แผงวงจรควบคุมการสื่อสารแบบไอเอลดีเอ็นสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

นาย บัญญัติ พัดทอง

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2532

ISBN 974-576-883-9

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

015750

I10303352

ISDN COMMUNICATION CONTROLLER CARD FOR PERSONAL COMPUTERS

Mr. Banyat Padthong

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Electrical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1989

ISBN 974-576-883-9

พอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์	แผงวงจรควบคุมการสื่อสารแบบไอเอสดีเอ็นสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
โดย	นาย บัญญัติ พัดทอง
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต โรจน์อารยานนท์

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ ดร. ถาวร วัชราภัย)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ อาภรณ์ เก่งพล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต โรจน์อารยานนท์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. สุริยัน ติษยาธิคม)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร. วุฒิชัย นภาศัพท์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัญญัติ พัดทอง : แผงวงจรควบคุมการสื่อสารแบบไอเอสดีเอ็นสำหรับคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล (ISDN COMMUNICATION CONTROLLER CARD FOR PERSONAL COMPUTERS) อ.ที่ปรึกษา: รศ.ดร.บัณฑิต โรจน์อารยานนท์, 194 หน้า. ISBN 974-576-883-9

วิทยานิพนธ์นี้กล่าวถึง การออกแบบและสร้างแผงวงจรควบคุมการสื่อสารแบบไอเอสดีเอ็นเพื่อให้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลสามารถเข้าใช้บริการของข่ายไอเอสดีเอ็นได้ โดยกำหนดให้มีโครงสร้างการเชื่อมโยงที่จุดอ้างอิง S เป็นแบบ Basic Rate(2B+D) แผงวงจรเมื่อติดตั้งภายในคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล จะทำหน้าที่ควบคุมการติดต่อสื่อสารที่จุดเชื่อมโยงระหว่างผู้เช่ากับข่ายไอเอสดีเอ็นโดยมีรูปแบบข้อมูลที่รับส่งผ่านวงจรที่จุดเชื่อมโยงตามข้อแนะนำ I.430 ของ CCITT และมีการควบคุมการสื่อสารภายในช่องสัญญาณ D ในระดับโปรโตคอลชั้นที่ 2 ตามแบบโปรโตคอล LAPD การทำงานของ LAPD ประกอบด้วย การทำกระบวนการเชื่อมต่อและปลดวงจรข้อมูล ควบคุมการแลกเปลี่ยนข่าวสารซิกแนลลิงกับข่ายไอเอสดีเอ็น อีกหน้าที่หนึ่งของแผงวงจรคือเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการส่งผ่านข้อมูลผ่านช่องสัญญาณ B ได้ด้วย ในการออกแบบฮาร์ดแวร์ได้เลือกใช้ไอซี VLSI ของบริษัทซีเมนคือไอซี SBC สำหรับทำหน้าที่เชื่อมโยงกับบัสที่จุดอ้างอิง S ไอซี ICC สำหรับทำหน้าที่ของโปรโตคอล LAPD และไอซี HSCC สำหรับทำหน้าที่ในการส่งผ่านข้อมูลผ่านช่องสัญญาณ B ส่วนของซอฟต์แวร์ได้พัฒนาโปรแกรมทำงานแบบโปรโตคอล LAPD ตามข้อแนะนำ I.440 และ I.441 ของ CCITT สำหรับซอฟต์แวร์อีกส่วนหนึ่งที่ทำหน้าที่ส่งผ่านข้อมูลไปในช่องสัญญาณ B ได้พัฒนาให้มีรูปแบบเฉพาะสำหรับการทดลองในการทำวิทยานิพนธ์

ผลการทดสอบแผงวงจรสามารถทำกระบวนการเชื่อมต่อและปลดวงจรข้อมูล ควบคุมการแลกเปลี่ยนข่าวสารได้ และสามารถรับส่งข้อมูลคอมพิวเตอร์จากแผ่นจานแม่เหล็กของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลไปในช่องสัญญาณ B ได้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2532 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

BANYAT PADTHONG : ISDN COMMUNICATION CONTROLLER CARD FOR PERSONAL COMPUTERS. THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. BANDHIT ROJARAYANONT,D.Eng. 194 PP. ISBN 974-576-883-9

