

การออกแบบและสร้างชุดสื่อการสอน การส่งสัญญาณภาพและเสียงผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

A Design and Construction the Teaching Aids of Transmission Video and Audio via Optical Fiber *

ร่ำพิง มังคะสวัสดิ์¹ และ ศิริวัฒน์ หงษ์ทอง²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ เพื่อสร้างและออกแบบชุดสื่อการสอนเรื่องการส่งสัญญาณภาพและเสียงผ่านเส้นใยแก้วนำแสง โดยประกอบด้วยส่วนสำคัญ 3 ส่วน คือ เครื่องส่ง เครื่องรับและสายสัญญาณใยแก้วนำแสง

ด้านเครื่องส่งใช้สัญญาณเสียง มารวมกับคลื่นพาห้ความถี่สูง 10 เมกะเฮิร์ตซ์ ทางความถี่แล้วนำมารวมกับสัญญาณภาพได้เป็นสัญญาณรวมนำไปเปลี่ยนเป็นสัญญาณแสง ที่มีความยาวคลื่น 820 นาโนเมตร และส่งไปในเส้นใยแก้วนำแสงชนิด 50 / 125 Graded-Index Fiber ความยาว 5 เมตร

ทางด้านเครื่องรับเมื่อสัญญาณแสงที่รับเข้ามาถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าและกรองความถี่เสียงและความถี่ภาพออกมา เพื่อส่งสัญญาณภาพและเสียงไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ต่อไป

ข้อดีของชุดสื่อการสอนนี้คือมีอุปกรณ์จริงติดตั้งอยู่ด้านบนของแผงชุดสื่อการสอน โดยมีสายเส้นวงจรเป็นตัวเชื่อมโยงอุปกรณ์ทั้งหมด และมีจุดต่อวัดสัญญาณได้ทุกๆ จุดของวงจร ทำให้เข้าใจได้ง่าย และเห็นภาพการทำงานได้อย่างชัดเจน

คำสำคัญ : เส้นใยแก้วนำแสง, คลื่นพาห้, ความยาวคลื่น, เครื่องส่ง, เครื่องรับ

Abstract

The purpose of this research was to design and construct a teaching aid of transmission video and audio via optical fiber cable. The module consists of 3 major sections: Transmitter, Receiver and Optical Fiber Cable.

Transmitter Section: audio signal was modulated with carrier frequency (about 10 MHz). Then mixed with video signal after that composite was converted to light signal. Finally the light signal 820 nm long was transmitted via 5-meter 50/125 Graded-Index Fiber optical fiber cable.

Receiver Section: Once the light signal has been received, it was converted to electrical signal. After that audio and video frequency were filtered out. Finally both pure audio signal and pure video signal were sent to a television.

This teaching aid was constructed on hardware board. This provided a clear understanding to the learners because they can see all the components and the circuit wires. It was also convenient to measure signal at any terminal.

Keywords : fiber cable, carrier frequency, wave length, transmitter, receiver

¹ รองศาสตราจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² อาจารย์, ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมไฟฟ้า, วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

* ทุนอุดหนุนงานวิจัยรุ่นใหม่ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประจำปี 2546

1. บทนำ

ในปัจจุบันระบบการส่งสัญญาณภาพและสัญญาณเสียง ได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วซึ่งจะเห็นได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น การส่งสัญญาณโทรทัศน์จากสถานีทวนสัญญาณที่ตั้งอยู่ตามภาคพื้นดิน จะมีให้เห็นในรูปของสถานีโทรทัศน์ช่อง 3 และช่อง 5 เป็นต้น และต่อมาได้มีการดำเนินธุรกิจทางด้านโทรทัศน์ในชื่อของ "เคเบิลทีวี" ซึ่งใช้สายนำสัญญาณแกนร่วม (Coaxial) ในการส่งสัญญาณโทรทัศน์ โดยมีขอบเขตเฉพาะในชุมชนใดชุมชนหนึ่งเท่านั้น ในช่วงที่ผ่านมาได้มีการส่งสัญญาณโทรทัศน์ไปยังที่อยู่อาศัยโดยตรง ซึ่งได้ใช้หลักการของการสื่อสารผ่านดาวเทียม โดยที่ดาวเทียมเปรียบเสมือนเป็นสถานีทวนสัญญาณที่อยู่ในอวกาศ และจะส่งสัญญาณโทรทัศน์นั้นๆ มายังที่อยู่อาศัย ซึ่งเราจะเรียกระบบนี้ว่า "ระบบ DTH (Direct to Home)" ซึ่งเป็นที่นิยมมากในปัจจุบัน โดยสังเกตได้จากการตื่นตัวเกี่ยวกับระบบนี้มากขึ้น ทั้งผู้ส่งและผู้รับ สำหรับงานวิจัยฉบับนี้ จะนำเสนอระบบการส่งและรับสัญญาณโทรทัศน์ โดยใช้เส้นใยแก้วนำแสงซึ่งเป็นการสื่อสารในรูปแบบใหม่อีกแบบหนึ่ง ซึ่งนอกเหนือไปจากการสื่อสารผ่านดาวเทียม โดยเปลี่ยนจากการส่งสัญญาณคลื่นแม่เหล็กเป็นสัญญาณแสง ไปในสายนำสัญญาณที่มีลักษณะเป็นแท่งแก้ว ที่มีดัชนีของการหักเหของแสง คล้ายกับกระจกเงา แท่งแก้วนี้เรียกว่า "เส้นใยแก้วนำแสง" ซึ่งมีขนาดเล็กมากประมาณเท่ากับเส้นผมของมนุษย์ ($\approx 125 \mu\text{m}$) คาดว่าระบบการสื่อสารเส้นใยแก้วนำแสงจะเข้ามามีบทบาทอย่างมากกับชีวิตประจำวันของมนุษย์ในอนาคตอันใกล้

