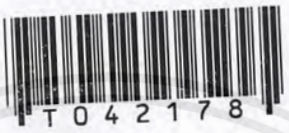
สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาโปรแกรมการออกแบบการสื่อสารผ่านเส้นใยแก้ว

Development of Fiber Optics Design Software



พสุ การค้า
อมร เชื้อสระคู

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 42178
วัน, เดือน, ปี 14 พ.ค. 2545

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยีโทรคมนาคม ภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2543

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

DEVELOPMENT OF FIBER OPTICS DESIGN SOFTWARE

Mr.PHASU KANKHA

Mr.AMORN CHUASRAKOO

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MACHELOR OF THE TECHNOLOGY TELECOMUNACATION

FACULTY OF ENGINEERING

KINGMONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	การพัฒนาโปรแกรมการออกแบบระบบการสื่อสารผ่านเส้นใยแก้ว
	Development of Fiber Optic Design Software
นักศึกษา	นายพสุ การค้า เลขประจำตัว 41013372
	นายอมร เชื้อสระคู เลขประจำตัว 41013397
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.อรลาภ แสงอรุญ
	อาจารย์สุธีรา พันธุ์ธีรานุรักษ์
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา	2543

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังอนุมัติให้นับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผศ. อรลาภ แสงอรุญ)

_____ อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์สุธีรา พันธุ์ธีรานุรักษ์)

_____ กรรมการ
( )

_____ กรรมการ
( )

_____ กรรมการ
( )

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์ การพัฒนาโปรแกรมการออกแบบระบบการสื่อสารผ่านเส้นใยแก้ว
Development of Fiber Optics Design Software

นักศึกษา นายพสุ การค้า เลขประจำตัว 41013372
นายอมร เชื้อสระคู เลขประจำตัว 41013397
อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.อรลาก แสงอรุญ
อาจารย์สุธีรา พันธุ์ธีรานุรักษ์

ภาควิชา เทคนิคอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2543

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมสำเร็จรูป สำหรับออกแบบระบบการส่งสัญญาณผ่านเส้นใยแก้วนำแสง โดยเครื่องมือที่ใช้พัฒนาคือ Visual Basic 6.0 โปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้นนี้สามารถจำลองระบบ ทั้งทางด้าน เครื่องส่ง เครื่องรับ และ สายส่งซึ่งเป็นเส้นใยแก้วนำแสงชนิดต่างๆ สามารถคำนวนค่า พารามิเตอร์ต่างๆ ได้อย่างอัตโนมัติ ทั้งทาง Power และ Bandwidth โดยทำงานบนระบบปฏิบัติการ Windows และสามารถแสดงผลบนจอภาพ และเครื่องพิมพ์ ให้ผลลัพธ์สอดคล้องกันทั้งทางการจำลองระบบ และการทดลองส่งจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Development of Fiber Optics Design Software	
Student	Mr. Phasu Kankha	ID 41013372
	Mr. Amorn Chuasrakoo	ID 41013397
Academic Year	2000	

ABSTRACT

The purpose of this project is to develope the package of software used for signal transmission via Fiber optic. The tool for this development is Visual Basic version 6.0 which has the capability to simulate the system model for both transmitter receiver. Moreover, it can be used to calculate various optic cables for both power and bandwidth under windows operation and displayed on the monitor and printer. It is shown that the simulation results are agree with the experimental results.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาเกี่ยวกับการเขียนปริญญานิพนธ์จาก ผศ. อรลาภ แสงอรุณ และ อาจารย์สุธีรา พันธุ์ธีรานุรักษ์ ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษา คณะผู้จัดทำรู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่าน และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

นายพสุ การค้า
นายอมร เชื้อสระคู

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบเขตโครงงาน	1
1.4 ความรู้เบื้องต้นทางแสง	2
1.5 ระบบสื่อสารทางแสง	16
บทที่ 2 ทฤษฎีการคำนวณเพาเวอร์บัดเจ็ต	19
2.1 เพาเวอร์บัดเจ็ต	19
2.2 แบนวิดท์บัดเจ็ต	20
บทที่ 3 การพัฒนาโปรแกรม	27
3.1 ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาโปรแกรมเก่า	27
3.2 ขั้นตอนที่ 2 เขียนโฟลชาร์ท	28
3.3 ขั้นตอนที่ 3 แจกแจงสมการที่ใช้	29
3.4 ขั้นตอนที่ 4 เขียนตารางคุณสมบัติตัวแปร	31
3.5 ขั้นตอนที่ 5 ออกแบบหน้าต่างโปรแกรมใหม่	32
3.6 ขั้นตอนที่ 6 เขียนโปรแกรมให้กับหน้าต่าง	33
บทที่ 4 การใช้งานโปรแกรม	52
บรรณานุกรม	61
ภาคผนวก ก. โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นใหม่	63
ภาคผนวก ข. ตารางคุณสมบัติตัวแปร	99
ภาคผนวก ค. โฟลชาร์ท	114

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ค่าดัชนีหักเหของแสงในตัวกลางต่างๆ	3
2.1 คุณสมบัติของสายไฟเบอร์ออปติก	21
2.2 คุณสมบัติแหล่งกำเนิด	22
2.3 คุณสมบัติโฟโต้ไดโอด	22
3.1 ตารางคุณสมบัติตัวแปร	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1 แสดงการตกกระทบของแสง	2
รูปที่ 1.2 แสดงการเดินทางของแสงอาศัยหลักการการสะท้อนกลับหมด	4
รูปที่ 1.3 แสดงการโพลาไรเซชันของแสง	5
รูปที่ 1.4 แสดงโพลาไรซ์ระนาบที่ตกกระทบทำมุม θ กับแกนโพลารอยด์	6
รูปที่ 1.5 แสดงความสัมพันธ์ของแบนด์วิดท์และความยาวโคฮีเรนซ์	7
รูปที่ 1.6 แสดงโหมดของแสงที่ปลายเส้นใยแก้วนำแสง	8
รูปที่ 1.7 แสดงลักษณะแสงที่ปลายเส้นใยแก้วนำแสง	10
รูปที่ 1.8 ตัวอย่างเคเบิลใยแก้วนำแสง	11
รูปที่ 1.9 แสดงการผสมสัญญาณและการส่ง	13
รูปที่ 1.10 แสดงตัวอย่างของระบบสื่อสารใยแก้วนำแสง	16
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างโปรแกรมเก่าที่ต้องการพัฒนา	27
รูปที่ 3.2 โฟลชาร์ทที่ได้จากการตีความหมายโปรแกรมเก่า	28
รูปที่ 3.3 หน้าต่างโปรแกรมใหม่ที่ได้จากการออกแบบ	32
รูปที่ 3.4 หน้าต่างส่วนแสดงข่าวสาร	33
รูปที่ 3.5 หน้าต่างส่วนแหล่งกำเนิดแสง	34
รูปที่ 3.6 หน้าต่างส่วนตัวตรวจจับแสง	37
รูปที่ 3.7 หน้าต่างส่วนเส้นใยแก้วนำแสง	41
รูปที่ 3.8 หน้าต่างส่วนรอยเชื่อมต่อเส้นใยแก้ว	44
รูปที่ 3.9 หน้าต่างส่วนตัวต่อ	45
รูปที่ 3.10 หน้าต่างส่วนเพาเวอร์บัตเจ็ต	46
รูปที่ 3.11 หน้าต่างส่วนไรซ์ไทม์	49
รูปที่ 4.1 หน้าต่างการใช้งานที่ 1	52
รูปที่ 4.2 หน้าต่างการใช้งานที่ 2	53
รูปที่ 4.3 หน้าต่างการใช้งานที่ 3	53
รูปที่ 4.4 หน้าต่างการใช้งานที่ 4	54
รูปที่ 4.5 หน้าต่างการอธิบายวิธีการทำโจทย์ขั้นที่ 1	55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.6 หน้าต่างการอธิบายวิธีการทำโจทย์ขั้นที่ 2 56
รูปที่ 4.7 หน้าต่างการอธิบายวิธีการทำโจทย์ขั้นที่ 3 56
รูปที่ 4.8 หน้าต่างการอธิบายวิธีการทำโจทย์ขั้นที่ 4 57
รูปที่ 4.9 หน้าต่างการอธิบายวิธีการทำโจทย์ขั้นที่ 5 57
รูปที่ 4.10 หน้าต่างการอธิบายวิธีการทำโจทย์ขั้นที่ 6 58
รูปที่ 4.11 หน้าต่างการอธิบายวิธีการทำโจทย์ขั้นที่ 7 58
รูปที่ 4.12 หน้าต่างการอธิบายวิธีการทำโจทย์ขั้นที่ 8 59
รูปที่ 4.13 หน้าต่างการอธิบายวิธีการทำโจทย์ขั้นที่ 9 59
รูปที่ 4.14 หน้าต่างการอธิบายวิธีการทำโจทย์ขั้นที่ 10 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมา

เป็นปริญญานิพนธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างการศึกษาในช่วงขณะเรียนทฤษฎีเกี่ยวกับการสื่อสารผ่านเส้นใยแก้วนำแสง ซึ่งเป็นการทดลองการสื่อสารด้วยการคำนวณโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และในขณะนั้นโปรแกรมที่ใช้คำนวนเป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาเป็นระยะเวลายาวนานแล้ว และมีข้อบกพร่องบางส่วนในเรื่องของความไม่สะดวกในการใช้งาน ด้วยเหตุประการนี้จึงเกิดแนวคิดในการที่จะนำโปรแกรมดังกล่าว ที่ชื่อว่า Fiber Optics Design Software มาพัฒนาใหม่ ให้เกิดความสะดวกในการใช้งานมากขึ้น โดยนำภาษาคอมพิวเตอร์ชั้นสูง ซึ่งได้เลือกภาษา Visual Basic มาพัฒนา เพราะมีความเห็นว่าใกล้เคียงกับภาษาเดิมที่ใช้เขียนขึ้น ซึ่งเป็นภาษาตระกูล Basic เช่นเดียวกัน จากแนวคิดนี้จึงนำมาสู่การทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

1.2 วัตถุประสงค์

1. เพื่อแก้ปัญหาเรื่องการใส่ค่าตัวแปรที่ขาดความคล่องตัวในการใช้งานเนื่องจากเป็นระบบอินพุทแบบอนุกรม
2. เพิ่มความเร็วในการใช้งานด้วยคุณสมบัติของ Graphic User Interface ของระบบปฏิบัติการ Windows
3. มีรูปแบบการใช้งานที่ง่ายและสวยงามกว่าโปรแกรมเดิม
4. สามารถป้อนข้อมูลจากเมาส์ได้

1.3 ขอบเขตโครงงาน

พัฒนาโปรแกรมคำนวณเพาเวอร์บัดเจ็ตและไรซ์ไทม์ของระบบ การสื่อสารผ่านเส้นใยแก้วนำแสง โดยพัฒนาด้วยโปรแกรม Visual Basic 6.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4 ความรู้เบื้องต้นทางแสง

ปรากฏการณ์ทางแสงในบทนี้นั้นจะกล่าวถึงเฉพาะปรากฏการณ์พื้นฐานที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับการใช้งานเส้นใยแก้วนำแสง เช่น การหักเห (Refraction) และการสะท้อนกลับหมด (Total Internal Reflection) ของแสง ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้แสงสามารถเดินทางอยู่ในใยแก้วนำแสงได้ และยังจะกล่าวต่อไปในเรื่องของการหักเหสองแนว (Birefringence) และโพลาไรเซชัน (Polarization) อันเกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ของแสงในใยแก้วนำแสงที่มีโครงสร้างภายในที่มีลักษณะเป็นผลึกหักเหสองแนว นอกจากนั้นยังกล่าวถึงเรื่องของการแทรกสอด (Interference) และการเลี้ยวเบน (Diffraction) ของแสงด้วย เป็นต้น

1.4.1 ฟิสิกส์ของแสง (Physics of Light)

แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เดินทางด้วยความเร็วประมาณ 3 x 10 เมตร/วินาทีในสุญญากาศ ซึ่งความเร็วแสงในสุญญากาศสำหรับทุกๆ ความยาวคลื่นหรือความถี่นั้นมีค่าเท่ากัน อย่างไรก็ตามความเร็วแสงจะมีค่าเปลี่ยนไปเมื่อแสงเคลื่อนที่ผ่านจากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งที่มีความหนาแน่นไม่เท่าเดิม จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้แสงเกิดการหักเห คุณสมบัติการหักเหของแสงนี่เองที่ทำให้แสงมีพฤติกรรมต่าง ขณะเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง การเคลื่อนที่ของแสงผ่านใยแก้วนำแสงก็อาศัยหลักการฟิสิกส์นี้ เช่นกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.1 เมื่อกำหนดให้ θ_1และθ_2 คือ มุมตกกระทบและมุมหักเหที่ลำแสงกระทำกับเส้นปกติ

รูปที่ 1.1 แสดงการตกกระทบของแสง

พฤติกรรมของแสงในใยแก้วนำแสงนั้นสามารถวิเคราะห์ได้อย่างสมบูรณ์ด้วยสมการของคลื่นที่ค่อนข้างซับซ้อน อย่างไรก็ตามในการใช้งานนั้นมักใช้วิธีทางเลขาคณิตเพราะง่ายกว่าและสามารถอธิบายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.2 ดัชนีหักเหของแสง

การหักเหของแสงเกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วของแสงในตัวกลางซึ่งจะมีค่ามากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของความเร็วแสงในสุญญากาศกับความเร็วของแสงในตัวกลางที่แสงผ่าน ค่าของอัตราส่วนของความเร็วนี้เรียกว่าดัชนีหักเห (n) ซึ่งแทนด้วยความสัมพันธ์

$$n = \frac{c}{v}$$

เมื่อ c และ v คือความเร็วของแสงในสุญญากาศ และในตัวกลางใดๆตามลำดับ ดัชนีหักเหของแสงนั้นขึ้นอยู่กับความถี่ของแสงด้วยทั้งนี้เพราะความเร็วของแสงมีความสัมพันธ์กับความถี่และความยาวคลื่นคือ $\lambda = c/v$ เมื่อ v และ λ คือความถี่และความยาวของคลื่นแสง ข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 1.1 ข้างล่างเป็นตัวอย่างของค่าดัชนีหักเหของแสงในตัวกลางชนิดต่างๆ

ตารางที่ 1.1 ค่าดัชนีหักเหของแสงในตัวกลางต่างๆ

ตัวกลาง	ค่าดัชนีหักเห
สุญญากาศ (Vaccum)	1.00
อากาศ (Air)	1.003
น้ำ (Water)	1.33
เอทิลแอลกอฮอล์ (Ethyl Alcohol)	1.36
ควอร์ต (Fused Quarts)	1.46
แก้ว (Glass Fiber)	1.50 – 1.90
เพชร (Diamon)	2.00 – 2.42
ซิลิคอน (Silicon)	3.40
แกลเลียม อาเซไนด์ (Gallium – Arsenide)	3.6

1.4.3 การสะท้อนกลับหมด

เมื่อแสงเดินทางผ่านตัวกลางสองชนิดที่มีดัชนีหักเหต่างกันจะทำให้มีการหักเหของแสงเป็นไปตามกฎของสเนลล์ (Snell's Law) คือ

$$\frac{\sin\theta 1}{\sin\theta 2} = \frac{n2}{n1}$$

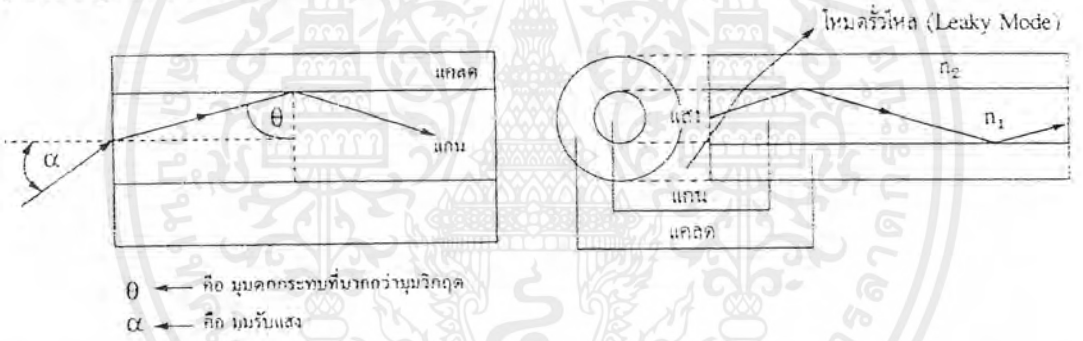
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่นี้ θ_1 และ θ_2 คือมุมตกกระทบและมุมหักเหที่ลำแสงกระทำกับเส้นปกติ (Normal Line) บนพื้นผิวรอยต่อของตัวกลางทั้งสองนั้นส่วน n1 และ n2 คือดัชนีหักเหของแสงตัวกลางที่1 และตัวกลางที่2 ดังแสดงในรูปที่ 1.1

พิจารณากรณีที่แสงเดินทางจากตัวกลางที่มีดัชนีหักเหมากไปยังตัวกลางที่มีดัชนีหักเหน้อยกล่าวคือเมื่อมุมตกกระทบ θ_1 มีค่ามากขึ้นก็จะทำให้มุมหักเห θ_2 มีค่าเข้าใกล้ 90° เรียกมุมตกกระทบที่ทำให้มุมหักเหเท่ากับ 90° นี้ว่ามุมวิกฤติ (Critical Angle , θ_c) และหากเพิ่มมุมตกกระทบอีกจน($\theta > \theta_c$) ก็จะทำให้แสงไม่สามารถที่จะเดินทางเข้าไปในตัวกลางที่สองได้เลย นั่นคือเกิดการสะท้อนกลับหมดภายในนั่นเอง

$$\theta_c = \sin^{-1}\left[\frac{n_{clad}}{n_{core}}\right]$$

เมื่อ n_{core} และ n_{clad} คือค่าดัชนีหักเหของแกน (Core) และส่วนห่อหุ้ม หรือแคลด (Cladding) ของใยแก้วนำแสงตามลำดับ



รูปที่ 1.2 แสดงการเดินทางของแสงภายในเส้นใยแก้วนำแสงโดยอาศัยหลักการการสะท้อนกลับหมด

ในการนำแสงเข้าสู่เส้นใยแก้วนำแสงดังรูปที่ 1.2 ทำได้โดยทำให้ดัชนีหักเหของแกนมีค่ามากกว่าดัชนีหักเหของแคลดซึ่งหุ้มส่วนของแกนไว้ โดยอาศัยหลักการสะท้อนกลับหมดภายในของแสงดังกล่าวข้างต้นก็สามารถที่จะทำให้แสงที่ป้อนเข้าไปในแกนเดินทางไปมาภายในแกนอยู่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.4 การแทรกสอดและเลี้ยวเบน

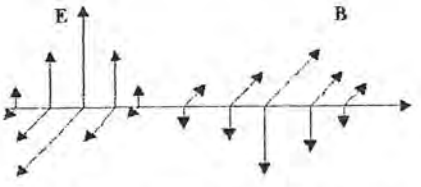
การแทรกสอด (Interference) เกิดขึ้นเมื่อคลื่นสองขบวนหรือมากกว่าเคลื่อนที่มาซ้อนกันที่ตำแหน่งเดียวกัน ผลที่ได้จากการแทรกสอดนี้สามารถอธิบายในเทอมแอมพลิจูดของคลื่นได้ โทมัส ยัง (Thomas Young) ได้ทำการทดลองการเกิดการแทรกสอดของแสงโดยใช้ช่องเล็กยาว (Site) คู่ กล่าวคือเมื่อแสงจากแหล่งกำเนิดแสงความยาวคลื่นเดียวเคลื่อนที่ผ่านช่องเล็กคู่ดังกล่าวก็จะปรากฏริ้วสว่างสลับกับริ้วมืดบนฉากที่สัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงเฟสและแอมพลิจูดของคลื่น โดยที่ริ้วสว่างนั้นความเข้มของแสงจะมีแอมพลิจูดที่มากที่สุด หรือเกิดการแทรกสอดแบบเสริมกัน (Constructive Interference) ส่วนริ้วมืดนั้นความเข้มของแสงจะมีแอมพลิจูดเป็นศูนย์ หรือเกิดการแทรกสอดแบบหักล้างกัน (Destructive Interference)

1.4.5 โพลาไรเซชัน

การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนเกิดขึ้นได้กับคลื่นทุกชนิดทั้งคลื่นตามขวางเช่นคลื่นแสงและคลื่นตามยาวเช่นคลื่นเสียง แต่ในกรณีของโพลาไรเซชัน (Polarization) จะเกิดขึ้นเฉพาะคลื่นตามขวางเท่านั้น เป็นที่ทราบกันดีว่าแสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งมีทิศทางการสั่นของสนามไฟฟ้า (E) ตั้งฉากกับสนามแม่เหล็ก (B) และตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น โดยทั่วไปแสงจะไม่โพลาไรซ์ซึ่งก็คือสนามไฟฟ้ามีการสั่นในหลายๆระนาบ ณ เวลาเดียวกัน ถ้าแสงไม่โพลาไรซ์เคลื่อนที่ผ่านแผ่นโพลารอยด์ (Polaroid) โดยทิศทางของสนามไฟฟ้าขนานกับแกนของแผ่นโพลารอยด์ก็จะมีลักษณะพิเศษก็คือยอมให้แสงโพราไรซ์ในทิศทางที่ขนานกับแกนผ่านไปได้ เมื่อแสงโพราไรซ์ระนาบตกกระทบทำมุม θ กับแกนของโพลารอยด์ ดังรูปที่1.3 และ 1.4 สนามไฟฟ้าส่วนที่ขนานกับแกนของแผ่นโพลารอยด์คือ $E\cos\theta$ จะสามารถผ่านแผ่นโพลารอยด์ออกมาได้ เนื่องจากความเข้มของแสงเป็นปฏิภาคโดยตรงกับแอมพลิจูดยกกำลังสอง ซึ่งจะได้ความเข้มแสงโพลาไรซ์ระนาบ (I) ที่ผ่านออกมาจากแผ่นโพลารอยด์ดังสมการข่างล่าง หรือที่เรียกว่ากฎของมาลุส (Malus's Law) คือ

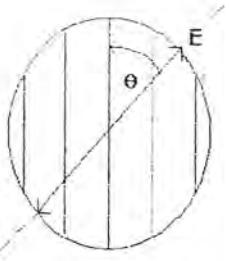
$$I = I_o \cos^2\theta$$

เมื่อ I_o เป็นความเข้มแสงที่ตกกระทบมากที่สุดเข้ามายังแผ่นโพลารอยด์



รูปที่ 1.3 แสดงการโพลาไรเซชันของแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.4 แสดงโพลาไรซ์ระนาบที่ตกกระทบทำมุม θ กับแกนโพลารอยด์

ในที่นี้แผ่นโพลารอยด์ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์โพลาไรซ์ (Polarizer) หรือตัวทำแสงโพลาไรซ์โดยทำให้แสงที่ผ่านแผ่นโพลารอยด์ให้เป็นแสงโพลาไรซ์ นอกจากนี้ยังสามารถใช้แผ่นโพลารอยด์อีกแผ่นหนึ่งวางในแนวเดียวกันซึ่งทำหน้าที่เป็นตัววิเคราะห์ (Analyzer) โดยทำหน้าที่จัดมุมของการโพลาไรซ์ของแสงที่ผ่านกล่าวคือ เมื่อวางแกนของอุปกรณ์โพลาไรซ์สองแผ่นตั้งฉากกัน (90°) ก็จะไม่มีแสงส่งผ่านออกมา แต่ถ้าหมุนตัววิเคราะห์ทำให้มุมเท่ากัน 0° กับอุปกรณ์ทำแสงโพลาไรซ์ เมื่อทำให้ความเข้มแสงโพลาไรซ์ระนาบที่ออกจากอุปกรณ์ทำแสงโพลาไรซ์ไปยังตัววิเคราะห์เป็น Io ความเข้มแสงที่ออกจากตัววิเคราะห์ก็จะเป็นไปตามกฎของมาลุส เมื่อหมุนตัววิเคราะห์ไปเป็นมุมต่างๆเพื่อหาความเข้มสูงสุด (I_{max}) และความเข้มแสงต่ำสุด(I_{min})ก็จะสามารถหาอัตราส่วนระหว่างความเข้มสูงสุดที่ส่งผ่านออกมาหรือเป็นการวัดคุณภาพของลำแสง"พลาไรซ์ (Extinction Ratio, ER)

$$ER = \frac{I_{max}}{I_{min}}$$

ถ้าความแตกต่างระหว่าง I_{max} และ I_{min} มีค่ามาก ก็จะทำให้ค่า ER มาก นั่นคือคุณภาพของลำแสงโพลาไรซ์มีคุณภาพดี

1.4.6 การหักเหสองแนว

แสงเคลื่อนที่ในตัวกลางสมลักษณ์ (Isotropic) ความเร็วของแสงจะเท่ากันในทุกทิศทาง แต่ในตัวกลางอสมลักษณ์ (Anisotropic) ถึงแม้จะเป็นตัวกลางเนื้อเดียวกันความเร็วของแสงในทิศทางที่ต่างกันจะไม่เท่ากัน ซึ่งตัวกลางชนิดนี้จะมีดัชนีหักเหแสงในสองทิศทางซึ่งหมายถึงแสงในแนวขนานและตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ ความแตกต่างกันของความเร็วเพียงเล็กน้อยนี้ทำให้เกิดการหักเหสองแนว หรือไบร์ฟรินเจนซ์ (Birefringence) ซึ่งแทนด้วยความสัมพันธ์คือ $B = (n_x - n_y)$ เมื่อ n_x และ n_yคือองค์ประกอบของค่าดัชนีหักเหแสงในแนวแกน x และ y ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

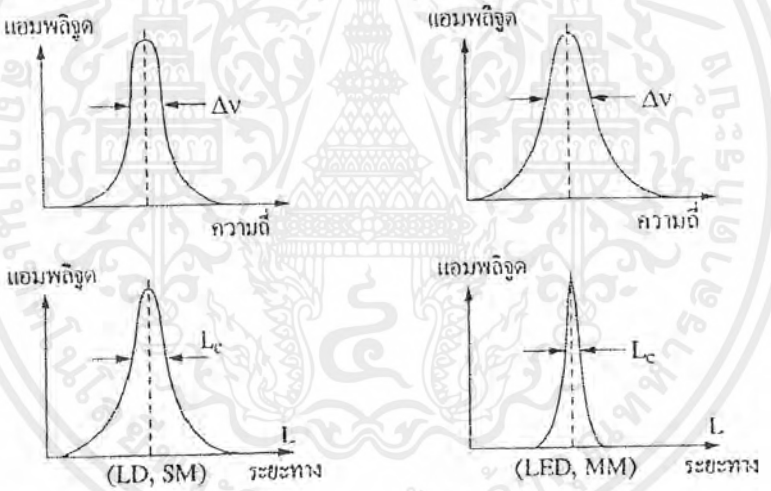
1.4.7 ความยาวโคฮีเรนซ์

ความยาวโคฮีเรนซ์ (Coherence Legth) เป็นพารามิเตอร์ที่แสดงถึงคุณสมบัติของแหล่งกำเนิดแสง โดยความยาวโคฮีเรนซ์นั้นจะแปรผกผันกับแบนด์วิดท์ของแหล่งกำเนิดแสง ดังตัวอย่างเช่น ไดโอดเลเซอร์ชนิดหลายโหมด จะมีแบนด์วิดท์กว้างกว่าชนิดโหมดเดียวแต่จะมีความยาวโคฮีเรนซ์สั้นกว่า รูปที่ 1.5 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างไดโอดเลเซอร์ (Laser Diode, LD) และ แอล อี ดี (Light Emitting Diode,LED) ไดโอดเลเซอร์ชนิดโหมดเดียว (Single Mode, SM) และชนิดหลายโหมด (Multimode, MM)

พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวโคฮีเรนซ์ และแบนด์วิดท์ของแหล่งกำเนิดแสงซึ่งแสดงเป็นสมการดังนี้คือ

$$L_c = \frac{c}{\Delta\nu} = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda}$$

เมื่อ L_c คือความยาวโคฮีเรนซ์ $\Delta\nu$ คือแบนด์วิดท์ λ คือความยาวคลื่น และ $\Delta\lambda$ คือไลน์วิดท์ (Line Width) ของแหล่งกำเนิดแสง ส่วน c คือความเร็วแสงในสุญญากาศ



รูปที่ 1.5 แสดงความสัมพันธ์ของแบนด์วิดท์และความยาวโคฮีเรนซ์

1.4.8 ความยาวบีตของใยแก้วนำแสง

ความยาวบีต (Beat Length ,L_B) ของใยแก้วนำแสง คือค่าที่ใช้บอกถึงความสามารถในการรักษาสภาวะของโพราไรเซชันของเส้นใยแก้วนำแสง โดยมีค่าความยาวบีตที่สั้นก็จะมีคุณสมบัติของการรักษาสภาวะโพลาไรเซชันได้ดี ความยาวบีตของเส้นใยแก้วนำแสงสามารถหาได้จากสมการ

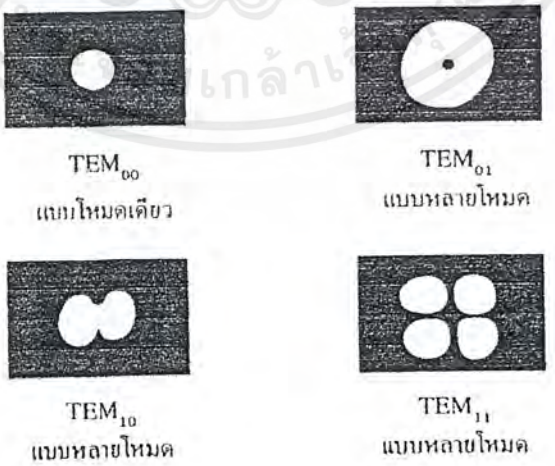
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$L_B = \frac{\lambda}{B}$$

เมื่อ λ คือความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงที่ส่งเข้าไปในเส้นใยแก้วนำแสง B คือ นอร์มัลไลซ์ – ไบร์ฟรินเจนซ์ ดังนั้นเส้นใยแก้วนำแสงเส้นใดมีการกระจายค่าดัชนีหักเหในส่วนของแกนมากก็จะมีค่านอร์มัลไลซ์ไบร์ฟรินแจนซ์มากซึ่งทำให้มีค่าความยาวบีตสั้น

1.4.9 โหมดของแสงเลเซอร์

เนื่องจากออปติคอลเรโซเนเตอร์ (Optical Resonator) ในระบบเลเซอร์นั้นเป็นโพรงแบบฟาบรีเพอร์โรท์ (Fabry-Perot Cavity) ทำให้แสงเลเซอร์ที่ผ่านออกมามีความถี่ต่างๆ ที่เหมาะสมกับคุณสมบัติของเรโซเนเตอร์ที่กำหนด ในกรณีนี้พบว่าแสงเลเซอร์นั้นจะประกอบไปด้วยโหมด (Modes) ต่าง ๆ โดยแบบของการกระจายอาจจะพิจารณาได้เป็น 2 แบบ คือโหมดตามยาว (Longitude – nal Modes หรือ Axial Modes) ซึ่งเป็นแบบการเปล่งแสงเป็นสเปคตรัมของความยาวคลื่น รูปที่ 1.6 แสดงการกระจายพลังงานของแสง ด้วยจุดของแสงที่เกิดขึ้นนั้นเป็นการแสดงแบบโหมดตามขวาง (Transverse Modes) ที่แทนด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตามขวาง (Transverse Electromagnetic Wave, TEM) ประกอบด้วย (ก) แบบโหมดเดียว หรือ TEM_{00} ส่วน (ข) TEM_{01} (ค) TEM_{10} และ (ง) TEM_{11} เป็นแบบหลายโหมด เมื่อแสงเลเซอร์ถูกนำเข้าไปในใยแก้วนำแสงก็จะพิจารณาให้เป็นกรณีของวิคกีไกดิง (Weaky Guiding) ซึ่งโหมดตามขวางของแสงเลเซอร์ที่เกิดขึ้นเรียกว่าโหมดโพลาไรซ์เชิงเส้น (Linear Polarized, LP) รูปที่ 1.6 แสดงโหมดของแสงที่ปลายเส้นใยแก้วนำแสงชนิดโหมดเดียว คือ LP_{01} และชนิดหลายโหมด LP_{21} และ LP_{83} ตามลำดับ



รูปที่ 1.6 แสดงโหมดของแสงที่ปลายเส้นใยแก้วนำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.10 ความเข้มแสงเปรียบเทียบ

อัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างความเข้มแสงอินพุตและเอาต์พุต หรือความเข้มแสงนอร์มัลไรซ์ (Normalized Intensity) กล่าวคือการตรวจวัดความเข้มแสงจากการเริ่มต้นด้วยความเข้มแสงอินพุตค่าหนึ่ง (I_o) ก่อนที่ทำหารตรวจวัดในระบบแสงแต่ละครั้งจะทำการนอร์มัลไรซ์ความเข้มแสงในระบบ เพื่อเป็นการหาอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างความเข้มแสงอินพุตกับความเข้มแสงในระบบการวัดที่มีค่าไม่เกินหนึ่งเนื่องจากการทดลองในแต่ละครั้งนั้นความสามารถในการจัดเรียงอุปกรณ์ทางแสงรวมไปถึงค่าที่ทำการตรวจวัดนั้นอาจไม่เท่าเดิม แต่เมื่อจัดให้อยู่ในรูปอัตราส่วนซึ่งเปรียบเทียบกับค่าเริ่มต้นค่าหนึ่งก่อนการตรวจวัดในแต่ละครั้งก็จะจัดให้มีอัตราส่วนเดียวกันเสมอ

$$ER = \frac{P_{max}}{P_{min}}$$

เมื่อ P_{max} คือ กำลังแสงมากที่สุดที่วัดได้

P_{min} คือ กำลังแสงน้อยที่สุดที่วัดได้

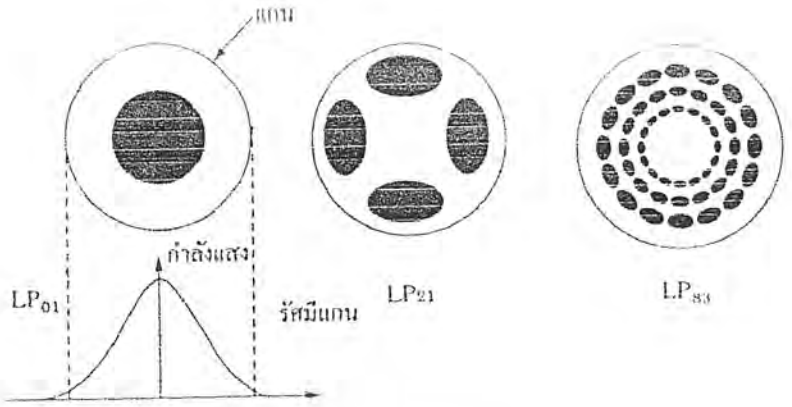
ดังนั้นคุณภาพของลำแสงโพลาไรซ์สามารถที่จะบอกได้จากพารามิเตอร์ ER หรืออัตราส่วนของความแตกต่างของกำลังแสงมากที่สุดและน้อยที่สุดอย่างชัดเจน ถ้าความแตกต่างระหว่าง P_{max} กับ P_{min} มีค่ามากจะทำให้ ER นั่นคือคุณภาพลำแสงโพลาไรซ์มีการจำแนกที่ดี

ความชัดเจนของริ้วการแทรกสอด

ความชัดเจนของริ้วการแทรกสอด (Visibility, Q) มีความสัมพันธ์ดังสมการ

$$Q = [\, I_{max} - I_{min} \,] / [\, I_{max} + I_{min} \,]$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 1.7 แสดงลักษณะแสงที่ปลายเส้นใยแก้วนำแสง

เมื่อ Imax และ Imin คือค่าความเข้มสูงสุดและต่ำสุดของแสง โดยพิจรณา Q มีค่าระหว่าง $0 \leq Q \leq 1$ กล่าวคือถ้าหาก Q = 1 จะแสดงความชัดเจนของริ้วได้ชัดเจนที่สุดโดยแยกความสว่างและมืดได้ชัดเจน แต่ถ้า Q = 0 แสดงว่าไม่สามารถที่จะแยกความชัดเจนของริ้วได้

1.4.11 ค่าการลดทอนของแสงภายในเส้นใยแก้วนำแสง

เมื่อทำการส่งสัญญาณผ่านสายส่งออกไปก็ย่อมเกิดการลดทอน (Attenuation) ของสัญญาณขึ้นเป็นธรรมดา การคิดค่าการลดทอนของแสงภายในใยแก้วนำแสงจะบอกเป็นอัตราส่วนของกำลังสัญญาณในหน่วยเดซิเบล (dB) หรือในหน่วย dBm (dBm เป็นการเปรียบเทียบกำลังของสัญญาณกับระดับกำลังของสัญญาณอ้างอิง เมื่อกำลังอินพุต P_i = 1 mW) โดยพิจารณาสมการข้างล่างนี้

$$L_{db} = -10 \text{ Log} \left[\frac{P_o}{P_i} \right]$$

เมื่อ P_o คือ กำลังของแสงเอาต์พุต

P_i คือกำลังของแสงอินพุตที่ป้อนเข้าไปในเส้นใยแก้วนำแสงค่าการลดทอนของแสง

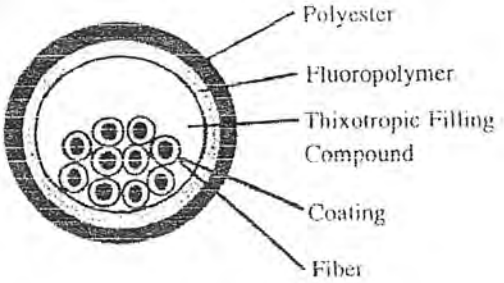
ดังนั้น กำลังการสูญเสียต่ำที่สุดของเส้นใยแก้วนำแสงขึ้นอยู่กับความยาวของเส้นใยแก้วนำแสงและค่าความยาวของคลื่นแสงที่ใช้

