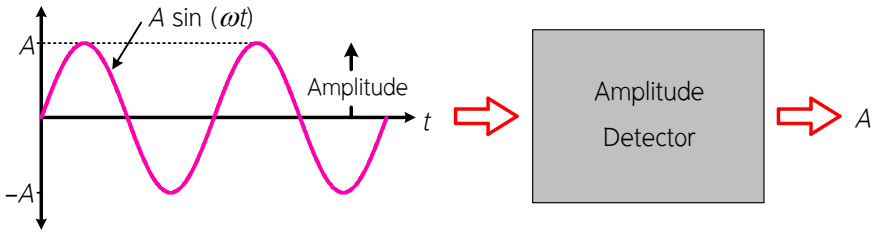
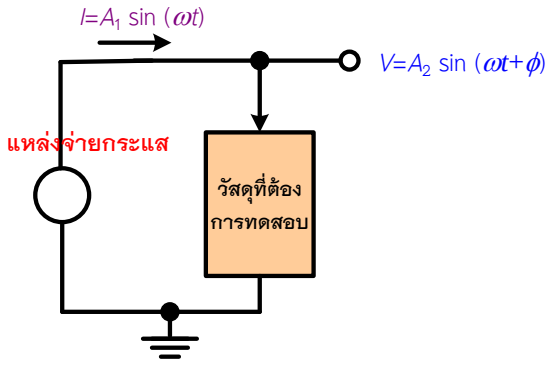
บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ได้มีการพัฒนาให้เจริญก้าวหน้าไปอย่างไม่หยุดนิ่ง โดยผู้ออกแบบได้พยายามคิดค้นพัฒนาการออกแบบวงจรสำหรับการจัดการและการประมวลผลสัญญาณให้มีราคาถูก คุณภาพสูง และมีความยืดหยุ่นในการใช้งาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วนักวิจัยในแต่ละประเทศได้นำเสนอหลักการออกแบบวงจรและระบบประมวลผลสัญญาณผ่านทางวารสารวิชาการและการจดสิทธิบัตรเพื่อประโยชน์ทางการค้าเป็นจำนวนมากอย่างต่อเนื่อง สำหรับประเทศไทยซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มของประเทศกำลังพัฒนาโดยถือได้ว่าอยู่ในช่วงเริ่มต้น อุตสาหกรรมทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ส่วนใหญ่จึงเป็นอุตสาหกรรมขั้นกลางจนถึงขั้นปลายน้ำซึ่งเป็นขั้นตอนในการผลิตชิ้นส่วนและส่วนประกอบสินค้า เช่น แผงวงจร การประกอบวงจรพิมพ์ และการประกอบผลิตภัณฑ์สินค้าเป็นต้น ประเทศไทยยังขาดอุตสาหกรรมต้นน้ำซึ่งได้แก่ การออกแบบระบบ การออกแบบวงจรและการผลิตเวเฟอร์ ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมที่มีมูลค่าสูงกว่าอุตสาหกรรมขั้นกลางและขั้นปลายมาก