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบและสร้างชุดสื่อสาร การส่งสัญญาณภาพและเสียง ผ่านเส้นใยแก้วนำแสง

3. ประโยชน์ที่รับจากงานวิจัย

- 3.1 ได้ชุดสื่อสารด้านการส่งสัญญาณภาพและเสียง ผ่านเส้นใยแก้วนำแสงที่สามารถนำไปใช้ในการสอนได้
- 3.2 สามารถนำสัญญาณภาพและสัญญาณเสียงผ่านเส้นใย-แก้วนำแสงได้ตามเป้าหมาย
- 3.3 ได้เรียนรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของเส้นใยแก้วนำแสง
- 3.4 สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานทางด้านต่าง ๆ ได้

4. ขอบเขตงานวิจัย

- 4.1 ตัวเครื่องจะประกอบไปด้วยวงจรต่างๆ ดังนี้
 - 4.1.1 วงจรมอดูเลเตอร์ทางความถี่ (Frequency- Modulator)
 - 4.1.2 วงจรขยายสัญญาณภาพแบบแคสเคด 2 สเตจ (2 Stage Cascade Amplifier)
 - 4.1.3 วงจรรวมสัญญาณ (Passive Summing)
 - 4.1.4 วงจรขับสัญญาณ (E/O Converter Driver)
- 4.2 ตัวเครื่องรับจะประกอบไปด้วยวงจรต่างๆ ดังนี้
 - 4.2.1 วงจรดีเทคเตอร์ (O/E Converter Detector)
 - 4.2.2 วงจรขยายสัญญาณแบบแคสเคด 3 สเตจ (3 Stage Cascade Amplifier)

4.2.3 วงจรรองความถี่ต่ำแบบบัตเตอร์เวิร์ธอันดับ 7 (Butterworth Low-Pass Filter)

4.2.4 วงจรรองความถี่สูงแบบบัตเตอร์เวิร์ธอันดับ 5 (Butterworth High-Pass Filter)

4.2.5 วงจรดีมอดูเลเตอร์ทางความถี่ (Frequency - Demodulator)

4.2.6 วงจรขยายเสียง

4.3 การส่งสัญญาณภาพ และ สัญญาณเสียง จะส่งสัญญาณเสียงซึ่งมีแบนด์วิดท์ อยู่ในช่วง 20 Hz-20 KHz และนำไปผสมกับคลื่นพาห์ประมาณ 10 MHz และมีค่าผิดพลาด $\pm 0.5 \text{ MHz}$ ส่วนของการส่งสัญญาณภาพ จะส่งเป็นสัญญาณภาพสี ซึ่งมีแบนด์วิดท์ไม่เกิน 5.5 MHz

4.4 เส้นใยแก้วนำแสงที่ใช้มีความยาว 5 m มีขนาด 50/125 μm และเป็นชนิด Graded Index

5. วิธีการดำเนินงาน

การกำหนดขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานออกแบบวงจร โดยจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

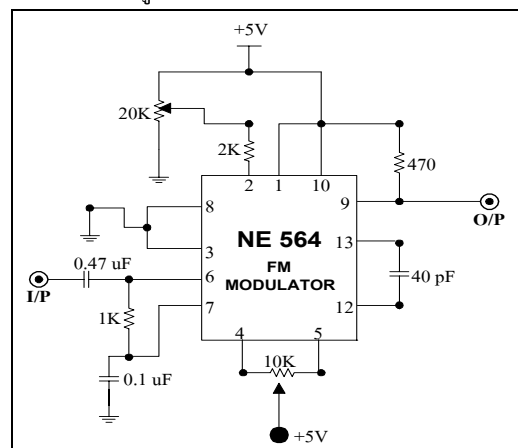
แนวทางที่ใช้ในการออกแบบ และการสร้างวงจรภาคส่ง และวงจรภาครับ โดยได้แบ่งรูปแบบในการออกแบบออกเป็น 2 ส่วนคือ ในส่วนของวงจรภาคส่ง (Transmitter Circuits) และในส่วนของวงจรภาครับ (Receiver Circuits)

5.1 การออกแบบวงจรภาคส่ง

- การสร้างวงจรมอดูเลเตอร์ทางความถี่แบบเอฟเอ็มมอดูเลเตอร์ที่ออกแบบจะใช้ไอซีเบอร์ NE564 ซึ่งเป็นไอซีเฟสล็อกอัพ ซึ่งสามารถใช้ทำเป็นวงจรเอฟเอ็มมอดูเลเตอร์และใช้ขา 12, 13 เป็นตัวกำหนดค่าความถี่พรีนึ่งซึ่งจะใช้ตัวเก็บประจุเป็นตัวกำหนดความถี่ที่ต้องการ และสามารถหาค่าของตัวเก็บประจุได้จากสูตรดังนี้

