเป็นมาตรฐานของ BELL หรือ CCITT แบบใด และสำหรับ 8812 เป็น Processor แบบ Single Chip เป็น

Manufacturer Productor Specials ซึ่งจะส่งสัญญาณและ Data ผ่านจากสายโทรศัพท์ ออกไปยังคอมพิวเตอร์

รายละเอียดการทำงาน

- จากวงจร RS-232 ADATER ต่อเข้ากับ I/P , O/P ของ XR-1488 และ XR-1489 A เพื่อส่งและรับข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ในลักษณะ Serial Data จาก RS 232 C
- ขาที่ 1 เป็น Protective Ground จะต่อ Resistor ลง ground
- ขาที่ 2 เป็น Transmitted Data ต่อกับขา 10 ของ XR-1488 ซึ่งเป็น I/P₂ ของ Driver
- ขาที่ 3 เป็น Received Data ต่อกับขา 8 ของ XR-1489 A ซึ่งเป็น I/P₂ ของ Line Receiver
- ขาที่ 5 และ 6 เป็น Clear to Sent และ Data Set Ready ต่อ Resistor Pull up ให้ LOGIC "1" เพื่อแสดงว่าพร้อมที่จะรับและส่ง Data
- ขาที่ 7 เป็น Signal ground ต่อลงกราวด์
- ขาที่ 8 เป็น Received Line Signal detector ต่อกับขา 11 ของ XR-1489 A ซึ่งเป็น O/P₂
- ขาที่ 20 เป็น Data terminal Ready ต่อกับขา 13 ของ XR-1488 ซึ่งเป็น I/P₄ ของ Driver
- ขาที่ 22 เป็น Ring Detector ต่อกับขา 6 ของ XR-1489 A ซึ่งเป็น O/P₂ ของ Line Receiver

จาก 8812

- ขาที่ 7 เป็น O/P Audio ผ่านไป Audio Apm และออกลำโพงเพื่อแสดงสถานะการตัดต่อ
- ขาที่ 12 เป็น -VCC และขา 14 เป็น + VCC สำหรับขา 1,2,22 ต่อลงกราวด์ โดยผ่าน C₂₈ ต่อ + VCC ขา 20 และ 21 เป็น X-TAL I/P เป็นขา Clock in ขา 15,16,17,18 เป็น Data ขา 23 เป็น RD/WR CONTROL

จาก 8806 เป็น BUS INTERFACE AND CONTROL FUNCTION

รายละเอียดบนหน้าปัด Modem

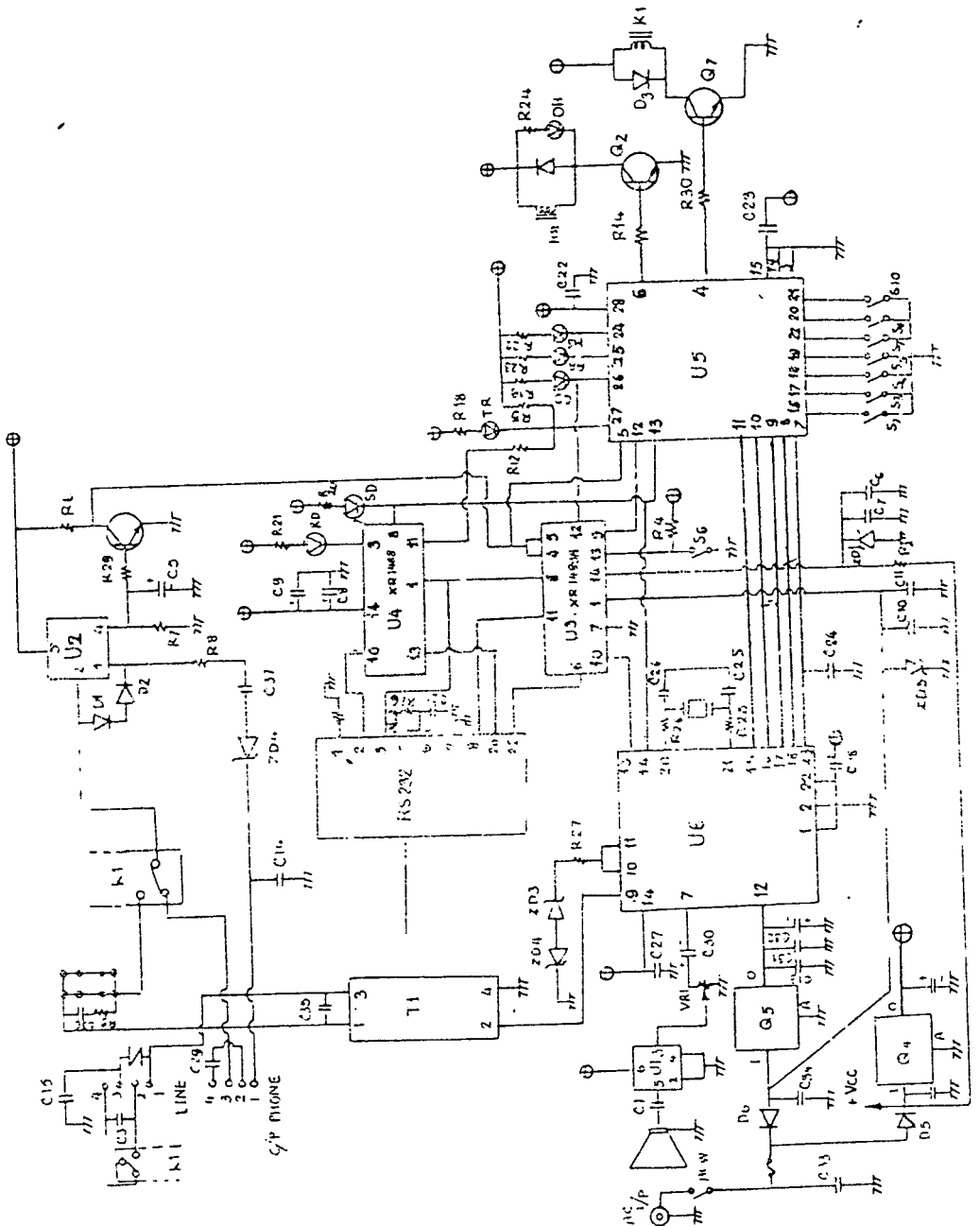
1. MR (Modem Ready) หมายถึง ไฟที่ MR ติดเมื่อเราเปิดจ่ายไฟให้ Modem
2. TR (Terminal Deady) หมายถึง ไฟที่ TR ติด Computer หรือ Modem
พร้อมที่จะทำงาน
3. CD (Carrier Detector) หมายถึง ไฟที่ CD ติดเมื่อมีสัญญาณเข้ามาใน Modem
4. SD (Send Data) หมายถึง ไฟกระพริบ เมื่อ Modem ส่งข้อมูลข้อไฟติดเมื่อ Modem
รับข้อมูล
5. RD (Receive Data) หมายถึง ไฟกระพริบ เมื่อ Modem รับข้อมูลจากภายนอก
6. HS (High Speed) หมายถึง ไฟติดเมื่อ Modem ทำงานที่ 1200 bps ถ้าไฟดับ
Modem ทำงานที่ 300 bps
7. AA (Auto Answer) หมายถึง ไฟติด Modem จะถูกกำหนดให้ตอบรับโดยอัตโนมัติเมื่อ
มีสัญญาณเรียกเข้ามา ถ้าไฟกระพริบเมื่อมีสัญญาณโทรค้นหา
8. OH (OFF-HOOK) หมายถึง ไฟติดเมื่อ Modem ใช้สายโทรศัพท์ไฟดับเมื่อไม่ใช่โทรศัพท์

บทที่ 4การทดลองและผลการทดลองการทดลอง

เมื่อประกอบโมเต็มเสร็จเรียบร้อยแล้วก็ทำการทดลองการทำงานของเครื่อง โดยต่อโมเต็มกับไมโครคอมพิวเตอร์ ผ่าน RS-232 และต่อสายโทรศัพท์เข้ากับ LINE .เมื่อเปิดสวิตซ์ไฟ จะเห็นว่าไฟที่ตำแหน่ง MR, FR, HS, AA ติดตลอดแสดงว่าเครื่องพร้อมแล้วที่จะสามารถรับ-ส่งข้อมูลได้ จากนั้นดำเนินการคอมพิวเตอร์ เพื่อสั่งการให้โมเต็มทำงาน ในกรณีที่เราจะติดต่อกับภายนอกก็กดหมายเลขโทรศัพท์ปลายทางที่เป็นโมเต็มระบบเดียวกันเมื่อส่งสัญญาณออกไฟ ไฟ S.D. จะกระพริบแสดงว่าสัญญาณส่งออกใช้งานได้ เมื่อโมเต็มกับโมเต็มติดต่อกันได้ไฟ O.H. จะติด จากนั้นจะมีการตอบรับแสดงบนจอของไมโครคอมพิวเตอร์

ผลการทดลอง

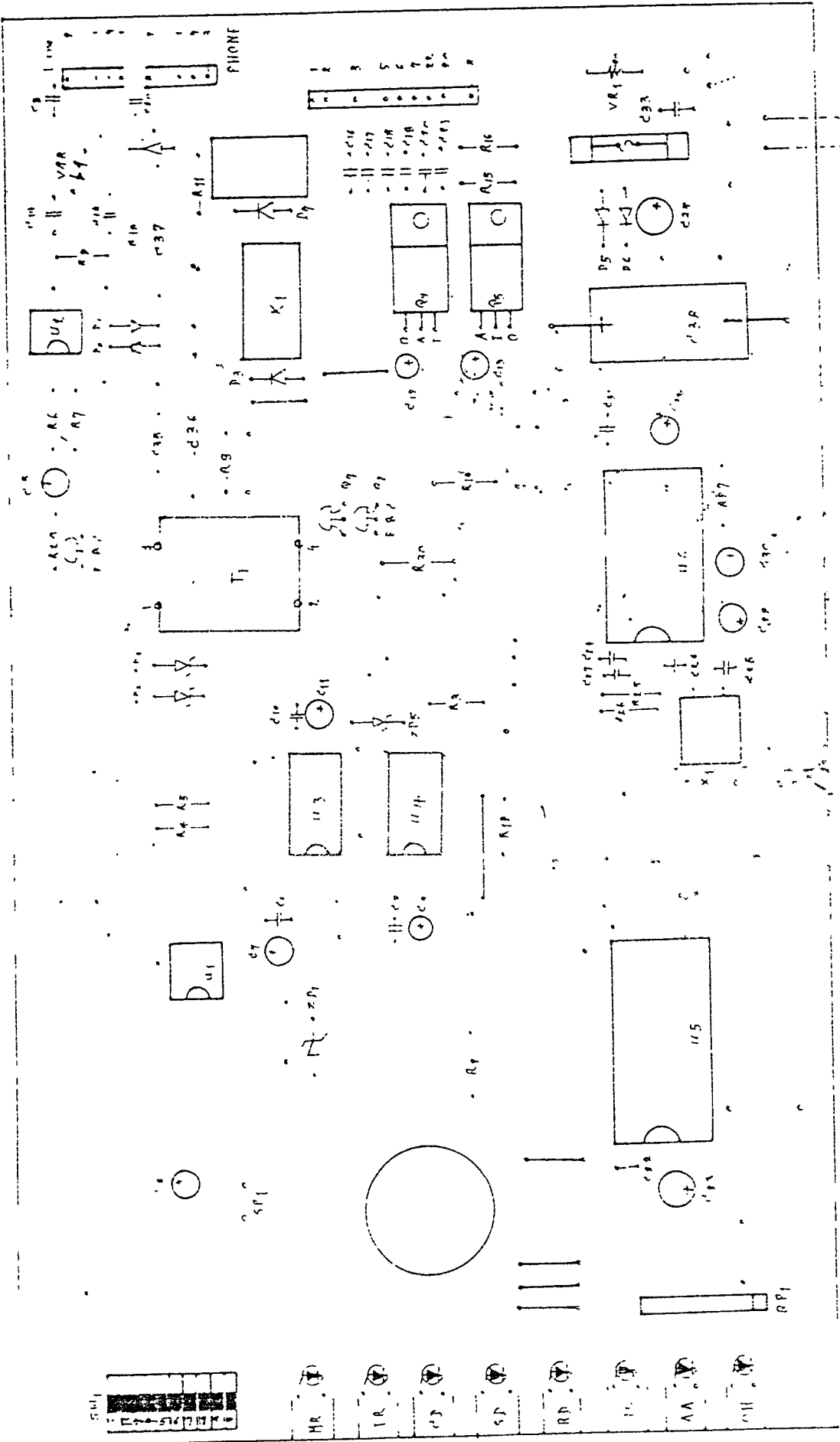
จากการทดลองข้างต้นปรากฏว่าสามารถติดต่อกันระหว่างโมเต็มกับโมเต็มได้อย่างมีประสิทธิภาพ



