

# การออกแบบวงจรถยายแยกโหนดโดยใช้การป้อนกลับสัญญาณเพื่อ แก้ปัญหาความไม่เป็นเชิงเส้นของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง

กฤษ เฉยไสย<sup>1)</sup> วิชัย ประเสริฐเจริญสุข<sup>1)</sup> และ จิรวัดน์ บุตรบุญชู<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>อาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

<sup>2)</sup>นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

## บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการออกแบบวงจรถยายแยกโหนดโดยใช้การป้อนกลับสัญญาณเพื่อแก้ปัญหาความไม่เป็นเชิงเส้นของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง ในวงจรถยายแยกโหนดโดยทั่วไปใช้อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงซึ่งทำหน้าที่สร้างแนวกันแยกทางไฟฟ้าเพื่อป้องกันอันตรายจากไฟฟ้าแรงสูงและปัญหาการรบกวน แต่อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงจะเกิดความผิดพลาดจากการแยกโหนดสัญญาณเนื่องจากความไม่เป็นเชิงเส้นของอุปกรณ์ ดังนั้นการแก้ปัญหาความไม่เป็นเชิงเส้นของอุปกรณ์สามารถแก้ไขได้โดยใช้การป้อนกลับสัญญาณมาชดเชย ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการป้อนกลับสัญญาณสามารถแก้ปัญหาความไม่เป็นเชิงเส้นของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงได้โดยใช้วงจรแบบง่ายๆ โดยมีแบนด์วิดท์กว้างถึง 12 กิโลเฮิร์ตซ์

คำสำคัญ : ออปโตคัปเปิล, ออปแอมป์, ฟิลแบค

## **A Design of isolated amplifier using feedback signal for solving non-linear of opto coupler device**

**Krit Choeisai<sup>1)</sup> Vichai Prasertcharoensuk<sup>1)</sup> and Jirawat Budboonchu<sup>2)</sup>**

<sup>1)</sup>Lecture Department of Electrical Engineering Faculty of Engineering, Khon Kaen University

<sup>2)</sup> Master Student Department of Electrical Engineering Faculty of Engineering, Khon Kaen University

### **Abstract**

This paper presents a design of isolated amplifier using feedback signal for solving non-linear of optocoupler device. Optocoupler device is usually used in isolated amplifier. It is used to isolate electricity in order to protect high voltage and ground loop. Since optocoupler are non-linear device, feedback signal is used to solve the problem of non-linear. The result showed that feedback signal could compensate the non-linear of optocoupler device by using a simple circuit and the bandwidth of frequency was 12 kHz.

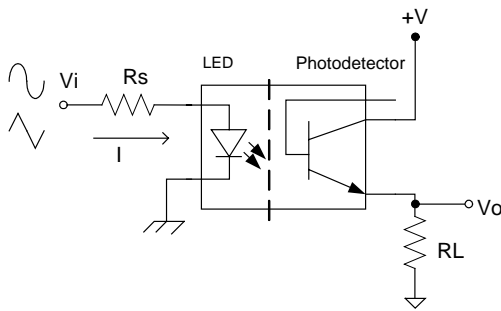
Key word : Optocouple, Opamp , Feedback

### **บทนำ**

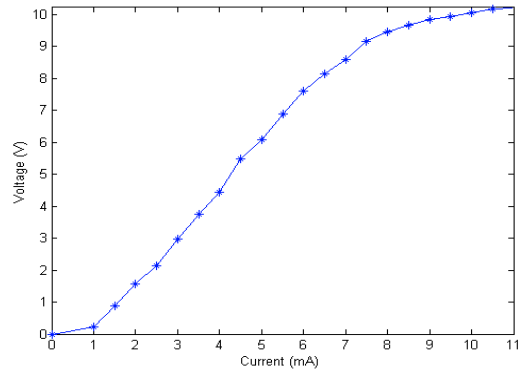
ในปัจจุบันได้นำคอมพิวเตอรืและไมโครคอนโทรลเลอร์มาใช้งานควบคุมต่างๆ เช่น มอเตอร์ คอนเวอร์เตอร์ อินเวอร์เตอร์ ฯลฯ ซึ่งการควบคุมจะใช้ร่วมกับแหล่งจ่ายไฟที่มีศักย์ไฟฟ้าที่สูง ดังนั้นเพื่อป้องกันอุปกรณ์ควบคุมไม่ให้เกิดความเสียหายซึ่งอาจจะเกิดจากสาเหตุการไหลย้อนกลับของแหล่งจ่ายไฟฟ้าแรงสูงหรือจากปัญหากราวด์ลูป ฉะนั้นจึงใช้วิธีการแยกโคดสัญญาณเพื่อป้องกันปัญหาดังกล่าว การแยกโคดสัญญาณส่วนใหญ่จะใช้อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง แต่อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงที่ใช้มีความไม่เป็นเชิงเส้นอันเนื่องมาจากคุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำที่นำมาผลิต จากปัญหาดังกล่าวเมื่อนำอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงไปใช้งานจะเกิดความผิดพลาดของสัญญาณได้ ในบทความนี้จะนำเสนอเทคนิคการแก้ปัญหาคือไม่เป็นเชิงเส้นของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงโดยการเพิ่มตัวป้อนกลับสัญญาณเพื่อจะชดเชยไม่ให้เกิดความผิดพลาดของสัญญาณ