$$C_o \approx \frac{1}{c \cdot f_c} \text{ pF} \quad (1)$$

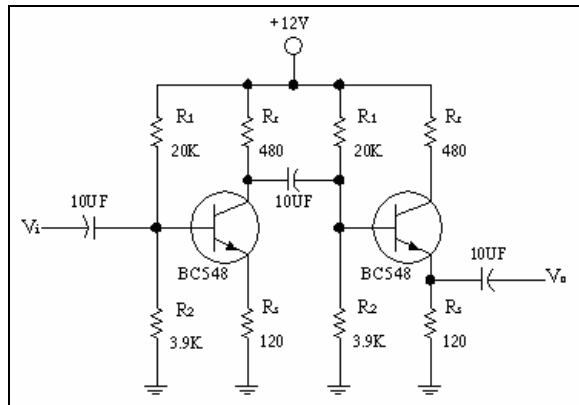
ส่วนที่ขา 4 และ 5 ใช้ตัวต้านทานชนิดปรับค่าได้ขนาด 10 k Ω โดยที่ให้ขากลางของตัวต้านทานต่อไฟ DC +5V เพื่อใช้ในการปรับค่าความถี่ให้ได้ตามต้องการ ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 วงจรมอดูเลเตอร์ (ไอซีเบอร์ NE 564)

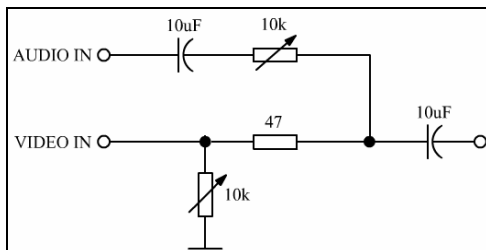
และที่ขา 2 ของไอซีป้อนกระแสไบอัสให้กับวงจรซึ่งจะมีค่าไม่ต่ำกว่า 200 μA โดยใช้ความต้านทานปรับค่าได้ ขนาด 20 $\text{k}\Omega$ เป็นตัวจำกัดการไหลของกระแส ที่ขา 6 ป้อนสัญญาณอินพุตเข้ามาและที่ขา 9 เป็นสัญญาณเอาต์พุตมอดูเลเตอร์

- การออกแบบภาคขยายสัญญาณภาพใช้วงจรคอมมอนคอลเล็คเตอร์ หรือ อิมิตเตอร์ฟอลโลเวอร์เป็นทางออกของวงจรภาคขยายสัญญาณภาพแบบวงจรแคสแคด 2 ภาค



รูปที่ 2 วงจรขยายสัญญาณภาพ

- การออกแบบวงจร กำหนดใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ BC548 ซึ่งมีความกว้างของความถี่ (Bandwidth Frequency) มีค่าเท่ากับ 300 MHz, $h_{fe} = 333$, $V_{CE} = 40\text{V}$, $I_{Cmax} = 600\text{ mA}$ ใช้ค่าแรงดัน (Voltage) $V_{CC} = 12\text{V}$



รูปที่ 3 วงจรรวมสัญญาณแบบพาสซีฟ

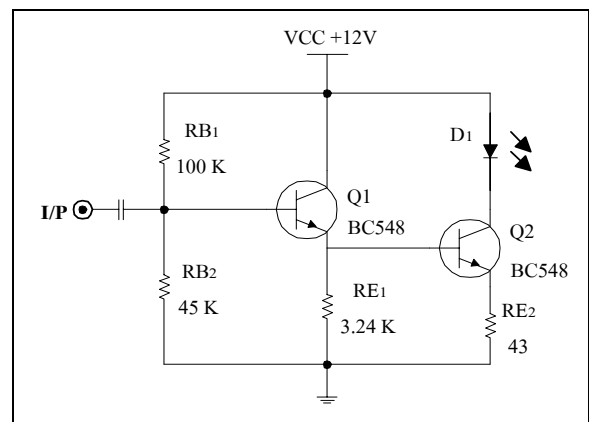
- การสร้างวงจรรวมสัญญาณแบบพาสซีฟ วงจรนี้เป็นวงจรรวมสัญญาณมอดูเลตทางความถี่กับสัญญาณภาพเข้าไว้ด้วยกันโดยใช้อุปกรณ์ประเภทพาสซีฟ คือตัวความต้านทานและตัวเก็บประจุ เพื่อทำให้เกิดเป็นสัญญาณใหม่ที่มีสองสัญญาณเดิมปนอยู่ในสัญญาณใหม่ที่เกิดขึ้น ซึ่งสามารถกำหนดค่า C_1 และ C_2 ให้เหมาะสมกับวงจรและก็เหมือนกับค่าของความต้านทานนั้น โดยใช้ตัวต้านทานที่เป็นแบบปรับค่าได้เพื่อปรับค่าทั้งสองให้เหมาะสมกัน

- การสร้างวงจรเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าเป็นแสง จากรูปที่ 4 เป็นวงจรเปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณแสง ประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ 2 ตัว ซึ่งทำหน้าที่ต่าง ๆ ดังนี้ ทรานซิสเตอร์ Q1 ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายคอลเล็คเตอร์ร่วมที่มีการไบอัสแบบแบ่งแรงดัน และ

อัตราขยายแรงดันทางเอาต์พุตที่ขาอิมิตเตอร์ของ Q1 จะประมาณเท่ากับ 1 เอาต์พุตนี้จะถูกส่งไปเป็นอินพุตของ Q2 ทำการไบอัสให้ Q2 ทำส่วนการทำงาน Q2 นั้นจะมี LED ต่อที่ขาคอลเล็คเตอร์แบบไบอัสตรง และที่ขาอิมิตเตอร์ จะมีค่าความต้านทานเพื่อกำหนดค่าของกระแสที่จะไบอัสให้แก่ LED

