# บทที่ 7
# บทสรุปผลการดำเนินงาน

## 7.1 บทสรุปและวิจารณ์

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการพัฒนาออกแบบวงจรตรวจวัดค่าแอมพลิจูดสำหรับสัญญาณรูปไซน์แบบแปรค่าความถี่ของสัญญาณอินพุตได้ 2 ลักษณะคือวงจรตรวจวัดค่าแอม-พลิจูดที่ให้เอาต์พุตเป็นสัญญาณดิจิทัล และวงจรตรวจวัดค่าแอมพลิจูดที่ให้เอาต์พุตเป็นสัญญาณแอนะลอก นอกจากนี้เป็นการเพิ่มพูนประสบการวิจัยให้กับผู้ช่วยวิจัยในโครงการซึ่งเป็นนักศึกษาระดับอุดมศึกษาและระดับบัณฑิตศึกษา ผลการดำเนินงานคณะผู้วิจัยได้ร่วมกันพัฒนาออกแบบวงจรตรวจวัดค่าแอมพลิจูดสำหรับสัญญาณรูปไซน์ขึ้นทั้งหมด 3 วงจร ดังที่ได้แสดงรายละเอียดในบทที่ 3 ถึงบทที่ 5 นอกจากนี้ได้พัฒนาออกแบบวงจรที่เกี่ยวข้องระหว่างการดำเนินงานหลักอีก 2 วงจร คือวงจรเชื่อมต่อสำหรับการตรวจวัดค่าแอมพลิจูดของสัญญาณรูปไซน์ และวงจรดีมอดูเลเตอร์สำหรับสัญญาณรีโซลเวอร์ ดังแสดงรายละเอียดในบทที่ 6 ส่วนหนึ่งของงานวิจัยใช้เป็นหัวข้อวิทยานิพนธ์ของนางสาวรัชนู กัดมั่น ซึ่งเป็นนิสิตปริญญาโท สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยนเรศวร [20] การวิจารณ์และการสรุปผลการทำงานของแต่ละวงจรที่ได้พัฒนาออกแบบขึ้นได้กล่าวไว้โดยละเอียดในส่วนท้ายของแต่ละบท (บทที่ 3 ถึงบทที่ 6) อย่างไรก็ตามภายในบทนี้จะได้กล่าวถึงคุณสมบัติของแต่ละวงจรโดยกระชับดังนี้คือ

วงจรตรวจวัดค่าแอมพลิจูดที่ได้พัฒนาออกแบบขึ้นในบทที่ 3 เป็นชนิดที่ให้เอาต์พุตเป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 12 บิต ในส่วนของการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลอาศัยเทคนิคการประมาณค่าสืบเนื่อง เวลาที่ใช้ในแต่ละรอบการทำงานมีค่าเท่ากับ $2T_{in}$ ซึ่งวงจรสามารถใช้งานกับสัญญาณรูปไซน์ความถี่สูงสุดประมาณเท่ากับ 125 kHz ช่วงปฏิบัติการทางขนาดด้านอินพุตเท่ากับ 0.5 V ถึง 5 V ค่าผิดพลาดสูงสุดของวงจรที่วัดได้มีค่าโดยประมาณเท่ากับ ± 13 mV

วงจรตรวจวัดค่าแอมพลิจูดที่ได้พัฒนาออกแบบขึ้นในบทที่ 4 เป็นชนิดที่ให้เอาต์พุตทั้งแบบเป็นสัญญาณแอนะลอกและแบบเป็นสัญญาณดิจิทัลขนาด 12 บิต ในส่วนของการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลอาศัยเทคนิคการนับและติดตามค่า เวลาที่ใช้ในแต่ละรอบการทำงานมีค่าเท่ากับ $2T_{in}$ (เท่ากับแบบแรก) แต่ที่พิเศษคือในกรณีที่การแปลงสัญญาณไม่สามารถดำเนินการให้เสร็จได้ภายใน 1 รอบการทำงาน ตัววงจรนับภายในจะเก็บค่าล่าสุดที่ตรวจนับได้ไว้และดำเนินการนับต่อจากค่าเดิม (ไม่ได้ถูกรีเซตค่าให้เป็นศูนย์) ในรอบการทำงาน

