



เครื่องจัดสัญญาณสำหรับโครงข่ายการให้บริการร่วมระบบดิจิทัล

ISDN TERMINAL



ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2535

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032528

เครื่องจัดสัญญาณสำหรับโครงข่ายการให้บริการร่วมระบบดิจิทัล

นาย ชัยวิทย์ ทองอินทร์ 32.1070

นาย ชัยยุทธ ปัญญา 32.1073

นาย สุรศักดิ์ กิจคณะ 32.1392

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์อภิชัย อรุณศรีนสงไชย

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้กล่าวถึงการสร้างเครื่องจัดสัญญาณสำหรับโครงข่ายการให้บริการร่วมระบบดิจิทัล เพื่อใช้ภายในประเทศ เครื่องที่สร้างได้มีคุณสมบัติการทำงานตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ของ CCITT (Consultative Committee for International Telephone and Telegraph) โดยมีฟังก์ชันการทำงานต่างๆ อาทิเช่น การต่อเชื่อมชั้นที่ 1, LAP-D (Link Access Protocol D-channel) ที่ระดับชั้นที่ 2, D-channel ที่ระดับชั้นที่ 3, และโปรโตคอลสำหรับผู้ใช้เป็นต้น ซึ่งสามารถใช้ในการจัดสัญญาณโทรศัพท์ทั่ว ๆ ไปที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบัน ให้สามารถทำงานกับโครงข่ายการให้บริการร่วมระบบดิจิทัล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ-----	
Abstract-----	
กิตติกรรมประกาศ-----	
บทที่ 1 บทนำ-----	1
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานของโครงข่าย ISDN-----	5
การติดต่อระบบ ISDN ระหว่างผู้ใช้กับโครงข่าย	
*ระดับชั้นที่ 1 (LAYER 1)-----	12
*ระดับชั้นที่ 2 (LAYER 2)-----	14
*ระดับชั้นที่ 3 (LAYER 3)-----	18
บทที่ 3 Terminal Adaptor-----	25
บทที่ 4 การสร้างเครื่องจัดสัญญาณสำหรับโครงข่ายการให้บริการร่วมระบบดิจิทัล-----	28
บทที่ 5 สรุปผลการทดลองการสร้างเครื่องจัดสัญญาณร่วมระบบดิจิทัล(TA)ต้นแบบ-----	43
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก ก โปรแกรมการควบคุมของ 8051	
ภาคผนวก ข รูปแสดงเครื่องจัดสัญญาณร่วมระบบดิจิทัลต้นแบบ	

ปีการศึกษา 2535

ภาควิชา อิเล็กทรอนิกส์

คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร ลาดกระบัง

หัวข้อโปรเจ็ค เครื่องจักรสัญญาณสำหรับโครงข่ายการให้บริการร่วมระบบดิจิทัล

(ISDN TERMINAL ADAPTOR)

ผู้ร่วมงาน

1. ชัยวัช ทองอินทร์ รหัสประจำตัว 321070
2. ชัยยุทธ ปัญญา รหัสประจำตัว 321073
3. สุรศักดิ์ กิจคณะ รหัสประจำตัว 321392

อาจารย์ที่ปรึกษา



อ. อธิชัย อรุณศรีแสงไชย

อ. อธิชัย อรุณศรีแสงไชย

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ อาจารย์ อธิชัย อรุณศรีแสงไชย เป็นอย่างยิ่ง ที่ท่านได้ให้คำปรึกษา แนะนำต่างๆ และการสนับสนุนด้านเครื่องมือเครื่องใช้ อุปกรณ์การทดลอง รวมทั้งไมโครคอมพิวเตอร์ในการทำงานในครั้งนี้

ขอขอบคุณพี่ๆ ปริญญาโท คุณ เอกชัย วิมูลชาติ , คุณพิชญ์ บุญตรา และท่านอื่นๆ อีกหลายท่านที่คอยช่วยเหลือแก้ไขปัญหาต่างๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ISDN TERMINAL ADAPTOR

BY

Mr. Chaithawat Thonginn

Mr. Chaiyut Panya

Mr. Surasak Kitkana

Advisor:

Mr. Itthichai Arungsrisangchai

1992

ABSTRACT :

This paper describes the construction of Terminal Adaptor for ISDN. The constructed terminals emphasize on using the components which can be found in local market, and must have necessary functions according to the standard of CCITT as: Layer 1 interface, Layer 2 LAP-D, Layer 3 D-channel, and user interface protocols etc., which make the present general telephone can service on Integrated Service Digital Network (ISDN).

สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 2.1 จุดอ้างอิง(Reference Point)-----	7
รูปที่ 2.2 จุดอ้างอิง S-----	8
รูปที่ 2.3 Frame Format-----	10
รูปที่ 2.4 จุดเชื่อมต่อทางอิเล็กทรอนิกส์-----	13
รูปที่ 2.5 Extend Passive Bus-----	14
รูปที่ 2.6 LAP-D Protocol Format-----	16
รูปที่ 2.7 การส่งข้อความ, ข่าวสาร สำหรับ Circuit switch---	19
รูปที่ 3.1 Block การทำงานของ TA-----	26
รูปที่ 4.1 วงจรส่วนสร้างสัญญาณต่างๆ ของโทรศัพท์-----	30
รูปที่ 4.2 วงจรส่วนแยกสัญญาณคู่สายโทรศัพท์-----	32
รูปที่ 4.3 วงจรส่วนถอดรหัสความถี่โทรศัพท์-----	33
รูปที่ 4.4 ทรานซิสเตอร์ของวงจรที่ 4.3-----	39
รูปที่ 4.5A วงจรของ Dual Data Link Controller-----	37
รูปที่ 4.5B วงจรการควบคุมของ 8031 MCU-----	

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2A แสดง TEI Value-----	17
ตารางที่ 2B แสดง SAPI Value-----	17
ตารางที่ 2C แสดง Message format-----	20
ตารางที่ 2D แสดงค่าของ Protocol Discriminator-----	21
ตารางที่ 2E แสดงค่าของ Call Reference Value-----	21
ตารางที่ 2F แสดงการเรียกใช้ Message Type-----	23

ii

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันมีเครือข่ายที่ให้บริการด้านการสื่อสารอยู่หลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดได้ถูกออกแบบสำหรับงานเฉพาะอย่างเท่านั้น เช่น โครงข่ายโทรศัพท์ เพื่อการติดต่อสื่อสารด้วยเสียง โครงข่ายเทเล็กซ์ เพื่อการติดต่อสื่อสารด้วยการเข้ารหัส เป็นต้น

การใช้โทรศัพท์ในการส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์ซึ่งไม่สามารถส่งข้อมูลได้ด้วยความเร็วสูง เนื่องจากตัวโมเด็มที่ใช้ต้องทำงานในย่านความถี่เสียงเท่านั้น ระบบ ISDN เป็นเครือข่ายเดียวที่ให้บริการด้านการสื่อสารทุกรูปแบบโดยมีระบบสื่อสารรวมสำหรับกราฟิกทุกชนิด มีการเข้าถึงเครือข่ายที่เป็นมาตรฐาน เพื่อให้อุปกรณ์สำหรับการสื่อสารหรือเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ออกแบบมาสำหรับ ISDN ต่างชนิดติดต่อกันได้ และที่สำคัญอุปกรณ์ดังกล่าวที่มีอยู่ก่อนการเกิดขึ้นของ ISDN ต้องสามารถติดต่อกับ โครงข่าย ISDN ได้ด้วย การเกิดขึ้นของ ISDN จึงมีประโยชน์อย่างเด่นชัดมากในเรื่องของประสิทธิภาพต่อราคาเนื่องจากมีเพียงเครือข่ายเดียวที่ให้บริการด้านการสื่อสารได้ทุกอย่าง แทนที่จะมีหลายเครือข่ายเพื่อให้บริการหลายแบบ นอกจากนี้ อัตราเร็วในการส่งข้อมูลในระบบ ISDN สามารถทำได้สูงกว่าเครือข่ายอื่นๆ ในปัจจุบันมาก

คำนิยามของโครงข่าย

คำว่าโครงข่าย (NETWORK) ไม่ว่าจะเป็นแบบใดก็ตาม ต้องมีองค์ประกอบพื้นฐาน 3 ประการดังนี้

1. อุปกรณ์ชุมสาย (SWITCHING EQUIPMENTS) เพื่อทำหน้าที่สลับสายหรือข้อมูล
2. ระบบส่งสัญญาณ (TRANSMISSION SYSTEM) เพื่อทำหน้าที่เป็นตัวกลางให้สัญญาณผ่านไปได้
3. อุปกรณ์ปลายทาง (TERMINAL EQUIPMENTS) เพื่อทำหน้าที่ส่งหรือรับหรือทั้งส่งทั้งรับข้อมูล

คำว่า "บริการ" ในที่นี้หมายถึงบริการทางด้านการสื่อสาร ซึ่งบริการชนิดหนึ่งๆอาจทำได้บนโครงข่ายหลายๆประเภทก็ได้ หรือเครือข่ายชนิดหนึ่งอาจให้บริการการสื่อสารได้มากกว่า 1 ชนิดก็ได้

ในปัจจุบันมีโครงข่ายและการให้บริการดังนี้

1. โครงข่ายโทรศัพท์ (TELEPHONE NETWORK)
2. โครงข่ายเทเล็กซ์ (TELEX NETWORK)
3. โครงข่ายข้อมูลสาธารณะแบบเซอร์กิตสวิตซ์ (PUBLIC CIRCUIT SWITCHED DATA NETWORK : PCSN)
4. โครงข่ายข้อมูลสาธารณะแบบแพคเกจสวิตซ์ (PUBLIC PACKET SWITCHED DATA NETWORK : PPSN)

การให้บริการบนโครงข่าย

การให้บริการแบบต่างๆที่จะกล่าวต่อไปนี้ บางแบบสามารถทำได้บนโครงข่ายมากกว่าหนึ่งชนิดเช่นโครงข่ายโทรศัพท์ นอกจากจะให้บริการทางด้านการติดต่อด้วยเสียง ยังสามารถให้บริการการติดต่อระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ เครื่อง ATM หรือโทรสารก็ได้ ดังตัวอย่างที่จะกล่าวถึงนี้

1. บริการโทรศัพท์ ให้บริการด้านเสียงพูดซึ่งเป็นแบบอนาลอก แม้ว่าในปัจจุบันชุมสายโทรศัพท์ส่วนมากจะเปลี่ยนเป็นระบบดิจิทัลกันมากแล้วก็ตาม แต่ในแง่ของสายที่ต่อจากบ้านผู้เข้าไปยังชุมสาย ยังคงเป็นระบบอนาลอกอยู่

ในปัจจุบันชุมสายเป็นระบบดิจิทัลทำงานอัตโนมัติ ดังนั้นสัญญาณที่ใช้ติดต่อระหว่างบ้านผู้เข้าไปยังชุมสาย หรือระหว่างชุมสายกับชุมสายจึงเปลี่ยนไปเป็นแบบแชนแนล แอสโซซิเอเต็ด ชิกแนลลิง (CHANNEL ASSOCIATED SIGNALLING) โดยที่สัญญาณที่ใช้ติดต่อและข้อมูลอยู่ในช่องสัญญาณเดียวกัน บางทีก็เรียกว่า อินแบนด์ ชิกแนลลิง (IN-BAND SIGNALLING) ซึ่งหมายถึงความถี่ที่ใช้ในการติดต่อยังคงอยู่ในย่านความถี่เสียงเช่นเดิม

จนในที่สุดได้มีการแนะนำ ระบบสัญญาณที่ใช้ในการติดต่อระหว่างชุมสายเป็นระบบใหม่เพื่อให้ใช้กับระบบ ISDN เรียกว่า COMMON CHANNEL SIGNALLING SYSTEM ระบบนี้แนะนำโดย CCITT ซึ่งเป็นหน่วยงานที่รับผิดชอบทางด้านโทรเลขและโทรศัพท์ของสหภาพโทรคมนาคมนานาชาติ (ITU : INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION) บางทีเรียกว่า CCITT No. 7

2. การให้บริการเทเลเท็กซ์ (Teletex service) การให้บริการเทเลเท็กซ์ต่างกับเทเล็กซ์

คือ แทนที่จะเป็นเครื่องพิมพ์ดีดก็กลายเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ทำหน้าที่เวอร์คโปรเซสเซอร์ จึงสามารถไม่ทำการใด ๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บข้อมูลที่พิมพ์และสามารถเรียกขึ้นมาแก้ไขใหม่จากคีย์บอร์ด ข้อดีของเทคโนโลยีที่เหนือกว่าเทคโนโลยีคือ ส่งข้อมูลได้เร็วกว่าประมาณ 40 เท่า และเนื่องจากบริการแบบนี้ทำบนเครือข่ายโทรศัพท์โดยส่งข้อมูลผ่านโมเด็ม จึงต้องใช้โปรโตคอลระดับสูง เช่น HDLC (high level data link controller) เพื่อเป็นหลักประกันว่าการส่งข้อมูลจะทำได้ด้วยความเร็วสูงและมีความถูกต้องแน่นอน ในต่างประเทศมีการให้บริการเทคโนโลยีนี้โดยผ่านเครือข่ายที่ทำการสวิตช์ข้อมูลเพียงอย่างเดียว (switched data network)

3. บริการวิดีโอเท็กซ์ (Videotex service) บริการแบบนี้เป็นแบบโต้ตอบกันระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ซึ่งปกติมักผ่านเครือข่ายโทรศัพท์ ตัวเครื่องของผู้ใช้อาจเป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลหรือเป็นโทรศัพท์พร้อมด้วยคีย์บอร์ดชนิดพิเศษและโมเด็ม เพื่อติดต่อขอข้อมูลกับฐานข้อมูล โดยมีคอมพิวเตอร์ส่วนกลางสำหรับวิดีโอเท็กซ์เป็นตัวควบคุมการให้บริการจะเป็นแบบมีเมนูให้เลือก ถ้าผู้ติดต่อเข้ามาขอใ้การอะไร ก็สามารถเลือกโดยผ่านคีย์บอร์ด

ในบทความวิจัยนี้ จะได้ทำการศึกษาตามหัวข้อต่างๆ พร้อมทั้งการทดลองเครื่องจำลองระบบดิจิทัลแบบที่สร้างขึ้น โดยแยกเป็นรายละเอียดดังต่อไปนี้

บทที่ 2 กล่าวถึง ทฤษฎีต่างๆ ของโครงข่าย ISDN รวมทั้งมาตรฐานที่ต้องใช้ อาทิเช่น

- ช่องสัญญาณ
- จุดอ้างอิง
- frame format
- The OSI reference model
- การเชื่อมต่อในระดับชั้นที่ 1
- การเชื่อมต่อในระดับชั้นที่ 2
- การเชื่อมต่อในระดับชั้นที่ 3

บทที่ 3 กล่าวถึง TERMINAL ADAPTOR (TA) หรือ เครื่องจำลองระบบดิจิทัล ซึ่งจะอธิบายในส่วนที่เป็น block diagram ของระบบ รวมไปถึงประโยชน์, การนำมาใช้งาน และลักษณะเด่น ของ TA ที่สร้างขึ้น

บทที่ 4 กล่าวถึง การสร้างเครื่องจำลองระบบดิจิทัล ซึ่งจะได้แสดงวงจรของการสร้าง พร้อมทั้งระบบการควบคุมต่างๆ โดยใช้ CPU 68000 (16 bit) และมาทำการควบคุม

ทดลองที่ได้

บทที่ 5 เป็นการสรุปผลการทดลองที่ได้จากการสร้างเครื่องจัดสัญญาณร่วมระบบดิจิทัลต้นแบบ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานโครงข่าย ISDN

ช่องสัญญาณ(channel)

โดยทั่วไปแล้ว เราสามารถแบ่งโครงสร้างของช่องสัญญาณออกได้เป็น ๒ ชนิด คือ synchronous structure และ asynchronous structure ในบทความวิจัยจะเน้นเฉพาะโครงสร้างแบบ synchronous เท่านั้น

Synchronous structure

โครงสร้างแบบนี้จะมี transmission rate ของแต่ละช่องสัญญาณคงที่ แต่ละช่องสัญญาณไม่จำเป็นต้องเท่ากัน เราสามารถนำช่องสัญญาณย่อยๆมารวมกันเป็นโครงสร้างของช่องสัญญาณที่แน่นอนได้ ๓ แบบดังนี้

- 1 basic rate channel structure
- 2 primary rate channel structure
- 3 broadband rate channel structure