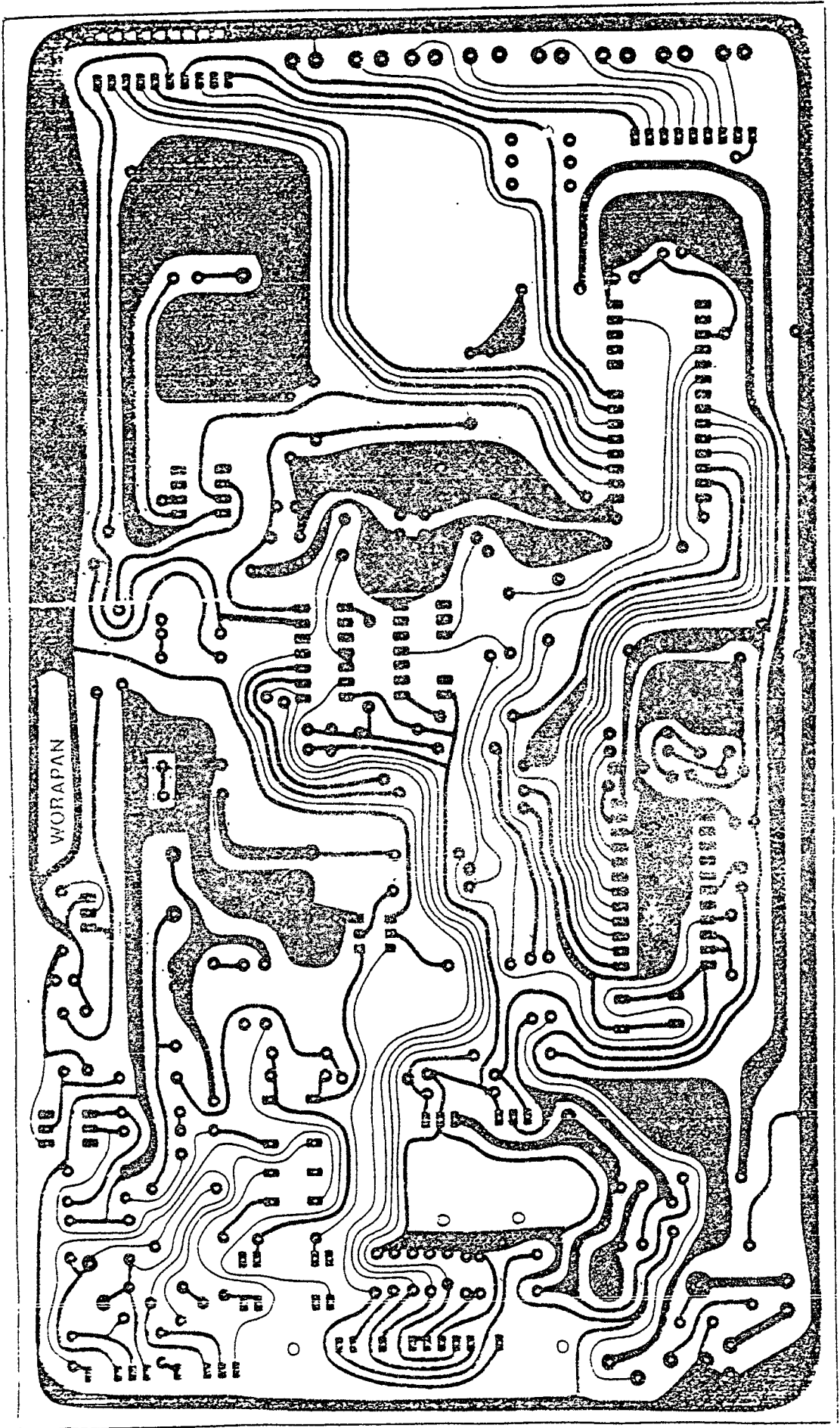
3. รายละเอียดอุปกรณ์ประกอบ FSK. MODEM

| | | | |
|-------------------------------------|--------|---------|------|
| VR 1 | 10 KB | | |
| R 2-3 | 150 | | |
| R 4, R 6, R 14, R 30 | 4.7 K | | |
| R 5 | 10 K | | |
| R 7 | 3 K | | |
| R 8 | 7.5 | | |
| R 9 | 68 K | | |
| R 10-11 | 15 | | |
| R 12 | 110 | | |
| R 15 | 3.3 K | | |
| R 17-24 | 1 K | | |
| R 25-26, R 28 | 560 | | |
| R 29 | 33 K | | |
| C 1 | 100 UF | 16 V | |
| C 3, C 14-15 | 470 PF | 50 V | |
| C 5 | 47 UF | 16 V | |
| C 6, C 8, C 10, C 27, C 31 | | 1 UF | 50 V |
| C 7, C 9, C 11-13, C 23, C 28, C 32 | | 10 UF | 16 V |
| C 16-21 | | .001 UF | 50 V |
| C 22 | 720 PF | 50 V | |
| C 24-25 | 560 PF | | |
| C 26 | 39 PF | | |
| C 30 | 0.2 UF | 16 V | |
| C 34 | 220 UF | 25 V | |

| | |
|-----------|------------------------------|
| C 35 | .01 UF 50 V |
| C 36-37 | .47 UF 250 V |
| C 38 | 2,200 UF 25 V |
| U 1 | LM 386 W |
| U 2 | PC 4 W 35 V Q 1-2, Q7 2N3904 |
| U 3 | MC 1488 Q 4 LM 7905 CT |
| U 4 | MC 1489 Q 5 LM 340 TS |
| U 5 | 8806 |
| U 6 | 8812 |
| D 1 - D 3 | Diode |
| D 5-6 | Diode Rectifier |
| ZD 1-5 | Zener Diode |
| CN 1 | Adaptor RS 232 |
| SP 1 | Speaker |
| T 1 | Line interface |

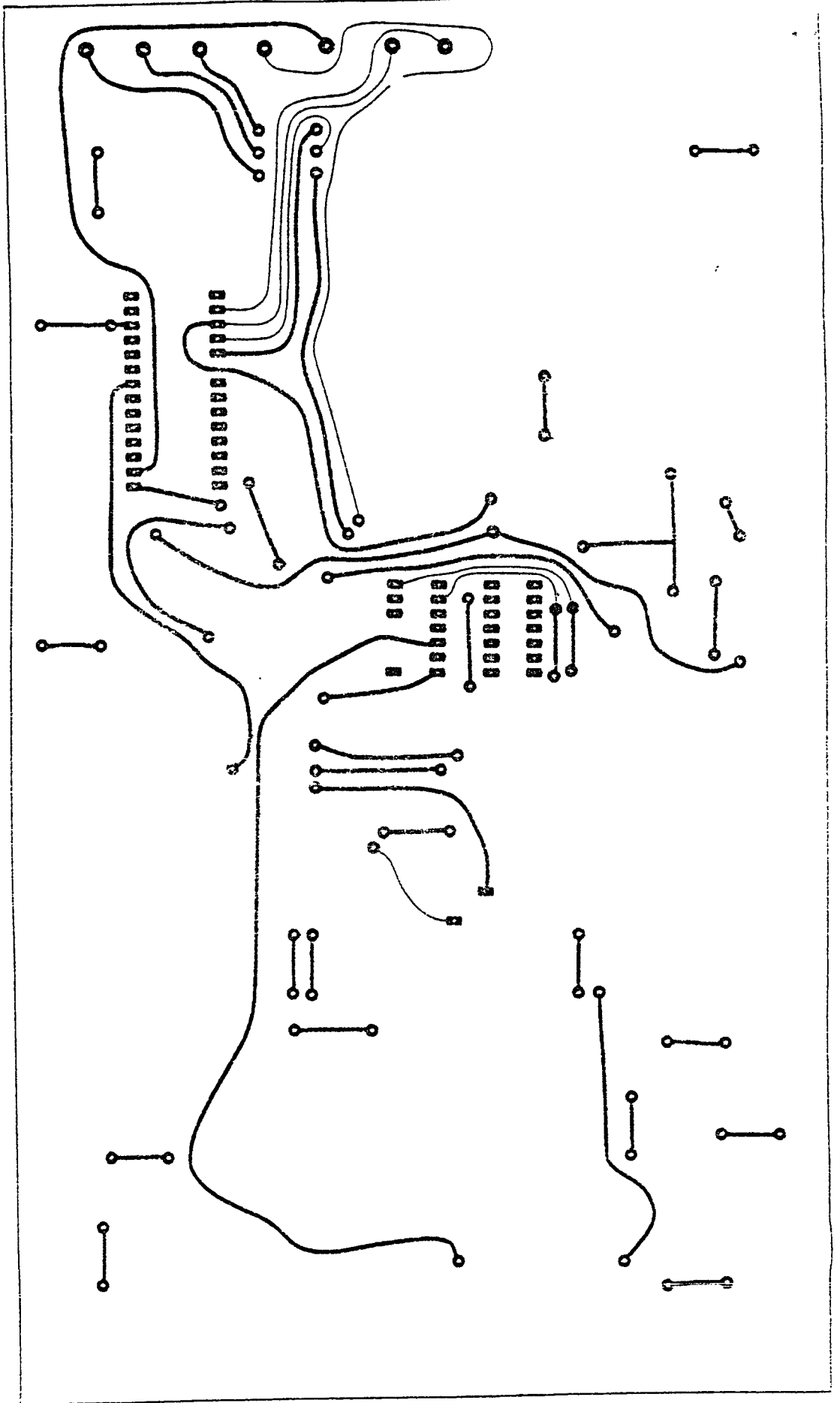


Handwritten text or signature at the bottom right of the page.