### ปัญหาของอุปกรณ์แยกโคตสัญญาณ

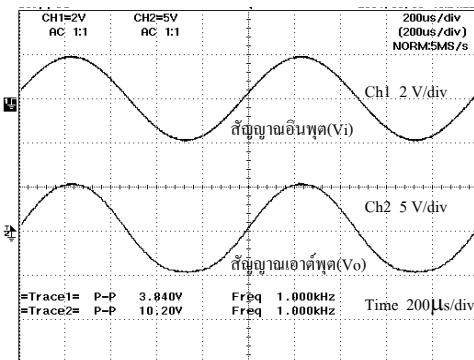
ปัญหาที่พบของอุปกรณ์แยกโคตสัญญาณโดยใช้อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงคือ ความไม่เป็นเชิงเส้นของอุปกรณ์ จากปัญหาดังกล่าวจะทำให้สัญญาณที่ได้เมื่อทำการแยกโคตสัญญาณมีความผิดพลาดเกิดขึ้น ในรูปที่ 1 แสดงการต่อวงจรทดสอบหาคุณสมบัติของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง โดยป้อนกระแสไฟตรง(I) เข้าทางด้านอินพุต( $V_i$ ) แล้ววัดหาผลตอบสนองแรงดัน(V) ทางด้านเอาต์พุต( $V_o$ ) จะเห็นถึงความไม่เป็นเชิงเส้นของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงดังแสดงให้เห็นในรูปที่ 2 จากนั้นทำการป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ทางด้านอินพุต( $V_i$ ) แล้วทำการวัดสัญญาณทางด้านเอาต์พุต( $V_o$ ) จะเห็นความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นไซน์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากความไม่เป็นเชิงเส้นของอุปกรณ์ดังแสดงในรูปที่ 3 ในทำนองเดียวกันเมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยมเข้าทางด้านอินพุต( $V_i$ ) สัญญาณที่ได้ทางเอาต์พุต( $V_o$ ) ก็จะผิดเพี้ยนเช่นกันดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 1 แสดงการต่อวงจรทดสอบคุณสมบัติของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง

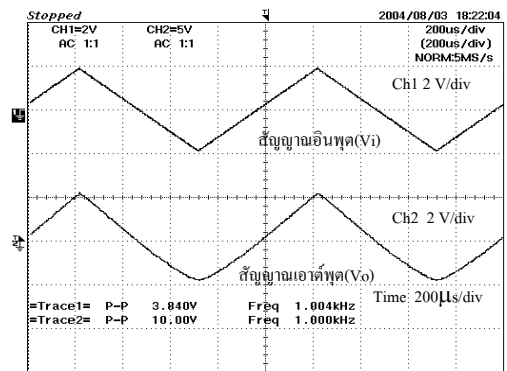


รูปที่ 2 แสดงผลตอบสนองต่อสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง



Filter= Smoothing : ON BW : 20MHz  
 Offset= CH1 : ----- CH2 : -----  
 Record Length= Main : 10K Zoom : 10K  
 Trigger= Mode : AUTO Type : EDGE CH2  $\bar{f}$  Delay : 0.0ns Hold Off : MINIMUM