ซึ่งโครงสร้างทั้ง ๓ แบบนี้ได้มาจาก channel ย่อยๆ ที่เรียกว่า B channel, D channel H channel ประกอบกัน ซึ่ง D channel นั้น จะขอล่าถึงแบบ basic rate channel structure ซึ่งเป็นพื้นฐานของระบบ ISDN

synchronous channel structure

โครงสร้างของ synchronous channel จะให้หลักการของ synchronous time division multiplexing โครงสร้างของช่องสัญญาณ ประกอบไปด้วยลำดับของ FRAME ที่ต่อเนื่องกันไป(periodic frame) จะถูกแบ่งย่อยออกเป็นช่อง(time slot) ย่อยๆ โดยตอนต้นของ frame เรียกว่า framing และความสามารถในการส่งของ periodic frame จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่างๆ เช่นจำนวน timeslot, ช่วงเวลา ของ frame และจำนวนข้อมูลที่สามารถส่งได้ในแต่ละ slot เป็นต้น

ช่องสัญญาณ B(B channel)

เป็น channelพื้นฐานในการส่งข้อมูลดิจิทัลต่างๆ ทำงานรับส่งด้วยอัตราเร็ว 64 กิโลบิต/วินาที ข้อมูลที่ส่งใน channel B อาจได้รับการสวิตซ์ให้เป็นแบบเซอร์กิตสวิตซ์ หรือ แพคเกจสวิตซ์ก็ได้

ช่องสัญญาณ D(D channel)

มี ๒ แบบ ขึ้นอยู่กับอัตราการส่งคือ

- 16 กิโลบิต/วินาที
- 64 กิโลบิต/วินาที

หน้าที่หลักของ D channel คือเป็นช่องสัญญาณสำหรับใช้ในการติดต่อ ซึ่งอยู่ในรูปแพ็คเก็ต หรือใช้ในการส่งข้อมูลดิจิทัลความเร็วต่ำก็ได้ ใน D channel มีการใช้โปรโตคอลที่เรียกว่า LAPD (link Access Protocol on the D-Channel) ซึ่งคล้ายคลึงกับ CCITT X.25 แต่มีการเพิ่มข้อมูลสำหรับการอ้างแอดเดรส เพื่อใช้ในการติดต่อแบบจุดต่อหลายๆจุดได้ LAPD ใช้ฟังก์ชันที่ทำงานใน ชั้นที่ ๒ และสร้างขึ้นจากบางส่วนของ HDLC ทำให้เชื่อถือได้สูง ในการส่งสัญญาณในชั้นที่ ๓ บน channel D สำหรับสร้างเส้นทางในการส่งข้อมูลใน channel B

BASIC - RATE ACCESS

ประกอบไปด้วย channel B 2 วงจร และ channel D 1 วงจร multiplex เข้าด้วยกัน (2B+D)

- ถ้า D=16 kbps อัตราการส่งข้อมูล = $2(64) + 16 = 144$ kbps

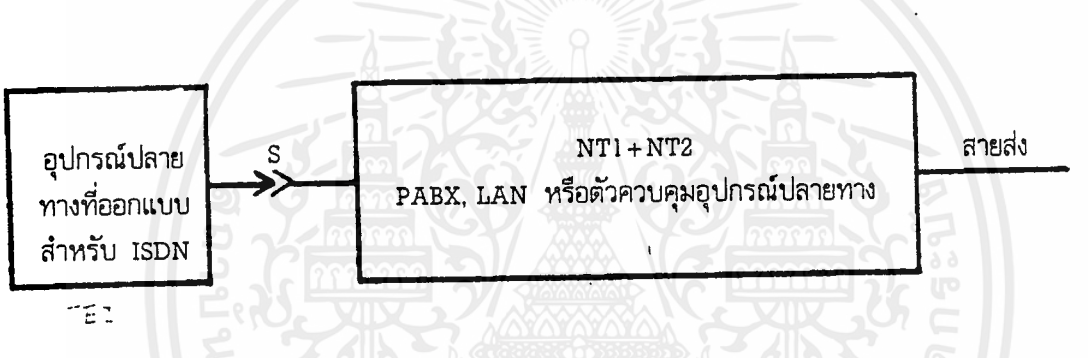
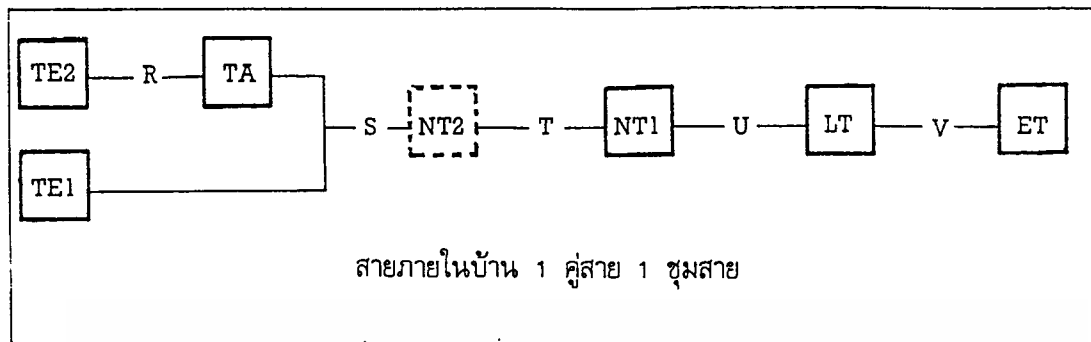
- ถ้า D=64 kbps อัตราการส่งข้อมูล = $2(64) + 64 = 192$ kbps

ด้วยอัตราเร็วขนาดดังกล่าวนี้ ทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกอัตราการส่งข้อมูลได้ด้วยอัตราการส่งข้อมูลได้ด้วยตนเอง เช่น โทรศัพท์ดิจิทัล อัตราเร็ว 64 kbps หรือ TV อัตราการ scan ต่ำ (Slow scan TV) อัตราเร็ว 64 kbps แต่ทั้งนี้ผลรวมของอัตราเร็วทั้งหมดต้องไม่เกิน 144 หรือ 192 bkps

REFERENCE POINT

เนื่องจาก ISDN ต้องให้บริการแก่อุปกรณ์หลาย ๆ ชนิด ที่แตกต่างกันทั้งด้านอัตราเร็วในการถ่ายทอดข้อมูลและรูปแบบการให้บริการ CCITT จึงกำหนดจุดอ้างอิงต่าง ๆ ขึ้นมา เพื่อให้บริษัทต่าง ๆ ผลิตอุปกรณ์ที่ได้มาตรฐานเดียวกัน ตามจุดอ้างอิงต่าง ๆ ซึ่งมีดังนี้คือ R S T U และ V ดังรูปที่ 2.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

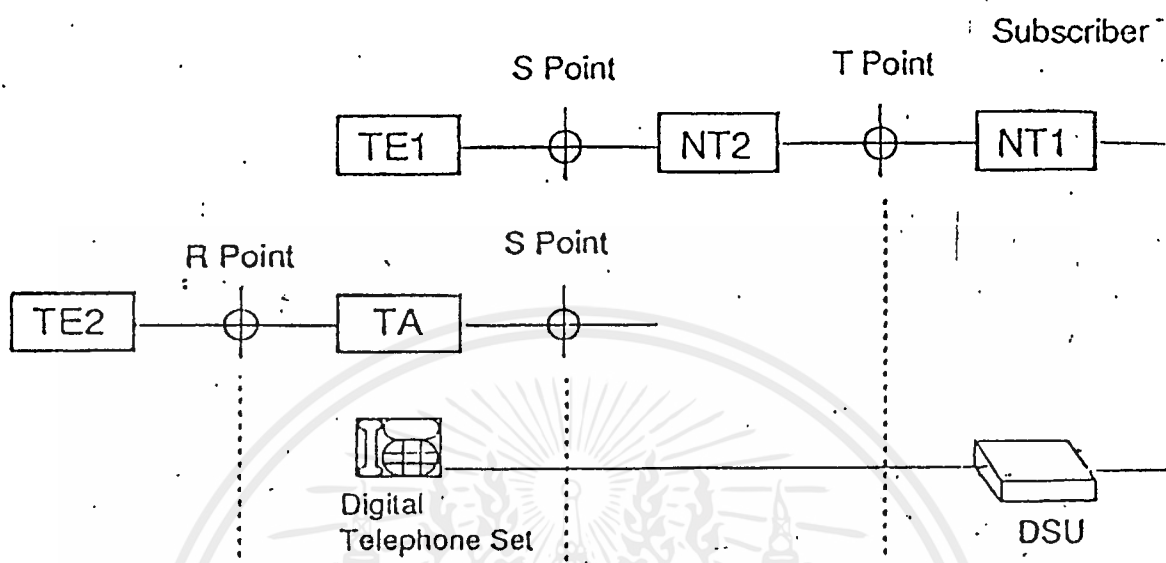


รูปที่ 2.1 แสดง Reference Points

นอกจากนี้ CCITT ยังได้กำหนดหน้าที่ของอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้ในระบบ ISDN และอุปกรณ์อื่นเตอร์เฟส โดยเรียกว่า Function/Protocol Books ซึ่งมีดังนี้คือ

1. TE1 (Terminal Equipment 1) เป็นอุปกรณ์ที่ออกแบบเฉพาะกับระบบ ISDN เช่นโทรศัพท์ระบบดิจิทัล โทรสารกลุ่มที่ 4 เป็นต้น สัญญาณที่ออกจากอุปกรณ์ดังกล่าวเป็นดิจิทัล และได้ออกแบบให้สอดคล้องกับมาตรฐานของเบสิกแอ็กเซส เพื่อใช้ในการติดต่อ จุดอ้างอิงที่ TE1 ต่ออยู่เรียกว่าจุด S (ดังรูปที่ 2.2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 แสดงจุดอ้างอิง S และ TE1

2. TE2 (Terminal Equipment 2) เป็นอุปกรณ์ที่ไม่ได้ออกแบบมาใช้กับ ISDN (non-ISDN Terminal) ซึ่งก็คืออุปกรณ์ที่เราใช้กันในปัจจุบันนี้ อุปกรณ์ดังกล่าวทำงานแตกต่างกันในแง่การส่งข้อมูล โพรโตคอล และรูปแบบของการส่ง เช่น X.24 เทอร์มินอล X.25 แฟ็กเก็ตเทอร์มินอลและ X.21 ข้อมูลแบบเซอร์กิตสวิต เทอร์มินอล จุด R เป็นจุดอ้างอิงที่ใช้ในการ อินเตอร์เฟสระหว่าง TE2 กับ TA

3. TA (Terminal Adapter) เป็นอุปกรณ์อินเตอร์เฟสระหว่าง TE2 กับโครงข่าย ISDN TA มีหน้าที่หลักดังนี้คือ

1. เปลี่ยนแปลงอัตราเร็วในการส่งข้อมูลของ TE2 ที่จุด R ให้ได้เข้าที่จุด S เป็นสัญญาณดิจิทัล 64 กิโลบิต/วินาที (แชนแนล B) TE2 ใช้อุปกรณ์อะนาล็อก สัญญาณที่จุด R จะต้องการทำให้เป็นดิจิทัลใน TA เพื่อให้ได้เข้าที่จุดเป็นดิจิทัลที่จุด S

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เฉพาะงานที่ออกจากรายงานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2. เปลี่ยนแปลงโปรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อเพื่อส่งข้อมูลของ TE2 ปัจจุบัน CCITT ได้กำหนดว่ามี TA สามแบบเพื่อใช้กับ X.21 และ X.21 bis เซอร์กิตสวิตช์ เทอร์มินอล X.25 แพกเก็ตเทอร์มินอลและอนุกรม V เทอร์มินอล TA จึงต้องเปลี่ยนโปรโตคอลที่ใช้กับอุปกรณ์ทั้ง 3 ให้เป็นโปรโตคอลที่กับแชนแนล D ที่เรียกว่า LAP-D

4. NT1 (Network Terminal) เป็นอุปกรณ์ที่ต่อเชื่อมกับปลายสายของผู้ใช้ เพื่อการต่อเชื่อมทางไฟฟ้า อุปกรณ์นี้ติดตั้งโดยหน่วยงานที่ให้บริการ ISDN จุดอ้างอิงที่ NT1 ต่อเชื่อมกับ NT2 คือ จุด T

5. NT2 (Network Terminal 2) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่สวิตซ์ซึ่งและทำการรวบรวมข้อมูลของผู้ใช้ ตัวอย่างของ NT2 คือ PABX หรือ LAN NT2 มีพอร์ทที่ต่อเทอร์มินอลได้สูงสุด 8 พอร์ท โดยมีรูปแบบของการต่อเป็นแบบบัส

ที่จุดอ้างอิง S ถ้าหากมีอุปกรณ์เพียงตัวเดียวเท่านั้นที่ต่อกับ NT2 ได้โดยตรง จุดอ้างอิง S และ T จะเป็นจุดเดียวกันในกรณีที่ไม่มีการใช้ NT2 คงมีเพียง NT1 เท่านั้น NT1 หรือ NT2 นี้ติดตั้งอยู่ในบริเวณบ้านหรือสำนักงานของผู้ใช้

6. L.T. (Line Termination) เป็นอุปกรณ์ที่ตั้งอยู่ในชุมสาย ISDN สำหรับการต่อสายของผู้ใช้ที่ชุมสายจุดอ้างอิงอยู่ระหว่าง LT กับ NTI

7. ET (Exchange Terminal) เป็นอุปกรณ์ที่ติดตั้งอยู่ในชุมสาย ISDN สำหรับทำหน้าที่รับส่งสัญญาณเพื่อการเริ่มต้นการติดต่อระหว่างชุมสาย ISDN

FRAME FORMAT

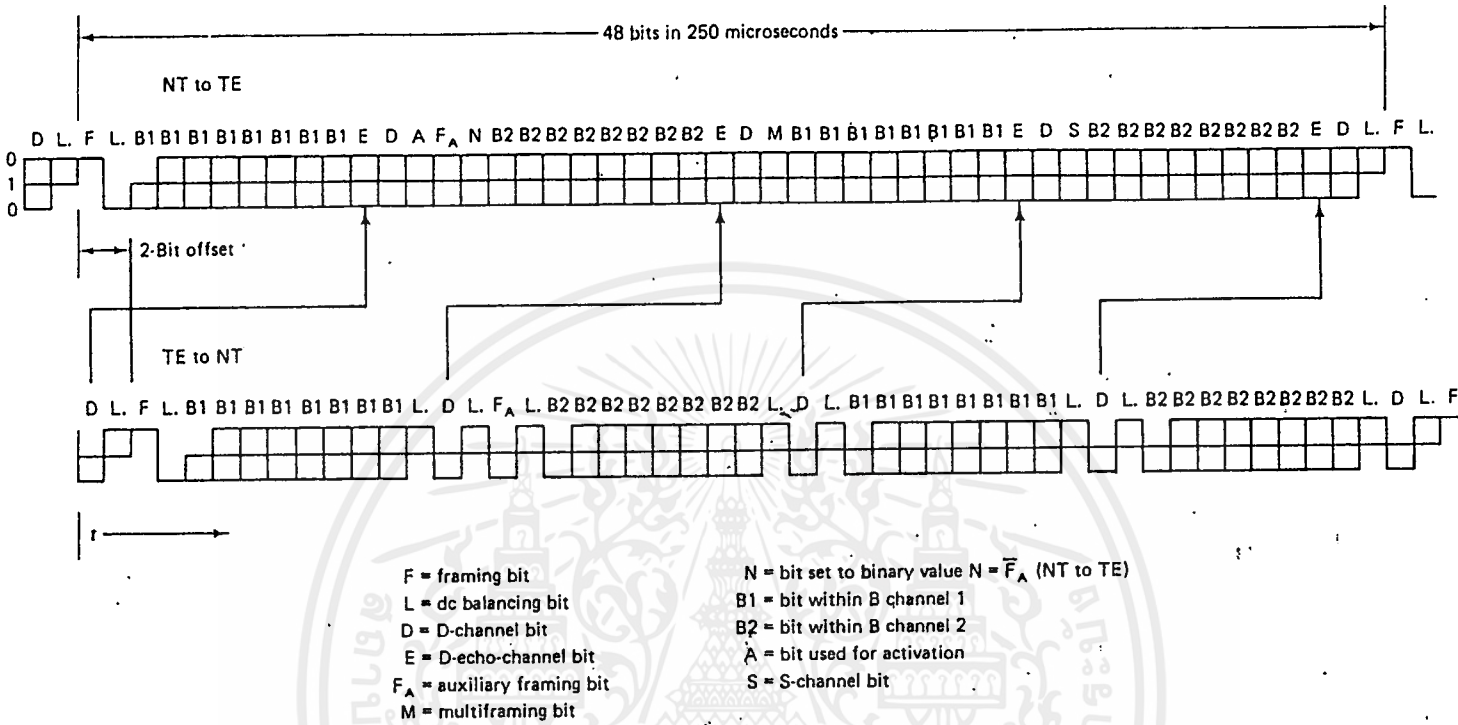
ชุมสาย ISDN รับข้อมูลดิจิทัลของผู้ใช้โดยดูจากโครงสร้างเฟรมของ Basic rate และ primary rate access จากนั้นจึงแจกจ่ายข้อมูลให้กับระบบสื่อสารสัญญาณในเครือข่าย ISDN ข้อมูลที่ปรากฏตามจุดต่างๆ ของการอินเตอร์เฟส (จุด S หรือจุด T) จึงมีโครงสร้างของเฟรมที่ต่างกัน