ภาพ 1.1 วงจรหาค่าแอมพลิจูด



ภาพ 1.2 ตัวอย่างการตรวจสอบค่าอิมพีแดนซ์

วงจรหาค่าแอมพลิจูดสำหรับสัญญาณรูปไซน์ (sinusoidal signals) เป็นวงจรที่เป็นประโยชน์และสำคัญมาวงจรหนึ่งที่มีการใช้ในเครื่องมือวัดและระบบตรวจวัดสัญญาณทางอิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งในระบบสื่อสาร การประยุกต์ใช้งาน เช่น ใช้เป็นส่วนประกอบของวงจรควบคุมอัตราขยายอัตโนมัติสำหรับการออกแบบเครื่องกำเนิดสัญญาณ [1] ใช้เป็นส่วนประกอบของวงจรแปลงความถี่เป็นสัญญาณไฟฟ้ากระแสตรง [2] และการประยุกต์ใช้สำหรับเป็นตัวถอดการกล้ำ (demodulator) สำหรับการตรวจสอบค่าอิมพีแดนซ์ (impedance measurement) ของเนื้อเยื่อและสารละลายรวมทั้งระบบทดสอบแบบไม่ทำลาย (nondestructive testing) [3–8] เป็นต้น การทำงานของวงจรหาค่าแอมพลิจูดจะให้ค่าสัญญาณเอาต์พุตที่มีค่าเท่ากับหรือเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าแอมพลิจูดของสัญญาณอินพุต ซึ่งสัญญาณอินพุตดังกล่าวมีลักษณะเป็นแบบสัญญาณซ้ำคาบ ตัวอย่างเช่น สัญญาณรูปสามเหลี่ยม สัญญาณรูปสี่เหลี่ยม และสัญญาณรูปไซน์ เป็นต้น ในปัจจุบันการทดสอบคุณสมบัติของวัสดุที่สำคัญประการหนึ่งคือ การทดสอบคุณสมบัติทางไฟฟ้า โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจสอบค่าอิมพีแดนซ์ ซึ่งมักจะใช้วิธีการป้อนสัญญาณรูปไซน์เป็นสัญญาณกระตุ้นให้กับชิ้นวัสดุที่ต้องการตรวจสอบ จากนั้นทำการวัดค่าแอมพลิจูดและเฟสของสัญญาณเอาต์พุตที่ได้เพื่อคำนวณหาค่าอิมพีแดนซ์ของวัสดุ [3–4] ในส่วนของการหาค่าแอมพลิจูดของสัญญาณที่ผ่านมาได้มีการดำเนินการในหลายวิธี เช่น การใช้วงจรเรียงกระแสต่อร่วมกับวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน [9–10] หรือการใช้ไอซีวงจรหาค่ารากที่สองกำลังสองเฉลี่ย (root mean square; rms) สำเร็จรูป [8, 11] ซึ่งค่ารากที่สองกำลังสองเฉลี่ยนี้จะแปรผันตรงกับค่าแอมพลิจูดของสัญญาณรูปไซน์ ข้อดีของทั้งสองวิธีนี้คือ สามารถใช้งานกับสัญญาณรูปไซน์อินพุตที่มีความถี่สูงได้ แต่ก็จะมีข้อเสียอยู่ที่สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จะมีลักษณะกระเพื่อมอยู่เล็กน้อยแม้ว่าในขณะนั้นค่าแอมพลิจูดของสัญญาณอินพุตจะมีค่าคงที่ก็

ตาม อีกวิธีการหนึ่งได้แก่การใช้วงจรเลื่อนเฟส 90 องศาต่อรวมกับวงจรควบคุมลอจิก วงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ [12–13] ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้มีข้อดีอยู่ที่จะให้สัญญาณเอาต์พุตที่มีลักษณะราบเรียบกว่าสองวิธีแรก ในกรณีที่แอมพลิจูดของสัญญาณอินพุตมีค่าคงที่ แต่ก็มีข้อจำกัดที่สำคัญคือในกรณีต้องการเปลี่ยนความถี่ของสัญญาณอินพุตก็จะต้องทำการเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุหรือค่าความต้านทานภายในวงจรเลื่อนเฟสเพื่อทำให้จังหวะการสุ่มและคงค่าสัญญาณอยู่ที่ 90 องศาเท่าเดิม