This thesis describes the design and construction of an ISDN(Integrated Services Digital Network) communication controller card in order to provide capabilities for PC(Personal Computer) to access services provided by the ISDN at an S-interface using basic rate access interface structure. When plugged into the PC, it will control communication of the User-Network interface, i.e., data format at the S-interface conforms to the CCITT Rec. I.430 and communications with the ISDN through D-channel is controlled by Link Access Procedure D-channel(LAPD)protocol. The functions of LAPD include link establishment and release procedures as well as signalling-information exchange procedures. The other function of the controller card is to serve as a data transfer device via B-channel. In the hardware design, a set of Siemens VLSI chips are selected. The SBC(S-Bus interface Circuit) chip performs the function at the S-bus interface. The ICC(ISDN Communication Controller) chip performs the function for the LAPD protocol. The HSCC(High level Serial Communication Controller) chip performs the function of data transfer via B-channel. The software performing the LAPD protocol has been developed according CCITT Rec. I.440 and I.441. Data transfer via B-channel is controlled by another software module whose function is specifically designed for an experiment in this thesis.

The test results show that the controller card can perform link establishment and release procedures as well as signalling-information exchange procedures and it can also transfer computer data from floppy disk via B-channel.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า ..... ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้า .....

ปีการศึกษา 2532 ..... ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร. บัณฑิต โรจน์อารยานนท์ ที่ได้กรุณาสละเวลาให้คำปรึกษา, แนะนำ, จัดหาเอกสารและอุปกรณ์ต่าง ๆ จนทำให้วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร. สมบูรณ์ จงชัยกิจ ที่ได้อนุญาตให้ผู้เขียนใช้เครื่องมือของห้องปฏิบัติการออกแบบอิเล็กทรอนิกส์สำหรับการทดสอบ

ขอขอบคุณ คุณสมพงศ์ ฉัตรแสงอุทัย, คุณธเนส โชติรัตนพิทักษ์ และคุณสุรศักดิ์ อุทโยภาศ ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำทางด้านฮาร์ดแวร์ คุณภูชงค์ อุทโยภาศ ที่ให้ความช่วยเหลือด้านซอฟต์แวร์ คุณกฤษณ์ ดุสิตสิน ที่ได้ช่วยเป็นกำลังสำหรับงานทางด้านซอฟต์แวร์ และคุณเขมะรัตน์ วิภาตะวนิช และคุณธีรวัฒน์ คำดี ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่าง ๆ

ขอขอบคุณ คุณธีรพงษ์ ประทุมศิริ ที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการใช้ห้องปฏิบัติการไฟฟ้าสื่อสารในการทำวิทยานิพนธ์และคุณปราณีต ฟุ้งไมตรีจิตต์ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการพิมพ์ต้นฉบับวิทยานิพนธ์จนเสร็จสมบูรณ์

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญภาพ..... ฐ

บทที่

1. บทนำ..... 1
   - 1.1 การพัฒนาของบริการด้านการสื่อสารโทรคมนาคมจากอดีตถึงปัจจุบัน..... 1
   - 1.2 วัตถุประสงค์ของวิทยานิพนธ์..... 3
   - 1.3 ขอบเขตของวิทยานิพนธ์..... 3
   - 1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4
2. ข่ายไอเอสดีเอ็น..... 5
   - 2.1 การเชื่อมโยง..... 5
   - 2.2 การเชื่อมโยงระหว่างผู้ใช้กับข่ายไอเอสดีเอ็น..... 7
     - 2.2.1 NT1..... 7
     - 2.2.2 NT2..... 7
     - 2.2.3 TE..... 8
     - 2.2.4 TA..... 9
   - 2.3 รูปแบบการเชื่อมโยง..... 9
   - 2.4 ชนิดของช่องสัญญาณ..... 12
     - 2.4.1 ช่องสัญญาณ B..... 13
     - 2.4.2 ช่องสัญญาณ D..... 13
     - 2.4.3 ช่องสัญญาณ E..... 13
     - 2.4.4 ช่องสัญญาณ H..... 14
   - 2.5 โครงสร้างการเชื่อมโยง..... 14
     - 2.5.1 โครงสร้างการเชื่อมโยงแบบ Basic..... 14
     - 2.5.2 โครงสร้างการเชื่อมโยงแบบ Primary..... 15
   - 2.6 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งาน..... 15
   - 2.7 โครงสร้างของช่องสัญญาณ D..... 16
   - 2.8 โครงสร้างของช่องสัญญาณ B..... 19

สารบัญ (ต่อ)