โครงสร้างเฟรมสำหรับ Basic access

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จุดอ้างอิง S (หรือ T) 1 เฟรมประกอบด้วยข้อความจำนวน 48 บิต ในเวลา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

032528

250 ไมโครวินาที ดังนั้นอัตราเร็วของ 1 เฟรม จึงเท่ากับ 192 กิโลบิต/วินาที ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดง Frame format

จากบิตทั้งหมด 48 บิต มี 32 บิต ที่เป็นแชนแนล B แบ่งเป็น B1 และ B2 อย่างละ 16 บิต แชนแนล D อีก 4 บิต ที่เหลืออีก 12 บิต มีชื่อและหน้าที่ดังนี้คือ

1. บิต F หรือเฟรมมิ่งบิตเป็นบิตที่บอกการเริ่มต้นของเฟรม

2. บิต L หรือ DC Balancing Bit ใช้ในการกำจัดองค์ประกอบทางด้านไฟตรงให้หมดไป บิต L จะเป็น "0" ถ้าหากจำนวนบิต "0" ที่นับต่อบิต L ตัวสุดท้าย เป็นจำนวนคี่ ดังนั้นผลรวมของบิต "0" ทั้งหมดจึงเป็นคู่ องค์ประกอบทางด้านไฟตรงจึงไม่มี อีกกรณีหนึ่งถ้าหากจำนวนบิต "0" ที่นับต่อบิต L ตัวสุดท้ายเป็นจำนวนคู่ บิต L จะมีค่าเป็น "1" ซึ่งสัญญาณในสายเป็นศูนย์โวลต์ ดังนั้นองค์ประกอบทางด้านไฟตรงจึงไม่มีเช่นกันตำแหน่งของบิต L แสดงอยู่ในรูป 2.3

3. บิต E หรือ D'Echo channel Bit มีทั้งหมด 4 บิต เป็นบิตที่สะท้อนการกำ

งานของบิต D ตัวสุดท้ายที่ส่งสัญญาณให้ NT ดังในรูปนี้ จะเห็นว่าสัญญาณการทำงานของบิต D ของไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฟรมข้อมูล TE ไป NT ไปปรากฏอยู่ในบิต E ของเฟรม ที่ส่งจาก NT ไปยัง TE มีบิต E เฉพาะในเฟรมที่ส่งจาก NT มายัง TE โดยอยู่ในตำแหน่งที่ 11, 24, 35 และ 46

4. บิต A หรือ Activation บิต เป็นบิตที่ถูกควบคุมจากซุ่มสาย เพื่อกำหนดในเทอร์มินอลทำงานในโหมด Power On ในขณะที่ติดต่อกับซุ่มสาย และ Power Down ในขณะที่เทอร์มินอลไม่ได้ทำงาน บิต A อยู่ในตำแหน่งที่ 13 ของเฟรมที่ส่งมาจาก NT

5. บิต FA เป็นบิตช่วยของเฟรมมีบิต (บิต F)

6. มีบิตอีกสองบิตที่สำรองไว้ใช้ในอนาคต ที่ตำแหน่ง 26 และ 37 ผลรวมของอัตราเร็วที่สามารถใช้งานได้คำนวณจากบิตที่ใช้สำหรับแชนแนล B จำนวน 32 บิต และแชนแนล D อีก 4 บิต รวม 36 บิต หากด้วยเวลาที่ใช้งานแต่ละเฟรมคือ 250 ไมโครวินาที จะได้ 144 กิโลบิต/วินาที ซึ่งเท่ากับ 2B+D นั่นเอง

สาเหตุที่เฟรมเบลิกนอกเซสที่ส่งจาก NT มายัง TE กับ TE มายัง NT ต่างกัน เนื่องจากจาก NT หนึ่งตัวต้องคอยควบคุมและบริหาร TE หลายๆตัว ในขณะที่การทำงานของ TE ขึ้นอยู่กับผู้ใช้ จึงเกิดความไม่สมมาตรกันทำให้เฟรมสำหรับส่งจาก TE ไป NT เลื่อนซ้ายออกไป 2 บิตดังรูป 2.3

รูปแบบเพื่อการอ้างอิงในการต่อเชื่อมแบบระบบเปิด(The OSI reference model)

การเชื่อมต่อแบบระบบเปิด (Open System Interconnection) ถูกกำหนดขึ้นมาโดยองค์การมาตรฐานแห่งชาติ (ISO หรือ International Standard Organization) จุดประสงค์ของ ISO ที่กำหนด OSI ขึ้นมาก็เพื่อให้เป็นรูปแบบในการอ้างอิงสำหรับการสื่อสารข้อมูลในระบบเปิด ซึ่งเน้นเกี่ยวกับคอมพิวเตอร์ และการประมวลผลข้อมูล อย่างไรก็ตาม CCITT ก็ได้เข้ามาเกี่ยวข้องโดยการปรับปรุงเพื่อใช้งาน ISDN

ชั้นที่ 7 ของ OSI

OSI จะมีขั้นตอนในการต่อเชื่อมทั้งหมด 7 ชั้นด้วยกัน เริ่มตั้งแต่ชั้นที่ 1 จนถึงชั้นที่ 7 ตามความยุ่งยากสลับซับซ้อนของการต่อเชื่อมดังตัวอย่างข้างล่างนี้ การต่อเชื่อมของ OSI ในระบบ BRI จะเกี่ยวข้องกับเฉพาะในชั้นที่ 1 ถึง 3 เท่านั้น ดังนั้นจึงขออธิบายถึงรายละเอียดในชั้นดังกล่าวเท่านั้น

1. ชั้นที่ 1 เรียกว่า physical layer เป็นชั้นต่ำที่สุดที่แสดงคุณสมบัติทางกายภาพ

ที่แท้จริงในการติดต่อ เช่น สัญญาณที่ติดต่อใช้รหัสอะไร บิต "1" แทนด้วยแรงดันไฟฟ้าเท่าไร บิต "0"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ
แทนด้วยแรงดันไฟฟ้าเท่าไร เป็นต้น ตัวอย่างของการติดต่อในชั้นที่ 1 คือมาตรฐาน V.24*.21 ในชั้นที่
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 ไม่มีการป้องกันการผิดพลาดของข้อมูล เนื่องจากได้กระทำแล้วในชั้นที่ 2 ขึ้นไป การที่ใช้ชั้นที่ 1 ถึง 3 ในการส่งข้อมูลจะเรียกว่า "แบร์เรอร์เซอริวิต" (Bearer Service)

2. ชั้นที่ 2 เรียกว่า data link layer ในชั้นนี้ มีการกำหนดฟังก์ชันที่จำเป็น สำหรับการป้องกันการผิดพลาดและแก้ไขสิ่งที่ผิดพลาดที่เกิดขึ้น ในเส้นทางที่ได้เลือกจากชั้นที่ 3 แล้ว ด้วยการใช้นิยามที่เรียกว่า HDLC (High-Level Data Link Control) ซึ่ง HDLC มักเป็นการทำงานสำเร็จรูปฝังอยู่ในฮาร์ดแวร์เลย HDLC จะคอยจัดการให้การสื่อสารข้อมูลอยู่ในเฟรมที่เป็นมาตรฐาน บางครั้งต้องมีการเติมบิต "0" ลงในข้อมูลที่ เป็น "1" ติดต่อกันเกิน 5 บิต เพื่อเป็นการป้องกันการเข้าใจผิดว่าข้อมูลที่ส่ง เป็นแฟล็กเริ่มต้นหรือแฟล็กลงท้าย นอกจากนี้ HDLC ยังมีการใช้ Cyclic Redundancy Check (CRC) เพื่อตรวจสอบข้อมูลที่ผิดพลาด

3. ชั้นที่ 3 เรียกว่า network layer เป็นชั้นที่กำหนดเส้นทางของการติดต่อระหว่างโหนด (node) ต่างๆ ในเครือข่าย โดยเส้นทางที่ใช้นี้มีการป้องกันการผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นรวมไว้ด้วย นอกจากนี้ ในชั้นนี้ยังมีการใช้โปรโตคอลสำหรับส่งสัญญาณเพื่อการติดต่อในเครือข่าย

4. ชั้นที่ 4 เรียกว่า transport layer

5. ชั้นที่ 5 เรียกว่า session layer

6. ชั้นที่ 6 เรียกว่า presentation layer

7. ชั้นที่ 7 เรียกว่า application layer

การติดต่อระบบ ISDN ระหว่างผู้ใช้กับโครงข่ายใน BRI แบ่งเป็น 3 ระดับชั้นดังต่อไปนี้

ระดับชั้นที่ 1 (LAYER 1) : PHYSICAL LAYER

ลักษณะทั่วไป

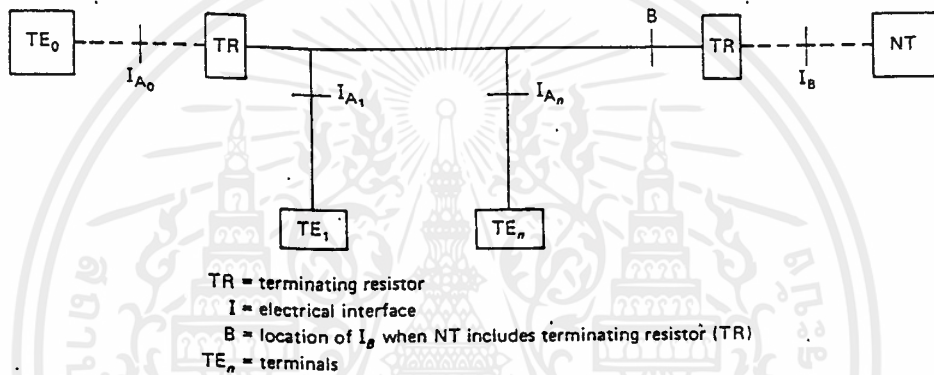
การที่จะเข้าไปใช้บริการในโครงข่ายการให้บริการร่วมระบบดิจิทัลหรือ ISDN ผู้ใช้บริการจะต้องทำการเชื่อมต่ออุปกรณ์สื่อสารของตนเข้ากับโครงข่าย ISDN จากลักษณะดังกล่าว CCITT ได้กำหนดมาตรฐานคุณลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติทางไฟฟ้าของการส่งข้อมูลแบบดิจิทัลผ่าน การเดินสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า และการเข้ารหัส (LINE CODE), FRAME FORMAT รวมไปถึงลักษณะทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงคำนวณว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทานของอุปกรณ์การเชื่อมต่อ เช่น สาย, PLUG และ JACK ต่างๆ

จุดเชื่อมต่อทางอิเล็กทรอนิกส์ (ELECTRONICS INTERFACE POINT)

ลักษณะจุดเชื่อมต่อต่างๆ ซึ่งแสดงในรูป 2.4 โดยที่ I_{An} จะต้องอยู่ห่างจาก I_{En} ไม่เกิน 10 เมตร และ I_B จะต้องอยู่ห่างจาก NT ไม่เกิน 3 เมตร เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดรูปแบบของสัญญาณที่ได้ผิดเพี้ยนไปอันอาจทำให้ข้อมูลที่ได้รับผิดพลาดได้



รูปที่ 2.4 แสดงจุดเชื่อมต่อทางอิเล็กทรอนิกส์

SHORT PASSIVE BUS

TE หลายๆตัวสามารถต่อที่หนึ่งก็ได้ตลอดความยาวของสายเคเบิล ด้วยเหตุนี้สัญญาณจากแต่ละ TE จะมาถึงที่ NT โดยมี DELAY ที่ต่างกัน ดังนั้นข้อจำกัดของการต่อสายแบบนี้จะขึ้นอยู่กับ MAXIMUM ROUND TRIP DELAY

NT RECEIVER โดยปกติแล้วใช้ได้ในขณะที่ ROUND TRIP DELAY มีค่าอยู่ระหว่าง 10-14 μ sec โดยค่าที่ไม่ทำให้สัญญาณเพี้ยนนั้นเทียบได้กับระยะทางที่ไกลที่สุดคือ 100-200 เมตร

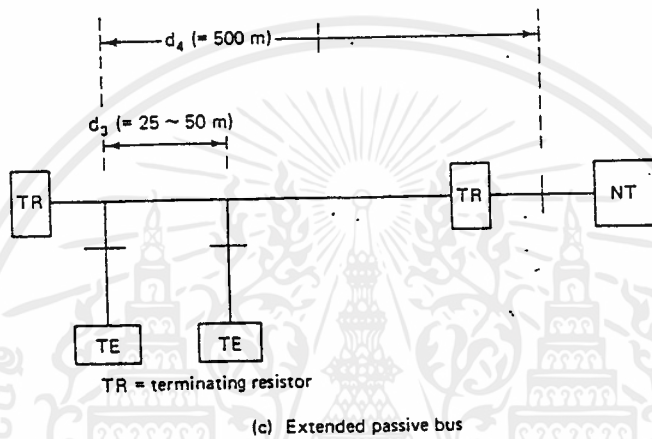
EXTENDED PASSIVE BUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของสำนักงานป้องกันและปราบปรามการฟอกเงิน โดยมิชอบที่จะเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
 กลุ่มของ TE สามารถอยู่ในตำแหน่งที่ห่างออกไปจาก NT ได้ 100-1000 เมตร โดยมีข้อจำกัดคือ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มของ TE เหล่านี้ต้องอยู่ใกล้ ๆ กัน ดังแสดงได้ในรูป 2.5 โดยที่

d3 คือระยะทางระหว่าง TE กับ TE ประมาณ 25 - 50 เมตร

d4 คือระยะทางระหว่าง TE กับ NT ประมาณ 500 เมตร



รูปที่ 2.5 แสดง Extended Passive Bus

ระดับชั้นที่ 2 (LAYER 2) : DATA LINK LAYER

โปรโตคอลที่ใช้งานชั้นเชื่อมโยงข้อมูลนี้มีอยู่ด้วยกันหลายตัว แต่ละตัวก็จะมีหลักการพื้นฐานที่เหมือนกัน และแตกต่างกันบ้างในรายละเอียด ยกปฤยกย่อ เท่านั้น ตัวอย่างของโปรโตคอลที่มีใช้งานชั้นเชื่อมโยงข้อมูลมี ดังนี้

1. HIGH LEVEL DATA LINK CONTROL : HDLC ซึ่ง HDLC นี้ถูกสร้างมาจากข้อกำหนดขององค์

การมาตรฐานระหว่างชาติ ISO

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านธุรกิจ
2. SYNCHRONOUS DATA LINK CONTROL : SDLC เป็นโปรโตคอลในชั้นเชื่อมโยงที่ 2 ซึ่งพัฒนา
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มาจากบริษัท IBM

3. UNIVERSAL DATA LINK CONTROL หรือที่เรียกกันสั้น ๆ ว่า UDLC

นอกจากนี้ยังมีโปรโตคอลตัวอื่นๆ อีกมากมาย แต่สำหรับโปรโตคอลที่ทำงานบนช่องสัญญาณ D ในโครงข่าย ISDN เราเรียกว่า LAP-D (LINK ACCESS PROCEDURE on D CHANNEL) ซึ่งมีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้ คือ

1. โปรโตคอล LAP-D จะเป็นอิสระจากอัตราเร็วที่ช้าในการรับส่งข้อมูล
2. การรับส่งข้อมูลบนช่องสัญญาณ D จะเป็นแบบ 2 ทิศทาง (FULL-DUPLEX)
3. ลักษณะการส่งข้อมูลไปบนช่องสัญญาณ D เป็นแบบ BIT TRANSPARENT

