บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหา

ระบบอิเล็กทรอนิกส์ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญอย่างมากในการดำเนินชีวิตของมนุษย์ในปัจจุบัน ส่งผลให้อุตสาหกรรมด้านอิเล็กทรอนิกส์ โดยเฉพาะทางด้านการออกแบบวงจรได้มีการพัฒนาให้เจริญก้าวหน้าไปอย่างมากมาย เมื่อเทียบกับในอดีต โดยเริ่มจากการออกแบบวงจรโดยใช้หลอดสูญากาศ มาเป็นสารกึ่งตัวนำที่มีลักษณะเป็นดิสครีต (Discrete) จนมาเป็นรูปแบบ วงจรรวม (Integrated circuit) หรือที่เรียกว่าไอซี (IC) ในขณะที่ได้มีผู้วิจัยคิดค้นการออกแบบวงจรโดยใช้หลักการใหม่ๆ ขึ้นมา โดยมีวัตถุประสงค์คือ เพื่อให้สามารถนำวงจรไปใช้ได้โดยง่าย หรือออกแบบวงจรที่มีใช้งานกันอยู่แล้ว ให้มีคุณสมบัติโดดเด่นกว่าวงจรเดิม กล่าวคือ ทำให้มีคุณสมบัติและประสิทธิภาพในการทำงานดีขึ้น อาทิเช่น ทำให้ค่าความละเอียดแม่นยำในการทำงานดียิ่งขึ้น มีผลตอบสนองต่อความถี่ในการปฏิบัติงานสูง อีกทั้งให้วงจรใช้จำนวนอุปกรณ์ที่ออกแบบขึ้นให้น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ทำให้วงจรบริโภคกำลังไฟฟ้าน้อยลง สามารถทำงานได้ที่แรงดันไฟเลี้ยงต่ำลง (มนตรี 2547) รวมถึงทำให้วงจรที่ออกแบบขึ้นนั้นทำงานโดยอิทธิพลจากสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ ระดับแรงดันไฟเลี้ยง สัญญาณรบกวน ส่งผลน้อยที่สุด เป็นต้น

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

ในงานด้านวิศวกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ วงจรกำเนิดสัญญาณซายน์เป็นวงจรที่สำคัญและมีการนำไปใช้งานอย่างกว้างขวาง ตัวอย่างการใช้งาน ได้แก่ ระบบสื่อสาร ระบบเครื่องมือวัด

ระบบเครื่องมือแพทย์ ในห้องทดลองอิเล็กทรอนิกส์และระบบประมวลผลสัญญาณ เป็นต้น ลักษณะเด่นของวงจรกำเนิดสัญญาณนิยมพัฒนาให้สามารถกำเนิดสัญญาณรูปคลื่นซายน์ได้สองสัญญาณที่มีเฟสต่างกัน 90° หรือที่เรียกว่าสัญญาณควอเดรเจอร์ ทั้งนี้เพื่อนำไปใช้ในระบบสื่อสาร เช่น ในการมอดูเลตสัญญาณ SSB เป็นต้น (Khan and Khawaja, 2000)

จากการศึกษาพบว่าได้มีผู้นำเสนอวงจรกำเนิดสัญญาณโดยใช้อุปกรณ์แอกทีฟที่แตกต่างกันไป เช่น วงจรขยายความนำถ่ายโอน (Khan and Khawaja, 2000) วงจรสายพานกระแส (Horng, 2005) Four-Terminal Floating Nullors (FTFN) (Liu and Liao, 2006) วงจรตามกระแส [9-10] Current controlled current differencing buffered amplifiers (CCCDBAs) (Jaikla and Siripruchyanun, 2006[a]) current controlled current differencing transconductance amplifiers (CCCDTAs) (Jaikla and Siripruchyanun, 2006[b]) (Jaikla and Siripruchyanun, 2007) fully-differential second-generation current conveyor (FDCCII) (Horng et al., 2006) และ differencing voltage current conveyor (DVCCs) (Horng, 2003) เป็นต้น แต่วงจรเหล่านั้นยังมีข้อด้อยดังต่อไปนี้

- ใช้อุปกรณ์แอกทีฟและพาสซีฟจำนวนมากโดยเฉพาะตัวต้านทาน
- ไม่สามารถควบคุมได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์
- ใช้ตัวเก็บประจุแบบลอยซึ่งไม่เหมาะสมที่จะสร้างเป็นวงจรรวม
- ความต้านทานที่เอาต์พุตมีค่าไม่สูงจึงไม่เหมาะที่จะนำไปต่อคาดเคสในโหมดกระแส