จาก LED D1 เบอร์ HFBR 1414 จะให้ความยาวคลื่นที่นิยมใช้ในงานสื่อสารของเส้นใยแสง (Fiber Optic Communication) ซึ่งมีความยาวคลื่นประมาณ 820 nm และทนกระแส สูงสุดได้ 100 mA เพื่อความปลอดภัย ได้ออกแบบให้ทำงานเพียง 50% ของกระแสสูงสุด คือไม่เกิน 50 mA

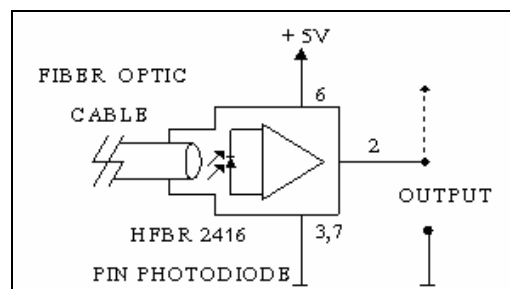
ทรานซิสเตอร์ Q1 ใช้เบอร์ BC 548 เป็นตัวขับเคลื่อนทรานซิสเตอร์ Q2 เบอร์เดียวกัน คัด อัตราขยาย (β) อยู่ที่ 150



รูปที่ 4 วงจรเปลี่ยนไฟฟ้าเป็นแสง

5.2 การออกแบบวงจรภาครับ

- การสร้างวงจรเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นไฟฟ้า

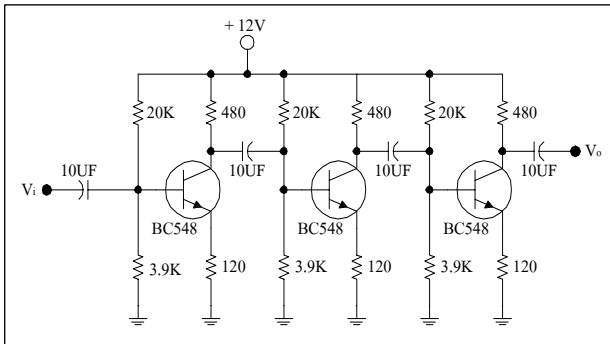


รูปที่ 5 วงจรเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า

จากวงจรในรูปที่ 5 เป็นวงจรที่เปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นไฟฟ้า เมื่อส่งสัญญาณแสงเข้ามาใน เส้นใยแก้วนำแสง โดย LED ทางด้านรับจะรับสัญญาณแสงที่ส่งเข้ามาโดยใช้ฟิโนไดโอด เบอร์ HFBR 2416 ซึ่งเป็นฟิโนไดโอดที่ สามารถรับคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่น 820 nm ได้ เมื่อมีแสงเข้ามายังฟิโนไดโอดก็จะทำให้ ค่าความต้านทานภายในของฟิโนไดโอดลดลง ซึ่งสามารถทำให้กระแสไหลผ่านตัวฟิโนไดโอดได้ และทำการขยาย โดยวงจรขยายภายในตัวของฟิโนไดโอด

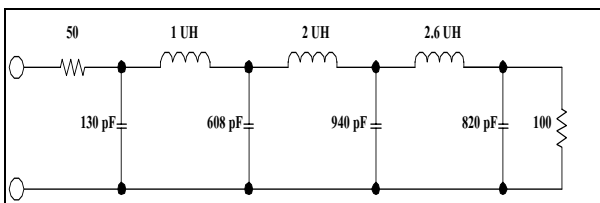
- วงจรขยายสัญญาณแบบแคสเคด 3 สเตจ

กำหนดใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ BC548 ซึ่งจะมีค่าความถี่ของสัญญาณมีค่าเท่ากับ 300 MHz, $h_{fe} = 200$, $V_{CE} = 40$ V, $I_{Cmax} = 600$ mA



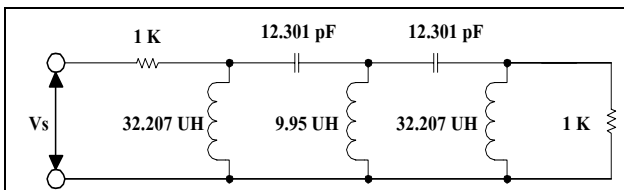
รูปที่ 6 วงจรขยายสัญญาณแคสเคด 3 สเตจ

- วงจรกรองสัญญาณภาพจะใช้วงจรกรองความถี่ต่ำแบบ พาสซีฟบัตเตอร์เวิร์ดอันดับ 7 ที่ความถี่ตัดที่ 5.5 MHz



รูปที่ 7 วงจรกรองความถี่ต่ำแบบพาสซีฟบัตเตอร์เวิร์ด

- วงจรกรองสัญญาณคลื่นพาห์กับสัญญาณเสียง ใช้วงจรกรองความถี่สูงแบบพาสซีฟบัตเตอร์เวิร์ดอันดับ 5 ที่มีความถี่ตัดอยู่ที่ 8 MHz

