บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ปัจจุบันนี้การสังเคราะห์และออกแบบวงจรเลียนแบบหรือจำลองอุปกรณ์เป็นหัวข้อวิจัยหลักที่ได้รับความสนใจจากนักวิจัยในสาขาการออกแบบวงจรแอนะลอก เนื่องจากวงจรเลียนแบบอุปกรณ์สามารถใช้แทนอุปกรณ์พาสซีฟจำพวก ตัวต้านทาน ตัวเก็บประจุ หรือตัวเหนี่ยวนำ เพื่อนำมาใช้ในการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณ วงจรกรองความถี่ วงจรกำจัดค่าอุปกรณ์แฝงในวงจร (Ferri & Guerrini, 2003; Yuce et al., 2006a) เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่ง การออกแบบวงจรรวมนั้นไม่นิยมใช้ตัวเหนี่ยวนำที่เป็นขดลวด เนื่องจากมีข้อเสียหลายประการ เช่น มีน้ำหนักมาก ขนาดใหญ่ ไม่สามารถที่จะปรับค่าความเหนี่ยวนำได้ง่าย แม้จะสามารถสร้างตัวเหนี่ยวนำแบบก้นหอย (Spiral inductor) ให้เป็นวงจรรวมเพื่อใช้งานในด้านความถี่สูงได้ แต่ชิปของวงจรรวมจะมีขนาดใหญ่มาก และไม่สามารถที่จะปรับค่าความเหนี่ยวนำได้ง่าย จึงไม่สะดวกต่อการนำไปใช้งาน เช่นเดียวกับตัวเก็บประจุที่สามารถสร้างเป็นวงจรรวมได้จากกระบวนการสร้าง CMOS แต่ด้วยวิธีการนี้จะให้ค่าความจุเพียงประมาณ 20pF ซึ่งเป็นค่าที่ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากในหลายๆงานที่จำเป็นต้องใช้ตัวเก็บประจุที่มีค่าสูง เช่น Integrated lock-in amplifiers, Sampled-data systems และ Capacitive sensor interfaces เป็นต้น ดังนั้นวงจรเลียนแบบอุปกรณ์จึงถูกออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

ในทศวรรษที่ผ่านมามีความต้องการที่จะลดแรงดันไฟเลี้ยงของระบบและวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องมาจากความนิยมในปัจจุบันที่มักออกแบบและผลิตให้ผลิตภัณฑ์ทางอิเล็กทรอนิกส์นั้น มีขนาดเล็กสามารถพกพาได้ โดยมีแบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง จากเหตุผลที่มีความจำเป็นในการต้องการลดแรงดันไฟเลี้ยงลง เทคนิคการทำงานในโหมดกระแสเป็นเทคนิคหนึ่งที่เหมาะสมกับความต้องการดังกล่าว มากกว่าการทำงานในโหมดแรงดันแบบเดิม นอกเหนือจากนี้แล้ว วงจรที่มีการทำงานในโหมดกระแสยังมีลักษณะเด่นกว่าโหมดแรงดันหลายประการ ยกตัวอย่างเช่น มีพิสัยพลวัตกว้างกว่า ตอบสนองต่อความถี่ในย่านกว้างกว่า มีความเป็นเชิงเส้นกว้างกว่า โครงสร้างของวงจรน้อยกว่าเมื่อเทียบกับหน้าที่ของวงจรเดียวกัน และบริโภคกำลังไฟฟ้าต่ำกว่า (Toumazou et al. 1990)

Current controlled current conveyor transconductance amplifier (CCCCTA) (Siripruchyanun and Jaikla, 2008) เป็นอุปกรณ์แอกทีฟเอนกประสงค์ในโหมดกระแสที่เหมาะจะนำไปออกแบบวงจรประมวลสัญญาณแอนะลอก โดย CCCCTA มีข้อดีอีกหลายประการเช่น อัตราสรูว์สูง แบนด์วิธกว้าง โครงสร้างวงจรที่ถูกออกแบบโดยใช้ CCCCTA ไม่ซับซ้อน นอกจากนี้ CCCCTA สามารถควบคุมความต้านทานแฝงที่อินพุตและความความนำถ่ายโอนด้วยกระแสไบแอส ทำให้วงจรที่ออกแบบโดยใช้ CCCCTA จะสามารถควบคุมแบบอัตโนมัติ หรือผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยง่าย

จากการศึกษาพบว่า ได้มีผู้เสนองานวิจัยที่เกี่ยวกับการสังเคราะห์และออกแบบวงจรเลียนแบบอุปกรณ์โดยใช้อุปกรณ์แอคทีฟที่แตกต่างกันไป แต่งานวิจัยเหล่านั้นยังมีข้อด้อยดังต่อไปนี้