WORAPAN

© 1980 HUGHES AIRCRAFT COMPANY



March 26 1954

ในเมนูมีการทำงานในลักษณะต่าง ๆ มากมาย ในที่นี้จะพูดถึงการทำงานในส่วนที่สำคัญ ๆ ที่จำเป็นในการใช้โปรแกรมเท่านั้น

3. ผู้ที่ยังไม่เคยใช้โปรแกรมมาก่อน ควรจะปรับตั้งเครื่องมือเสียก่อน สิ่งแรกที่ต้องทำคือปรับ Line Setting โดยการกด Alt-P จะได้เมนูออกมาในรูปที่ 2

```

IMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMM
:
: LINE SETTINGS :
: LMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMMM
:
: CURRENT SETTINGS: 300,E,7,1,COM1 :
:
: 1) 300,E,7,1 7) 300,N,8,1 :
: 2) 1200,E,7,1 8) 1200,N,8,1 :
: 3) 2400,E,7,1 9) 2400,N,8,1 :
: 4) 4800,E,7,1 10) 4800,N,8,1 :
: 5) 9600,E,7,1 11) 9600,N,8,1 :
: 6) 19200,E,7,1 12) 19200,N,8,1 :
:
: Parity Data Bits Stop Bits :
: 13) ODD 16) 7 bits 18) 1 bit :
: 14) MARK 17) 8 bits 19) 2 bits :
: 15) SPACE :
:
: 20) COM1 21) COM2 22) COM3 23) COM4 :
:
: 24) Save changes YOUR CHOICE: :
:
HMMMMMMMMMMMM5 Press ESC to return FMMMMMMMM
:
: LINE SETTINGS :

```

การตั้ง แล้วแต่ชนิดของโมเด็ม ส่วนใหญ่จะเป็นโมเด็ม 1200 บอดเปอร์เซคคัน (Baud per second, BPS) และบูลเลทิน บอร์ด ซีสเต็ม (Bulletin Board System, BBS) ส่วนใหญ่จะตั้งไว้ที่ 1200 BPS Non Parity B data และ 1 Stop bit หรือทางเลือกข้อ 8 นิมพ์ 8 แล้วกดเอนเตอร์ (Enter) ค่าของ เคอร์เรน เซตติง (Current Settings) บรรทัดที่ 2. จะเปลี่ยนเป็น 1200 N, 8, 1, Com 1 ถ้าสายโมเด็มต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ที่ COM. PORT อื่นให้กด 21, 22 หรือ 23 แล้วแต่ว่าอยู่ที่ไหน ถ้าใช้เอ็กเทอร์นอล โมเด็ม (External Modem) มักจะต่อเข้า COM 1 ถ้าเป็น อินเทอร์-นอล โมเด็ม (Internal Modem) ควรจะตั้ง ดิฟ สวิทช์ (Dip Switch) ที่ตัวโมเด็ม เป็น COM 2 หรือ COM 3 และตั้งที่ไลน์ เซทติง (Line Settings) ให้ตรงกัน เมื่อ ตั้งเสร็จแล้วนิมพ์ 24 กดเอนเตอร์ เพื่อบันทึกไว้ ต่อไปกด ESC เพื่อออกจากเมนู

4. กด Alt-F 10 อีกครั้งเพื่อเรียกดู Help menu ต่อไปกด Alt-s เพื่อเข้า SETUP MENU ดังในรูปที่ 3

MMMMMMMMMMMMMMMMMMMM5 SETUP

- 1) MODEM SETUP
- 2) TERMINAL SETUP
- 3) KERMIT SETUP
- 4) GENERAL SETUP
- 5) HOST MODE SETUP
- 6) ASCII TRANSFER SETUP
- S) SAVE SETUP TO DISK

MM

รูปที่ 3

ใน SET UP MENU กด 1 และเอนเตอร์ (ENTER) เพื่อเข้า MODEM SET UP

ในเมนูนี้สำคัญอยู่หมายเลข 2 Dialing Command ถ้าใช้โทรศัพท์ที่ใช้เป็นแบบใหม่ คือ แบบกดปุ่ม ช่างทำจะเป็น ATDT แต่ถ้าโทรศัพท์เป็นแบบ หมุนแบบเก่า ให้กดหมายเลข 2 และ Enter - นิมฟ์. ATDP ลงไป T=Tone (กดปุ่ม) P=Pulse (หมุน)

แล้วกด ESC เพื่อออกจาก MODEM SETUP เข้า SETUP MENU (รูปที่ 4)

ใน SETUP MENU นั้น จะมี SETUP อยู่อีกหลายอย่างซึ่งผู้อ่านควรศึกษาต่อ แต่เท่าที่แนะนำมาก็เพียงพอในการเริ่มต้น ถ้าไม่มีการ SETUP อะไรอีกให้กด S และ Enter เพื่อ Save เข้า Disk เสร็จแล้วกด Esc

5. กด Alt-F10 เพื่อดู Help อีก (รูปที่ 2) และดูภาค ๗ ในส่วนที่เราจำเป็นจะต้องรู้
ในชั้นแรก

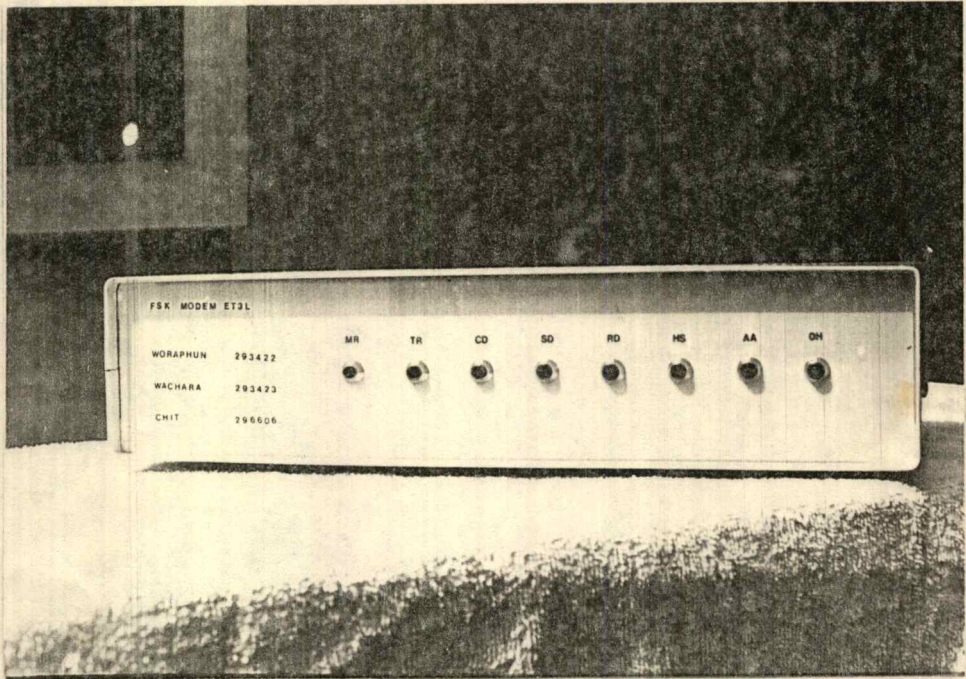
- Alt-D แสดงรายการชื่อ หมายเลขโทรศัพท์ และเริ่มการติดต่อ
- Alt-R หมุนโทรศัพท์ซ้ำ
- Alt-P ปรับตั้งระบบ
- Alt-X เลิกใช้
- Alt-O สำหรับคุยกันโดยจงจะแบ่งเป็น 2 ภาค
- Alt-F6 สำหรับย้อนกลับไปอ่านข้อความที่ผ่านมาแล้ว หรือเปลี่ยนหน้า (ตัวอักษรที่แสดงในจอภาพ เป็น 1 หน้า) หรือค้นหาข้อความ
- Alt-I แจ้งเรื่องการใช้โปรแกรม PROCOMM นี้
- Alt-S ปรับตั้งการใช้ต่าง ๆ
- Alt-B เปลี่ยน Dos DIRECTORY ที่ใช้อยู่
- Alt-E เปลี่ยนจาก Half Duplex เป็น Full Duplex หรือกลับกัน
Half Duplex - รับหรือส่งได้ทีละฝ่าย
Full Duplex - รับหรือส่งได้พร้อมกัน
- Alt-L เปิดปิดเครื่องนิมฟ์
- Alt-Z ตั้งสับนจอภาพ (ต้องเป็นจอสี)

PgUp ส่งไฟล์
PgDn รับไฟล์
Alt-F เรียงรายชื่อออกมาดู

6. การติดต่อเริ่มด้วย กด Alt-D จะได้ DIALING DIRECTORY

บทที่ 5บทวิจารณ์และสรุป

จากการจัดทำ FSK MODEM นี้ ทำให้ได้ความรู้ทางด้านนี้เพิ่มมากขึ้นและเป็นเทคโนโลยีที่มีการพัฒนาอย่างมากแขนงหนึ่ง แต่ก็ยังมีปัญหาบางประการในการใช้ IC แต่ละภาคมาประกอบรวมกัน ทำให้เกิดการรบกวนต่าง ๆ ในการทำงาน จึงได้นำเอา IC แบบหลาย ๆ ตัวรวมกันในตัวเดียวมาทดสอบปรากฏว่าสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



เครื่อง FSK MODEM



XR-1488/1489A

Quad Line Driver/Receiver

GENERAL DESCRIPTION

The XR-1488 is a monolithic quad line driver designed to interface data terminal equipment with data communications equipment in conformance with the specifications of EIA Standard No. RS232C. This extremely versatile integrated circuit can be used to perform a wide range of applications. Features such as output current limiting, independent positive and negative power supply driving elements, and compatibility with all DTL and TTL logic families greatly enhance the versatility of the circuit.

The XR-1489A is a monolithic quad line receiver designed to interface data terminal equipment with data communications equipment. The XR-1489A quad receiver along with its companion circuit, the XR-1488 quad driver, provide a complete interface system between DTL or TTL logic levels and the RS232C defined voltage and impedance levels.

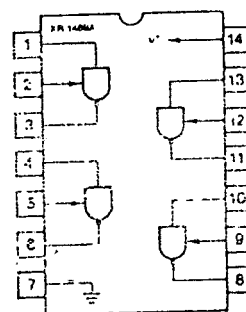
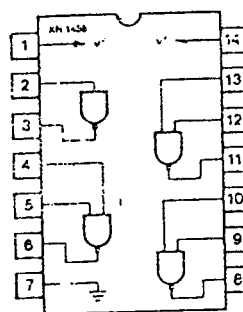
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

| | | |
|--------------------|--|--------------|
| Power Supply | | ± 15 Vdc |
| XR-1488 | | + 10 Vdc |
| XR-1489A | | |
| Power Dissipation | | 1000 mW |
| Ceramic Package | | 6.7 mW/°C |
| Derate above +25°C | | 650 mW/°C |
| Plastic Package | | 5 mW/°C |
| Derate above +25°C | | |

ORDERING INFORMATION

| Part Number | Package | Operating Temperature |
|-------------|---------|-----------------------|
| XR-1488N | Ceramic | 0°C to +70°C |
| XR-1488P | Plastic | 0°C to +70°C |
| XR-1489AN | Ceramic | 0°C to +70°C |
| XR-1489AP | Plastic | 0°C to +70°C |

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAMS



SYSTEM DESCRIPTION

The XR-1488 and XR-1489A are a matched set of quad line drivers and line receivers designed for interfacing between TTL/DTL and RS232C data communication lines.

The XR-1488 contains four independent split supply line drivers, each with a ± 10 mA current limited output. For RS232C applications, the slew rate can be reduced to the $30 \text{ V}/\mu\text{S}$ limit by shunting the output to ground with a 410 pF capacitor. The XR-1489A contains four independent line receivers, designed for interfacing RS232C to TTL/DTL. Each receiver features independently programmable switching thresholds with hysteresis, and input protection to $\pm 30 \text{ V}$. The output can typically source 3 mA and sink 20 mA .