1.4.12 สายเคเบิลเส้นใยแก้วนำแสง

ใยแก้วนำแสงนั้นมีกระบวนการผลิตหลายวิธีดังที่กล่าวมาแล้ว ซึ่งจะแตกต่างกันที่วิธีการทำแท่งพรีฟอร์มหลังจากได้แท่งพรีฟอร์มแล้วก็จะนำมาดึงทำเป็นใยแก้วนำแสงขนาดและประเภทต่างๆ พร้อมทั้งทำการป้องกันเพื่อทำเป็นเคเบิลตามลักษณะของการใช้งานต่างๆ เช่น สายเคเบิลกับงานเดินสายใต้ดิน สายอากาศ สายใต้น้ำ สายในอาคาร และงานระหว่างอาคาร เป็นต้น ดูรูปที่ 1.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะเป็นตัวอย่างเคเบิลใยแก้วนำแสง ซึ่งเป็นลักษณะทั่วๆ ไปเท่านั้น สำหรับในการใช้งานในปัจจุบันนั้นมีเคเบิลมากมายหลายชนิดแล้วแต่ความต้องการใช้งานเป็นสำคัญ



รูปที่ 1.8 ตัวอย่างเคเบิลใยแก้วนำแสง

1.4.13 การสื่อสารด้วยแสง

จากความเจริญก้าวหน้าทางเศรษฐกิจและสังคม ทำให้มีความต้องการในการแลกเปลี่ยนข่าวสารและข้อมูลเพิ่มขึ้น เพื่อเป็นการตอบสนองต่อความต้องการได้ทั้งปัจจุบันและอนาคต ระบบสื่อสารด้วยแสง (Optical Communication System) ซึ่งสามารถส่งข่าวสารและข้อมูลต่างๆ ได้เป็นจำนวนมากในเวลาเดียวกันจึงได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลาย

ระบบการสื่อสารด้วยใยแก้วนำแสงเมื่อเปรียบเทียบกับระบบการสื่อสารที่ใช้สายเคเบิลที่ทำด้วยโลหะแล้วมีข้อดีต่าง ๆ ที่เกิดจากคุณสมบัติของใยแก้วนำแสงดังนี้คือ

1. ให้แบนด์วิดท์ที่กว้าง กล่าวคือ การใช้คลื่นพาห์ที่มีความถี่สูงในระบบสื่อสารทำให้แบนด์วิดท์ของสัญญาณกว้างมากขึ้น การสื่อสารด้วยใยแก้วนำแสงนั้นขึ้นอยู่กับคลื่นพาห์ที่มีความถี่อยู่ในช่วง $10^{13} - 10^{14}$ เฮิรตซ์ เมื่อเปรียบเทียบกับความถี่ของคลื่นวิทยุซึ่งมีความถี่ $10^{6} - 10^{9}$ เฮิรตซ์ แล้วจะเห็นว่าแบนด์วิดท์ของสัญญาณกว้างขึ้นถึงประมาณ 10^{6} หรือ 1 ล้านเท่า

2. ขนาดเล็กและน้ำหนักเบา ใยแก้วนำแสงเพียงเส้นเดียวสามารถแทนคู่สายทองแดงขนาดใหญ่แต่ละคู่ได้ เช่น สายเคเบิลทางโทรศัพท์ที่มี 1000 คู่สาย มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 7 – 10 เซนติเมตร จะสามารถใช้เคเบิลใยแก้วนำแสงเพียงเส้นเดียวที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร แทนได้ในการส่งช่องสัญญาณจำนวนที่เท่ากัน

3. การสูญเสียต่ำ ใยแก้วนำแสงมีค่าการสูญเสียเนื่องจากการลดทอนน้อยกว่าสายเกลียวคู่ (Twisted Pair) หรือ หุ้มฉนวน (Coaxial Cable)

4. ไม่ถูกรบกวนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เนื่องจากใยแก้วนำแสงไม่ได้สร้างจากเส้นลวดโลหะเหมือนสายเคเบิลโลหะแต่สร้างจากแก้ว (Glass) หรือซิลิกอน (Silicon) ดังนั้นจึงไม่ถูกรบกวนโดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และไม่ต้องใช้เทคนิคป้องกันด้วยวิธีการชิลด์ (Shield) ที่มีราคาแพงและยุ่งยากเพื่อป้องกันการรบกวนจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. คงทนและไม่ถูกรบกวนโดยสภาพดินฟ้าอากาศ แก้วหรือซิลิคอนมีความแข็งกว่าโลหะถึง 20 เท่า โดยที่ซิลิคอนหรือแก้วก็เป็นธาตุเฉื่อย ดังนั้นสภาพแวดล้อมถึงมีผลน้อยกว่าการใช้งานสายที่ทำด้วยโลหะ

6. มีความปลอดภัย ในระบบสายโลหะจำเป็นต้องป้องกันอันตรายให้กับอุปกรณ์หรือมนุษย์จากไฟฟ้าลัดวงจรระหว่างสาย หรือระหว่างสายกับสายดิน ซึ่งเมื่อใช้เส้นใยแก้วนำแสงแล้วจะไม่มีปัญหาเกี่ยวกับสิ่งเหล่านี้

7. ราคาถูก ราคาของเส้นใยแก้วนำแสงในปัจจุบันมีราคาต่ำลงเรื่อยๆ ในขณะที่ราคาของสายโลหะมีราคาเพิ่มขึ้น ในทางปฏิบัติทุกวันนี้ราคาของการออกแบบระบบที่ใช้ใยแก้วนำแสงมีราคาต่ำกว่าระบบแบบใช้โลหะ

1.4.14 การสื่อสารเชิงแสง

แนวความคิดในการสื่อสารด้วยใยแก้วนำแสงเกิดขึ้นเมื่อนักวิทยาศาสตร์พยายามที่จะค้นคว้าเกี่ยวกับการส่งผ่านแสงในชั้นบรรยากาศมาก่อนแต่ไม่ค่อยประสบความสำเร็จมากนัก เนื่องจากแสงจะถูกลดกำลัง หรือ ลดทอนในชั้นบรรยากาศอย่างมาก การส่งแสงผ่านชั้นบรรยากาศจึงถูกจำกัดเฉพาะการสื่อสารในระยะทางสั้นๆ ต่อมาจึงหันความสนใจมาวิจัยการสื่อสารโดยการใช้ใยแก้วนำแสง แต่ในระยะแรกเกิดปัญหาเนื่องจากการสูญเสียมากถึงประมาณ 1000 เดซิเบล / กิโลเมตร ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้กับการสื่อสารได้ ต่อมานักวิทยาศาสตร์ได้ทำการวิจัยและพัฒนาจนอัตราการสูญเสียของใยแก้วนำแสงเหลือเพียง 0.2 เดซิเบล / กิโลเมตร ตัวอย่างเช่น แสงที่เดินทางในเส้นใยแก้วนำแสงที่ยาว 15 กิโลเมตร ปริมาณของแสงจึงจะลดลงเหลือครึ่งหนึ่ง ดังนั้นจึงสามารถนำแสงไปได้ไกลมาก จากการนำแสงเลเซอร์และใยแก้วนำแสงมาใช้ร่วมกันจึงทำให้เกิดการส่งข่าวสารยุคใหม่ขึ้นเรียกว่า "การสื่อสารใยแก้วนำแสง"

ส่วนประกอบพื้นฐานของระบบการสื่อสารด้วยใยแก้วนำ ซึ่งจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง (Electrical Optical Converter, E/O) ที่ทำงานโดยรับสัญญาณไฟฟ้ามาจากอุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสง หรือ เลเซอร์ และส่งเข้าไปในเส้นใยแก้วนำแสง โดยความแรงของสัญญาณไฟฟ้ามาจากอุปกรณ์รับสัญญาณปลายทางจะถูกเปลี่ยนเป็นความเข้มแสง หรือระดับของสัญญาณ "1" และ "0" ด้วยวิธีหลังนี้สัญญาณไฟฟ้าจะเปลี่ยนเป็นแสงที่สว่างหรือมืด หรือเปิด-ปิด สัญญาณที่เดินทางในใยแก้วนำแสงนั้นกำลังจะอ่อนลงเมื่อเดินทางในระยะทางที่เพิ่มขึ้นพร้อมทั้งรูปคลื่นที่ขยายกว้างออกด้วย ดังนั้น เมื่อถึงอุปกรณ์เปลี่ยนแสงเป็นไฟฟ้า (O/E) ทางด้านรับสัญญาณแล้วก่อนที่แสงจะส่งไปก็จะถูกทวนสัญญาณและส่งต่อไปยังปลายทาง

1.4.15 ระบบสื่อสารใยแก้วนำแสง

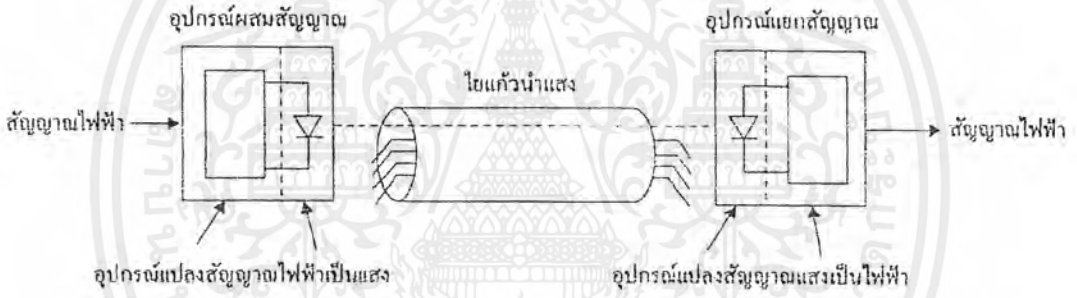
ระบบอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นแสงนั้นทำได้โดยใช้อุปกรณ์ทางแสงได้แก่ แหล่งกำเนิดแสง (Light Source) ซึ่งปกติใช้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิด ไดโอดเปล่งแสง (LED) หรือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไดโอดเลเซอร์ (LD) ส่วนอุปกรณ์ที่เปลี่ยนแสงเป็นไฟฟ้านั้นทำได้โดยใช้ไดโอดแสง (Photodiode) หรือทรานซิสเตอร์แสง (Photo Transistor) นอกจากกรณีที่ระยะทางของสายส่งยาวมากอาจต้องมีการติดตั้งอุปกรณ์ทวนสัญญาณ (Repeater) ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าแล้วเปลี่ยนกลับเป็นสัญญาณแสงอีกครั้งและส่งกลับไปในเส้นใยแก้วนำแสง

1.4.16 การผสมและแยกสัญญาณ

การผสมสัญญาณ (Modulation) ของการสื่อสารนั้น หมายถึงการทำให้ความถี่ของการสั่นในการส่งเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณข่าวสาร สำหรับการสื่อสารใยแก้วนำแสงนั้นความถี่ (หรือความยาวคลื่น) ของแสงที่ปล่อยออกมาจากอุปกรณ์กำเนิดแสงมีค่าไม่คงที่ ดังนั้นความหมายของการผสมสัญญาณจึงแตกต่างกับการสื่อสารทางไฟฟ้า ถ้าหากสามารถทำให้แสงเป็นแสงอาพันธ์ (Coherence Light) ที่สมบูรณ์นั่นคือมีความถี่คงที่ และสามารถเปลี่ยนความถี่แสงให้อยู่ในย่านความถี่ไมโครเวฟก็จะทำให้การสื่อสารใยแก้วนำแสงมีการผลมคลื่นชนิดต่าง ๆ เหมือนกับการสื่อสารทางไฟฟ้า ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าการผสมคลื่นแสงนั้นเป็นเพียงการผสมความเข้มแสง (Intensity Modulation) เท่านั้น (ดูรูปที่ 1.9 ประกอบ)



รูปที่ 1.9 แสดงการผสมสัญญาณและการส่ง

ปกติสัญญาณแสงทางด้านรับของระบบสื่อสารนั้นสัญญาณจะอ่อนกำลังลง และบางครั้งอาจเกิดความผิดพลาดเนื่องจากการส่งผ่านไปในใยแก้วนำแสง เมื่ออุปกรณ์รับแสงทำการแปลงสัญญาณแสงให้ได้สัญญาณไฟฟ้าที่ออกมาเป็นรูปร่างของสัญญาณเดิมที่เป็นสัญญารพื้นฐาน (Baseband) และเป็นไปตามรูปร่างของกรอบคลื่น (Envelope) ของสัญญาณที่เกิดจากการรวมกับคลื่นพาห์ทางแสง สัญญาณรบกวนนี้จะผ่านขั้นตอนทางไฟฟ้าเพื่อทำการขยายสัญญาณ และได้สัญญารที่เครื่องรับบ่ลายทางเหมือนกับต้นกำเนิดข่าวสารทุกประการ ในอนาคตถ้าสามารถทำให้แสงที่เป็นแสงอำพันธ์อย่างสมบูรณ์ก็จะสามารถใช้วิธีการผสมคลื่นที่ทำให้ความถี่ของต้นกำเนิดแสงเปลี่ยนแปลงตามสัญญาณนั้น คือวิธีผสมคลื่นที่มีประสิทธิภาพดีได้และทำนองเดียวกันกับทางด้านรับแสงก็สามารถใช้การแยกสัญญาณที่เรียกว่าเทคนิคทางด้านความถี่ (Heterodyne Detection) เป็นส่วนการรับสัญญาณปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.17 การส่งสัญญาณแบบดิจิตอลและแอนะล็อก

การส่งสัญญาณโดยทั่วไปนั้นมีสองแบบคือ การส่งสัญญาณแบบดิจิตอล (Digital) และแอนะล็อก (Analog) การสื่อสารด้วยแสงนั้นมีการส่งสัญญาณอยู่สองชนิดนี้เช่นกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับสัญญาณไฟฟ้าที่มาผสมกับแสงว่าจะเป็นสัญญาณดิจิตอลหรือสัญญาณแอนะล็อกเท่านั้น การส่งสัญญาณแบบดิจิตอลโดยทั่วไปแล้วจะนำมาเปลี่ยนเป็นรหัส (Code) ที่เหมาะแก่การส่งก่อนแล้วจึงส่งออกไปเช่นเดียวกับการส่งสัญญาณแบบแอนะล็อก นั่นคือก่อนที่จะทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณแอนะล็อกให้เป็นสัญญาณแสงนั้น จะทำการผสมสัญญาณขั้นแรกกับแหล่งกำเนิดแสงก่อน ทั้งนี้ก็เพราะว่าแสงเอาต์พุตของอุปกรณ์กำเนิดแสงนั้นไม่เป็นสัดส่วนกับระดับสัญญาณไฟฟ้าอินพุตเสมอไป ซึ่งทำให้เกิดความยุ่งยากในการรักษาคุณสมบัติของการส่งเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวจึงต้องทำการผสมสัญญาณเบื้องต้นก่อน การเลือกระบบการส่งสัญญาณทั้ง 2 ชนิดนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของการใช้งาน การเลือกระบบการส่งแบบแอนะล็อกมักใช้กับการส่งสัญญาณภาพในข่ายสาย (Networks) หรือ เคเบิลทีวี แต่ในอนาคตระบบการส่งแบบดิจิตอลที่มีคุณสมบัติดีกว่าจะเข้ามามีบทบาทสำคัญในทุก ๆ ด้าน

1.4.18 การทำมัลติเพลกซ์

การสื่อสารนั้นถ้าสามารถส่งข่าวได้มากเท่าใดก็จะเป็นการประหยัด ระบบสื่อสารใยแก้วนำแสงก็เช่นเดียวกันต้องมีการทำมัลติเพลกซ์ (Multiplex) เหมือนกับระบบการสื่อสารใช้สายที่เป็นโลหะเช่นเดียวกัน การมัลติเพลกซ์ทางแสงสามารถแบ่งได้เป็น 4 ประเภท คือ

1. การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งระยะทาง (Space Division Multiplexing) เป็นระบบที่ใช้กับการสื่อสารใยแก้วนำแสงที่มีการส่งสัญญาณจำนวนมาก โดยก่อนส่งไปนั้นจะถูกทำการมัลติเพลกซ์ในขั้นตอนของการแปลงเป็นสัญญาณแสงเป็นไฟฟ้าก่อนการส่งสัญญาณ
2. การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งความถี่ (frequency Division Multioplexing) เป็นระบบที่ใช้กับการสื่อสารใยแก้วนำแสงที่มีการส่งสัญญาณจำนวนมาก โดยก่อนส่งไปนั้นจะถูกทำการมัลติเพลกซ์ในขั้นตอนการแปลงเป็นสัญญาณแสงเป็นไฟฟ้าก่อนการส่งสัญญาณ

3. การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งเวลา (Time Divison Multiplexing) มีหลักการเช่นเดียวกันกับการมัลติเพลกซ์แบบแบ่งความถี่ซึ่งเป็นวิธีการที่ใช้สำหรับการส่งสัญญาณแบบดิจิตอล

4. การมัลติเพลกซ์แบบแบ่งความยาวคลื่น (Wavelength Division Multiplexing) เป็นวิธีการส่งสัญญาณแสงที่มีความยาวคลื่นต่างกันจำนวนมากในใยแก้วนำแสงหนึ่งเส้น ข้อดีคือสัญญาณไฟฟ้าที่ส่งไปกับความยาวคลื่นแต่ละความยาวคลื่นไม่ว่าจะเป็นแบบแอนะล็อกหรือดิจิตอลสามารถเปลี่ยนแปลงได้โดยง่าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.4.19 อุปกรณ์แหล่งกำเนิดแสง

แหล่งกำเนิดแสงที่นิยมใช้ปัจจุบันคือไดโอดแปล่งแสงชนิดสารกึ่งตัวนำและไดโอดเลเซอร์ เพราะไดโอดเหล่านี้เปล่งแสงที่ความยาวคลื่นยาว 0.8-0.9 และ 1.3-1.6 ไมครอน ซึ่งตรงกับย่านที่ใยแก้วนำแสงมีค่าสูญเสียต่ำและสามารถควบคุมกำลังขาออกได้อย่างรวดเร็วโดยการปรับค่ากระแสไบแอส (Bias Current) จึงง่ายต่อการผสมสัญญาณ อีกทั้งอายุการใช้งานมากกว่าหนึ่งล้านชั่วโมง ความแตกต่างที่สำคัญระหว่าง LED และ LD คือ LD มีมุมมองการเปล่งแสงที่แคบกว่าแต่มีความกว้างของสเปกตรัมมากกว่า (Spectrum Width) จึงนิยมใช้กับการส่งสัญญาณแบบโคฮีเรนท์ (Coherent Transmission) นอกจากนี้ยังเปล่งแสงเมื่อมีการต่อกระแสขับดัน (Drive Current) ได้เร็วกว่า แต่เนื่องจาก LD เป็นอุปกรณ์แทรชส์โฮลด์ (Threshold Device) การเปล่งแสงจึงไม่คงที่และเป็นสัดส่วนโดยตรงกับกระแส จึงต้องมีวงจรควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback) เพื่อทำให้กำลังขาออกของเลเซอร์คงที่

อุปกรณ์รับแสง

อุปกรณ์รับแสงที่นิยมใช้เป็นประเภทสารกึ่งตัวนำซึ่งแบ่งออกเป็นพวกใหญ่ ๆ ได้ 2 ประเภท ตามปริมาณแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้จากภายนอกคือ

1. โฟโตไดโอด (Photodiode, PD) เป็นพวกที่ได้รักการป้อนแรงดันไฟฟ้าปริมาณน้อย ตัวอย่าง เช่น PIN-PD เป็นต้น

2. อะวาลานซ์โฟโตไดโอด (Avalanche Photodiode, APD) เป็นพวกที่ได้รับการป้อนแรงดันไฟฟ้าปริมาณมาก การเลือกใช้อุปกรณ์รับแสง PIN หรือ APD นั้น ตามปกติจะขึ้นอยู่กับราคาและความไวของเครื่องรับที่ต้องการ (Receiver Sensitivity) กระบวนการอะวาลานซ์ใน APD มีแทรชส์โฮลด์ ซึ่งทำให้มีราคาแพงกว่า PIN เนื่องจาก APD มีการขยายกำลังได้สูงจึงจะทำให้ความไวของเครื่องรับได้ถึงประมาณ –15 dB ซึ่งมากกว่าของ PIN ไดโอด นอกจากนี้ยังต้องพิจารณาถึงระดับสัญญาณรับต่ำสุดที่จะรับได้ด้วย

จากการเรียนรู้ส่วนประกอบต่างๆ ของระบบสื่อสารเชิงแสงแล้วถ้านำมาประกอบกันเป็นระบบก็สามารถทำให้เป็นระบบสื่อสารกันได้ การติดต่อสื่อสารทั่วไปนั้นมีการเชื่อมโยงกันได้ด้วยวิธีต่างๆ กันไม่ว่าจะเป็นแบบจุดต่อจุด (Point-to-Point) แบบหลายจุด (Multipoint) หรือ แบบเครือข่าย (Networks) โดยผ่านตัวกลางสื่อสารด้วยวิธีการต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นแบบซิมเพลกซ์ (Simplex) ครึ่งดูเพลกซ์ (Half Duplex) หรือ ดูเพลกซ์เต็ม (Full Duplex) เป็นต้น การใช้งานของระบบสื่อสารนั้นจำเป็นต้องใช้ข้อตกลงต่างๆ ร่วมกัน ทางด้านระบบการส่งข้อมูลให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน หรือเรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรโตคอล (Protocol) จึงจะทำให้สามารถติดต่อสื่อสารกันได้ทั่วโลก เช่นการใช้ระบบ ISDN (Intergrated Service Digital Networks) เป็นต้น

1.5 ระบบสื่อสารทางแสง

1.5.1 ระบบพื้นฐาน

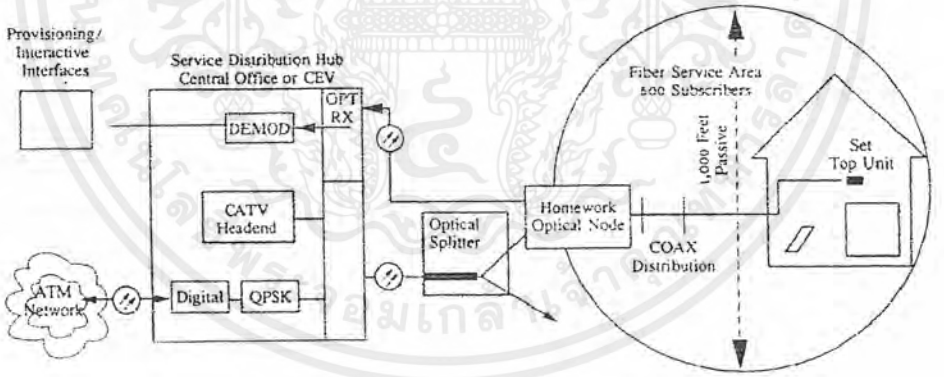
พิจารณาระบบพื้นฐานทางแสงหรือใยแก้วนำแสงดังแสดงในรูปที่ 1.10 ซึ่งเป็นระบบที่ใช้ได้ทั้งกับการสื่อสารแอนะล็อกและดิจิตอล โดยเริ่มพิจารณาจากหลักการและองค์ประกอบเบื้องต้นเป็นลำดับไป คือ

1.5.2 เครื่องส่ง (Transmitter)

เครื่องส่งจะทำหน้าที่ส่งสัญญาณที่ได้ถูกมอดูเลตและขยายแล้วโดยการเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าไปเป็นสัญญาณแสง ชุดเครื่องส่งนี้จะมีส่วนประกอบหลักคือ แหล่งกำเนิดแสง และวงจรขับที่สามารถทำการขยายและมอดูเลตสัญญาณได้

1.5.3 เครื่องรับ (Receiver)

เครื่องรับจะทำหน้าที่รับสัญญาณแสงแล้วเปลี่ยนเป็นไฟฟ้า โดยเครื่องรับประกอบด้วยอุปกรณ์รับแสงและขยายกำลัง ในกรณีที่เครื่องรับสัญญาณทำหน้าที่ขยายกำลังแสงเพื่อส่งต่อไปจะเรียกว่าอุปกรณ์ทวนสัญญาณ (Repeater) ซึ่งประกอบด้วยแหล่งกำเนิดแสงใหม่ด้วย โดยทั่วไปจะใช้ APD หรือพินโฟโตไดโอดเป็นอุปกรณ์เพื่อประกอบเป็นเครื่องรับสัญญาณ



รูปที่ 1.10 แสดงตัวอย่างของระบบสื่อสารใยแก้วนำแสง

สัญญาณแสงที่เดินทางไปในเส้นใยแก้วนำแสง จะมีการสูญเสียสัญญาณไปกับระยะทางหรือความยาวของใยแก้วนำแสง ดังนั้นเมื่อถึงระยะหนึ่งสัญญาณอาจต่ำมากจนไม่สามารถนำไปใช้งานได้ จึงจำเป็นต้องมีการทวนสัญญาณซึ่งไดอะแกรมของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

1.5.4 ใยแก้วนำแสง และการเชื่อมต่อ

ส่วนนี้จะทำหน้าที่ให้การสื่อสารนั้นประกอบเป็นระบบได้ เพราะทำให้สามารถติดต่อได้ในระยะทางไกลและเป็นจำนวนมากอีกด้วยในส่วนของรายละเอียดอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นเทคนิคการมอดูเลชัน ดีมอดูเลชันการเข้าและถอดรหัสนั้นได้กล่าวมาแล้วในบทก่อน ๆ

การคัปปลิงแสงเข้าใยแก้วนำแสง กำลังของแสงที่สูญเสียจากการคัปปลิงจากแหล่งกำเนิดแสงสู่ใยแก้วนำแสงซึ่งมีสาเหตุหนึ่งจากการที่ NA ของใยแก้วนั้นไม่สัมพันธ์กับพื้นที่ของแหล่งกำเนิดแสง โดยปกติแล้วพื้นที่ปล่อยแสงของแหล่งกำเนิดแสงนั้นต้องเล็กกว่าแกนของใยแก้วนำแสง การสูญเสียกำลังนี้สามารถแทนได้ด้วยสมการ

$$Loss_{area} = 10 \text{ Log} \left[\frac{A_c}{A_s} \right]$$

สำหรับใยแก้วนำแสงแกนวงกลมสมการเปลี่ยนเป็น

$$Loss_{area} = 10 \text{ Log} \left[\frac{D_c}{D_s} \right]^2$$

$$= 20 \text{ Log} \left[\frac{D_c}{D_s} \right]$$

เมื่อกำหนดให้ AC คือพื้นที่ของแกนใยแก้วนำแสง AS คือพื้นที่แอกทีฟของแหล่งกำเนิดแสง DC คือเส้นผ่านศูนย์กลางของ DS คือเส้นผ่านศูนย์กลางของแหล่งกำเนิดแสง และสมการ ข้างล่างจะใช้ได้เมื่อ AC < AS หน่วยของการสูญเสียนั้นเป็นเดซิเบล (dB) ถ้าเขียนความสัมพันธ์ของการสูญเสียในเทอมของ NA จะสามารถเขียนได้เป็น

$$Loss_{NA} = 20 \text{ Log (NA)}$$

เมื่อกำหนดให้ $(NA) = \sqrt{(Pc / Pts)}$

โดย PC คือกำลังของแสงที่คัปปลิงสู่ใยแก้วนำแสง Pts คือกำลังส่งออกทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

42178

1.5.5 การมอดูเลชัน การมัลติเพลกซ์ และการเข้ารหัส

การมอดูเลชันแบบต่างๆ นั้น รวมไปถึงเรื่องของมัลติเพลกซ์ และการเข้ารหัสด้วย ซึ่งจะเห็นว่าเทคนิคต่าง ๆ นั้นจะเกิดจากการทำงานของส่วนที่อยู่ในชุดอุปกรณ์รับและส่งสัญญาณที่เป็นวิธีการที่กระทำเป็นสัญญาณไฟฟ้า นอกจากการมัลติเพลกซ์ทางแสงที่เรียกว่า WDM เท่านั้นที่สามารถนำรวมเข้าไปกับสัญญาณแสงได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่2

ทฤษฎีการคำนวณเพาเวอร์บัตเจ็ต

2.1 เพาเวอร์บัตเจ็ต

Power budget คือ ค่าสูญเสียกำลังทั้งหมดของแสงที่ยอมได้ระหว่างแหล่งกำเนิดแสงและเครื่องตรวจจับแสง ถ้าให้ P_S คือ กำลังของแสงที่ป้อนให้กับระบบ และ P_R คือ ความไวของเครื่องรับ Power budget จะเท่ากับ $P_S - P_R$

ในการออกแบบระบบนั้นจำเป็นจะต้องมีค่ากำลังเผื่อของระบบ (Power margin) ซึ่งจะเท่ากับผลต่างระหว่าง Power budget และค่าสูญเสียในระบบ ค่า Power margin ควรมีค่าเป็นบวก ค่าสูญเสียในระบบนั้นจะเกิดจากค่าสูญเสียที่ข้อต่อ ค่าสูญเสียที่เกิดจากการต่อเส้นใยแก้วและค่าสูญเสียเนื่องจากการลดทอนกำลังเป็นต้น

ในการออกแบบระบบสื่อสารที่ใช้เส้นใยแก้วนำแสงเป็นตัวกลางนั้น จะต้องคำนึงถึงข้อจำกัดของส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

1. เส้นใยแก้วนำแสงต้องคำนึงถึง
   - การลดทอนกำลัง
   - คุณสมบัติของการกระจาย (dispersion)
   - แถบความถี่
2. เครื่องส่ง
   - กำลังขาออกสูงสุด
   - ความกว้างของสเปคตรัล
   - การตอบสนองต่อความถี่
   - ความเป็นเชิงเส้น
3. เครื่องรับ
   - สัญญาณรบกวน (S/N)
   - การตอบสนองต่อสเปคตรัล
   - การตอบสนองต่อความถี่
   - ความไว
   - ความเป็นเชิงเส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างที่2.1 ในระบบสื่อสารที่ใช้เส้นใยแก้วเป็นระยะทาง 100 กม. ความยาวคลื่นที่ใช้คือ 1550 nm. และเส้นใยแก้วมีการลดทอนกำลังเท่ากับ 0.25 db / km มีรอยต่อของเส้นใยแก้ว 50 จุด แต่ละจุดมีการสูญเสีย 0.1 dB และมีข้อต่อ 2 อัน แต่ละข้อต่อมีค่าสูญเสีย 1 dB แหล่งกำเนิดแสงเป็นไดโอดเลเซอร์ที่มีกำลัง 5 dB_m และในการส่องแสงเข้าสู่เส้นใยแก้วมีค่าสูญเสีย 3 dB ทางด้านรับใช้ A.P.D. ที่มีความไว –40 dB_m สำหรับ digital signal ที่มี error rate เท่ากับ 10^{-9} จงคำนวณหาค่า Power margin

กำลังจากไดโอดเลเซอร์	5 dBm
ค่าสูญเสียในการส่องแสงเข้าเส้นใยแก้ว	3 dB
ค่าสูญเสียในข้อต่อ	2 dB
ค่าสูญเสียในรอยต่อ	5 dB
ค่าลดทอนกำลังของเส้นใยแก้ว	25 dB
ค่าสูญเสียทั้งหมด	35 dB

ดังนั้นกำลังที่ receiver ได้รับ (5-35) -30 dBm

APD มีความไว -40 dBm

$\therefore$ Power margin (40-30) 10 dB

ถ้าแทน APD ด้วย PIN photo diode และมีความไวเท่ากับ –32 dBm จะทำให้ได้

Power margin = 32 – 30

= 2 dB

2.2 แบนวิดท์บัตเจ็ต

ในการออกแบบนั้น Bandwidth ของระบบจะต้องมีความกว้างพอที่จะรองรับ Bandwidth ของข่าวสารหรือข้อมูลที่ส่งผ่านระบบ Bandwidth ของระบบหมายถึง Bandwidth รวมของเครื่องส่ง เส้นใยแก้วนำแสงและเครื่องรับ

ในการคำนวณ Bandwidth ของระบบนั้นจะคำนวณเป็นค่า rise time ซึ่งจะได้ว่า

$$f_{3-db} = \frac{0.35}{t_s}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ t_S คือ rise time ของระบบ และ t_S จะมีความสัมพันธ์กับ rise time ของ light source t_{LS} rise time ของเส้นใยแก้ว t_F และ rise time ของ photo diode t_{PD} ดังนี้

$$t^2_S = t^2_{LS} + t^2_F + t^2_{PD}$$

f_{3dB} ในสมการข้างต้นจะเป็นความถี่ที่ทำให้กำลังไฟฟ้าลดเป็นครึ่งหนึ่ง แต่ในการคำนวณ Bandwidth ของเส้นใยแก้วนั้นจะใช้ความถี่ที่ทำให้กำลังแสงลดลงเป็นครึ่งหนึ่ง จึงจำเป็นต้องเปลี่ยน Bandwidth ของเส้นใยแก้วให้อ้างอิงกันกับกำลังไฟฟ้า เนื่องจาก

$$P_{opt} \alpha I$$

$$P_{Elect} \alpha I^2$$

$$P_{Elect} \alpha P^2_{opt}$$

$$dB_{Elect} = 2\, dB_{opt}$$

$$dB_{opt} = 0.5\, dB_{Elect}$$

จากสมการข้างบนแสดงให้เห็นว่าในขณะที่สัญญาณไฟฟ้าลดลง 3dB สัญญาณแสงจะลดลง 1.5 dB และเราสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่าง f_{3-dB} (electrical) และ f_{3dB} (Optic) ได้ดังนี้

$$f_{3\,dB}\text{ (electrical)} = 0.71\, f_{3dB}\text{ (Optic)}$$

ตารางที่2.1 คุณสมบัติของสายไฟเบอร์ออปติก

Description	Core Diameter (μm)	NA	Loss (dB/km)	$\Delta(\tau/L)$ (ns/km)	$f_{3-dB} \times L$ (MHz x km)	Source	Wavelength (nm)
Multimode							
Glass							
SI	50	0.24	5	15	33	LED	850
GRIN	50	0.24	5	1	500	LD	850
GRIN	50	0.20	1	0.5	1000	LED,LD	1300
PCS							
SI	200	0.41	8	50	10	LED	800
Plastic							
SI	1000	0.48	200	-	-	LED	580
Single Mode							
Glass	5	0.10	4	< 0.5	> 1000	LD	850

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Glass	10	0.10	0.5	0.006	83000	LD	1300
Glass	10	0.10	0.2	0.006	83000	LD	1550

rise time ของ ligth source ขึ้นอยู่กับชนิดของแหล่งกำเนิดแสง เช่น เป็น LED หรือ Laser diode ซึ่งในตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างคุณสมบัติของแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ

rise time ของ Photo diode ขึ้นอยู่กับชนิดของ Photo diode และวงจร ตารางที่ 3 แสดงตัวอย่างคุณสมบัติของ photo diode ชนิดต่างๆ

ตารางที่2.2 คุณสมบัติแหล่งกำเนิดแสง

Property	LED	Laser Diode	Single-Mode LaserDiode
Spectral width (nm)	20-100	1-5	< 0.2
Rise time (ns)	2-250	0.1-1	0.05 – 1
Modulation bandwidth (MHz)	< 300	2000	6000
Coupling efficiency	very low	Moderate	High
Compatible fiber	Multimode SI[h] Multimode GRIN	Multimode GRIN Single mode	Single mode
Temperature sensitivity	Low	High	High
Circuit Complexity	Simple	Complex	Complex
Lifetime (hours)	10^5	10^4-10^5	10^4-10^5
Costs	Low	High	Highest
Primary use	Moderate paths Modeurate data rates	Long Paths High data rates	Very long paths Very high rates

ตารางที่2.3 คุณสมบัติโฟโต้ไดโอด

Material	Structure	Rise Time (ns)	Wavelength (nm)	Responsivity (A/W)	Dark Current (na)	Gain
Silicon	PIN	0.5	300-1100	0.5	1	1
Germanium	PIN	0.1	500-1800	0.7	200	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

InGaAs	PIN	0.3	1000-1700	0.6	10	1
Silicon	APD	0.5	400-1000	77	15	150
Germanium	APD	1	100-1600	30	700	50

rise time ของเส้นใยแก้วขึ้นอยู่กับ Dispersion ของเส้นใยแก้วโดยที่

$$t_F^2 = t_{mod}^2 + t_{dis}^2$$

t_{mod} = rise time ของเส้นใยแก้วเนื่องจาก modal dispersion ซึ่งสามารถหาจาก Optic Bandwidth

t_{dis} = rise time ที่เกิดจาก Material Dispersion และ Waveguide dispersion โดยที่

t_{dis} = $-(M + M')\,\Delta\lambda$

ในกรณีที่สัญญาณข้อมูลหรือข่าวสารเป็นสัญญาณดิจิตอลเราสามารถหา bandwidth ได้จากการพิจารณาว่ารูปร่างของสัญญาณดิจิตอลเป็นแบบ NRZ (Non – return – to – Zero) หรือเป็นแบบ RZ (Return- to-Zero) โดยที่

$$f_{3dB}\ (\text{electrical}) = \frac{R_{NRZ}}{2}$$

และ $f_{3dB} = R_{RZ}$

เมื่อ R_{NRZ} และ R_{RZ} เป็น bit rate ของข้อมูลที่เป็นแบบ NRZ และ RZ ตามลำดับ

<u>ตัวอย่างที่2.2</u> ถ้าต้องการส่งสัญญาณที่มี bandwidth 6MHz ผ่านเส้นใยแก้วนำแสงชนิด multi – mode จงคำนวณหาระยะทางที่สามารถส่งสัญญาณนี้ไปได้ไกลที่สุดกี่กิโลเมตร โดยกำหนดให้

1. Light source เป็น LED มีกำลัง 1 mW ที่ความยาวคลื่น 850 nm มี rise time = 12 ns สเปคตรัลกว้าง 35 nm และมีรัศมีของบริเวณที่แปล่งแสง น้อยกว่า 25 μm

2. เส้นใยแก้ว multimode ชนิด SI มี NA = 0.24 Optic bandwidth f_{3dB} x L = 33MHz x km มี loss เท่ากับ 5 dB/km และแกนกลางมีรัศมี 50 μm