จากประเด็นปัญหาต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้ ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาและพัฒนาออกแบบวงจรหาค่าแอมพลิจูดสำหรับสัญญาณรูปไซน์ โดยมุ่งเน้นที่สามารถนำไปใช้งานกับสัญญาณอินพุตที่ความถี่ต่างๆ ได้อย่างสะดวก โดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุในวงจรทุกๆ ครั้งที่ความถี่ใช้งานเปลี่ยนไป โดยที่ผ่านมาผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาออกแบบวงจรหาค่าแอมพลิจูดสำหรับสัญญาณรูปไซน์ และได้นำเสนอผ่านการประชุมวิชาการระดับนานาชาติในเบื้องต้นไว้ 2 บทความ บทความแรกได้ออกแบบโดยใช้วงจรหาค่าสูงสุด ต่อร่วมกับวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณและวงจรสร้างสัญญาลอจิกควบคุม [14] ข้อดีของหลักการที่นำเสนอคือ ในขณะที่แอมพลิจูดของสัญญาณอินพุตมีค่าคงที่การทำงานของวงจรจะให้เอาต์พุตเป็นสัญญาณแรงดันที่มีค่าคงที่ราบเรียบไม่เกิดการกระเพื่อม และเมื่อความถี่ของสัญญาณอินพุตเปลี่ยนไปตัววงจรก็สามารถทำงานได้โดยไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนค่าตัวเก็บประจุภายในวงจร ลำดับต่อมาได้ทำการพัฒนาออกแบบวงจรหาค่าแอมพลิจูดที่ให้เอาต์พุตเป็นสัญญาณดิจิทัล สำหรับนำไปประยุกต์ใช้งานกับการประมวลผลและการแสดงผลแบบดิจิทัล [15] โดยหลักการที่ได้ออกแบบไว้เป็นการอาศัยหลักการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลแบบการนับ (counter method) ซึ่งมีความเร็วในการทำงานไม่สูงนัก ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาปรับปรุงวงจรหาค่าแอมพลิจูดสำหรับสัญญาณรูปไซน์ทั้งสองแบบขึ้นใหม่ โดยมุ่งเน้นให้วงจรมีการทำงานที่เร็วขึ้นกว่าหลักการเดิมที่เคยออกแบบไว้

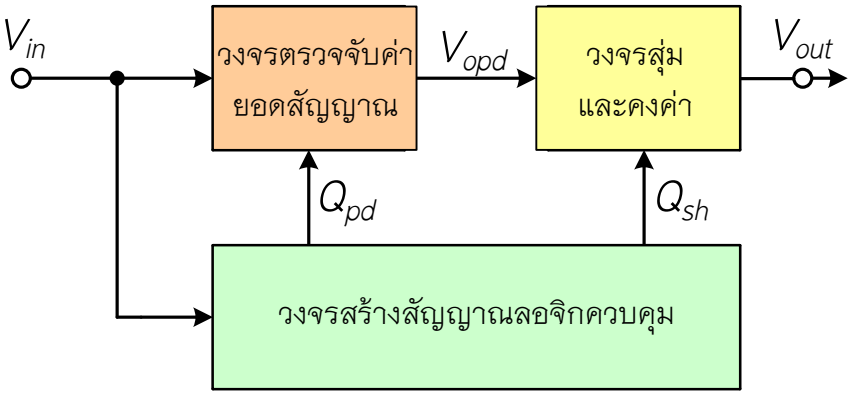
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. วิจัยและพัฒนาออกแบบวงจรหาค่าแอมพลิจูดสำหรับสัญญาณรูปไซน์แบบแปรค่าความถี่ของสัญญาณอินพุตได้ 2 ลักษณะ คือวงจรหาค่าแอมพลิจูดที่ให้เอาต์พุตเป็นสัญญาณดิจิทัล และวงจรหาค่าแอมพลิจูดที่ให้เอาต์พุตเป็นสัญญาณแอนะลอก ซึ่งแต่ละวงจรมีการทำงานที่รวดเร็ว และสามารถใช้งานกับสัญญาณความถี่สูงได้

