บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในยุคโลกาภิวัฒน์นั้นเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ได้พัฒนาและเจริญก้าวหน้าไปอย่างไม่หยุดยั้ง โดยเฉพาะทางด้านอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งหลายๆ ชนิดได้ถูกนำมาสร้างเป็นวงจรประมวลผลสัญญาณต่างๆ มากมาย โดยเริ่มจากระบบสูญญากาศที่พัฒนามาเป็นอุปกรณ์ที่สร้างด้วยสารกึ่งตัวนำ (Semiconductor) ซึ่งมีลักษณะเป็นดิสครีต (Discrete) มีการพัฒนาเป็นรูปแบบวงจรรวม (Integrated Circuit) หรือเรียกว่าไอซี (IC) (ชัยวัฒน์, 2546) ในส่วนของการสังเคราะห์วงจรได้มีการนำเสนอการสังเคราะห์โดยใช้หลักการใหม่ๆ ขึ้นมาอย่างมากมาย เพื่อให้สามารถนำวงจรที่ทำการสังเคราะห์ไปประยุกต์ใช้งานได้ง่ายและสะดวก หรือทำปรับปรุงแก้ไขวงจรเดิมที่มีอยู่ให้มีคุณสมบัติและประสิทธิภาพในการทำงานที่ดียิ่งขึ้น ตลอดจนให้ค่าความละเอียด ความแม่นยำมากขึ้น และมีผลตอบสนองต่อความถี่ในการปฏิบัติงานที่สูงตามไปด้วย อีกทั้งต้องพยายามออกแบบให้วงจรมีความยุ่งยากสลับซับซ้อนน้อยลงและต้องใช้จำนวนอุปกรณ์น้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ เพื่อสามารถนำไปสร้างเป็นวงจรรวมได้ง่ายและมีราคาต่อวงจรต่ำ

การสังเคราะห์วงจรแอนะลอกมีสองลักษณะคือ การสังเคราะห์ในระดับทรานซิสเตอร์ (Transistor level) กับการสังเคราะห์ด้วยอุปกรณ์สำเร็จรูป (Building block) การสังเคราะห์ในระดับทรานซิสเตอร์มีข้อได้เปรียบเรื่อง ความเร็วและประหยัดพลังงาน อย่างไรก็ตามเทคนิคนี้ยังมีข้อด้อยเรื่องความซับซ้อนของวงจรและใช้อุปกรณ์จำนวนมาก ปัจจุบันการสังเคราะห์วงจรด้วยอุปกรณ์สำเร็จรูปเป็นที่นิยมเช่นกัน เพราะวงจรที่ได้จะไม่ซับซ้อนและใช้อุปกรณ์จำนวนน้อยกว่า จากศึกษาพบว่าช่วงการทำงานที่ใช้ในการสังเคราะห์วงจรแอนะลอกด้วยอุปกรณ์สำเร็จรูปแบ่งได้สองช่วงการทำงานคือ ช่วงการทำงานที่เป็นเชิงเส้น (Linear-mode) ได้แก่ วงจรกรองความถี่ วงจรคูณสัญญาณ เป็นต้น อีกช่วงหนึ่งของการทำงานคือ ช่วงทำงานอิ่มตัว (Saturation-mode) โดยมีลักษณะเด่นเรื่อง ขนาดสัญญาณเอาต์พุตไม่ขึ้นกับอุณหภูมิ ซึ่งช่วงการทำงานนี้ได้มีการนำไปใช้ในงานด้านวิศวกรรมไฟฟ้ากันอย่างแพร่หลาย เช่น วงจรกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยมและสามเหลี่ยม วงจรโมโนส