3. เส้นใยแก้ว multimode ชนิด GRIN มี NA = 0.24 Optic bandwidth f_{3dB} x L = 500MHz x km มี loss เท่ากับ 5 dB/km และแกนกลางมีรัศมี 50 μm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. Receiver ต้องการกำลังของแสง –22.2 dBm และวงจรที่ใช้เป็นวงจรในหัวข้อ 5.1 โดยมี $C_D = 5$ pF และ $R_L = 5.1$ KΩ

5. มี Loss ในการส่องแสงไปยังเส้นใยแก้ว 12.6 dB สำหรับ SI Fibre และ 15.6 dB สำหรับ GRIN Fibre

1. มี Connector 2 ตัวที่ปลายทั้งสองให้ connector แต่ละตัวมี loss 1dB

Power Budget

กำลังจาก LED (1mw) 0 dBm

ค่าสูญเสียในการส่องแสงเข้าเส้นใยแก้ว 12.6 dB / 15.6 dB

ค่าสูญเสียในข้อต่อ 2 dB

Receiver มีความไว - 22.2 dBm

ดังนั้นจะมีกำลังเหลือเพื่อสูญเสียในเส้นใยแก้ว

= 22.2 - 12.6 - 2 = 7.6 dB สำหรับ SI Fibre

หรือ = 22.2 - 15.6 – 2 = 4.6 dB สำหรับ GRAIN Fibre

ดังนั้นจะได้ระยะทางของเส้นใยแกวชนิด SI Fibre $= \frac{7.6}{5} = 1.52$ km

หรือระยะทางของเส้นก้วชนิด GRIN Fibre $= \frac{4.6}{5} = 0.92$ km

Bandwidth budget

System budget, $t_S = \frac{0.35}{f_{3db}} = \frac{0.35}{6\ \text{MHz}} = 58.3$ ns

rise time ของ Light source = 12 ns

rise time ของ Photodiode = $2.19\ R_L C_D$

= 55.8 ns

∴ จะได้ rise time ของFiber $= t_F = \sqrt{t^2_S - t^2_{LS} - t^2_{PD}}$

$= \sqrt{(58.3)^2 - (12)^2 - (55.8)^2}$

= 11.9 ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Rise time ของเส้นใยแก้ว $t_F^2 = t_{mod}^2 + t_{dis}^2$

$$t_{mod} = \frac{0.35}{0.71 \text{ x Optic Bandwidth}}$$

$$t_{dis} = -(M+M')\Delta\lambda$$

ที่ความยาวคลื่น 850 nm ค่า M จะมีค่าน้อยกว่า M มาก ดังนั้นค่า M ตัดทิ้งไปได้ที่ความยาวคลื่นนี้

$$\therefore \quad t_{dis} = -90 \text{ x } 35 = 3.2 \text{ns/km}$$

<u>ในกรณีของเส้นใยแก้วชนิด SI</u>

$$t_{mod} = \frac{0.35}{0.71 \text{ x } 33 \text{ MHz}} = 14.9 \text{ ns/km}$$

$$\therefore t_{F/km} = \sqrt{(14.9)^2 + (3.2)^2}$$

$$= 15.23 \text{ ns/km}$$

$$\text{เส้นใยแก้วจะยาวไม่เกน} = \frac{11.9}{15.23} = 781 \text{ m.}$$

<u>ในกรณีเส้นใยแก้วชนิด GRIN</u>

$$t_{mod} = \frac{0.35}{0.71 \text{ x } 500 \text{ MHz}} = 0.98 \text{ ns/km}$$

$$\therefore t_{F/km} = \sqrt{(0.98)^2 + (3.2)^2}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$= 3.34$ ns/Km

$$\text{เส้นใยแก้วจะยาวไม่เกน} = \frac{11.9}{3.34} = 3.56 \text{ km}$$

<u>ตัวอย่างที่2.3</u> ในตัวอย่างหน้าที่ 2 ถ้าข้อมูลที่ส่งในระบบเป็นสัญญาณดิจิตอล ชนิด NRZ มีความเร็ว 400Mbps ถ้าใช้เส้นใยแก้วชนิด Single mode ที่ความยาวคลื่น 1550 nm ใช้ Laser diode ที่มี rise time 1ns และความกว้างของสเปคตรัล เท่ากับ 0.15nm ถ้าต้องการให้ออกแบบ Bandwidth เนื่องจากต้องการเผื่อ bandwidth ไว้ 10% จงคำนวณหาว่า Rise time ของตัวรับควรมีค่าเท่าไร

$$f_{3dB} \text{ ของสัญญาณ NRZ} = \frac{R_{NRZ}}{2} = \frac{400 \text{ MBps}}{2} = 200 \text{ MHz}$$

เนื่องจากต้องการเผื่อ Bandwidth ไว้ 10 %

f_{3dB} ของระบบ = 1.10 x 200 MHz = 220 MHz

$$\text{ดังนั้น rise time ของระบบ} = \frac{0.35}{220 \text{ MHz}} = 1.59 \text{ ns}$$

rise time ของ light source = t_{LS} = 1 ns

rise time ของเส้นใยแก้ว $t_F = \sqrt{t^2_{mod} + t^2_{dis}}$

t_{mod} ของเส้นใยแก้วชนิด Single mode มีค่าน้อยมาก สามารถตัดทิ้งไปได้

$t_{dis} = -(M+M')\Delta\lambda$

ที่ความยาวคลื่น 1550 nm M = - 20 ps / nm x km และ M′ = 4.5 ps / nm x km

$\therefore$ $t_{dis} = -(-20+4.5)\ 0.15 \times 100 \text{ km} = 0.23$ ns

$t_f = 0.23$ns

$$\text{ดังนั้น } t_{PD} = \sqrt{t^2_S + t^2_F + t^2_{LS}}$$

$$= \sqrt{(1.59)^2 - (.23)^2 - (1)^2}$$

$= 1.21$ ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การพัฒนาโปรแกรม

3.1 ขั้นตอนที่1 ศึกษาโปรแกรมเก่า

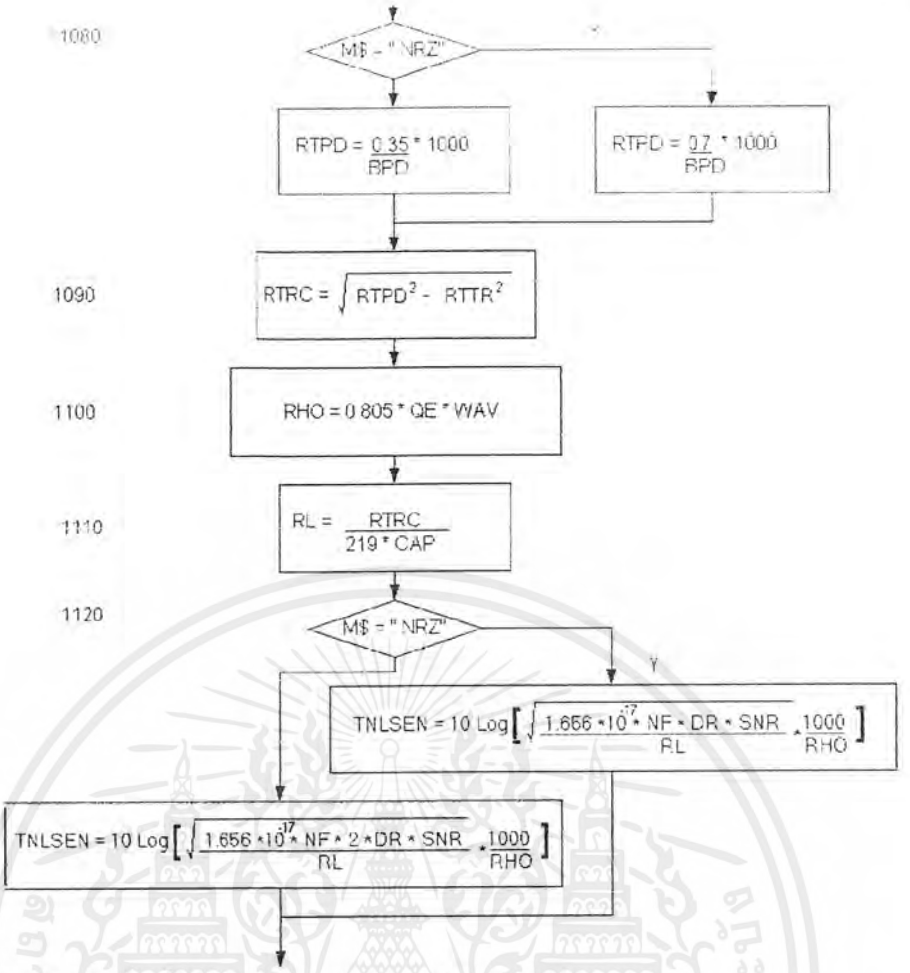
```
1080 IF MS="NRZ" THEN RTPD = (.7/BPD)*1000 ELSE RTPD = (.35/BPD)*1000
1090 RTRC = SQR(RTPD*RTPD - RTTR*RTTR)
1100 RHO = .805*QE*WAV
1110 RL = RTRC/(2.19*CAP)
1120 IF M$ = "NRZ" THEN TNLSEN = 10*LOG(SQR(1.656E-
7*NF*DR*SNR/RL)*1000/RHO)/LOG(10) ELSE
 TNLSEN = 10*LOG(SQR(1.656E-17*NF*2*DR*SNR/RL)*1000/RHO)/LOG(10)
```

รูปที่3.1 ตัวอย่างโปรแกรมเก่าที่ต้องการพัฒนา

จากโปรแกรมข้างบนเป็นตัวอย่างที่ยกมาอธิบายจากโปรแกรมเก่าทั้งหมด ซึ่งเป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นด้วยภาษาเบสิก ซึ่งทำงานบนระบบปฏิบัติการดอส มีรูปแบบการทำงานและการคำนวณโปรแกรมแบบทีละบรรทัดโดยจะมีการเพิ่มค่าของบรรทัดครั้งละสิบ จากสิบเป็นยี่สิบไปเรื่อยๆ

โดยเบื้องต้นผู้พัฒนาโปรแกรมจำเป็นที่จะต้องอาศัยพื้นฐานความรู้เดิมด้านโปรแกรมภาษาเบสิก เช่นความหมายของฟังก์ชั่นต่างๆ ว่าหมายความถึงอะไร และมีความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่างๆอย่างไร ตลอดจนถึงความสามารถในการตีความหมายขณะโปรแกรมแสดงผลได้ว่าโปรแกรมจะแสดงผลอย่างไรและ สามารถที่จะรู้สมการต่างๆที่ใช้ในโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่3.2 โฟลชาร์ทที่ได้จากการตีความหมายโปรแกรมเก่า

3.2 ขั้นตอนที่2 เขียนโฟลชาร์ท

จากหัวข้อย่อยที่ 3.1 เราสามารถนำความหมายของโปรแกรมดังกล่าวมาเขียนเป็นโฟลชาร์ทขึ้น เพื่อจะเป็นการรวมจุดความคิดให้ชัดเจน สะดวกต่อการที่จะเข้าใจได้ทันที เมื่อได้ดู โฟลชาร์ท เพราะโดยปรกติแล้วการทำความเข้าใจโดยดูจากโฟลชาร์ทจะรวดเร็วกว่าการจะไปอ่านโปรแกรมมาก ซึ่งการตีความหมายจากโปรแกรม ก็ยังขาดความสม่ำเสมอของความหมายเดิม จากที่เคยคิดได้ในครั้งก่อนเราสามารถ

ในที่นี้ขอยกตัวอย่างการแสดงความเข้าใจในโฟลชาร์ท ออกมาเป็นคำพูดจากโปรแกรมในบรรทัดข้างบนเช่น " ถ้า M$ = NRZ แล้ว RTPD จะเท่ากับ (0.7 x 1000)/BPD ถ้าไม่ใช่เช่นนั้นแล้ว RTPD จะเท่ากับ (0.35 x 1000) / BPD เป็นต้น ในส่วนโฟลชาร์ททั้งหมดที่ผู้พัฒนาได้เขียนขึ้นอยู่ในส่วนภาคผนวก ค.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 ขั้นตอนที่3 แจกแจงสมการที่ใช้

จากการศึกษาโฟลชาร์ทที่เราได้นำมาจากการแปลความหมายของโปรแกรมเดิมแล้ว เราก็จะทำการเรียบเรียงสมการการคำนวณที่ใช้ในโปรแกรมทั้งหมดให้มาอยู่รวมกัน ตัวแปรของสมการที่นำมาเรียบเรียงนั้นแท้ที่จริงแล้วก็คือ การนำคำจำกัดความมาย่อให้สั้นลงด้วยอักษรเพียง 3 หรือ 4 ตัว เพื่อให้การเขียนโปรแกรมนั้นสะดวกขึ้น โดยโปรแกรมที่เราทำการพัฒนานั้นจะมีสมการทั้งหมดประมาณ 33 สมการ

เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงความหมายของตัวแปรจึงขอเขียนรูปเต็มของตัวแปรดังนี้

RTSYS	คือ	System Rise Time
DR	คือ	Desired Data Rate
TNLSEEN	คือ	Thermal – Noise – Limited Sensitivity
NF	คือ	Noise Figure of Detector
SNR	คือ	Desired Signal to Noise Ratio
RL	คือ	Optimal Resistive Load
TOTLOSS	คือ	Total Loss in System
TOTLOSSPSR	คือ	Total Loss in System + Source Power (db)
RHO	คือ	Responsitivity
QE	คือ	Quantum Efficiency
WAV	คือ	Source Wavelength
TAUDISP	คือ	Dispersive pulse spread
MD	คือ	Combined Material – Waveguide Dispersion
DW	คือ	Source Linewidth
LF	คือ	Length of Fiber

สมการที่ 1. RTSYS=(0.35/DR)*1000 [IM]

สมการที่ 2. RTSYS=(0.35/DR)*1000 [RZ]

สมการที่ 3. RTSYS=(0.7/DR)*1000 [NRZ]

สมการที่ 4. TNLSEN=10LOG[SQR(1.656*10E-*NF*2*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)] [IM]

สมการที่ 5. TNLSEN=10LOG[SQR(1.656*10E-*NF*2*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)] [RZ]

สมการที่ 6. TNLSEN=10LOG[SQR(1.656*10E-*NF*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)] [NRZ]

สมการที่ 7. RHO=0.805*QE*WAV

สมการที่ 8. QE=RHO/(0.805*WAV)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ 9. TAUDISP=MD*DW*LF*0.001

สมการที่ 10. RF=[(MD*DW*LF*0.001)^2+RSF^2]^0.5

สมการที่ 11. PSR=10Log[P1]

สมการที่ 12. BSR=(0.35/RTSR)*1000 [IM]

สมการที่ 13. BSR=(0.35/RTSR)*1000 [RZ]

สมการที่ 14. BSR=(0.7/RTSR)*1000 [NRZ]

สมการที่ 15. RTSR=(0.35/BSR)*1000 [IM]

สมการที่ 16. RTSR=(0.35/BSR)*1000 [RZ]

สมการที่ 17. RTSR=(0.7/BSR)*1000 [NRZ]

สมการที่ 18. RTACTUAL=SQR(RTSR^2+RTPD^2+RTF^2)

สมการที่ 19. BPD=(0.35/RTPD)*1000 [IM]

สมการที่ 20. BPD=(0.35/RTPD)*1000 [RZ]

สมการที่ 21. BPD=(0.7/RTPD)*1000 [NRZ]

สมการที่ 22. RTPD=(0.35/BPD)*1000 [IM]

สมการที่ 23. RTPD=(0.35/BPD)*1000 [RZ]

สมการที่ 24. RTPD=(0.7/BPD)*1000 [NRZ]

สมการที่ 25. RTRC=SQR(RTPD^2-RTTR^2)

สมการที่ 26. RL=RTRC/(2.19*CAP)

สมการที่ 27. PSEN = -ABS(PSEN)

สมการที่ 28. LMARGIN=(PSR-FL-LOSS1-LOSSC-LOSSS)-(PSEN)

สมการที่ 29. TAUMOD=O [SM]

สมการที่ 30. TAUMOD=(0.35*LF*1000)/(0.71*BW) [MM]

สมการที่ 31. FL=LK*LF

สมการที่ 32. TOTLOSS=-FL-LOSS1-LOSSS-LOSSC

สมการที่ 33. TOTLOSSPSR=TOTLOSS+PSR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 ขั้นตอนที่4 เขียนตารางคุณสมบัติตัวแปร

ตารางที่3.1 ตารางคุณสมบัติตัวแปร

RHO	
Analog Value	0.5
Digital Value	1
Range	1.5<RHO<0.0199
Passive Formula	RHO=0.805*QE*WAV
Active Formula	QE=RHO/(0.805*WAV) TNLSEN=10LOG((SQR(1.656*10E-*NF*2*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)) [IM] TNLSEN=10LOG((SQR(1.656*10E-*NF*2*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)) [RZ] TNLSEN=10LOG((SQR(1.656*10E-*NF*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)) [NRZ]

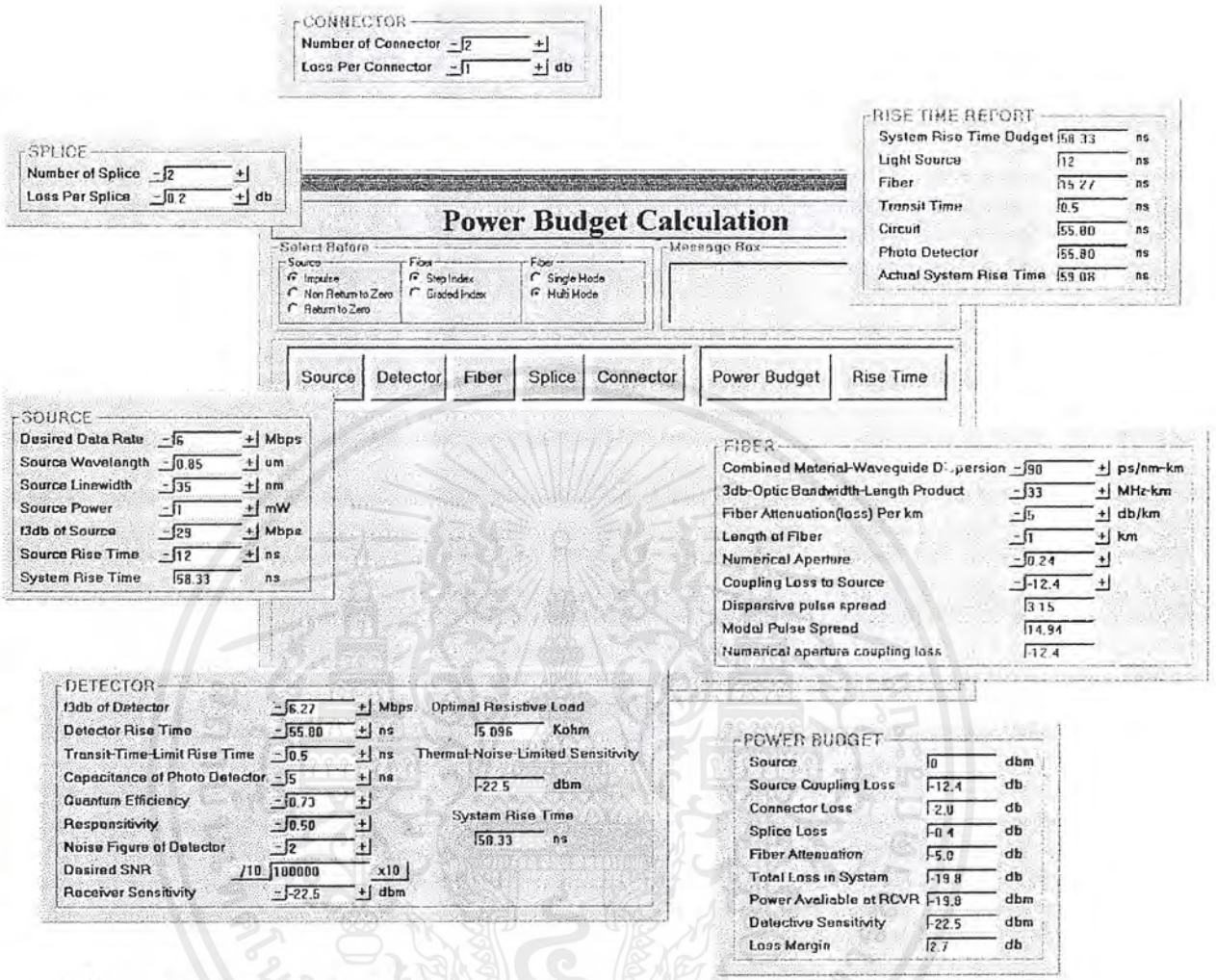
เมื่อเราเขียนโฟลชาร์ทเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว เราก็เริ่มค้นหาหนทางและวิธีที่จะเริ่มพัฒนาโปรแกรมว่าควรจะทำอย่างไร มีวิธีการหนึ่งที่จะช่วยในการที่จะนำไปสู่การเริ่มต้นที่ถูกต้อง คือ ต้องรู้ว่าตัวแปรนั้นสัมพันธ์กับตัวแปรไหนบ้างและมีค่าเริ่มต้นเท่าไร มีย่านการรับค่าอินพุทสูงสุดและต่ำสุดเท่าไร

จากตารางข้างบนเป็นการอธิบายตัวแปรตัวหนึ่งนั่นคือ RHO ซึ่งได้จากการตีความหมายของโปรแกรมเก่าและจากโปรแกรมเก่ามาเป็นโฟลชาร์ท คำที่ใช้อธิบายเป็นภาษาอังกฤษในตารางข้างบนล้วนมีความสำคัญต่อการจะเริ่มพัฒนาโปรแกรมเป็นอย่างยิ่ง

โดย Analog Value เป็นค่าเริ่มต้น (Default Value) เมื่อเราทำการคำนวณในขณะวิเคราะห์สัญญาณอนาล็อก และ Digital Value ก็จะเป็นค่าเริ่มต้น ขณะเราวิเคราะห์สัญญาณดิจิตอล ค่า Range เป็นค่าสูงสุดและต่ำสุดของตัวแปรที่ได้จากการตีความหมายโปรแกรมเก่า Passive Formula หมายความว่า RHO จะเปลี่ยนไปตามสมการใดบ้าง ส่วน Active Formula หมายความว่า RHO จะทำให้ตัวแปรใดเปลี่ยนบ้าง ในที่นี้คือตัวแปร QE และ TNLSEN

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 ขั้นตอนที่5 ออกแบบหน้าต่างโปรแกรมใหม่



รูปที่3.3 หน้าต่างโปรแกรมใหม่ที่ได้จากการออกแบบ

เป็นหน้าต่างที่สร้างขึ้นจากการใช้การ Drag และ Drop ของ Mouse ด้วยโปรแกรม Visual Basic 6.0 จากหน้าต่างที่ได้จากการ Drag และ Drop ข้างบน ผู้พัฒนาเลือกใช้ Control ที่เป็น TextBox , Command Box , Frame Control , Label Control , Optional Button เป็นส่วนประกอบที่ทำให้เกิดหน้าต่างดังรูปโดย หน้าต่างจะแบ่งออกเป็น

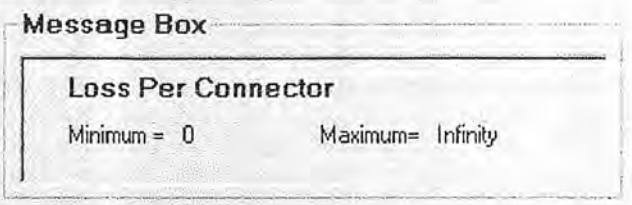
1. หน้าต่างเมนูรวม ที่เขียน "Power Budget Calculation"
2. หน้าต่างส่วนการคำนวณที่จะมี TextBox ไว้คอยรับค่าอินพุท

เมื่อเราออกแบบหน้าต่างทั้งหมดแล้วขั้นตอนต่อไปคือการตั้งชื่อ TextBox ต่างๆ ให้สัมพันธ์กับตัวแปรที่เราได้กำหนดไว้แล้ว เช่นถ้า TextBox ที่รับค่าตัวแปร "DR" เราก็ตั้งชื่อ TextBox นั้นว่า "DR_" เพราะ Visual Basic จะไม่ยอมให้ชื่อของทุกๆตัวแปรรวมทั้ง Object ตรงกันซึ่งเป็นอีกหนึ่งคุณสมบัติที่ดีของ Visual Basic

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 ขั้นตอนที่6 เขียนโปรแกรมให้กับหน้าต่าง

3.6.1 หน้าต่างส่วนแสดงข่าวสาร



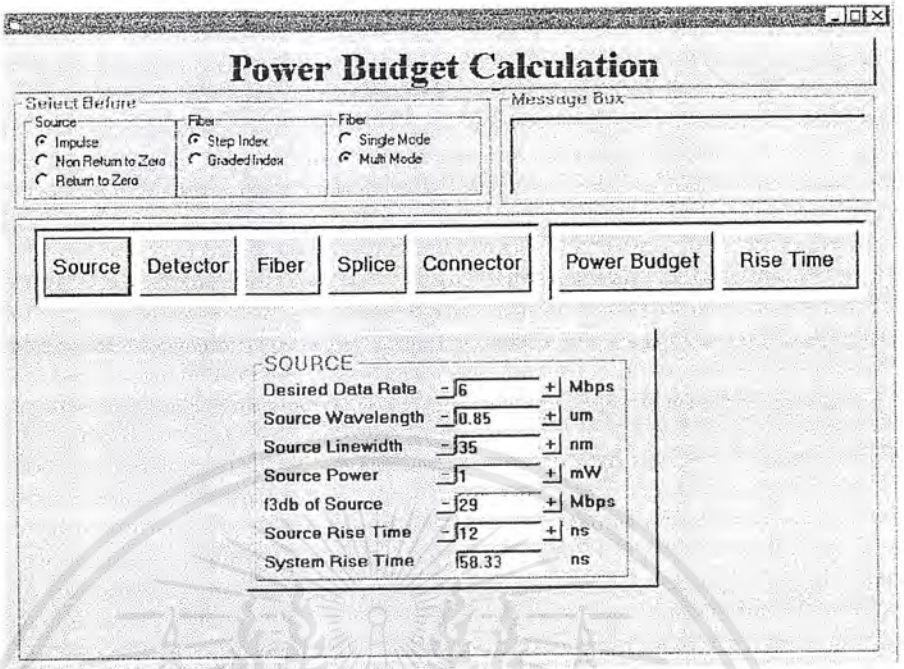
รูปที่3.4 หน้าต่างส่วนแสดงข่าวสาร

หน้าต่างส่วนแสดงข่าวสารมีประโยชน์อย่างมาก ต่อความสะดวกในการใส่ค่าให้กับตัวแปร และเพื่อป้องกันความผิดพลาดในการคำนวณ อย่างเช่นกรณี เศษส่วน หน้าต่างส่วนแสดงข่าวสาร จะสามารถป้องกันไม่ให้ตัวส่วนนั้นมีค่าเท่ากับ ศูนย์ซึ่งในการคำนวณทางโปรแกรมที่นี้ผลการหาร จะเป็นค่า Infinity ไม่ได้ หน้าต่างส่วนแสดงข่าวสารนี้จะบอกว่า ตัวแปรนั้นที่จะใส่คืออะไร และจะบอกค่าสูงสุดต่ำสุดของตัวแปรที่เรากำลังใส่ค่าในขณะที่เรา Click ที่ปุ่มบวกและปุ่มลบ

Private Sub Clear_Message()	จะอยู่ใน Command Box ของทุกๆ Box เพื่อเคลียร์ Message ทุกครั้ง
MESSAGE_.Visible = False	จากข้างบนคำว่า Loss Per Connector จะหายไปด้วย โปรแกรมบรรทัดนี้
MIN_.Visible = False	จากข้างบน "0" จะหายไป
MAX_.Visible = False	จากข้างบน "Infinity" จะหายไป
MINT.Visible = False	จากข้างบน "Minimum" จะหายไป
MAXT.Visible = False	จากข้างบน "Maximum" จะหายไป
End Sub	
Private Sub Set_Message()	จะอยู่ในปุ่ม + และของทุกๆเฟรมเพื่ออนุญาตให้แสดงผล
MINT.Visible = True	จากข้างบนอนุญาตให้ "Minimum" ปรากฏ
MAXT.Visible = True	จากข้างบนอนุญาตให้ "Maximum" ปรากฏ
MESSAGE_.Visible = True	จากข้างบนอนุญาตให้ Loss per Connector ปรากฏ
MIN_.Visible = True	จากข้างบนอนุญาตให้ค่า ตำแหน่ง "0" ปรากฏ
MAX_.Visible = True	จากข้างบนอนุญาตให้ค่า ตำแหน่ง "Infinity" ปรากฏ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.2 หน้าต่างส่วนแหล่งกำเนิดแสง



รูปที่3.5 หน้าต่างส่วนแหล่งกำเนิดแสง

หน้าต่างส่วนการป้อนค่าเกี่ยวกับแหล่งกำเนิดแสงนี้จะมีอินพุทให้ป้อนทั้งหมด 6 ค่าซึ่ง เมื่อเราทำการเปลี่ยนแปลงค่าตัวใดตัวหนึ่ง โปรแกรมจะทำการคำนวณผลของการเปลี่ยนแปลงนี้ให้ ทันที โดยการเขียนโปรแกรมให้กับ Object ต่างๆ ของโปรแกรมดังบรรทัดทั้งหลายข้างล่างนี้

```
Private Sub DR__CHANGE()- เปลี่ยน  Desired Data Rate
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
If a = 1 Then RTSYS = (0.35 / DR) * 1000 '[IM] - ค่าRTSYS เปลี่ยนเมื่อเป็น Impulse
If a = 3 Then RTSYS = (0.35 / DR) * 1000 '[RZ] - ค่าRTSYS เปลี่ยนเมื่อเป็น Return to Zero
If a = 2 Then RTSYS = (0.7 / DR) * 1000 '[NRZ] - ค่าRTSYS เปลี่ยนเมื่อเป็น Non Return to Zero
RTSYS_(2).Text = Val(RTSYS) - แสดงผลRTSYSใหม่
RTSYS_(1).Text = Val(RTSYS) - แสดงผลRTSYSใหม่
RTSYS_(0).Text = Val(RTSYS) - แสดงผลRTSYSใหม่
If a = 1 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * 2 * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[IM] - ค่าTNLSEN เปลี่ยนเมื่อเป็น Impulse
If a = 3 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * 2 * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[RZ] - ค่าTNLSEN เปลี่ยนเมื่อเป็น Return to Zero
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

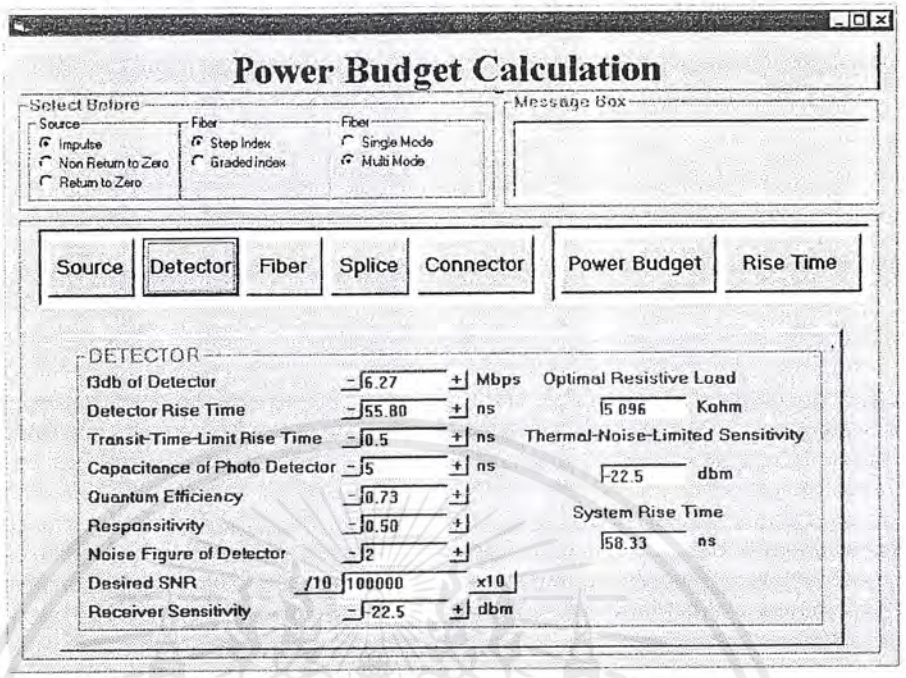
```
If a = 2 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[NRZ] - ค่าTNLSEN เปลี่ยนเมื่อเป็น Non Return to Zero
TNLSEN_.Text = Val(TNLSEN) - แสดงผลTNLSENใหม่
End Sub

Private Sub WAV__Change()- เปลี่ยน Source Wavelength
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
RHO = 0.805 * QE * WAV- ค่า RHO เปลี่ยนตาม WAV
RHO_.Text = Val(RHO) – แสดงผล RHOใหม่
QE = RHO / (0.805 * WAV) - ค่า QE เปลี่ยนตาม WAV
QE_.Text = Val(QE) – แสดงผล QEใหม่
End Sub

Private Sub DW__Change()- เปลี่ยน Source Linewidth
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
TAUDISP = MD * DW * LF * 0.001- ค่า TAUDISP เปลี่ยนตาม DW
TAUDISP_.Text = Val(TAUDISP) – แสดงผล TAUDISP ใหม่
RF = ((MD * DW * LF * 0.001) ^ 2 + RSF ^ 2) ^ 0.5 'RSF=0 , No Have RF TextBox
End Sub

Private Sub P1__Change()- เปลี่ยน Source Power
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
PSR = 10 * (Log(P1) / Log(10)) – ค่า PSR เปลี่ยนตาม P1
PSR_.Text = Val(PSR) – แสดงผล PSR ใหม่
End Sub

Private Sub BSR__Change()- เปลี่ยน f3db of Source
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
If a = 1 Then RTSR = (0.35 / BSR) * 1000 '[IM] – ค่า RTSR เปลี่ยนเมื่อเป็น Impulse
If a = 3 Then RTSR = (0.35 / BSR) * 1000 ' [RZ] – ค่า RTSR เปลี่ยนเมื่อเป็น Return to Zero
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
If a = 2 Then RTSR = (0.7 / BSR) * 1000 '[NRZ] – ค่า RTSR เปลี่ยนเมื่อเป็น Non Return to Zero
RTSR_(0).Text = Val(RTSR) – แสดงผล RTSR ใหม่
End Sub

Private Sub RTSR__Change(Index As Integer) - เปลี่ยน Source Rise Time
RTSR_(1).Text = RTSR_(0).Text- ให้ Array ของตัวแปรมีค่าเท่ากัน
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
If a = 1 Then BSR = (0.35 / RTSR) * 1000 '[IM] – ค่า BSR เปลี่ยนเมื่อเป็น Impulse
If a = 3 Then BSR = (0.35 / RTSR) * 1000 ' [RZ] – ค่า BSR เปลี่ยนเมื่อเป็น Return to Zero
If a = 2 Then BSR = (0.7 / RTSR) * 1000 ' [NRZ] – ค่า BSR เปลี่ยนเมื่อเป็น Non Return to Zero
BSR_.Text = Val(BSR) – แสดงผล BSRใหม่
RTACTUAL = Sqr(RTSR ^ 2 + RTPD ^ 2 + RTF ^ 2) – ค่า RTACTUAL เปลี่ยนตาม RTSR
RTACTUAL_.Text = Val(RTACTUAL) – แสดงผล RTACTUALใหม่
End Sub

Private Sub RTSYS__Change(Index As Integer)
Call Clever_System
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.3 หน้าต่างส่วนตัวตรวจจับแสง