รูปที่ 3 แสดงผลตอบสนองต่อสัญญาณรูปคลื่นไซน์

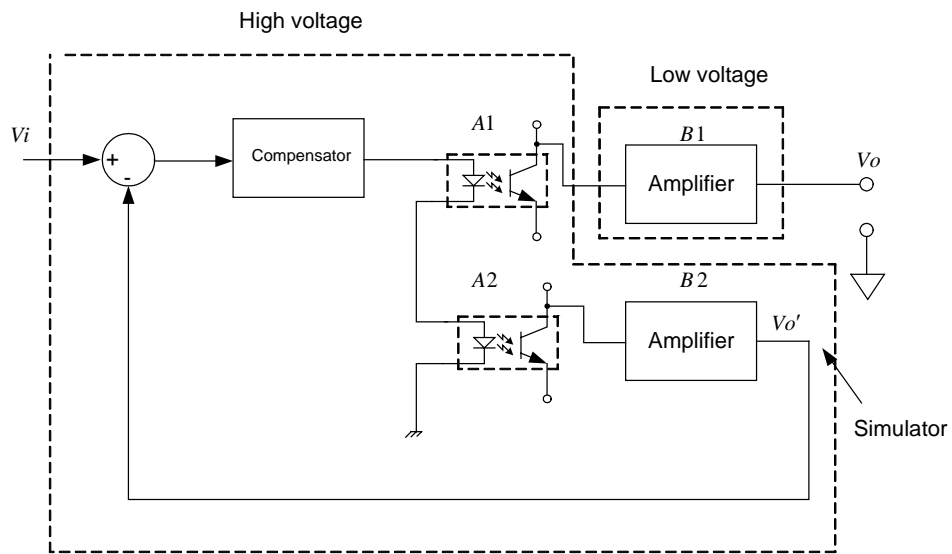


Filter= Smoothing : ON BW : 20MHz  
 Offset= CH1 : ----- CH2 : -----  
 Record Length= Main : 10K Zoom : 10K  
 Trigger= Mode : AUTO Type : EDGE CH2  $\bar{f}$  Delay : 0.0ns Hold Off : MINIMUM

รูปที่ 4 แสดงผลตอบสนองต่อสัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยม

### การแก้ๅปัญหาความไมๅเป็นๅเชิงๅเส้นๅของๅอๅปรๅกๅรๅแๅกๅโคๅดๅลๅยๅญๅณ

การแก้ๅปัญหาความไมๅเป็นๅเชิงๅเส้นๅของๅอๅปรๅกๅรๅแๅกๅโคๅดๅลๅยๅญๅณๅเชื่อมๅโยๅงๅทางๅแสๅงๅได้ๅแๅดๅงๅในๅฝๅงๅในๅรูปๅที่ 5 ๅซึ่งๅประๅกๅบๅดๅวๅยๅสๅวๅนๅอินๅพุๅต( $V_i$ ) ๅสๅวๅนๅชๅดๅเชๅยๅลๅยๅญๅณๅ(Compensator) ๅสๅวๅนๅอๅปรๅกๅรๅแๅกๅโคๅดๅลๅยๅญๅณๅ( $A_1, A_2$ ) ๅลๅลๅสๅวๅนๅวงๅจรๅขๅยๅลๅยๅญๅณๅ( $B_1, B_2$ ) ๅซึ่งๅจะๅแบๅงๅเป็น ๅชๅดๅลๅยๅญๅณๅทางๅดๅนๅเอาๅตๅพุๅต( $V_o$ )ๅลๅลๅชๅดๅจๅลๅงๅลๅยๅญๅณๅทางๅดๅนๅเอาๅตๅพุๅต( $V_o'$ )



รูปๅที่ 5 ๅแๅดๅงๅฝๅงๅวิๅธีๅการๅแก้ๅปัญหาๅความๅไมๅเป็นๅเชิงๅเส้นๅของๅอๅปรๅกๅรๅแๅกๅโคๅดๅลๅยๅญๅณ

จากๅฝๅงๅรูปๅที่ 5 ๅสมๅมติๅใหๅอๅปรๅกๅรๅแๅกๅโคๅดๅลๅยๅญๅณๅเชื่อมๅโยๅงๅทางๅแสๅงๅมีๅเกๅนๅชๅกๅการๅขๅยๅลๅยๅญๅณๅเทๅกๅน( $A_1=A_2$ ) ๅเมๅื่อนๅนำๅมาๅตๅอๅอนุๅกรมๅกๅนๅจะๅทำๅใหๅการๅแสๅงๅไหลๅเทๅกๅน ๅซึ่งๅจะๅทำๅใหๅขนาดๅของๅลๅยๅญๅณๅทางๅดๅนๅเอาๅตๅพุๅตๅเทๅกๅน( $V_o=V_o'$ ) ๅแต่ๅในๅความๅเป็นๅจๅริงๅอๅปรๅกๅรๅแๅกๅโคๅดๅลๅยๅญๅณๅที่ๅผลๅิตๅมาๅจะๅมีๅเกๅนๅชๅกๅการๅขๅยๅลๅยๅญๅณๅจะๅไมๅเทๅกๅนๅทุกๅตัว( $A_1 \neq A_2$ ) ๅดๅงๅนๅนี้ๅสามารถๅที่ๅจะๅปรับๅเกๅนๅชๅกๅการๅขๅยๅลๅยๅญๅณๅใหๅเทๅกๅนๅได้ๅโดยๅการๅปรับๅเกๅนๅชๅกๅการๅขๅยๅลๅยๅญๅณๅที่ๅดๅนๅแๅนๅง ๅB2 ๅหรือๅชๅดๅจๅลๅงๅลๅยๅญๅณๅดๅนๅออก ๅลๅลๅลๅยๅญๅณๅจากๅดๅนๅแๅนๅง ๅB2 ๅจะๅถูกๅปๅ้อนๅกๅลๅบๅมาๅเปๅรๅยๅบๅเทๅยๅกับๅลๅยๅญๅณๅอินๅพุๅตๅที่ๅปๅ้อนๅเขๅาๅมาๅและๅผ่านๅตัวๅชๅดๅเชๅยๅลๅยๅญๅณๅเพๅื่อๅแก้ๅไขๅความๅไมๅเป็นๅเชิงๅเส้นๅของๅอๅปรๅกๅรๅแๅกๅโคๅดๅลๅยๅญๅณๅ ๅดๅวๅยๅเหตุๅนี้ ๅจะๅเป็นๅผลๅทำๅใหๅลๅยๅญๅณๅทางๅเอาๅตๅพุๅตๅไมๅมีๅความๅผๅิดๅเพๅียๅนๅของๅลๅยๅญๅณๅๅและๅมีๅขนาดๅเทๅกๅบๅลๅยๅญๅณๅอินๅพุๅตๅอยู่ๅเสมอ