3. โปรโตคอลชั้นที่ 1 20
3.1 การให้บริการ 21
3.2 โมดการทำงาน 21
3.2.1 การทำงานแบบจุดต่อจุด 21
3.2.2 การทำงานแบบจุดต่อหลายจุด 21
3.3 รูปแบบการต่อวงจร 22
3.3.1 การต่อแบบจุดต่อจุด 22
3.3.2 การต่อแบบจุดต่อหลายจุด 22
3.4 ฟังก์ชันที่จุดเชื่อมโยง 23
3.5 โครงสร้างของเฟรม 24
3.5.1 โครงสร้างของเฟรมที่ส่งจาก TE ไป NT 24
3.5.2 โครงสร้างของเฟรมที่ส่งจาก NT ไป TE 26
3.6 ไลน์โค๊ดดิง 27
3.7 ขบวนการเชื่อมโยง 27
3.7.1 การควบคุมการเข้าใช้ช่องสัญญาณ 27
3.7.2 การ Activate/Deactivate 29
3.7.3 ขบวนการ Activate/Deactivate 32
3.7.4 วิธีการจัดเฟรม 38
3.7.5 รหัสที่ส่งในช่องสัญญาณ B ที่ว่าง 38

4. โปรโตคอล LAPD 39
4.1 ลักษณะโดยทั่วไปของโปรโตคอล LAPD 39
4.1.1 หน้าที่ของโปรโตคอล LAPD 41
4.1.2 การรับส่งข่าวสาร 41
4.1.3 สถานะของวงจรเชื่อมต่อข้อมูล 43
4.2 เฟรมข้อมูลของโปรโตคอล LAPD 44
4.2.1 ส่วนประกอบของเฟรม 44
4.2.2 เฟรมที่ไม่ถูกต้อง 49
4.2.3 เฟรมที่ถูกยกเลิก 49
4.3 การติดต่อสื่อสารภายในข่ายไอเอสดีเอ็น 50
4.3.1 การติดต่อสื่อสารระหว่างชั้นที่เท่ากัน 50
4.3.2 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับการส่งข่าวสาร 50

สารบัญ (ต่อ)

4.3.3 คำสั่งงานและการตอบสนอง 51
4.3.4 การติดต่อสื่อสารระหว่างชั้น 55
4.3.5 Primitive ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างชั้น 55
4.4 ขบวนการติดต่อสื่อสารระหว่างชั้นที่เท่ากัน 57
4.4.1 การใช้งานบิต P/F 57
4.4.2 ขบวนการสำหรับการรับส่งข่าวสารแบบ Unacknowledged 57
4.4.3 ขบวนการสร้างและปลดวงจรรับส่งข่าวสารแบบ Multiple-frame 58
4.4.4 วิธีปฏิบัติสำหรับการรับส่งข่าวสารโดยวิธีการ Multiple-frame .. 62
4.4.5 การรายงานและแก้ไขเงื่อนไขผิดปกติ 65
4.4.6 พารามิเตอร์ของระบบ 67

5. การออกแบบและสร้างแผงวงจร 69
5.1 หลักการออกแบบ 69
5.2 การออกแบบส่วนฮาร์ดแวร์ 70
5.2.1 ฟังก์ชันของแผงวงจร 70
5.2.2 วงจรไมโครโปรเซสเซอร์ 70
5.2.3 วงจรควบคุมการติดต่อระหว่าง CPUs 71
5.2.4 วงจรแปลงข้อมูลแบบขนานเป็นแบบอนุกรม 72
5.2.5 วงจรทำหน้าที่โปรโตคอลชั้นที่ 2 73
5.2.6 วงจรเชื่อมโยงกับจุดเชื่อมโยง S 74
5.2.7 วงจรหน่วยความจำ 74
5.3 รายละเอียดส่วนฮาร์ดแวร์ 76
5.4 การออกแบบส่วนซอฟต์แวร์ 86
5.5 รายละเอียดส่วนซอฟต์แวร์ 86
5.5.1 ซอฟต์แวร์บน PC 86
5.5.2 ซอฟต์แวร์บนแผงวงจร 88
5.5.3 ตัวอย่างการทำงานของซอฟต์แวร์ 95

6. การทำงานของแผงวงจร 99
6.1 การทำงานของโปรแกรมบน PC 99
6.1.1 ฟังก์ชันการเชื่อมต่อวงจรข้อมูล 99
6.1.2 ฟังก์ชันการปลดวงจรข้อมูล 99

สารบัญ(ต่อ)