รูปที่3.6 หน้าต่างส่วนตัวตรวจจับแสง

หน้าต่างส่วนการป้อนค่าเกี่ยวกับตัวตรวจจับแสงนี้จะมีอินพุทให้ป้อนทั้งหมด 9 ค่าซึ่ง เมื่อเราทำการเปลี่ยนแปลงค่าตัวใดตัวหนึ่ง โปรแกรมจะทำการคำนวณผลของการเปลี่ยนแปลงนี้ให้ทันที โดยการเขียนโปรแกรมให้กับ Object ต่างๆ ของโปรแกรมดังบรรทัดทั้งหลายข้างล่างนี้

```
Private Sub BPD__Change()- เปลี่ยน f3db of Detector
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
If a = 1 Then RTPD = (0.35 / BPD) * 1000 '[IM] – ค่า RTPD เปลี่ยนเมื่อเป็น Impulse
If a = 3 Then RTPD = (0.35 / BPD) * 1000 '[RZ] – ค่า RTPD เปลี่ยนเมื่อเป็น Return to Zero
If a = 2 Then RTPD = (0.7 / BPD) * 1000 '[NRZ] – ค่า RTPD เปลี่ยนเมื่อเป็น Non Return to Zero
RTPD_(0).Text = Val(RTPD) – แสดงผล RTPD ใหม่
End Sub

Private Sub RTPD__Change(Index As Integer) - เปลี่ยน Detector Rise Time
RTPD_(1).Text = RTPD_(0).Text- ให้ Array ของตัวแปรมีค่าเท่ากัน
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RTRC = Sqr(RTPD ^ 2 - RTTR ^ 2) – ค่า RTRC เปลี่ยนตาม RTPD

RTRC_.Text = Val(RTRC) – แสดงผล RTRCใหม่

RTACTUAL = Sqr(RTSR ^ 2 + RTPD ^ 2 + RTF ^ 2) – ค่า RTACTUAL เปลี่ยนตาม RTPD

RTACTUAL_.Text = Val(RTACTUAL) – แสดงผล RTACTUALใหม่

If a = 1 Then BPD = (0.35 / RTPD) * 1000 ' [IM] – ค่า BPD เปลี่ยนเมื่อเป็น Impulse

If a = 3 Then BPD = (0.35 / RTPD) * 1000 '[RZ] – ค่า BPD เปลี่ยนเมื่อเป็น Return to Zero

If a = 2 Then BPD = (0.7 / RTPD) * 1000 '[NRZ] – ค่า BPD เปลี่ยนเมื่อเป็น Non Return to Zero

BPD_.Text = Val(BPD) – แสดงผล BPDใหม่

End Sub

Private Sub RTTR__Change(Index As Integer) - เปลี่ยน Transit Time Limit Rise Time

RTTR_(1).Text = RTTR_(0).Text- ให้ Array ของตัวแปรมีค่าเท่ากัน

Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่

RTRC = Sqr(RTPD ^ 2 - RTTR ^ 2) – ค่า RTRC เปลี่ยนตาม RTTR

RTRC_.Text = Val(RTRC) – แสดงผล RTRC ใหม่

End Sub

Private Sub CAP__Change()- เปลี่ยน Capacitance of Photo Detector

Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่

RL = RTRC / (2.19 * CAP) – ค่า RL เปลี่ยนตาม CAP

RL_.Text = Val(RL) – แสดงผล RLใหม่

End Sub

Private Sub QE__Change()- เปลี่ยน Quantum Efficiency

Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่

RHO = 0.805 * QE * WAV- ค่า RHO เปลี่ยนตาม QE

RHO_.Text = Val(RHO) – แสดงผล RHOใหม่

End Sub

Private Sub RHO__Change()- เปลี่ยน Responsitivity

Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

QE = RHO / (0.805 * WAV) – ค่า QE เปลี่ยนตาม RHO

QE_.Text = Val(QE) – แสดงผล QE ใหม่

If a = 1 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * 2 * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) / Log(10) '[IM] – ค่า TNLSEN เปลี่ยนเมื่อเป็น Impulse

If a = 3 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * 2 * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) / Log(10) '[RZ] – ค่า TNLSEN เปลี่ยนเมื่อเป็น Return to Zero

If a = 2 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) / Log(10) '[NRZ] – ค่า TNLSEN เปลี่ยนเมื่อเป็น Non Return to Zero

TNLSEN_.Text = Val(TNLSEN) – แสดงผล TNLSEN ใหม่

End Sub

Private Sub NF__Change()- เปลี่ยน Noise Figure of Detector

Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่

If a = 1 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * 2 * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) / Log(10) '[IM] – ค่า TNLSEN เปลี่ยนเมื่อเป็น Impulse

If a = 3 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * 2 * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) / Log(10) '[RZ] – ค่า TNLSEN เปลี่ยนเมื่อเป็น Return to Zero

If a = 2 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) / Log(10) '[NRZ] – ค่า TNLSEN เปลี่ยนเมื่อเป็น Non Return to Zero

TNLSEN_.Text = Val(TNLSEN) – แสดงผล TNLSEN ใหม่

End Sub

Private Sub SNR__Change()- เปลี่ยน Desired SNR

Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่

If a = 1 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * 2 * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) / Log(10) '[IM] – ค่า TNLSEN เปลี่ยนเมื่อเป็น Impulse

If a = 3 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * 2 * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) / Log(10) '[RZ] – ค่า TNLSEN เปลี่ยนเมื่อเป็น Return to Zero

If a = 2 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) / Log(10) '[NRZ] – ค่า TNLSEN เปลี่ยนเมื่อเป็น Non Return to Zero

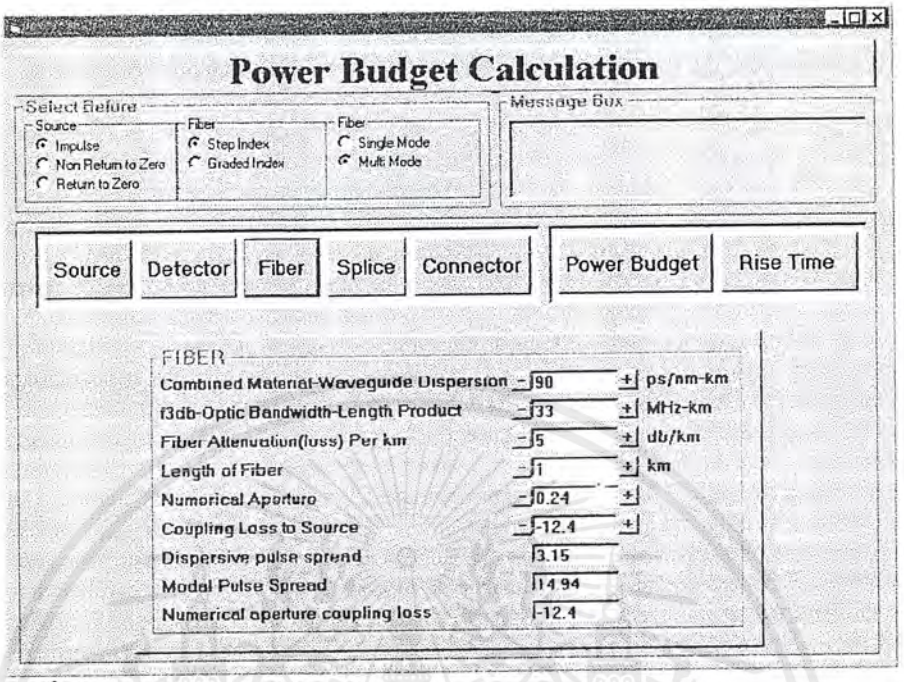
TNLSEN_.Text = Val(TNLSEN) – แสดงผล TNLSEN ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub PSEN__Change(Index As Integer) - เปลี่ยน Receiver Sensitivity
PSEN_(0).Text = PSEN_(1).Text- ให้ Array ของตัวแปรมีค่าเท่ากัน
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
LMARGIN_.Text = Val(PSR_.Text) + Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) +
Val(LOSSC_.Text) + Val(LOSSS_.Text) - Val(PSEN_(1).Text) - แสดงค่า LMARGIN
End Sub

Private Sub RL__Change()- เปลี่ยน Optimal Resistive Load
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
If a = 1 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * 2 * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[IM] – ค่า TNLSEN เปลี่ยนเมื่อเป็น Impulse
If a = 3 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * 2 * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[RZ] – ค่า TNLSEN เปลี่ยนเมื่อเป็น Return to Zero
If a = 2 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[NRZ] – ค่า TNLSEN เปลี่ยนเมื่อเป็น Non Return to Zero
TNLSEN_.Text = Val(TNLSEN) – แสดงผล TNLSEN ใหม่
End Sub

Private Sub TNLSEN__Change()
Call Clever_System
End Sub

Private Sub RTSYS__Change(Index As Integer)
Call Clever_System
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.4 หน้าต่างส่วนเส้นใยแก้วนำแสง



รูปที่3.7 หน้าต่างส่วนเส้นใยแก้วนำแสง

หน้าต่างส่วนการป้อนค่าเกี่ยวกับเส้นใยแก้วนำแสงนี้จะมีอินพุทให้ป้อนทั้งหมด 6 ค่า ซึ่งเมื่อเราทำการเปลี่ยนแปลงค่าตัวใดตัวหนึ่ง โปรแกรมจะทำการคำนวณผลของการเปลี่ยนแปลงนี้ให้ทันที โดยการเขียนโปรแกรมให้กับ Object ต่างๆ ของโปรแกรมดังบรรทัดทั้งหลายข้างล่างนี้

```
Private Sub MD__Change()- เปลี่ยน Combined Material Waveguide Dispersion
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
TAUDISP = MD * DW * LF * 0.001- ค่า TAUDISP เปลี่ยนตาม MD
TAUDISP_.Text = Val(TAUDISP) – แสดงผล TAUDISPใหม่
RF = ((MD * DW * LF * 0.001) ^ 2 + RSF ^ 2) ^ 0.5 'RSF=0 , No Have RF TextBox
End Sub

Private Sub BW__Change()- เปลี่ยน f3db Optic Bandwidth Length Product
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
If B = 1 Then TAUMOD = 0 '[SM] – ค่า TAUMOD เท่ากับศูนย์เมื่อเป็น Single Mode
If B = 2 Then TAUMOD = (0.35 * LF * 1000) / (0.71 * BW) ' [MM] – ค่า TAUMOD
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนเมื่อเป็น Multi Mode

TAUMOD_.Text = Val(TAUMOD) – แสดงผล TAUMODใหม่

End Sub

Private Sub LK__Change()- เปลี่ยน Fiber Attenuation Per Km

Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่

FL = LK * LF- ค่า FL เปลี่ยนตาม LK

FL_.Text = Val(-FL) – แสดงผล FLใหม่

End Sub

Private Sub LF__Change()- เปลี่ยน Length of Fiber

Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่

TAUDISP = MD * DW * LF * 0.001- ค่า TAUDISP เปลี่ยนตาม LF

TAUDISP_.Text = Val(TAUDISP) – แสดงผล TAUDISPใหม่

FL = LK * LF- ค่า FL เปลี่ยนตาม LF

FL_.Text = Val(-FL) – แสดงผล FLใหม่

RF = ((MD * DW * LF * 0.001) ^ 2 + RSF ^ 2) ^ 0.5 'RSF=0 , No Have RF TextBox

If B = 1 Then TAUMOD = O '[SM] – ค่า TAUMOD เท่ากับศูนย์เมื่อเป็น Single Mode

If B = 2 Then TAUMOD = (0.35 * LF * 1000) / (0.71 * BW) ' [MM] – ค่า TAUMOD

เปลี่ยนเมื่อเป็น Multi Mode

TAUMOD_.Text = Val(TAUMOD) – แสดงผล TAUMODใหม่

End Sub

Private Sub NA__Change()- เปลี่ยน Numerical Aperture

Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่

If C = 2 Then NALOSS = (10 * Log(NA * NA) / Log(10)) - 3 ' [SI] – ค่า NALOSS เปลี่ยนเมื่อ

เป็น Step Index

If C = 1 Then NALOSS = 10 * Log(NA * NA) / Log(10) ' [GI] – ค่า NALOSS เปลี่ยนเมื่อเป็น

Graded Index

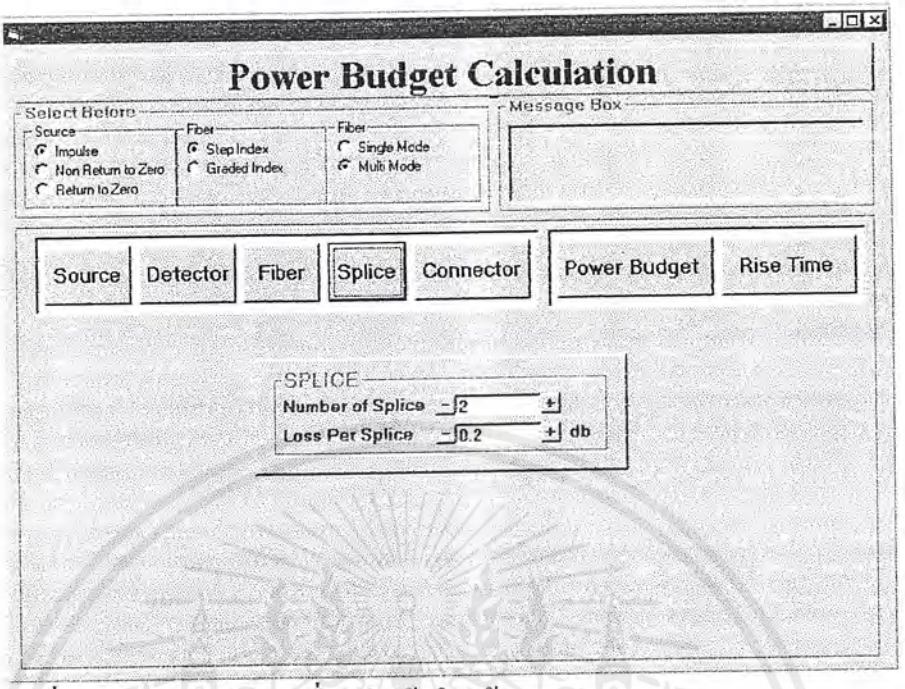
NALOSS_.Text = Val(NALOSS) – แสดงผล NALOSS ใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub

Private Sub LOSS1__Change(Index As Integer) - เปลี่ยน  Coupling Loss to Source
LOSS1_(1).Text = LOSS1_(0).Text- ให้ Array ของตัวแปรมีค่าเท่ากัน
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
LMARGIN_.Text = Val(PSR_.Text) + Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) +
Val(LOSSC_.Text) + Val(LOSSS_.Text) - Val(PSEN_(1).Text) - แสดงค่า  LMARGIN
TOTLOSS_.Text = Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) + Val(LOSSS_.Text) +
Val(LOSSC_.Text) - แสดงค่า TOTLOSS
TOTLOSSPSR_.Text = Val(TOTLOSS_.Text) + Val(PSR_.Text) - แสดงค่า TOTLOSSPSR
End Sub

Private Sub TAUDISP__Change()- เปลี่ยน Dispersive Pulse Spread
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
RTF = Sqr(TAUDISP ^ 2 + TAUMOD ^ 2) – ค่า RTF เปลี่ยนตาม TAUDISP
RTF_.Text = Val(RTF) – แสดงผล RTFใหม่
End Sub

Private Sub TAUMOD__Change()- เปลี่ยน Modal Pulse Spread
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
RTF = Sqr(TAUDISP ^ 2 + TAUMOD ^ 2) – ค่า RTF เปลี่ยนตาม TAUMOD
RTF_.Text = Val(RTF) – แสดงผล RTFใหม่
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.5 หน้าต่างส่วนรอยเชื่อมต่อเส้นใยแก้ว



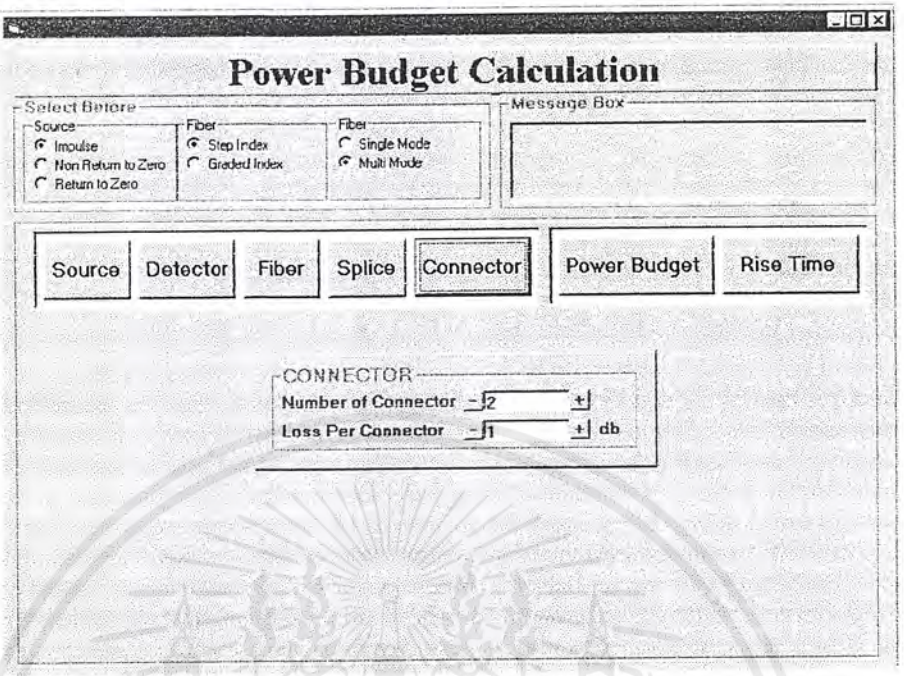
รูปที่3.8 หน้าต่างส่วนรอยเชื่อมต่อเส้นใยแก้ว

หน้าต่างส่วนการป้อนค่าเกี่ยวกับรอยเชื่อมต่อเส้นใยแก้วนี้จะมีอินพุทให้ป้อนทั้งหมด 2 ค่าซึ่งเมื่อเราทำการเปลี่ยนแปลงค่าตัวใดตัวหนึ่ง โปรแกรมจะทำการคำนวณผลของการเปลี่ยนแปลงนี้ให้ทันที โดยการเขียนโปรแกรมให้กับ Object ต่างๆ ของโปรแกรมดังบรรทัดทั้งหลายข้างล่างนี้

```
Private Sub NOS__Change()- เปลี่ยน Number of Connector
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
LOSSS = LPS * NOS- ค่า LOSSS เปลี่ยนตาม NOS
LOSSS_.Text = Val(-LOSSS) – แสดงผล LOSSSใหม่
End Sub

Private Sub LPS__Change()- เปลี่ยน Loss Per Splices
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
LOSSS = LPS * NOS- ค่า LOSSS เปลี่ยนตาม LPS
LOSSS_.Text = Val(-LOSSS) – แสดงผล LOSSSใหม่
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.6 หน้าต่างส่วนตัวต่อ



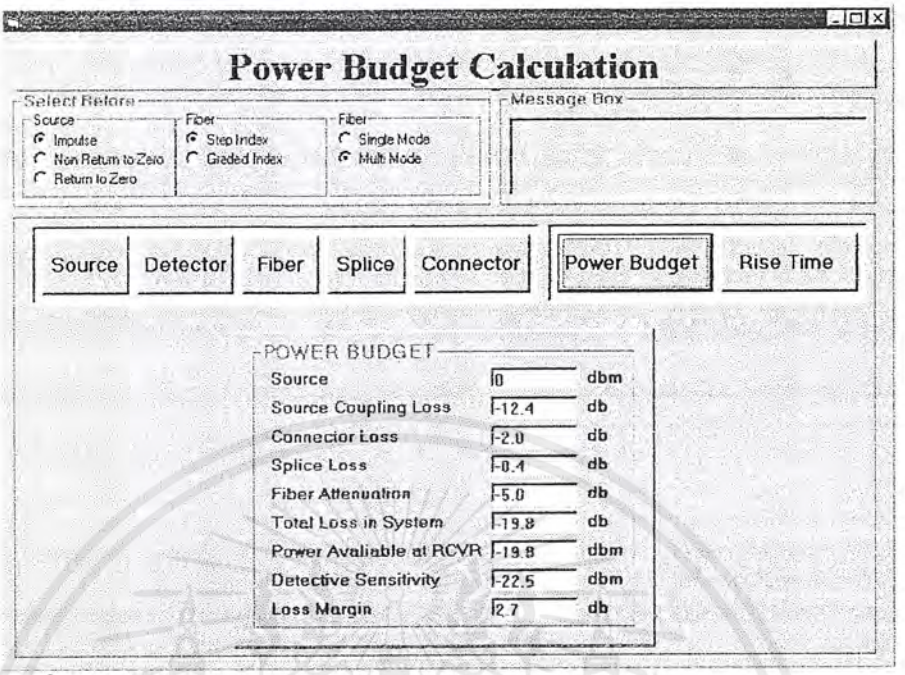
รูปที่3.9 หน้าต่างส่วนตัวต่อ

หน้าต่างส่วนการป้อนค่าเกี่ยวกับตัวต่อนี้จะมีอินพุทให้ป้อนทั้งหมด 2 ค่าซึ่งเมื่อเราทำการเปลี่ยนแปลงค่าตัวใดตัวหนึ่ง โปรแกรมจะทำการคำนวณผลของการเปลี่ยนแปลงนี้ให้ทันที โดยการเขียนโปรแกรมให้กับ Object ต่างๆ ของโปรแกรมดังบรรทัดทั้งหลายข้างล่างนี้

```
Private Sub NOC__Change()- เปลี่ยน Number of Connector
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
LOSSC = LPC * NOC- ค่า LOSSC เปลี่ยนตาม NOC
LOSSC_.Text = Val(-LOSSC) – แสดงผล LOSSC ใหม่
End Sub

Private Sub LPC__Change()- เปลี่ยน Loss Per Connector
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
LOSSC = LPC * NOC- ค่า LOSSC เปลี่ยนตาม LPC
LOSSC_.Text = Val(-LOSSC) – แสดงผล LOSSC ใหม่
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.7 หน้าต่างส่วนเพาเวอร์บัดเจ็ต



รูปที่3.10 หน้าต่างส่วนเพาเวอร์บัดเจ็ต

หน้าต่างส่วนแสดงผลเพาเวอร์บัดเจ็ต ซึ่งค่าที่ได้นั้นเกิดมาจากการป้อนตัวแปรอินพุท จากหน้าต่างที่ผ่านมาทั้ง 5 หน้าต่างคือ หน้าต่างส่วนแหล่งกำเนิดแสง หน้าต่างส่วนตัวตรวจจับแสง หน้าต่างส่วนสายใยแก้วนำแสง หน้าต่างส่วนรอยเชื่อมต่อเส้นใยแก้วและ หน้าต่างส่วนตัวต่อ

Private Sub PSR__Change()- เปลี่ยน Source Rise Time

Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่

LMARGIN_.Text = Val(PSR_.Text) + Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) +

Val(LOSSC_.Text) + Val(LOSSS_.Text) - Val(PSEN_(1).Text) – แสดงค่า LMARGIN

TOTLOSS_.Text = Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) + Val(LOSSS_.Text) +

Val(LOSSC_.Text) – แสดงค่า TOTLOSS

TOTLOSSPSR_.Text = Val(TOTLOSS_.Text) + Val(PSR_.Text) - แสดงค่า TOTLOSSPSR

End Sub

Private Sub LOSS1__Change(Index As Integer) - เปลี่ยน Source Rise Time

LOSS1_(1).Text = LOSS1_(0).Text- ให้ Array ของตัวแปรมีค่าเท่ากัน

Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

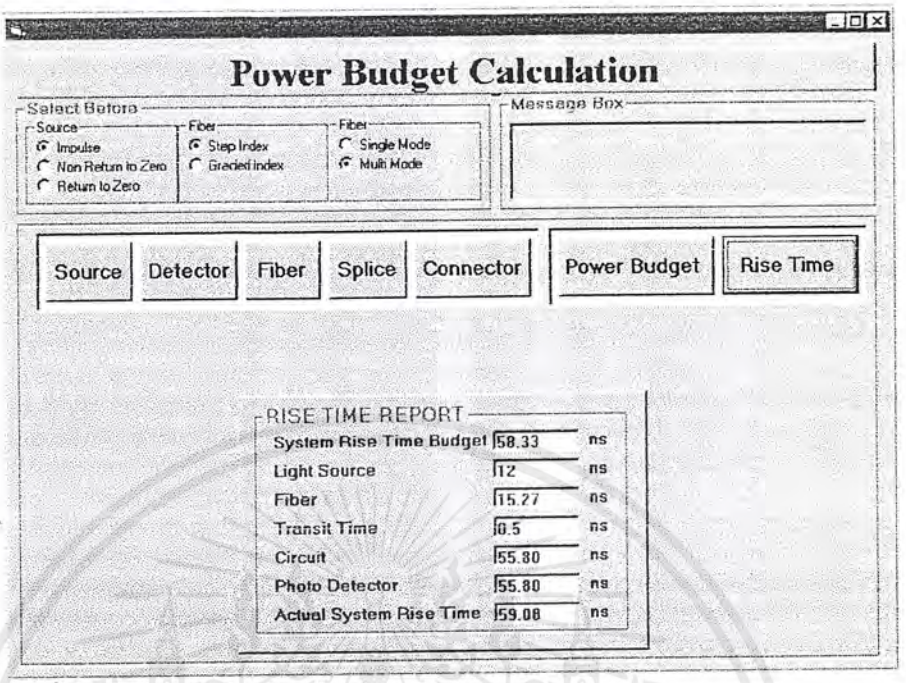
```
LMARGIN_.Text = Val(PSR_.Text) + Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) +
Val(LOSSC_.Text) + Val(LOSSS_.Text) - Val(PSEN_(1).Text) – แสดงค่า LMARGIN
TOTLOSS_.Text = Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) + Val(LOSSS_.Text) +
Val(LOSSC_.Text) – แสดงค่า TOTLOSS
TOTLOSSPSR_.Text = Val(TOTLOSS_.Text) + Val(PSR_.Text) - แสดงค่า TOTLOSSPSR
End Sub

Private Sub LOSSC__Change()- เปลี่ยน Connector Loss
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
LMARGIN_.Text = Val(PSR_.Text) + Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) +
Val(LOSSC_.Text) + Val(LOSSS_.Text) - Val(PSEN_(1).Text) – แสดงค่า LMARGIN
TOTLOSS_.Text = Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) + Val(LOSSS_.Text) +
Val(LOSSC_.Text) – แสดงค่า TOTLOSS
TOTLOSSPSR_.Text = Val(TOTLOSS_.Text) + Val(PSR_.Text) - แสดงค่า TOTLOSSPSR
End Sub

Private Sub LOSSS__Change()- เปลี่ยน Splice Loss
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
LMARGIN_.Text = Val(PSR_.Text) + Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) +
Val(LOSSC_.Text) + Val(LOSSS_.Text) - Val(PSEN_(1).Text) – แสดงค่า LMARGIN
TOTLOSS_.Text = Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) + Val(LOSSS_.Text) +
Val(LOSSC_.Text) – แสดงค่า TOTLOSS
TOTLOSSPSR_.Text = Val(TOTLOSS_.Text) + Val(PSR_.Text) - แสดงค่า TOTLOSSPSR
End Sub

Private Sub FL__Change()- เปลี่ยน Fiber Attenuation
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
LMARGIN_.Text = Val(PSR_.Text) + Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) +
Val(LOSSC_.Text) + Val(LOSSS_.Text) - Val(PSEN_(1).Text) – แสดงค่า LMARGIN
TOTLOSS_.Text = Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) + Val(LOSSS_.Text) +
Val(LOSSC_.Text) – แสดงค่า TOTLOSS
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TOTLOSSPSR_.Text = Val(TOTLOSS_.Text) + Val(PSR_.Text) - แสดงค่า TOTLOSSPSR
End Sub

Private Sub TOTLOSS__Change() - แสดงผล TOTLOSS อย่างเดียวไม่รับค่าใดๆ
Call Clever_System
End Sub

Private Sub TOTLOSSPSR__Change() - แสดงผล TOTLOSSPSR อย่างเดียวไม่รับค่าใดๆ
Call Clever_System
End Sub

Private Sub PSEN__Change(Index As Integer) - เปลี่ยน Detector Sensitivity
PSEN_(0).Text = PSEN_(1).Text- ให้ Array ของตัวแปรมีค่าเท่ากัน
Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่
LMARGIN_.Text = Val(PSR_.Text) + Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) +
Val(LOSSC_.Text) + Val(LOSSS_.Text) - Val(PSEN_(1).Text) - แสดงค่า LMARGIN
End Sub

Private Sub LMARGIN__Change()- แสดงผล LMARGIN อย่างเดียวไม่รับค่าใดๆ
Call Clever_System
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6.8 หน้าต่างส่วนไรซ์ไทม์



รูปที่3.11 หน้าต่างส่วนไรซ์ไทม์

หน้าต่างส่วนแสดงผลไรซ์ไทม์ ซึ่งค่าที่ได้นั้นเกิดมาจากการป้อนตัวแปรอินพุท จากหน้าต่างที่ผ่านมาทั้ง 5 หน้าต่างคือ หน้าต่างส่วนแหล่งกำเนิดแสง หน้าต่างส่วนตัวตรวจจับแสง หน้าต่างส่วนสายใยแก้วนำแสง หน้าต่างส่วนรอยเชื่อมต่อเส้นใยแก้วและ หน้าต่างส่วนตัวต่อ

Private Sub RTSYS__Change(Index As Integer) – แสดงผล RTSYS อย่างเดียวไม่รับค่าใด

Call Clever_System

End Sub

Private Sub RTSR__Change(Index As Integer) - เปลี่ยน Light Source Rise Time

RTSR_(1).Text = RTSR_(0).Text- ให้ Array ของตัวแปรมีค่าเท่ากัน

Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่

If a = 1 Then BSR = (0.35 / RTSR) * 1000 '[IM] – ค่า BSR เปลี่ยนเมื่อเป็น Impulse

If a = 3 Then BSR = (0.35 / RTSR) * 1000 ' [RZ] – ค่า BSR เปลี่ยนเมื่อเป็น Return to Zero

If a = 2 Then BSR = (0.7 / RTSR) * 1000 ' [NRZ] – ค่า BSR เปลี่ยนเมื่อเป็น Non Return to Zero

BSR_.Text = Val(BSR) – แสดงผล BSRใหม่

RTACTUAL = Sqr(RTSR ^ 2 + RTPD ^ 2 + RTF ^ 2) – ค่า RTACTUAL เปลี่ยนตาม RTSR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RTACTUAL_.Text = Val(RTACTUAL) – แสดงผล RTACTUALใหม่

End Sub

Private Sub RTF__Change()- เปลี่ยน Fiber Rise Time

Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่

RTACTUAL = Sqr(RTSR ^ 2 + RTPD ^ 2 + RTF ^ 2) – ค่า RTACTUAL เปลี่ยนตาม RTF

RTACTUAL_.Text = Val(RTACTUAL) – แสดงผล RTACTUALใหม่

End Sub

Private Sub RTTR__Change(Index As Integer) - เปลี่ยน Transit Time

RTTR_(1).Text = RTTR_(0).Text- ให้ Array ของตัวแปรมีค่าเท่ากัน

Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่

RTRC = Sqr(RTPD ^ 2 - RTTR ^ 2) – ค่า RTRC เปลี่ยนตาม RTTR

RTRC_.Text = Val(RTRC) – แสดงผล RTRCใหม่

End Sub

Private Sub RTRC__Change()- เปลี่ยน Circuit Rise Time

Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่

RL = RTRC / (2.19 * CAP) – ค่า RL เปลี่ยนตาม RTRC

RL_.Text = Val(RL) – แสดงผล RLใหม่

End Sub

Private Sub RTPD__Change(Index As Integer) – เปลี่ยน Photo Detector Rise Time

RTPD_(1).Text = RTPD_(0).Text- ให้ Array ของตัวแปรมีค่าเท่ากัน

Call Clever_System- รับค่าที่ทำการเปลี่ยนใหม่

RTRC = Sqr(RTPD ^ 2 - RTTR ^ 2) – ค่า RTRC เปลี่ยนตาม RTPD

RTRC_.Text = Val(RTRC) – แสดงผล RTRCใหม่

RTACTUAL = Sqr(RTSR ^ 2 + RTPD ^ 2 + RTF ^ 2) – ค่า RTACTUAL เปลี่ยนตาม RTPD

RTACTUAL_.Text = Val(RTACTUAL) – แสดงผล RTACTUALใหม่

If a = 1 Then BPD = (0.35 / RTPD) * 1000 ' [IM] – ค่า BPD เปลี่ยนเมื่อเป็น Impulse

If a = 3 Then BPD = (0.35 / RTPD) * 1000 '[RZ] – ค่า BPD เปลี่ยนเมื่อเป็น Return to Zero

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

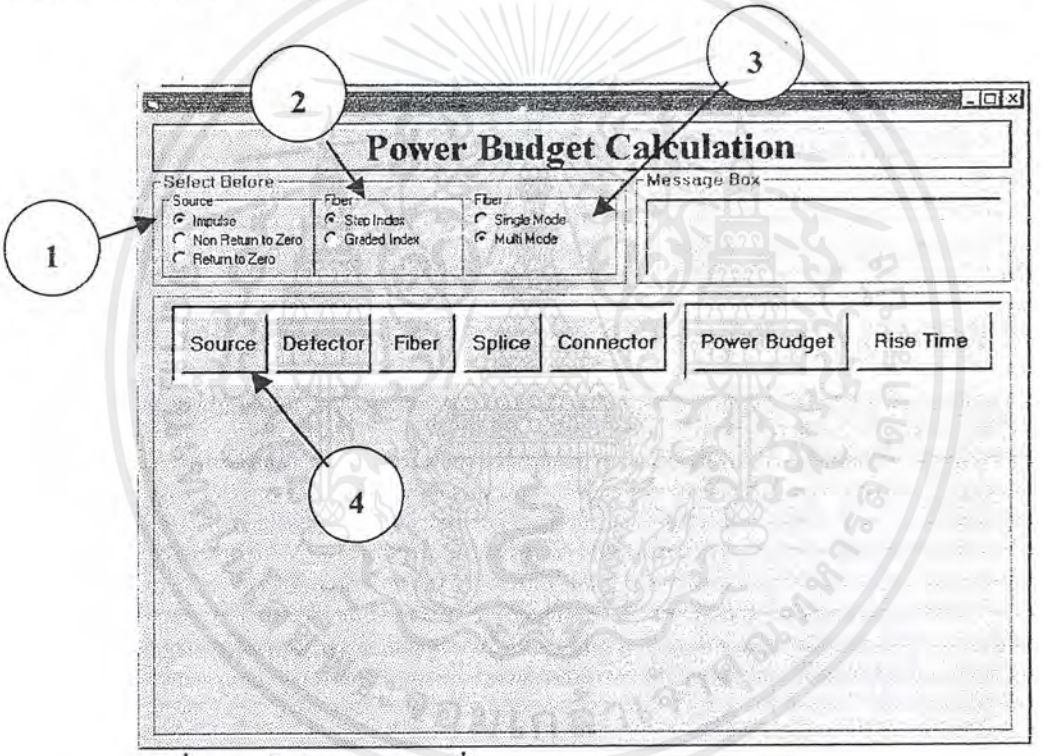
```
If a = 2 Then BPD = (0.7 / RTPD) * 1000 '[NRZ] – ค่า BPD เปลี่ยนเมื่อเป็น Non Return to Zero
BPD_.Text = Val(BPD) – แสดงผล BPDใหม่
End Sub