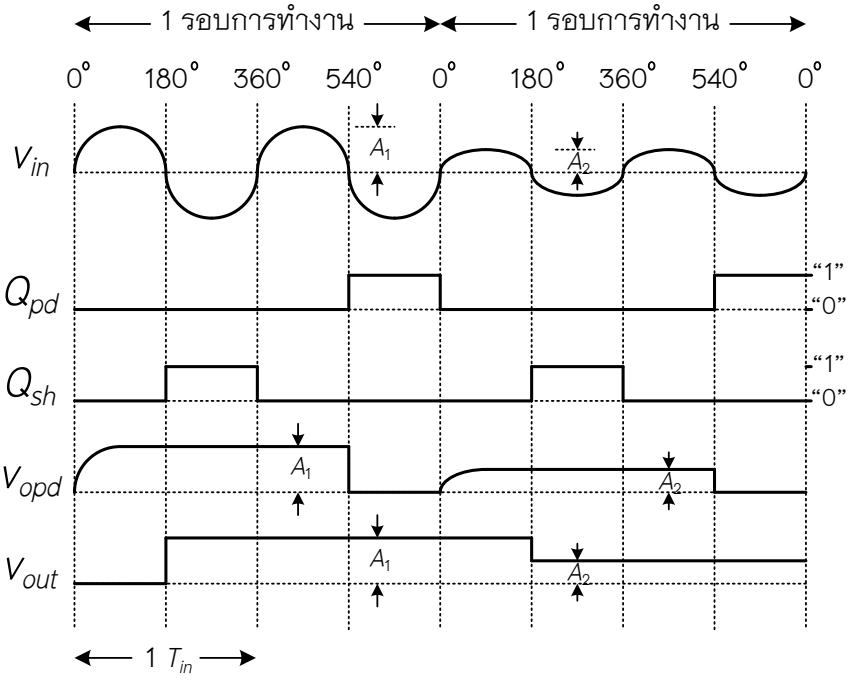
2. เพิ่มพูนประสบการวิจัยให้กับนักวิจัยในโครงการซึ่งเป็นนักศึกษาระดับอุดมศึกษาและระดับบัณฑิตศึกษา

1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการทำโครงงานวิจัย

ในภาพ 1.3 แสดงบล็อกไดอะแกรมของวงจรหาค่าแอมพลิจูดสำหรับสัญญาณรูปไซน์ ที่ได้พัฒนาออกแบบขึ้น [14] ซึ่งประกอบด้วยวงจรหาค่ายอดสัญญาณ (peak detector) วงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ (sample and hold circuit) และวงจรสร้างสัญญาณลอจิกควบคุม การอธิบายการทำงานของวงจรสามารถพิจารณาได้จากแผนภาพของสัญญาณดังแสดงในภาพ 1.4 ซึ่งจะเห็นได้ว่า 1 รอบการทำงานของวงจรจะใช้เวลาเท่ากับ 2 คาบของสัญญาณรูปไซน์อินพุต โดยเริ่มต้นด้วยการกำหนดให้สัญญาณลอจิกควบคุม Q_{pd} และ Q_{sh} มีสถานะเป็นลอจิก “0” วงจรหาค่ายอดสัญญาณจะทำหน้าที่ตรวจจับค่าแอมพลิจูดของสัญญาณอินพุต V_{in} ในลำดับต่อมาที่ค่ามุมเท่ากับ 180 องศา สัญญาณ Q_{sh} ถูกกำหนดให้มีสถานะเป็นลอจิก “1”วงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณจะทำหน้าที่รับค่าแอมพลิจูดของสัญญาณอินพุตที่รับมาจากวงจรหาค่ายอดสัญญาณ และส่งค่าดังกล่าวไปเป็นเอาต์พุตของวงจร ลำดับสุดท้ายที่ค่ามุมเท่ากับ 540 องศา สัญญาณ Q_{pd} ถูกกำหนดให้มีสถานะเป็นลอจิก “1” สำหรับการรีเซตค่าภายในวงจรหาค่ายอดสัญญาณ เพื่อทำให้ตัววงจรสามารถตรวจวัดค่าแอมพลิจูดของสัญญาณอินพุตค่าใหม่ได้ ซึ่งจะมีประโยชน์ในกรณีที่ค่าแอมพลิจูดที่เข้ามาใหม่มีค่าต่ำกว่าค่าเดิมที่ตรวจจับได้

