การออกแบบและสร้างชุดรับ - ส่งข้อมูลเชิงเลขที่ใช้แสงอินฟราเรดส่งผ่านบรรยากาศ

นายฉัตรชัย พงษ์มาลา

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2528

ISBN 974-564-380-7

009974

I15333188

THE DESIGN AND CONSTRUCTION OF A DIGITAL TRANSMITTER AND RECEIVER SET BY MEANS OF INFRARED LIGHT TRANSMISSION VIA ATMOSPHERIC MEDIA

MR. CHATCHAI PONGMALA

A Thesis submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Electrical Engineering

Department of Electrical Engineering

Graduate School

Chulalongkorn University

1985

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การออกแบบและสร้างชุดรับ - ส่งข้อมูลเชิงเลขที่ใช้แสงอินฟราเรดส่งผ่านบรรยากาศ
โดย	นายฉัตรชัย พงษ์มาลา
ภาควิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต โรจน์อารยานนท์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	อาจารย์ บุญชัย โสวรรณวณิชกุล

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สุประดิษฐ์ บุนนาค)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ประพิฒมงคลการ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ศรีไพพรรณ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกชัย ลีลารัศมี)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต โรจน์อารยานนท์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ บุญชัย โสวรรณวณิชกุล)

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การออกแบบและสร้างชุดรับ - ส่งข้อมูลเชิงเลขที่ใช้แสงอินฟราเรดส่งผ่านบรรยากาศ

ชื่อนิสิต นาย ฉัตรชัย พงษ์มาลา

อาจารย์ที่ปรึกษา รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต โรจน์อารยานนท์

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์ บุญชัย โสวรรณวนิชกุล

ภาควิชา วิศวกรรมไฟฟ้า

ปีการศึกษา 2527

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวกับการส่งและรับสัญญาณข้อมูลเชิงเลขที่ใช้แสงอินฟราเรดส่งผ่านบรรยากาศซึ่งเป็นระบบการสื่อสารแบบใหม่ที่น่าสนใจมากระบบหนึ่ง โดยในขั้นแรกได้ทำการศึกษาข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ประกอบการออกแบบระบบซึ่งได้แก่ การเลือกใช้แหล่งกำเนิดแสงและอุปกรณ์รับแสง การวัดประสิทธิภาพของระบบเลนซ์และการทดลองวงจรภาคส่งและภาครับ จากนั้นได้ทำการออกแบบและสร้างชุดรับ - ส่งสัญญาณข้อมูลเชิงเลขโดยใช้ไดโอดเปล่งแสงเป็นแหล่งกำเนิดแสง และใช้โฟโตไดโอดเป็นอุปกรณ์รับแสง ชุดอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นนี้สามารถส่งข้อมูลที่มีความเร็ว 2 เมกกะบิทต่อวินาที และเมื่อใช้ชุดที่สร้างขึ้นเป็นชุดทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ของการลดทอนของลำแสงที่ความยาวคลื่น 0.865 ไมโครเมตร ได้พบว่ามีค่าประมาณ 1.5 km^{-1} จากผลการวัดกำลังแสงและการทำงานที่ระยะทางต่าง ๆ จนถึงระยะทาง 200 เมตร ปรากฏว่าสามารถส่งและรับข้อมูลอัตรา 2 เมกกะบิทต่อวินาที ได้เป็นอย่างดี และเมื่อนำผลการวัดมาประกอบการคำนวณพบว่าชุดอุปกรณ์นี้จะสามารถใช้งานในระยะทางประมาณ 620 เมตรได้ดี เมื่อมีการปรับปรุงให้ไดโอดเปล่งแสงมีกำลังส่งสูงขึ้นถึง 10 มิลลิวัตต์ จากเดิมที่มีค่าประมาณ 3 มิลลิวัตต์

Thesis Title	The Design and Construction of a Digital Transmitter and Receiver set by means of Infrared Light Transmission Via Atmospheric Media
Name	Mr. Chatchai Pongmala
Thesis advisor	Associate Professor Bandhit Rojarayanont Ph.D
Thesis co-advisor	Boonchai Sowanwanichakul
Department	Electrical Engineer
Academic Year	1984

Abstract

This thesis described the design and construction of a digital transmitter and receiver set by means of infrared light transmission via atmospheric media. The basic studies, such as the selection of light source and photodiode, the measurement of coupling efficiency and the response of light source's driving circuit and photodetector circuit have been done. The constructed digital transmitting and receiving sets had a capability of transmitting 2 Mb/s digital signal and have been used to determine the attenuation coefficient of 0.865 μm infrared light which was found to be approximately 1.5 km^{-1}. From the experimental results on light power measurements which was conducted at distance up to 200 meters, it can be shown that the transmitting and receiving sets had a capability of transmitting 2 Mb/s over 620 meters distance. The power output of the light source experimented was 3 mW and can be improved to 10 mW.

