บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ศึกษาวงจรแคลมป์แบบสวิตช์และได้นำเอาวงจรแคลมป์แบบสวิตช์มาใช้สร้างเป็นวงจรแยกสัญญาณซิงก์โดยไม่ต้องอาศัยสัญญาณควบคุมสวิตช์เพิ่มเติมสำหรับการแคลมป์ นอกจากนี้ยังได้ออกแบบวงจรแยกสัญญาณซิงก์ลงเป็นชิปเลย์เอาต์ซึ่งสามารถนำไปสร้างลงเป็นวงจรรวมที่มีตัวเก็บประจุในการแคลมป์ในตัว ทำให้ง่ายต่อการใช้งาน ประหยัดอุปกรณ์

ผลที่ได้รับจากการวิจัยสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.1. คุณลักษณะของวงจรแคลมป์แบบสวิตช์

วงจรแคลมป์โดยทั่วไปประกอบด้วยไดโอดและตัวเก็บประจุ ไดโอดเป็นส่วนสำคัญสำหรับควบคุมระดับไฟตรงของสัญญาณโดยมีรูปคลื่นเหมือนเดิม วงจรแคลมป์ที่ใช้งานในการแคลมป์สัญญาณภาพโทรทัศน์ยังมีการต่อตัวต้านทานเพิ่มในวงจรช่วยการคายประจุออกของตัวเก็บประจุเพื่อแก้ปัญหาสัญญาณรบกวนดังในรูปที่ 7. และการใช้ออปแอมป์ป้อนกลับในการแคลมป์เพื่อลดค่าคลาดเคลื่อนของระดับไฟตรงของสัญญาณที่แคลมป์เนื่องจากค่าแรงดันคัทอินของไดโอด แนวคิดเดียวกันนี้เมื่อนำมาสร้างวงจรด้วยเทคโนโลยีซีมอสยังสามารถพัฒนาเพิ่มเติมเนื่องด้วยคุณสมบัติของการเป็นสวิตช์ที่สมมาตรและควบคุมได้ของมอสทรานซิสเตอร์ทำให้ได้วงจรแคลมป์ที่มีคุณสมบัติดีขึ้นดังต่อไปนี้

1) สามารถแคลมป์สัญญาณทั้งสองทิศทางในเวลาเดียวกันทั้งเมื่อระดับสัญญาณเข้าสูงกว่าหรือต่ำกว่าระดับไฟตรงอ้างอิง ทำให้ไม่จำเป็นต้องต่อตัวต้านทานช่วยเช่นเดียวกับไดโอด
2) ไม่มีผลของแรงดันคัทอินเช่นเดียวกับไดโอด
3) จังหวะการแคลมป์ควบคุมได้ด้วยสัญญาณภายนอกทำให้ไม่จำเป็นต้องแคลมป์ที่ระดับยอดเหมือนกับการใช้ไดโอด

นอกจากนี้ตัวเก็บประจุที่ใช้ยังสามารถมีค่าน้อยมาก ๆ ได้จนสามารถสร้างตัวเก็บประจุลงบนชิปเดียวกับวงจรแคลมป์ได้ทำให้มีความน่าสนใจในการออกแบบสร้างเป็นวงจรรวมซีมอสที่รับสัญญาณเข้าได้โดยตรง

แต่วงจรแคลมป์แบบสวิตช์จำเป็นต้องมีสัญญาณพิเศษเพื่อใช้ควบคุมจังหวะการแคลมป์ให้สวิตช์เปิด-ปิดวงจรในช่วงเวลาที่เหมาะสมทำให้วงจรมีความยุ่งยากในการใช้งานมากขึ้นที่จะต้องหาสัญญาณมาควบคุมสวิตช์ที่มีจังหวะสัมพันธ์กับการแคลมป์