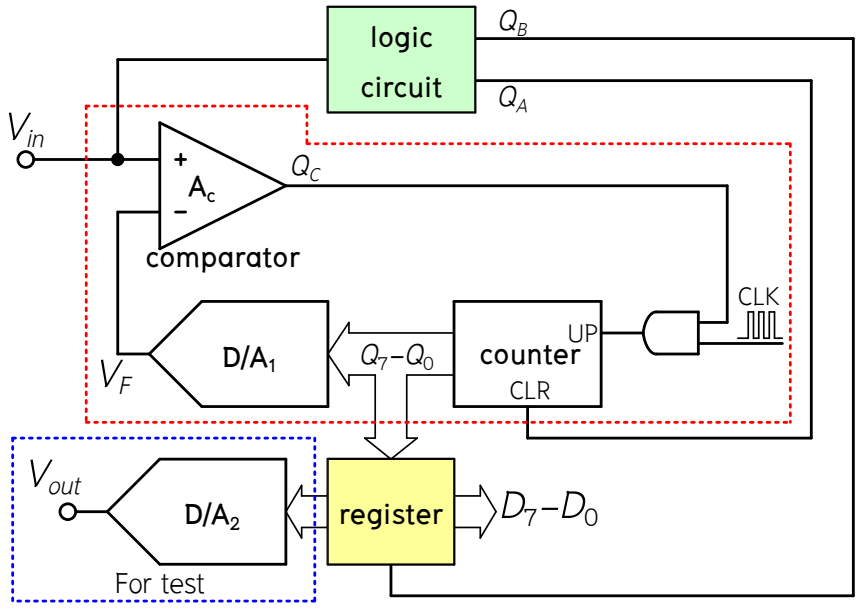


ภาพ 1.3 วงจรหาค่าแอมพลิจูดสำหรับสัญญาณรูปไซน์ [14]



ภาพ 1.4 แผนภาพสัญญาณของวงจรในภาพ 1.3 [14]

จากหลักการดังกล่าวนี้ผู้วิจัยได้ทำการวิจัยและพัฒนาต่อโดยนำหลักการมาประยุกต์ใช้สำหรับการออกแบบวงจรหาค่าแอมพลิจูดที่ให้เอาต์พุตเป็นสัญญาณดิจิทัลดังแสดงในภาพ 1.5



ภาพ 1.5 วงจรหาค่าแอมพลิจูดที่ให้เอาต์พุตเป็นสัญญาณดิจิทัล [15]

จากวงจรในภาพ 1.5 ออปแอมป์เปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า (comparator) A_c ต่อร่วมกับแอนด์เกท วงจรนับ (counter) และวงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณแอนะลอก (D/A_1) ต่อร่วมกันทำหน้าที่คล้ายกับเป็นวงจรหาค่ายอดสัญญาณของวงจรในภาพ 1.3 โดยที่จะให้เอาต์พุตเป็นสัญญาณดิจิตอล Q_0–Q_7 ตัวเก็บข้อมูล (register) ทำหน้าที่เป็นวงจรสุ่มและคงค่าสัญญาณ โดยใช้สัญญาณควบคุมจากวงจรลอจิก (logic circuit) และจะให้เอาต์พุตของวงจรหาค่าแอมพลิจูดเป็นสัญญาณดิจิตอล D_0–D_7 วิธีการดังกล่าวนี้จัดเป็นการอาศัยหลักการของการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลแบบการนับซึ่งมีความเร็วในการทำงานไม่สูงนัก เนื่องจากต้องใช้เวลาในการนับสัญญาณนาฬิกา (CLK) จากภายนอกเป็นเวลานานโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีที่ขนาดของสัญญาณอินพุตมีค่าเต็มสเกล และต้องการออกแบบให้วงจรมีความระเอียดในการทำงานสูง