เมื่อเร็วๆนี้ ได้มีผู้นำเสนออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่มีชื่อว่า current differencing transconductance amplifier (CDTA) ที่เหมาะจะนำไปออกแบบวงจรประมวลสัญญาณแอนะลอก (Biolek, 2003) โดย CDTA สามารถควบคุมขนาดของกระแสเอาต์พุตได้ด้วยกระแสไบแอส แต่ CDTA ไม่สามารถควบคุมความต้านทานแฝงที่ขั้วอินพุต ได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ ดังนั้นเมื่อนำ CDTA ไปออกแบบวงจรในบางวงจรต้องใช้ตัวต้านทานต่อร่วมด้วยหรือไม่ก็ต้องใช้ CDTA จำนวนหลายตัว ซึ่งไม่เหมาะที่จะนำไปสร้างเป็นวงจรรวม ต่อมาจึงมีผู้นำเสนอ CDTA ที่สามารถควบคุมความต้านทานแฝงที่อินพุตด้วยกระแสไบแอส และมีชื่อเรียกใหม่ว่า Current-controlled current differencing transconductance amplifier (CCCDTA) (Siripruchyanun and Jaikla, 2009)

การเรียนการสอนในสาขาอิเล็กทรอนิกส์นั้นวิชาการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ถือเป็นวิชาหลักทั้งในระดับอาชีวะและระดับอุดมศึกษา โดยอุปกรณ์หลักที่นำมาใช้ในการสอนในรายวิชานี้ก็คือ

ออปแอมป์ ซึ่งข้อด้อยของออปแอมป์ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น ยิ่งไปกว่านั้นเมื่อนำออปแอมป์ไปออกแบบในวงจรอิเล็กทรอนิกส์โครงสร้างวงจรค่อนข้างจะซับซ้อน จึงยากต่อการวิเคราะห์วงจรเพื่อให้ได้มาซึ่งสมการคุณสมบัติของวงจร หากเปรียบเทียบวงจรลักษณะเดียวกันในโหมดกระแสแล้ว วงจรในโหมดกระแสจะมีความซับซ้อนน้อยกว่า และมีอุปกรณ์น้อยกว่าด้วย จากการสำรวจโดยใช้แบบสอบถาม กับอาจารย์ที่สอนในระดับอาชีวะและอุดมศึกษาจำนวน 25 ท่าน พบว่าอาจารย์ผู้สอนในระดับอุดมศึกษาส่วนใหญ่มีความรู้และเข้าใจในงานวิจัยเกี่ยวกับการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้อุปกรณ์แอกทีฟสมัยใหม่ แต่มีเพียงส่วนน้อยที่นำไปใช้ในการเรียนการสอนกับรายวิชาที่เกี่ยวข้อง ทั้งที่ผู้สอนมีความเห็นว่ามีความจำเป็นอย่างมากในการนำเอาองค์ความรู้ทางด้านนี้ มาสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้องทั้งนี้เนื่องจากขาดใบเนื้อหา สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ และยังพบอีกว่าแม้มีผู้สอนบางส่วนต้องการให้มีการพัฒนาใบเนื้อหาและสื่อการสอนที่ใช้ในปัจจุบันให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

จากปัญหาที่ได้นำเสนอหลักการข้างต้น ในงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อสังเคราะห์และออกแบบกำเนิดสัญญาณควอเดรเจอร์โหมดกระแสที่สามารถควบคุมการทำงานได้ด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ CCCDTA นอกจากนี้เพื่อให้นักศึกษาในสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ได้มีความรู้ในการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์สมัยใหม่ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะสร้างชุดการสอนเรื่องการออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์โดยใช้ CCCDTA เป็นการถ่ายทอดองค์ความรู้ใหม่ให้กับนักศึกษาเพื่อให้นักศึกษาสามารถนำความรู้ไปใช้ประกอบอาชีพ วิเคราะห์และสร้างสรรค์ผลงานออกมาเพื่อไปใช้พัฒนาประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์

- เพื่อสังเคราะห์และออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์แบบควอเดรเจอร์โหมดกระแสที่สามารถปรับความถี่ได้ด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์
- เพื่อวิเคราะห์หาสมรรถนะของวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์ที่ได้ออกแบบ
- เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์ที่ได้ออกแบบไว้ในทางทฤษฎีกับการจำลองด้วยโปรแกรม PSpice และการทดลองจริง
- เพื่อสร้างชุดการสอนเรื่อง การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์แบบควอเดรเจอร์โหมดกระแสโดยใช้ CCCDTA
- เพื่อหาประสิทธิภาพของชุดการสอนที่สร้างขึ้น