Private Sub RTACTUAL__Change()- แสดงผล RTACTUAL อย่างเดียวไม่รับค่าใดๆ
Call Clever_System
End Sub
```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การใช้งานโปรแกรม

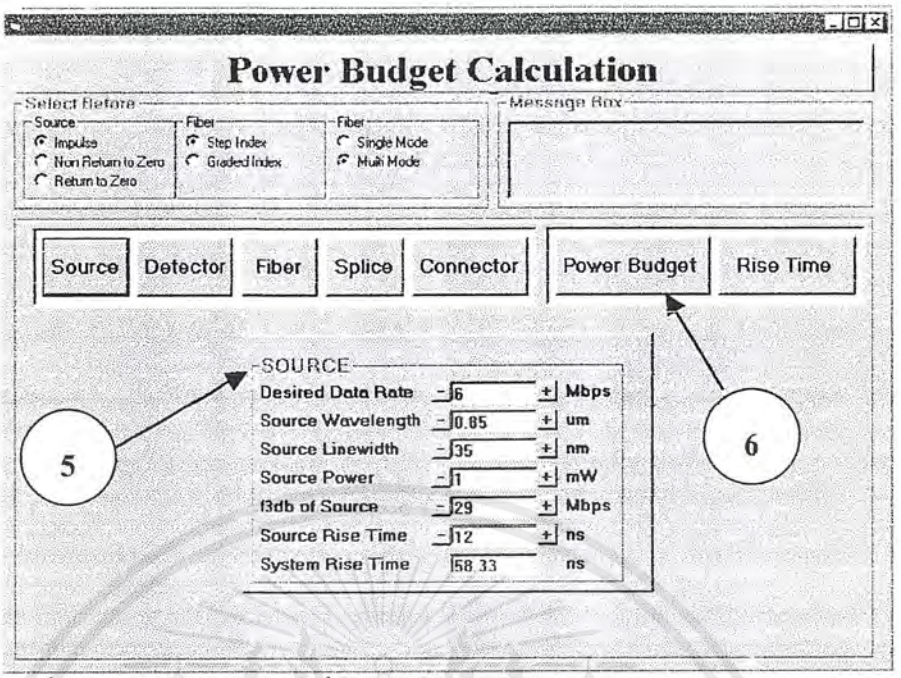
ในบทนี้จะอธิบายถึงหลักการง่ายๆ ในการใช้งานโปรแกรมโดยจะอธิบายในแบบ User Guide โดยอธิบายทีละขั้นตอนของการใช้งาน เรียงตามตัวเลขที่ลูกศรชี้อธิบาย หมายถึงให้เรากระทำการเปลี่ยนค่าหรือ Click ตามที่ลูกศรบอก



รูปที่4.1 หน้าต่างการใช้งานที่ 1

จากรูปที่ 4.1
1. เลือกชนิดของคลื่น
2. เลือกดัชนีการหักเหของเส้นใยแก้ว
3. เลือกModeของชนิดเส้นใยแก้ว
4. จะทำการป้อนค่าในส่วนแหล่งกำเนิดแสง

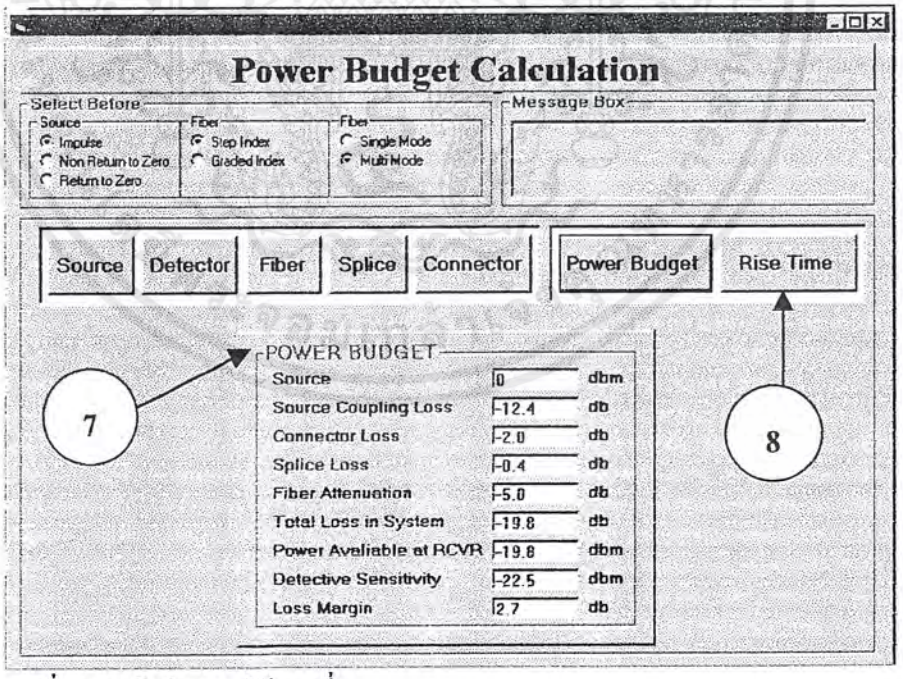
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.2 หน้าต่างการใช้งานที่ 2

จากรูปที่4.2 5. ทำการป้อนค่าในส่วนแหล่งกำเนิดแสง

6. จะดูผลเพาเวอร์บัดเจ็ตที่เกิดจากการป้อนอินพุททางแหล่งกำเนิด

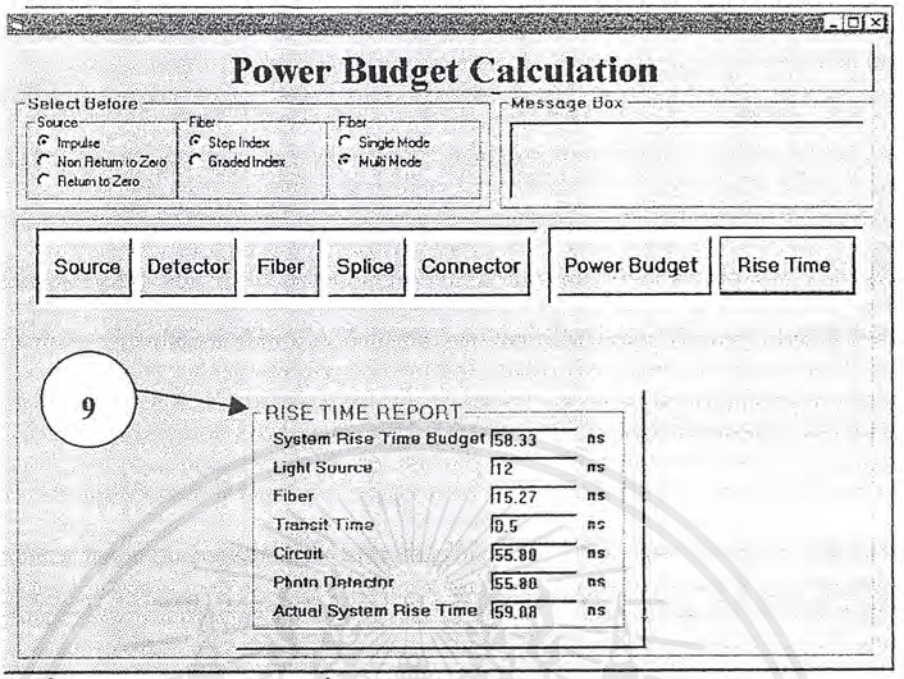


รูปที่4.3 หน้าต่างการใช้งานที่ 3

จากรูปที่ 4.3 7. ผลที่เกิดจากการเปลี่ยนอินพุทแหล่งกำเนิดแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. จะดูผลไรซ์ไทม์ที่เกิดจากการป้อนอินพุททางแหล่งกำเนิดแสง



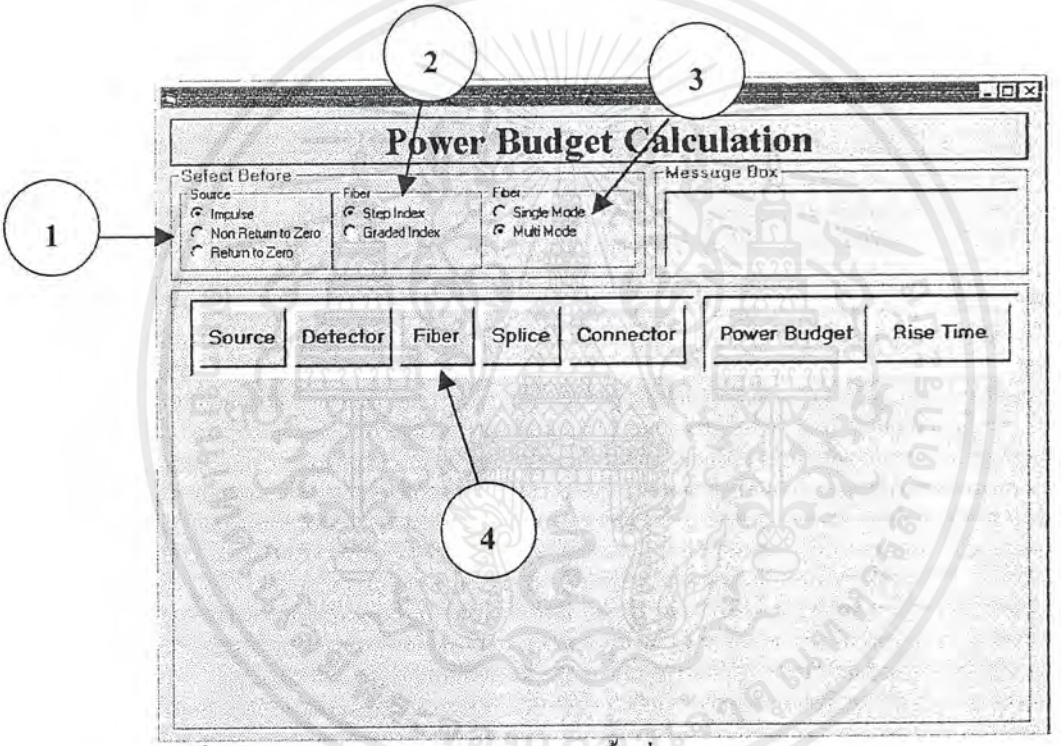
รูปที่4.4 หน้าต่างการใช้งานที่ 4

จากรูปที่4.4 9. ผลที่เกิดจากการเปลี่ยนอินพุทแหล่งกำเนิดแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในที่นี้จะขอยกตัวอย่างการคำนวณโปรแกรมโดยนำตัวอย่างที่ 2.1 มาคำนวนให้ดูโดยแสดงวิธีการคำนวณทีละขั้นตอนดังนี้

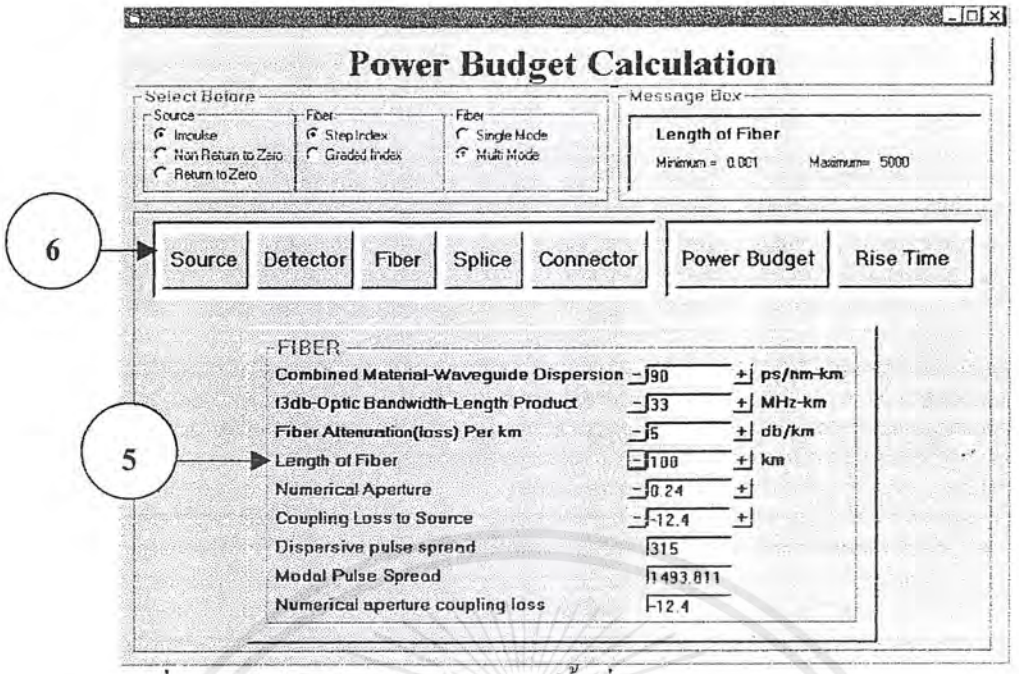
(โจทย์) ในระบบสื่อสารที่ใช้เส้นใยแก้วเป็นระยะทาง 100 กม. ความยาวคลื่นที่ใช้คือ 1550 nm. และเส้นใยแก้วมีการลดทอนกำลังเท่ากับ 0.25 db / km มีรอยต่อของเส้นใยแก้ว 50 จุด แต่ละจุดมีการสูญเสีย 0.1 dB และมีข้อต่อ 2 อัน แต่ละข้อต่อมีค่าสูญเสีย 1 dB แหล่งกำเนิดแสงเป็นไดโอดเลเซอร์ที่มีกำลัง 5 dB_m และในการส่องแสงเข้าสู่เส้นใยแก้วมีค่าสูญเสีย 3 dB ทางด้านรับใช้ A.P.D. ที่มีความไว –40 dB_m สำหรับ digital signal ที่มี error rate เท่ากับ 10^{-9} จงคำนวณหาค่า Power margin



รูปที่4.5 หน้าต่างอธิบายวิธีการทำโจทย์ขั้นที่ 1

จากรูปที่4.5
1. จากโจทย์เป็นคลื่นแบบ Impulse
2. เป็นแบบ Step Index
3. เป็นแบบ Multi Mode
4. เพื่อป้อนระยะทางเส้นใยแก้ว

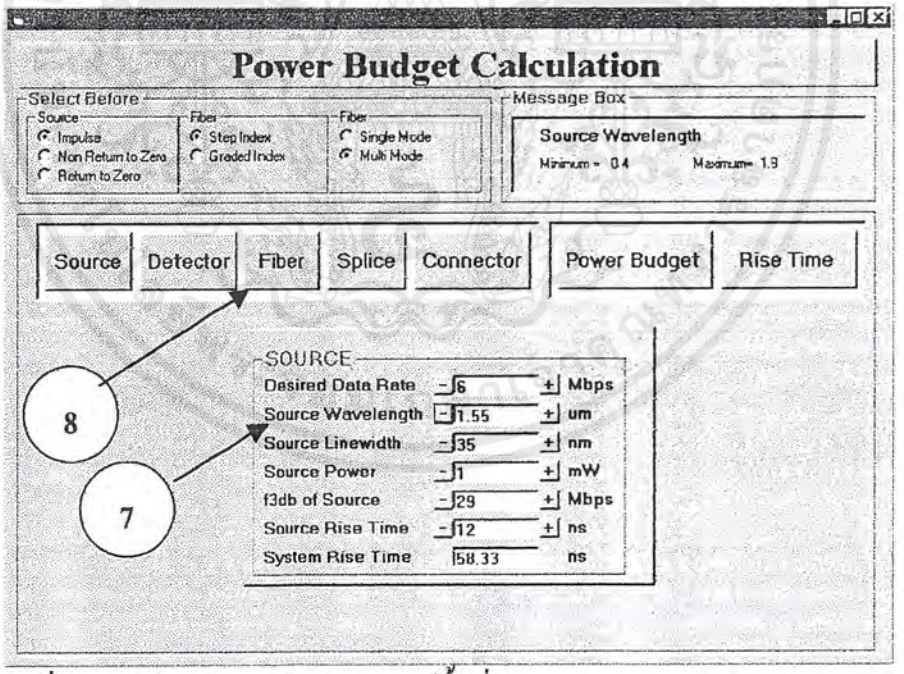
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่4.6 หน้าต่างอธิบายวิธีการทำโจทย์ขั้นที่ 2

จากรูปที่4.6 5. ระยะทางเส้นใยแก้ว 100 กม.

6. เพื่อป้อนความยาวคลื่นแหล่งกำเนิดแสง

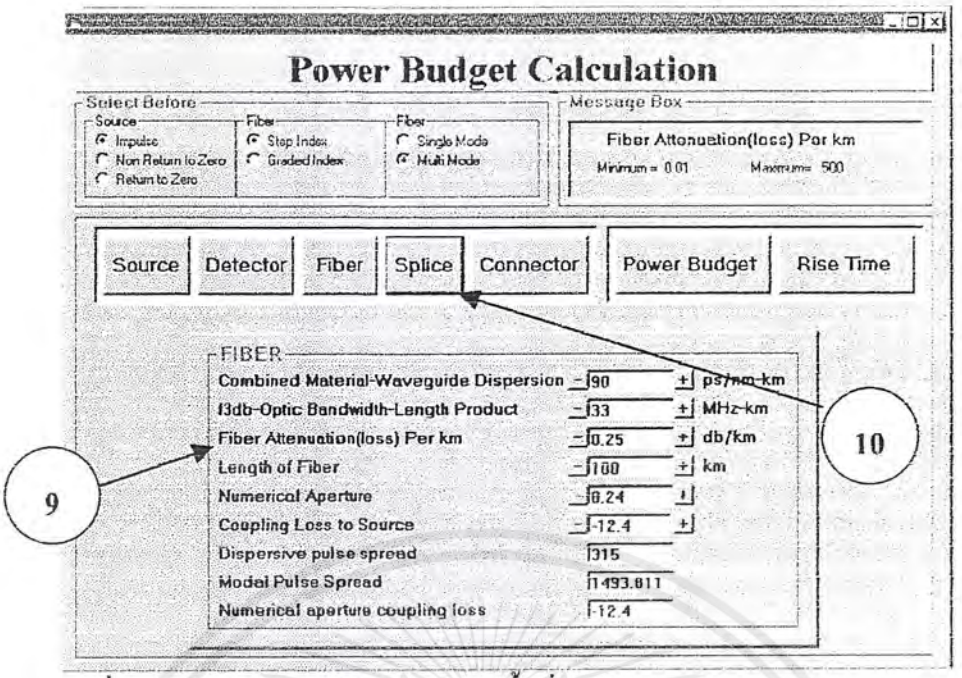


รูปที่4.7 หน้าต่างอธิบายวิธีการทำโจทย์ขั้นที่ 3

จากรูปที่4.7 7. ความยาวคลื่น 1550 nm เท่ากับ 1.55 μm

8. เพื่อป้อนกำลังลดทอนในเส้นใยแก้ว

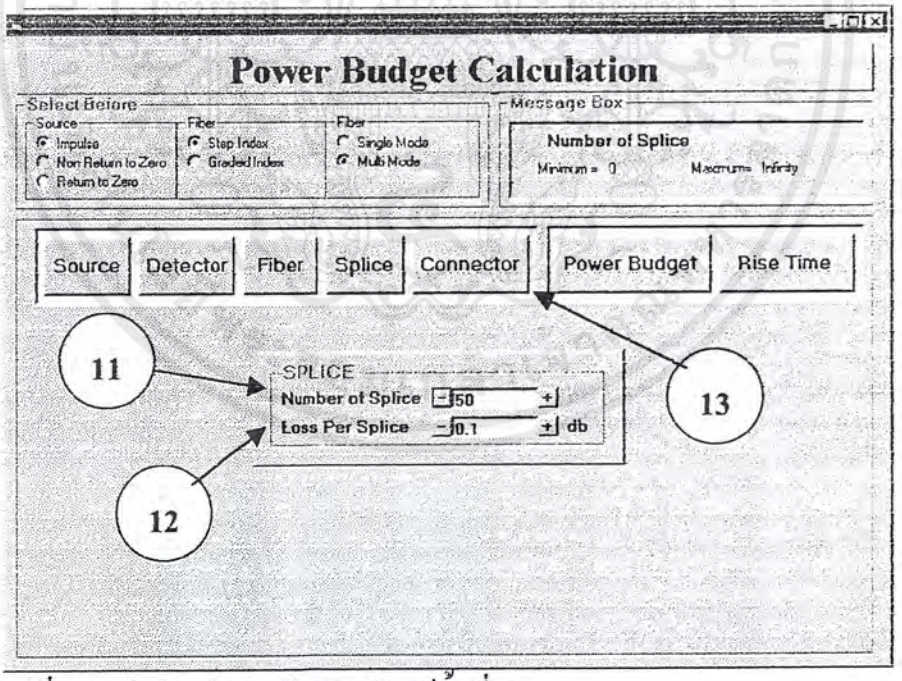
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 หน้าต่างอธิบายวิธีการทำโจทย์ขั้นที่ 4

จากรูปที่4.8 9. เส้นใยแก้วมีการลดทอนกำลัง 0.25 dB/km

10. เพื่อป้อนรอยต่อเส้นใยแก้ว



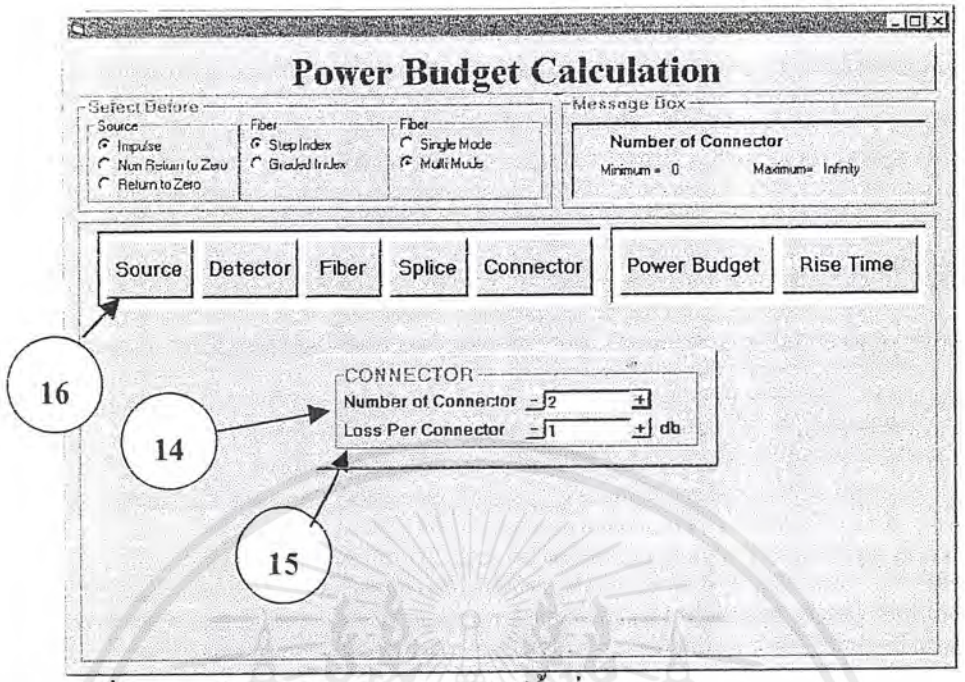
รูปที่4.9 หน้าต่างอธิบายวิธีการทำโจทย์ขั้นที่ 5

จากรูปที่4.9 11. มีรอยต่อเส้นใยแก้ว 50 จุด

12. แต่ละจุดมีการสูญเสีย 0.1 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. เพื่อป้อนจำนวนข้อต่อ

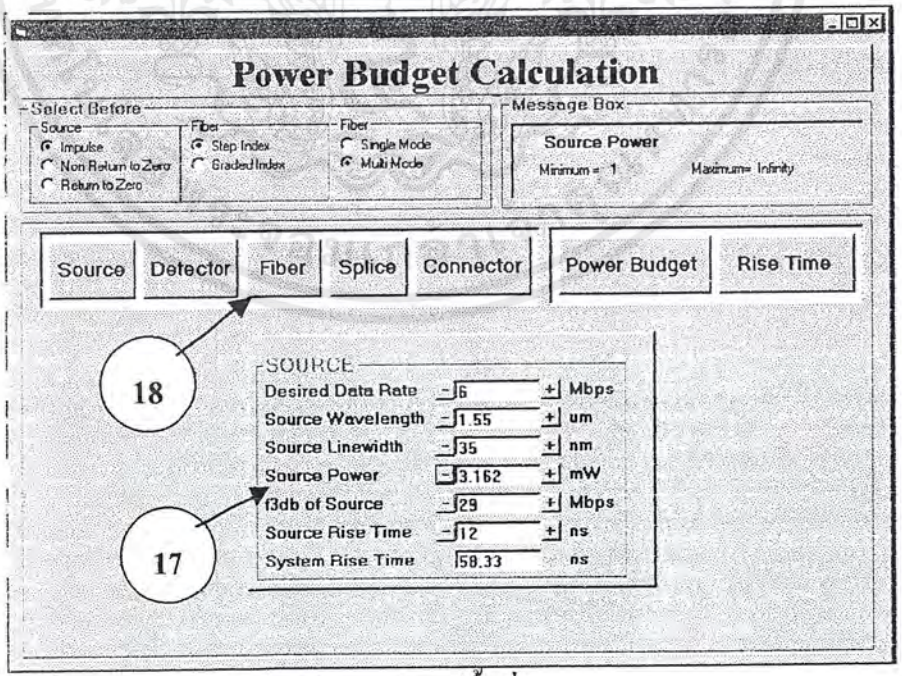


รูปที่ 4.10 หน้าต่างอธิบายวิธีการทำโจทย์ขั้นที่ 6

จากรูปที่ 4.10 14. มีข้อต่อ 2 อัน

15. แต่ละข้อต่อมีค่าสูญเสีย 1 dB

16. เพื่อป้อนกำลังเลเซอร์ไดโอด

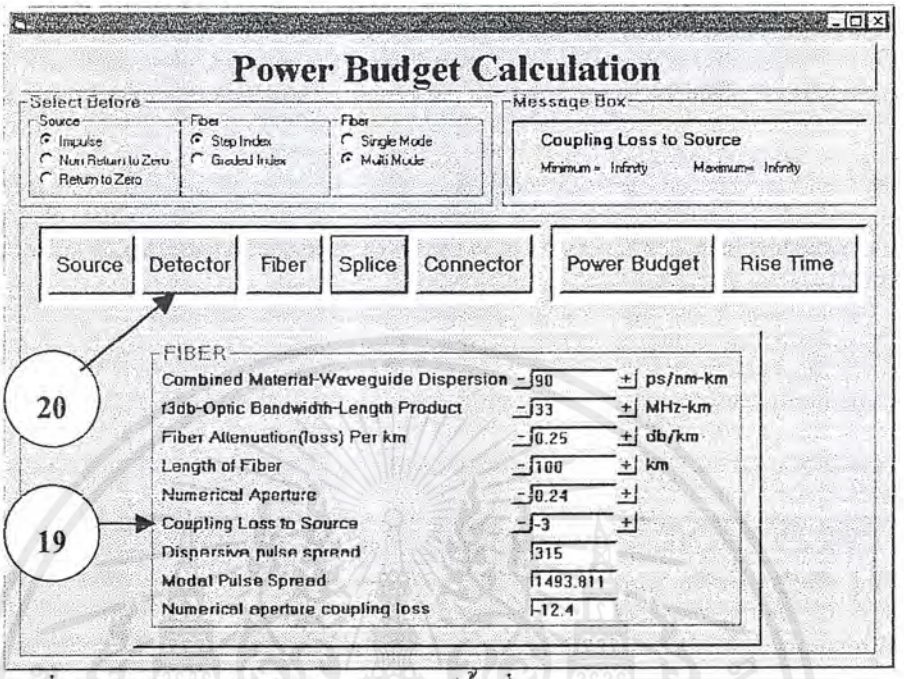


รูปที่ 4.11 หน้าต่างอธิบายวิธีการทำโจทย์ขั้นที่ 7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.11 17. กำลังเลเซอร์ไดโอด 5 dB_m เท่ากับ $10^{0.5} = 3.162$ mW

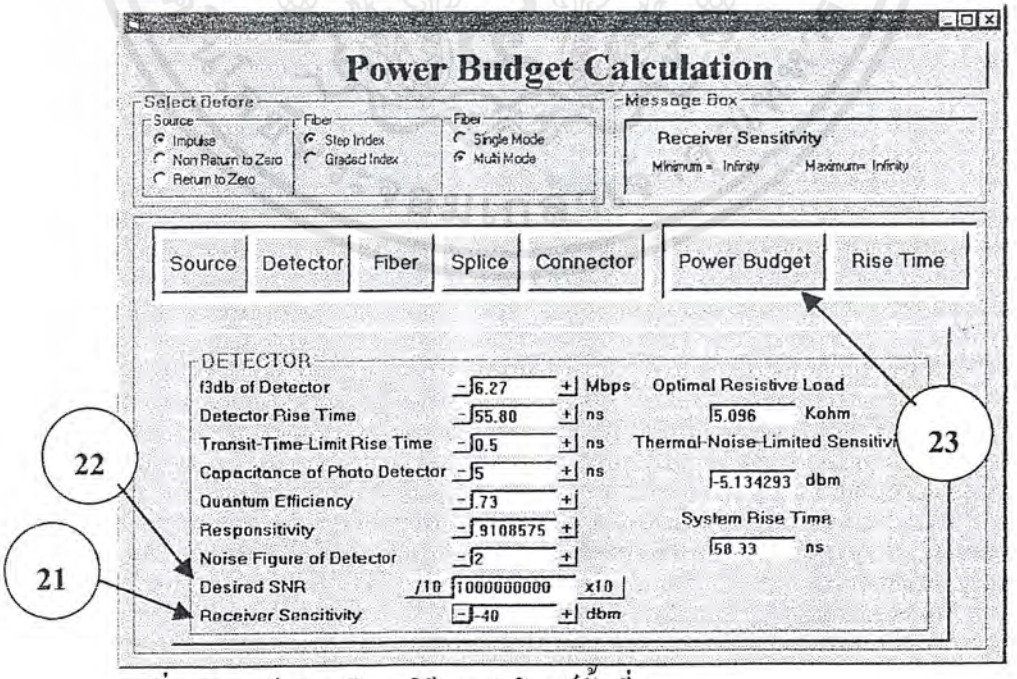
18. เพื่อป้อนค่าสูญเสียการส่องแสงสู่เส้นใยแก้ว



รูปที่ 4.12 หน้าต่างอธิบายวิธีการทำโจทย์ขั้นที่ 8

จากรูปที่ 4.12 19. ค่าการสูญเสียการส่องแสงสู่เส้นใยแก้ว 3 dB

20. เพื่อนป้อนความไวของ A.P.D



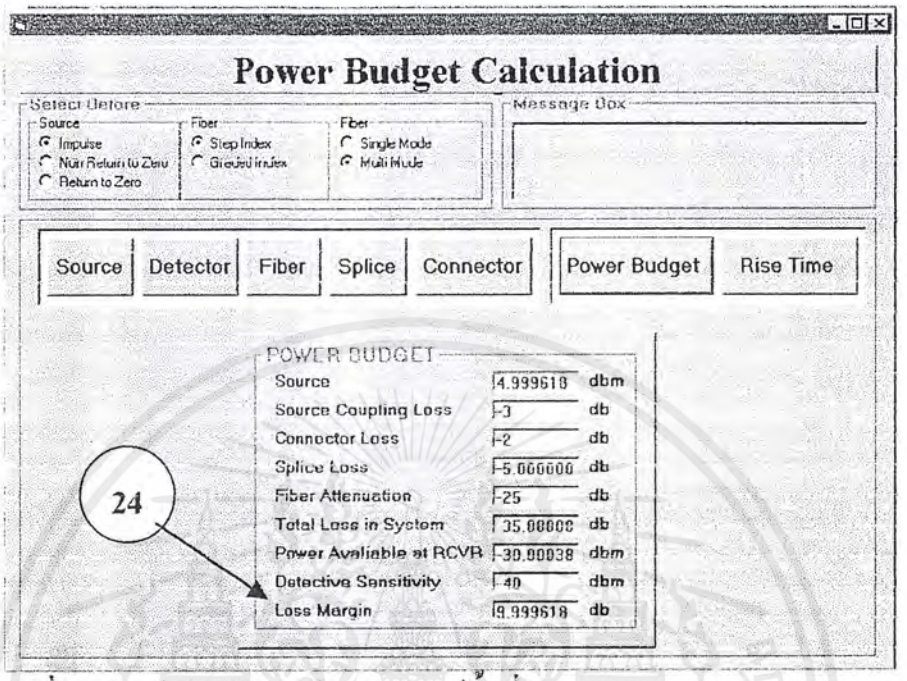
รูปที่ 4.13 หน้าต่างอธิบายวิธีการทำโจทย์ขั้นที่ 9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.13 21. ความไวของ A.P.D – 40 dBm

22 Error Rate เท่ากับ 10^{-9}

23. เพื่อดูผล Loss Margin



รูปที่ 4.14 หน้าต่างอธิบายวิธีการทำโจทย์ขั้นที่ 10

จากรูปที่ 4.14 24. Loss Margin จะได้ 9.999618 dB ≈ 10 dB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

Erid A.Smith, Valor Whisler and Hank Marquis, "Visual Basic 6 Bible", IDG Books Worldwide, Inc., 1998

John Connel, "Biginning Visual Basic 6 Database Programming", Wrox Press Ltd., 1998.

Keith Brophy and Timothy Kotes, "Teach Yourself ActiveX Control Programming with Visual Basic 5 in 21 Days", Sams.net Publishing, First Edition, 1997

Michael Halvorson, "Microsoft Visual Basic 6.0 Professional Step by Step", Microsoft Press, 1998

Microsoft Press, "Microsoft Visual Basic 6.0 Programmer's Guide", Microsoft Press, 1998.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นใหม่

```
'********************** Declaration ********************************
'                              1.Source
Dim DR, WAV, DW, P1, BSR, RTSR, RTSYS As Single
'                              2.Detector
Dim BPD, RTPD, RTTR, CAP, QE, RHO, NF, RL, TNLSEN, SNR, PSEN As Single
'                              3.Fiber
Dim MD, BW, LK, LF, NA, LOSS1, TAUMOD, TAUDISP, NALOSS As Single
'                              4.Splice
Dim NOS, LPS As Single
'                              5.Connector
Dim NOC, LPC As Single
'                              6.Power Budget
Dim PSR, LOSSC, LOSSS, FL, TOTLOSS, TOTLOSSPSR, LMARGIN As Single
'                              7.Rise Time Report
Dim RTF, RTRC, RTACTUAL As Single
'                              8.Special
Dim a, B, C, RF As Integer
Const RSF = 0


Private Sub Clever_System()
'********************** The Clever System ******************************
'                              1.Source
DR = Val(DR_.Text): WAV = Val(WAV_.Text): DW = Val(DW_.Text): P1 = Val(P1_.Text)
BSR = Val(BSR_.Text): RTSR = Val(RTSR_(0).Text): RTSYS = Val(RTSYS_(0).Text)
'
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'                                   2.Detector
BPD = Val(BPD_.Text): RTPD = Val(RTPD_(0).Text): RTTR = Val(RTTR_(0).Text)
CAP = Val(CAP_.Text): QE = Val(QE_.Text): RHO = Val(RHO_.Text): NF = Val(NF_.Text)
RL = Val(RL_.Text): TNLSEN = Val(TNLSEN_.Text): RTSYS = Val(RTSYS_(1).Text)
SNR = Val(SNR_.Text): PSEN = Val(PSEN_(0).Text)
'                                   3.Fiber
MD = Val(MD_.Text): BW = Val(BW_.Text): LK = Val(LK_.Text): LF = Val(LF_.Text)
NA = Val(NA_.Text): LOSS1 = Val(LOSS1_(0).Text): TAUMOD = Val(TAUMOD_.Text)
TAUDISP = Val(TAUDISP_.Text): NALOSS = Val(NALOSS_.Text)
'                                   4.Splice
NOS = Val(NOS_.Text): LPS = Val(LPS_.Text)
'                                   5.Connector
NOC = Val(NOC_.Text): LPC = Val(LPC_.Text)
'                                   6.Power Budget
PSR = Val(PSR_.Text): LOSS1 = Abs(Val(LOSS1_(1).Text)): LOSSC = Val(LOSSC_.Text)
LOSSS = Val(LOSSS_.Text): FL = Val(FL_.Text): TOTLOSS = Val(TOTLOSS_.Text)
TOTLOSSPSR = Val(TOTLOSSPSR_.Text): PSEN = Val(PSEN_(1).Text): LMARGIN =
Val(LMARGIN_.Text)
'                                   7.Rise Time Report
RTSYS = Val(RTSYS_(2).Text): RTSR = Val(RTSR_(1).Text): RTF = Val(RTF_.Text)
RTTR = Val(RTTR_(1).Text): RTRC = Val(RTRC_.Text): RTPD = Val(RTPD_(1).Text)
RTACTUAL = Val(RTACTUAL_.Text)
'                                   Option Button Status
If IM.Value = True Then a = 1: If NRZ.Value = True Then a = 2: If RZ.Value = True Then a = 3
If SM.Value = True Then B = 1: If MM.Value = True Then B = 2: If GI.Value = True Then C = 1
If SI.Value = True Then C = 2
'*************************************************************************
End Sub