กิตติกรรมประกาศ

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต โรจน์อารยานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาสละเวลาให้ความรู้ คำแนะนำ และทำการตรวจสอบ จนวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จด้วยดี และข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชาตรี ศรีไพพรรณ, รองศาสตราจารย์ ดร.ประสิทธิ์ ประพิณมงคลการ, ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุยุชน์ สัตยประกอบ และอาจารย์ บุญชัย โสวรรณวณิชกุล ที่ได้ให้คำวิจารณ์ที่เป็นประโยชน์เกี่ยวกับการทำวิทยานิพนธ์นี้

วิทยานิพนธ์นี้มิใช่ผลงานของข้าพเจ้าแต่ผู้เดียว หากแต่สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือและแนะนำจากท่านผู้มีพระคุณหลายท่าน และขอขอบคุณคณะนิสิตห้องปฏิบัติการวิจัยระบบไฟฟ้าสื่อสารที่มีส่วนให้กำลังใจและช่วยเหลือการวิจัยด้วยดีตลอดมา อีกทั้งขอขอบคุณ คุณ ธีรพงษ์ ประทุมศิริ ครูปฏิบัติการประจำห้องปฏิบัติการวิจัยระบบไฟฟ้าสื่อสาร ที่เป็นกำลังสำคัญตลอดการวิจัยจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี พร้อมทั้ง คุณ วราพร ศิลา และ คุณ ประพิศ อิ่มประไพ แห่งคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความหมายของระบบสื่อสารโดยใช้แสง 1

1.2 จุดมุ่งหมายและวิธีดำเนินการวิจัย 4

บทที่ 2 โครงสร้างและหลักการออกแบบระบบสื่อสารข้อมูลเชิงเลขที่ใช้แสงอินฟราเรดส่งผ่านบรรยากาศ

2.1 โครงสร้างของระบบการสื่อสารข้อมูลเชิงเลขที่ใช้แสงอินฟราเรดส่งผ่านบรรยากาศ 5

2.2 หลักการออกแบบระบบสื่อสารข้อมูลเชิงเลขที่ใช้แสงอินฟราเรดส่งผ่านบรรยากาศ 8

2.3 ผลการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลพื้นฐาน 13

2.4 สรุปผลการทดลอง 19

บทที่ 3 การออกแบบวงจรภาคส่งและภาครับ

3.1 การออกแบบวงจรภาคส่ง 20

3.2 การออกแบบวงจรภาครับ 24

3.3 บทสรุป 40

บทที่ 4 การออกแบบและสร้างชุดรับ - ส่งข้อมูลเชิงเลขที่ใช้แสงอินฟราเรดส่งผ่านบรรยากาศ

4.1 การเลือกใช้อุปกรณ์และการออกแบบระบบเลนซ์ 41

4.2 การออกแบบวงจรภาคส่ง 43

หน้า

4.3 การออกแบบวงจรภาครับ 46

4.4 ผลการทดสอบวงจร 51

4.5 การทดลอง เพื่อหาข้อมูลการกระจายแสงและ เพื่อคำนวณหาระยะทางที่ส่งได้จากชุดใช้งาน 57

4.6 ผลการทดลองจากการติดตั้งที่ระยะทาง 200 เมตร 68

4.7 บทสรุป 76

บทที่ 5 บทสรุป

เอกสารอ้างอิง 83

ภาคผนวก ก. การออกแบบวงจร เพื่อใช้ในการทดลอง

1. การออกแบบวงจรภาคส่งทดลอง 85

2. การออกแบบวงจรขยายกระแสจากโฟโตไดโอด เป็นแรงดัน 87

3. การออกแบบวงจรขยายสัญญาณจากโฟโตไดโอดโดยใช้ออปแอมป์ 90

ภาคผนวก ข. การออกแบบวงจรรับ - ส่งข้อมูล

1. ภาคส่ง 95

2. ภาครับ 99

ภาคผนวก ค. รายละเอียด Specification ของอุปกรณ์ที่ใช้

1. LED เบอร์ FED 081W 113

2. PIN PD เบอร์ TIL 100 117

3. Transistor เบอร์ BF 241 119

4. IC เบอร์ 75451B 125

5. IC เบอร์ μA 710 126

6. IC เบอร์ μA 733 130

7. วงจรสมบูรณ์ภาคส่งของชุดใช้งาน 136

8. วงจรสมบูรณ์ภาครับของชุดใช้งาน 137

9. วงจรสมบูรณ์ของภาคดีเทคเตอร์ 138

ประวัติผู้เขียน 139

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ผลการวัดมุมลู่ออกของลำแสง 17