จากหลักการของวงจรในภาพ 1.3 และภาพ 1.5 ในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยต้องการปรับปรุงพัฒนาออกแบบวงจรขึ้นใหม่ในรูปแบบของวงจรรวมเพื่อให้วงจรมีคุณสมบัติการทำงานที่ดีขึ้น เช่น มีความเร็วในการทำงานสูง มีช่วงปฏิบัติการทางขนาดและทางความถี่ที่กว้าง รวมทั้งมีความสะดวกสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้งาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ต้นแบบวงจรหาค่าแอมพลิจูดที่ให้เอาต์พุตเป็นสัญญาณดิจิทัลที่มีการทำงานสูง
2. ได้ต้นแบบวงจรหาค่าแอมพลิจูดที่ให้เอาต์พุตเป็นสัญญาณแอนะลอกที่มีการทำงานสูง
3. วงจรต้นแบบทั้งสองวงจรที่ได้พัฒนาออกแบบขึ้นได้รับการเผยแพร่ผ่านการประชุมวิชาการหรือวารสารวิชาการในระดับนานาชาติ
4. วงจรต้นแบบทั้งสองวงจรสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานสำหรับการศึกษาวิจัยด้านการตรวจวัดค่าอิมพีแดนซ์ของวัสดุ รวมถึงการประยุกต์ใช้งานกับระบบตรวจทดสอบแบบไม่ทำลาย
5. สามารถนำหลักการ และวิธีการออกแบบวงจรที่ได้พัฒนาขึ้นไปประยุกต์ใช้งานกับการพัฒนาออกแบบวงจรประมวนผลสัญญาณอื่น ๆ ได้ รวมทั้งสามารถนำไปถ่ายทอดให้กับนิสิตนักศึกษาสาขาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยนเรศวรเพื่อการพัฒนาบุคลากร ด้านการออกแบบวงจรประมวลผลสัญญาณอิเล็กทรอนิกส์ต่อไป

1.5 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

1. เผยแพร่ผลการวิจัยผ่านการประชุมวิชาการหรือวารสารวิชาการในระดับนานาชาติ

2. เผยแพร่หลักการ วิธีการ และเทคนิคการออกแบบวงจรที่ได้พัฒนาขึ้นให้กับนิสิตนักศึกษาสาขาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยนเรศวร รวมทั้งนักวิจัยในสาขาที่เกี่ยวข้องและสนใจ

1.6 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

สถานที่ดำเนินการศึกษาวิจัยในโครงการนี้คือ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร จังหวัดพิษณุโลก โดยได้วางแนวทางระเบียบวิธีวิจัยไว้ดังนี้ คือ

1. ศึกษาคุณสมบัติการทำงานของวงจรหาค่าแอมพลิจูด การประยุกต์ใช้งาน และข้อจำกัดต่างๆ ของวงจร

2. ศึกษาหลักการของวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลแบบต่างๆ จุดเด่นและจุดด้อยของแต่ละหลักการ และความเหมาะสมสำหรับการใช้งาน

3. สืบค้นเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4. พัฒนาออกแบบวงจรหาค่าแอมพลิจูดสำหรับสัญญาณรูปไซน์ที่ให้เอาต์พุตเป็นสัญญาณดิจิทัล

5. วิเคราะห์คุณสมบัติการทำงานของวงจรในข้อ 4 เบื้องต้น ทดสอบ และปรับปรุงคุณสมบัติการทำงานของวงจร

6. วิเคราะห์ผลการออกแบบและผลการทดลองในข้อ 4 รวบรวมข้อมูลเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย

7. พัฒนาออกแบบวงจรหาค่าแอมพลิจูดสำหรับสัญญาณรูปไซน์ ที่ให้เอาต์พุตเป็นสัญญาณแอนะลอก

8. วิเคราะห์คุณสมบัติการทำงานของวงจรในข้อ 7 เบื้องต้น ทดสอบ และปรับปรุงคุณสมบัติการทำงานของวงจร

9. วิเคราะห์ผลการออกแบบและผลการทดลองในข้อ 7 รวบรวมข้อมูลเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัย

10. รวบรวมข้อมูล เขียนรายงานการวิจัย

1.7 รายละเอียดของรายงานวิจัย

ในรายงานวิจัยนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 7 บทและภาคผนวกอีก 3 ภาค ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