เตเบิ้ล มัลติไวเบรเตอร์และวงจรมอดูเลตความกว้างพัลซ์ ซึ่งวงจรเหล่านี้ได้มีการนำไปใช้ในระบบสื่อสารหรือระบบเครื่องมือวัด และนำไปใช้แก้ไขปัญหาเรื่องสัญญาณรบกวน (Wang and Guqqenbuhl, 1989, Wang, 1991, Dejhan *et al.,* 2005) โดยทั่วไปแล้ว การประยุกต์ใช้อุปกรณ์สำเร็จรูปให้สามารถทำงานในสภาวะอิ่มตัวได้ จำเป็นต้องใช้วงจรชมิตต์ทริกเกอร์ (Schmitt trigger) เป็นวงจรแกน (Core Circuit) จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่ามีการออกแบบวงจรชมิตต์ทริกเกอร์ด้วยอุปกรณ์สำเร็จรูปบ้างแล้ว เช่น ออปแอมป์ (Coughlin and Driscoll, 1998, Choudhury and Jain, 1994, Gayakwad, 1993) วงจรขยายความนำถ่ายโอน (Operational Transconductance Amplifier, OTA) (Kim *et al.,* 1997, Chung *et al.,* 2005, Siripruchyanun and Wardkein, 2001) วงจรสายพานกระแสรุ่นที่ 2 (Second Generation Current Conveyor, CCII) (Almashary and Alhokail, 2000) และ OTRA (Hou *et al.,* 2005, Lo and Chien, 1999) แต่วงจรเหล่านี้ยังมีข้อด้อยหลายประการ เช่น

1.1 ขนาดของสัญญาณเอาต์พุตและแรงดันขีดเริ่มไม่เป็นอิสระจากแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง (Coughlin and Driscoll, 1998, Choudhury and Jain, 1994, Gayakwad, 1993, Almashary and Alhokail, 2000, Hou *et al.,* 2005, Lo and Chien, 1999)

1.2 ประกอบไปด้วยอุปกรณ์พาสซีฟและแอคทีฟจำนวนมาก ซึ่งไม่เหมาะที่จะนำไปสร้างเป็นวงจรรวม (Choudhury and Jain, 1994, Gayakwad, 1993, Kim *et al.,* 1997, Chung *et al.,* 2005, Siripruchyanun *et al.,* 2001, Almashary and Alhokail, 2000, Hou *et al.,* 2005, Lo and Chien, 1999)

1.3 ออกแบบวงจรด้วยตัวต้านทานแบบลอย (Coughlin and Driscoll, 1998, Choudhury and Jain, 1994, Gayakwad, 1993, Almashary and Alhokail, 2000, Hou *et al.,* 2005, Lo and Chien, 1999)

1.4 ไม่สามารถควบคุมได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ (Coughlin and Driscoll, 1998, Choudhury and Jain, 1994, Gayakwad, 1993, Almashary and Alhokail, 2000, Hou *et al.,* 2005, Lo and Chien, 1999)

จากทศวรรษที่ผ่านมา มีความพยายามที่จะลดแรงดันไฟเลี้ยงในวงจร และระบบอิเล็กทรอนิกส์ เนื่องมาจากความต้องการที่จะนำมาใช้กับอุปกรณ์แบบพกพา หรืออุปกรณ์สื่อสาร

แบบไร้สายที่ต้องใช้แบตเตอรี่เป็นแหล่งจ่ายกำลังงาน ดังนั้นจึงมีการใช้เทคนิคการทำงานในโหมดกระแส (Current-mode) ซึ่งมีข้อดีหลายประการ เมื่อเทียบกับเทคนิคการทำงานในโหมดแรงดัน ได้แก่ มีช่วงพิสัยพลวัติกว้าง (Larger dynamic range) มีแบนด์วิธกว้าง บริโภคกำลังงานต่ำและยังทำให้โครงสร้างของวงจรไม่ซับซ้อน (Bhaskar *et al.,* 1999, Toumazou *et al.,* 1990, Schmid, 2002, Khucharoensin and Kasemsuwan, 2003)