หน้าที่ของ LAP-D

โปรโตคอล LAP-D สามารถที่จะให้บริการการเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุดหรือจุดต่อหลายจุดบนช่องการสื่อสารทางเดียวกันได้ ด้วยการส่งข้อมูลที่มีรูปแบบในลักษณะ เฟรมตามข้อกำหนดของโปรโตคอล LAP-D ที่เรียกว่า Data Link Connection Identifier : DLCI อีกทั้งโปรโตคอล LAP-D ยังมีหน้าที่ในการกำหนดขอบเขตจัดรูปแบบ เฟรมข้อมูล ความคุมลำดับการส่ง เฟรมข้อมูลในวงจรต่อ เชื่อมข้อมูลให้เป็นไปตามลำดับที่ถูกต้อง และแก้ไขข้อผิดพลาดที่ตรวจพบ

รูปแบบของเฟรมในโปรโตคอล LAP-D

ข้อมูลของผู้ใช้บริการและข่าวสารของโปรโตคอล จะถูกส่งออกไปในรูปของ เฟรมซึ่งเป็นไปตามข้อกำหนดของโปรโตคอล LAP-D ข้อมูลข่าวสารที่ส่งมาในรูปของเฟรมมีความยาวเป็นจำนวนเท่าของ 8 บิต หรือบางครั้งก็ไม่มีข่าวสารอยู่เลย ดังนั้นเราจึงสามารถแบ่งการจัดเฟรมของข้อมูลในโปรโตคอล LAP-D ออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. เฟรมข้อมูลแบบ A เป็นเฟรมข้อมูลที่ไม่มีข่าวสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
2. เฟรมข้อมูลแบบ B เป็นเฟรมข้อมูลที่มีข่าวสารรวมอยู่ด้วย
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Format A เป็นเฟรมข้อมูลที่ไม่มีข่าวสารรวมอยู่ด้วย

01111110	Address	Control	FCS	01111110
----------	---------	---------	-----	----------

Format B เป็นเฟรมข้อมูลที่มีข่าวสารรวมอยู่ด้วย

01111110	Address	Control	Information	FCS	01111110
----------	---------	---------	-------------	-----	----------

รูปที่ 2.6 แสดงรูปแบบของเฟรมในโปรโตคอล LAP-D

การกำหนดขอบเขตของเฟรมด้วยแฟล็ก แฟล็กมีรูปแบบของบิตเป็น "01111110" เมื่อมีการส่งข้อมูลจะมีการส่งแฟล็กออกไปก่อนเรียกว่า open flag แล้วตามด้วยข้อมูลและปิดท้ายด้วย close flag

ในการส่งข้อมูลในบางครั้งอาจจะมีข้อมูลที่มีรูปแบบเหมือนแฟล็ก ดังนั้นเราจึงต้องมีวิธีป้องกันผลเนื่องจากการนี้ โดยการเติม/ลบศูนย์ ออกจากข้อมูล เมื่อข้อมูลนั้นมีค่าเป็น 1 ติดต่อกัน 5 ตัว ส่วนด้านรับสัญญาณก็จะตรวจสอบว่า เมื่อมีข้อมูลที่ เป็นบิต 1 เข้ามาติดต่อกัน 5 ตัว ก็จะลบบิต 0 ที่ตามมาออกไป

ส่วนแอดเดรส (ADDRESS FIELD) เพื่อความเหมาะสมในการอ้างถึงโปรโตคอล LAP-D ก็จะแบ่งส่วนของแอดเดรสออกเป็นสองส่วน คือส่วน TERMINAL ENDPOINT IDENTIFIER หรือ TEI และ SERVICE ACCESS POINT IDENTIFIER หรือ SAPI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TERMINAL ENDPOINT IDENTIFIER : TEI

โดยทั่วไป อุปกรณ์สื่อสารข้อมูลจะมีค่า TEI ของแต่ละตัว ซึ่งในการกำหนดค่า TEI นั้น สามารถทำได้สองวิธีคือ การกำหนดแบบอัตโนมัติ กับการที่ผู้ใช้กำหนดเอง ซึ่งในการที่ผู้ใช้ทำการกำหนดเองจะต้องระมัดระวังการเชื่อมต่อ โดยที่ค่าของ TEI และความหมายแสดงไว้ในตาราง

TEI VALUE	USER TYPE
0-63	Non-automatic TEI assign user equipment
64-126	Automatic TEI assign user equipment
127	Used during automatic TEI assignment

ตาราง 2A แสดง TEI Value

SERVICE ACCESS POINT IDENTIFIER : SAPI

เป็นค่าที่ใช้ในการแยกประเภทของข้อมูลที่ทำการรับส่งในวงจรต่อเชื่อมข้อมูล ระหว่าง TE กับโครงข่าย ISDN ดังแสดงตามตาราง

SAPI	USER TYPE
0	CALL CONTROL PROCEDURE
1	สำรองไว้สำหรับการติดต่อแบบ PACKET MODE โดยใช้ CALL CONTROL PROCEDURE
16	ใช้ในการสื่อสารแบบ PACKET X.25
63	Layer 2 MANAGEMENT PROCEDURES
ค่าอื่นๆ	สงวนไว้ใช้งานในอนาคต

ตาราง 2B แสดง SAPI Value

ส่วนควบคุม(CONTROL FIELD)

ส่วนควบคุมจะประกอบด้วย ข้อมูลจำนวน 8 บิต หรือ 16 บิตก็ได้ที่กำหนดที่แยกแยะชนิดของข้อมูลที่ทำกรรับส่ง โดยโปรโตคอล LAP-D ได้แบ่งประเภทของส่วนควบคุมข้อมูลออกเป็น 3 ประเภท ดังแสดงในรูป 2.6

1. INFORMATION TRANSFER FORMAT หรือ I-FORMAT เฟรมข้อมูลนี้เป็นเฟรมเดียวที่ใช้ในการรับข้อมูลข่าวสาร
2. SUPERVISORY FORMAT หรือ S-FORMAT เป็นเฟรมที่กำหนดหน้าที่ควบคุมการติดต่อสื่อสารบนช่องสัญญาณ D ๑ ให้เป็นไปตามข้อกำหนดของโปรโตคอล LAP-D
3. UNNUMBER FORMAT หรือ U-FORMAT เป็นเฟรมที่กำหนดหน้าที่ควบคุมการเริ่มต้นการไ้ใช้งานเชื่อมต่อข้อมูลและการป้บงอกว่าสิ้นสุดการไ้ใช้งานเชื่อมต่อข้อมูล

ฟิลด์ข่าวสาร(INFORMATION FIELD)

ขนาดของฟิลด์จะขึ้นอยู่กับการใช้งานเชื่อมต่อข้อมูลในการรับส่งข่าวสาร เช่น ในการรับส่งข่าวสารซิกแนลลิ่ง(SIGNALLING) ฟิลด์ของข่าวสารจะมีค่ามากที่สุด 260 ไบต์

ส่วนตรวจสอบข้อผิดพลาดโดยการใช้ FCS (FRAME CHECK SEQUENCE)

เพื่อที่จะตรวจสอบข้อผิดพลาดในการส่งข้อมูลทางค่านส่งจะสร้างรหัสขนาด 16 บิต ขึ้นมาเรียกว่า FCS ซึ่งส่งเข้าไปต่อส่วนท้ายของข้อมูลก่อน closing bit ค่านรับก็จะเช็คค่า FCS ถ้าพบว่ามีข้อผิดพลาดจากการ check ก็จะไม่รับข้อมูลเฟรมนั้น

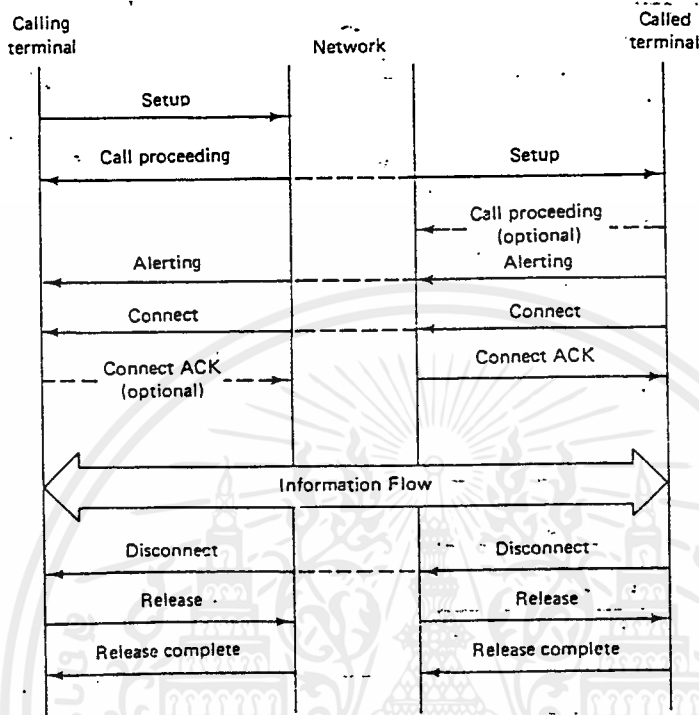
ระดับชั้นที่ 3 (LAYER 3) : NETWORK LAYER

ในระดับชั้นนี้จะทำหน้าที่ เกี่ยวกับการติดต่อระหว่างโครงข่ายซึ่งใช้มาตรฐานตาม CCITT Q.930

และ Q.931 ซึ่งจะมีโปรโตคอล ที่ทำหน้าที่ตั้งแต่เริ่มให้กรบริการ, ดูแลกรบริการ, ยกเลิกกรบริการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ซึ่งในส่วนนี้จะขออธิบายการทำงานภายใน NETWORK LAYER ในแบบ CIRCUIT SWITCH CONTROL
ไม่ว่กรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยสามารถอธิบายได้ตามรูป 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงการส่งข้อความ, ข่าวสาร สำหรับ Circuit switch

การที่จะส่งข้อความข่าวสารสำหรับ CIRCUIT SWITCH CONTROL นั้น จะต้องมีการมีขั้นตอนและแบบแผนที่แน่นอน ซึ่งจากรูป เราจะเห็นได้ว่า ก่อนที่ข่าวสารจะถูกส่งออกไปจะต้องมีขบวนการอยู่หลายขั้นตอน เช่น SETUP, ALERTING หรือ CONNECT จนกระทั่งข่าวสารถูกส่งออกไปแล้วก็ยังคงมีสัญญาณในการควบคุมต่างๆ อีก ซึ่งการติดต่อผ่านโครงข่ายจะสิ้นสุดลงได้ก็ต่อเมื่อมีการแลกเปลี่ยนสัญญาณ RELEASE MESSAGE ของทั้งสองด้าน คือทางด้านรับก็ส่ง RELEASE MESSAGE ออกมา ฝ่ายทางด้านส่งก็ส่งสัญญาณ RELEASE MESSAGE ออกมาเช่นกัน ทั้งนี้เพื่อเป็นการ เคลียร์ เลขหมายในการติดต่อและ เตรียมพร้อมในการรับการติดต่อสำหรับครั้งต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

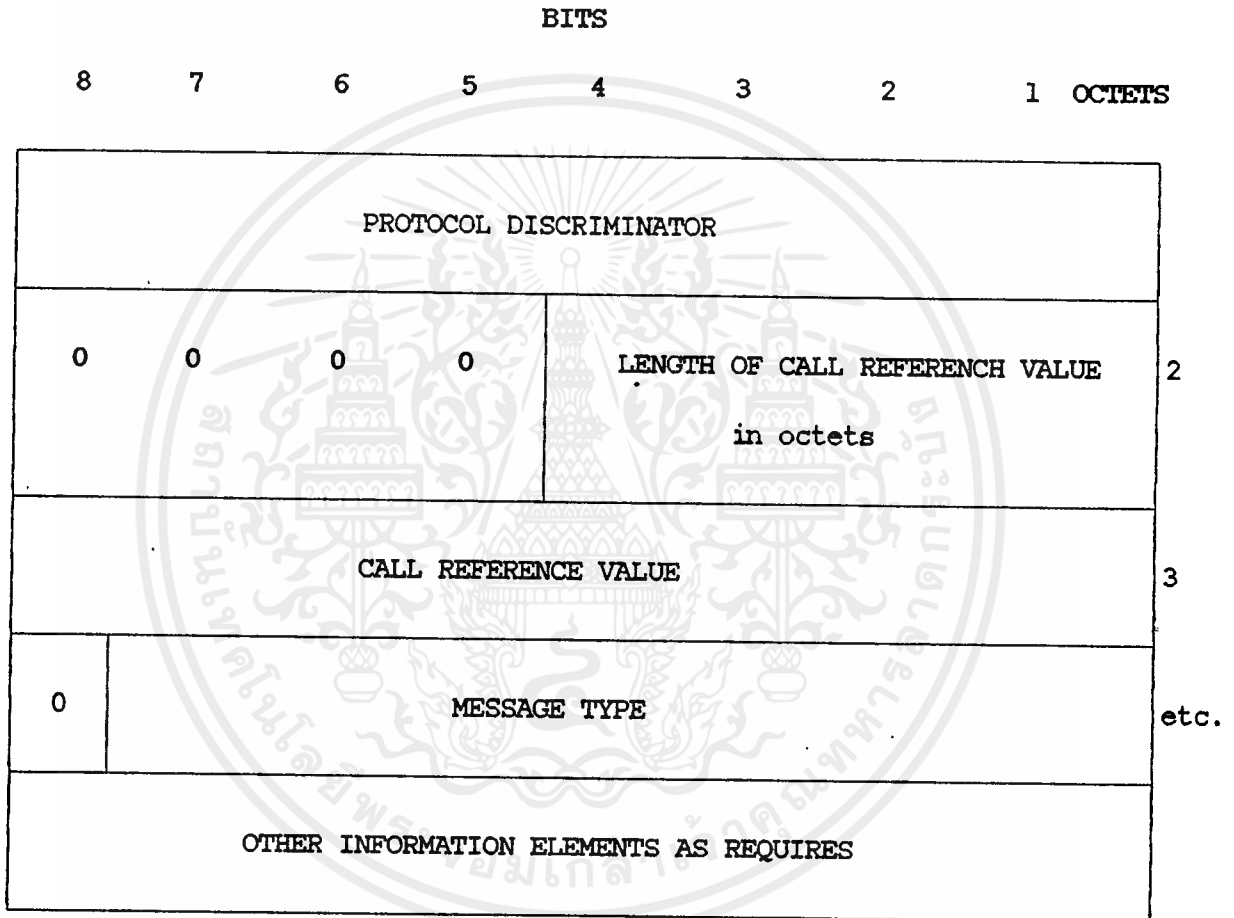
MESSAGE FORMAT

จะมีส่วนประกอบอยู่ 2 ส่วน คือ

+COMMON PART

+MESSAGE - SPECIFIC PART

ซึ่งแสดงตามตาราง 2C



ตาราง 2C แสดง Message format

COMMON PART

ในส่วนนี้ สามารถแบ่งออกได้เป็น

1. PROTOCOL DISCRIMINATOR จะบอกชนิดของโปรโตคอลที่ใช้

2. CALL REFERENCE จะถูกกำหนดโดยคำสั่งซึ่งระบุชนิดของการติดต่อ

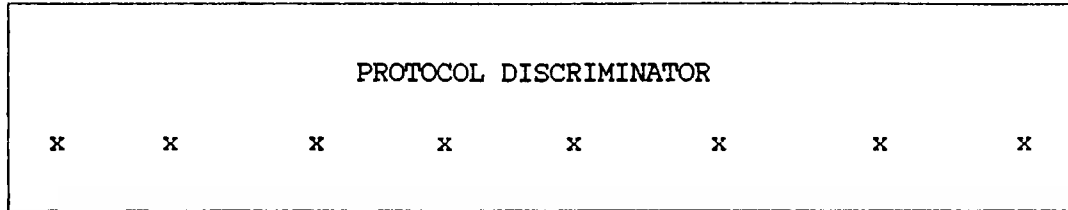
3. MESSAGE TYPE จะบ่งชี้ชนิดฟังก์ชันของ MESSAGE ที่จะส่งออกไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานที่องค์กรของคุณเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-PROTOCOL DISCRIMINATOR