Private Sub Default_Value_System()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'****************** Default Value System ********************************
If IM.Value = True Then a = 1: If NRZ.Value = True Then a = 2: If RZ.Value = True Then a = 3
If SM.Value = True Then B = 1: If MM.Value = True Then B = 2
If GI.Value = True Then C = 1: If SI.Value = True Then C = 2
'********************* 1.IM-MM-SI ************************************'
'                              1.Source
If a = 1 And B = 2 And C = 2 Then DR_.Text = 6: WAV_.Text = 0.85: DW_.Text = 35: PI_.Text
= 1: BSR_.Text = 29: RTSR_(0).Text = 12: RTSYS_(0).Text = 58.33
'                              2.Detector
If a = 1 And B = 2 And C = 2 Then BPD_.Text = 6: RTPD_(0).Text = 55.8: RTTR_(0).Text =
0.5: CAP_.Text = 5: QE_.Text = 0.73: RHO_.Text = 0.5: NF_.Text = 2: RL_.Text = 5.096:
TNLSEN_.Text = -22.5: RTSYS_(1).Text = 58.33: SNR_.Text = 100000: PSEN_(0).Text = -22.5
'                              3.Fiber
If a = 1 And B = 2 And C = 2 Then MD_.Text = 90: BW_.Text = 33: LK_.Text = 5: LF_.Text =
1: NA_.Text = 0.24: LOSS1_(0).Text = -12.4: TAUMOD_.Text = 14.94: TAUDISP_.Text =
3.15: NALOSS_.Text = -12.4
'                              4.Splice
If a = 1 And B = 2 And C = 2 Then NOS_.Text = 2: LPS_.Text = 0.2
'                              5.Connector
If a = 1 And B = 2 And C = 2 Then NOC_.Text = 2: LPC_.Text = 1
'                              6.Power Budget
If a = 1 And B = 2 And C = 2 Then PSR_.Text = 0: LOSS1_(1).Text = -12.4: LOSSC_.Text = -2:
LOSSS_.Text = -0.4: FL_.Text = -5: TOTLOSS_.Text = -19.8: TOTLOSSPSR_.Text = -19.8:
PSEN_(1).Text = -22.5: LMARGIN_.Text = 2.7
'                              7.Rise Time Report
If a = 1 And B = 2 And C = 2 Then RTSYS_(2).Text = 58.33: RTSR_(1).Text = 12: RTF_.Text =
15.27: RTTR_(1).Text = 0.5: RTRC_.Text = 55.8: RTPD_(1).Text = 55.8: RTACTUAL_.Text =
59.08
'*************************************************************************
'********************** 2.NRZ-SM-SI*********************************'
'                              1.Source
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
If a = 2 And B = 1 And C = 2 Then DR_.Text = 400: WAV_.Text = 1.55: DW_.Text = 0.15:
P1_.Text = 3.2: BSR_.Text = 700: RTSR_(0).Text = 1: RTSYS_(0).Text = 1.75
'                              2.Detector
If a = 2 And B = 1 And C = 2 Then BPD_.Text = 500: RTPD_(0).Text = 1.4: RTTR_(0).Text =
0.5: CAP_.Text = 1: QE_.Text = 0.8: RHO_.Text = 1: NF_.Text = 2: RL_.Text = 0.597:
TNLSEN_.Text = -27.5: RTSYS_(1).Text = 1.75: SNR_.Text = 142: PSEN_(0).Text = -40
'                              3.Fiber
If a = 2 And B = 1 And C = 2 Then MD_.Text = 15.5: BW_.Text = "Use Above": LK_.Text =
0.25: LF_.Text = 100: NA_.Text = 0.1: LOSS1_(0).Text = -3: TAUMOD_.Text = 0:
TAUDISP_.Text = 0.23: NALOSS_.Text = -20
'                              4.Splice
If a = 2 And B = 1 And C = 2 Then NOS_.Text = 50: LPS_.Text = 0.1
'                              5.Connector
If a = 2 And B = 1 And C = 2 Then NOC_.Text = 2: LPC_.Text = 1
'                              6.Power Budget
If a = 2 And B = 1 And C = 2 Then PSR_.Text = 5.1: LOSS1_(1).Text = -3: LOSSC_.Text = -2:
LOSSS_.Text = -5: FL_.Text = -25: TOTLOSS_.Text = -35: TOTLOSSPSR_.Text = -29.9:
PSEN_(1).Text = -40: LMARGIN_.Text = 10.1
'                              7.Rise Time Report
If a = 2 And B = 1 And C = 2 Then RTSYS_(2).Text = 1.75: RTSR_(1).Text = 1: RTF_.Text =
0.23: RTTR_(1).Text = 0.5: RTRC_.Text = 1.31: RTPD_(1).Text = 1.4: RTACTUAL_.Text =
1.74
'*************************************************************************
'************************* 3.RZ-SM-SI*************************************'
'                              1.Source
If a = 3 And B = 1 And C = 2 Then DR_.Text = 400: WAV_.Text = 1.55: DW_.Text = 0.15:
P1_.Text = 3.2: BSR_.Text = 700: RTSR_(0).Text = 0.5: RTSYS_(0).Text = 0.87:
'                              2.Detector
If a = 3 And B = 1 And C = 2 Then BPD_.Text = 500: RTPD_(0).Text = 0.7: RTTR_(0).Text =
0.5: CAP_.Text = 1: QE_.Text = 0.8: RHO_.Text = 1: NF_.Text = 2: RL_.Text = 0.224:
TNLSEN_.Text = -23.9: RTSYS_(1).Text = 0.87: SNR_.Text = 142: PSEN_(0).Text = -40:
'                              3.Fiber
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
If a = 3 And B = 1 And C = 2 Then MD_.Text = 15.5: BW_.Text = "Use Above": LK_.Text =
0.25: LF_.Text = 100: NA_.Text = 0.1: LOSS1_(0).Text = -3: TAUMOD_.Text = 0:
TAUDISP_.Text = 0.23: NALOSS_.Text = -20:
'                                   4.Splice
If a = 3 And B = 1 And C = 2 Then NOS_.Text = 50: LPS_.Text = 0.1
'                                   5.Connector
If a = 3 And B = 1 And C = 2 Then NOC_.Text = 2: LPC_.Text = 1
'                                   6.Power Budget
If a = 3 And B = 1 And C = 2 Then PSR_.Text = 5.1: LOSS1_(1).Text = -3: LOSSC_.Text = -2:
LOSSS_.Text = -5: FL_.Text = -25: TOTLOSS_.Text = -35: TOTLOSSPSR_.Text = -29.9:
PSEN_(1).Text = -40: LMARGIN_.Text = 10.1:
'                                   7.Rise Time Report
If a = 3 And B = 1 And C = 2 Then RTSYS_(2).Text = 0.87: RTSR_(1).Text = 0.5: RTF_.Text =
0.23: RTTR_(1).Text = 0.5: RTRC_.Text = 0.49: RTPD_(1).Text = 0.7: RTACTUAL_.Text =
0.89
'*************************************************************************
'************************** 4.IM-SM-SI *********************************'
'                                   1.Source
If a = 1 And B = 1 And C = 2 Then DR_.Text = 6: WAV_.Text = 0.85: DW_.Text = 35: P1_.Text
= 1: BSR_.Text = 29: RTSR_(0).Text = 12: RTSYS_(0).Text = 58.33
'                                   2.Detector
If a = 1 And B = 1 And C = 2 Then BPD_.Text = 6: RTPD_(0).Text = 55.8: RTTR_(0).Text =
0.5: CAP_.Text = 5: QE_.Text = 0.73: RHO_.Text = 0.5: NF_.Text = 2: RL_.Text = 5.096:
TNLSEN_.Text = -22.5: RTSYS_(1).Text = 58.33: SNR_.Text = 100000: PSEN_(0).Text = -22.5
'                                   3.Fiber
If a = 1 And B = 1 And C = 2 Then MD_.Text = 90: BW_.Text = "Use Above": LK_.Text = 5:
LF_.Text = 1: NA_.Text = 0.24: LOSS1_(0).Text = -12.4: TAUMOD_.Text = 0:
TAUDISP_.Text = 3.15: NALOSS_.Text = -12.4:
'                                   4.Splice
If a = 1 And B = 1 And C = 2 Then NOS_.Text = 2: LPS_.Text = 0.2
'                                   5.Connector
If a = 1 And B = 1 And C = 2 Then NOC_.Text = 2: LPC_.Text = 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'                    6.Power Budget
If a = 1 And B = 1 And C = 2 Then PSR_.Text = 0: LOSS1_(1).Text = -12.4: LOSSC_.Text = -2:
LOSSS_.Text = -0.4: FL_.Text = -5: TOTLOSS_.Text = -19.8: TOTLOSSPSR_.Text = -19.8:
PSEN_(1).Text = -22.5: LMARGIN_.Text = 2.7
'                    7.Rise Time Report
If a = 1 And B = 1 And C = 2 Then RTSYS_(2).Text = 58.33: RTSR_(1).Text = 12: RTF_.Text =
3.15: RTTR_(1).Text = 0.5: RTRC_.Text = 55.8: RTPD_(1).Text = 55.8: RTACTUAL_.Text =
57.16
'*************************************************************************
'********************* 5.NRZ-MM-SI*********************************'
'                    1.Source
If a = 2 And B = 2 And C = 2 Then DR_.Text = 400: WAV_.Text = 1.55: DW_.Text = 0.15:
P1_.Text = 3.2: BSR_.Text = 700: RTSR_(0).Text = 1: RTSYS_(0).Text = 1.75
'                    2.Detector
If a = 2 And B = 2 And C = 2 Then BPD_.Text = 500: RTPD_(0).Text = 1.4: RTTR_(0).Text =
0.5: CAP_.Text = 1: QE_.Text = 0.8: RHO_.Text = 1: NF_.Text = 2: RL_.Text = 0.597:
TNLSEN_.Text = -27.5: RTSYS_(1).Text = 1.75: SNR_.Text = 142: PSEN_(0).Text = -40
'                    3.Fiber
If a = 2 And B = 2 And C = 2 Then MD_.Text = 15.5: BW_.Text = 500: LK_.Text = 0.25:
LF_.Text = 100: NA_.Text = 0.1: LOSS1_(0).Text = -3: TAUMOD_.Text = 98.59:
TAUDISP_.Text = 0.23: NALOSS_.Text = -20
'                    4.Splice
If a = 2 And B = 2 And C = 2 Then NOS_.Text = 50: LPS_.Text = 0.1
'                    5.Connector
If a = 2 And B = 2 And C = 2 Then NOC_.Text = 2: LPC_.Text = 1
'                    6.Power Budget
If a = 2 And B = 2 And C = 2 Then PSR_.Text = 5.1: LOSS1_(1).Text = -3: LOSSC_.Text = -2:
LOSSS_.Text = -5: FL_.Text = -25: TOTLOSS_.Text = -35: TOTLOSSPSR_.Text = -29.9:
PSEN_(1).Text = -40: LMARGIN_.Text = 10.1
'                    7.Rise Time Report
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
If a = 2 And B = 2 And C = 2 Then RTSYS_(2).Text = 1.75: RTSR_(1).Text = 1: RTF_.Text =
98.59: RTTR_(1).Text = 0.5: RTRC_.Text = 1.31: RTPD_(1).Text = 1.4: RTACTUAL_.Text =
98.61
'*************************************************************************
'************************** 6.RZ-MM-SI************************************'
'                              1.Source
If a = 3 And B = 2 And C = 2 Then DR_.Text = 400: WAV_.Text = 1.55: DW_.Text = 0.15:
P1_.Text = 3.2: BSR_.Text = 700: RTSR_(0).Text = 0.5: RTSYS_(0).Text = 0.87
'                              2.Detector
If a = 3 And B = 2 And C = 2 Then BPD_.Text = 500: RTPD_(0).Text = 0.7: RTTR_(0).Text =
0.5: CAP_.Text = 1: QE_.Text = 0.8: RHO_.Text = 1: NF_.Text = 2: RL_.Text = 0.224:
TNLSEN_.Text = -23.9: RTSYS_(1).Text = 0.87: SNR_.Text = 142: PSEN_(0).Text = -40
'                              3.Fiber
If a = 3 And B = 2 And C = 2 Then MD_.Text = 15.5: BW_.Text = 500: LK_.Text = 0.25:
LF_.Text = 100: NA_.Text = 0.1: LOSS1_(0).Text = -3: TAUMOD_.Text = 98.59:
TAUDISP_.Text = 0.23: NALOSS_.Text = -20
'                              4.Splice
If a = 3 And B = 2 And C = 2 Then NOS_.Text = 50: LPS_.Text = 0.1
'                              5.Connector
If a = 3 And B = 2 And C = 2 Then NOC_.Text = 2: LPC_.Text = 1
'                              6.Power Budget
If a = 3 And B = 2 And C = 2 Then PSR_.Text = 5.1: LOSS1_(1).Text = -3: LOSSC_.Text = -2:
LOSSS_.Text = -5: FL_.Text = -25: TOTLOSS_.Text = -35: TOTLOSSPSR_.Text = -29.9:
PSEN_(1).Text = -40: LMARGIN_.Text = 10.1
'                              7.Rise Time Report
If a = 3 And B = 2 And C = 2 Then RTSYS_(2).Text = 0.87: RTSR_(1).Text = 0.5: RTF_.Text =
98.59: RTTR_(1).Text = 0.5: RTRC_.Text = 0.49: RTPD_(1).Text = 0.7: RTACTUAL_.Text =
98.6
'*************************************************************************
'************************ 7.IM-MM-GI************************************'
'                              1.Source
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
If a = 1 And B = 2 And C = 1 Then DR_.Text = 6: WAV_.Text = 0.85: DW_.Text = 35: P1_.Text
= 1: BSR_.Text = 29: RTSR_(0).Text = 12: RTSYS_(0).Text = 58.33
'                              2.Detector
If a = 1 And B = 2 And C = 1 Then BPD_.Text = 6: RTPD_(0).Text = 55.8: RTTR_(0).Text =
0.5: CAP_.Text = 5: QE_.Text = 0.73: RHO_.Text = 0.5: NF_.Text = 2: RL_.Text = 5.096:
TNLSEN_.Text = -22.5: RTSYS_(1).Text = 58.33: SNR_.Text = 100000: PSEN_(0).Text = -22.5
'                              3.Fiber
If a = 1 And B = 2 And C = 1 Then MD_.Text = 90: BW_.Text = 33: LK_.Text = 5: LF_.Text =
1: NA_.Text = 0.24: LOSS1_(0).Text = -12.4: TAUMOD_.Text = 14.94: TAUDISP_.Text =
3.15: NALOSS_.Text = -15.4
'                              4.Splice
If a = 1 And B = 2 And C = 1 Then NOS_.Text = 2: LPS_.Text = 0.2
'                              5.Connector
If a = 1 And B = 2 And C = 1 Then NOC_.Text = 2: LPC_.Text = 1
'                              6.Power Budget
If a = 1 And B = 2 And C = 1 Then PSR_.Text = 0: LOSS1_(1).Text = -12.4: LOSSC_.Text = -2:
LOSSS_.Text = -0.4: FL_.Text = -5: TOTLOSS_.Text = -19.8: TOTLOSSPSR_.Text = -19.8:
PSEN_(1).Text = -22.5: LMARGIN_.Text = 2.7
'                              7.Rise Time Report
If a = 1 And B = 2 And C = 1 Then RTSYS_(2).Text = 55.83: RTSR_(1).Text = 12: RTF_.Text =
15.27: RTTR_(1).Text = 0.5: RTRC_.Text = 55.8: RTPD_(1).Text = 55.8: RTACTUAL_.Text =
59.08
'*************************************************************************
'**********************  8.NRZ-MM-GI************************************'
'                              1.Source
If a = 2 And B = 2 And C = 2 Then DR_.Text = 400: WAV_.Text = 1.55: DW_.Text = 0.15:
P1_.Text = 3.2: BSR_.Text = 700: RTSR_(0).Text = 1: RTSYS_(0).Text = 1.75
'                              2.Detector
If a = 2 And B = 2 And C = 2 Then BPD_.Text = 500: RTPD_(0).Text = 1.4: RTTR_(0).Text =
0.5: CAP_.Text = 1: QE_.Text = 0.8: RHO_.Text = 1: NF_.Text = 2: RL_.Text = 0.597:
TNLSEN_.Text = -27.5: RTSYS_(1).Text = 1.75: SNR_.Text = 142: PSEN_(0).Text = -40
'                              3.Fiber
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
If a = 2 And B = 2 And C = 2 Then MD_.Text = 15.5: BW_.Text = 500: LK_.Text = 0.25:
LF_.Text = 100: NA_.Text = 0.1: LOSS1_(0).Text = -3: TAUMOD_.Text = 98.59:
TAUDISP_.Text = 0.23: NALOSS_.Text = -23
'                              4.Splice
If a = 2 And B = 2 And C = 2 Then NOS_.Text = 50: LPS_.Text = 0.1
'                              5.Connector
If a = 2 And B = 2 And C = 2 Then NOC_.Text = 2: LPC_.Text = 1
'                              6.Power Budget
If a = 2 And B = 2 And C = 2 Then PSR_.Text = 5.1: LOSS1_(1).Text = -3: LOSSC_.Text = -2:
LOSSS_.Text = -5: FL_.Text = -25: TOTLOSS_.Text = -35: TOTLOSSPSR_.Text = -29.9:
PSEN_(1).Text = -40: LMARGIN_.Text = 10.1
'                              7.Rise Time Report
If a = 2 And B = 2 And C = 2 Then RTSYS_(2).Text = 1.75: RTSR_(1).Text = 1: RTF_.Text =
98.59: RTTR_(1).Text = 0.5: RTRC_.Text = 1.31: RTPD_(1).Text = 1.4: RTACTUAL_.Text =
98.61
'*************************************************************************
'********************* 9.RZ-MM-GI*****************************************'
'                              1.Source
If a = 3 And B = 2 And C = 2 Then DR_.Text = 400: WAV_.Text = 1.55: DW_.Text = 0.15:
P1_.Text = 3.2: BSR_.Text = 700: RTSR_(0).Text = 0.5: RTSYS_(0).Text = 0.87
'                              2.Detector
If a = 3 And B = 2 And C = 2 Then BPD_.Text = 500: RTPD_(0).Text = 0.7: RTTR_(0).Text =
0.5: CAP_.Text = 1: QE_.Text = 0.8: RHO_.Text = 1: NF_.Text = 2: RL_.Text = 0.224:
TNLSEN_.Text = -23.9: RTSYS_(1).Text = 0.87: SNR_.Text = 142: PSEN_(0).Text = -40:
'                              3.Fiber
If a = 3 And B = 2 And C = 2 Then MD_.Text = 15.5: BW_.Text = 500: LK_.Text = 0.25:
LF_.Text = 100: NA_.Text = 0.1: LOSS1_(0).Text = -3: TAUMOD_.Text = 98.59:
TAUDISP_.Text = 0.23: NALOSS_.Text = -23:
'                              4.Splice
If a = 3 And B = 2 And C = 2 Then NOS_.Text = 50: LPS_.Text = 0.1
'                              5.Connector
If a = 3 And B = 2 And C = 2 Then NOC_.Text = 2: LPC_.Text = 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'                              6.Power Budget
If a = 3 And B = 2 And C = 2 Then PSR_.Text = 5.1: LOSS1_(1).Text = -3: LOSSC_.Text = -2:
LOSSS_.Text = -5: FL_.Text = -25: TOTLOSS_.Text = -35: TOTLOSSPSR_.Text = -29.9:
PSEN_(1).Text = -40: LMARGIN_.Text = 10.1
'                              7.Rise Time Report
If a = 3 And B = 2 And C = 2 Then RTSYS_(2).Text = 0.87: RTSR_(1).Text = 0.5: RTF_.Text =
98.59: RTTR_(1).Text = 0.5: RTRC_.Text = 0.49: RTPD_(1).Text = 0.7: RTACTUAL_.Text =
98.6
'*************************************************************************
End Sub


Private Sub BPD__Change()
Call Clever_System
If a = 1 Then RTPD = (0.35 / BPD) * 1000 '[IM]
If a = 3 Then RTPD = (0.35 / BPD) * 1000 '[RZ]
If a = 2 Then RTPD = (0.7 / BPD) * 1000 '[NRZ]
RTPD_(0).Text = Val(RTPD)
End Sub
Private Sub BPD_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "F3db of Detector  "
MIN_.Text = Val(DR) + 1
MAX_.Text = "1000.001"
BPD_.Text = BPD_.Text - 1
End Sub
Private Sub BPD_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "F3db of Detector  "
MIN_.Text = Val(DR) + 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MAX_.Text = "1000.001"
BPD_.Text = BPD_.Text + 1
End Sub
Private Sub BSR__Change()
Call Clever_System
If a = 1 Then RTSR = (0.35 / BSR) * 1000 '[IM]
If a = 3 Then RTSR = (0.35 / BSR) * 1000 ' [RZ]
If a = 2 Then RTSR = (0.7 / BSR) * 1000 '[NRZ]
RTSR_(0).Text = Val(RTSR)
End Sub
Private Sub BSR_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "f3db of Source   "
MIN_.Text = " 0.999 "
MAX_.Text = "1000.001  "
BSR_.Text = BSR_.Text - 1
End Sub
Private Sub BSR_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "f3db of Source   "
MIN_.Text = " 0.999 "
MAX_.Text = "1000.001  "
BSR_.Text = BSR_.Text + 1
End Sub
Private Sub BUDGET_B_Click()
Call Clear_Message
SOURCE_F.Visible = False
DETECTOR_F.Visible = False
FIBER_F.Visible = False
SPLICE_F.Visible = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CONNECTOR_F.Visible = False
BUDGET_F.Visible = True
RISE_TIME_F.Visible = False
SOURCE_BOX.Visible = False
DETECTOR_BOX.Visible = False
FIBER_BOX.Visible = False
SPLICE_BOX.Visible = False
CONNECTOR_BOX.Visible = False
BUDGET_BOX.Visible = True
RISE_TIME_BOX.Visible = False
End Sub
Private Sub BW__Change()
Call Clever_System
If B = 1 Then TAUMOD = O '[SM]
If B = 2 Then TAUMOD = (0.35 * LF * 1000) / (0.71 * BW) ' [MM]
TAUMOD_.Text = Val(TAUMOD)
End Sub
Private Sub BW_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " 3db-Optic Bandwidth-Length Product "
MIN_.Text = " 1 "
MAX_.Text = "1000 "
BW_.Text = BW_.Text - 1
End Sub
Private Sub BW_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " 3db-Optic Bandwidth-Length Product "
MIN_.Text = " 1 "
MAX_.Text = "1000 "
BW_.Text = BW_.Text + 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub
Private Sub CAP__Change()
Call Clever_System
RL = RTRC / (2.19 * CAP)
RL_.Text = Val(RL)
End Sub
Private Sub CAP_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "Capacitance of Photo Detector   "
MIN_.Text = " 0.05 "
MAX_.Text = " 1000 "
CAP_.Text = CAP_.Text - 1
End Sub
Private Sub CAP_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "Capacitance of Photo Detector   "
MIN_.Text = " 0.05 "
MAX_.Text = " 1000 "
CAP_.Text = CAP_.Text + 1
End Sub
Private Sub CONNECTOR_B_Click()
Call Clear_Message
SOURCE_F.Visible = False
DETECTOR_F.Visible = False
FIBER_F.Visible = False
SPLICE_F.Visible = False
CONNECTOR_F.Visible = True
BUDGET_F.Visible = False
RISE_TIME_F.Visible = False
SOURCE_BOX.Visible = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
DETECTOR_BOX.Visible = False
FIBER_BOX.Visible = False
SPLICE_BOX.Visible = False
CONNECTOR_BOX.Visible = True
BUDGET_BOX.Visible = False
RISE_TIME_BOX.Visible = False
End Sub
Private Sub DETECTOR_B_Click()
Call Clear_Message
SOURCE_F.Visible = False
DETECTOR_F.Visible = True
FIBER_F.Visible = False
SPLICE_F.Visible = False
CONNECTOR_F.Visible = False
BUDGET_F.Visible = False
RISE_TIME_F.Visible = False
SOURCE_BOX.Visible = False
DETECTOR_BOX.Visible = True
FIBER_BOX.Visible = False
SPLICE_BOX.Visible = False
CONNECTOR_BOX.Visible = False
BUDGET_BOX.Visible = False
RISE_TIME_BOX.Visible = False
End Sub
Private Sub DR__CHANGE()
Call Clever_System
If a = 1 Then RTSYS = (0.35 / DR) * 1000 '[IM]
If a = 3 Then RTSYS = (0.35 / DR) * 1000 '[RZ]
If a = 2 Then RTSYS = (0.7 / DR) * 1000 '[NRZ]
RTSYS_(2).Text = Val(RTSYS)
RTSYS_(1).Text = Val(RTSYS)
RTSYS_(0).Text = Val(RTSYS)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
If a = 1 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * 2 * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[1M]
If a = 3 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * 2 * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[RZ]
If a = 2 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[NRZ]
TNLSEN_.Text = Val(TNLSEN)
End Sub
Private Sub DR_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "Desired Data Rate "
MIN_.Text = " 1 "
MAX_.Text = Val(BSR - 1)
DR_.Text = DR_.Text - 1
End Sub
Private Sub DR_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "Desired Data Rate "
MIN_.Text = " 1 "
MAX_.Text = Val(BSR - 1)
DR_.Text = DR_.Text + 1
End Sub
Private Sub DW__Change()
Call Clever_System
TAUDISP = MD * DW * LF * 0.001
TAUDISP_.Text = Val(TAUDISP)
RF = ((MD * DW * LF * 0.001) ^ 2 + RSF ^ 2) ^ 0.5 'RSF=0 , No Have RF TextBox
End Sub
Private Sub DW_M_Click()
Call Clever_System
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Source Linewidth  "
MIN_.Text = " 0.01 "
MAX_.Text = " 100 "
DW_.Text = DW_.Text - 1
End Sub
Private Sub DW_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Source Linewidth  "
MIN_.Text = " 0.01 "
MAX_.Text = " 100 "
DW_.Text = DW_.Text + 1
End Sub
Private Sub FIBER_B_Click()
Call Clear_Message
SOURCE_F.Visible = False
DETECTOR_F.Visible = False
FIBER_F.Visible = True
SPLICE_F.Visible = False
CONNECTOR_F.Visible = False
BUDGET_F.Visible = False
RISE_TIME_F.Visible = False
SOURCE_BOX.Visible = False
DETECTOR_BOX.Visible = False
FIBER_BOX.Visible = True
SPLICE_BOX.Visible = False
CONNECTOR_BOX.Visible = False
BUDGET_BOX.Visible = False
RISE_TIME_BOX.Visible = False
End Sub
Private Sub FL__Change()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Call Clever_System
LMARGIN_.Text = Val(PSR_.Text) + Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) +
Val(LOSSC_.Text) + Val(LOSSS_.Text) - Val(PSEN_(1).Text)
TOTLOSS_.Text = Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) + Val(LOSSS_.Text) +
Val(LOSSC_.Text)
TOTLOSSPSR_.Text = Val(TOTLOSS_.Text) + Val(PSR_.Text)
End Sub
Private Sub GI_Click()
Call Default_Value_System
End Sub
Private Sub IM_Click()
Call Default_Value_System
End Sub
Private Sub LF__Change()
Call Clever_System
TAUDISP = MD * DW * LF * 0.001
TAUDISP_.Text = Val(TAUDISP)
FL = LK * LF
FL_.Text = Val(-FL)
RF = ((MD * DW * LF * 0.001) ^ 2 + RSF ^ 2) ^ 0.5 'RSF=0 , No Have RF TextBox
If B = 1 Then TAUMOD = O '[SM]
If B = 2 Then TAUMOD = (0.35 * LF * 1000) / (0.71 * BW) ' [MM]
TAUMOD_.Text = Val(TAUMOD)
End Sub
Private Sub LF_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "Length of Fiber  "
MIN_.Text = " 0.001 "
MAX_.Text = " 5000 "
LF_.Text = LF_.Text - 1
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub LF_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "Length of Fiber   "
MIN_.Text = " 0.001 "
MAX_.Text = " 5000 "
LF_.Text = LF_.Text + 1
End Sub
Private Sub LK__Change()
Call Clever_System
FL = LK * LF
FL_.Text = Val(-FL)
End Sub
Private Sub LK_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "  Fiber Attenuation(loss) Per km "
MIN_.Text = "0.01  "
MAX_.Text = " 500 "
LK_.Text = LK_.Text - 1
End Sub
Private Sub LK_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "  Fiber Attenuation(loss) Per km "
MIN_.Text = "0.01  "
MAX_.Text = " 500 "
LK_.Text = LK_.Text + 1
End Sub
Private Sub LMARGIN__Change()
Call Clever_System
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub LOS_M_Click()
LOS_.Text = LOS_.Text - 1
End Sub
Private Sub LOC_M_Click()
LOC_.Text = LOC_.Text - 1
End Sub
Private Sub LOC_P_Click()
LOC_.Text = LOC_.Text + 1
End Sub
Private Sub LOSS1__Change(Index As Integer)
LOSS1_(1).Text = LOSS1_(0).Text
Call Clever_System
LMARGIN_.Text = Val(PSR_.Text) + Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) +
Val(LOSSC_.Text) + Val(LOSSS_.Text) - Val(PSEN_(1).Text)
TOTLOSS_.Text = Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) + Val(LOSSS_.Text) +
Val(LOSSC_.Text)
TOTLOSSPSR_.Text = Val(TOTLOSS_.Text) + Val(PSR_.Text)
End Sub
Private Sub LOSS1_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "Coupling Loss to Source "
MIN_.Text = " Infinity "
MAX_.Text = " Infinity "
LOSS1_(0).Text = LOSS1_(0).Text - 1
LOSS1_(1).Text = LOSS1_(1).Text - 1
End Sub
Private Sub LOSS1_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "Coupling Loss to Source "
MIN_.Text = " Infinity "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MAX_.Text = " Infinity "
LOSS1_(0).Text = LOSS1_(0).Text + 1
LOSS1_(1).Text = LOSS1_(1).Text + 1
End Sub
Private Sub LOSSC__Change()
Call Clever_System
LMARGIN_.Text = Val(PSR_.Text) + Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) +
Val(LOSSC_.Text) + Val(LOSSS_.Text) - Val(PSEN_(1).Text)
TOTLOSS_.Text = Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) + Val(LOSSS_.Text) +
Val(LOSSC_.Text)
TOTLOSSPSR_.Text = Val(TOTLOSS_.Text) + Val(PSR_.Text)
End Sub
Private Sub LOSSS__Change()
Call Clever_System
LMARGIN_.Text = Val(PSR_.Text) + Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) +
Val(LOSSC_.Text) + Val(LOSSS_.Text) - Val(PSEN_(1).Text)
TOTLOSS_.Text = Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) + Val(LOSSS_.Text) +
Val(LOSSC_.Text)
TOTLOSSPSR_.Text = Val(TOTLOSS_.Text) + Val(PSR_.Text)
End Sub
Private Sub LPC__Change()
Call Clever_System
LOSSC = LPC * NOC
LOSSC_.Text = Val(-LOSSC)
End Sub
Private Sub LPC_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "Loss Per Connector   "
MIN_.Text = " 0 "
MAX_.Text = " Infinity "
LPC_.Text = LPC_.Text - 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub
Private Sub LPC_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Loss Per Connector  "
MIN_.Text = " 0 "
MAX_.Text = " Infinity "
LPC_.Text = LPC_.Text + 1
End Sub
Private Sub LPS__Change()
Call Clever_System
LOSSS = LPS * NOS
LOSSS_.Text = Val(-LOSSS)
End Sub
Private Sub LPS_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "Loss Per Splice  "
MIN_.Text = " 0 "
MAX_.Text = " Infinity "
LPS_.Text = LPS_.Text - 1
End Sub
Private Sub LPS_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "Loss Per Splice  "
MIN_.Text = " 0 "
MAX_.Text = " Infinity "
LPS_.Text = LPS_.Text + 1
End Sub
Private Sub MD__Change()
Call Clever_System
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TAUDISP = MD * DW * LF * 0.001
TAUDISP_.Text = Val(TAUDISP)
RF = ((MD * DW * LF * 0.001) ^ 2 + RSF ^ 2) ^ 0.5 'RSF=0 , No Have RF TextBox
End Sub
Private Sub MD_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "Combined Material-Waveguide Dispersion   "
MIN_.Text = " 0"
MAX_.Text = " 100 "
MD_.Text = MD_.Text - 1
End Sub
Private Sub MD_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "Combined Material-Waveguide Dispersion   "
MIN_.Text = " 0"
MAX_.Text = " 100 "
MD_.Text = MD_.Text + 1
End Sub
Private Sub MM_Click()
Call Default_Value_System
End Sub
Private Sub NA__Change()
Call Clever_System
If C = 2 Then NALOSS = (10 * Log(NA * NA) / Log(10)) - 3 ' [SI]
If C = 1 Then NALOSS = 10 * Log(NA * NA) / Log(10) '  [GI]
NALOSS_.Text = Val(NALOSS)
End Sub
Private Sub NA_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MESSAGE_.Text = " Numerical Aperture  "
MIN_.Text = " 0.02 "
MAX_.Text = "0.6  "
NA_.Text = NA_.Text - 0.01
End Sub
Private Sub NA_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Numerical Aperture  "
MIN_.Text = " 0.02 "
MAX_.Text = "0.6  "
NA_.Text = NA_.Text + 0.01
End Sub
Private Sub NF__Change()
Call Clever_System
If a = 1 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * 2 * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[IM]
If a = 3 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * 2 * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[RZ]
If a = 2 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[NRZ]
TNLSEN_.Text = Val(TNLSEN)
End Sub
Private Sub NF_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Noise Figure of Detector  "
MIN_.Text = " 1 "
MAX_.Text = " 10 "
NF_.Text = NF_.Text - 1
End Sub
Private Sub NF_P_Click()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Noise Figure of Detector  "
MIN_.Text = " 1 "
MAX_.Text = " 10 "
NF_.Text = NF_.Text + 1
End Sub
Private Sub NOC__Change()
Call Clever_System
LOSSC = LPC * NOC
LOSSC_.Text = Val(-LOSSC)
End Sub
Private Sub NOC_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "  Number of Connector "
MIN_.Text = " 0 "
MAX_.Text = " Infinity "
NOC_.Text = NOC_.Text - 1
End Sub
Private Sub NOC_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "  Number of Connector "
MIN_.Text = " 0 "
MAX_.Text = " Infinity "
NOC_.Text = NOC_.Text + 1
End Sub
Private Sub NOS__Change()
Call Clever_System
LOSSS = LPS * NOS
LOSSS_.Text = Val(-LOSSS)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub
Private Sub NOS_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "  Number of Splice "
MIN_.Text = " 0 "
MAX_.Text = " Infinity "
NOS_.Text = NOS_.Text - 1
End Sub
Private Sub NOS_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "  Number of Splice "
MIN_.Text = " 0 "
MAX_.Text = " Infinity "
NOS_.Text = NOS_.Text + 1
End Sub
Private Sub NRZ_Click()
Call Default_Value_System
End Sub
Private Sub P1__Change()
Call Clever_System
PSR = 10 * (Log(P1) / Log(10))
PSR_.Text = Val(PSR)
End Sub
Private Sub P1_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Source Power  "
MIN_.Text = " 1 "
MAX_.Text = "Infinity "
P1_.Text = P1_.Text - 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub
Private Sub P1_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Source Power "
MIN_.Text = " 1 "
MAX_.Text = "Infinity "
P1_.Text = P1_.Text + 1
End Sub
Private Sub PSEN__Change(Index As Integer)
PSEN_(1).Text = PSEN_(0).Text
Call Clever_System
LMARGIN_.Text = Val(PSR_.Text) + Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) +
Val(LOSSC_.Text) + Val(LOSSS_.Text) - Val(PSEN_(1).Text)
End Sub
Private Sub PSEN_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Receiver Sensitivity "
MIN_.Text = " Infinity "
MAX_.Text = "Infinity "
PSEN_(0).Text = PSEN_(0).Text - 1
PSEN_(1).Text = PSEN_(1).Text - 1
End Sub
Private Sub PSEN_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Receiver Sensitivity "
MIN_.Text = " Infinity "
MAX_.Text = "Infinity "
PSEN_(0).Text = PSEN_(0).Text + 1
PSEN_(1).Text = PSEN_(1).Text + 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub
Private Sub PSR__Change()
Call Clever_System
LMARGIN_.Text = Val(PSR_.Text) + Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) +
Val(LOSSC_.Text) + Val(LOSSS_.Text) - Val(PSEN_(1).Text)
TOTLOSS_.Text = Val(FL_.Text) + Val(LOSS1_(1).Text) + Val(LOSSS_.Text) +
Val(LOSSC_.Text)
TOTLOSSPSR_.Text = Val(TOTLOSS_.Text) + Val(PSR_.Text)
End Sub
Private Sub QE__Change()
Call Clever_System
RHO = 0.805 * QE * WAV
RHO_.Text = Val(RHO)
End Sub
Private Sub QE_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Quantum Efficiency "
MIN_.Text = " 0.0137 "
MAX_.Text = " 1.001 "
QE_.Text = QE_.Text - 0.01
End Sub
Private Sub QE_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Quantum Efficiency "
MIN_.Text = " 0.0137 "
MAX_.Text = " 1.001 "
QE_.Text = QE_.Text + 0.01
End Sub
Private Sub RHO__Change()
Call Clever_System
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
QE = RHO / (0.805 * WAV)
QE_.Text = Val(QE)
If a = 1 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * 2 * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[IM]
If a = 3 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * 2 * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[RZ]
If a = 2 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[NRZ]
TNLSEN_.Text = Val(TNLSEN)
End Sub
Private Sub RHO_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Responsitivity "
MIN_.Text = " 0.0199 "
MAX_.Text = " 1.5 "
RHO_.Text = RHO_.Text - 0.1
End Sub
Private Sub RHO_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Responsitivity "
MIN_.Text = " 0.0199 "
MAX_.Text = " 1.5 "
RHO_.Text = RHO_.Text + 0.1
End Sub
Private Sub RISE_TIME_B_Click()
Call Clear_Message
SOURCE_F.Visible = False
DETECTOR_F.Visible = False
FIBER_F.Visible = False
SPLICE_F.Visible = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CONNECTOR_F.Visible = False
BUDGET_F.Visible = False
RISE_TIME_F.Visible = True
SOURCE_BOX.Visible = False
DETECTOR_BOX.Visible = False
FIBER_BOX.Visible = False
SPLICE_BOX.Visible = False
CONNECTOR_BOX.Visible = False
BUDGET_BOX.Visible = False
RISE_TIME_BOX.Visible = True
End Sub
Private Sub RL__Change()
Call Clever_System
If a = 1 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * 2 * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[IM]
If a = 3 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * 2 * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[RZ]
If a = 2 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[NRZ]
TNLSEN_.Text = Val(TNLSEN)
End Sub
Private Sub RTACTUAL__Change()
Call Clever_System
End Sub
Private Sub RTF__Change()
Call Clever_System
RTACTUAL = Sqr(RTSR ^ 2 + RTPD ^ 2 + RTF ^ 2)
RTACTUAL_.Text = Val(RTACTUAL)
End Sub
Private Sub RTPD__Change(Index As Integer)
RTPD_(1).Text = RTPD_(0).Text
Call Clever_System
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
'If (RTPD < 0.349 And (A = 3 Or A = 1)) Or (RTPD < 0.699 And A = 2) Or RTPD > 700.001
Then RTPD_.Text = ""
RTRC = Sqr(RTPD ^ 2 - RTTR ^ 2)
RTRC_.Text = Val(RTRC)
RTACTUAL = Sqr(RTSR ^ 2 + RTPD ^ 2 + RTF ^ 2)
RTACTUAL_.Text = Val(RTACTUAL)
If a = 1 Then BPD = (0.35 / RTPD) * 1000 ' [IM]
If a = 3 Then BPD = (0.35 / RTPD) * 1000 '[RZ]
If a = 2 Then BPD = (0.7 / RTPD) * 1000 '[NRZ]
BPD_.Text = Val(BPD)
End Sub
Private Sub RTPD_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Detector Rise Time "
MIN_.Text = "Unknown"
MAX_.Text = "Unknown"
RTPD_(0).Text = RTPD_(0).Text - 1
RTPD_(1).Text = RTPD_(1).Text - 1
End Sub
Private Sub RTPD_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Detector Rise Time "
MIN_.Text = "Unknown"
MAX_.Text = "Unknown"
RTPD_(0).Text = RTPD_(0).Text + 1
RTPD_(1).Text = RTPD_(1).Text + 1
End Sub
Private Sub RTRC__Change()
Call Clever_System
RL = RTRC / (2.19 * CAP)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
RL_.Text = Val(RL)
End Sub
Private Sub RTSR__Change(Index As Integer)
RTSR_(1).Text = RTSR_(0).Text
Call Clever_System
'If (RTSR < 0.349 And (A = 3 Or A = 1)) Or (RTSR < 0.699 And A = 2) Or RTSR > 700.001
Then RTSR_.Text = ""
If a = 1 Then BSR = (0.35 / RTSR) * 1000 '[IM]
If a = 3 Then BSR = (0.35 / RTSR) * 1000 ' [RZ]
If a = 2 Then BSR = (0.7 / RTSR) * 1000 ' [NRZ]
BSR_.Text = Val(BSR)
RTACTUAL = Sqr(RTSR ^ 2 + RTPD ^ 2 + RTF ^ 2)
RTACTUAL_.Text = Val(RTACTUAL)
End Sub
Private Sub RTSR_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Source Rise Time  "
MIN_.Text = "Unknown"
MAX_.Text = "Unknown"
RTSR_(0).Text = RTSR_(0).Text - 1
RTSR_(1).Text = RTSR_(1).Text - 1
End Sub
Private Sub RTSR_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Source Rise Time  "
MIN_.Text = "Unknown"
MAX_.Text = "Unknown"
RTSR_(0).Text = RTSR_(0).Text + 1
RTSR_(1).Text = RTSR_(1).Text + 1
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Private Sub RTSYS__Change(Index As Integer)
Call Clever_System
End Sub
Private Sub RTTR__Change(Index As Integer)
RTTR_(1).Text = RTTR_(0).Text
Call Clever_System
RTRC = Sqr(RTPD ^ 2 - RTTR ^ 2)
RTRC_.Text = Val(RTRC)
End Sub
Private Sub RTTR_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Transit-Time-Limit Rise Time "
MIN_.Text = "0"
MAX_.Text = Val(RTPD) - 1
If a = 1 Or a = 3 Then RTTR_(0).Text = RTTR_(0).Text - 1
If a = 1 Or a = 3 Then RTTR_(1).Text = RTTR_(1).Text - 1
If a = 2 Then RTTR_(0).Text = RTTR_(0).Text - 0.1
If a = 2 Then RTTR_(1).Text = RTTR_(1).Text - 0.1
End Sub
Private Sub RTTR_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Transit-Time-Limit Rise Time "
MIN_.Text = "0"
MAX_.Text = Val(RTPD) - 1
If a = 1 Or a = 3 Then RTTR_(0).Text = RTTR_(0).Text + 1
If a = 1 Or a = 3 Then RTTR_(1).Text = RTTR_(1).Text + 1
If a = 2 Then RTTR_(0).Text = RTTR_(0).Text + 0.1
If a = 2 Then RTTR_(1).Text = RTTR_(1).Text + 0.1
End Sub
Private Sub RZ_Click()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Call Default_Value_System
End Sub
Private Sub SI_Click()
Call Default_Value_System
End Sub
Private Sub SM_Click()
Call Default_Value_System
End Sub
Private Sub SNR__Change()
Call Clever_System
If a = 1 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * 2 * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[IM]
If a = 3 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * 2 * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[RZ]
If a = 2 Then TNLSEN = 10 * Log(Sqr(1.656E-17 * NF * DR * SNR / RL) * 1000 / RHO) /
Log(10) '[NRZ]
TNLSEN_.Text = Val(TNLSEN)
End Sub
Private Sub SNR_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Desired SNR "
MIN_.Text = " 1 "
MAX_.Text = "1E+10"
SNR_.Text = SNR_.Text / 10
End Sub
Private Sub SNR_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = " Desired SNR "
MIN_.Text = " 1 "
MAX_.Text = "1E+10"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SNR_.Text = SNR_.Text * 10
End Sub
Private Sub SOURCE_B_Click()
Call Clear_Message
SOURCE_F.Visible = True
DETECTOR_F.Visible = False
FIBER_F.Visible = False
SPLICE_F.Visible = False
CONNECTOR_F.Visible = False
BUDGET_F.Visible = False
RISE_TIME_F.Visible = False
SOURCE_BOX.Visible = True
DETECTOR_BOX.Visible = False
FIBER_BOX.Visible = False
SPLICE_BOX.Visible = False
CONNECTOR_BOX.Visible = False
BUDGET_BOX.Visible = False
RISE_TIME_BOX.Visible = False
End Sub
Private Sub SPLICE_B_Click()
Call Clear_Message
SOURCE_F.Visible = False
DETECTOR_F.Visible = False
FIBER_F.Visible = False
SPLICE_F.Visible = True
CONNECTOR_F.Visible = False
BUDGET_F.Visible = False
RISE_TIME_F.Visible = False
SOURCE_BOX.Visible = False
DETECTOR_BOX.Visible = False
FIBER_BOX.Visible = False
SPLICE_BOX.Visible = True
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
CONNECTOR_BOX.Visible = False
BUDGET_BOX.Visible = False
RISE_TIME_BOX.Visible = False
End Sub
Private Sub Clear_Message()
MESSAGE_.Visible = False
MIN_.Visible = False
MAX_.Visible = False
MINT.Visible = False
MAXT.Visible = False
End Sub
Private Sub Set_Message()
MINT.Visible = True
MAXT.Visible = True
MESSAGE_.Visible = True
MIN_.Visible = True
MAX_.Visible = True
End Sub
Private Sub TAUDISP__Change()
Call Clever_System
RTF = Sqr(TAUDISP ^ 2 + TAUMOD ^ 2)
RTF_.Text = Val(RTF)
End Sub
Private Sub TAUMOD__Change()
Call Clever_System
RTF = Sqr(TAUDISP ^ 2 + TAUMOD ^ 2)
RTF_.Text = Val(RTF)
End Sub
Private Sub TNLSEN__Change()
Call Clever_System
End Sub
Private Sub TOTLOSS__Change()
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Call Clever_System
End Sub
Private Sub TOTLOSSPSR__Change()
Call Clever_System
End Sub
Private Sub WAV__Change()
Call Clever_System
RHO = 0.805 * QE * WAV
RHO_.Text = Val(RHO)
QE = RHO / (0.805 * WAV)
QE_.Text = Val(QE)
End Sub
Private Sub WAV_M_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "Source Wavelength "
MIN_.Text = " 0.4 "
MAX_.Text = "1.8"
WAV_.Text = WAV_.Text - 0.1
End Sub
Private Sub WAV_P_Click()
Call Clever_System
Call Set_Message
MESSAGE_.Text = "Source Wavelength "
MIN_.Text = " 0.4 "
MAX_.Text = "1.8"
WAV_.Text = WAV_.Text + 0.1
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ตารางคุณสมบัติตัวแปร