XR-1488/1489A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: $V^+ = +9.0 \pm 1\% \text{ Vdc}$, $V^- = -9.0 \pm 1\% \text{ Vdc}$, $T_A = 0^\circ\text{C to } +70^\circ\text{C}$, unless otherwise noted)

| PARAMETERS | XR-1488 LIMITS | | | UNITS | CONDITIONS |
|--|----------------|----------------------------|--|---------------|---|
| | MIN | TYP | MAX | | |
| Forward Input Current | | 1.0 | 1.6 | mA | $V_{in} = 0 \text{ Vdc}$ |
| Reverse Input Current | | | 10 | μA | $V_{in} = +5.0 \text{ Vdc}$ |
| Output Voltage High $V^+ = +9.0 \text{ Vdc}$, $V^- = -9.0 \text{ Vdc}$ $V^+ = +13.2 \text{ Vdc}$, $V^- = -13.2 \text{ Vdc}$ | +6.0 +9.0 | +7.0 +10.5 | | Vdc | $V_{in} = 0.8 \text{ Vdc}$, $R_L = 3.0 \text{ k}\Omega$ |
| Output Voltage Low $V^+ = +9.0 \text{ Vdc}$, $V^- = -9.0 \text{ Vdc}$ $V^+ = +13.2 \text{ Vdc}$, $V^- = -13.2 \text{ Vdc}$ | -6.0 -9.0 | -7.0 -10.5 | | Vdc | $V_{in} = 1.9 \text{ Vdc}$, $R_L = 3.0 \text{ k}\Omega$ |
| Positive Output Short-Circuit Current | +6.0 | +10 | +12 | mA | |
| Negative Output Short-Circuit Current | -6.0 | -10 | -12 | mA | |
| Output Resistance $V^+ = V^- = 0$ | 300 | | | Ohms | $ V_o = \pm 2.0 \text{ V}$ |
| Positive Supply Current ($R_L = \infty$) $V_{in} = 1.9 \text{ Vdc}$, $V^+ = +9.0 \text{ Vdc}$ $V_{in} = 0.8 \text{ Vdc}$, $V^+ = +9.0 \text{ Vdc}$ $V_{in} = 1.9 \text{ Vdc}$, $V^+ = +12 \text{ Vdc}$ $V_{in} = 0.8 \text{ Vdc}$, $V^+ = +12 \text{ Vdc}$ $V_{in} = 1.9 \text{ Vdc}$, $V^+ = +15 \text{ Vdc}$ $V_{in} = 0.8 \text{ Vdc}$, $V^+ = +15 \text{ Vdc}$ | | +15 +4.5 +19 +5.5 | +20 +6.0 +25 +7.0 +34 +12 | mA | |
| Negative Supply Current ($R_L = \infty$) $V_{in} = 1.9 \text{ Vdc}$, $V^- = -9.0 \text{ Vdc}$ $V_{in} = 0.8 \text{ Vdc}$, $V^- = -9.0 \text{ Vdc}$ $V_{in} = 1.9 \text{ Vdc}$, $V^- = -12 \text{ Vdc}$ $V_{in} = 0.8 \text{ Vdc}$, $V^- = -12 \text{ Vdc}$ $V_{in} = 1.9 \text{ Vdc}$, $V^- = -15 \text{ Vdc}$ $V_{in} = 0.8 \text{ Vdc}$, $V^- = -15 \text{ Vdc}$ | | -13 0 -18 0 | -17 0 -23 0 -34 -2.5 | mA | |
| Power Dissipation $V^+ = 9.0 \text{ Vdc}$, $V^- = -9.0 \text{ Vdc}$ $V^+ = 12 \text{ Vdc}$, $V^- = 12 \text{ Vdc}$ | | | 333 576 | mW | |
| Switching Characteristics ($V^+ = +9.0 \pm 1\% \text{ Vdc}$, $V^- = -9.0 \pm 1\% \text{ Vdc}$, $T_A = +25^\circ\text{C}$) | | | | | |
| Propagation Delay time (t_{pd}^+) | | 150 | 200 | ns | $Z_L = 3.0\text{k and } 15 \text{ pF}$ |
| Fall Time | | 45 | 75 | ns | $Z_L = 3.0\text{k and } 15 \text{ pF}$ |
| Propagation Delay Time (t_{pd}^-) | | 65 | 120 | ns | $Z_L = 3.0\text{k and } 15 \text{ pF}$ |
| Rise Time | | 55 | 100 | ns | $Z_L = 3.0\text{k and } 15 \text{ pF}$ |

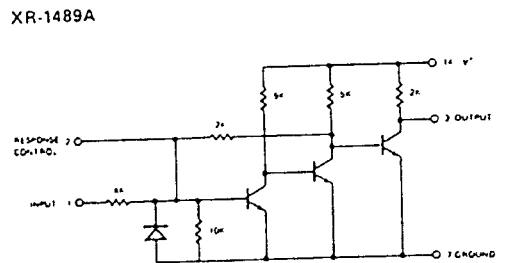
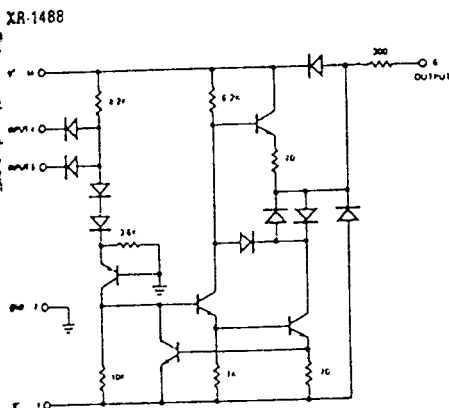
XR-1488/1489A

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Test Conditions: Response control pin is open. ($V^+ = +5.0 \text{ Vdc} \pm 1\%$, $T_A = 0^\circ\text{C}$ to $+75^\circ\text{C}$, unless otherwise noted)

| PARAMETERS | XR-1489 LIMITS | | | UNITS | CONDITIONS |
|---|----------------|------------|------------|-------|---|
| | MIN | TYP | MAX | | |
| Positive Input Current $V_{in} = +25 \text{ Vdc}$ $V_{in} = +3.0 \text{ Vdc}$ | 3.6 0.43 | | 8.3 | mA | |
| Negative Input Current $V_{in} = -25 \text{ Vdc}$ $V_{in} = -3.0 \text{ Vdc}$ | -3.6 -0.43 | | - 8.3 | mA | |
| Input Turn-On Threshold Voltage $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{OL} \leq 0.45 \text{ V}$ | 1.75 | 1.95 | 2.25 | Vdc | |
| Input Turn-Off Threshold Voltage $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{OH} \geq 2.5 \text{ V}$ | 0.75 | 0.8 | 1.25 | Vdc | $I_L = -0.5 \text{ mA}$ |
| Output Voltage High $V_{in} = 0.75 \text{ V}$ Input Open Circuit | 2.6 2.6 | 4.0 4.0 | 5.0 5.0 | -Vdc | $I_L = -0.5 \text{ mA}$ |
| Output Voltage Low | | 0.2 | 0.45 | Vdc | $V_{in} = 3.0 \text{ V}$, $I_L = 10 \text{ mA}$ |
| Output Short-Circuit Current | | 3.0 | | mA | |
| Power Supply Current | | 20 | 26 | mA | $V_{in} = +5.0 \text{ Vdc}$ |
| Power Dissipation | | 100 | 130 | mW | $V_{in} = +5.0 \text{ Vdc}$ |
| Switching Characteristics ($V^+ = 5.0 \text{ Vdc} \pm 1\%$, $T_A = +25^\circ\text{C}$) | | | | | |
| Propagation Delay Time (t _{PLH}) | | 25 | 85 | ns | $R_L = 39 \text{ k}\Omega$ |
| Rise Time | | 120 | 175 | ns | $R_L = 39 \text{ k}\Omega$ |
| Propagation Delay Time (t _{PHL}) | | 25 | 50 | ns | $R_L = 390 \text{ k}\Omega$ |
| Fall Time | | 10 | 20 | ns | $R_L = 390 \text{ k}\Omega$ |

EQUIVALENT SCHEMATIC DIAGRAMS



Tri-State FSK Modem Design Using XR-2207 And XR-2211

INTRODUCTION

This application note describes the design principle and the operation of "tri-state" frequency-shift keyed (FSK) Modems for industrial process control systems. Compared to conventional "bi-state" Modems which utilize only the *mark* and *space* frequencies, the tri-state Modems utilize a third frequency, called the "carrier signal", for additional command and control functions. This carrier-control feature allows each Modem system connected to a central processor (CPU) to be interrogated or activated, one at a time, without interference from the other Modem transmitters or receivers within the same system.

The design and operation of conventional bi-state FSK Modems using the XR-2206 modulator and the XR-2211 demodulator are covered in Exar's Application Note AN-01. This application note extends these basic concepts to the design of FSK modulators or demodulators with tri-state operation capability.

FUNDAMENTALS OF TRI-STATE OPERATION

In a wide variety of industrial process control applications, it is necessary to have a number of separate sensors and controllers activated by a centralized computer or processing unit (CPU). This can be achieved by operating a number of separate FSK modulator/demodulator (Modem) stations over a common set of telephone lines and address to them, one at a time, from the CPU. The simplified block diagram of such a process control system is shown in Figure 1. In many cases, such a process controlled system also makes use of the "distributed-intelligence" concept by employing a separate data acquisition system at each control station. Such an *intelligent* data

acquisition system is normally made up of a microprocessor along with its A/D and D/A converter circuitry which interface with the sensors and the control machinery; and an FSK Modem which interfaces with the telephone wires going back to the central command unit, the CPU.

In such a complex process control system the FSK Modem stations play a crucial role in interfacing the distributed control stations with the CPU. The Modem arrays are selectively "interrogated" by the CPU, one at a time, by operating them under so-called "carrier-control" mode, i.e., they are addressed or enabled only when a specific carrier-tone is sent out from the CPU.

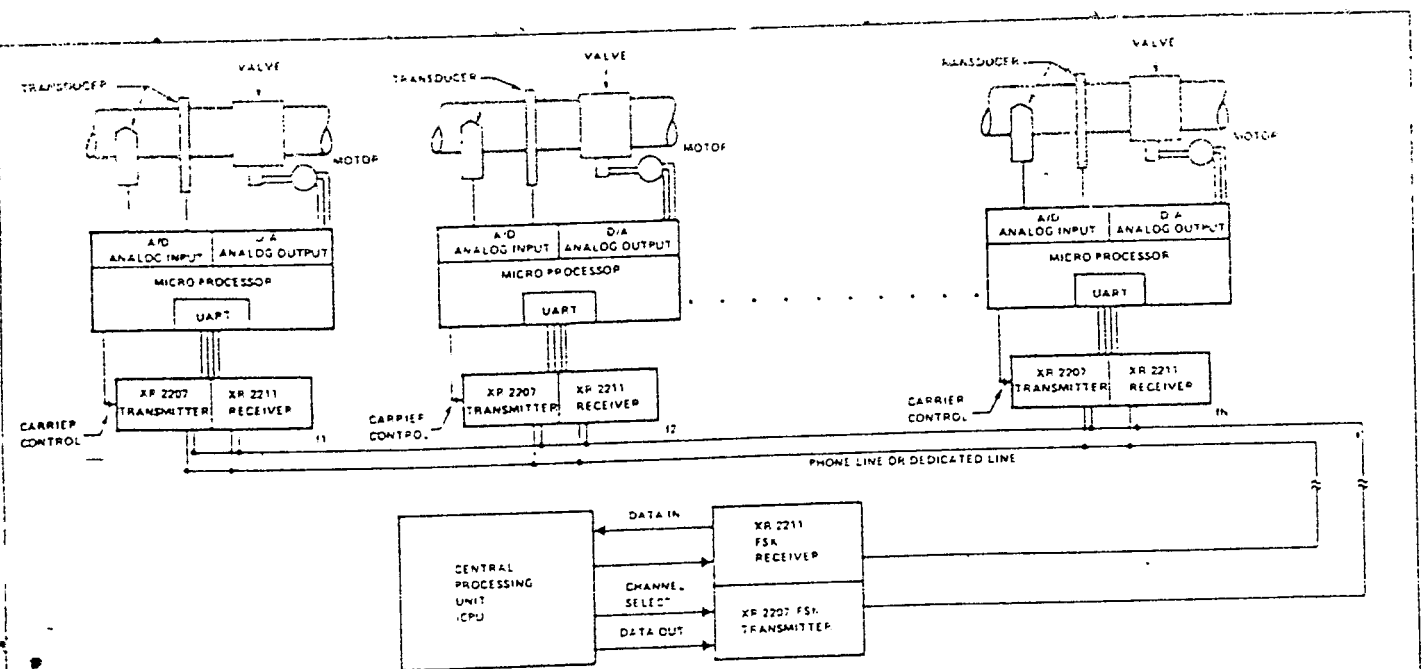


Figure 1. Simplified Block Diagram of a Complex Process Control System with multiple FSK Modems.

In conventional operation of FSK Modems, one operates them in their "bi-state" mode, i.e., the information to be transmitted or received is available in *two* states, corresponding to either a *mark* or a *space* frequency. In a complex process control system, such as the one shown in Figure 1, the versatility of the system can be greatly enhanced by operating the FSK modulator and the demodulator in a "tri-state" mode where the information to be transmitted or received is available in *three* states, i.e., a "mark" or a "space" frequency, or a "carrier" signal, which is normally a tone having a frequency half-way between the mark and space frequencies.