ตามมาตรฐานของ CCITT ได้กำหนดส่วนของ PROTOCOL DISCRIMINATOR ไว้ดังนี้

8 7 6 5 4 3 2 1 OCTETS



bit

8	7	6	5	4	3	2	1	
0	0	0	0	0	0	0	0	_____ ามาช
0	0	0	0	0	0	0	1	_____ เป็นฟังก์ชันที่ส่งงานไว้
0	0	0	0	0	1	1	1	
0	0	0	0	1	0	0	0	_____ Q.931 CALLCONTROL MESSAGE
0	0	0	0	1	0	0	1	_____ ส่งงานไว้สำหรับ MESSAGE อื่นใน
0	0	0	0	1	1	1	1	RECOMENDATION นี้
0	0	0	1	0	0	0	0	_____ ส่งงานไว้สำหรับ LAYER อื่นๆ หรือโปรโตคอล
0	0	1	1	1	1	1	1	ของ LAYER 3
0	1	0	0	0	0	0	0	_____ เป็นฟังก์ชันที่ซ้ำ
0	1	0	0	1	1	1	1	
0	1	0	1	0	0	0	0	_____ ส่งงานไว้ใช้ใน LAYER อื่นๆ หรือโปรโตคอล
1	1	1	1	1	1	1	0	ของ LAYER 3
1	1	1	1	1	1	1	1	_____ ส่งงานไว้ในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งงานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตาราง 2D แสดง ค่าของ Protocol Discriminator

-CALL REFERENCE

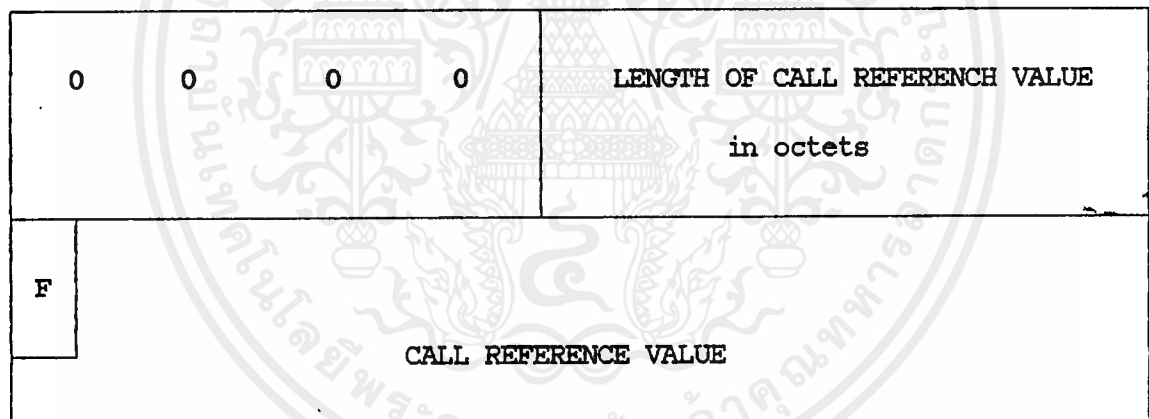
ในส่วนของ CALL REFERENCE นี้สามารถแบ่งย่อยได้อีกเป็น 2 FIELD คือ

-LENGTH OF CALL REFERENCH VALUE เป็นเนื้อที่ 1 OCTET BIT 1-4

ทำหน้าที่ในการบอกความยาวของ CALL REFERENCH VALUE

-CALL REFERENCH VALUE และ FLAG ในส่วนนี้อาจจะกินเนื้อที่ตั้งแต่ 1 - 127 BYTE

CALLREFERENCH VALUE มีหน้าที่ในการบอกค่าอ้างอิงในการเรียก ส่วน FLAG เป็นตัวบอกถึงว่าในขณะที่
นั้นฝ่ายใด เป็นฝ่ายรับ ฝ่ายใด เป็นฝ่ายส่งข้อมูล



flag 0 original side

1 destination side

ตาราง 2E แสดง ค่าของ Call Reference Value

-MESSAGE TYPE

ในส่วนของ MESSAGE TYPE นี้จะมีอยู่ 8 BIT ซึ่งบิตสุดท้ายจะสงวนไว้สำหรับการใช้งานใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
อนาคตต่อไป
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8 7 6 5 4 3 2 1

0	MESSAGE TYPE
---	--------------

ตัวอย่างการเรียกใช้ MESSAGE TYPE

bit								
8	7	6	5	4	3	2	1	
0	0	0	-	-	-	-	-	เป็นส่วนที่ใช้ในการสร้างสัญญาณเรียก
			0	0	0	0	1	-ALERTING
			0	0	0	1	0	-CALL PROCEEDING
			0	0	1	1	1	-CONNECT
			0	1	1	1	1	-CONNECT ACKNOWLEDGE
			0	0	1	0	1	-SETUP
			0	1	1	0	1	-SET UP ACKNOWLEDGE
0	0	1	-	-	-	-	-	เป็นส่วนของ INFORMATION
			0	0	1	1	0	-RESUME
			0	1	1	1	0	-RESUME ACKNOWLEDGE
			0	0	0	1	0	-RESUME REJECT
			0	0	1	0	1	-SUSPEND
			0	1	1	0	1	-SUSPEND ACKNOWLEDGE
			0	0	0	0	1	-SUSPEND REJECT
			0	0	0	0	0	-USER INFORMATION

SPECIFICS PART เป็นส่วนพิเศษในการเรียกใช้ ซึ่งอาจเป็นความสามารถสนับสนุนของระบบหรือ
กฎการเข้ารหัส เป็นต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

Terminal adaptor

Terminal Adaptor (TA) ได้ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการแปลงสัญญาณในอุปกรณ์ปัจจุบันที่มีรูปแบบการส่งข้อมูลในโครงข่าย ISDN ให้มีรูปแบบของสัญญาณเป็นแบบ ISDN ซึ่งจะทำการให้อุปกรณ์ต่างๆ ในโครงข่ายปัจจุบัน สามารถทำการติดต่อสื่อสารกับระบบ ISDN ได้ ตัวอย่างเช่น โครงข่ายโทรศัพท์ในปัจจุบัน มีการส่งข้อมูลผ่าน Twisted Pair แบบอนาล็อก ซึ่งมีสัญญาณรบกวนสูงและอัตราการส่งข้อมูลต่ำ แต่เมื่อได้มีการต่อเชื่อม (interface) ระหว่าง โทรศัพท์ กับ TA แล้ว สัญญาณเสียงที่ออกมา จะเป็นสัญญาณดิจิทัลความไวสูง 192 Kbps ดังนั้น เราจึงสามารถให้คำนิยามของ TA ได้คือ

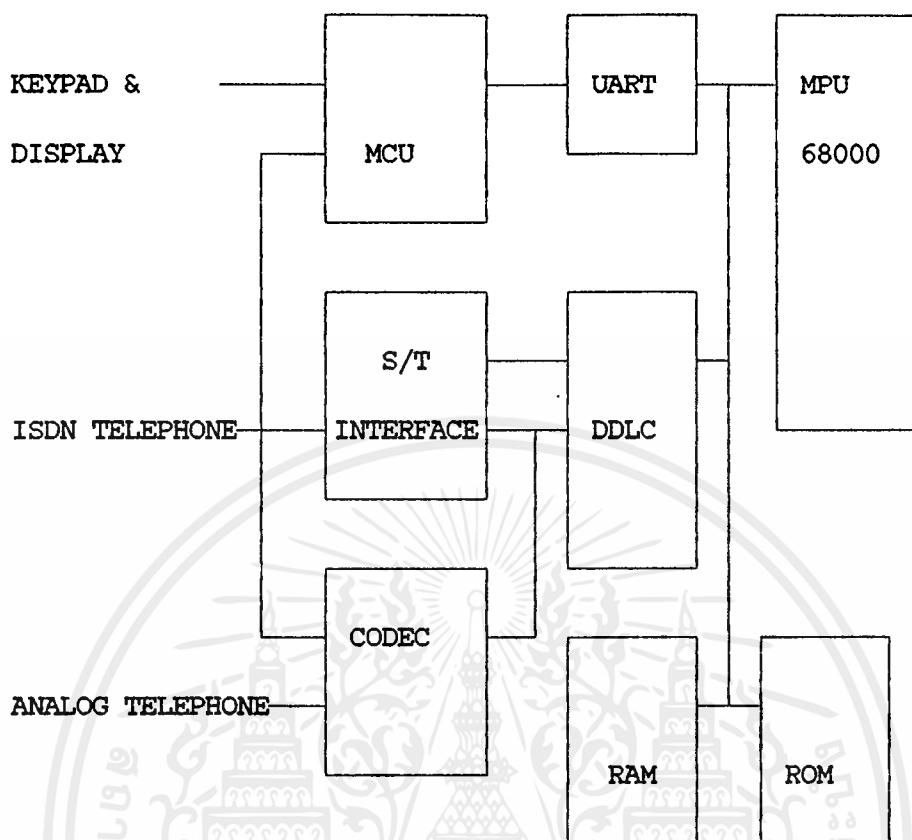
"TA (Terminal Adaptor) เป็นอุปกรณ์อินเตอร์เฟสระหว่าง TE2 กับโครงข่าย ISDN " TA มีหน้าที่หลักดังนี้คือ

1. เปลี่ยนแปลงอัตราเร็วในการส่งข้อมูลของ TE2 ที่จุด R ให้ได้เข้าที่จุดที่จุด S เป็นสัญญาณดิจิทัล 64 กิโลบิต/วินาที (แชนแนล B) TE2 ใช้อุปกรณ์อะนาล็อก สัญญาณที่จุด R จะต้องการทำให้เป็นดิจิทัลใน TA เพื่อให้ได้เข้าที่จุดเป็นดิจิทัลที่จุด S
2. เปลี่ยนแปลงโปรโตคอลที่ใช้ในการติดต่อเพื่อส่งข้อมูลของ TE2 ปัจจุบัน CCITT ได้กำหนดว่ามี TA3 แบบเพื่อใช้กับ X.21 และ X.21 bis เซอร์กิตสวิทช์ เทอร์มินอล X.25 แพกเก็ตเทอร์มินอลและอนุกรม V เทอร์มินอล TA จึงต้องเปลี่ยนโปรโตคอลที่ใช้กับอุปกรณ์ทั้ง 3 ให้เป็นโปรโตคอลที่ใช้กับแชนแนล D ที่เรียกว่า LAP-D

การทำงานของ TA

การทำงานของ TA ที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้เป็นการทำงานในด้าน Interface สัญญาณเสียงในระบบโทรศัพท์ให้เป็นโทรศัพท์ระบบ ISDN ซึ่งจะต้องมีการ เปลี่ยนจากระบบอนาล็อก เป็นระบบดิจิทัล พร้อมทั้งมีการจัด เฟรมโดยและใช้โปรโตคอลการควบคุมการ เชื่อมต่อ (LAP-D) โดยสามารถ เขียนเป็น State ได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 แสดง Block ภาพทำงานของ TA

สามารถอธิบายส่วนต่างๆ ได้ดังนี้

โทรศัพท์อนาลอก: ส่วนโทรศัพท์ที่ไม่ได้อยู่ในโครงข่ายของ ISDN

CODEC AND FILTER: ส่วนนี้จะมีหน้าที่ในการแปลงสัญญาณโทรศัพท์ในรูปของอนาลอกให้เป็นสัญญาณโทรศัพท์ดิจิทัลที่มีอัตราเร็วในการส่งคงที่ค่าหนึ่ง เช่น 8 KHz โดยเริ่มจากการที่แยกคู่สายโทรศัพท์ให้เป็นสายรับและสายส่งก่อน (four-wire) แล้วจึงนำสัญญาณที่ได้มาทำการแปลงให้อยู่ในรูปสัญญาณระบบดิจิทัล

Datalink Controller: ส่วนนี้จะมีหน้าที่ในการจัดการระบบเฟรมต่างๆ รวมทั้งหน้าที่ใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า +Bit-Level HDLC processing

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

*flag

*abort

*zero insertion

*residue bit handler

+TEI/SAPI ADDRESS COMPARISION

CPU and MEMORY : ส่วนนี้จะ เป็นส่วนควบคุมในการประมวลผลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับสัญญาณควบคุม CPU จะมีการติดต่อกับ MEMORY ในการอ้าง ADDRESS ต่างๆ ซึ่งสามารถ แบ่งการควบคุมหลักๆ ได้ดังนี้

-การควบคุม CODEC and FILTER จะเป็นการควบคุมสัญญาณต่างๆ ของระบบ เช่น RINGING TONE, RINGING BACK เป็นต้น

-การควบคุม DATA LINK CONTROLLER จะเป็นการควบคุมและจัดการในส่วนของ DATA LINK CONTROLLER

ISDN TELEPHONE : ผลที่ได้จากการแปลงสัญญาณจากโทรศัพท์อนาลอกนี้ จะทำให้โทรศัพท์อนาลอก นั้นสามารถใช้ในการติดต่อสื่อสารในโครงข่าย ISDN ได้เหมือนกับโทรศัพท์ ของระบบ ISDN

บทที่ 4

การสร้างเครื่องจัดสัญญาณสำหรับโครงข่าย

การให้บริการร่วมระบบดิจิทัล

ในส่วนของการสร้างเครื่องจัดสัญญาณสำหรับโครงข่ายร่วมระบบดิจิทัล (TA) นี้ สามารถแบ่งอธิบายออกได้เป็น 5 ส่วนคือ

1. ส่วนสร้างสัญญาณต่างๆ ของโทรศัพท์
2. ส่วนแยกสัญญาณคู่สายโทรศัพท์และส่วนถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ (Subscriber Line & DTMF Receiver)
3. ส่วนแปลงสัญญาณให้เป็นรูปดิจิทัลและกรองสัญญาณ (CODEC AND FILTER)
4. ส่วนจัดเฟรมข้อมูลและการเชื่อมต่อ (DDLC and S/T Interface)
5. ส่วนควบคุม (Microprocessor Unit)

ส่วนสร้างสัญญาณต่างๆ ของโทรศัพท์

1. สัญญาณให้หมุน (DIAL TONE)

วงจรสร้างสัญญาณ DIAL TONE ใช้ I.C. TIMER เบอร์ 555 สร้างเป็นวงจรออสซิลเลเตอร์ กำเนิดสัญญาณที่มีความถี่ประมาณ 400 Hz โดยมีหลักการคำนวณดังนี้

$$\begin{aligned}f(\text{DIAL}) &= 1.44 / (R_u + 2R_b) * C \\ &= 1.44 / (0.82 + 360) * 1000 * 0.01 \mu\text{F} \\ &= 400 \text{ Hz}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{duty circle} &= R_a / (R_a + 2R_b) \\ &= 180 / (0.82 + 360) \\ &= 0.5\end{aligned}$$

โดยที่สัญญาณให้หมุน จะถูกส่งเข้าที่ขาสัญญาณรับ (R-6) ซึ่งควบคุมการทำงานโดยไมโครโปรเซสเซอร์ ดังแสดงในรูป 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. สัญญาณไม่ว่าง (BUSY TONE)

วงจรสร้างสัญญาณ BUSY TONE ใช้ I.C. TIMER เบอร์ 555 จำนวน 2 ตัว สร้างเป็นวงจรรอสซิงโครไนซ์ โดยที่ตัวแรกสร้างเป็นสัญญาณที่ประมาณ 400 Hz ซึ่งมีหลักการเหมือนวงจรให้หมุน ส่วนตัวที่สอง สร้างเป็นสัญญาณที่มีความถี่ 1 Hz โดยมีหลักการคำนวณดังนี้

$$\text{ON} = 0.5 \text{ sec} \quad \text{OFF} = 0.5 \text{ sec}$$

$$f(\text{DIAL}) = 1.44 / (R_u + 2R_b) * C$$

$$f = 1.44 / (5.6 + 300) * 1000 * 4.7 \mu\text{F}$$

$$= 1 \text{ Hz}$$

$$\text{duty circle} = R_a / (R_a + 2R_b)$$

$$= 150 / (5.6 + 300)$$

$$= 0.49$$

แล้วนำสัญญาณทั้ง 2 มารวมกัน โดยผ่าน แอนเดท (AND GATE) แล้วจะได้สัญญาณไม่ว่างที่สม

บูรณ์

3. สัญญาณเรียกกลับ (RINGBACK TONE)

