

## บทที่ 5

### สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

การวิจัยนี้ได้ทำการสังเคราะห์และออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณชายนีโหมดกระแสโดยใช้ CCCDTA ซึ่งถือได้ว่าเป็นอุปกรณ์แอคทีฟที่สามารถนำไปสังเคราะห์และออกแบบวงจรประมวลผลสัญญาณแอนะล็อกในโหมดกระแสได้ทุกรูปแบบโดยสามารถหลีกเลี่ยงการใช้ตัวต้านทานในการออกแบบวงจรได้ การสังเคราะห์และออกแบบเริ่มต้นจากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องและคุณสมบัติของวงจร จากนั้นจึงได้คิดค้นวิธีในการสร้างวงจรกำเนิดสัญญาณชายนีโหมดกระแสขึ้นมา นอกจากนี้ยังได้นำแนวคิดที่ได้จากการสังเคราะห์และออกแบบวงจรมาประยุกต์ใช้กับการศึกษาในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์และออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยสร้างเป็นชุดการสอนเรื่อง การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณชายนีโหมดกระแสโดยใช้ CCCDTA อันเป็นเครื่องมือในการถ่ายทอดเทคโนโลยีที่ได้จากการวิจัยให้กับบุคคลที่เกี่ยวข้อง ซึ่งเป็นการวิจัยที่มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยอย่างเป็นระบบ โดยมีผู้เชี่ยวชาญให้คำแนะนำและประเมินผล ซึ่งได้ตั้งสมมติฐานในการวิจัยว่า ชุดการสอนที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ผู้วิจัยขอสรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะของการวิจัยดังต่อไปนี้

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2.1 จากการทดสอบการทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณชายนีโหมดกระแสด้วยโปรแกรม PSpice และการต่อวงจรจริง แสดงให้เห็นว่าวงจรสามารถผลิตสัญญาณรูปชายนีโหมดกระแสได้เมื่อเงื่อนไขของการกำเนิดสัญญาณถูกทำให้เกิดขึ้นและสามารถควบคุมความถี่ของสัญญาณได้โดยการปรับค่ากระแสไบอัส จะทำให้สามารถควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ หรือผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ได้โดยง่าย รวมทั้งไม่จำเป็นต้องใช้ตัวต้านทานจริงในการนำไปใช้งาน จึงส่งผลให้ชิปไอซีมีขนาดเล็กเมื่อนำไปสร้างเป็นวงจรรวม ในส่วนของผลการจำลองการทำงานที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวงจรกำเนิดสัญญาณ กับค่ากระแสไบอัสต่างๆ ที่ได้จากการจำลองการทำงานนั้นยังมีค่าผิดพลาดจากทฤษฎีบ้าง ทั้งนี้คาดว่าเป็นผลเนื่องมาจากค่าความไม่เป็นไปตามอุดมคติของทรานซิสเตอร์ที่ใช้ภายใน CCCDTA ซึ่งจะมีค่าความต้านทานและค่าตัวเก็บประจุแฝงต่างๆ รวมอยู่ด้วย เนื่องจากวงจรมีข้อเสนอประกอบด้วย

อุปกรณ์จำนวนน้อย โดยมีเพียง CCCDTA จำนวน 1 ตัวและตัวเก็บประจุที่ต่ออยู่กับกราวนด์อีก 2 ตัว เท่านั้นจึงมีความเหมาะสมสำหรับเทคโนโลยีการผลิตวงจรรวม

5.2.2 การสร้างชุดการสอน เรื่อง การออกแบบวงจรรำเนิดสัญญาณไซน์แบบควอดเรเจอร์ โหมดกระแสโดยใช้ CCCDTA มีรายละเอียดดังนี้

- ใบเนื้อหา หลังจากที่ได้กำหนดหัวข้อและเขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแล้ว ก็นำไปสู่การสร้างเนื้อหาให้สอดคล้องและครอบคลุมกับระดับวัตถุประสงค์ โดยเนื้อหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นเนื้อหาใหม่ที่ได้จากการวิจัยทางด้านวิศวกรรม ซึ่งมีทั้งหมด 2 เรื่อง จำนวน 12 หน้า
- แบบฝึกหัดพร้อมเฉลย เป็นเครื่องมือที่ใช้ประเมินความก้าวหน้าทางการเรียนรู้ของผู้เรียนในแต่ละหัวข้อหลัก โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากตารางวิเคราะห์ข้อสอบ นำมาสร้างแบบฝึกหัด ให้ครอบคลุมตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่ได้มาจากการวิเคราะห์ โดยได้แบบฝึกหัดมีจำนวน 14 ข้อ
- สื่อแผ่นภาพคอมพิวเตอร์ Power point เพื่อให้การสอนเป็นไปตามลำดับและแผนเวลาที่แน่นอนจึงได้สร้างแผ่นภาพนำเสนอแต่ละเรื่อง เพื่อเน้นคำอธิบาย นิยาม สมการ รูปภาพสัญญาณ เป็นต้น โดยการสร้างชุดนำเสนอในแต่ละเรื่องสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมทั้งหมดโดยประกอบด้วย 2 เรื่อง จำนวน 29 เฟรม
- ใบงานพร้อมเฉลย เป็นการจำลองการทำงานจากวงจรที่ได้ศึกษามาแล้วในภาคทฤษฎี มาใช้ประกอบการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนทดลองการทำงานของอุปกรณ์และวงจรหลังจากที่เรียนจบในแต่ละเรื่อง โดยใบงานใช้คู่กับโปรแกรม PSpice เพื่อเพิ่มการเรียนรู้ด้วยตนเอง ทั้ง 2 ใบงาน จำนวน 11 หน้า
- คู่มือครู ประกอบไปด้วยคำแนะนำในการใช้ชุดการสอน วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ใบเนื้อหา ใบงาน แผนการสอน แบบฝึกหัดพร้อมเฉลย ข้อแนะนำในการใช้สื่อ