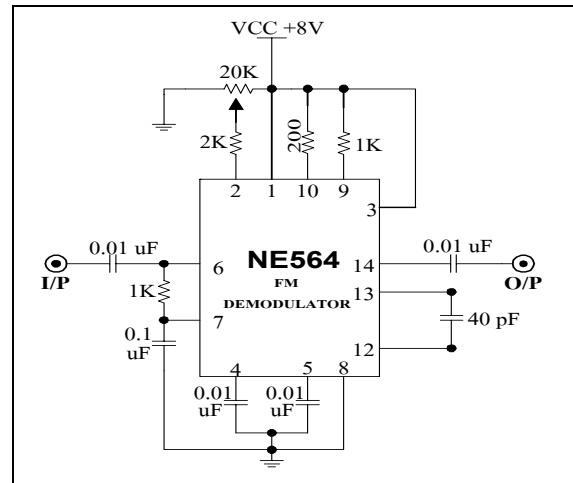


รูปที่ 8 วงจรกรองความถี่สูงแบบพาสซีฟบัตเตอร์เวิร์ด

- วงจรเอฟเอ็มดีมอดูเลต ใช้ไอซีเบอร์ NE564 เช่นเดียวกับวงจรเอฟเอ็มมอดูเลเตอร์ทางด้านภาคส่ง ซึ่งวงจรนี้จะทำหน้าที่ ดิมอดูเลตสัญญาณที่ผ่านวงจรกรองความถี่สูงที่มีความถี่ประมาณ 10 MHz โดยที่มันจะแยกเอาสัญญาณเสียงที่รวมกับสัญญาณพาห์ออกมา

- วงจรขยายสัญญาณเสียง ในวงจรนี้เป็นวงจรขยายแบบคอลเลกเตอร์ร่วมเมื่อสัญญาณออกจากขาอีมิเตอร์ ของทรานซิสเตอร์จะได้วงจรขยายที่มี $A_v = 1$ สัญญาณ V_i กับ V_o อินเฟสกัน หรือเรียกอีกอย่างว่าวงจรขยายแบบอีมิเตอร์ตาม (Emitter-follower)

- วงจรจ่ายไฟ แบ่งเป็นภาคส่ง 1 ชุด และภาครับ 1 ชุด โดยการจ่ายไฟที่ระดับแรงดันคงที่ +5 V และ +12 V ทางด้านภาคส่งและ +5 V, +12 V, +8 V ทางด้านภาครับ เริ่มต้นจากหม้อแปลงไฟฟ้าขนาดแรงดัน 12-0-12 V ส่งไปยังไดโอดเรกติไฟเออร์ เพื่อจ่ายออกเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงผ่าน คาปาซิเตอร์ทำการกรองกระแสให้มีความเรียบขึ้น เพื่อป้อนเข้าไปที่ไอซีเรกติเพอเรเตอร์ เบอร์ LM 7805, LM7808, LM7812 ก็จะได้แรงดันเอาต์พุตที่ออกมาเป็น +5, +8, +12 ตามลำดับ และนำไปป้อนให้วงจรทางด้านภาคส่ง และวงจรทางด้านภาครับ

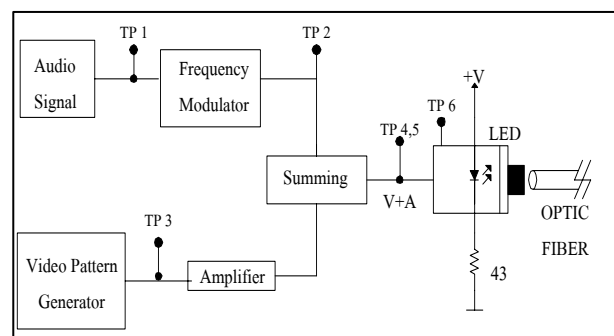


รูปที่ 9 วงจรเอฟเอ็มดีมอดูเลเตอร์

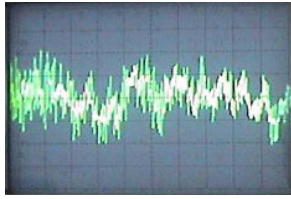
6. ผลการดำเนินงาน

6.1 การทดสอบสัญญาณทางด้านภาคส่ง

การส่งและรับสัญญาณภาพและสัญญาณเสียง ในการทดสอบจะทำการจับสัญญาณที่จุด TP (Test Point) ของแต่ละวงจรซึ่งได้แสดงเป็นแผนภาพให้เห็นถึง จุดวัดต่างๆ ดังแสดงในรูปที่ 10

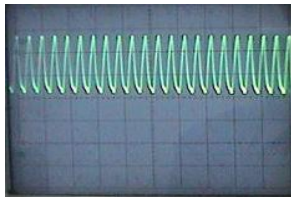


รูปที่ 10 แผนภาพแสดงจุดวัดสัญญาณ (Test Point) ของสัญญาณภาพและสัญญาณเสียง



$V/D = 0.2V$ $T/D = 2ms$
รูปที่ 11 รูปสัญญาณที่วัดได้ที่จุด TP1

จุดวัด TP 1 เป็นรูปคลื่นสัญญาณเสียงตัวอย่างได้จากเครื่องเล่นวีดีโอเทป



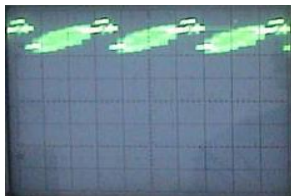
$V/D = 0.5V$ $T/D = 0.2\mu s$
รูปที่ 12 รูปสัญญาณที่วัดได้ที่จุด TP2