เทคนิคการแก้ปัญหาความไม่เป็นเชิงเส้นของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง โดยใช้การป้อนกลับสัญญาณ

จากการทำงานรูปที่ 5 สามารถเขียนสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณอินพุตและเอาต์พุตโดยใช้เกณฑ์การขยายสัญญาณได้ดังนี้

$$A1 \times B1 = A2 \times B2$$

$$V_o = V_o'$$

$$V_o' = V_i$$

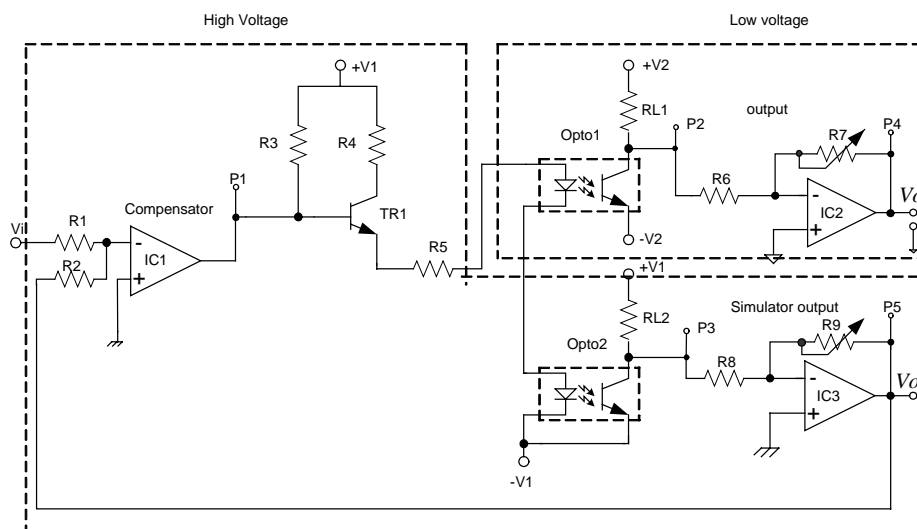
$$\therefore V_o = V_i$$

- โดย
- $V_i$  คือขนาดของสัญญาณด้านอินพุต
  - $V_o$  คือขนาดของสัญญาณด้านเอาต์พุต
  - $V_o'$  คือขนาดจำลองของสัญญาณด้านเอาต์พุต
  - $A1$  คือเกณฑ์การขยายสัญญาณของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงตัวที่ 1
  - $B1$  คือเกณฑ์การขยายสัญญาณตัวที่ 1
  - $A2$  คือเกณฑ์การขยายสัญญาณของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงตัวที่ 2
  - $B2$  คือเกณฑ์การขยายสัญญาณตัวที่ 2

จากสมการ เมื่อทำการปรับเกณฑ์การขยาย  $A1 \times B1$  ให้เท่ากับ  $A2 \times B2$  จะทำให้สัญญาณเอาต์พุต ( $V_o$ ) เท่ากับสัญญาณจำลองด้านเอาต์พุต ( $V_o'$ ) ซึ่งจะทำให้สัญญาณเอาต์พุต ( $V_o$ ) เท่ากับสัญญาณอินพุต ( $V_i$ ) ตามที่ต้องการ

### วงจรทดลองและการทำงาน

จากฟังก์ชันแก้ปัญหาในรูปที่ 5 สามารถนำมาสร้างเป็นวงจรจริงเพื่อทดสอบผลตอบสนองเมื่อมีส่วนชดเชยสัญญาณ (Compensator) และชุดจำลองสัญญาณทางด้านเอาต์พุตเข้าไปดังแสดงวงจรจริงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 แสดงวงจรการทำงานจริงของวงจรแยกโคดสัญญาณ