- ต้องการความสมพงษ์ของอุปกรณ์พาสซีฟที่ใช้ (Yuce, 2006; Pal, 1981)
- ไม่สามารถควบคุมได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งกำลังได้รับความนิยมสำหรับระบบอิเล็กทรอนิกส์สมัยใหม่ เนื่องจากสามารถประยุกต์เข้ากับการควบคุมแบบอัตโนมัติหรือใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยง่าย (Yuce et al., 2006b; Minaei et al., 2006; Yuce, 2007; Pal, 1981)
- ใช้ตัวเก็บประจุแบบลอยซึ่งไม่เหมาะสมที่จะสร้างเป็นวงจรรวม (Yuce et al., 2006b; Yuce et al., 2006c; Yuce et al., 2006b; Yuce, 2007)

จากปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้น ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสังเคราะห์และออกแบบวงจรเลียนแบบอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมการทำงานได้ด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ CCCCTA ร่วมกับตัวเก็บประจุที่ต่อลงกราวนด์ นอกจากนี้เพื่อแสดงสรรถนะของวงจรเลียนอุปกรณ์ที่ได้สังเคราะห์และออกแบบไว้ ยังได้สังเคราะห์และออกแบบวงจรดังกล่าวในวงจรกรองความถี่

1.2 วัตถุประสงค์

- เพื่อสังเคราะห์และออกแบบวงจรเลียนแบบอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมได้ด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์
- เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของวงจรเลียนแบบอุปกรณ์ที่ได้ออกแบบไว้ในทางทฤษฎีกับการจำลองด้วยโปรแกรม PSpice และการทดลองจริง

- เพื่อสังเคราะห์และออกแบบวงจรประยุกต์ใช้งานวงจรเลียนแบบอุปกรณ์ในวงจรกรองความถี่

1.3 **สมมติฐานของการวิจัย**

- วงจรเลียนแบบอุปกรณ์สามารถควบคุมการทำงานได้ด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์

1.4 **ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

- สามารถนำวงจรที่ออกแบบไปผลิตในเชิงพาณิชย์ได้
- เป็นการส่งเสริมให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้อุปกรณ์ที่คิดค้นภายในประเทศ
- นำผลงานวิจัยที่ได้ไปจดสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และสามารถอนุญาตให้หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนใช้สิทธิในเทคโนโลยี (Technology licensing) ได้
- นำผลงานวิจัยที่ได้ไปตีพิมพ์ใน การประชุมวิชาการหรือวารสารวิชาการทั้งระดับชาติและนานาชาติ

1.5 **ขอบเขตของการวิจัย**

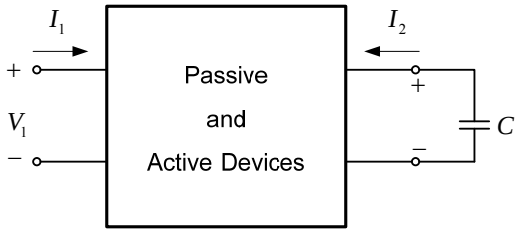
การสังเคราะห์และออกแบบวงจรเลียนแบบอุปกรณ์ที่ออกแบบโดยใช้ CCCCTA มีขอบเขตของการวิจัยดังนี้

- วงจรเลียนแบบอุปกรณ์ที่ออกแบบโดยใช้ CCCCTA เป็นอุปกรณ์แอกทีฟจำนวนไม่เกิน 2 ตัว
- สามารถควบคุมค่าอุปกรณ์ได้ด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์
- วงจรสามารถทำงานได้ในย่านความถี่สูงถึงระดับเมกะเฮิร์ซ (MHz)
- วงจรที่สร้างขึ้นใช้อุปกรณ์พาสซีฟแบบต่อลงกราวนด์ทั้งหมด

ความสัมพันธ์ของกระแสและแรงดันของตัวเหนี่ยวนำในอุดมคติสามารถแสดงให้อยู่ในรูปสมการเชิงอนุพันธ์แบบเชิงเส้นอันดับหนึ่งได้ดังนี้

$$V_L = L\frac{dI_L}{dt} \tag{2.1}$$

โดยที่แรงดัน V_L คือแรงดันตกคร่อมตัวเหนี่ยวนำและกระแส I_L คือกระแสที่ไหลเข้าขดลวดเหนี่ยวนำ วิธีการเลียนแบบตัวเหนี่ยวนำ ทำได้โดยพิจารณาจากวงจรข่าย 2 ขั้ว ซึ่งอาจประกอบด้วยจำพวกอุปกรณ์แบบพาสซีฟหรือแอคทีฟ โดยที่ขั้วที่ 2 ถูกต่อเข้ากับตัวเก็บประจุและต้องการอิมพีแดนซ์ขาเข้าที่ขั้ว 1 เป็นค่าความเหนี่ยวนำ ดังแสดงในภาพที่ 2.1 (สมคิด, 2546)



ภาพที่ 2.1 หลักการของวงจรเลียนแบบตัวเหนี่ยวนำ

จากภาพที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกับกระแสที่ขั้ว 1 และ 2 สามารถเขียนได้ดังนี้

$$V_1 = L\frac{dI_1}{dt} \tag{2.2}$$

$$I_2 = -C\frac{dV_2}{dt} \tag{2.3}$$

จากระบบสมการของวงจรข่าย 2 ขั้ว จะได้ว่า

$$V_1 = R_{11}I_1 + R_{12}I_2 \tag{2.4}$$