ตารางที่ 2.2 ค่าการปั่นทอนพลังงานแสงที่คำนวณจากการทดลอง 18

ตารางที่ 4.1 ค่าสัมประสิทธิ์ของการลดทอนของแสงในบรรยากาศที่สภาพอากาศ
ต่าง ๆ กัน 58

ตารางที่ 4.2 ผลการวัดกำลังแสงที่ระยะทางต่าง ๆ 59

ตารางที่ 5.1 คุณสมบัติชุดส่ง - รับสัญญาณแสงที่สร้างขึ้น 81

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 1.1 ระบบการสื่อสารโดยใช้แสง 3

รูปที่ 2.1 โครงสร้างของระบบสื่อสารข้อมูลเชิงเลขที่ใช้แสงอินฟราเรดส่งผ่านบรรยากาศ 6

รูปที่ 2.2 ความสามารถในการส่งผ่านของแสงในบรรยากาศ 7

รูปที่ 2.3 สายอากาศทางแสงแบบช่องเปิดทรงกลม 9

รูปที่ 2.4 ภาพแสดงการเกิดการหักเหของสายอากาศ 10

รูปที่ 2.5 รูปแพทเทอร์นกำลังคลื่นของสายอากาศช่องเปิดกลม 12

รูปที่ 2.6 แสดงสัดส่วนของพลังงานที่เกิดรอบศูนย์กลางของรูปที่ 2.5 12

รูปที่ 2.7 รูปแบบการกระจายการส่องสว่างของ LED เบอร์ OC-1 15

รูปที่ 3.1 คุณลักษณะทางด้านแรงดัน - กระแสของไดโอดทั่ว ๆ ไป 21

รูปที่ 3.2 วงจรสมมูลย์ของ LED 21

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างวงจรภาคส่ง 23

รูปที่ 3.4 ส่วนประกอบของวงจรภาครับ 25

รูปที่ 3.5 วงจรสมมูลย์ของ PIN PD 26

รูปที่ 3.6 วงจรทดสอบคุณสมบัติของโฟโตไดโอด 27

รูปที่ 3.7 การตอบสนองความถี่ของ PD - 80PI 28

รูปที่ 3.8 การตอบสนองความถี่ของ TIL 100 29

รูปที่ 3.9 วงจรขยายกระแสจากโฟโตไดโอดโดยตรง 30

รูปที่ 3.10 วงจรขยายสัญญาณจากโฟโตไดโอดโดยใช้ทรานซิสเตอร์ในย่านแอคทีฟ 31

รูปที่ 3.11 วงจรขยายกระแสจากโฟโตไดโอดเป็นแรงดันโดยใช้ทรานซิสเตอร์ 2 ตัว 32

รูปที่ 3.12 วงจรที่ใช้ออปแอมป์ขยายเพิ่ม 32

รูปที่ 3.13 วงจรขยายสัญญาณจากโฟโตไดโอดโดยใช้ออปแอมป์ 33

รูปที่ 3.14 การเปลี่ยนแปลงระดับสัญญาณภาคอะนาลอกเนื่องจากสภาพแวดล้อม 35

รูปที่ 3.15 โครงสร้างของวงจรภาคดีเทคเตอร์ 36

รูปที่ 3.16 หลักการทำงานของวงจรภาคดีเทคเตอร์ 37

หน้า

รูปที่ 3.17 วงจรดีเทคเตอร์ 38
รูปที่ 3.18 ผลการทำงานของวงจรดีเทคเตอร์ 39
รูปที่ 4.1 เลนซ์ที่ใช้งาน 42
รูปที่ 4.2 โครงสร้างกรวยอลูมิเนียมยึดเลนซ์ 43
รูปที่ 4.3 วงจรการแมทช์อิมพีแดนซ์และภาคส่ง 44
รูปที่ 4.4 วงจรขยายกระแสจากโฟโตไดโอด 46
รูปที่ 4.5 วงจรขยายอะนาลอก 48
รูปที่ 4.6 วงจรดีเทคเตอร์ 49
รูปที่ 4.7 Wave form ของการเปรียบเทียบ 50
รูปที่ 4.8 กราฟแสดงการตอบสนองความถี่ของวงจรภาคต้น 53
รูปที่ 4.9 กราฟแสดงการตอบสนองความถี่ของวงจรขยายภาคอะนาลอก 53