วงจรสร้างสัญญาณ RINGBACK TONE ใช้ I.C. TIMER เบอร์ 555 จำนวน 2 ตัว สร้างเป็นวงจรรอสซิงโครไนซ์ โดยที่ตัวแรกสร้างเป็นสัญญาณที่ประมาณ 400 Hz ซึ่งมีหลักการเหมือนวงจรให้หมุน ส่วนตัวที่สอง สร้างเป็นสัญญาณที่มีความถี่ 1 Hz โดยมีหลักการคำนวณดังนี้

$$\text{ON} = 1 \text{ sec} \quad \text{OFF} = 3 \text{ sec}$$

$$f = 1.44 / (R_u + 2R_b) * C$$

$$f = 1.44 / (30 + 120) * 1000 * 4.7 \mu\text{F}$$

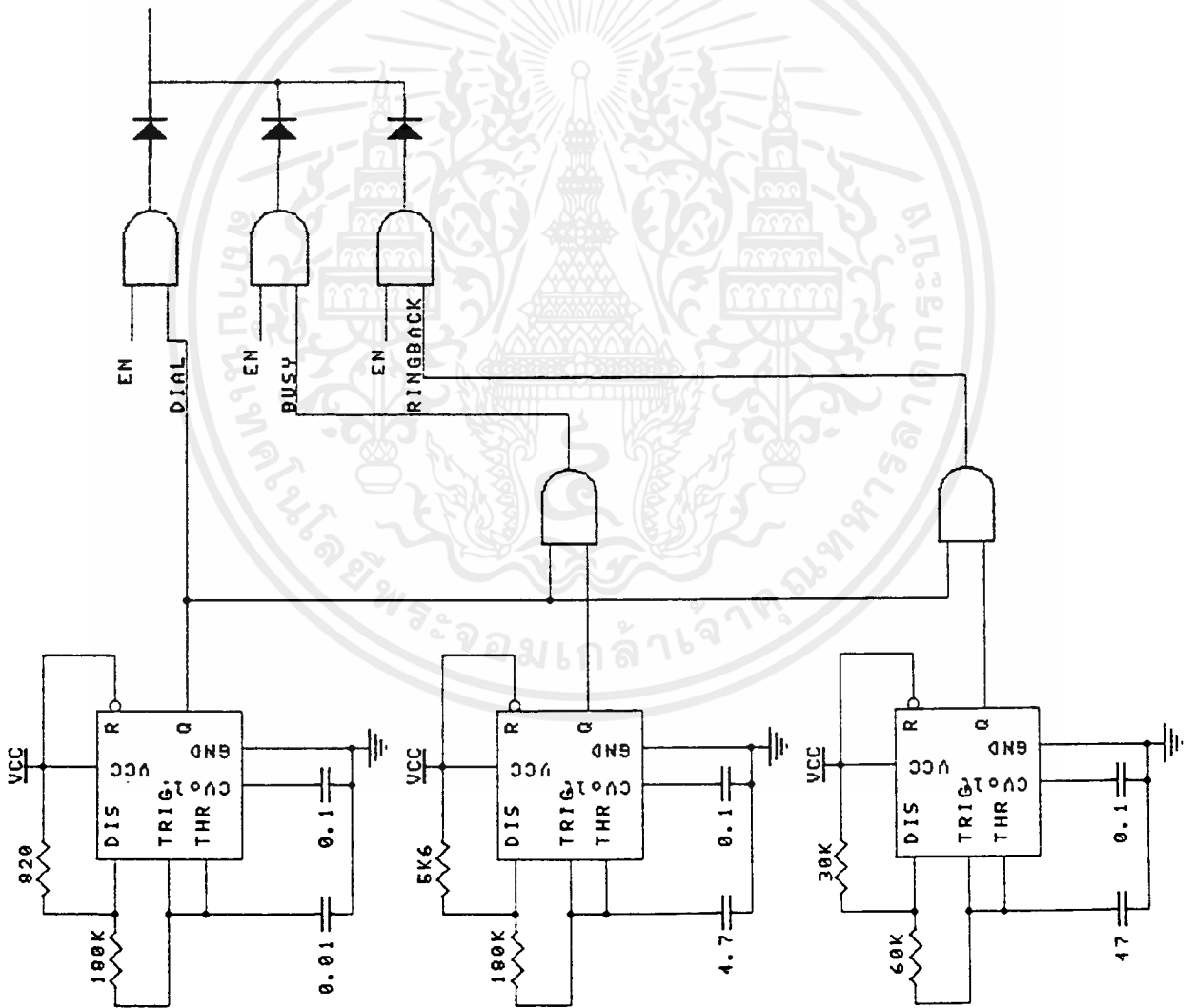
$$= 0.25 \text{ Hz}$$

$$\text{duty circle} = R_a / (R_a + 2R_b)$$

$$= 30 / (30 + 90)$$

$$= 0.25$$

แล้วนำสัญญาณทั้ง 2 มารวมกัน โดยผ่าน แอนเดท (AND GATE) แล้วจะได้สัญญาณเรียกกลับที่



$$f = 1.44 / (Ra + 2Rb)C$$

$$\text{DUTY CYCLE} = Ra / (Ra + 2Rb)$$

- f(DIAL) = 400Hz DUTY CYCLE = 0.5
- f(BUSY) = 1Hz DUTY CYCLE = 0.6
- f(RINGBACK) = 0.25Hz DUTY CYCLE = 0.25

รูป 4.1 แสดงวงจรสร้างสัญญาณต่าง ๆ ของโทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับใช้ในวงจำกัดเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. สัญญาณเรียก (RINGING TONE)

ส่วนนี้ จะใช้หม้อแปลงขนาด 220/50 โวลท์แปลงลงมา เพื่อให้ได้สัญญาณเรียกตามต้องการ

ส่วนแยกสัญญาณคู่สายโทรศัพท์และถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ (Subscriber Line & DTMF Receiver)

ส่วนแยกสัญญาณคู่สายโทรศัพท์

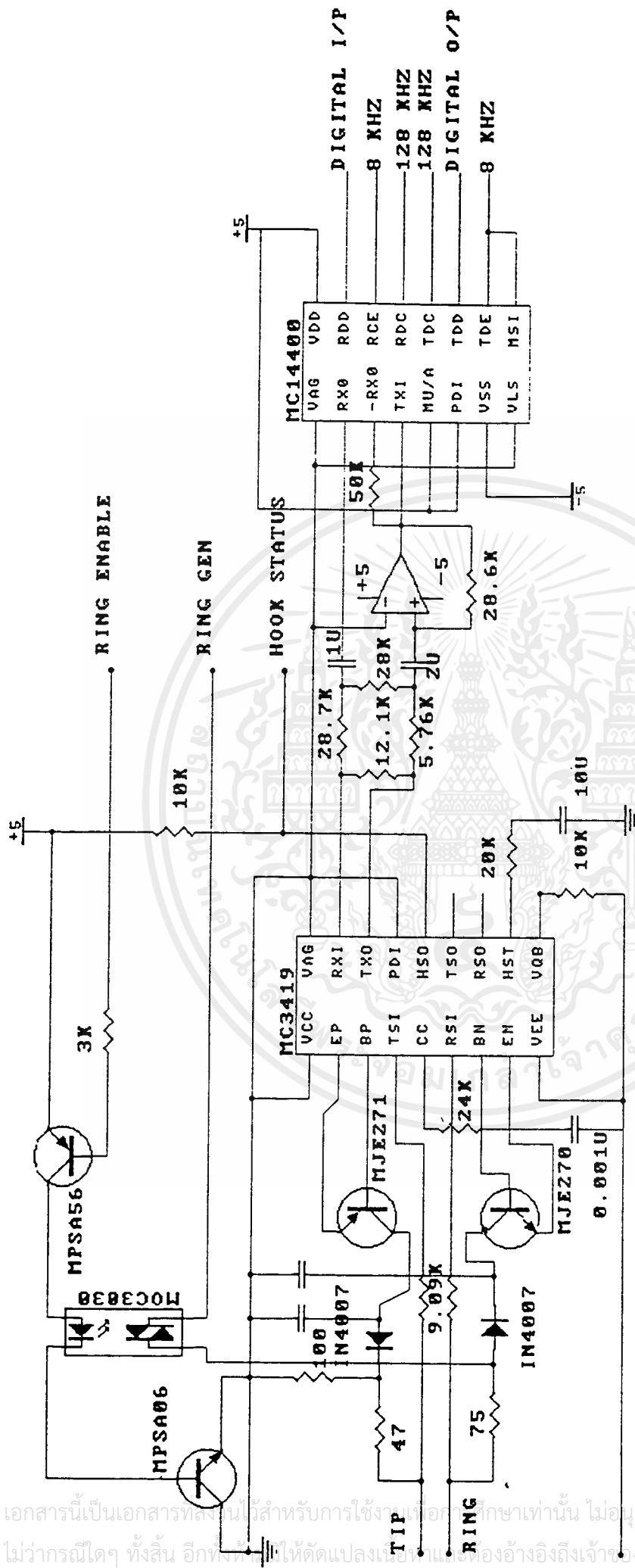
จากวงจรในรูป 4.2 เราใช้ I.C. เบอร์ 3419 เป็นตัวหลักในการทำงาน ซึ่งเรียกว่า Subscriber Loop Interface Circuit (SLIC) โดยทำหน้าที่ในการแยกสัญญาณจากคู่สายโทรศัพท์ ให้เป็นสัญญาณรับส่งที่แยกจากกันซึ่งแต่ละส่วนมีหน้าที่ดังนี้

- การปรับอัตราขยายของสัญญาณส่ง ทำได้โดยการปรับอัตราขยายของ OPAMP
- การปรับอัตราขยายของสัญญาณรับ ทำได้โดยการเปลี่ยนค่าความต้านทานที่ต่อกับขา 17 (RXI) ซึ่งเรียกว่า R_{RX} โดยการลดค่า R_{RX} ลง อัตราการขยายก็จะเพิ่มขึ้น
- การแสดงสถานะการยกหูของโทรศัพท์ (Hook Status Output) จะดูจากขา 14 (HSO) คือ ถ้าไม่มีการยกหู (On-Hook) จะให้สถานะลอจิกเป็น 1 เมื่อมีการยกหูจะให้สถานะลอจิกเป็น 0
- การควบคุมสัญญาณเรียก (RINGING) ทำได้โดยให้สถานะลอจิก 0 ที่ขาเบสของทรานซิสเตอร์ MPSA56 เพื่อให้ทรานซิสเตอร์ MPSA56, MPSA06 และ MOC3030 ทำงาน สัญญาณเรียกก็จะถูกส่งผ่านไปยัง เครื่องโทรศัพท์ได้

ส่วนถอดรหัสความถี่โทรศัพท์

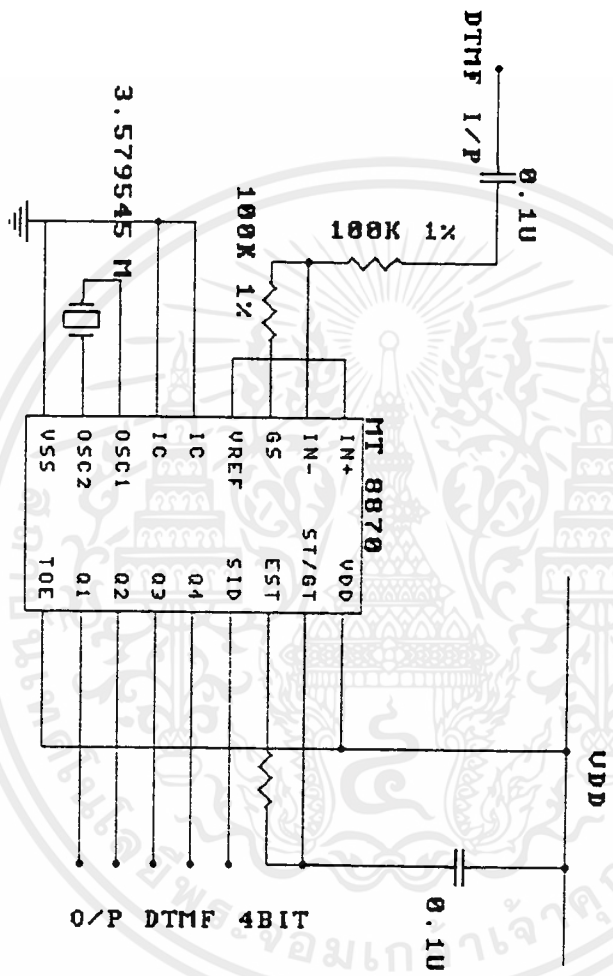
ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณคู่ความถี่ หรือ DTMF ให้เป็นตัวเลข Binary ขนาด 4 บิต แล้วจึงส่งไปให้ไมโครโปรเซสเซอร์ทำการประมวลผลต่อไป

จากวงจรในรูปที่ 4.3 จะเห็นได้ว่าไอซี MT8870 เป็นตัวถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ โดยที่สัญญาณอินพุตจะถูกแยกเป็น 2 กลุ่มความถี่คือ ช่วงความถี่สูง และช่วงความถี่ต่ำ ความถี่ที่ถูกกรองเรียบร้อยแล้วจะผ่านเข้าวงจรถอดรหัสความถี่ออกเป็นตัวเลข และ มีการตรวจสอบความถี่ที่เข้ามาว่าเป็นความถี่ DTMF หรือไม่ เพื่อป้องกันความถี่อื่นผสม ถ้าถูกต้อง สัญญาณที่ขา Est จะแอกคิทก่อนที่จะแสดงผลออกทางเอาต์พุต จะมีการตรวจสอบช่วงความถี่ว่ามีระยะ เวลาตามที่กำหนดหรือไม่ วงจรส่วน



รูป 4.2 แสดงส่วนแยกสัญญาณคู่สายโทรศัพท์และแปลงสัญญาณโทรศัพท์ให้เป็นดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามให้คัดลอกเนื้อหาหรือข้อมูลอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.3 แสดงวงจรส่วนถอดรหัสความถี่โทรศัพท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อินพุทสามารถปรับอัตราขยายได้โดยใช้สูตร

$$\text{INPUT GAIN} = R2/R1$$

ส่วนแปลงสัญญาณข้อมูลและการกรองสัญญาณ (CODEC AND FILTER)

ในส่วนของ CODEC & FILTER จะทำหน้าที่แปลงสัญญาณของข้อมูลจากเสียง ซึ่งอยู่ในรูปสัญญาณอนาลอก ให้อยู่ในรูปของสัญญาณดิจิทัล (Voice Digitization) ในที่นี้ เราใช้ I.C. CODEC AND FILTER MC 14400 ซึ่งมี การทำงานแบบ Synchronous Mode โดยมีสัญญาณ Synchronous 2.048 MHz การทำงานจะให้ผลดังนี้

1. INPUT ที่ เป็นสัญญาณอนาลอกเข้ามาทางขา Tx จะทำการแปลงสัญญาณให้ อยู่ในรูปดิจิทัล เป็น OUTPUT ขนาด 64 kbps ออกทางขา TDD
2. INPUT ที่ เป็นสัญญาณดิจิทัลเข้ามาทางขา RDD จะทำการแปลงสัญญาณให้ อยู่ในรูปอนาลอก เป็น OUTPUT ออกทางขา Rx

ส่วนจัด เปรณข้อมูลและการ เชื่อมต่อ

ส่วนของการจัด เปรณข้อมูลและการ เชื่อมต่อนี้ จะใช้ I.C. หลัก ๆ 3 ตัวคือ

1. MC 145474 S/T TRANSCEIVER
2. MC 145488 DUAL DATALINK CONTROLLER
3. AMP A16L8

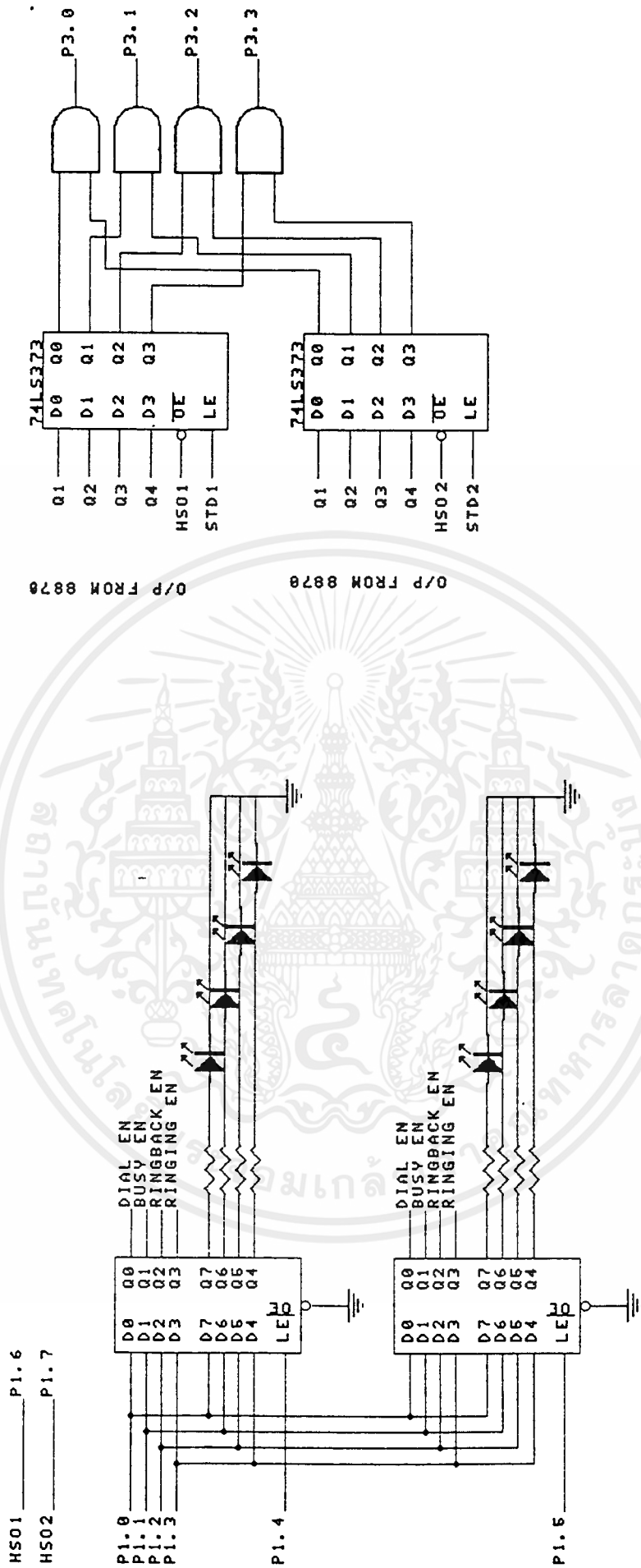
ซึ่งแต่ละตัวมีหน้าที่หลักในการทำงานดังนี้