จากวงจรการทำงานจริงรูปที่ 6 สัญญาณอินพุตจะถูกป้อนเข้าที่ขา Inverting ของ IC1 ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวชดเชยสัญญาณ ผ่านไปยังขาเบสของทรานซิสเตอร์ TR1 ซึ่งไบอัสให้ขยายแบบคลาสเอ กระแสถูกขยายออกทางด้านขาคีมิตเตอร์ ของทรานซิสเตอร์ TR1 ผ่านความต้านทาน R5 ซึ่งทำหน้าที่จำกัดกระแสไฟให้ไม่เกิน 10 mA เข้าที่ขาแอนโอดของ Opto1 และ Opto2 ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นสัญญาณแสง ส่วน Photodetector จะเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า สัญญาณจะถูกขยายผ่านขา คอล-เลกเตอร์ของ Opto1 และ Opto2 สัญญาณที่ได้จาก Opto1 จะถูกขยายโดย IC2 และ สัญญาณที่ได้จาก Opto2 จะถูกขยายโดย IC3 ซึ่งเป็นการขยายแบบกลับสัญญาณ ในกรณีที่เกณฑ์การขยายของ Opto1 และ Opto2 ไม่เท่ากันจะทำการปรับเกณฑ์การขยายที่ IC3 เพื่อให้ได้ขนาดของสัญญาณเท่ากับสัญญาณที่ได้จาก IC2 สัญญาณที่ได้จาก IC3 จะถูกป้อนกลับไปยังขา Inverting ของ IC1 เพื่อชดเชยสัญญาณให้คงที่อยู่เสมอ

#### ผลการทดลอง

ในการทดลองทำการป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ รูปคลื่นสามเหลี่ยมและรูปคลื่นสี่เหลี่ยมมีขนาดของแรงดันเท่ากับ 4 Vp-p ความถี่ 1 kHz โดยมีผลการทดลองดังนี้

รูปที่ 7 แสดงสัญญาณอินพุตเมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์ และสัญญาณเอาต์พุต (P1) ที่ได้จาก IC1 ซึ่งสัญญาณที่ได้จาก IC1 จะเป็นสัญญาณ DC สัญญาณที่ได้จะไม่ใช่รูปคลื่นไซน์ เนื่องจาก IC1 ชดเชยความไม่เป็นเชิงเส้นของ Opto1 และ Opto2

รูปที่ 8 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณเอาต์พุต( $V_i$ ) เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์กับสัญญาณจำลองทางด้านเอาต์พุต ( $V_o'$ ) และสัญญาณผลต่างระหว่างสัญญาณเอาต์พุต( $V_o$ )กับสัญญาณจำลองทางด้านเอาต์พุต ( $V_o'$ ) ซึ่งขนาดของแอมพลิจูดและความถี่มีค่าเท่ากัน สังเกตจากผลต่างของสัญญาณทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกับศูนย์

รูปที่ 9 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณอินพุต( $V_i$ ) เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์กับสัญญาณจำลองทางด้านเอาต์พุต( $V_o'$ ) และสัญญาณผลต่างระหว่างสัญญาณอินพุต ( $V_i$ ) กับสัญญาณจำลองทางด้านเอาต์พุต ( $V_o'$ ) ซึ่งขนาดของแอมพลิจูดและความถี่มีค่าเท่ากัน สังเกตจากผลต่างของสัญญาณทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกับศูนย์

รูปที่ 10 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณอินพุต ( $V_i$ ) เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์กับสัญญาณทางด้านเอาต์พุต ( $V_o$ ) และสัญญาณผลต่างระหว่างสัญญาณอินพุต ( $V_i$ ) กับสัญญาณทางด้านเอาต์พุต( $V_o$ ) ซึ่งขนาดของแอมพลิจูดและความถี่มีค่าเท่ากันเนื่องจากตัวควบคุมเป็นตัวชดเชยสัญญาณ ขนาดของสัญญาณเอาต์พุต ( $V_o$ )และความถี่จะมีค่าเท่ากับสัญญาณอินพุต( $V_i$ ) สังเกตจากผลต่างของสัญญาณทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกับศูนย์

รูปที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณอินพุต( $V_i$ ) เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นสามเหลี่ยมกับสัญญาณทางด้านเอาต์พุต( $V_o$ ) และผลต่างระหว่างสัญญาณอินพุต( $V_i$ )กับสัญญาณทางด้านเอาต์พุต( $V_o$ ) จะพบว่าขนาดของสัญญาณและความถี่มีค่าเท่ากัน สังเกตได้จากค่าผลต่างของสัญญาณทั้งสองมีค่าใกล้เคียงศูนย์

รูปที่ 12 แสดงการเปรียบเทียบสัญญาณอินพุต( $V_i$ ) เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมกับสัญญาณทางด้านเอาต์พุต( $V_o$ ) และสัญญาณผลต่างระหว่างสัญญาณอินพุต( $V_i$ ) กับสัญญาณเอาต์พุต( $V_o$ ) สัญญาณผลต่างระหว่างสัญญาณอินพุต( $V_i$ ) กับสัญญาณเอาต์พุต( $V_o$ ) ที่ได้จะมีค่ามากกว่าเมื่อเทียบกับการป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์และรูปคลื่นสามเหลี่ยม เพราะว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเมื่อเทียบกับเวลาของสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมจะสูงกว่าการเปลี่ยนแปลงของแรงดันเมื่อเทียบกับเวลาของสัญญาณรูปคลื่นไซน์และรูปคลื่นสามเหลี่ยม