5.2. ชิปแยกสัญญาณซิงก์ที่ใช้วงจรแคลมป์แบบสวิตช์

สัญญาณภาพโทรทัศน์แบบรวมเป็นสัญญาณที่มักถูกแคลมป์ก่อนที่จะนำมาใช้งานเสมอ เนื่องจากแหล่งกำเนิดสัญญาณอาจให้ค่าระดับไฟตรงได้ต่าง ๆ กัน สัญญาณที่สำคัญที่เป็นส่วนประกอบในสัญญาณภาพแบบรวมก็คือสัญญาณซิงก์ มีลักษณะเป็นพัลส์สี่เหลี่ยมขนาดคงที่ในทุก ๆ คาบของเส้นภาพในช่วงเวลาแบลงกิ้ง รูปร่างของสัญญาณภาพโทรทัศน์แบบรวมเป็นดังรูปที่ 1. ระดับของสัญญาณที่มักถูกแคลมป์เป็นระดับอ้างอิงก็คือระดับยอดของสัญญาณซิงก์หรือซิงก์ทิป และอีกจุดหนึ่งคือระดับแบลงกิ้ง สัญญาณซิงก์เป็นส่วนที่มีความสำคัญเนื่องจากเป็นเครื่องหมายกำหนดจังกวะของแต่ละเว้นภาพรวมทั้งแต่ละเฟรม วงจรที่มีการทำงานกับสัญญาณภาพแบบรวมจึงมีการแยกสัญญาณซิงก์ออกมาต่างหากเพื่อใช้กำหนดจังหวะการทำงาน การแยกสัญญาณซิงก์ทำได้ง่ายโดยการใช้วงจรเปรียบเทียบแรงดันที่ตั้งค่าแรงดันอ้างอิงไว้ที่ระหว่างระดับซิงก์ทิปและระดับแบลงกิ้งของสัญญาณภาพโทรทัศน์แบบรวม

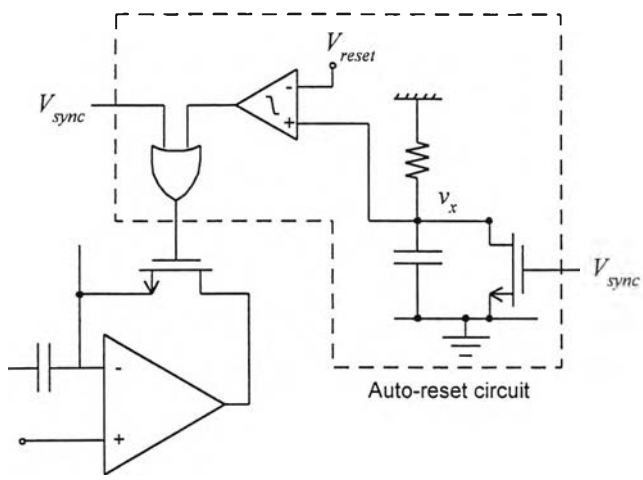
การนำเอาวงจรแคลมป์แบบสวิตช์มาใช้กับการแยกสัญญาณซิงก์จะต้องมีสัญญาณสำหรับควบคุมการแคลมป์ และสัญญาณควบคุมนี้จะต้องสัมพันธ์กับสัญญาณที่จะแคลมป์ สำหรับการแคลมป์ที่ระดับซิงก์ทิปสัญญาณสำหรับควบคุมสวิตช์ก็จะต้องมีจังหวะเช่นเดียวกับสัญญาณซิงก์ หรือกล่าวคือ ใช้สัญญาณซิงก์ในการควบคุมจังหวะการแคลมป์ ในขณะเดียวกันวงจรแยกสัญญาณซิงก์ก็อาศัยสัญญาณที่แคลมป์แล้ว วงจรแคลมป์และแยกสัญญาณซิงก์จึงได้ออกแบบให้ทำงานร่วมกันดังรูปที่ 19. โดยที่สัญญาณจากวงจรแคลมป์และวงจรเปรียบเทียบต่างอาศัยซึ่งกันและกัน การออกแบบที่ดีจึงมีความสำคัญที่จะให้วงจรสามารถทำงานได้อย่างถูกต้อง โดยมีสิ่งที่ควรคำนึงถึงก็คือความเร็วในการแคลมป์ ซึ่งวงจรแคลมป์จะต้องสามารถแคลมป์สัญญาณเข้าสู่ระดับอ้างอิงได้รวดเร็วเพียงพอในช่วงเวลาจำกัด