MC 145474

MC 145474 S/T TRANSCEIVER มีหน้าที่ในการจัดสัญญาณและการ เชื่อมต่อที่จุดอ้างอิง S, T

และยังสามารถเป็น IDL (INTERCHIP DATA LINK) กับ MC 145488 ด้วย ซึ่งจะสามารถประยุกต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ใช้ในการติดต่อใน Layer1, Layer2 ภายใต้การควบคุมของ MPU 68000 ได้อีกด้วย ดังแสดง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.5B แสดงวงจรการควบคุมของ 8051 MCU

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการปฏิบัติ (Operating Procedure)

ในการทำเครื่องต้นแบบของ TERMINAL ADAPTOR นั้น ประกอบด้วยลำดับขั้นตอนการทำงานต่างๆ ซึ่งสามารถอธิบาย เป็นขั้น ๆ ได้ดังนี้

1. การทดลองวงจร

เป็นการนำเอาทฤษฎีต่างๆ จากการศึกษา มาประยุกต์ใช้งานทำเป็นวงจรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการนี้ โดยทำการทดลองต่อสายและอุปกรณ์บนแผงทดลองดิจิทัล โดยรายละเอียดของวงจรต่างๆ ได้อธิบายผ่านมาแล้ว ในขณะที่ทำการทดลองบางครั้งก็ต้องต่อเข้ากับคู่สายขององค์การโทรศัพท์ด้วย

2. การออกแบบลายวงจร

ในการทำได้ใช้คอมพิวเตอร์ มีส่วนร่วมโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป PROTEL ในการออกแบบลายวงจรต่างๆ ซึ่งประกอบด้วยลายวงจรดังนี้

- ลายวงจรควบคุมคู่สายโทรศัพท์ภายใน
- ลายวงจรกำเนิดสัญญาณโทรศัพท์
- ลายวงจรแยกสายผู้ใช้และถอดรหัสความถี่โทรศัพท์ SUBSCRIBER LOOP AND DTMF RECEIVER
- วงจรส่วนควบคุมของซีพียู จะใช้วิธีการของการ WIRE-WRAP

3. การทำปรีนท์

หลังจากที่ออกแบบของลายวงจรไว้แล้ว ก็นำแบบนั้นไปถ่ายฟิล์มแบบโปรงใส ในที่นี้ใช้เทคโนโลยีเกี่ยวกับการถ่ายรูปในการถ่ายแบบ

เมื่อได้ฟิล์มลายวงจร ก็นำมาถ่ายลงบนแผ่นปรีนท์ ในการทำของโครงการงานวิจัยนี้ใช้วิธีการของโฟโตริซิส (PHOTO RESIS) ใช้ฟิล์มแบบโพสิทีฟ (POSITIVE) เมื่อทำการถ่ายแบบเสร็จก็ล้างด้วยน้ำละลายโซดาไฟ จากนั้นก็นำเอาแผ่นปรีนท์ที่มีแบบลายวงจรแล้วไปทำการกัดลอกลายในกรดกัดปรีนท์จนเสร็จสมบูรณ์ ก็นำมาเจาะรูเพื่อทำการติดตั้งอุปกรณ์ต่อไป ซึ่งลายวงจรที่นำไปถ่ายฟิล์มแล้วสามารถแสดงได้

4. การประกอบวงจร

เมื่อทำการกัดปรีนท์เรียบร้อยแล้ว ก็นำเอาอุปกรณ์มาประกอบวงจรที่ออกแบบไว้ และทำการเชื่อมต่อบอร์ดต่าง เข้าด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารลับงาน EPRM ใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การป้อนโปรแกรมลงใน EPROM สามารถแบ่งออกได้ 2 ส่วนคือ

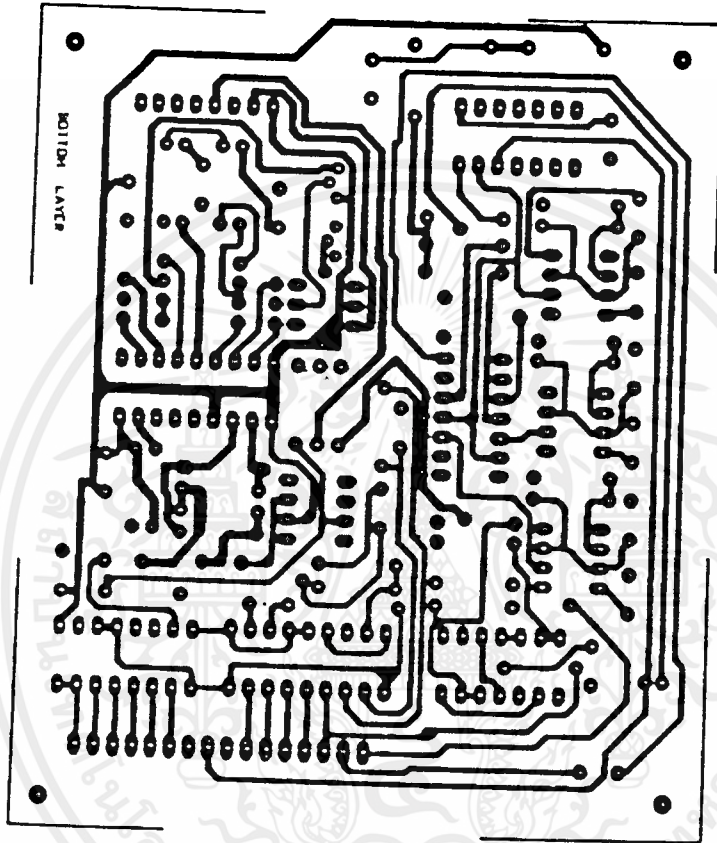
-การโปรแกรม ใน 8031 MCU

-การโปรแกรม ใน 68000 MPU

ซึ่งทั้งสอง ทำได้โดยการใช้ EDITOR SOFTWARE ในการโปรแกรม แล้วทำการคอมไพล์และแปลงให้ที่อยู่ในภาษาเครื่องและป้อน(อัด)ลงไปใน EPROM ซึ่งระหว่างการทดลองโปรแกรม จะใช้การป้อนผ่านคอมพิวเตอร์ขนาด 16 บิตขึ้นไป ผ่านไปยัง EPROM EMULATOR

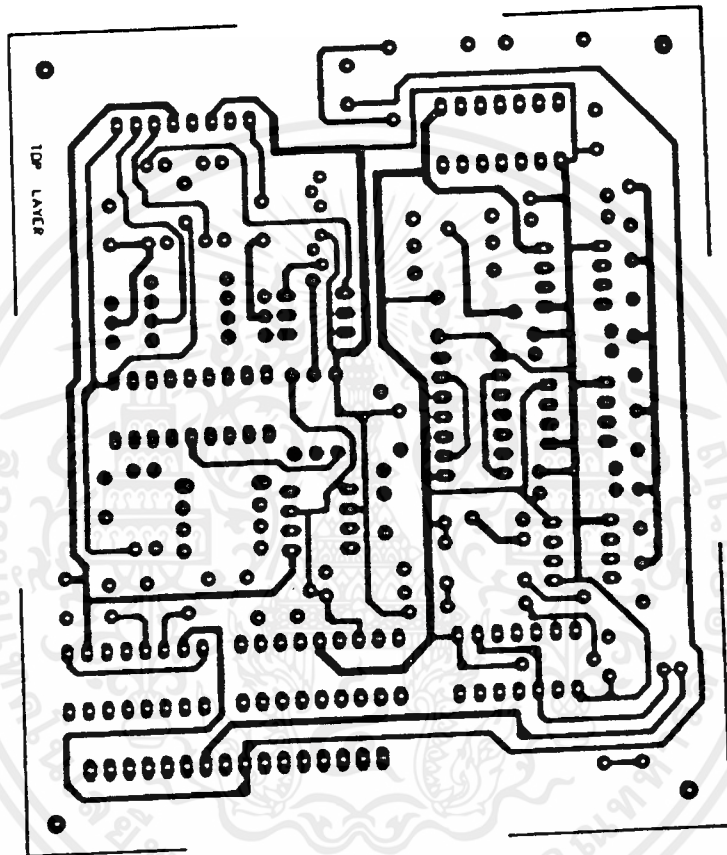


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.4a แสดงลายปริมาตรของวงจรส่วนแยกสัญญาณคู่สายโทรศัพท์และแปลงสัญญาณโทรศัพท์ให้เป็นดิจิทัล
 BOTTOM LAYER (ด้านหลัง)

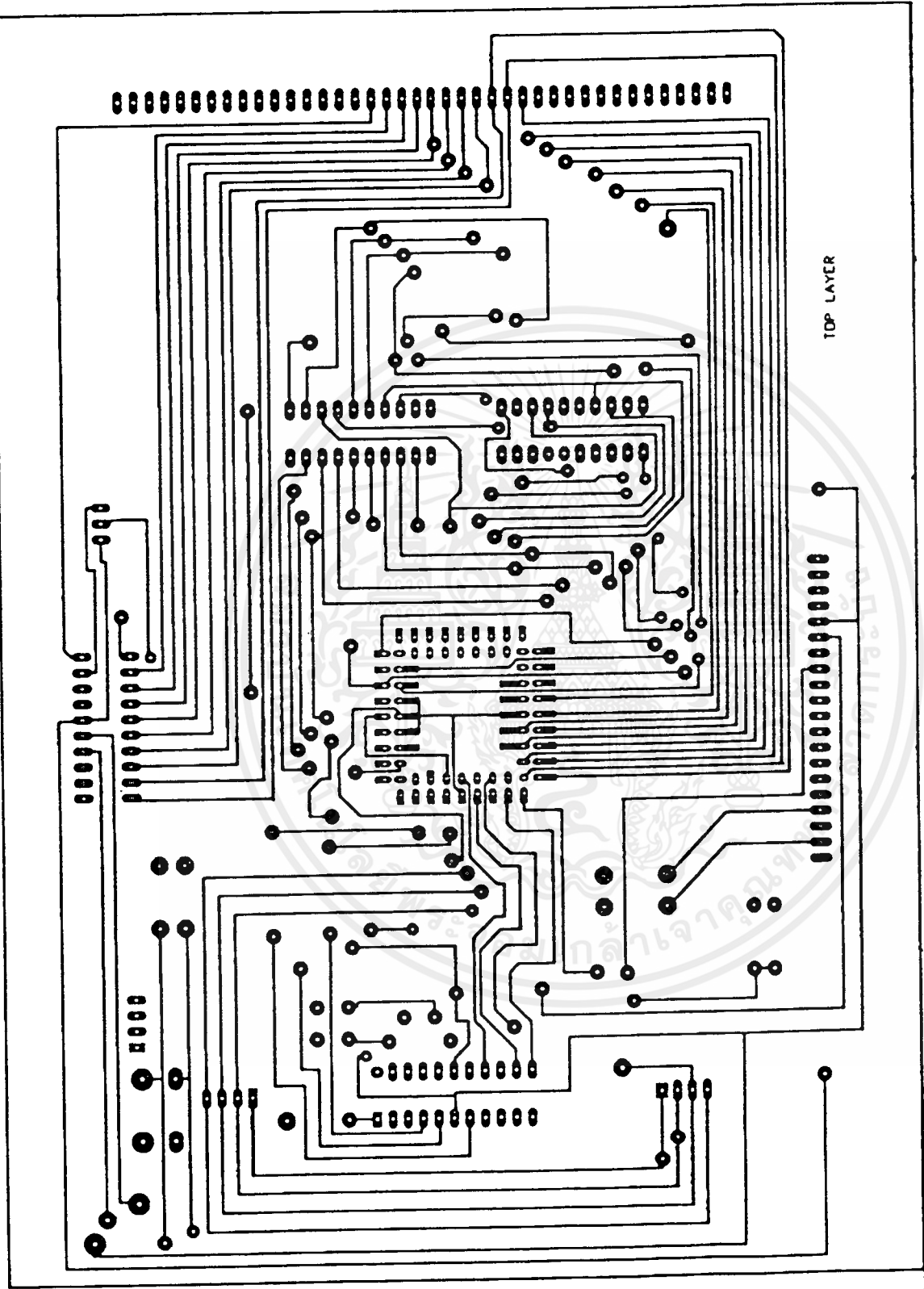
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.4b แสดงลายปริ้นท์ของวงจรส่วนแยกสัญญาณคู่สายโทรศัพท์และแปลงสัญญาณโทรศัพท์ให้เป็นดิจิทัล

TOP LAYER(ด้านหน้า)

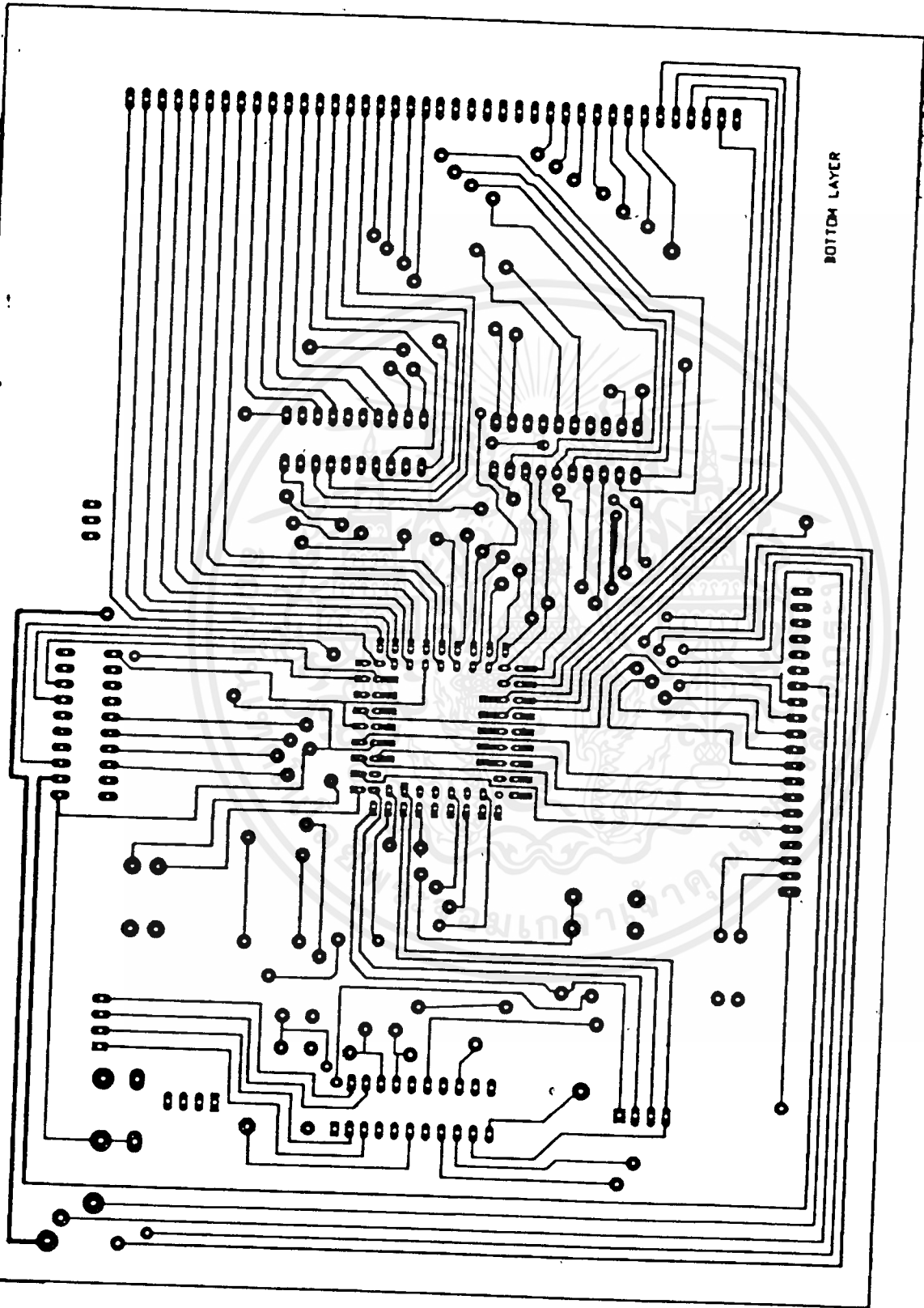
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูป 4.4c แสดงลายปริ๊นท์ของวงจรรส่วน Dual Data Link Controller