จุดวัด TP2 สัญญาณเอาต์พุตของวงจรมอดูเลตทางความถี่ ที่รวมเอาสัญญาณเสียงเข้ากับความถี่พาห้ประมาณ 10 MHz



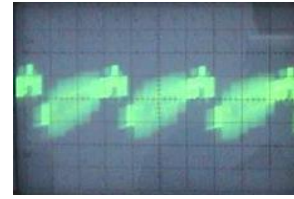
$V/D = 0.1V$ $T/D = 20\mu s$
รูปที่ 13 รูปสัญญาณที่วัดได้ที่จุด TP3

จุดวัดที่ TP3 สัญญาณภาพแถบสี (Color bar) ตัวอย่างที่ได้จากเครื่องส่งสัญญาณภาพ Video Pattern Generator ที่จะนำไปทำการรวม (summing) กับสัญญาณที่ได้จากวงจรมอดูเลเตอร์



$V/D = 0.1V$ $T/D = 20\mu s$
รูปที่ 14 รูปสัญญาณที่วัดได้ที่จุด TP4 และ TP5

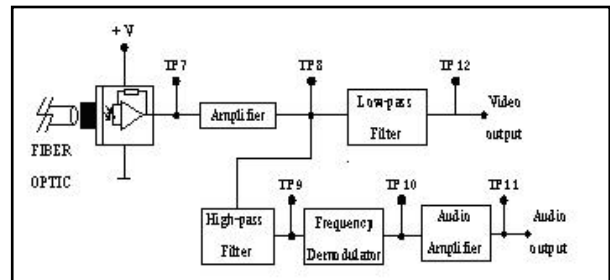
จุดวัด TP4 และ TP5 เป็นสัญญาณที่ได้จากการรวมกันของสัญญาณภาพกับสัญญาณจากวงจรเอฟเอ็ม มอดูเลเตอร์ ซึ่งทำให้เกิดเป็นสัญญาณใหม่ แต่ยังมีลักษณะคล้ายกับสัญญาณภาพ



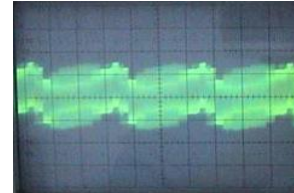
$V/D = 50mV$ $T/D = 20\mu s$
รูปที่ 15 รูปสัญญาณที่วัดได้ที่จุด TP6

จุดวัด TP6 รูปสัญญาณที่วัดคร่อมLEDก่อนที่จะเปลี่ยนเป็นสัญญาณแสงส่งผ่านไปใยแก้วนำแสง

6.2 การทดสอบสัญญาณทางด้านภาครับ

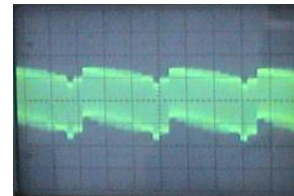


รูปที่ 16 แผนภาพแสดงจุดวัดสัญญาณ (Test Point) ของภาครับสัญญาณภาพและเสียง



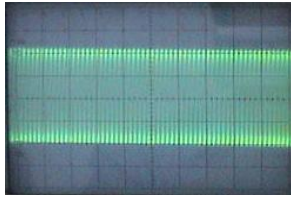
$V/D = 0.1V$ $T/D = 20\mu s$
รูปที่ 17 รูปสัญญาณที่วัดได้ที่จุด TP7

จุดวัดที่ TP7 รูปสัญญาณที่วัดได้ เป็นสัญญาณเอาต์พุตของวงจรขยายภายในตัวของพินโฟโตไดโอด (PIN Photodiode)



$V/D = 0.5V$ $T/D = 20\mu s$
รูปที่ 18 รูปสัญญาณที่วัดได้ที่จุด TP8

จุดวัดที่ TP8 รูปสัญญาณที่ได้เป็นรูปสัญญาณจาก TP7 แต่ทำการขยายให้มัลติเพล็กซ์สูงขึ้นเพื่อให้มีความแรงพอที่จะส่งไปวงจรต่อไป



$V/D = 20\text{mV}$ $T/D = 0.5\mu\text{s}$
รูปที่ 19 รูปสัญญาณที่วัดได้ที่จุด TP9

จุดวัดที่ TP9 รูปสัญญาณที่ได้จะเป็นสัญญาณที่กรองเอาสัญญาณภาพที่ไม่ต้องการทิ้งไปจะเหลือแต่สัญญาณมอดูเลตทางความถี่



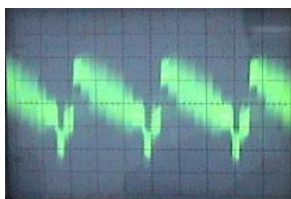
$V/D = 50\text{mV}$ $T/D = 1\text{ms}$
ภาพที่ 20 รูปสัญญาณที่วัดได้ที่จุด TP10

จุดวัดที่ TP10 เป็นรูปของสัญญาณเสียง ที่แยกออกจากสัญญาณมอดูเลต เพื่อส่งออกไปยังลำโพงแต่ยังมีสัญญาณรบกวน



$V/D = 50\text{mV}$ $T/D = 20\mu\text{s}$
ภาพที่ 21 รูปสัญญาณที่วัดได้ที่จุด TP11

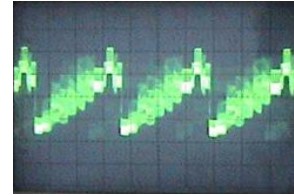
จุดวัดที่ TP11 เป็นสัญญาณที่มีลักษณะเหมือนกับที่ TP10 แต่มีความเรียบของสัญญาณมากกว่าและมีสัญญาณรบกวนน้อยกว่า