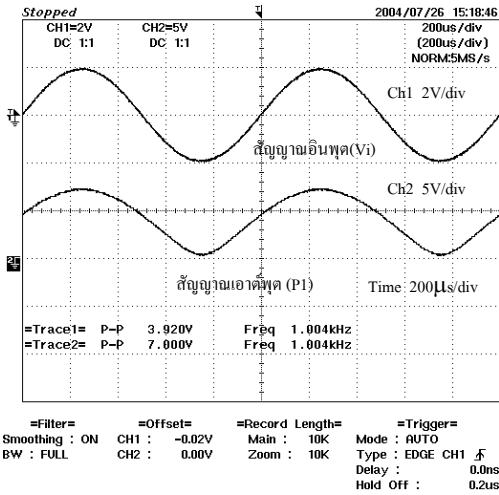
รูปที่ 13 แสดงผลตอบสนองทางเวลาช่วงขาขึ้นของสัญญาณ เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมจะมีช่วงเข้าสู่สภาวะคงที่ของสัญญาณ  $20 \mu s$

รูปที่ 14 แสดงผลตอบสนองทางเวลาช่วงขาขึ้นของสัญญาณ เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยมจะมีช่วงเข้าสู่สภาวะคงที่ของสัญญาณ  $20 \mu s$

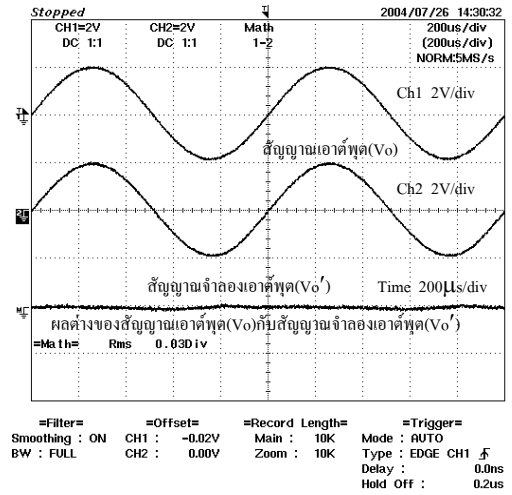
รูปที่ 15 แสดงผลตอบสนองระหว่างแรงดันกับความถี่ของอุปกรณ์แยกโคดสัญญาณโดยใช้อุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงเมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์จะมีความถี่จุดที่ไม่มีมีความเพี้ยนของสัญญาณประมาณ  $12 \text{ kHz}$

จากผลการทดลองสามารถที่แก้ปัญหาค่าความไม่เป็นเชิงเส้นของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสงได้โดยสร้างชุดจำลองสัญญาณทางด้านเอาต์พุตแล้วนำสัญญาณป้อนกลับไปชดเชยเพื่อที่จะทำให้สัญญาณที่ได้ไม่มีความผิดเพี้ยนและมีขนาดของสัญญาณเอาต์พุตเท่ากับขนาดของสัญญาณอินพุตอยู่เสมอ ซึ่งทำการทดสอบโดยการป้อนสัญญาณอินพุตเป็นรูปคลื่นไซน์รูปคลื่นสามเหลี่ยมและรูปคลื่นสี่เหลี่ยมดังแสดงในรูปที่ 4 ถึง รูปที่ 14 ผลที่ได้พบว่าสามารถที่จะแก้ปัญหาค่าความไม่เป็นเชิงเส้นของอุปกรณ์ได้ และเมื่อทดสอบหาผลตอบสนองทางความถี่สูงสุดจะมีผลตอบสนองความถี่สูงสุดที่ประมาณ  $12 \text{ kHz}$  ดังแสดงในรูปที่ 15

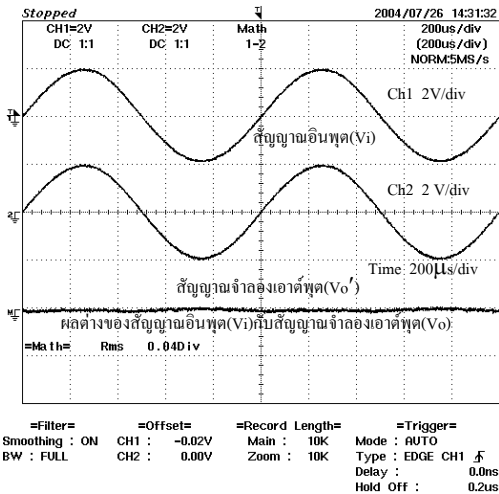
กฤษ เอยไสย วิชัย ประเสริฐเจริญสุข และ จิรวัดน์ บุตรบุญญ