เมื่อไม่นานมานี้มีผู้นำเสนออุปกรณ์แอคทีฟโหมดกระแสแบบใหม่ที่มีชื่อว่า Current Differencing Transconductance Amplifier (CDTA) (Biolek, 2003) ที่เหมาะจะนำไปใช้ในวงจรประมวลสัญญาณแอนะลอก โดยข้อดีของ CDTA คือ เป็นอุปกรณ์ที่ทำงานในโหมดกระแสทั้งหมด กล่าวคือ อินพุตและเอาต์พุตเป็นกระแส นอกจากนี้ยังสามารถปรับอัตราขยายของกระแสเอาต์พุตด้วยกระแสไบแอส จากข้อดีของ CDTA ได้มีผู้นำเสนอวงจรชมิตต์ทริกเกอร์และวงจรกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยมในโหมดกระแสโดยใช้ CDTA (Biolek and Biokova, 2006) ซึ่งมีลักษณะเด่นคือใช้อุปกรณ์แอคทีฟเพียงหนึ่งตัว สามารถปรับความถี่และขนาดสัญญาณเอาต์พุตได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์ แต่อย่างไรก็ตาม วงจรนี้ยังมีข้อด้อยเรื่องการปรับความถี่และขนาดสัญญาณเอาต์พุตไม่อิสระจากกัน อีกทั้งยังใช้อุปกรณ์พาสซีฟจำนวนมากอยู่โดยเฉพาะอย่างยิ่งตัวต้านทานภายนอก ทั้งนี้เนื่องจาก CDTA ไม่สามารถควบคุมค่าความต้านทานแฝง (Intrinsic resistance) ที่ขาอินพุตทั้งสอง ด้วยเหตุนี้จึงได้มีผู้พัฒนา CDTA ให้สามารถควบคุมค่าความต้านทานแฝงที่อินพุตได้ (Jaikla and Siripruchyanun, 2006) ซึ่งมีชื่อเรียกใหม่ว่า วงจรขยายความนำถ่ายโอนผลต่างกระแสที่สามารถควบคุมด้วยกระแส (Current controlled current differencing transconductance amplifier, CC-CDTA) ด้วยจุดเด่นในด้านนี้ทำให้เมื่อนำ CC-CDTA ไปออกแบบวงจร ทำให้วงจรและระบบไม่ต้องการตัวต้านทาน และสามารถควบคุมการทำงานของวงจรได้ด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ จึงเหมาะที่จะนำไปใช้ในระบบควบคุมอัตโนมัติหรือควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ซึ่งเป็นวิธีการควบคุมที่นิยมใช้ในปัจจุบัน และมีความง่ายต่อการนำไปพัฒนาสร้างเป็นวงจรรวม

จากข้อดีของเทคนิคการทำงานในโหมดกระแสและประโยชน์ของช่วงการทำงานในสภาวะอิ่มตัวของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ทำให้นักวิจัยคิดค้นอุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ในโหมดกระแสที่ทำงานในสภาวะอิ่มตัวกันอย่างแพร่หลาย ส่งผลให้มีการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี

อุปกรณ์และวงจรอิเล็กทรอนิกส์อย่างรวดเร็ว อย่างไรก็ตามจากสอบถามอาจารย์และนักศึกษา จาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลอีสาน มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง และมหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์ด้วยแบบสอบถาม พบว่าอาจารย์ผู้สอนในระดับอุดมศึกษาส่วนใหญ่มีความรู้และความเข้าใจในงานวิจัยเหล่านี้ แต่ไม่มี การนำไปใช้ในการเรียนการสอนกับรายวิชาที่เกี่ยวข้อง ทั้งที่ผู้สอนมีความเห็นว่ามีความจำเป็น อย่างมากในการนำเอาองค์ความรู้ทางด้านนี้ มาสอนในรายวิชาที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้เนื่องจากขาดใบ เนื้อหา สื่อการสอนที่มีประสิทธิภาพ และยังพบอีกว่าแม้มีผู้สอนบางส่วนได้นำงานวิจัยเหล่านี้ไปใช้ สอนบ้างแล้ว แต่ผู้สอนต้องการให้มีการพัฒนาใบเนื้อหาและสื่อการสอนที่ใช้ในปัจจุบันให้มี ประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และจากการสอบถามผู้เรียน พบว่าส่วนใหญ่ไม่มีการเรียนการสอนเรื่องการ ออกแบบวงจรแอนะลอกในโหมดกระแสในช่วงการทำงานอิ่มตัว มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ได้เรียน เรื่องนี้ ส่งผลให้เมื่อผู้เรียนไปประกอบอาชีพไม่สามารถทำงานได้ เมื่อต้องทำงานในระบบหรือ วงจรที่เกี่ยวข้องกับวงจรแอนะลอกในโหมดกระแสที่ทำงานในสภาวะอิ่มตัว