ใหม่ถัดไป จากเทคนิคดังกล่าวนี้ทำให้สามารถนำไปใช้งานกับสัญญาณอินพุตรูปไซน์ที่มีอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าแอมพลิจูดต่ำ แต่มีค่าความถี่ของสัญญาณที่สูงได้ จากการทดสอบหลักการทำงานของวงจรบนบอร์ดทดลองพบว่า วงจรสามารถใช้งานกับสัญญาณรูปไซน์ความถี่สูงสุดประมาณเท่ากับ 100 kHz ช่วงปฏิบัติการทางขนาดด้านอินพุตเท่ากับ 0.25 V ถึง 5 V ค่าผิดพลาดสูงสุดของวงจรที่วัดได้มีค่าโดยประมาณเท่ากับ 0.8 % จากค่าเต็มสเกล ข้อสังเกตประการหนึ่งคือแม้ว่าค่าความถี่ใช้งานของวงจรจะต่ำกว่าวงจรแบบใช้หลักการประมาณค่าสืบเนื่อง แต่เมื่อพิจารณาโครงสร้างของวงจร จะเห็นได้ว่าโครงสร้างและขนาดของวงจรแบบที่สองนี้จะมีความเรียบง่ายและสะดวกสำหรับการต่อวงจรในรูปแบบดีสครีท (Discrete Circuit) มากกว่า โดยที่วงจรในแบบที่หนึ่งน่าจะเป็นการพัฒนาในรูปแบบของวงจรรวม (Monolithic Integrated Circuit)

วงจรตรวจวัดค่าแอมพลิจูดที่ได้พัฒนาออกแบบขึ้นในบทที่ 5 เป็นชนิดที่ให้เอาต์พุตแบบเป็นสัญญาณแอนะลอก โดยอาศัยสมบัติการเลื่อนเฟสของวงจรกรองความถี่ผ่านหมดซึ่งได้นำมาต่อร่วมกับวงจรตรรกะสำหรับการสัญญาณควบคุมจังหวะการทำงานของวงจรย่อยต่างๆ และใช้การเลือกค่าพารามิเตอร์ของวงจรกรองความถี่ผ่านหมดที่เหมาะสมซึ่งจะทำให้ได้ช่วงความถี่ใช้งานของวงจรประมาณ 0.75 ดีเคท ถึง 2 ดีเคท ต่อการเลือกกำหนดค่าพารามิเตอร์ 1 ครั้ง จุดเด่นของวงจรคือ 1 รอบของการตรวจวัดจะใช้เวลาเท่ากับ 1 คาบของสัญญาณอินพุต โดยวงจรสามารถใช้งานกับสัญญาณรูปไซน์ความถี่สูงสุดประมาณเท่ากับ 170 kHz (ถูกจำกัดด้วยความสามารถของวงจรตรวจจับค่ายอดสัญญาณภายในที่นำมาใช้) ช่วงปฏิบัติการทางขนาดด้านอินพุตเท่ากับ 0.2 V ถึง 5 V เมื่อทดสอบกับสัญญาณอินพุตที่มีความถี่เท่ากับ 1 kHz สามารถวัดค่าความผิดพลาดสูงสุดของวงจรได้ในช่วง ±1.8 % ของค่าเต็มสเกล (5 V)

วงจรเชื่อมต่อสำหรับการตรวจวัดค่าแอมพลิจูดของสัญญาณรูปไซน์เพื่อนำผลการตรวจวัดไปแสดงผลที่หน้าจอคอมพิวเตอร์ ที่ได้พัฒนาออแบบขึ้นในหัวข้อ 6.1 โครงสร้างของวงจรประกอบด้วย วงจรตรวจจับค่ายอดสัญญาณ ต่อร่วมกับวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล ไมโครคอนโทรลเลอร์ และวงจรเปรียบเทียบแรงดันไฟฟ้า โดยในส่วนของวงจรแปลงสัญญาณแอนะล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลและไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นได้อาศัยคุณสมบัติของบอร์ดรุ่น CP-JR51Adu842 v1.0 ผลจากการทดสอบการทำงานพบว่าสามารถใช้งานกับสัญญาณแรงดันไฟฟ้ารูปไซน์ที่มีความถี่สูงสุดประมาณเท่ากับ 23 kHz ช่วงปฏิบัติการทางขนาดคือ 175 mV – 5 V โดยค่าผิดพลาดสูงสุดที่ตรวจวัดได้ประมาณเท่ากับ 60 mV