วงจรแยกสัญญาณซิงก์ที่ใช้วงจรแคลมป์แบบสวิตช์ที่ออกแบบขึ้นได้ออกแบบให้มีความซับซ้อนไม่มาก ใช้ทรานซิสเตอร์จำนวนน้อยแต่ก็สามารถทำงานได้ผลเป็นที่น่าพอใจจากการจำลองการทำงานด้วยซอฟต์แวร์ซึ่งเลย์เอาต์ของวงจรก็แสดงให้เห็นว่าวงจรสามารถสร้างขึ้นได้โดยอาศัยเนื้อที่ไม่มาก วงจรได้รับการออกแบบเลย์เอาต์ของชิปขึ้นเพื่อการศึกษาและอาจพัฒนาต่อเพื่อสร้างวงจรจริงขึ้นทดสอบต่อไป

5.3. ความคิดเห็นเพิ่มเติม

วงจรแคลมป์แบบสวิตช์และวงจรแยกสัญญาณซิงก์ที่ออกแบบขึ้นนี้ยังไม่ได้ออกแบบเพื่อรองรับสภาพการใช้งานจริงอีกทั้งบางแง่มุมก็ยังไม่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ โดยผู้วิจัยมีจุดประสงค์ที่จะออกแบบเพื่อการศึกษาวงจรในขอบเขตหนึ่ง ซึ่งวงจรดังที่ได้นำเสนอยังสามารถพัฒนาให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานจริงได้มากขึ้นอันได้แก่ การบัฟเฟอร์ขาสัญญาณออกต่าง ๆ กลไกการป้องกันตัวเองของวงจรจากการใช้งานผิดวิธี หรือการเพิ่มเติมฟังก์ชันการทำงาน เช่นการหาสัญญาณซิงก์แนวตั้ง สัญญาณฟิลด์คู่-คี่ ฯลฯ นอกจากนี้ส่วนประกอบของวงจรก็สามารถออกแบบให้มีคุณสมบัติดีขึ้น เช่นส่วนของวงจรขยายที่ใช้ในวงจรแคลมป์อาจออกแบบเป็นวงจรขยาย 2 ขั้นเพื่อให้ได้อัตราขยายมากขึ้น

นอกจากนี้แม้ว่าวงจรแคลมป์แบบสวิตช์จะทนทานต่อสัญญาณรบกวนได้มากกว่าวงจรแบบทีทใช้ไดโอดถ้าหากการแคลมป์ถูกควบคุมโดยอิสระ แต่สำหรับวงจรแยกสัญญาณซิงก์ที่ออกแบบขึ้นนั้น วงจรแคลมป์ต้องอาศัยสัญญาณซิงก์ในการควบคุมการแคลมป์ และมีโอกาสที่วงจรจะหลุดจากการทำงานปกติเมื่อสัญญาณมีค่ามากกว่าระดับแรงดันอ้างอิงของวงจรเปรียบเทียบเมื่อเริ่มต้น หรือสัญญาณเกิดการเปลี่ยนแปลงระดับอย่างถาวร เช่นนี้สวิตช์จะเปิดวงจรตลิดเวลาทำให้วงจรไม่สามารถทำงานได้เหมือกับวงจรไดโอดที่ไม่มีตัวต้านทานคายประจุต่ออยู่ การแก้ไขข้อผิดพลาดดังกล่าวอาจทำได้โดยใช้วงจรดังรูปที่ 42. ซึ่งในที่นี้จะเรียกว่า วงจรรีเซตอัตโนมัติ วงจรดังกล่าวให้ผลดีกว่าการใช้ตัวต้านทานในวงจรที่ใช้ไดโอดคือจะไม่รบกวนการทำงานของวงจรในช่วงการทำงานปกติให้สัญญาณผิดเพี้ยน