จากปัญหาดังกล่าว วิทยานิพนธ์นี้จึงมีวัตถุประสงค์ เพื่อสังเคราะห์และประยุกต์ใช้งาน อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ในโหมดกระแสที่ทำงานในสภาวะอิ่มตัว โดยมุ่งเน้นไปที่ CC-CDTA เป็น กรณีศึกษา นอกจากนี้เพื่อให้นักศึกษาในสาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์มีความรู้ในการออกแบบวงจร แอนะลอกด้วยอุปกรณ์สำเร็จรูปที่อยู่ในช่วงการทำงานอิ่มตัวในโหมดกระแส ผู้วิจัยจึงได้สร้างชุด การสอนเรื่องการออกแบบวงจรแอนะลอกในโหมดกระแสที่ทำงานในสภาวะอิ่มตัวโดยใช้ CC-CDTA เพื่อถ่ายทอดองค์ความรู้ใหม่ให้กับนักศึกษาเพื่อให้นักศึกษาสามารถนำความรู้ไปใช้ ประกอบอาชีพ สามารถวิเคราะห์และสร้างสรรค์ผลงานออกมาเพื่อเป็นส่วนหนึ่งในการไปใช้ พัฒนาประเทศ ตลอดจนนำไปเป็นกรณีศึกษา เพื่อพัฒนาการเรียนการสอน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 สังเคราะห์และออกแบบวงจรแอนะลอกโหมดกระแสที่ทำงานในสภาวะอิ่มตัวโดยใช้ CC-CDTA

1.2.2 สังเคราะห์และออกแบบวงจรประยุกต์ใช้งานวงจรแอนะลอกโหมดกระแสที่ทำงานใน สภาวะอิ่มตัวโดยใช้ CC-CDTA

1.2.3 สร้างชุดการสอนเรื่องวงจรแอนะลอกโหมดกระแสที่ทำงานในสภาวะอิ่มตัวโดยใช้ CC-CDTA

1.2.4 หาประสิทธิภาพชุดการสอนที่สร้างขึ้น

1.2.5 ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาที่มีต่อการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ชุดการสอนที่สร้างขึ้น

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

1.3.1 วงจรแอนะลอกโหมดกระแสที่ทำงานในสภาวะอิ่มตัวถูกออกแบบด้วยอุปกรณ์สำเร็จรูปสามารถควบคุมได้ด้วยกระแสไบแอส

1.3.2 ชุดการสอน เรื่อง วงจรแอนะลอกโหมดกระแสที่ทำงานในสภาวะอิ่มตัวโดยใช้ CC-CDTAสามารถใช้งาน มีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่า 80/80

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 วงจรแอนะลอกโหมดกระแสที่ทำงานในสภาวะอิ่มตัวโดยใช้ CC-CDTA เพียงตัวเดียวและสามารถควบคุมการทำงานได้ด้วยวิธีทางอิเล็กทรอนิกส์

1.4.2 วงจรประยุกต์ใช้งานของวงจรแอนะลอกโหมดกระแสที่ทำงานในสภาวะอิ่มตัวโดยใช้ CC-CDTA ได้แก่ วงจรกำเนิดสัญญาณสี่เหลี่ยม วงจรมอดูเลตความกว้างพัลส์ และวงจรโมโนสเตเบิ้ล มัลติไวเบรเตอร์