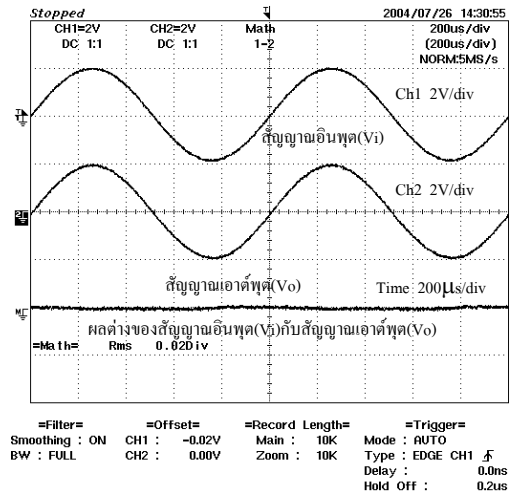
รูปที่ 7 แสดงสัญญาณอินพุต( $V_i$ ) กับสัญญาณเอาต์พุต(P1) ของ IC1 เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์



รูปที่ 8 แสดงสัญญาณเอาต์พุต( $V_o$ ) สัญญาณจำลองเอาต์พุต( $V_o'$ ) และผลต่างของสัญญาณทั้งสอง เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์



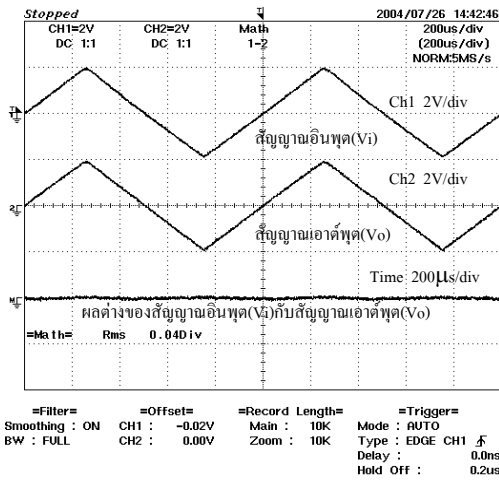
รูปที่ 9 แสดงสัญญาณอินพุต( $V_i$ ) สัญญาณจำลองเอาต์พุต( $V_o'$ ) และผลต่างของสัญญาณทั้งสองเมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์



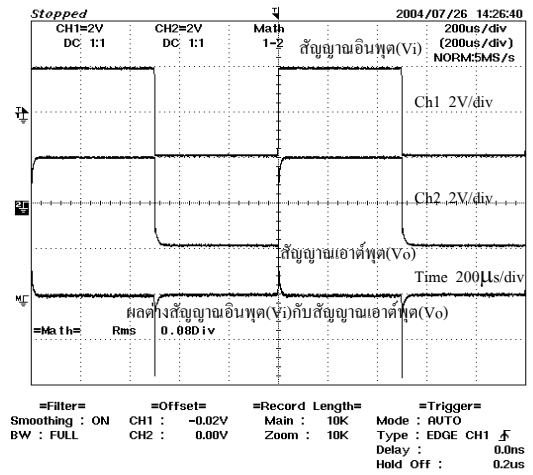
รูปที่ 10 แสดงสัญญาณอินพุต( $V_i$ ) สัญญาณเอาต์พุต( $V_o$ ) และผลต่างของสัญญาณทั้งสอง เมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นไซน์



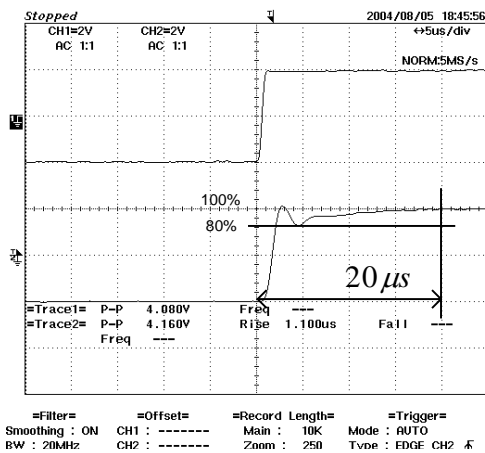
เทคนิคการแก้ปัญหาความไม่เป็นเชิงเส้นของอุปกรณ์เชื่อมโยงทางแสง โดยใช้การป้อนกลับสัญญาณ



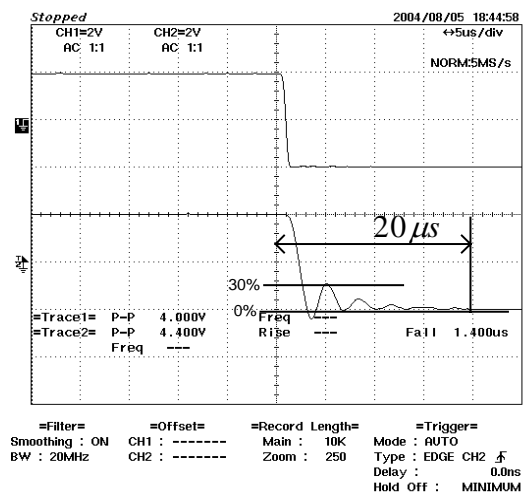
รูปที่ 11 แสดงสัญญาณอินพุต(Vi) สัญญาณเอาต์พุต(Vo) และผลต่างของสัญญาณเมื่อป้อนสัญญาณ รูปคลื่นสามเหลี่ยม



