

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในยุคปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม ได้มีการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วและเทคโนโลยีที่จำเป็นส่วนหนึ่ง คือ เทคโนโลยีของการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งได้พัฒนาตามไปด้วยอย่างรวดเร็วทั้งระบบดิจิทัล (Digital) และอนาล็อก (Analog) หัวข้อวิจัยได้กล่าวถึงแต่ในส่วนที่เป็นอนาล็อกเท่านั้น ในวงจรด้านอนาล็อกจะประกอบด้วยอุปกรณ์ที่เป็นแบบแอคทีฟและพาสซีฟ โดยอุปกรณ์แบบแอคทีฟส่วนใหญ่จะเป็นทรานซิสเตอร์ การออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในปัจจุบันมักนิยมใช้ทรานซิสเตอร์ที่เป็นแบบมอสเฟต (MOSFET : Metal Oxide Semiconductor Field-Effect Transistor) มาแทนทรานซิสเตอร์แบบไบโพลาร์ (BJT) เพราะทรานซิสเตอร์ที่เป็นแบบมอสเฟต มีข้อดีหลายอย่าง เช่น การสูญเสียกำลังงานต่ำกว่า มีค่าของอินพุตอิมพีแดนซ์สูงกว่าและสามารถทำงานได้ขณะที่ใช้ไฟเลี้ยงต่ำ ทำให้เกิดความร้อนต่ำ ซึ่งในปัจจุบันนิยมและเน้นทางด้านการทำเป็นวงจรรวม (IC: Integrated Circuit) ในการออกแบบวงจรรวมโดยใช้เทคโนโลยีซีมอส กำลังเป็นที่นิยมกันอย่างมากในปัจจุบัน ซึ่งเทคโนโลยี (VLSI : Very Large Scale Integration) ที่ใช้ในการออกแบบวงจรรวม จะทำให้ขนาดของชิปที่ได้มีขนาดเล็กลงอย่างมากและมีการทำงานที่รวดเร็วขึ้น

หัวข้อวิจัยนี้เป็น การวิเคราะห์และออกแบบวงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดันโดยใช้ซีมอส (Voltage-Controlled Grounding Resistance Circuit: VCGR) เป็นวงจรที่มีประโยชน์มาวงจรหนึ่ง ในด้านการประมวลสัญญาณทางอนาล็อกและได้มีการประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวางในหลายสาขาทั้งทางด้าน โทรคมนาคมและอิเล็กทรอนิกส์ เช่น วงจรกรองความถี่ วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา โดยวงจรทั้งหมดมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อนและถูกออกแบบด้วยเทคโนโลยีซีมอส ซึ่งจะกล่าวถึงต่อไป

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

หัวข้อวิจัยนี้มุ่งหวังเพื่อศึกษา การวิเคราะห์ ออกแบบและสร้างวงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดันโดยใช้ซีมอส โดยอาศัยเทคนิคการหากล้างความไม่เป็นเชิงเส้นของทรานซิสเตอร์ โดยออกแบบให้ทรานซิสเตอร์ทำงานเป็นวงจรร้อย เมื่อวงจรร้อยจะทำหน้าที่เป็นวงจรเลื่อนระดับแรงดันไบอัสให้กับขาเกทของทรานซิสเตอร์ ที่ทำงานเป็นความต้านทานชนิดต่อ

กราวด์ ทำงานในย่านไม่อิ่มตัว และหักล้างความไม่เป็นเชิงเส้นออกไป ทำให้ผลของวงจรที่ได้มีคุณสมบัติความเป็นเชิงเส้นดี ช่วงแรงดันควบคุมกว้าง การทำงานมีความแม่นยำและมีค่าความสูญเสียต่ำ วงจรทั้งหมดมีโครงสร้างไม่ซับซ้อนและยุ่งยาก เหมาะกับการนำไปใช้งาน

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

ในยุคแรก ๆ วงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดัน ได้ออกแบบโดยใช้ FET ต่อร่วมกับ ออปแอมป์ ในเวลาต่อมาได้มีการออกแบบโดยใช้มอสและเกิดความนิยมสูงขึ้น เนื่องจากมีข้อดีด้านพลังงานสูญเสียต่ำ การทำงานเที่ยงตรง ทำให้งานวิจัยในยุคหลังและปัจจุบัน ได้มีการออกแบบโดยใช้มอสทรานซิสเตอร์ ซึ่งในแต่ละแบบยังมีข้อเสียอยู่ เช่น มีย่านอินพุตปฏิบัติงานแคบ มีช่วงของแรงดันที่ใช้ควบคุมแคบและใช้ทรานซิสเตอร์จำนวนมาก เป็นต้น [1-3]

การแก้ปัญหาข้างต้นในหัวข้อวิจัยนี้ ได้มีการนำเสนอวงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดัน อาศัยเทคนิคของการหักล้างความไม่เป็นเชิงเส้น ดังนั้นจึงเป็นผลทำให้มอสทรานซิสเตอร์ที่ได้ ทำงานเป็นความต้านทานแบบต่อกราวด์ที่มีความเป็นเชิงเส้นควบคุมด้วยแรงดัน โครงสร้างของวงจรประกอบด้วยมอสทรานซิสเตอร์ ทำหน้าที่เป็นวงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์และวงจรย่อย โดยวงจรย่อยมีหน้าที่เลื่อนระดับแรงดันไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ที่เป็นความต้านทานให้เหมาะสม วงจรทั้งหมดมีโครงสร้างที่ไม่ซับซ้อน และเหมาะกับการนำไปผลิตเป็นวงจรรวมต่อไปได้