$V/D = 0.1\text{V}$ $T/D = 20\mu\text{s}$
รูปที่ 22 รูปสัญญาณที่วัดได้ที่จุด TP12

จุดวัดที่ TP12 เป็นสัญญาณภาพที่แยกออกมาจากสัญญาณเอฟเอ็ม ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับสัญญาณภาพ ทางด้านภาคส่ง และส่งต่อไปยังเครื่องรับโทรทัศน์ผ่านทางช่อง AV

เมื่อทำการจับภาพสัญญาณการเปลี่ยนแปลงของรูปสัญญาณในวงจรรวม แบบพาสซีฟ (Passive Summing) จากรูปที่ 21 จะเป็นภาพของสัญญาณที่มีแต่สัญญาณภาพเพียงอย่างเดียว



$V/D = 0.1\text{V}$ $T/D = 20\mu\text{s}$
รูปที่ 23 สัญญาณภาพที่ยังไม่มีสัญญาณเสียงปน

จากนั้นทำการต่อสัญญาณเสียงเข้าในวงจรโดยจับสัญญาณภาพไว้ ณ ตำแหน่งเดิม จะมีการเปลี่ยนแปลงของสัญญาณโดยสัญญาณเสียงจะเข้ามาเกาะอยู่บนสัญญาณภาพ ดังรูปที่ 22



$V/D = 0.1\text{V}$ $T/D = 20\mu\text{s}$
รูปที่ 24 สัญญาณภาพที่สัญญาณเสียงเกาะอยู่บนสัญญาณ

6.3 การทดสอบสายใยแก้วนำแสง

ได้ทำการทดสอบสายใยแก้วนำแสงที่ทดลองใช้กับชุดสาธิตนี้ทั้ง 3 แบบ มีความยาวเท่ากันที่ 5 m ได้แก่

- 1) 50/125 Graded - Index Fiber
- 2) 10/125 Single - Mode Fiber
- 3) 200/230 Multimode - Step Index Fiber
- 4) 62.5/125 Multimode Step Index Fiber ที่ความยาว 200 m

โดยทำการทดสอบ 3 แบบ

การทดสอบแบบที่ 1 ทดสอบกับแหล่งจ่ายพลังงานแสงคงที่ ได้ผลการทดสอบตาม ตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลทดสอบกับแหล่งจ่ายพลังงานแสงคงที่

แบบของสาย	กำลังแสงที่ปลายสาย		ความยาว
1	-10.71 dBm	85.12 μW	5 m
2	-25.34 dBm	2.93 μW	5 m
3	-44.48 dBm	35.8 nW	5 m
4	-22.48 dBm	5.2 μW	200 m

จากผลการทดสอบ เนื่องจากแหล่งจ่ายพลังงานแสงที่ใช้เป็นไดโอดเปล่ง LED มีความยาวคลื่นแสง (λ) = 820 nm และเป็นแสงที่มีการกระจายมาก จากผลการทดสอบ จะเห็นได้อย่างชัดเจนว่า สายที่จะใช้งานได้ดี คือ สายแบบที่ 1 และสายแบบที่ 3 เพราะเป็นสายแบบมีการ

แพร่กระจายคลื่นแบบหลายคลื่น (Multimode Fiber) และแบบที่ 1 จะเป็นสายที่ให้กำลังของแสงที่ปลายมากที่สุด แสดงว่ามีการสูญเสียที่สายน้อยที่สุด (Low Power Loss) ส่วนแบบที่ 2 เป็นสายแบบ Single mode เป็นสายที่มีคุณสมบัติดี แต่ไม่เหมาะกับแหล่งจ่าย ประเภท ไดโอดเปล่ง LED ซึ่งมีกำลังสูญเสียค่อนข้างสูง ส่วนสายแบบที่ 4 เป็นสายที่มีการสูญเสียมาก และความยาวของสายก็มากกว่าจึงมีกำลังสูญเสียในสายสูง

การทดสอบแบบที่ 2 ทดสอบต่อเข้ากับ LED ในแผงสื่อการสื่อนซึ่งเป็นไดโอดเปล่งแสง LED ของ HP Model HFBR 1414 ซึ่งมีความยาวคลื่นแสง (λ) = 820 nm ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลทดสอบต่อกับ LED ในแผงสื่อการสื่อน

แบบของสาย	กำลังแสงที่ปลายสาย		ความยาว
1	-16.83 dBm	20.9 μ W	5 m
2	-32.30 dBm	0.59 μ W	5 m
3	-49.67 dBm	10.7 nW	5 m
4	-25.00dBm	1.24 μ W	200 m

จะเห็นว่าผลการทดสอบออกมาคล้ายกับการทดสอบกับแหล่งจ่ายพลังงานแสงคงที่ พบว่า แบบที่ 1 และแบบที่ 3 จะให้กำลังแสงที่ปลายสายออกมาได้ดีที่สุด ส่วนแบบที่ 2 และ แบบที่ 4 จะมีการสูญเสียในสายใยแก้วนำแสงสูง

การทดสอบแบบที่ 3 ใช้สายทั้ง 4 แบบต่อเชื่อมโยงระหว่าง ภาคส่งและภาครับและดูผลของสัญญาณที่เครื่องรับโทรทัศน์ ผลทดสอบได้ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลทดสอบต่อกับเครื่องรับโทรทัศน์