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 TOP LAYER(ด้านบน)

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้,



รูป 4.4d แสดงลายปริ้นท์ของวงจรมาน Dual Data Link Controller
 BOTTOM LAYER (ด้านหลัง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการทดลองการสร้างเครื่องจำลองระบบระบบดิจิทัล (TA) ต้นแบบ

โครงการนี้เป็นต้นแบบของ เครื่องจำลองระบบระบบดิจิทัล เพื่อใช้ในการจำลองเสียงของ โทรศัพท์ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันนี้ให้สามารถใช้งานได้บนโครงข่าย ISDN โดยสามารถพัฒนา Software ขึ้นมาให้เหมาะสมกับการนำไปใช้หรือ เพิ่มการประยุกต์ต่างๆ ได้ต่อไป

ในส่วนนี้ จะสรุปผลการทดลองจากการสร้าง TA โดยจะทำการแยกการทดสอบและสรุปผลดังต่อไปนี้

1. ส่วนสัญญาณโทรศัพท์

	ความถี่ทางทฤษฎี	ความถี่ที่วัดได้	%Error
Dial Tone	400 Hz	367 Hz	8.25
Busy Tone	1 Hz	3 Hz	200
Ringing Tone	50 Hz	50 Hz	-

2. ส่วนแยกสัญญาณคู่สาย (SUBSCRIBER LOOP)

วงจรสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการคือ

-จ่ายไฟเลี้ยงให้กับโทรศัพท์ได้

-ส่วน HYBRIDGE สามารถแยกสัญญาณทางด้านรับและด้านส่งได้ โดยเราสามารถปรับ SIDE TONE ได้ตามที่ต้องการโดยการปรับส่วน BALANCE NETWORK

-อัตราขยายทางด้านส่ง ใช้การปรับความต้านทาน Feedback ของ OPAMP เพื่อให้ได้สัญญาณเสียงที่ไม่เพี้ยน โดยเครื่องที่ทำการทดลองมีอัตราขยายเป็น 2.5 เท่า

สถานะที่ขา	Function	ผลการทดสอบ
HSO (ขา 14)	Hook Status output	วางหู สถานะโวลจิก 1 ยกหู สถานะโวลจิก 0

3. ส่วนแปลงสัญญาณและการกรองสัญญาณ (CODEC & FILTER)

ในการทดสอบส่วน Filter ทำได้โดยการต่อขา digital i/p และ o/p เข้าด้วยกัน จากนั้นป้อนสัญญาณจาก Signal Generator เข้าที่ขา analog i/p ใช้ Oscilloscope จับสัญญาณที่ขา analog o/p ปรับความถี่ที่ Signal generator ตั้งแต่ความถี่ 0 Hz ขึ้นไปเรื่อยๆ จะเห็นว่า ที่ความถี่ตั้งแต่ 4 KHz ขึ้นไป จะไม่มีสัญญาณออกที่ขา analog o/p

ส่วน CODE และ DECODE ทำได้โดยการต่อวงจรทั้งหมดจำนวน 2 ชุดเข้าด้วยกัน คือ Subscriber Loop Interface Circuit , Codec , ส่วนกำเนิดความถี่ โดยใช้ความถี่ในการ Sampling 8 KHz ความถี่ของสัญญาณ sync 128 KHz จากนั้นต่อโทรศัพท์เข้ากับวงจร ซึ่งจากการทดลองสามารถทำการติดต่อระหว่างโทรศัพท์ทั้ง 2 ด้านได้ โดยมีคุณภาพเสียงใช้ได้ มีสัญญาณรบกวนเล็กน้อยเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ส่วนวงจรถอดรหัสความถี่

No.	STD	Q ₄	Q ₃	Q ₂	Q ₁
1	H	0	0	0	1
2	H	0	0	1	0
3	H	0	0	1	1
4	H	0	1	0	0
5	H	0	1	0	1
6	H	0	1	1	0
7	H	0	1	1	1
8	H	1	0	0	0
9	H	1	0	0	1
0	H	1	0	1	0

H = logic HIGH

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ส่วนจัด เทรนข้อมูลและการต่อ เชื่อม(DDLC & S/T Interface)และ
ส่วนควบคุม (MicroProcessor & Micro Controller Unit)

ทั้งสองส่วนจะถูกต่อ เข้าด้วยกันโดยตรง ดังนั้นจึงจะทำการทดสอบร่วมกันซึ่งไม่สามารถทำการทดลองได้ เพราะยังขาดส่วนของ Microprocessor

สรุปผลการทดลอง

ขอบเขตของการสร้าง เครื่องจัดสัญญาณร่วมระบบดิจิทัล เครื่องต้นแบบในปีการศึกษานี้ จะมุ่งเน้นไปทางด้าน Hardware เพื่อให้สามารถมีการพัฒนา Software ต่อไปได้

จากการทดลองทำ เครื่องจัดสัญญาณร่วมระบบดิจิทัลต้นแบบ (TA) สามารถสรุปผลการทดลองได้ว่า เครื่องที่สร้างขึ้นมานั้นในส่วนของวงจรหรือ HARDWARE เป็นไปตามมาตรฐานของ CCITT ซึ่งอาจจะต้องมีการออกแบบวงจรให้เล็กและกระชับมากขึ้น แต่ในส่วนของการพัฒนาโปรแกรม(SOFTWARE) นั้นต้องพัฒนาต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่ง เพื่อจะได้ เครื่องจัดสัญญาณร่วมระบบดิจิทัลที่สมบูรณ์แบบ เหมาะกับการนำมาใช้งานโดยทั่วไป

บรรณานุกรม

1. PRAMODE K. VERMA; ISDN SYSTEMS ARCHITECTURE, TECHNOLOGY AND APPLICATIONS AT&T BELL LABORATORIES, U.S.A.
2. CCITT RECOMENDATION BLUE BOOK; "IXth PLENARY ASSEMBLY", MELBERN, GENEVA 1989
3. CCITT RECOMENDATION RED BOOK; "VIIIth PLENARY ASSEMBLY", MALAGA-TORREMOLINOS GENEVA 1985
4. GARY C. KESSLER; ISDN CONCEPT, FACILITIES AND SERVICES, M^CGRAW.HILL INCORPORATION.
5. NIT USER NETWORK INTERFACE RECCOMENDATION
6. HERMANN J. HELGETT; INTEGRATED SERVICES DIGITAL NETWORKS, THE GEORGE WASHINGTON D.C. UNIVERSITY, WASHINGTON D.C. 1991
7. WILLIAM STALLINGS; ISDN AN INTRODUCTION
8. MOTOROLA; TELECOMMUNICATIONS DEVICE DATA, U.S.A. 1989
9. MOTOROLA; MC 68302 INTEGRATED MULTIPROTOCOL PROCESSOR USER'S MANUAL, MOTOROLA LIMITED, JAPAN. 1991
10. Kenneth J. Ayala; THE 8051 Microcontroller Architecture, Programming, and Application. U.S.A. 1991
11. พิระพล เผ่าเพ็ง; วารสารเซมิคอนดักเตอร์ ฉบับที่ 89 ปีพ.ศ. 2531 หน้า 201-207
12. พิระพล เผ่าเพ็ง; วารสารเซมิคอนดักเตอร์ ฉบับที่ 90 ปีพ.ศ. 2531 หน้า 241-253
13. ค.ร. ประสิทธิ์ หิมขุณิ; โครงข่ายบริการสื่อสารร่วมระบบดิจิทัล, วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ เดือนสิงหาคม 2535



ภาคผนวก ก.

โปรแกรมการควบคุมของ 8031

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

.ORG    0000H

BE:     MOV     P1,#00H

        SETB   P1.4

        SETB   P1.5

        CLR    P1.4

        CLR    P1.5

HS01:   JB     P1.6,HS02

        SJMP   BEGIN1

HS02:   JB     P1.7,HS01

        SJMP   BEGIN2

BEGIN1: SETB   P1.0           ;DIAL EN = 1

        SETB   P1.4

        CLR    P1.4

DTMF:   JNB    P3.4,NDTMF    ;STD 8870=0 JMP NDTMF

        MOV    R0,P3

        CLR    P1.0         ;DIAL EN = 0

        SETB   P1.4

        CLR    P1.4

        MOV    A,#0FH

        ANL    A,R0

        CJNE   A,#01H,ENBSY  ;DTMF=1?

        JNB    P1.7,ENBSY    ;HS02=0?

        SETB   P1.3         ;EN RINGING2

        SETB   P1.5

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CLR      P1.5

CLR      P1.3

SETB     P1.2          ;EN RINGBACK1

SETB     P1.4

CLR      P1.4

CALLED:  JB      P1.7,CALL      ;HSO2=1 JMP CALL

CLR      P1.2          ;EN RING =0

CLR      P1.3

SETB     P1.4

SETB     P1.5

CLR      P1.4

CLR      P1.5

RELEA:   JB      P1.6,BE

SJMP     RELEA

ENBSY:   SETB     P1.1

SETB     P1.4

CLR      P1.4

ENB:     JNB     P1.6,ENB

SJMP     BE

NDTMF:   JB      P1.6,BE

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CALL:   JB      P1.6,BE
        SJMP   CALLED
```

```
; /*****
```

```
; /*****
```

```
BEGIN2: SETB   P1.0           ;DIAL EN = 1
        SETB   P1.5
        CLR    P1.5
DTMF1:  JNB    P3.4,NDTMF1   ;STD 8870=0 JMP NDTMF
        MOV    R0,P3
        CLR    P1.0         ;DIAL EN = 0
        SETB   P1.5
        CLR    P1.5
        MOV    A,#0FH
        ANL    A,R0
        CJNE   A,#02H,ENBSY1 ;DTMF=1?
        JNB    P1.6,ENBSY1   ;HS01=0?
        SETB   P1.3         ;EN RINGING1
        SETB   P1.4
        CLR    P1.4
        CLR    P1.3
        SETB   P1.2         ;EN RINGBACK2
        SETB   P1.5
        CLR    P1.5
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CALLED1:  JB      P1.6,CALL1      ;HSO1=1 JMP CALL
          CLR      P1.2           ;EN RING =0
          CLR      P1.3
          SETB     P1.4
          SETB     P1.5
          CLR      P1.4
          CLR      P1.5

RELEA1:   JB      P1.7,BE1
          SJMP     RELEA1

ENBSY1:   SETB     P1.1
          SETB     P1.5
          CLR      P1.5

ENB1:     JNB     P1.7,ENB1
          LJMP     BE

NDTMF1:   JB      P1.7,BE1
          SJMP     DTMF1

CALL1:    JB      P1.7,BE1
          SJMP     CALLED1

BE1:      LJMP     BE

.END

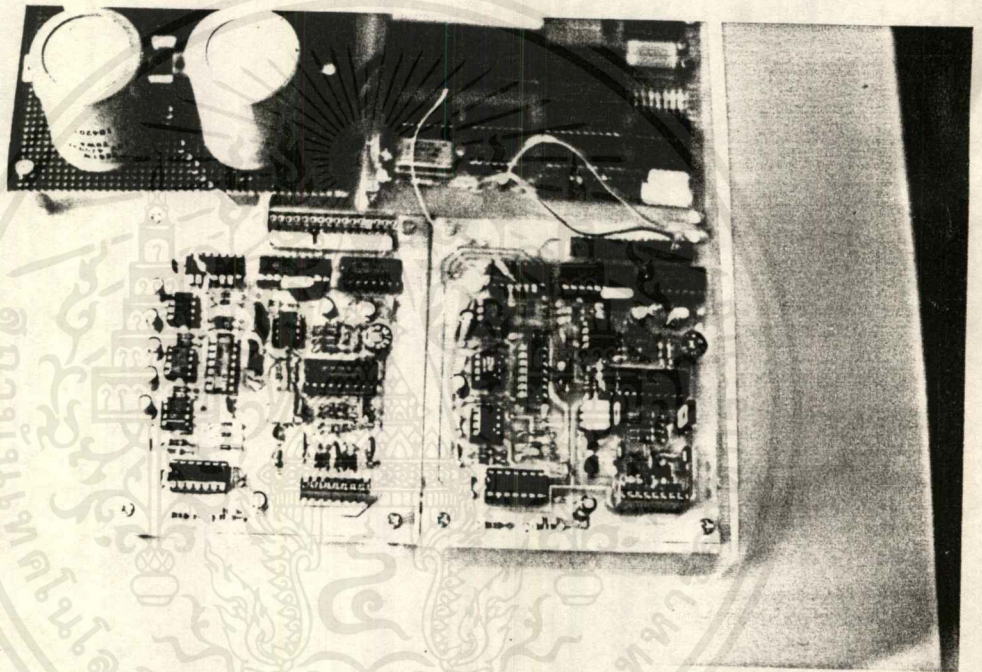
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

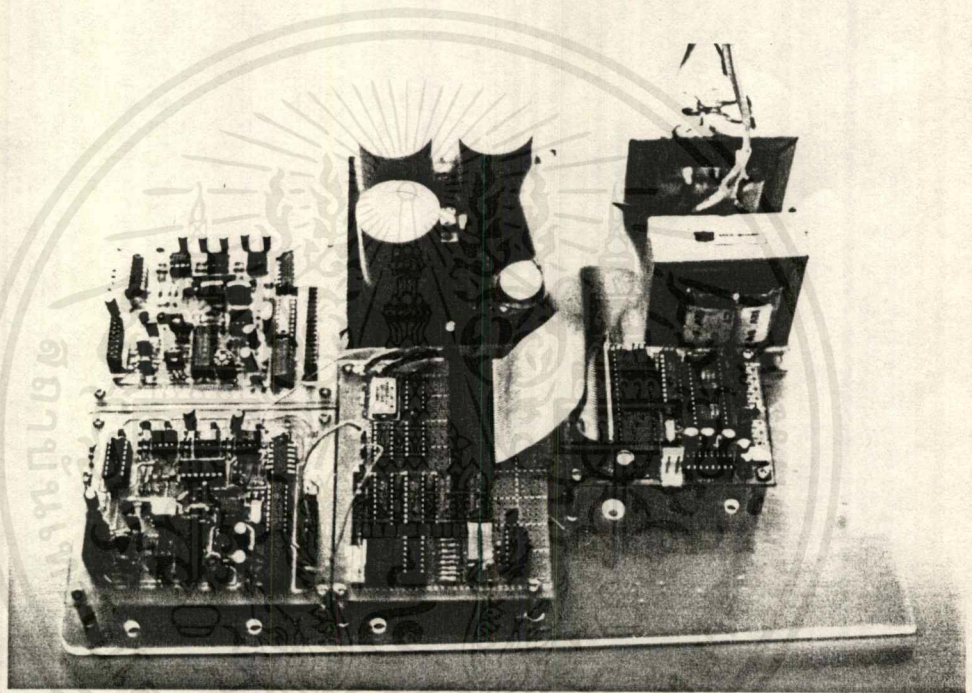
The seal of Rajabhat Buriram University is a circular emblem. It features a central sunburst with a sun in the middle, flanked by two traditional Thai stupas. Below the sunburst is a decorative base with Thai script. The entire emblem is surrounded by a circular border containing the university's name in Thai: "มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์" (Mahavithayalai Rajabhat Buriram).

รูปแสดง เครื่องจักรกลสมัยใหม่ระบบดิจิทัลอัตโนมัติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้