Figure 2 shows a detailed block diagram of a complete tri-state FSK Modem system. The system is made up of five blocks:

- (A) FSK transmitter or encoder which converts the input data or logic signals into transmitted "mark", "space" and "carrier" tones.
- (B) FSK receiver or decoder which converts the frequency signals sent over the telephone lines into binary logic signals.
- (C) Transmitter band-pass filter which band-limits the frequency output of the transmitter to the allocated transmitter bandwidth.
- (D) Receiver band-pass filter which limits the incoming signals to those frequencies which fall within the allocated receiver bandwidth.
- (E) A "line hybrid", or a 4-wire to 2-wire transformer, which isolates or de-couples the transmitter output from the receiver input.

The first 2 blocks, i.e., the FSK transmitter and the receiver, are the essential part of the Modem system. The remaining three blocks, namely the active filters and the line-hybrid are support circuits, depending on the frequency-band requirements or the necessary telephone line interconnections. Detailed descriptions and design examples for these active filters are given in Exar's Application Note AN-03.

The tri-state Modem is designed to operate in two separate frequency bands: A "transmit-band" for the transmitted data, and a "receive-band" for the incoming frequencies. In certain operating modes, such as the half-duplex operation, these frequency bands may be one and the same. In its most general case, the frequency information associated with the tri-state Modem system of Figure 2, is concentrated in *three* discrete frequencies in each of the transmit- and receive-bands. These are:

Transmit-Band (transmitter output):

- f_{T1} = Transmitter "mark" frequency
- f_{T2} = Transmitter "space" frequency
- f_{T0} = Transmitter "carrier" or "center" frequency

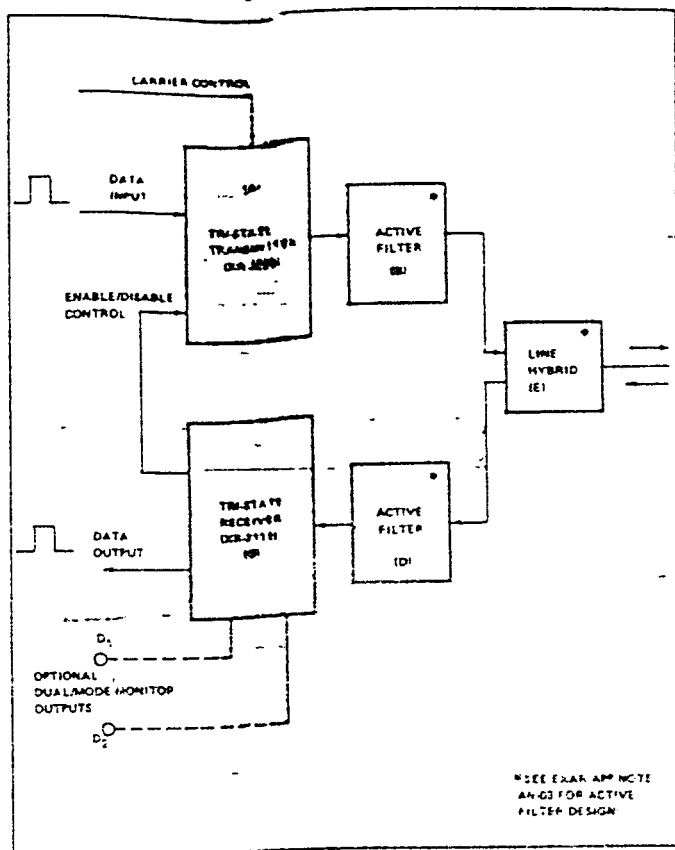


Figure 2. Block Diagram of a Tri-State FSK Modem System.

Receive-Band (receiver input):

- f_{R1} = Receiver "mark" frequency
- f_{R2} = Receiver "space" frequency
- f_{R0} = Receiver "carrier" or "center" frequency

Normally the "mark" and "space" frequencies are chosen to be near the opposite edges of the receive- or transmit-band, and the "carrier" frequency is chosen to be at the center of the corresponding band.

When activated by the enable/disable control, the tri-state transmitter generates either the FSK mark/space frequencies (i.e., frequencies f_{T1} and f_{T2}) or the carrier frequency, f_{T0} . The carrier frequency is activated by the "carrier control" input, and can over-ride the input data.

The tri-state receiver provides two outputs: A binary data-output, when activated by the input mark/space frequencies (i.e., f_{R1} and f_{R2}), and a logic signal to control or enable the transmitter, when the receive-carrier frequency, f_{R0} , is present. As an option, it may have a dual-mode operation capability which can provide serial data outputs for *half-bandwidth* deviations of the input signal, i.e., for FSK signals comprised of center-to-mark or center-to-space frequency shifts. The data outputs corresponding to this mode of operation are shown as outputs D_1 and D_2 of Figure 2.

MODES OF OPERATION

The generalized tri-state Modem system of Figure 2 can operate in a multiplicity of modes. Some of these are outlined below:

Answerback Under CPU Control: The Modem will be in a stand-by mode, with the transmitter disabled, and with the receiver in a stand-by condition with its data output disabled. It will be activated only when an "interrogate" tone at the receiver center frequency, f_{R0} , is transmitted by the control Modem unit associated with the CPU (see Figure 1). This tone is detected by the receiver; it activates the transmitter via its enable/disable control and instructs the local microprocessor to transmit its status information, via the local transmitter. This data is transmitted as an FSK signal made up of the transmit mark and space frequencies, f_{T1} and f_{T2} . When the information transmission is complete, or when the "interrogate" tone is discontinued, the entire Modem system again reverts back to its stand-by mode.

Receive Under CPU Control: In this mode of operation, the transmitter remains disabled, the receiver is at its stand-by mode with its data output disabled. When the FSK data is sent by the CPU Modem transmitter, at mark/space frequencies of f_{R1} and f_{R2} , the data output is enabled and the decoded binary data is fed into the local microprocessor. Since the "center" receive frequency, f_{R0} is not transmitted, the transmitter remains disabled.

Priority-Transmit Request: In an "emergency" situation, the local transmitter can be activated, by its carrier-control input, which causes it to transmit a tone, f_{T0} , at its center frequency. When this tone is received by the CPU, it will be treated as a priority request to transmit information; and the CPU will immediately "interrogate" the corresponding local Modem by sending out its address tone, at frequency f_{R0} .

Dual-Channel Receiver: As an option, the receiver can provide serial data outputs, through separate terminals D_1 and D_2 of

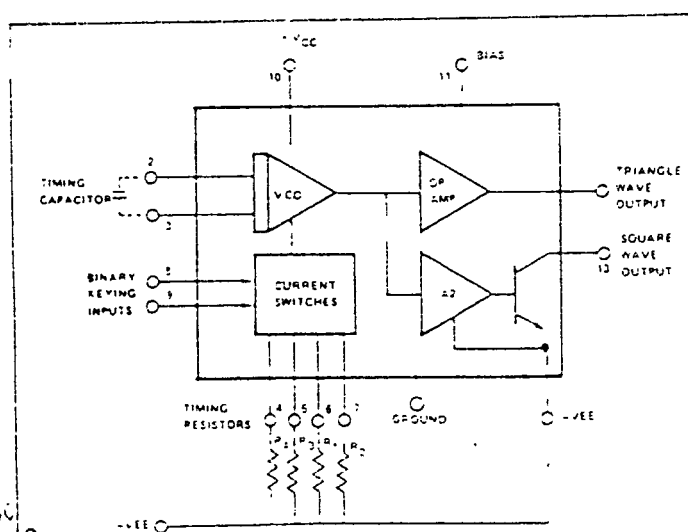


Figure 3. Functional Diagram of XR-2207 Monolithic FSK Generator.

Figure 2, for half-bandwidth deviations of the input FSK signal. In this mode, the input data will be in the form of center-to-mark frequency shifts for one channel, and center-to-space shifts for the other. This mode of operation allows two separate sets of data or control instructions to be transmitted within the same channel bandwidth, provided that only one of these channels is used at any one time.

Dual-Channel Transmit: As an option, the transmitter can also transmit two separate channels, using half-bandwidth deviations of the transmit signal. In this case, the outgoing data will be encoded with center-to-mark transitions of the transmitter frequency in one of the channels; and with the center-to-space transitions in the other. However, similar to the case of the receiver, only one or the other, and not both, of these half-bandwidth channels can be "on" at a given time.

XR-2207 AS A TRI-STATE FSK TRANSMITTER

The XR-2207 is a monolithic voltage-controlled oscillator (VCO) circuit with excellent temperature stability. It provides simultaneous triangle and square wave outputs and can be keyed to any one of four pre-programmed frequencies, by means of external logic signals. These four discrete frequencies are pre-programmed by the choice of four external timing resistors.

Figure 3 shows a functional block diagram of the XR-2207 monolithic FSK generator chip. The circuit is comprised of four functional blocks: a variable-frequency oscillator which generates the basic periodic waveforms; four current switches actuated by binary keying inputs; and buffer amplifiers for both the triangle and square wave outputs. The internal current switches transfer the oscillator current to any of four external timing resistors to produce four discrete frequencies which are selected according to the binary logic levels at the keying terminals.

The frequency of oscillation is set by an external tuning capacitor, and by the combination of one or more of the external

| Logic Level | | Active Timing Resistor | Output Frequency |
|-------------|-------|------------------------|---|
| Pin 8 | Pin 9 | | |
| L | L | Pin 6 | $\frac{1}{C_0 R_1}$ |
| L | H | Pins 6 and 7 | $\frac{1}{C_0 R_1} + \frac{1}{C_0 R_2}$ |
| H | L | Pin 5 | $\frac{1}{C_0 R_3}$ |
| H | H | Pins 4 and 5 | $\frac{1}{C_0 R_3} + \frac{1}{C_0 R_4}$ |

TABLE 1. Output Frequency of the XR-2207 as a function of the Keying Logic.

(*Frequency in Hz, R in Ohms and C in Farads.)

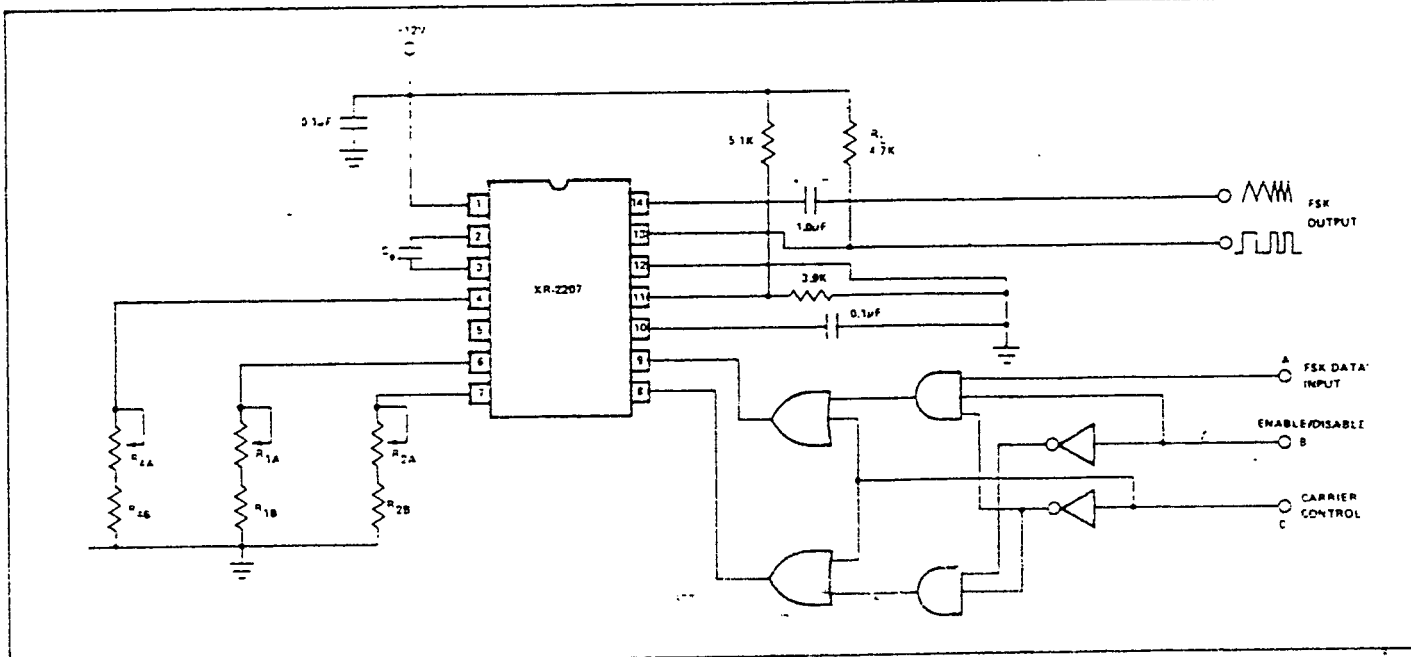


Figure 4. Tri-State FSK Transmitter using the XR-2207.

timing resistors, R_1 through R_4 . The keying terminals switch these external resistors in and out of the circuit and thus control the operating frequency. Table 1 shows the four discrete frequencies which can be obtained as a function of four logic states at pins 8 and 9. It should be noted that the frequency is inversely proportional to the timing resistor connected to the activated timing pin. Thus, for example, if only one of the timing pins, say pin 5, is activated, yet its associated resistor, R_3 is left open-circuited (i.e., $R_3 = \infty$) the oscillator will be keyed "off" since this corresponds to a "zero-frequency" state.