6.1.3 ฟังก์ชันการถ่ายโอนแฟ้มข้อมูล..... 103
6.1.4 ฟังก์ชันรับส่งข่าวสารในช่องสัญญาณ D..... 105
6.1.5 ฟังก์ชันแสดงสารบบแฟ้มข้อมูล..... 106
6.1.6 ฟังก์ชันหยุดการทำงาน..... 106
6.2 การทำงานของโปรแกรมบนแผงวงจร..... 106
6.2.1 การทำงานของโปรแกรมด้านส่ง..... 108
6.2.2 การทำงานของโปรแกรมด้านรับ..... 109
6.3 การแสดงผลบนจอแสดงผล..... 109

7. การทดสอบ..... 110
7.1 การทดสอบส่วนฮาร์ดแวร์..... 110
7.1.1 การทดสอบหน่วยความจำร่วม..... 111
7.1.2 การทดสอบพอร์ตต่าง ๆ..... 111
7.1.3 การทดสอบวงจรแปลงข้อมูลแบบขนานเป็นแบบอนุกรม..... 112
7.1.4 การทดสอบวงจรควบคุมในระดับโปรโตคอลชั้นที่ 2..... 112
7.1.5 การทดสอบวงจรควบคุมในระดับโปรโตคอลชั้นที่ 1..... 113
7.2 การทดสอบส่วนซอฟต์แวร์..... 114
7.2.1 ซอฟต์แวร์ภาษาแอสเซมบลี..... 114
7.2.2 ซอฟต์แวร์ภาษาซี..... 114
7.3 วิธีการทดสอบแผงวงจร..... 114
7.4 การทดสอบในระดับโปรโตคอลชั้นที่ 1..... 116
7.5 การทดสอบในระดับโปรโตคอลชั้นที่ 2..... 118
7.5.1 การทดสอบการทำขบวนการเชื่อมต่อวงจรข้อมูล..... 118
7.5.2 การทดสอบการทำขบวนการปลดวงจรข้อมูล..... 119
7.5.3 การทดสอบการรับส่งข่าวสารซิกแนลลิงด้วยเฟรม I..... 119
7.6 การทดสอบการรับส่งข้อมูลในช่องสัญญาณ B..... 120
7.7 สรุป..... 121
8. บทสรุป..... 122
8.1 สรุปงานที่ทำ..... 122
8.2 วิจารณ์และเสนอแนะ..... 123

เอกสารอ้างอิง..... 126

สารบัญ(ต่อ)

ภาคผนวก..... 129
ภาคผนวก ก. ไอซีทำหน้าที่แปลงข้อมูลแบบขนานเป็นแบบอนุกรม..... 130
ภาคผนวก ข. ไอซีทำหน้าที่ ISDN Controller..... 153
ภาคผนวก ค. ไอซีทำหน้าที่เชื่อมโยงที่จุดอ้างอิง S..... 173
ภาคผนวก ง. โครงสร้างของซอฟต์แวร์..... 184
ภาคผนวก จ. ผังการวางตำแหน่งไอซีบนแผงวงจร..... 193

ประวัติผู้เขียน..... 194

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	ความหมายของสัญญาณ Info	30
3.2	Finite state matrix ของการ Activate/Deactivate ด้านเทอร์มินัล	33
3.3	Finite state matrix ของการ Activtae/Deactivate ด้านข่าย	38
4.1	การแปลความหมายของบิต P/F	46
4.2	รูปแบบของข้อมูลส่วนควบคุม	47
4.3	รายละเอียดของข้อมูลส่วนควบคุม	48
4.4	การกำหนดค่าของบิต P/F	58
5.1	การใช้งานพอร์ทจาก 8088	86
5.2	ฟังก์ชันสำคัญของโปรแกรมให้บริการ PC	90
5.3	ฟังก์ชันสำคัญของโปรแกรมให้บริการ HSCC	92
5.4	ฟังก์ชันสำคัญของโปรแกรมให้บริการ ICC	95