บทที่ 1 คือบทนำ ซึ่งเป็นการกล่าวนำถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของงานวิจัย ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการทำวิจัย ประโยชน์ที่คาดว่าจะรับ แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยี วิธีการดำเนินการวิจัย และรายละเอียดของรายงานวิจัยในแต่ละบท

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้แก่หลักการออกแบบวงจรตรวจวัดค่าแอมพลิจูดที่น่าสนใจที่ผ่านมา และหลักการของวงจรกลุ่มย่อยต่าง ๆ ที่สำคัญซึ่งจะนำมาใช้สำหรับการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ และสุดท้ายเป็นการสรุปท้ายบท

บทที่ 3 กล่าวถึงวงจรตรวจวัดค่าแอมพลิจูดที่ให้เอาต์พุตเป็นสัญญาณดิจิทัล ซึ่งคณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาออกแบบขึ้น โดยได้ตั้งชื่อวงจรว่า “วงจรแปลงค่าแอมพลิจูดเป็นสัญญาณดิจิทัล โดยใช้เทคนิคการประมาณค่าสืบเนื่อง” เนื้อหาภายในบทเป็นการอธิบายหลักการทำงานของวงจร การวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง การทดสอบ ผลการทดสอบ และการวิจารณ์ผลการทำงานของวงจร สุดท้ายเป็นการสรุปส่งท้ายบท

บทที่ 4 กล่าวถึงวงจรตรวจวัดค่าแอมพลิจูดที่ให้เอาต์พุตทั้งแบบเป็นสัญญาณแอนะล็อกและแบบสัญญาณดิจิทัล ที่ได้ทำการพัฒนาออกแบบขึ้น ซึ่งเป็นการอาศัยเทคนิคการนับและติดตามค่า เนื้อหาภายในบทเป็นการอธิบายหลักการทำงานของวงจร การวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง การทดสอบ ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผลการทำงานของวงจร สุดท้ายเป็นการสรุปส่งท้ายบท

บทที่ 5 กล่าวถึงการพัฒนาออกแบบวงจรตรวจวัดค่าแอมพลิจูดโดยใช้วงจรกรองความถี่ผ่านหมดเป็นตัวสร้างสัญญาณควบคุม เนื้อหาภายในบทเป็นการอธิบายหลักการทำงานของวงจร การวิเคราะห์พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง การทดสอบ ผลการทดสอบและการวิจารณ์ผลการทำงานของวงจร สุดท้ายเป็นการสรุปส่งท้ายบท

บทที่ 6 กล่าวถึงการพัฒนาออกแบบวงจรที่เกี่ยวของกับวงจรตรวจวัดค่าแอมพลิจูดที่คณะผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นระหว่างการดำเนินงานวิจัยหลัก ซึ่งได้แก่วงจรเชื่อมต่อสัญญาณสำหรับการตรวจวัดค่าแอมพลิจูดที่ต้องการแสดงผลการตรวจวัดบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ และการ

พัฒนาออกแบบวงจรดีมอดูเลเตอร์สัญญาณรีโซลเวอร์ ซึ่งถือได้ว่าเป็นการนำหลักการของวงจรตรวจวัดค่าแอมพลิจูดไปประยุกต์ใช้งาน สุดท้ายเป็นการสรุปส่งท้ายบท

บทที่ 7 เป็นการสรุปผลการดำเนินงาน รวมทั้งข้อเสนอแนะและแนวทางในการทำวิจัยต่อ

ในส่วนท้ายของรายงานวิจัยจะเป็นภาคผนวก โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ภาคผนวก ก แสดงตัวอย่าง Source code โปรแกรมที่ใช้ประกอบการพัฒนาวงจรเชื่อมต่อสำหรับการตรวจวัดค่าแอมพลิจูดสัญญาณรูปไซน์ (บทที่ 6)

ภาคผนวก ข แสดงบทความวิจัยที่ได้เผยแพร่

ภาคผนวก ค แสดงประวัติหัวหน้าโครงการวิจัย