Figure 4 shows the recommended circuit connection of the XR-2207 for its operation as a tri-state FSK transmitter. The three resistors, R_1 , R_2 , and R_4 are used to set the three discrete frequencies to be transmitted in accordance with the frequency expressions given in Table 1, where:

$$f_{T1} = \frac{1}{C_0 R_1} \quad f_{T2} = \frac{1}{C_0 R_2} \quad f_{T0} = \frac{1}{C_0 R_4}$$

It should be noted that pin 5 is left open circuited (i.e., $R_3 = \infty$). This allows the circuit to be keyed "off", or disabled, by applying a "high" logic state to pin 8 and a "low" logic state to pin 9 (see Table 1).

The functions of the three control terminals can be described as follows:

- FSK Data Input:** The serial binary data is applied to this terminal. With the carrier control at "low" and Enable/Disable control at "high" state, the binary data causes the transmitter to generate the mark and space frequencies, f_{T1} and f_{T2} .
- Enable/Disable Control:** When this input is at "low" state, the transmitter is disabled.

- Carrier-Control:** When this terminal is at "high" state, the transmitter generates a continuous tone at frequency f_{T0} .

With the external logic circuitry as shown in Figure 4, Carrier-Control can over-ride both the Enable/Disable or the FSK data inputs. A detailed truth-table of the circuit outputs is given in Table 2, for various states of the three control inputs.

XR-2211 AS A TRI-STATE RECEIVER

The XR-2211 is a monolithic FSK demodulator which operates on the phase-locked loop principle. In addition to the basic PLL system, the monolithic chip also contains a quadrature-detector circuit which produces a logic signal when a carrier signal, or tone, is present within the capture range of the PLL. A simplified functional block diagram of the circuit is shown in Figure 5.

Basic Bi-State Operation: The basic operation of the XR-2211 in conventional bi-state Modems, is described in detail in

| CONTROL INPUT STATES | | | LEVEL AT PIN 8 | LEVEL AT PIN 9 | TRANSMITTER OUTPUT FREQUENCY | TRANSMITTER OPERATING MODE |
|----------------------|---|---|----------------|----------------|------------------------------|----------------------------|
| L | L | L | L | H | OFF | TRANS-MITTER OFF |
| H | L | L | L | H | OFF | TRANS-MITTER OFF |
| L | H | L | L | L | f_{T1} | TRANSMIT DATA |
| H | H | L | H | L | f_{T2} | TRANSMIT DATA |
| L | L | H | H | H | f_{T0} | TRANSMIT CARRIER ONLY |
| L | H | H | H | H | f_{T0} | TRANSMIT CARRIER ONLY |
| H | H | H | H | H | f_{T0} | TRANSMIT CARRIER ONLY |

TABLE 2. Tri-State Transmitter Operating Modes as a function of Control Inputs.

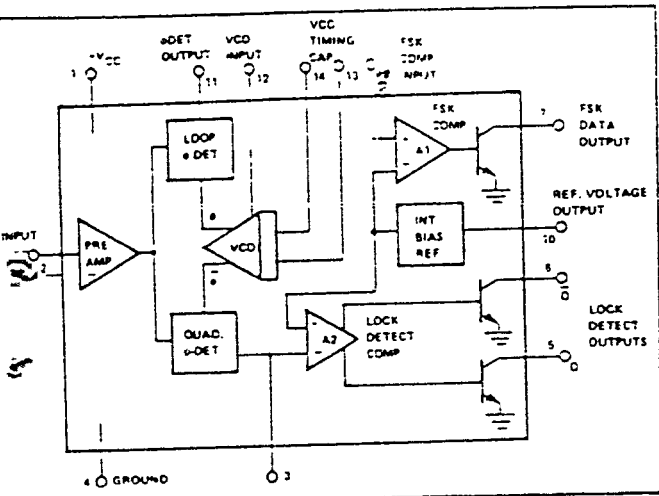


Figure 5. Functional Block Diagram of XR-2211 FSK and Tone Detector.

See the application note AN-01. It will be briefly reviewed below.

The basic circuit connection for the XR-2211 for bi-state FSK detection is shown in Figure 6. The center frequency is determined by $f_0 = (1/C_1 R_4) \text{ Hz}$, where capacitance is in farads and resistance is in ohms. f_0 should be calculated to fall midway between the mark and space frequencies.

The tracking range ($\pm \Delta f$) is the range of frequencies over which the phase-locked loop can retain lock with a swept input signal. This range is determined by the formula:

$$\Delta f = (R_4 f_0 / R_5) \text{ Hz.}$$

Δf should be made equal to, or slightly less than, the difference between the mark and space frequencies. For optimum stability the recommended range of values for R_4 is between 10 k Ω and 100 k Ω .

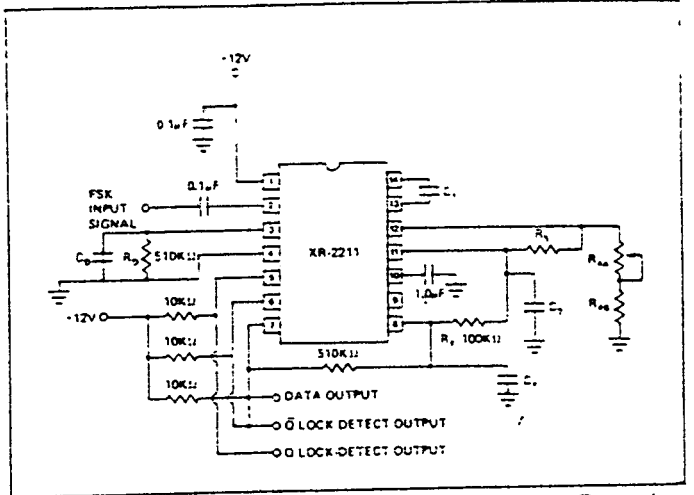


Figure 6. XR-2211 as a Bi-State Receiver with Tone-Detection Capability.

The capture range ($\pm \Delta f_c$) is the range of frequencies over which the phase-locked loop can acquire lock. It is always less than the tracking range. The capture range is limited by C_2 , which, in conjunction with R_5 , forms the loop filter time constant. In most Modem applications, Δf_c is chosen to be $\approx 80\%$ to 95% of the tracking range, Δf .

The bi-state FSK data filter, made up of R_F and C_F removes the jitter from the demodulated FSK signal. Similarly, the lock-detect filter capacitor (C_D) removes chatter from the lock-detect output. With $R_D = 510 \text{ k}\Omega$, the minimum value of C_D can be determined by: $C_D (\mu\text{f}) \approx 16/\text{capture range in Hz}$. The XR-2211 has three NPN open collector outputs, each of which is capable of sinking up to 5 mA. Pin 7 is the FSK data output, pin 5 is the Q lock-detect output, which goes low when a carrier is detected, and pin 6 is the \bar{Q} lock-detect output, which goes high when lock is detected. If pins 6 and 7 are wired together, the output signal from these terminals will provide data when FSK is applied and will be "low" when no carrier is present.

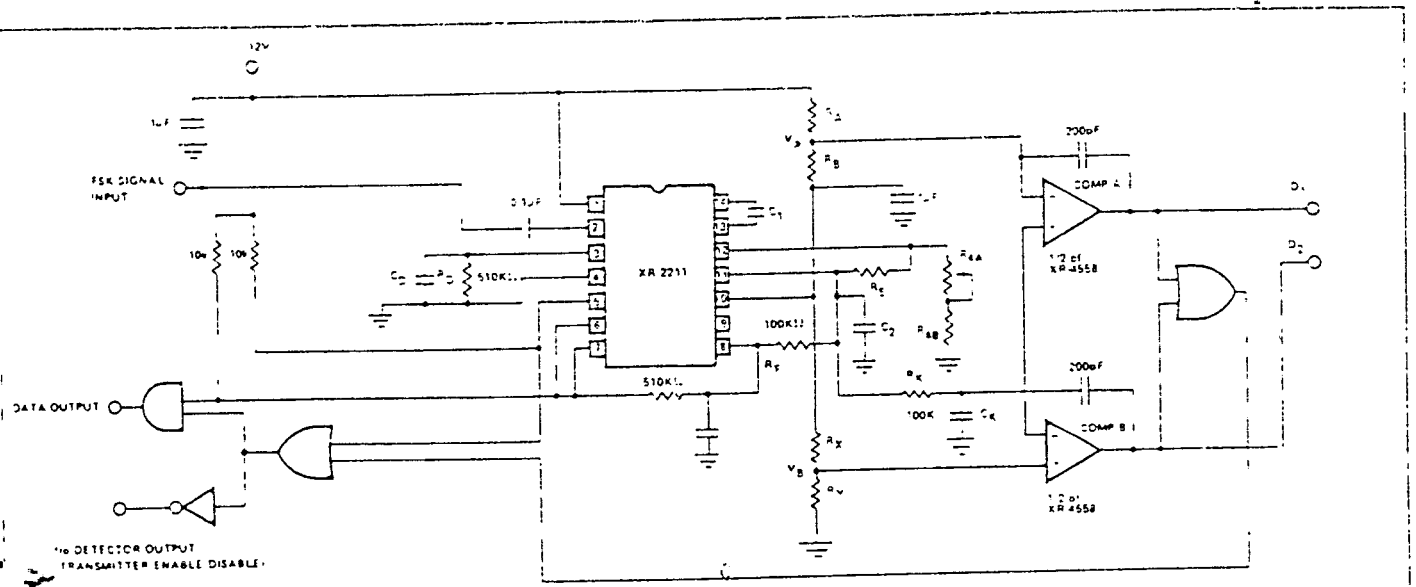


Figure 7. Circuit Connection for Operating XR-2211 as a Tri-State FSK Receiver

Tri-State Operation: The XR-2211 FSK demodulator circuit can be made to operate as a tri-state receiver (see Block B of Figure 2) using the circuit configuration shown in Figure 7. With reference to the Figure, the basic operation of the circuit can be described as follows:

The basic FSK decoding function, i.e., converting the incoming "mark" and "space" signals at frequencies f_{R1} and f_{R2} , is performed in the same manner as in the bi-state case and the resulting output is available at pin 7 of XR-2211. Pin 7 is connected to the tone-detect output, and then gated by the complement of the carrier-detect output. Thus, the "Data Output" terminal will be enabled only when the mark and space frequencies are present, but *not* when the receive-carrier, f_{R0} , is present.