แบบของสาย	ผลปรากฏที่เครื่องรับโทรทัศน์
1	ได้ภาพ และ เสียง ชัดเจนดี
2	ไม่มีสัญญาณ ภาพ และ เสียง
3	ไม่มีสัญญาณ ภาพ มีเสียงรบกวนบ้าง
4	ไม่มีสัญญาณ ภาพ และ เสียง

จากการทดสอบการส่งและรับ ด้วยสัญญาณทั้ง 4 แบบ จะพบว่าสายแบบที่ 1 เป็นสายที่ให้ความชัดเจน ของสัญญาณทั้งภาพและเสียงออกมาที่เครื่องรับโทรทัศน์ได้ดีที่สุด เป็นข้อสรุปได้ว่าสายแบบที่ 1 เป็นสายสัญญาณที่ให้ประสิทธิภาพการส่งผ่านสัญญาณสูงสุดและมีการสูญเสียที่น้อยที่สุด

6.4 สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองส่งและรับสัญญาณภาพ สัญญาณเสียงโดยผ่านเส้นใยแก้วนำแสง ผลที่ได้ในเรื่องของสัญญาณภาพได้ผลที่น่าพอใจ คือสัญญาณภาพที่เครื่องรับโทรทัศน์ ไม่ล้นและเลื่อน แสดงว่าสัญญาณซิงค์ควบคุมที่ได้รับสมบูรณ์ดี แต่ในความชัดเจนของภาพ เมื่อเทียบกับสัญญาณที่ออกมาจากเครื่องกำเนิดสัญญาณ พบว่าความสว่างของภาพ

จะลดลงจากเดิม จึงทำให้ความเข้มของสีต่างๆไม่สว่างสดใส แต่สีจะออกไปทางเข้มมืดไปบ้าง ในส่วนของสัญญาณเสียงนั้นจะมีความชัดเจนดี แต่ถ้ามีการปรับระดับสัญญาณเสียงแรงเกินไปจะมีเสียงเส้น ไปกวนที่ภาพ ทำนองเดียวกัน ถ้าปรับระดับสัญญาณภาพแรงเกินไปจะมีเสียงออด ครางตลอดเวลา ที่ลำโพง

ทั้งนี้ปัญหาของการรบกวนในสัญญาณภาพและเสียง จะมากหรือน้อย จะขึ้นอยู่กับการปรับระดับสัญญาณภาพและสัญญาณเสียง ที่เหมาะสมกัน ที่ภาคผสมสัญญาณ ในเครื่องส่ง ถ้าการปรับได้ระดับสัญญาณพอดีจะทำให้การรบกวนลดต่ำลงมาก

อีกประการหนึ่งจากการทดสอบในเรื่องของสายสัญญาณพบว่าสายสัญญาณที่มีดัชนีการหักเหแบบลาด (Graded Index Fiber) มีการลดทอนสัญญาณในสายน้อยกว่าสายที่มีดัชนีการหักเหชั้นบันได แบบการแพร่กระจายหลายคลื่น (Multi Mode Step Index Fiber) เมื่อนำมาใช้กับชุดสาธิตนี้ สายแบบที่มีดัชนีการหักเหแบบลาด จะให้เสียงและภาพชัดเจนกว่ามาก

ข้อดีของชุดสื่อการสื่อนี้คือมีอุปกรณ์จริงติดตั้งอยู่ด้านบนของแผงชุดสื่อการสื่อน โดยมีสายเส้นวงจรเป็นตัวเชื่อมโยงอุปกรณ์ทั้งหมด และมีจุดต่อวัดสัญญาณได้ทุก ๆ จุดของวงจร ทำให้เข้าใจได้ง่าย และเห็นภาพการทำงานได้อย่างชัดเจน

จากการทดลองใช้กับนักศึกษาที่เรียนวิชานี้พบว่า ในการเรียนแบบไม่มีชุดสื่อการสื่อนี้ด้วยบททดสอบพบผลสัมฤทธิ์ของคะแนนออกมาต่ำ แต่ถ้าใช้ชุดสื่อการสื่อนี้ นักศึกษามีผลสัมฤทธิ์ของคะแนนออกมาสูงกว่า

เอกสารอ้างอิง

- [1] ไชยันต์ สุวรรณชีวะศิริ. “ปฐมบทของไฟเบอร์ ออปติก.” เขมิกอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ ฉบับที่ 115, 2535.
- [2] ยืน ภู่วรรณ. ทฤษฎีและการใช้งานอิเล็กทรอนิกส์. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด, 2521.
- [3] มงคล ทองสงคราม. อิเล็กทรอนิกส์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ : บริษัท รามาการพิมพ์ จำกัด, 2536.
- [4] อธิคม ฤกษ์บุตร. “ระบบสื่อสารด้วยไฟเบอร์ออปติก ตอน 1-3.” เขมิกอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์. ฉบับที่ 118-120 , 2535.
- [5] อภินันท์ มั่นยานนท์. การสื่อสารเส้นใยแสง. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, 2528.
- [6] Bowick, Chris. **RF Circuit Design**. United States of America: Howard W. Soms & Co., Inc., 1982.
- [7] Killen, Harold B. **Fiber Optic Communications**. United States of America : Prentice-Hall, Inc., 1991.
- [8] Tischler, Morris. **Optoelectronics : Fiber optic and lasers a text-lab manual**. Singapore : McGraw Hill, 1992.