DR	
Analog Value	6
Digital Value	400
Range	BSR<=DR<0.999
Passive Formula	----------
Active Formula	RTSYS=(0.35/DR)*1000 [IM] RTSYS=(0.35/DR)*1000 [RZ] RTSYS=(0.7/DR)*1000 [NRZ] TNLSEN=10LOG[(SQR(1.656*10E-17*NF*2*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)] [IM] TNLSEN=10LOG[(SQR(1.656*10E-17*NF*2*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)] [RZ] TNLSEN=10LOG[(SQR(1.656*10E-17*NF*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)] [NRZ]

DW	
Analog Value	35
Digital Value	0.15
Range	100<DW<0.01
Passive Formula	----------
Active Formula	TAUDISP=MD*DW*LF*0.001 RF=[(MD*DW*LF*0.001)^2+RSF^2]^0.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

P1	
Analog Value	1
Digital Value	3.2
Range	P1<=0
Passive Formula	----------
Active Formula	PSR=10Log[P1]

BSR	
Analog Value	=(0.35/RTPD)*1000 [IM] =(0.35/RTPD)*1000 [RZ] =(0.7/RTPD)*1000 [NRZ]
Digital Value	=(0.35/RTPD)*1000 [IM] =(0.35/RTPD)*1000 [RZ] =(0.7/RTPD)*1000 [NRZ]
Range	1000.001<BSR<0.999
Passive Formula	BSR=(0.35/RTSR)*1000 [IM] BSR=(0.35/RTSR)*1000 [RZ] BSR=(0.7/RTSR)*1000 [NRZ]
Active Formula	RTSR=(0.35/BSR)*1000 [IM] RTSR=(0.35/BSR)*1000 [RZ] RTSR=(0.7/BSR)*1000 [NRZ]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RTSR	
Analog Value	12
Digital Value	1
Range	(RTSR<0.349 AND (MS="RZ" OR MS="IM")) OR (RTSR<0.699 AND MS="NRZ") OR RTSR>700.001
Passive Formula	RTSR=(0.35/BSR)*1000 [IM] RTSR=(0.35/BSR)*1000 [RZ] RTSR=(0.7/BSR)*1000 [NRZ]
Active Formula	BSR=(0.35/RTSR)*1000 [IM] BSR=(0.35/RTSR)*1000 [RZ] BSR=(0.7/RTSR)*1000 [NRZ] RTACTUAL=SQR(RTSR^2+RTPD^2+RTF^2)

RTSYS	
Analog Value	=(0.35/DR)*1000 [IM] =(0.35/DR)*1000 [RZ] =(0.7/DR)*1000 [NRZ]
Digital Value	=(0.35/DR)*1000 [IM] =(0.35/DR)*1000 [RZ] =(0.7/DR)*1000 [NRZ]
Range	----------
Passive Formula	RTSYS=(0.35/DR)*1000 [IM] RTSYS=(0.35/DR)*1000 [RZ] RTSYS=(0.7/DR)*1000 [NRZ]
Active Formula	----------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

BPD	
Analog Value	=(0.35/RTPD)*1000 [IM] =(0.35/RTPD)*1000 [RZ] =(0.7/RTPD)*1000 [NRZ]
Digital Value	=(0.35/RTPD)*1000 [IM] =(0.35/RTPD)*1000 [RZ] =(0.7/RTPD)*1000 [NRZ]
Range	1000.001<BPD<=DR
Passive Formula	BPD=(0.35/RTPD)*1000 [IM] BPD=(0.35/RTPD)*1000 [RZ] BPD=(0.7/RTPD)*1000 [NRZ]
Active Formula	RTPD=(0.35/BPD)*1000 [IM] RTPD=(0.35/BPD)*1000 [RZ] RTPD=(0.7/BPD)*1000 [NRZ]

RTPD	
Analog Value	55.8
Digital Value	1.4
Range	(RTPD<0.349 AND (M$="RZ" OR M$="IM")) OR (RTPD<0.699 AND M$="NRZ") OR RTPD>700.001
Passive Formula	RTPD=(0.35/BPD)*1000 [IM] RTPD=(0.35/BPD)*1000 [RZ] RTPD=(0.7/BPD)*1000 [NRZ]
Active Formula	RTRC=SQR(RTPD^2-RTTR^2) RTACTUAL=SQR(RTSR^2+RTPD^2+RTF^2) BPD=(0.35/RTPD)*1000 [IM] BPD=(0.35/RTPD)*1000 [RZ] BPD=(0.7/RTPD)*1000 [NRZ]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RTTR	
Analog Value	0.5
Digital Value	0.5
Range	RTPD<=RTTR<0
Passive Formula	----------
Active Formula	RTRC=SQR(RTPD^2-RTTR^2)

CAP	
Analog Value	5
Digital Value	1
Range	1000<CAP<0.05
Passive Formula	----------
Active Formula	RL=RTRC/(2.19*CAP)

QE	
Analog Value	QE=RHO/(0.805*WAV)
Digital Value	QE=RHO/(0.805*WAV)
Range	1.001<QE<0.0137
Passive Formula	QE=RHO/(0.805*WAV)
Active Formula	RHO=0.805*QE*WAV

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RHO	
Analog Value	0.5
Digital Value	1
Range	1.5<RHO<0.0199
Passive Formula	RHO=0.805*QE*WAV
Active Formula	QE=RHO/(0.805*WAV) TNLSEN=10LOG((SQR(1.656*10E-*NF*2*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)) [IM] TNLSEN=10LOG((SQR(1.656*10E-*NF*2*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)) [RZ] TNLSEN=10LOG((SQR(1.656*10E-*NF*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)) [NRZ]

NF	
Analog Value	2
Digital Value	2
Range	10<NF<1
Passive Formula	----------
Active Formula	TNLSEN=10LOG[(SQR(1.656*10E-*NF*2*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)] [IM] TNLSEN=10LOG[(SQR(1.656*10E-*NF*2*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)] [RZ] TNLSEN=10LOG[(SQR(1.656*10E-*NF*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)] [NRZ]

SNR	
Analog Value	100000
Digital Value	142
Range	(10^10)<SNR<1
Passive Formula	----------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Active Formula	TNLSEN=10LOG[(SQR(1.656*10E-*NF*2*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)] [IM] TNLSEN=10LOG[(SQR(1.656*10E-*NF*2*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)] [RZ] TNLSEN=10LOG[(SQR(1.656*10E-*NF*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)] [NRZ]

RL	
Analog Value	----------
Digital Value	----------
Range	----------
Passive Formula	RL=RTRC/(2.19*CAP)
Active Formula	TNLSEN=10LOG[(SQR(1.656*10E-*NF*2*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)] [IM] TNLSEN=10LOG[(SQR(1.656*10E-*NF*2*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)] [RZ] TNLSEN=10LOG[(SQR(1.656*10E-*NF*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)] [NRZ]

TNLSEN	
Analog Value	----------
Digital Value	----------
Range	----------
Passive Formula	TNLSEN=10LOG[(SQR(1.656*10E-*NF*2*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)] [IM] TNLSEN=10LOG[(SQR(1.656*10E-*NF*2*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)] [RZ] TNLSEN=10LOG[(SQR(1.656*10E-*NF*DR*SNR)/RL)*1000/RHO)] [NRZ]
Active Formula	----------

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PSEN	
Analog Value	-22.5
Digital Value	-40
Range	----------
Passive Formula	PSEN = -ABS(PSEN)
Active Formula	PSEN = -ABS(PSEN) LMARGIN=(PSR-FL-LOSS1-LOSSC-LOSSS)-(PSEN)

MD	
Analog Value	90
Digital Value	15.5
Range	100<MD<0
Passive Formula	----------
Active Formula	TAUDISP=MD*DW*LF*0.001 RF=[(MD*DW*LF*0.001)^2+RSF^2]^0.5

BW	
Analog Value	33
Digital Value	500
Range	1000<BW<1
Passive Formula	----------
Active Formula	TAUMOD=O [SM] TAUMOD=(0.35*LF*1000)/(0.71*BW) [MM]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LK	
Analog Value	5
Digital Value	0.25
Range	500<LK<0.01
Passive Formula	----------
Active Formula	FL=LK*LF

LF	
Analog Value	1
Digital Value	100
Range	5000<LF<0.001
Passive Formula	----------
Active Formula	TAUDISP=MD*DW*LF*0.001 FL=LK*LF RF=[(MD*DW*LF*0.001)^2+RSF^2]^0.5 TAUMOD=O [SM] TAUMOD=(0.35*LF*1000)/(0.71*BW) [MM]

NA	
Analog Value	0.24
Digital Value	0.1
Range	0.6<NA<0.02
Passive Formula	----------
Active Formula	NALOSS=NALOSS-3 [SI] NALOSS=10*LOG(NA)^2 [GI]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOSS1	
Analog Value	12.4
Digital Value	3
Range	----------
Passive Formula	LOSS1 = ABS(LOSS1)
Active Formula	LMARGIN=(PSR-FL-LOSS1-LOSSC-LOSSS)-(PSEN) TOTLOSS=-FL-LOSS1-LOSSS-LOSSC

TAUMOD	
Analog Value	----------
Digital Value	----------
Range	----------
Passive Formula	TAUMOD=O [SM] TAUMOD=(0.35*LF*1000)/(0.71*BW) [MM]
Active Formula	RTF=SQR(TAUDISP^2+TAUMOD^2)

TAUDISP	
Analog Value	----------
Digital Value	----------
Range	----------
Passive Formula	TAUDISP=MD*DW*LF*0.001
Active Formula	RTF=SQR(TAUDISP^2+TAUMOD^2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NALOSS	
Analog Value	----------
Digital Value	----------
Range	----------
Passive Formula	NALOSS=NALOSS-3 [SI] NALOSS=10*LOG(NA)^2 [GI]
Active Formula	----------

NOS	
Analog Value	2
Digital Value	50
Range	NOS<0,[NOS=0;LOSS=0]
Passive Formula	----------
Active Formula	LOSSS=LPS*NOS

LPS	
Analog Value	0.2
Digital Value	0.1
Range	LPS<0
Passive Formula	----------
Active Formula	LOSSS=LPS*NOS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOC	
Analog Value	2
Digital Value	2
Range	NOC<0,[NOC=0;LOSSC=0]
Passive Formula	----------
Active Formula	LOSSC=LPC*NOC

LPC	
Analog Value	1
Digital Value	1
Range	LPC<0
Passive Formula	----------
Active Formula	LOSSC=LPC*NOC

PSR	
Analog Value	----------
Digital Value	----------
Range	----------
Passive Formula	PSR=10*Log[P1]
Active Formula	LMARGIN=(PSR-FL-LOSS1-LOSSC-LOSSS)-(PSEN) TOTLOSSPSR=TOTLOSS+PSR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LOSSC	
Analog Value	----------
Digital Value	----------
Range	----------
Passive Formula	LOSSC=LPC*NOC
Active Formula	TOTLOSS=-FL-LOSS1-LOSSS-LOSSC LMARGIN=(PSR-FL-LOSS1-LOSSC-LOSSS)-(PSEN)

LOSSS	
Analog Value	----------
Digital Value	----------
Range	----------
Passive Formula	LOSSS=LPS*NOS
Active Formula	LMARGIN=(PSR-FL-LOSS1-LOSSC-LOSSS)-(PSEN) TOTLOSS=-FL-LOSS1-LOSSS-LOSSC

FL	
Analog Value	----------
Digital Value	----------
Range	----------
Passive Formula	----------
Active Formula	LMARGIN=(PSR-FL-LOSS1-LOSSC-LOSSS)-(PSEN) TOTLOSS=-FL-LOSS1-LOSSS-LOSSC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TOTLOSS	
Analog Value	----------
Digital Value	----------
Range	----------
Passive Formula	TOTLOSS=-FL-LOSS1-LOSSS-LOSSC
Active Formula	TOTLOSSPSR=TOTLOSS+PSR

LMARGIN	
Analog Value	----------
Digital Value	----------
Range	----------
Passive Formula	LMARGIN=(PSR-FL-LOSS1-LOSSC-LOSSS)-(PSEN)
Active Formula	----------

RTF	
Analog Value	----------
Digital Value	----------
Range	----------
Passive Formula	RTF=SQR(TAUDISP^2+TAUMOD^2)
Active Formula	RTACTUAL=SQR(RTSR^2+RTPD^2+RTF^2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

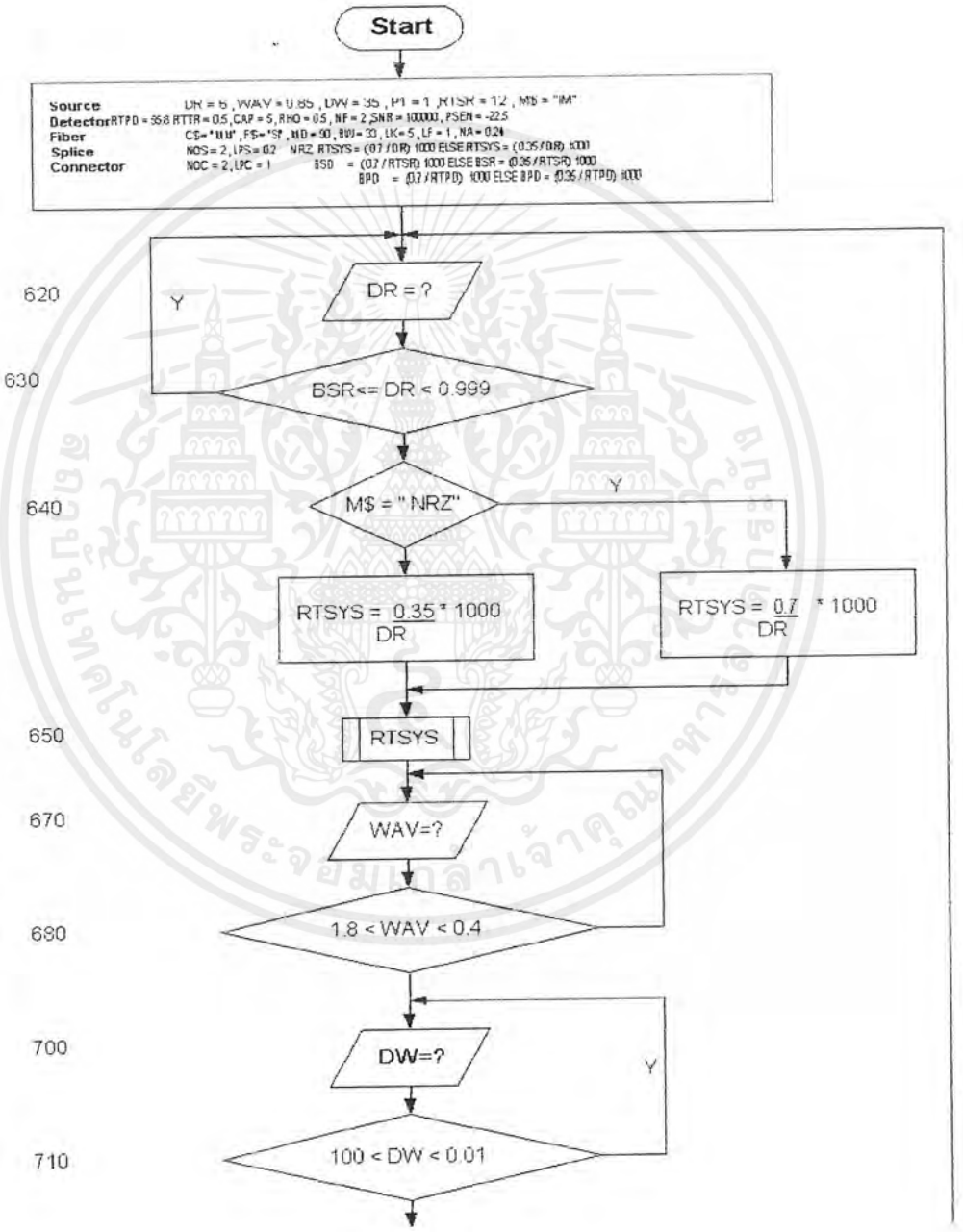
RTRC	
Analog Value	----------
Digital Value	----------
Range	----------
Passive Formula	RTRC=SQR(RTPD^2-RTTR^2)
Active Formula	RL=RTRC/(2.19*CAP)

RTACTUAL	
Analog Value	----------
Digital Value	----------
Range	----------
Passive Formula	RTACTUAL=SQR(RTSR^2+RTPD^2+RTF^2)
Active Formula	----------

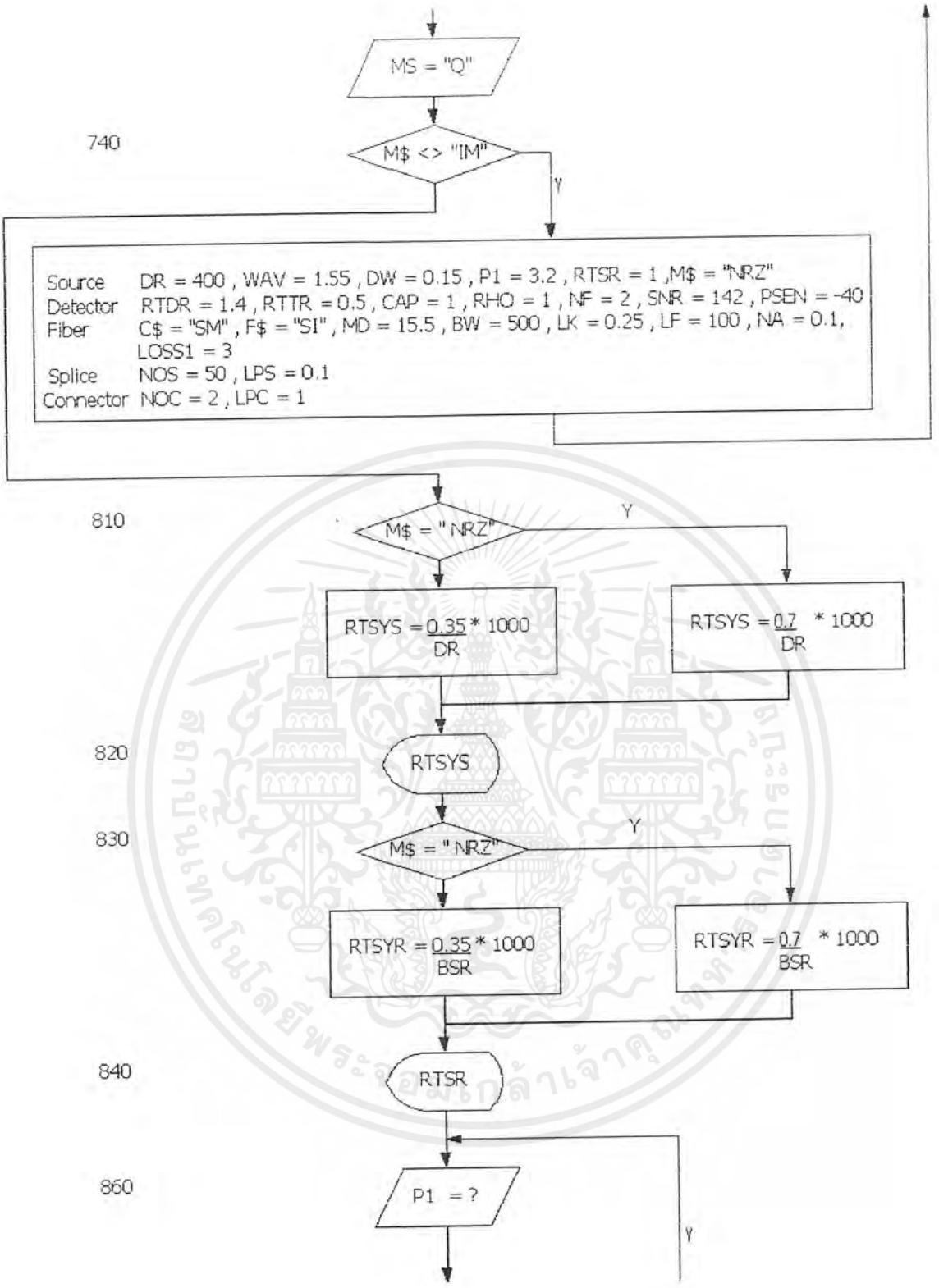
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

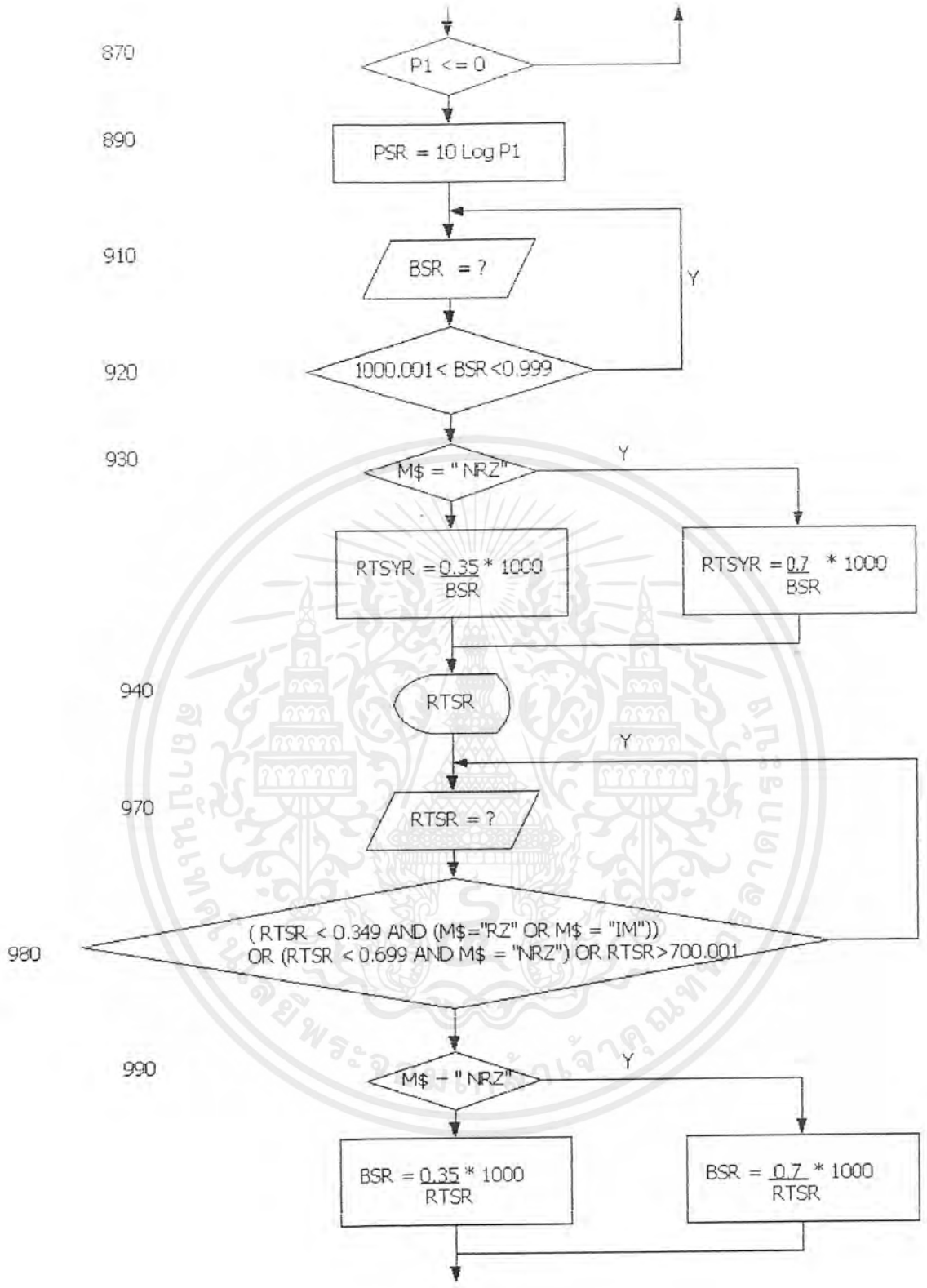
โฟลชาร์ท



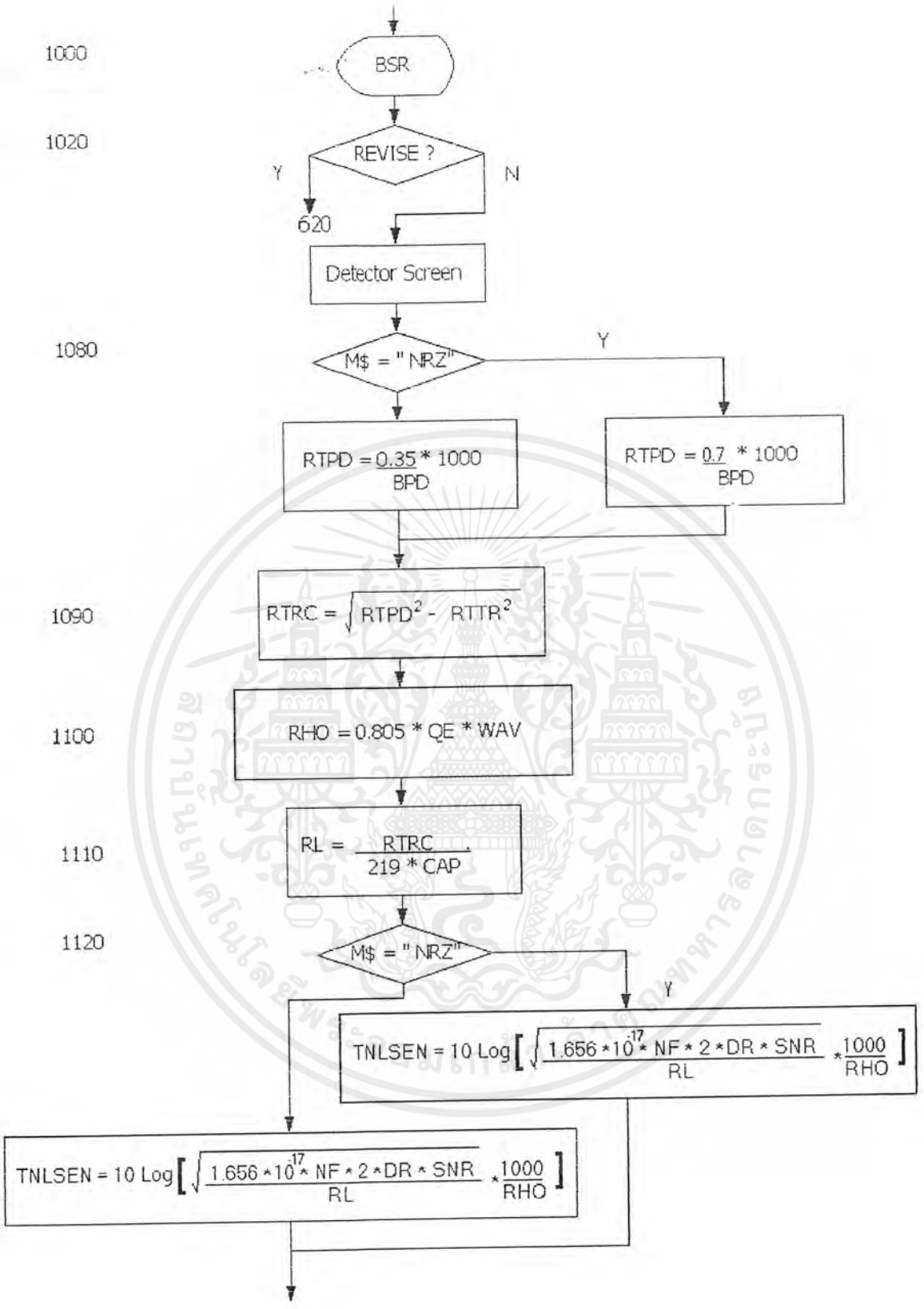
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



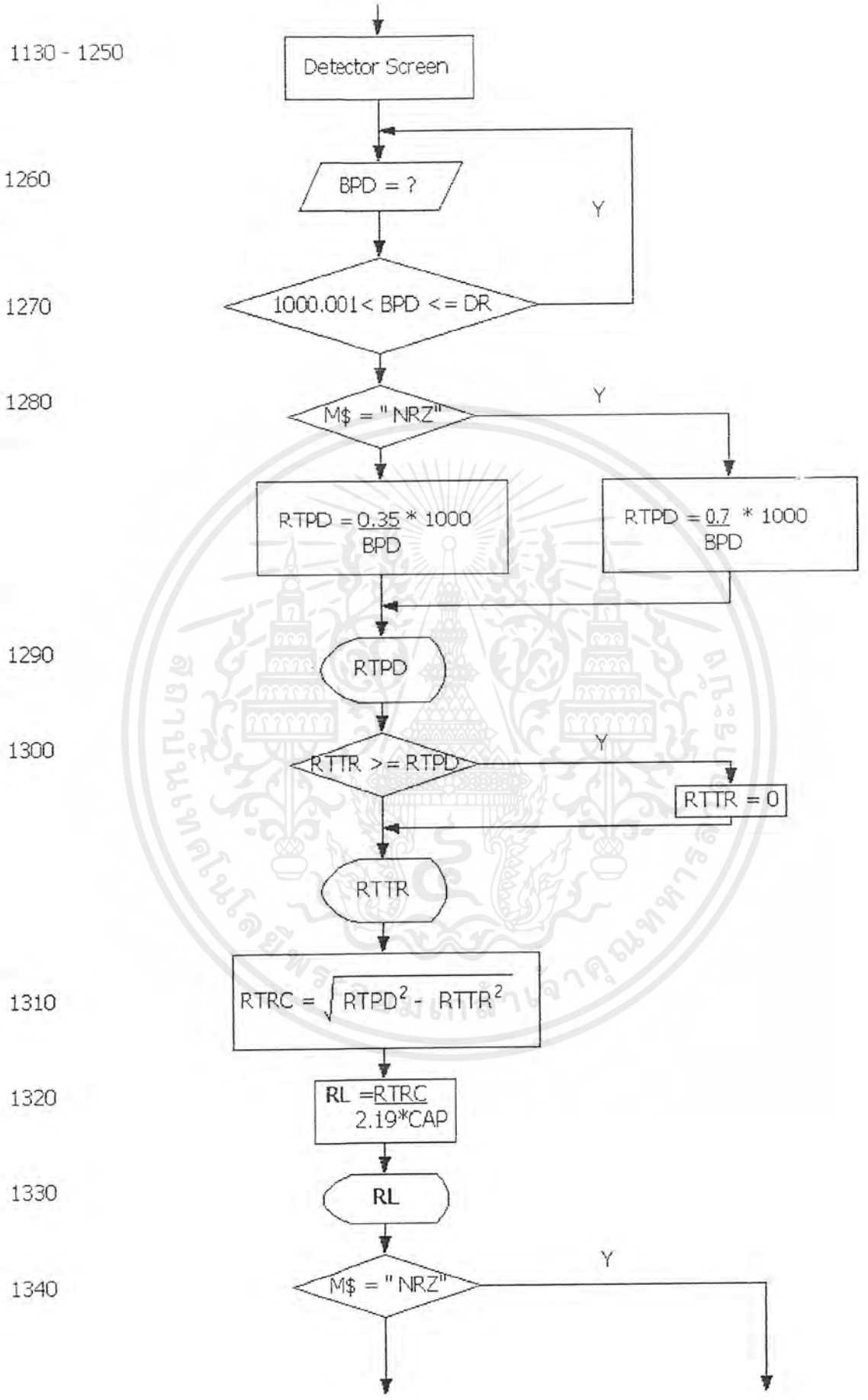
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



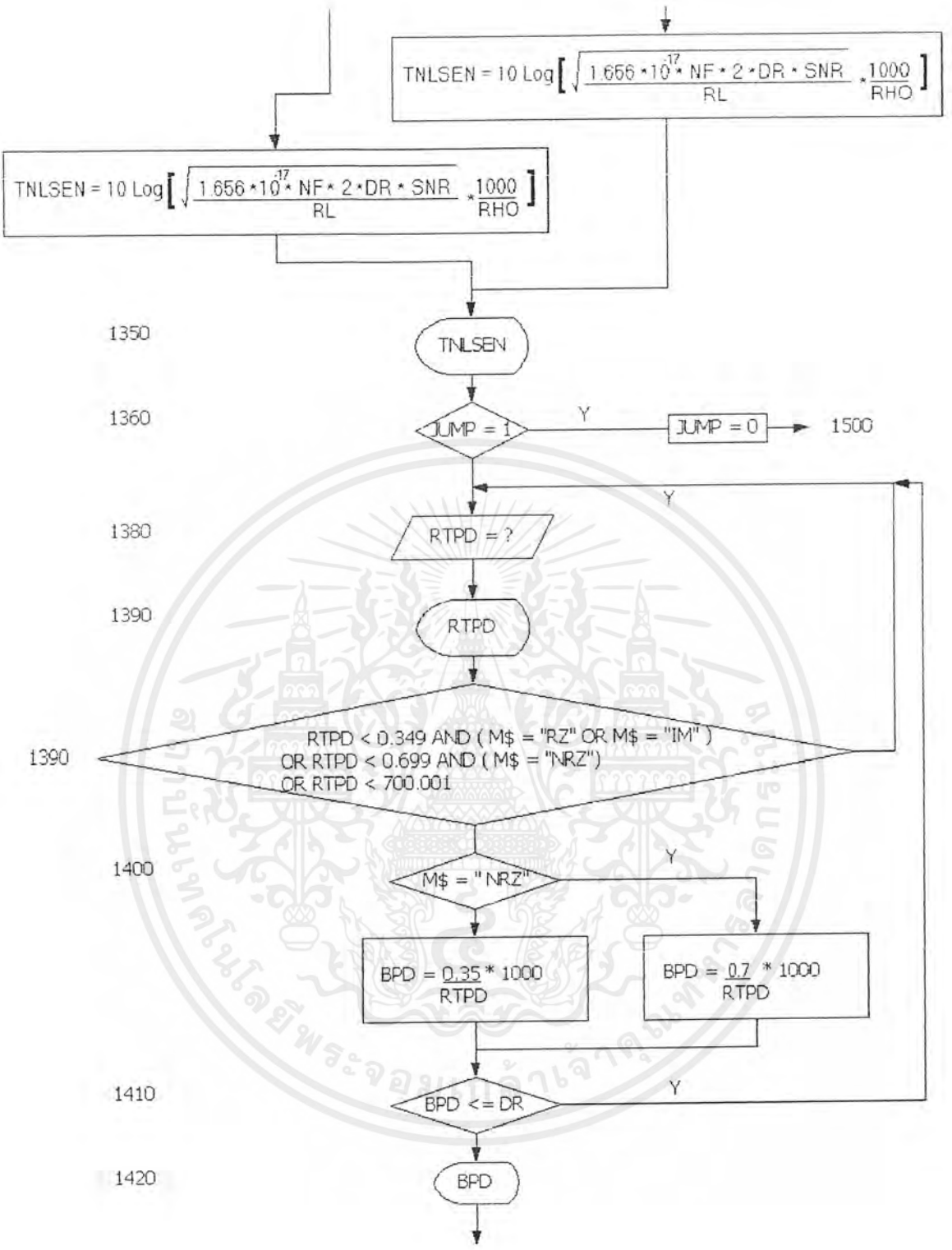
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