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงการตอบสนองความถี่รวมของภาครับ 53
รูปที่ 4.11 ผลการรับและแปลงสัญญาณสี่เหลี่ยมที่ความถี่ 2 MHz 54
รูปที่ 4.12 ผลการรับและแปลงสัญญาณข้อมูลแบบไบเฟส 54
รูปที่ 4.13 รูปแสดงการเคลื่อนตัวของเฟสที่ภาคอะนาลอก 55
รูปที่ 4.14 รูปแสดงการเคลื่อนตัวของเฟสของสัญญาณทีทีแอลที่ทางออก 55
รูปที่ 4.15 รูปชุดรับ - ส่งสัญญาณข้อมูลเชิงเลขที่สร้างขึ้น 56
รูปที่ 4.16 รูปชุดรับ - ส่งสัญญาณข้อมูลที่สร้างขึ้น 56
รูปที่ 4.17 การกระจายแสงของ LED หน้าเลนซ์ 61
รูปที่ 4.18 การกระจายแสงของ LED ที่ระยะทาง 15 เมตร 62
รูปที่ 4.19 การกระจายแสงของ LED ที่ระยะทาง 50 เมตร 63
รูปที่ 4.20 ภาคแสดงการกระจายคลื่นที่ระยะทาง 150 เมตร 64
รูปที่ 4.21 กำลังแสงที่รับได้ที่ระยะทางต่าง ๆ โดยใช้เลนซ์ขนาด 7 ซม. 67
รูปที่ 4.22 รูปแสดงการรับสัญญาณที่ความถี่ 20 kHz ในสภาวะอิ่มตัว 70
รูปที่ 4.23 รูปแสดงการรับสัญญาณที่ความถี่ 200 kHz ในสภาวะอิ่มตัว 70

หน้า

รูปที่ 4.24 รูปแสดงการรับสัญญาณที่ความถี่ 2 MHz ในสภาวะอิ่มตัว 71
รูปที่ 4.25 รูปแสดงการรับสัญญาณที่ความถี่ 20 kHz 72
รูปที่ 4.26 รูปแสดงการรับสัญญาณที่ความถี่ 200 kHz 72
รูปที่ 4.27 รูปแสดงการรับสัญญาณที่ความถี่ 2 MHz 73
รูปที่ 4.28 รูป เปรียบ เทียบสัญญาณที่ป้อนกับสัญญาณที่รับได้ที่ความถี่ 20 kHz 73
รูปที่ 4.29 รูป เปรียบ เทียบสัญญาณที่ป้อนกับสัญญาณที่รับได้ที่ความถี่ 200 kHz 74
รูปที่ 4.30 รูป เปรียบ เทียบสัญญาณที่ป้อนกับสัญญาณที่รับได้ที่ความถี่ 2 MHz 74
รูปที่ 4.31 รูปสัญญาณรบกวนในสภาวะติดตั้งจริง 75
รูปที่ 4.32 รูปการติดตั้งที่ห้องปฏิบัติการวิจัยไฟฟ้าสื่อสาร 75
รูปที่ ก.1 รูปวงจรภาคส่ง 85
รูปที่ ก.2 วงจรขยายกระแส เป็นแรงดัน 87
รูปที่ ก.3 วงจรสมมูลย์ของวงจรขยาย 89
รูปที่ ก.4 โครงสร้างวงจรขยายกระแสโดยใช้ออปแอมป์ 90
รูปที่ ก.5 กราฟแสดงการตอบสนองความถี่ของอัตราการขยาย 92
รูปที่ ก.6 วงจรสมบูรณ์ของภาคขยายสัญญาณโฟโตไดโอดด้วยออปแอมป์ 94
รูปที่ ข.1 วงจรภาคส่ง 95
รูปที่ ข.2 วงจรสมมูลย์ IR-ED 97
รูปที่ ข.3 วงจรภาคส่งใช้ IC เบอร์ 75451 98
รูปที่ ข.4 วงจรภาคขยายภาคต้น 99
รูปที่ ข.5 วงจรสมมูลย์แบบ Hybrid-¶ Parameter 100
รูปที่ ข.6 วงจรสมมูลย์ทางด้านความถี่สูง 104
รูปที่ ข.7 ภาคขยายภาคต้น 107
รูปที่ ข.8 วงจรภาคอะนาลอกใช้ IC เบอร์ 733 110