The external voltage comparators shown in Figure 7 are added to the circuit to distinguish PLL output voltage levels corresponding to various input frequencies. Their function can be understood by referring to Figure 8, which shows the XR-2211 frequency-to-voltage transfer characteristics, at pin 11. The voltage levels and polarities shown are relative to the XR-2211 internal reference voltage, V_{10} , at pin 10. The mark and space frequencies, f_{R1} and f_{R2} , generate the maximum d-c level shifts V_{R1} and V_{R2} , that are sensed by the internal FSK comparator (see Figure 5) which is internally biased from the reference voltage, V_{10} .

The external comparators, Comp. A and Comp. B of Figure 7, are biased at voltage levels V_A and V_B , at approximately half-way between V_{R1} and V_{R2} , to trip at frequencies f_A and f_B , which are half-way between mark-to-center and space-to-center frequency shifts. This biasing is achieved with the external resistive dividers, R_A , R_B , R_X and R_Y of Figure 7, which generate the reference voltage levels, V_A and V_B , with respect to the XR-2211 internal reference at pin 10. It should be noted that the values of the resistors, $(R_A + R_B)$ and $(R_X + R_Y)$ must be as large as possible (typically in ex-

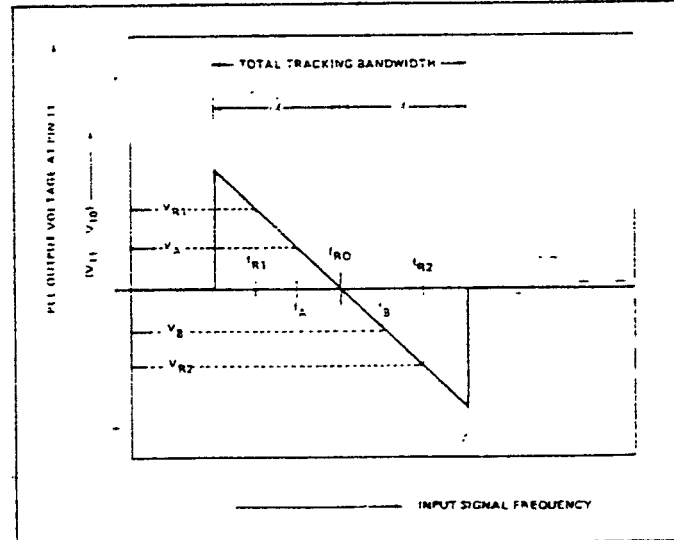


Figure 8. XR-2211 Frequency-to-Voltage Transfer Characteristics: (Note: V_{11} and V_{10} are the DC voltage levels at pins 11 and 10, respectively.)

cess of 100 k Ω) to avoid disturbing the voltage level at pin 10.

The output of pin 11 is filtered by R_K and C_K and is used to drive the external voltage comparators. The outputs of these comparators are then connected through the external logic gates, to produce the carrier-detect or the enable/disable signal. The resulting logic output will be normally at a "low" state, and will go "high" only when the carrier signal, f_{R0} , is present. This logic signal is normally used for transmitter enable/disable control, as shown in Figure 2.

The logic level changes at external comparator outputs correspond to mark-to-carrier or space-to-carrier frequency shifts (see Figure 8); thus, these outputs can be utilized as optional "Dual-Mode Monitor" outputs, D_1 and D_2 , of Figure 2.

Cable FSK Modems Featuring the XR-2207, XR-2206 and XR-2211

INTRODUCTION

Frequency shift keying (FSK) is the most commonly-used method for transmitting digital data over telecommunications links. In order to use FSK, a modulator-demodulator (modem) is needed to translate digital 1's and 0's into their respective frequencies and back again.

This Applications Note describes the design of a modem using state-of-the-art Exar devices specifically intended for modem application.

The devices featured in this Application Note are the XR-2206 and XR-2207 FSK modulators, and the XR-2211 FSK demodulator with carrier-detect capability. Because of the superior frequency stability (typically 20 ppm/°C) of these devices, a properly designed modem using them will be virtually free of the temperature and voltage-dependent drift problems associated with many other designs. In addition, the demodulator performance is independent of incoming signal strength variation over a 60 dB dynamic range. Because the waveforms are generated internally, the external parts count is much lower than in most other designs. The modem designs shown in this Applications Note can be used with mark and space frequencies anywhere from several Hertz to 100 kiloHertz.

THE XR-2206 FSK MODULATOR

FEATURES

- Typically 20 ppm/°C temperature stability
- Choice of 0.5% THD sinewave, triangle, or squarewave output
- Phase-continuous FSK output
- Inputs are TTL and CMOS compatible
- Low power supply sensitivity (0.015 V)
- Split or single supply operation
- Low external parts count

OPERATION

The XR-2206 is ideal for FSK applications requiring the spectral purity of a sinusoidal output waveform. It offers TTL and CMOS compatibility, excellent frequency stability, and ease of application. The XR-2206 can typically provide a 3 volt p-p squarewave output. Total harmonic distortion can be trimmed to 0.5%. If left untrimmed, it is approximately 2.5%.

The circuit connector for the XR-2206 FSK Generator is shown in Figure 1. The data input is applied to pin 9. A high level signal selects the frequency $(1/R_6 C_2)$ Hz; a low level selects the frequency $(1/R_7 C_2)$ Hz. (resistors in ohms and capacitors in farads). For optimum stability, R_6 and R_7 should be within the range of 10 kΩ to 100 kΩ. The voltage applied to pin 9 should be selected to fall between ground and V+.

Over and under voltage may damage the device.

Potentiometers R_8 and R_9 should be adjusted for minimum total harmonic distortion. (In applications where minimal distortion is unnecessary, pins 15 and 16 may be left open-circuited and R_8 may be replaced by a fixed 200Ω resistor.) In applications where a triangular output waveform is satisfactory, pins 13 thru 16 may be left open-circuited.

The output impedance at pin 2 is about 600Ω with AC coupling normally to be used.

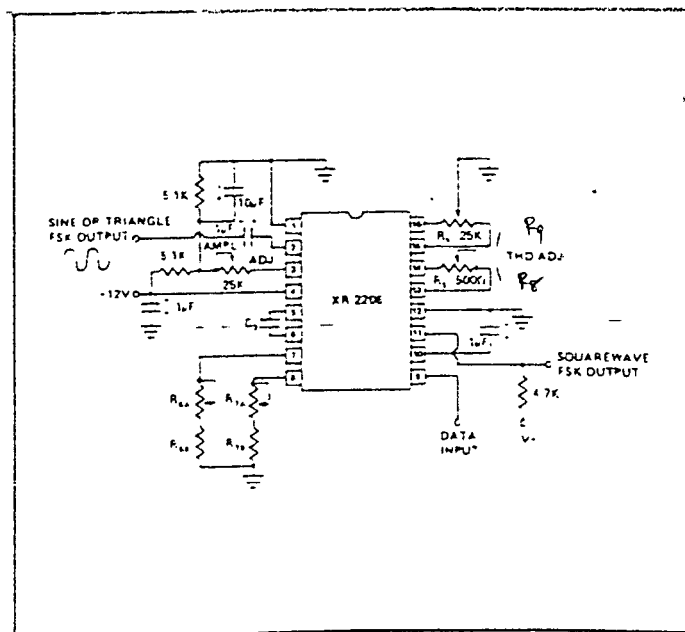


Figure 1: The XR-2206 Sinusoidal FSK Generator

FEATURES

- Typically 20 ppm/°C temperature stability
- Phase-continuous FSK output
- Provides both triangle and squarewave outputs
- Operates single-channel or two-channel multiplex
- Inputs are TTL and C/MOS compatible
- Split or single power supply operation
- Low power supply sensitivity (0.15%/V)
- Low external parts count

OPERATION

The XR-2207 is a stable FSK generator which is designed for those applications where only a triangle or squarewave output is required. It is capable of either single-channel or two-channel multiplex operation, and can be used easily with either split or single power supplies.

Figure 2 shows the XR-2207 using a single-supply and Figure 3 shows split-supply operation. When used as an FSK modulator pins 8 and 9 provide the digital inputs. When the 2207 is used with a split-supply, the threshold at these pins is approximately +2 volts, which is a level that is compatible with both TTL and C/MOS logic forms. When used with a single supply, the threshold is near mid-supply and is C/MOS compatible. Table 1 shows how to select the timing resistors R_1 thru R_4 to determine the output frequency based upon the logic levels applied to pins 8 and 9. For optimum stability, the values of R_1 and R_2 should be selected to fall between 10 k Ω and 100 k Ω .

With pin 8 grounded, pin 9 serves as the data input. A high level signal applied to pin 9 will disable the oscillator. When used in this manner, pin 8 of the XR-2207 serves as the channel select input. For two-channel multiplex operation, pins 4 and 5 should be connected as shown by the dotted lines. (For single channel operation, pins 4 and 5 should be left open-circuited.)

The XR-2207 provides two outputs, a squarewave at pin 13 and a trianglewave at pin 14. When used with a split-supply, the trianglewave peak-to-peak amplitude is equal to V_- and the dc level is near ground. Direct coupling is usually used. With a single-supply, the peak-to-peak amplitude is approximately equal to $\frac{1}{2}V_+$; the DC level is at approximately mid-supply and AC coupling is usually necessary. In either case, the output impedance is typically 10 Ω and is internally protected against short circuits.

The squarewave output has an NPN open-collector configuration. When connected as shown in Figure 2 or 3 this output voltage will swing between V_- and the voltage at pin 12.

Note: For safe operation, current into pin 13 should be limited to 20 mA.

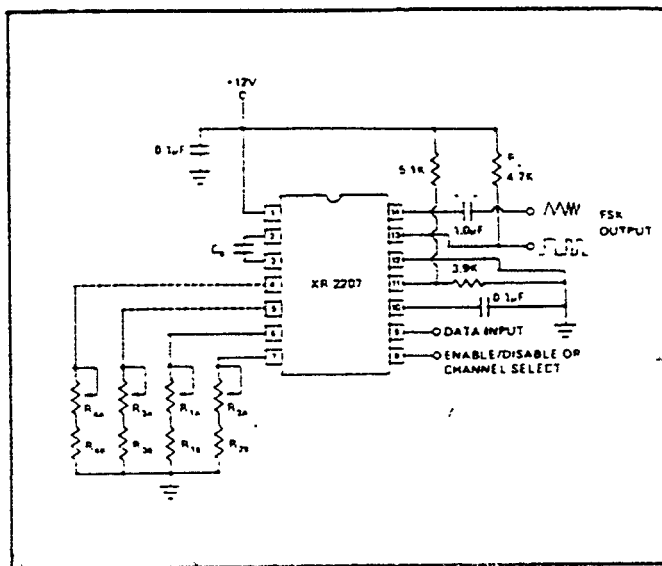


Figure 2. The XR-2207 FSK Modulator Single-Supply Operation

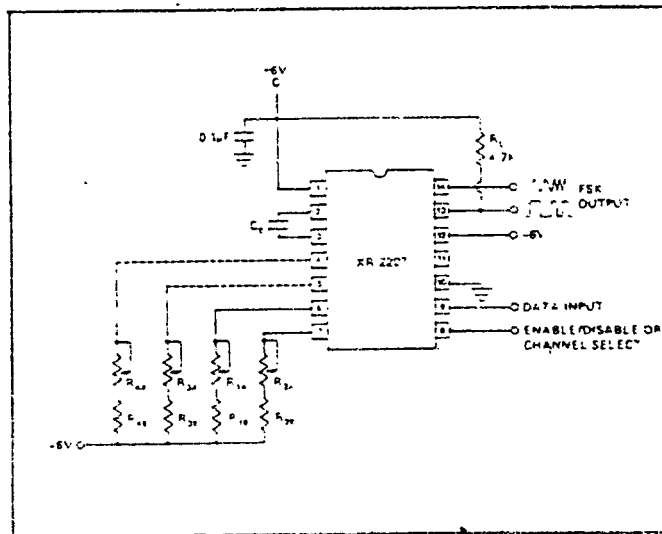


Figure 3. The XR-2207 FSK Modulator Split-Supply Operation

TABLE 1
XR-2207 FSK Input Control Logic

| Logic Level | | Active Timing Resistor | Output Frequency |
|-------------|-------|------------------------|---|
| Pin 8 | Pin 9 | | |
| L | L | Pin 6 | $\frac{1}{C_0 R_1}$ |
| L | H | Pins 6 and 7 | $\frac{1}{C_0 R_1} + \frac{1}{C_0 R_2}$ |
| H | L | Pin 5 | $\frac{1}{C_0 R_3}$ |
| H | H | Pins 4 and 5 | $\frac{1}{C_0 R_2} + \frac{1}{C_0 R_4}$ |

Units: Resistors - Ohms; Capacitors - Farads; Frequency -

both high compared to the baud rate. (i.e., for a 300 baud channel, mark and space frequencies of 2025 Hz and 2225 Hz would result in significantly less pulsewidth jitter than 300 Hz and 550 Hz).