1.4.3 ชุดการสอนเรื่องวงจรแอนะลอกโหมดกระแสที่ทำงานในสภาวะอิ่มตัวโดยใช้ CC-CDTA ที่สร้างขึ้นประกอบด้วย คู่มือผู้สอนและผู้เรียน คำสั่งกำหนดแนวการเรียนการสอน เนื้อหาสาระบทเรียนและใบงาน กิจกรรมการเรียนและแบบประเมินผล

ประชากร ได้แก่ นักศึกษาระดับอุดมศึกษาที่ผ่านลงทะเบียนวิชาที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์และออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ ของสถาบันอุดมศึกษาในประเทศไทย

กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 ที่ผ่านการลงทะเบียนวิชาการวิเคราะห์และออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะอุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร จำนวน 37 คน

1.4.5 ในการจำลองตามใบงานจะใช้โปรแกรม PSpice

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 ชุดการสอน หมายถึง ชุดของเอกสารที่ประกอบด้วยคู่มือครู กิจกรรมการเรียนการสอน แบบฝึกหัด แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และสื่อที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นประกอบกิจกรรมการเรียนการสอน

1.5.2 คู่มือครู หมายถึง คู่มือที่ประกอบไปด้วยวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม รายละเอียดเกี่ยวกับเนื้อหา วิธีการสอน แผนการเรียนการสอน แนวทางการวัดและประเมินผล

1.5.3 ประสิทธิภาพของชุดการสอน หมายถึง คุณภาพของชุดการสอนที่วัดจากคะแนนเฉลี่ยของนักศึกษาทั้งหมดจากการทำแบบฝึกหัด และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งตามเกณฑ์กำหนด 80/80

80 ตัวแรก หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบฝึกหัดหลังการเรียนของนักศึกษาทั้งหมด

80 ตัวหลัง หมายถึง ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาทั้งหมด

1.5.4 แผนการสอน หมายถึง แนวทางหรือกระบวนการที่ใช้ประกอบในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเรื่อง วงจรขยายความนำถ่ายโอนผลต่างกระแสที่สามารถควบคุมด้วยกระแสและการประยุกต์ใช้งานที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น ประกอบด้วย คำแนะนำในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ รวมถึงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แต่ละบทเรียน แบบฝึกหัดระหว่างเรียน สื่อการเรียนการสอน และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

1.5.5 แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน หมายถึง แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจในเนื้อหา โดยการให้นักศึกษาทำหลังจากเรียนจบในแต่ละหัวข้อ

1.5.6 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง แบบทดสอบความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาโดยการให้นักศึกษาทำภายหลังจากการเรียนการสอน

1.5.7 ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้ที่มีประสบการณ์ด้านการสอนรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หรือรายวิชาที่มีเนื้อหาใกล้เคียงกัน มีวุฒิทางการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาเอก หรือผู้ที่มีประสบการณ์ ด้านการพัฒนาการเรียนการสอน วิชาการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ หรือรายวิชาที่มีเนื้อหาใกล้เคียงกัน อย่างน้อย 10 ปี

1.6 ประโยชน์ของผลการวิจัย

1.6.1 เป็นแนวทางในการพัฒนาการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำงานในสภาวะอิ่มตัว

1.6.2 เป็นการส่งเสริมให้นักศึกษามีความรู้ในการพัฒนาเทคโนโลยีด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้อุปกรณ์สำเร็จรูปที่ทำงานอยู่ในสภาวะอิ่มตัว เพื่อเป็นแนวทางให้เกิดแนวคิดเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีด้านการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้อุปกรณ์สำเร็จรูปที่ทำงานอยู่ในสภาวะอิ่มตัวสมัยใหม่