วงจรดีมอดูเลเตอร์สัญญาณรีโซลเวอร์ที่ได้พัฒนาออแบบขึ้นในหัวข้อ 6.2 ถือได้ว่าเป็นการนำหลักการของวงจรตรวจวัดค่าแอมพลิจูดไปประยุกต์ใช้งาน โดยที่ 1 รอบของการตรวจวัดจะใช้เวลาเท่ากับ 2 คาบของสัญญาณกระตุ้นของรีโซลเวอร์ ($2T_{ex}$) เนื่องจากการใช้งานรีโซลเวอร์โดยทั่วไปนั้นจะมีการกำหนดให้ความถี่ของสัญญาณกระตุ้นมีค่าสูงกว่าค่าความถี่ในการหมุน (อัตราเร็วรอบ) แกนหมุนของรีโซลเวอร์มาก ดังนั้นจึงถือได้ว่าวงจรดีมอดูเลเตอร์สัญญาณรีโซลเวอร์ที่ได้พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้ทัน รีโซลเวอร์รุ่นที่นำมาทดสอบการทำงานของวงจรคือรุ่น Sanyo Denki, 101–4100 ซึ่งใช้ความถี่ของสัญญาณกระตุ้นเท่ากับ 3 kHz ค่าผิดพลาดสูงสุดที่ตรวจวัดได้ประมาณเท่ากับ 60 mV

## 7.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางในการทำวิจัยต่อ

จากผลการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยคิดว่าการดำเนินการในครั้งนี้ยังมีช่องทางที่จะสามารถพัฒนาต่อไปได้ดังนี้คือ

– วงจรตรวจวัดค่าแอมพลิจูดที่ได้พัฒนาออกแบบขึ้นในบทที่ 3 น่าจะพัฒนาต่อให้อยู่ในรูปแบบของวงจรรวม (ไอซี) เนื่องจากมีคุณสมบัติการทำงานที่ดี แต่โครงสร้างวงจรมีขนาดใหญ่ และค่อนข้างซับซ้อน รวมทั้งการพัฒนาภาคเอาต์พุตให้อยู่ในรูปแบบของการจ่ายสัญญาณเอาต์พุตแบบอนุกรมเพื่อความสะดวกสำหรับการนำมาใช้งานร่วมกับพอร์ตสื่อสารของไมโครคอนโทรลเลอร์ในปัจจุบัน

– วงจรตรวจวัดค่าแอมพลิจูดที่ได้พัฒนาออกแบบขึ้นในบทที่ 4 เป็นแบบที่มีคุณสมบัติด้านความถี่ใช้งานด้อยกว่าแบบแรก แต่โครงสร้างวงจรมีขนาดเล็กกว่า และมีความซับซ้อนน้อยกว่า ทำให้สามารถพัฒนาขึ้นเพื่อใช้งานในรูปแบบของการต่อวงจรแบบดีสครีทได้สะดวกกว่า แนวทางพัฒนาต่อน่าจะมีการดำเนินการนำวงจรดังกล่าวนี้ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบการวัดการควบคุม และระบบเครื่องมือวัด เพื่อให้เห็นถึงประโยชน์วงจรดังกล่าวนี้มากขึ้น

– วงจรตรวจวัดค่าแอมพลิจูดที่ได้พัฒนาออกแบบขึ้นในบทที่ 5 ถูกจำกัดค่าความถี่ใช้งานของวงจรด้วยความสามารถของวงจรตรวจจับค่ายอดสัญญาณที่นำมาใช้ ซึ่งน่าจะได้มีการพัฒนาวงจรย่อยในส่วนของวงจรตรวจจับค่ายอดสัญญาณให้มีคุณสมบัติการทำงานให้ดีขึ้น