1.3 สมมติฐานของการวิจัย

- วงจรกำเนิดสัญญาณซายน์แบบควอเดรเจอร์โหมดกระแสสามารถปรับความถี่ได้ด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์
- ชุดการสอน เรื่อง การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์แบบควอเดรเจอร์โหมดกระแสโดยใช้ CCCDTA มีประสิทธิภาพ 80/80

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- สามารถนำวงจรที่ออกแบบไปผลิตในเชิงพาณิชย์ได้
- เป็นการส่งเสริมให้มีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์โดยใช้ทฤษฎีที่คิดค้นภายในประเทศ
- นักศึกษาสามารถวิเคราะห์หาสมการคุณสมบัติของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างง่ายและเร็วขึ้น เนื่องจากวงจรที่ออกแบบในโหมดกระแสจะใช้อุปกรณ์น้อยกว่า
- นำผลงานวิจัยที่ได้ไปจดสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และสามารถอนุญาตให้หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนใช้สิทธิในเทคโนโลยี (Technology licensing) ได้
- นำผลงานวิจัยที่ได้ไปตีพิมพ์ใน การประชุมวิชาการหรือวารสารวิชาการทั้งระดับชาติและนานาชาติ

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

การสังเคราะห์และออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์แบบควอเดรเจอร์โหมดกระแสโดยใช้ CCCDTA และการประยุกต์ใช้งานกับการศึกษาด้านการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ มีขอบเขตของการวิจัยดังนี้

- วงจรกำเนิดสัญญาณแบบควอเดรเจอร์ที่ออกแบบโดยใช้ CCCDTA เป็นอุปกรณ์แอกทีฟจำนวนไม่เกิน 2 ตัว
- ความถี่และเงื่อนไขในการกำเนิดสัญญาณสามารถควบคุมได้ด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์
- วงจรสามารถทำงานได้ในย่านความถี่สูงถึงระดับเมกะเฮิร์ซ (MHz)

- ชุดการสอนเรื่อง เรื่อง การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์แบบควอเดรเจอร์โหมดกระแสโดยใช้ CCCDTA ประกอบด้วยหัวข้อเรื่องดังนี้
    - คุณสมบัติเบื้องต้นของ CCCDTA
    - วงจรกำเนิดสัญญาณซายน์แบบควอเดรเจอร์โหมดกระแสโดยใช้ CCCDTA
- ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
    - ประชากร ได้แก่ นักศึกษาระดับอาชีวะและอุดมศึกษาในประเทศไทยที่ลงทะเบียนเรียนวิชาที่เกี่ยวกับการออกแบบหรือการวิเคราะห์วงจรอิเล็กทรอนิกส์
    - กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 และ 3 ที่ลงทะเบียนและผ่านการเรียนวิชาการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาแล้ว สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา จำนวน 25 คน
- ในการจำลองตามใบประลองจะใช้โปรแกรม PSPICE

1.6 **นิยามศัพท์เฉพาะ**

- ชุดการสอน หมายถึง ชุดของเอกสารที่ประกอบด้วยคู่มือครู กิจกรรมการเรียนการสอน แบบฝึกหัด แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และสื่อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบกิจกรรมการเรียนการสอน
- คู่มือครู หมายถึง คู่มือที่ประกอบไปด้วยวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม รายละเอียดเกี่ยวกับเนื้อหา วิธีการสอน แผนการเรียนการสอน แนวทางการวัดและประเมินผล
- ประสิทธิภาพของชุดการสอน หมายถึง คุณภาพของชุดการสอนที่วัดจากคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาทั้งหมดจากการทำแบบฝึกหัด และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งตามเกณฑ์กำหนด 80/80
    - 80 ตัวแรก หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดหลังการเรียนของนักศึกษาทั้งหมด
    - 80 ตัวหลัง หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาทั้งหมด

- แผนการสอน หมายถึง แนวทางหรือกระบวนการที่ใช้ประกอบในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่อง การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณซายน์แบบควอเดรเจอร์โหมดกระแสโดยใช้ CCCDTA ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ประกอบด้วย คำแนะนำในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รวมถึงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละบทเรียน แบบฝึกหัดระหว่างเรียน สื่อการเรียนการสอน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
- แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน หมายถึง แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา โดยการให้นักศึกษาทำหลังจากเรียนจบในแต่ละหัวข้อ
- แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาโดยการให้นักศึกษาทำภายหลังจากการเรียนการสอน
- ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้ที่มีประสบการณ์ด้านการสอนรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หรือรายวิชาที่มีเนื้อหาใกล้เคียงกัน มีวุฒิทางการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาเอก หรือผู้ที่มีประสบการณ์ ด้านการพัฒนาการเรียนการสอน วิชาการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หรือรายวิชาที่มีเนื้อหาใกล้เคียงกัน อย่างน้อย 10 ปี