หลังจากได้นำไปให้อาจารย์ที่ปรึกษาและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและประเมินชุดการสอน เพื่อหาคุณภาพของชุดการสอนในด้านต่าง ๆ พบว่าชุดการสอนที่สร้างขึ้นมีค่าเฉลี่ย 4.531 ซึ่งมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด แล้วผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไปทดลองใช้กับกลุ่มทดลอง เพื่อหาค่าคุณภาพของแบบทดสอบ พบว่าความยากง่ายมีค่า .458-.792 อำนาจจำแนกมี

ค่า .250-.750 และค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .766 จากนั้นทำการปรับปรุงชุดการสอน และแบบทดสอบให้ดียิ่งขึ้น

5.2.3 การหาประสิทธิภาพชุดการสอน เรื่อง วงจรขยายความนำถ่ายโอนผลต่างกระแสที่สามารถควบคุมด้วยกระแสและการประยุกต์ใช้งาน หลังจากได้ปรับปรุงชุดการสอน และแบบทดสอบให้ดียิ่งขึ้น ได้นำชุดการสอนไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 2 และ 3 ที่ลงทะเบียนและผ่านการเรียนวิชาการออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์มาแล้ว สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา จำนวน 25 คน โดยผู้วิจัยใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง ก่อนจะดำเนินการสอน ให้ผู้เรียนได้ทำแบบทดสอบก่อนเรียน จากนั้นดำเนินการสอนโดยใช้ชุดการสอนที่สร้างขึ้น หลังจากเรียนจบในแต่ละบทเรียนแล้วให้นักศึกษาทำแบบฝึกหัด เมื่อเรียนครบทุกบทเรียนให้ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน แล้วจึงตอบแบบสอบถามความคิดเห็นของนักศึกษาจากนั้นนำคะแนนที่ได้จากการทำแบบฝึกหัด แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบสอบถามมาวิเคราะห์ผลทางสถิติ ปรากฏว่าชุดการสอนมีประสิทธิภาพเท่ากับ  $85.143/80.8$  ซึ่งสูงกว่าสมมติฐานที่ตั้งไว้  $80/80$  และจากการตอบแบบสอบถามของนักศึกษาที่ผ่านกระบวนการเรียนการสอนด้วยชุดการสอนนี้พบว่ามีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.199

## 5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัย

### 5.3.1 ข้อเสนอแนะในการวิจัยในครั้งนี้

5.3.1.2 การใช้โปรแกรม PSpice ประกอบการเรียนการสอนในช่วงการทดสอบวงจรตามใบงาน ผู้สอนควรอธิบาย และสาธิตขั้นตอนการทดสอบวงจร เพื่อเป็นแนวทางให้กับผู้เรียนได้ใช้งานโปรแกรมได้สะดวก และรวดเร็วยิ่งขึ้น

5.3.1.3 ควรมีการพัฒนาสื่อประกอบการเรียนการสอนให้น่าสนใจกว่านี้ เช่น CAI บทเรียนออนไลน์ เพื่อลดระยะเวลาในการเรียนการสอน และผู้เรียนสามารถนำสื่อที่สร้างขึ้นไปเรียนรู้ด้วยตัวเอง

### 5.3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

5.3.2.1 โครงภายในของ CCCDTA ควรออกแบบด้วยวงจรพื้นฐานสมรรถนะสูง เช่น วงจรสะท้อนกระแส อาจใช้วงจรสะท้อนกระแสแบบวิลสันหรือแบบคาสเคด เพื่อลดปัญหาด้านกระแส ออฟเซ็ตขาออกและอัตรากระแสผ่านกระแสจากขาเข้าไปยังขาออก

5.3.2.2 การออกแบบ CCCDTA สามารถใช้วงจรคลาส AB ทรานส์ลิเนียร์ทั้งภาคขาเข้าและขาออกจะทำให้ง่ายต่อการสร้างเป็นวงจรรวมมากยิ่งขึ้น

5.3.2.3 วงจร CCCDTA ที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ อาศัยเทคโนโลยีไบโพลาร์ในการออกแบบ จึงทำให้ปริมาณกระแสออฟเซ็ตออกมาในปริมาณพอสมควร ซึ่งในงานที่ต้องการความแม่นยำในการประมวลผลมาก อาจจะพัฒนาโดยการใช้เทคโนโลยีซีมอสเข้ามาในกระบวนการออกแบบ ซึ่งจะส่งผลให้ปริมาณออฟเซ็ตน้อยลง ทำงานที่แรงดันไฟเลี้ยงต่ำลง และมีอัตราบริโภคกำลังไฟฟ้าน้อยลง อีกทั้งสมรรถนะต่อสัญญาณรบกวนก็จะดีขึ้นอีกด้วย

5.3.2.4 ควรทำการวิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของการเรียนการสอนวงจรในโหมดแรงดันที่ใช้ออฟแอมป์เป็นอุปกรณ์หลัก และวงจรในโหมดกระแสที่ใช้ CCCDTA เป็นอุปกรณ์หลัก