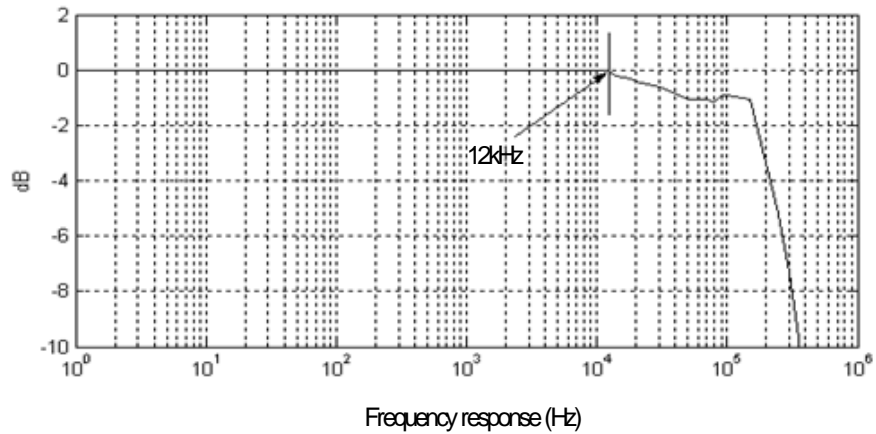
รูปที่ 12 แสดงสัญญาณอินพุต(Vi) สัญญาณเอาต์พุต (Vo) และผลต่างของสัญญาณเมื่อป้อนสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม



รูปที่ 13 แสดงผลตอบสนองทางเวลาด้านขาขึ้นของสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม



รูปที่ 14 แสดงผลตอบสนองทางเวลาด้านขาลงของสัญญาณรูปคลื่นสี่เหลี่ยม



รูปที่ 15 แสดงผลตอบสนองระหว่างแรงดันกับความถี่ของอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง

## สรุป

จากปัญหาความไม่เป็นเชิงเส้นของอุปกรณ์แยกโคโดสัญญาณโดยใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสง เมื่อทำการป้อนสัญญาณเพื่อหาผลตอบสนองทางด้านเอาต์พุต สัญญาณที่ได้จะมีความผิดเพี้ยนทำให้เมื่อนำสัญญาณไปใช้ในการควบคุมหรือประมวลผลจะทำให้เกิดการผิดพลาดได้ การแก้ไขปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้โดยการสร้างชุดจำลองสัญญาณเอาต์พุตและเพิ่มตัวชดเชยสัญญาณ ซึ่งจะใช้สัญญาณจำลองทางด้านเอาต์พุตป้อนกลับไปเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุตที่ป้อนเข้ามาที่ตัวชดเชยสัญญาณและเมื่อทดสอบหาผลตอบสนองทางความถี่โดยป้อนสัญญาณอินพุตเป็นรูปคลื่นไซน์ พบว่ามีผลตอบสนองความถี่จุดที่ไม่มีความเพี้ยนของสัญญาณประมาณ 12 kHz

การทดลองจะเห็นได้ว่าไม่ว่าจะป้อนสัญญาณทางด้านอินพุตเป็นรูปคลื่นไซน์ รูปคลื่นสามเหลี่ยมและรูปคลื่นสี่เหลี่ยม สัญญาณทางด้านเอาต์พุตที่ได้จะมีขนาดของสัญญาณและความถี่เท่ากับสัญญาณที่ป้อนทางด้านอินพุต ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสามารถแก้ปัญหาค่าความไม่เป็นเชิงเส้นของอุปกรณ์แยกโคโดสัญญาณโดยใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงได้

เทคนิคการแก้ปัญหาความไม่เป็นเชิงเส้นของอุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงโดยใช้การป้อนกลับสัญญาณ

### ข้อเสนอแนะ

วงจรถยายแบบแยกโคดโดยใช้อุปกรณ์แยกโคดทางแสงมีข้อจำกัดการใช้งานอยู่หลายประการ เช่น ความถี่ของสัญญาณที่จะใช้งาน อัตราทนแรงดัน ถ้าใช้อุปกรณ์แยกโคดสัญญาณ โดยใช้อุปกรณ์เชื่อมต่อทางแสงที่มีประสิทธิภาพดี ก็จะทำให้การแยกโคดสัญญาณสามารถทำได้ที่มีความถี่สูงขึ้น

### กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยที่ให้ทุนสนับสนุนและขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยขอนแก่นและสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตขอนแก่นที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องมือในการทดลอง

### เอกสารอ้างอิง

Mancini,Ron. 2002. **Op Amps For Everyone**. Chief. Texas Instrument.

Skolnik,Howard L. 1982. **Design Considerations For Linear Optically Coupled Isolation Amplifier**. IEEE : 1094-1101.