- For any given pair of mark and space frequencies, there is a limit to the baud rate that can be achieved. When maximum spacing between the mark and space frequencies is used (where the ratio is close to 2:1) the relationship

$$\frac{\text{mark-space frequency difference (Hz)}}{\text{maximum data rate (baud)}} \geq 83\%$$

should be observed.

For narrower spacing, the minimum ratio should be above 67%.

- The values shown in Table 2 may be scaled proportionately for mark and space frequencies, maximum baud rate, and (inversely) capacitor value. It is best to retain (approximately) the resistor values shown.

TABLE 2
Recommended Component Values for Typical FSK Bands

| FSK Band | | | XR-2207 | | | | | XR-2206 | | | | | XR-2211 | | | | | | |
|-----------|-------|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|-------|----------|----------|----------|----------|-------|----------|----------|-------|----------------|----------------|-------|-------|
| Baud Rate | f_L | f_H | R_{1A} R_{3A} | R_{1B} R_{3B} | R_{2A} R_{4A} | R_{2B} R_{4B} | C_0 | R_{6A} | R_{6B} | R_{7A} | R_{7B} | C_3 | R_{4A} | R_{4E} | R_5 | C_1 C_1 | C_2 C_1 | C_F | C_F |
| 300 | 1070 | 1270 | 10 | 20 | 100 | 100 | .039 | 10 | 18 | 10 | 20 | .039 | 10 | 18 | 100 | .039 | .01 | .005 | .005 |
| 300 | 2025 | 2225 | 10 | 18 | 150 | 160 | .022 | 10 | 16 | 10 | 18 | .022 | 10 | 18 | 200 | .022 | .0047 | .005 | .005 |
| 200 | 1200 | 2200 | 20 | 30 | 20 | 36 | .022 | 10 | 16 | 20 | 30 | .022 | 10 | 18 | 30 | .027 | .01 | .0022 | .0022 |

Units: Frequency - Hz, Resistors - kΩ, Capacitors - μF

DESIGN EXAMPLES

A. Design a modem to handle a 10 kilobaud data rate, using the minimum necessary bandwidth.

1. Frequency Calculation

Because we want to use the minimum possible bandwidth (lowest possible upper frequency) we will use a 55:100 frequency ratio. The frequency difference, or 45% of the upper frequency, will be 83% of 10,000. We therefore choose an upper frequency:

$$\frac{83 \times 10,000}{45} = 18,444 \text{ kHz} \approx 18.5 \text{ kHz.}$$

and the lower frequency:

$$0.55 \times 18.5 \text{ kHz} = 10.175 \text{ kHz.}$$

2. Component Selection

- a. For the XR-2207 FSK modulator, set $R_1 \approx 30 \text{ k}\Omega$. Now, select a value of C_0 to generate 10.175 kHz with R_1 :

$$10.175 \text{ kHz} = 1/(C_0 \times 30,000) ; C_0 = 3300 \text{ pF}$$

To choose R_2 :

$$18.500 \text{ kHz} - 10.175 \text{ kHz} = 8.325 \text{ kHz} = 1/C_0 R_2 ; R_2 = 36 \text{ k}\Omega.$$

A good choice would be to use 10 kΩ potentiometers for R_{1A} and R_{2A} , and to set $R_{1B} = 24 \text{ k}\Omega$ and $R_{2B} = 30 \text{ k}\Omega$.

- b. For the XR-2206, we can make R_7 equal to R_6 and C_3 equal to C_0 above. To determine R_6 :

$$18.5 \text{ kHz} = 1/R_6 C_3 ; R_6 = 16 \text{ k}\Omega.$$

Use a 10 kΩ potentiometer for R_{6A} and $R_{6B} = 16 \text{ k}\Omega$

$$10.175 \text{ k} + 29.9 \text{ k}$$

- c. For the XR-2211 demodulator, we need to determine R_4 and C_1 . First, $f_0 = (f_L + f_H)/2 = (10.175 + 18.500)/2 = 14.338 \text{ kHz}$. If we use $R_4 = 25 \text{ k}\Omega$, then $1/(C_1 \times 25,000) = 14,338$. $C_1 = 2790 \text{ pF} \approx 2700 \text{ pF}$. With that value of C_1 , the precise value of R_4 is now $25.8 \text{ k}\Omega$. Set $R_{4B} = 18 \text{ k}\Omega$ and use a 10 kΩ for R_{4A} .

3. Frequency Component Selection

- a. To calculate R_5 , we first need our Δf , which is $18.500 - 10.175$, or 8.325 kHz .

$$8325 = (25,800 \times 14,338)/R_5 ; R_5 = 44.4 \text{ k}\Omega \approx 47 \text{ k}\Omega.$$

- b. To determine C_2 use $\xi = 1/2 = 1/2 \sqrt{C_1/C_2}$. $C_2 = 1/4 C_1 ; C_2 = 670 \text{ pF}$.

- c. To select C_F , we use $\tau_F = [0.3/(\text{baud rate})]$ seconds.

$$\tau_F = 0.3/10,000 = 30 \text{ }\mu\text{sec.}$$

with

$$R_F = 100 \text{ k}\Omega, C_F = 300 \text{ pF}$$

Precision PLL System Using the XR-2207 and the XR-2208

INTRODUCTION

The phase-locked loop (PLL) is a versatile system block, suitable for a wide range of applications in data communications and signal conditioning. In most of these applications, the PLL is required to have a highly stable and predictable center frequency and a well-controlled bandwidth. Presently available monolithic PLL circuits often lack the frequency stability and the versatility required in these applications.

This application note describes the design and the application of two-chip PLL system using the XR-2207 and the XR-2208 monolithic circuits. The XR-2207 is a precision voltage controlled oscillator (VCO) circuit with excellent temperature stability (± 20 ppm/°C, typical) and linear sweep capability. The XR-2208 is an operational multiplier which combines a four quadrant multiplier and a high gain operational amplifier in the same package. Both circuits are designed to interface directly with each other with a minimum number of external components. Their combination functions as a high performance PLL, with the XR-2207 forming the VCO section of the loop, and the XR-2208 serving as the phase-detector and loop amplifier.

As compared with the presently available single-chip PLL circuits such as the XR-210 or the Harris HI-2520, the two-chip PLL system described in this paper offers approximately a factor of 10 improvement in temperature stability and center frequency accuracy. The system can operate from 0.01 Hz to 100 kHz, and its performance characteristics can be tailored to given design requirements with the choice of only four external components.

DEFINITIONS OF PLL PARAMETERS

The phase-locked loop (PLL) is a unique and versatile feedback system that provides frequency selective tuning and filtering without the need for coils or inductors. It consists of three basic functional blocks: phase comparator, low-pass filter, and voltage-controlled oscillator, interconnected as shown in Figure 1.

With no input signal applied to the system, the error voltage, $V_e(t)$, is equal to zero. The VCO operates at a set "free-running" frequency, f_0 . If an input signal is applied to the system, the phase comparator compares the phase and frequency of the input signal with the VCO frequency and generates an error voltage, $V_e(t)$, that is related to the phase and frequency difference between the two signals. This error voltage is then filtered and applied to the control terminal of the VCO. If the input signal frequency, f_i , is sufficiently close to f_0 , feedback causes the VCO to synchronize or "lock" with the incoming signal. Once in lock, the VCO frequency is identical to the input signal, except for a finite phase difference.

Two key parameters of a phase-locked loop system are its "lock" and "capture" ranges. These can be defined as follows:

Lock Range = The band of frequencies in the vicinity of f_0 over which the PLL can *maintain lock* with an input signal. It is also known as the "tracking" or "holding" range. Lock range increases as the overall loop gain of the PLL is increased.

Capture Range = The band of frequencies in the vicinity of f_0 where the PLL can *establish or acquire lock* with an input signal. It is also known as the "acquisition" range. The capture range is always smaller than the lock range. It is related to the low-pass filter bandwidth and decreases as the low-pass filter time constant increases.

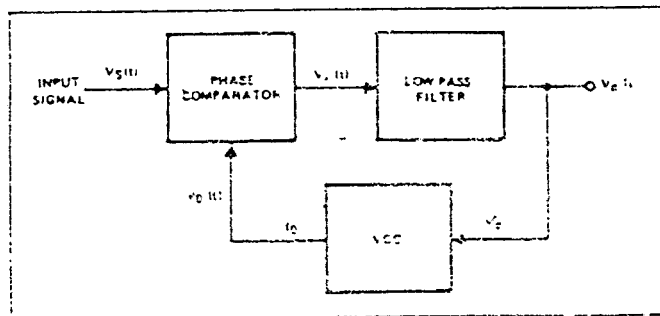


Figure 1. Block Diagram of a Phase-Locked Loop.

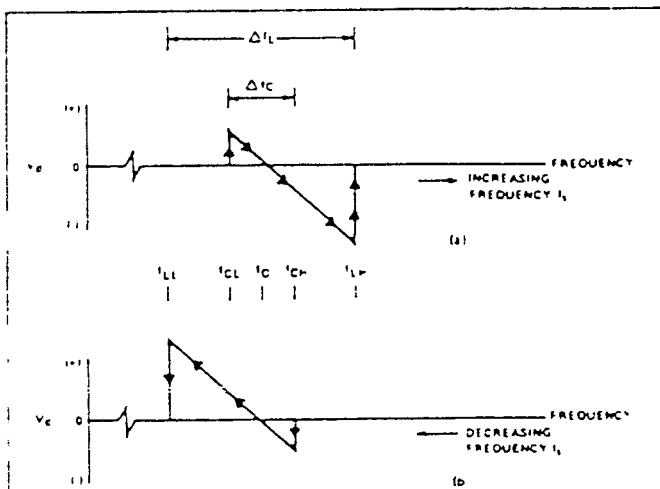


Figure 2. Frequency to Voltage Transfer Characteristics of a PLL System: (a) Increasing Input Frequency; (b) Decreasing Input Frequency.

กิติกรรมประกาศ

การทำปฏิญานินพนธ์ เรื่อง FAK, MODEM นี้ ข้าพเจ้าขอขอบคุณ
 อาจารย์วิชัย สุรพันธ์ ในฐานะอาจารย์ที่ปรึกษา ที่ช่วยให้คำแนะนำ และแนวทางแก้ไข
 ในการทำปฏิญานินพนธ์ครั้งนี้ ขอขอบคุณ อาจารย์ประดิษฐ์ วัชรพิบูลย์ อาจารย์อุทัย
 ศรีธีระโรจน์ และอาจารย์ ดร.ไพศาล นาคพันธ์ ที่ช่วยแนะนำ ตลอดจนแนวทาง
 แก้ไขให้ปฏิญานินพนธ์ครั้งนี้สำเร็จไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ ถ้าโครงการนี้มีส่วนติดันใด ข้าพเจ้าขอมอบให้อาจารย์ทุกท่าน.

หนังสืออ้างอิง

1. INTRODUCTION TO COMMUNICATION SYSTEMS.
2. "คู่มือ/เทียบเบอร์ไอซี TTL" , ซีเอ็ดยูเคชั่น.