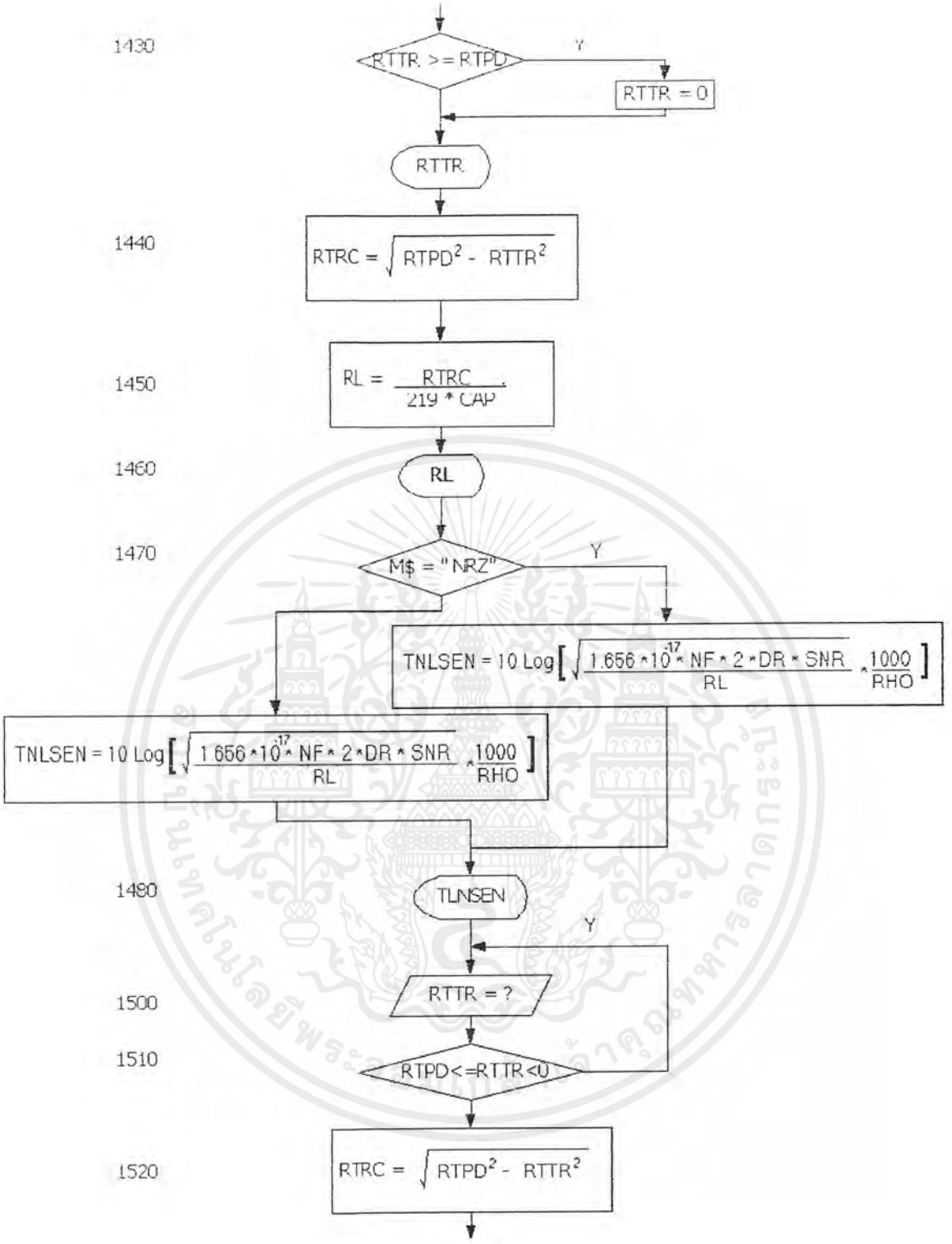
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



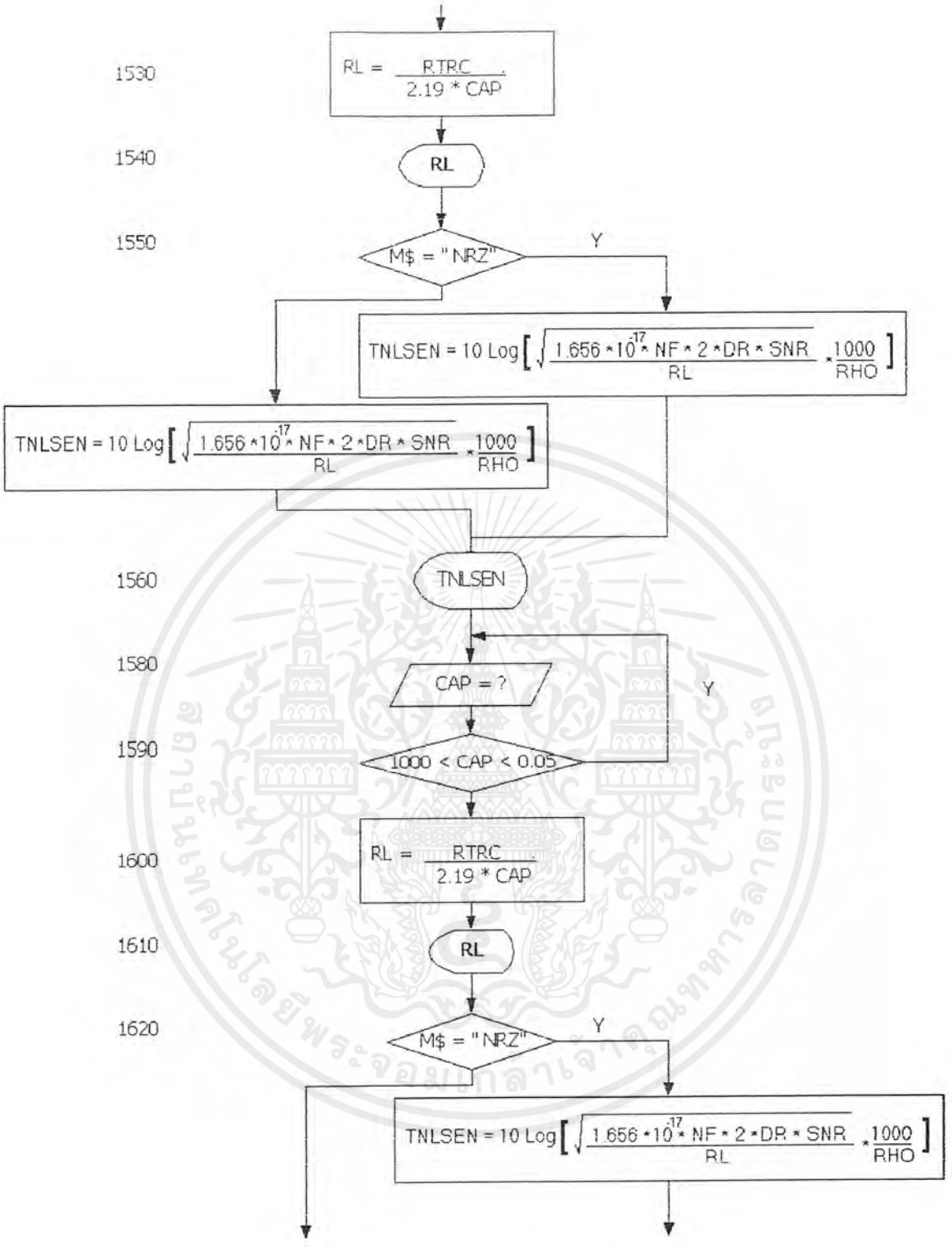
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



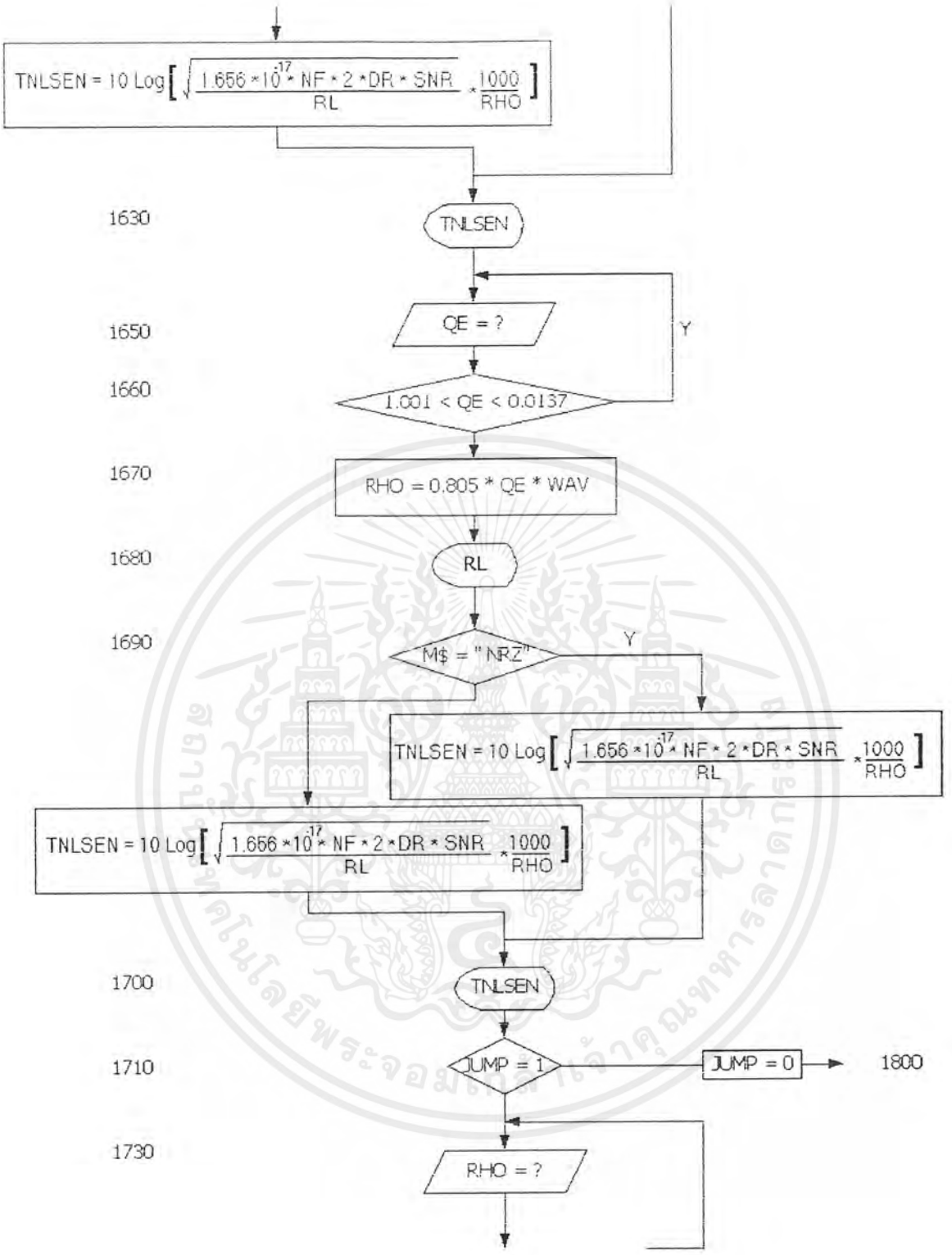
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



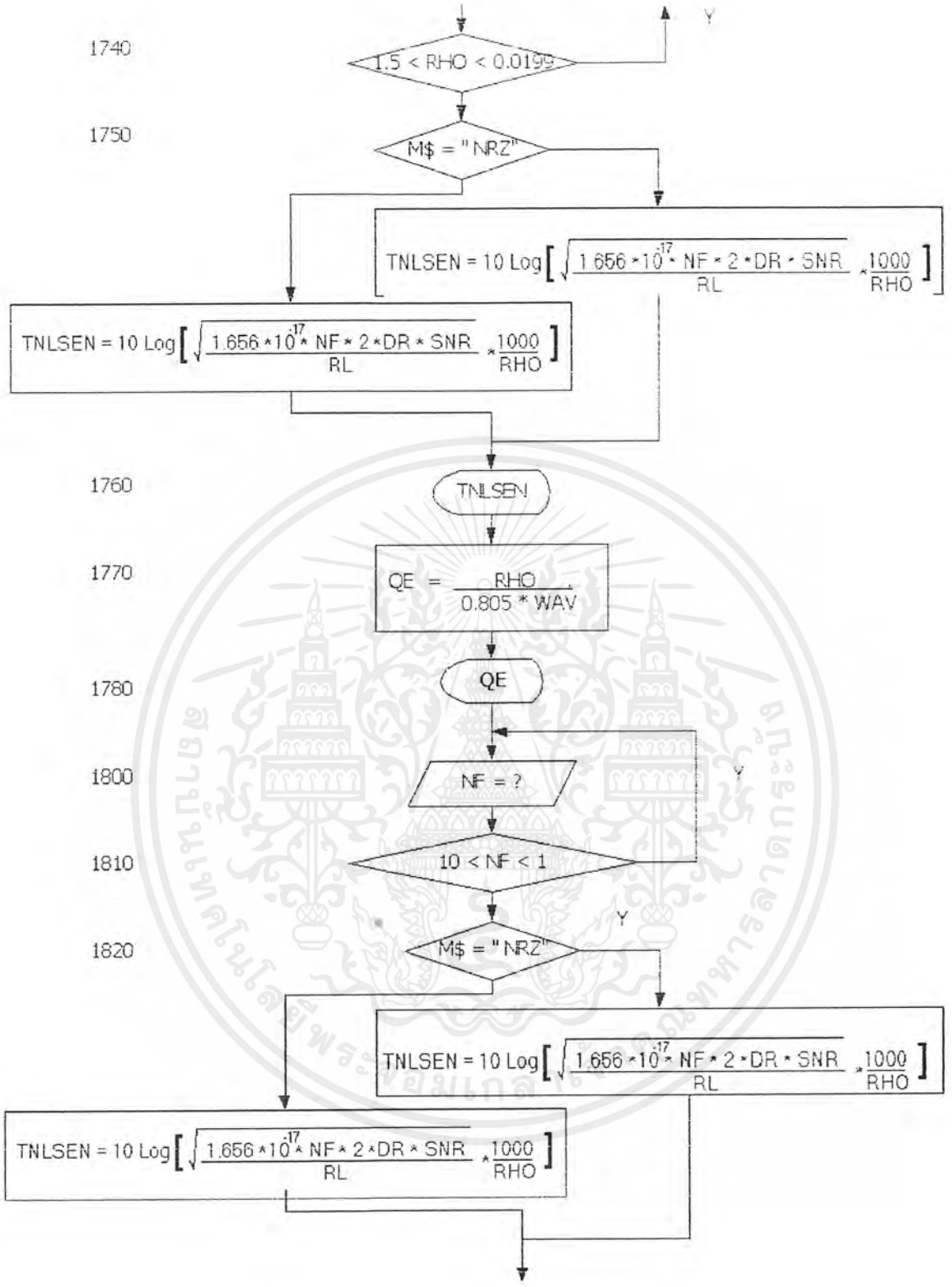
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



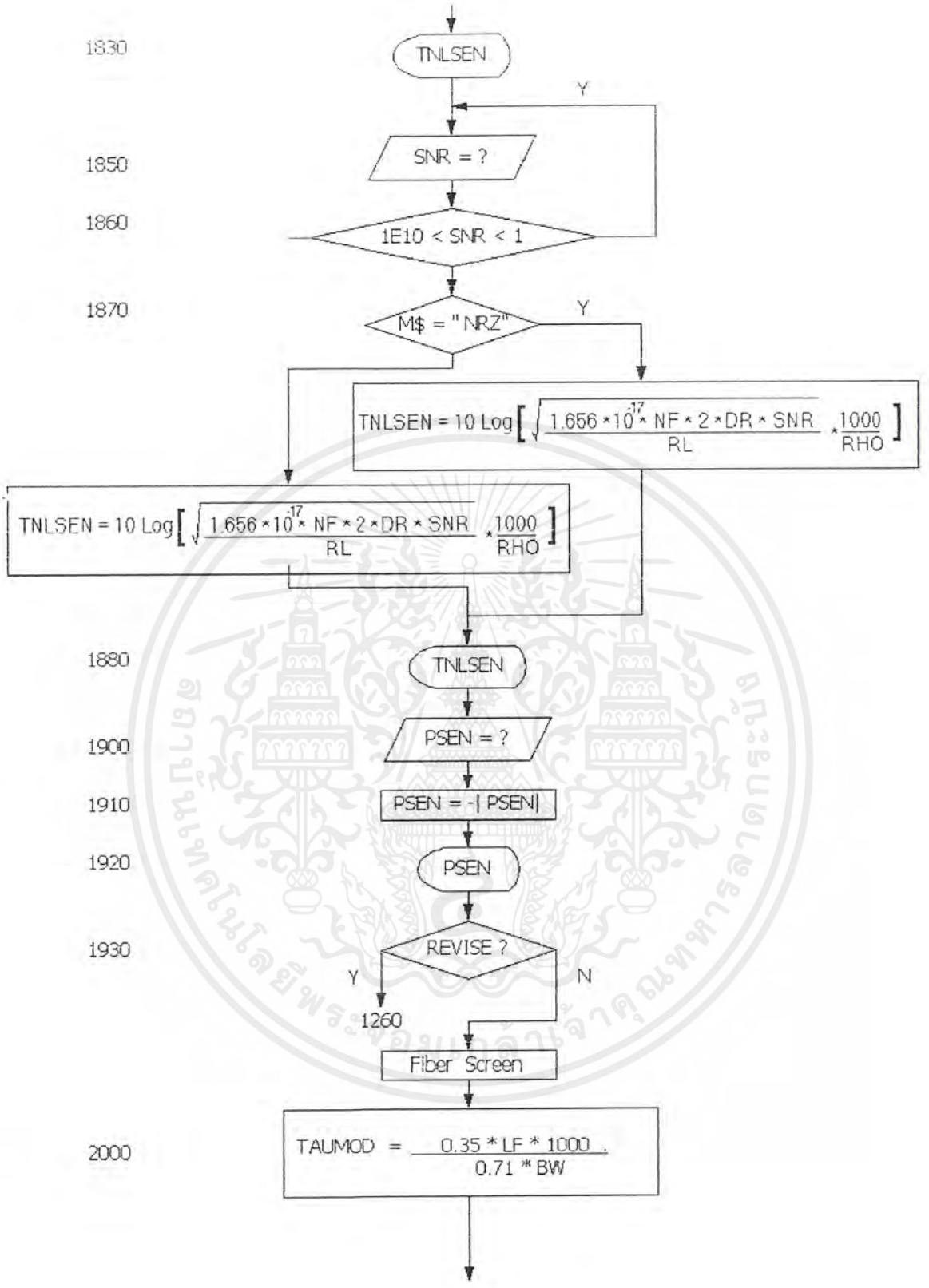
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



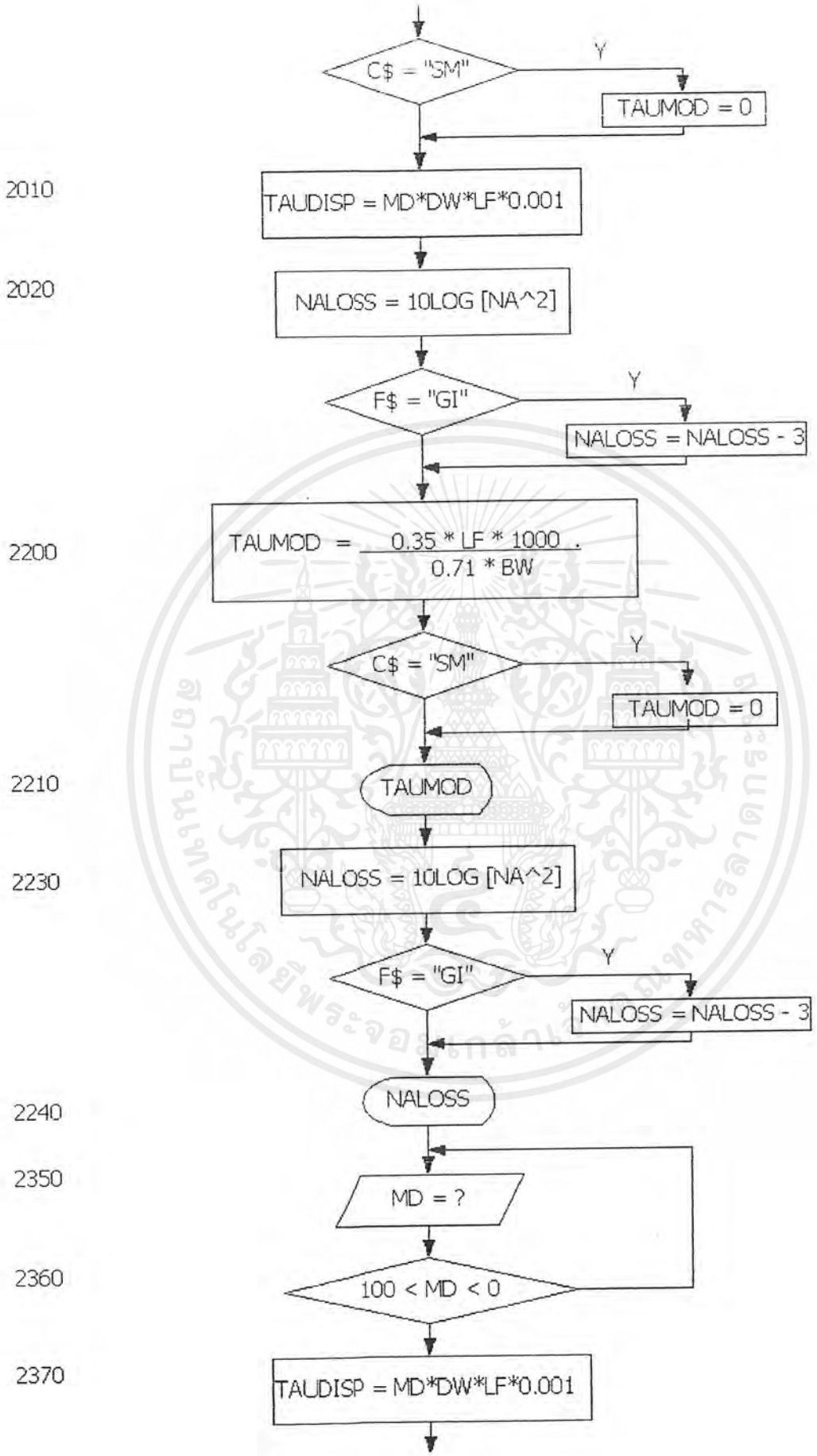
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



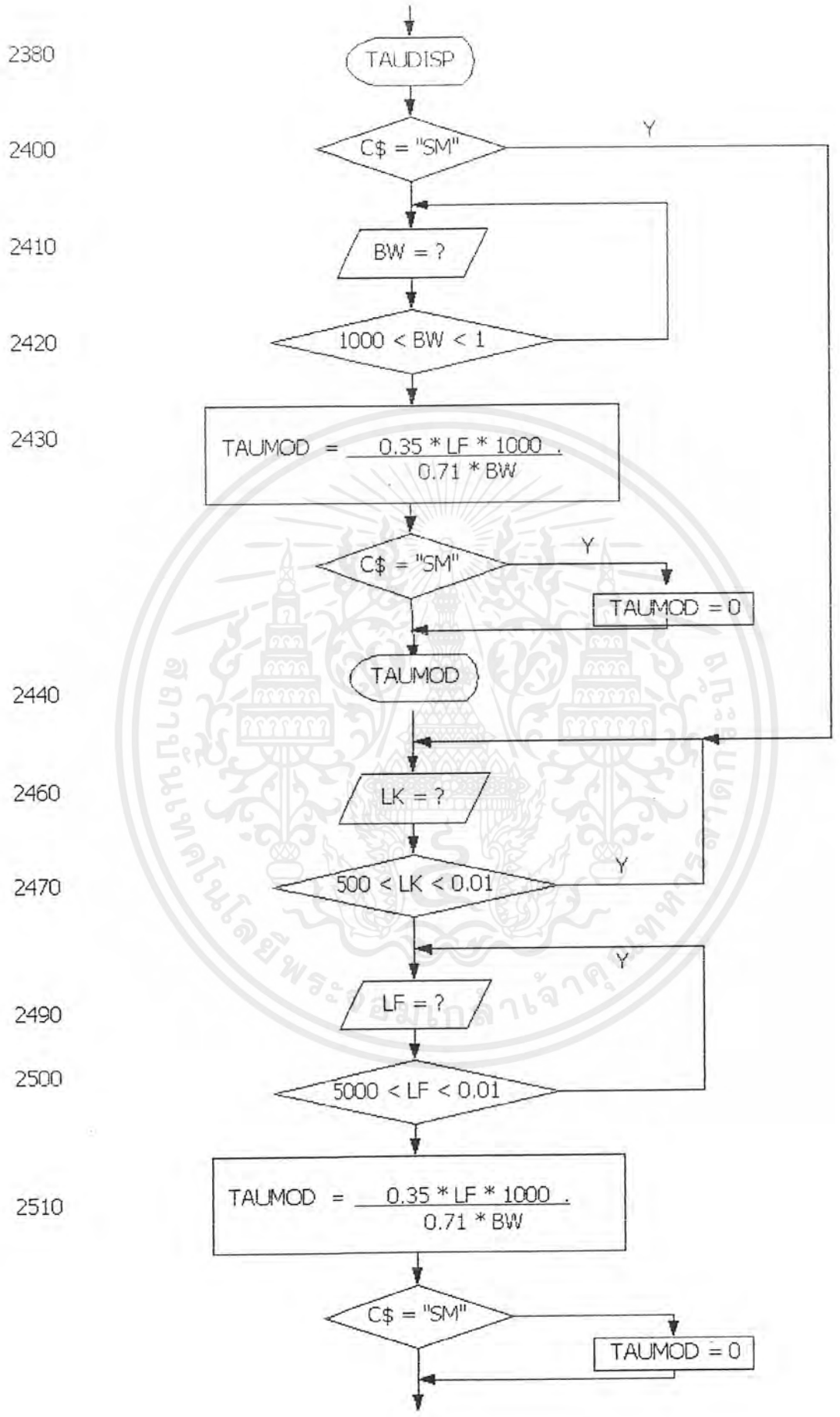
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



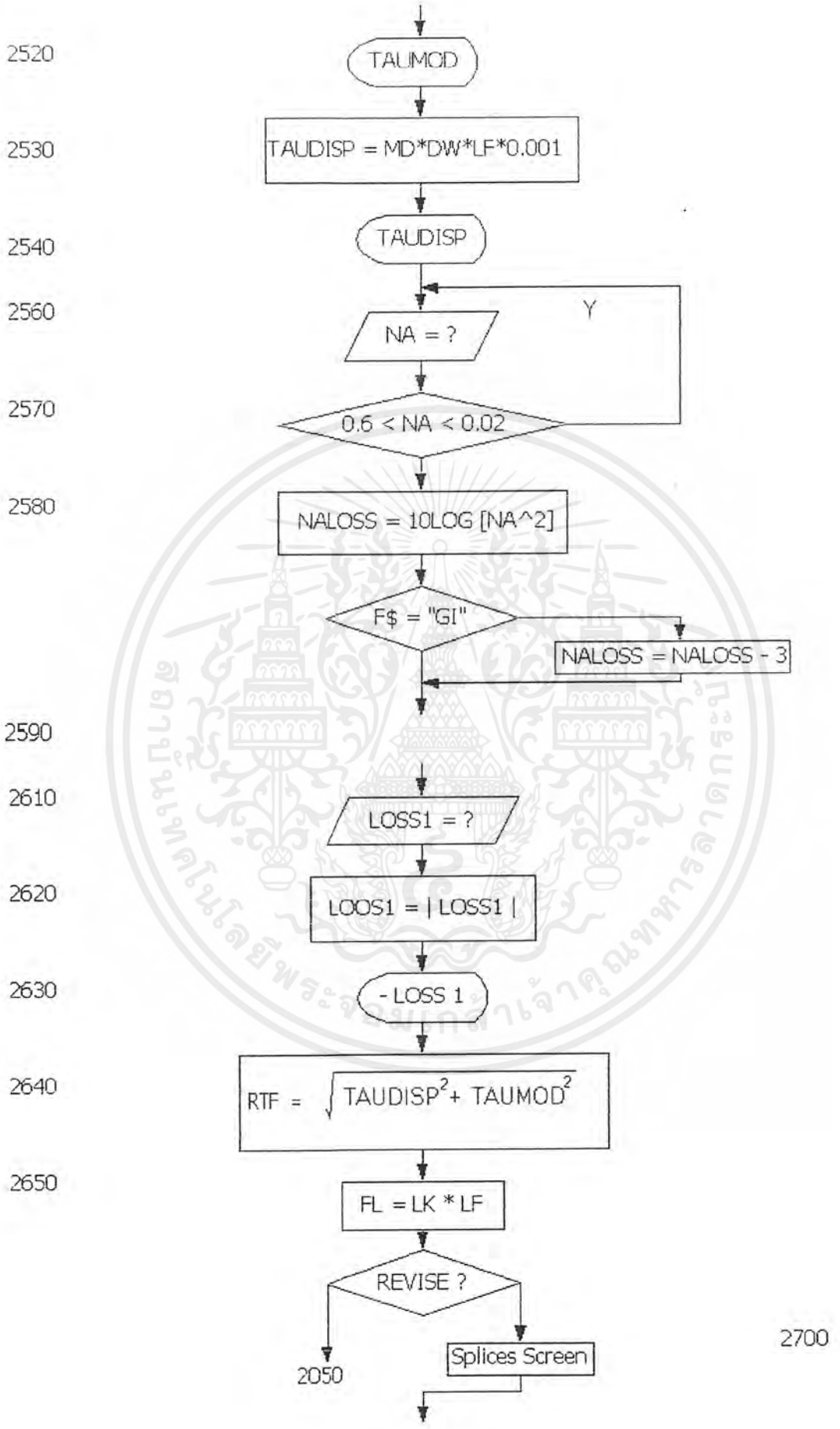
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



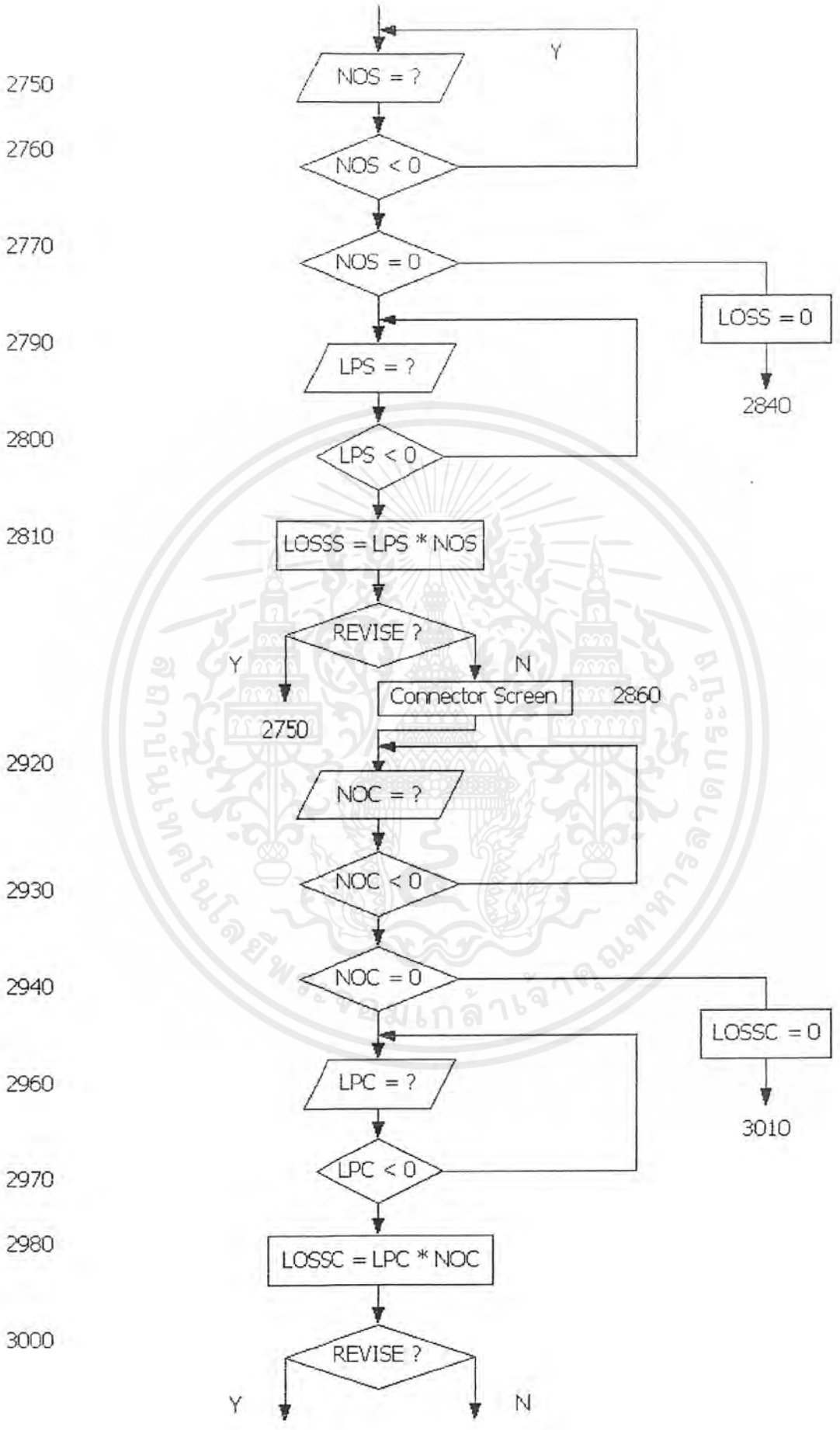
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



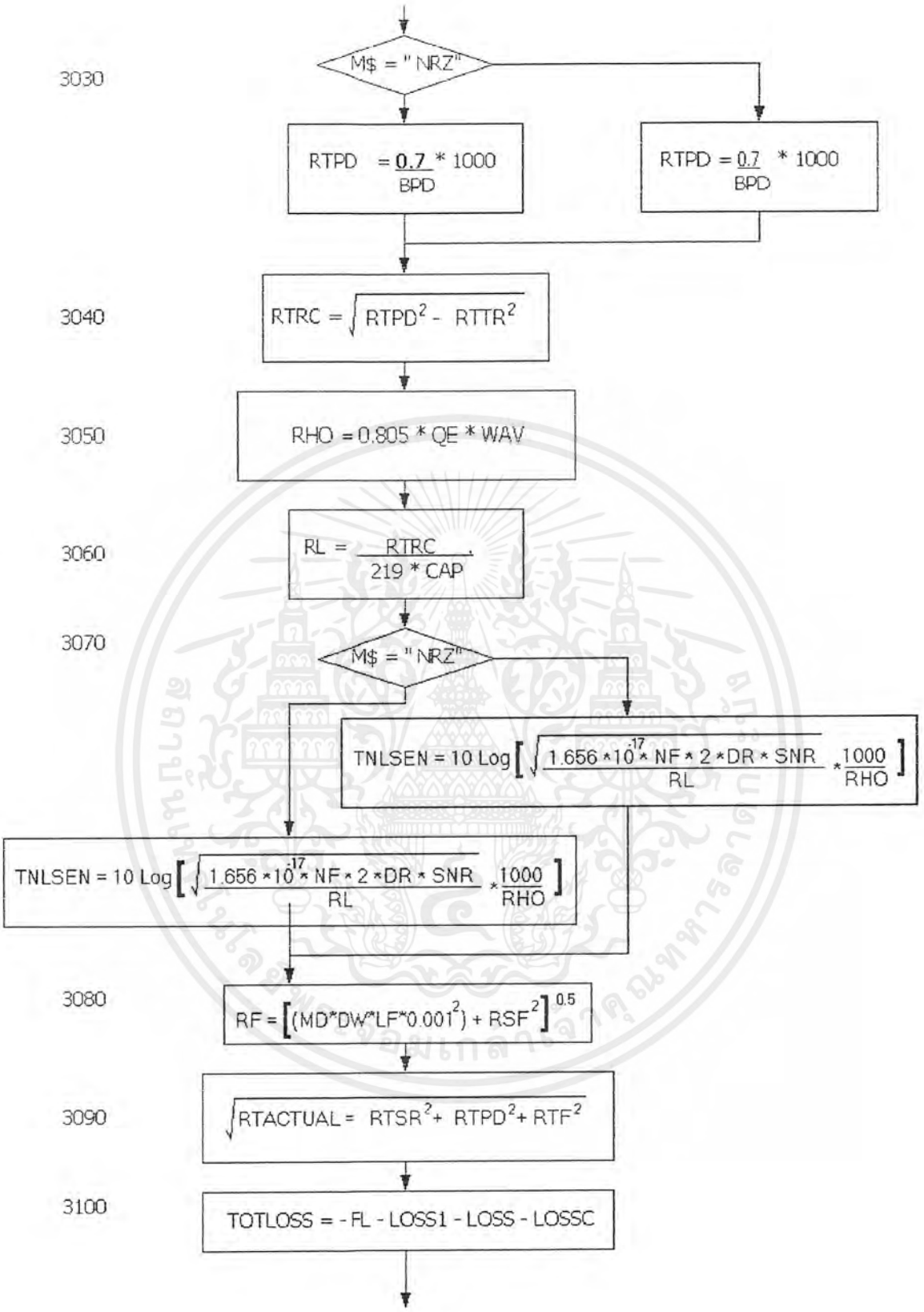
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



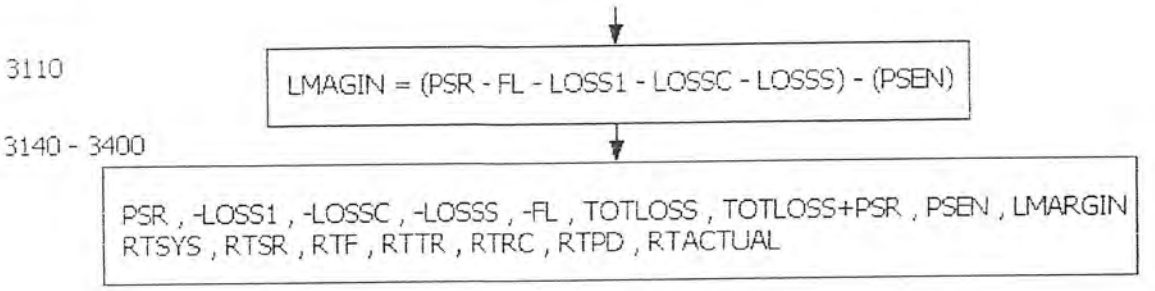
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้