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
2.1	การเข้าไปใช้บริการข่าย ISDN	6
2.2	รูปแบบของ ISDN User-Network Interfaces	8
2.3	ตัวอย่างการเชื่อมโยงระหว่างอุปกรณ์ต่าง ๆ	9
2.4	ตัวอย่างการใช้งาน PABX เป็น NT2	10
2.5	ตัวอย่างการเชื่อมโยงกรณีมีเทอร์มินัลหลายตัว	11
2.6	การต่อระหว่าง TE กับ NT	12
2.7	ตัวอย่างรูปแบบการใช้โครงสร้างการเชื่อมโยงหลายแบบ	16
2.8	โปรโตคอล ISDN ในโมด Circuit-switched	17
2.9	โครงสร้างของช่องสัญญาณ D	17
3.1	รูปแบบของ ISDN User-Network Interfaces	20
3.2	รูปแบบการต่อวงจร	23
3.3	โครงสร้างของเฟรมที่จุดอ้างอิง S	25
3.4	สัญญาณแบบ 100%pulsewidth-pseudo-ternary	27
3.5	ขั้นตอนการเข้าใช้ช่องสัญญาณ D	28
3.6	ไดอะแกรม SDL ของการ Atcivate/Deactivate ด้านเทอร์มินัล	34
3.7	ไดอะแกรม SDL ของการ Atcivate/Deactivate ด้านข่าย	36
4.1	ชนิดของ Primitives	40
4.2	การเชื่อมต่อข้อมูลภายใต้โปรโตคอล LAPD	42
4.3	สถานะของวงจรเชื่อมต่อข้อมูล	43
4.4	รูปแบบของเฟรม LAPD	45
4.5	ส่วนแอดเดรสของเฟรม LAPD	45
4.6	ส่วนข่าวสารของเฟรม FRMR	54
5.1	ส่วนประกอบของแผงวงจร	71
5.2	การแทนข้อมูลบนแผงวงจร	75
5.3	วงจรแปลงข้อมูลแบบขนานเป็นแบบอนุกรมโดย HSCC และ วงจรทำหน้าที่โปรโตคอลชั้นที่ 2 โดย ICC	77
5.4	วงจรเชื่อมโยงกับจุดเชื่อมโยง S โดย SBC	77
5.5	วงจรหน่วยความจำร่วมสำหรับช่องสัญญาณ B	78
5.6	วงจรควบคุมการเข้าใช้หน่วยความจำของช่องสัญญาณ B	80
5.7	วงจรหน่วยความจำร่วมสำหรับช่องสัญญาณ D	81

สารบัญภาพ(ต่อ)

5.8 วงจรควบคุมการเข้าใช้หน่วยความจำร่วมช่องสัญญาณ B และวงจรสร้างสัญญาณขัดจังหวะจาก 8085 83
5.9 วงจร DPIO ขนาด 4x4 บิต 84
5.10 วงจรถอดรหัสสำหรับอ้างไอโอจาก 8088 85
5.11 ความสัมพันธ์ของซอฟต์แวร์ 87
5.12 ผังงานซอฟต์แวร์บนแผงวงจร 89
5.13 ผังงานของโปรแกรมให้บริการ PC 91
5.14 การจัดเฟรมในโมด Extended Transparent Mode 0 91
5.15 ผังงานของโปรแกรมให้บริการ HSCC 92
5.16 ผังงานของโปรแกรมให้บริการ ICC 94
5.17 ขั้นตอนการขอเชื่อมต่อวงจรข้อมูล 96
5.18 ขั้นตอนการรับและตรวจสอบเฟรมข้อมูล 97
5.19 ขั้นตอนวงจรข้อมูลได้รับการเชื่อมต่อ 98
6.1 รายการหลักของโปรแกรม ISDN.COM 100
6.2 ผังงานการทำงานของโปรแกรมหลักบน PC 101
6.3 ผังงานการให้บริการผู้ใช้ทางคีย์บอร์ด 101
6.4 ผังงานการให้บริการแผงวงจร 102
6.5 ความหมายของข้อมูลใน DPIO 102
6.6 ขั้นตอนการเชื่อมต่อวงจรข้อมูล 104
6.7 ผังงานการทำงานของโปรแกรมหลักบนแผงวงจร 107
6.8 ผังงานการให้บริการ HSCC 107
6.9 ผังงานการให้บริการ ICC 108
7.1 แผงวงจรควบคุมการสื่อสาร 110
7.2 ผลการทดสอบการลูปวงจรเชื่อมโยงกับจุดอ้างอิง S 113
7.3 บล็อกไดอะแกรมของ SBC 116
7.4 ไดอะแกรมสถานะของ SBC ในโมดทดสอบ 117
7.5 นิยามของสัญญาณ Info 118
7.6 การรับส่งเฟรม I ในการทดสอบที่ค่า k=7 120
7.7 ขั้นตอนรวมการทดสอบ 121