1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

เนื่องจากวงจรที่นำเสนอเป็นวงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดันโดยลักษณะเด่นของวิธีการที่นำเสนอ คือ ใช้เทคนิคการหักล้างความไม่เป็นเชิงเส้น ดังนั้นจึงเป็นผลทำให้มอสทรานซิสเตอร์ทำงานเป็นความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดัน มีความเป็นเชิงเส้นสูง โครงสร้างของวงจรประกอบด้วยทรานซิสเตอร์ ที่ทำหน้าที่เป็นความต้านทานและทรานซิสเตอร์ที่ทำหน้าที่เป็นวงจรย่อย โดยวงจรย่อยมีหน้าที่เลื่อนระดับแรงดันไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ที่เป็นความต้านทานให้เหมาะสม สามารถนำวงจรที่ได้ไปประยุกต์ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง ทั้งทางด้านโทรคมนาคมหรือวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่าง ๆ เช่น วงจรกรองความถี่ปรับค่าความถี่ได้ด้วยแรงดัน วงจรขยายสัญญาณ (Amplifier) วงจรกำเนิดสัญญาณ (Oscillator) และเหมาะสำหรับการนำไปผลิตเป็นวงจรรวมต่อไป ซึ่งในหัวข้อวิจัยนี้ได้แสดงผลของการจำลองการทำงานโดยใช้ PSpice เพื่อเปรียบเทียบวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบเดิม

1.5 การเปรียบเทียบระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการแบบพื้นฐาน

วงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดันที่นำเสนอ ตามหลักการเดิมที่ใช้ จะเห็นว่าวงจรความต้านทานนี้ อาศัยแรงดันควบคุมและการหักล้างความไม่เป็นเชิงเส้น ทำให้ค่าความต้านทานที่ได้ยังไม่ถูกต้องตามเงื่อนไขการทำงานของทรานซิสเตอร์แต่วงจรที่นำเสนออาศัยหลักการโดยใช้เทคนิคของวงจรร้อย โดยการหักล้างความไม่เป็นเชิงเส้นทำให้มอสทรานซิสเตอร์ทำงานเป็นความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดัน มีความเป็นเชิงเส้นสูง โครงสร้างของวงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดันนี้ ประกอบด้วยมอสทรานซิสเตอร์ทำหน้าที่เป็นวงจรความต้านทานและวงจรร้อย เมื่อวงจรร้อยมีหน้าที่เลื่อนระดับแรงดันไบอัสให้กับทรานซิสเตอร์ที่เป็นความต้านทานให้เหมาะสม ซึ่งเห็นได้ว่าโครงสร้างวงจรที่นำเสนอจะไม่ซับซ้อนเหมาะกับการผลิตเป็นวงจรรวมต่อไป การประยุกต์ใช้มีการใช้งานอย่างกว้างขวางในด้านโทรคมนาคมหรืออิเล็กทรอนิกส์ เช่น วงจรกรองความถี่ผ่านปรับค่าความถี่ได้ด้วยแรงดัน วงจรขยายสัญญาณ (Amplifier) และวงจรกำเนิดสัญญาณ (Oscillator)

ดังนั้นหัวข้อวิจัยนี้นำเสนอ วงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดันโดยใช้ซีมอส ซึ่งวงจรที่ได้มีความเป็นเชิงเส้นสูง ช่วงแรงดันควบคุมกว้าง การทำงานมีความแม่นยำและมีค่าของความสัมพันธ์ต่ำ หลักการที่นำมาสร้างวงจรประมวลสัญญาณอนาล็อกในหัวข้อวิจัยนี้สามารถนำไปสร้างเป็นวงจรรวมได้ และวงจรทั้งหมดได้ถูกออกแบบด้วยเทคโนโลยีซีมอส

1.6 ขอบเขตการวิจัย

- 1.6.1 เพื่อวิเคราะห์ ออกแบบและสร้าง วงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดันโดยใช้ซีมอส
- 1.6.2 เพื่อทดลองและการประยุกต์ใช้งานวงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดันโดยใช้ซีมอสที่สร้างขึ้น โดยวิเคราะห์ผลการเลียนแบบการทำงานด้วยโปรแกรม PSpice เทียบกับหลักการทางทฤษฎี

1.7 ระเบียบวิธีดำเนินการวิจัย

- 1.7.1 วิเคราะห์ ออกแบบ วงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดันโดยใช้ซีมอส ตามแนวคิดและหลักการของโครงการที่นำเสนอ
- 1.7.2 วิเคราะห์ผลการเลียนแบบการทำงานด้วยโปรแกรม PSpice เทียบกับแนวคิดและหลักการ

- 1.7.3 สร้างวงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดันโดยใช้ชิโมสที่วิเคราะห์ผลแล้ว
- 1.7.4 ทดสอบวงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดันโดยใช้ชิโมสที่สร้างขึ้นเทียบกับผลการเลียนแบบการทำงานด้วยโปรแกรม PSpice
- 1.7.5 ทดลองและประยุกต์ใช้ วงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดันโดยใช้ชิโมสที่สร้างขึ้นเทียบกับทางทฤษฎี

1.8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

- 1.8.1 ได้วงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดันโดยใช้ชิโมส ที่มีการทำงานที่แม่นยำ มีความเป็นเชิงเส้นสูง มีความสูญเสียกำลังงานต่ำ
- 1.8.2 สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้กับทุก ๆ วงจรที่ต้องการใช้ค่าความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดัน
- 1.8.3 สามารถนำวงจรความต้านทานแบบต่อกราวด์ปรับค่าได้ด้วยแรงดันโดยใช้ชิโมสไปสร้างเป็นวงจรรวมได้ในอนาคต