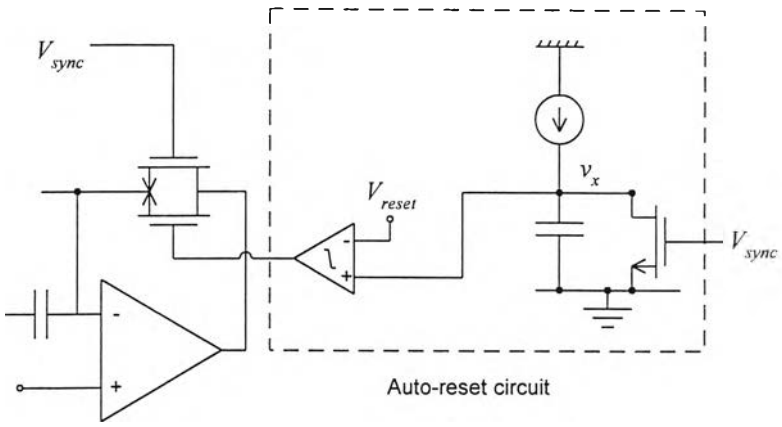


รูปที่ 42. วงจรรีเซตอัตโนมัติ

การทำงานของวงจรในรูปที่ 42. คือ ถ้าหากไม่มีสัญญาณซิงก์เป็นเวลานาน แรงดัน v_x จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามเวลาจนกระทั่งเมื่อ v_x มีค่ามากกว่า V_{reset} จะทำให้สวิตช์ปิดวงจรทันทีและแคลมป์ให้สัญญาณมีค่าลดลงจนต่ำกว่าแรงดันอ้างอิงของวงจรเปรียบเทียบและมีสัญญาณซิงก์ V_{sync}

ออกมา ซึ่ง V_{sync} จะรีเซตแรงดัน v_x ลง เมื่อมีสัญญาณซิงก์เกิดขึ้น วงจรก็เข้าสู่การทำงานตามปกติ V_{sync} จะรีเซตค่าของ v_x ในทุก ๆ จังหวะของสัญญาณซิงก์ก่อนที่ v_x จะมีค่าสูงกว่า V_{reset}

รูปที่ 43. แสดงวงจรรีเซตอัตโนมัติอีกแบบหนึ่งที่ดัดแปลงให้เหมาะสมต่อการสร้างเป็นวงจรรวมมากขึ้น โดยใช้มอสสวิตช์สองตัวต่อขนานกันเป็นตรรกะ"หรือ" และใช้วงจรจ่ายกระแสคงที่ในการเพิ่มค่าแรงดันแก่ตัวเก็บประจุแทนการใช้ตัวต้านทานที่จะกินเนื้อที่มากกว่ามาก



รูปที่ 43. วงจรรีเซตอัตโนมัติอีกแบบหนึ่ง

5.4. ปัญหาและอุปสรรค

ในขั้นแรก งานวิจัยชิ้นนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะออกแบบและส่งแบบวงจรไปสร้างเป็นชิปต้นแบบกลับมาทดสอบการทำงาน แต่ด้วยปัญหาค่าใช้จ่าย และเงื่อนไขเวลา อีกทั้งยังขาดประสบการณ์ในการทำงาน งานวิจัยนี้จึงเน้นไปในด้านการวิเคราะห์และออกแบบวงจรแคลมป์และวงจรแยกสัญญาณซิงก์โดยออกแบบเลย์เอาต์และทดสอบการทำงานจากวงจรที่ถอดค่าอุปกรณ์จากเลย์เอาต์ ในอนาคตเมื่อเกิดการสั่งสมประสบการณ์และมีงานวิจัยเกี่ยวกับการสร้างวงจรรวมมากขึ้นคาดว่าวงจรแยกสัญญาณซิงก์ที่ใช้วงจรแคลมป์แบบสวิตช์นี้จะได้รับการพัฒนาให้สมบูรณ์มากขึ้นและสามารถสร้างเป็นชิปต้นแบบได้ในที่สุด