หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 7

สรุปผลและข้อเสนอแนะสำหรับวิจัยต่อ

ได้ทำการศึกษาทฤษฎีและวงจรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการบันทึกสัญญาณอนาลอก โดยทำการแปลงเป็นค่าดิจิตอล และบันทึกในรูปของสัญญาณดิจิตอล และได้สร้างเครื่องมือขึ้นมาชิ้นหนึ่งสำหรับใช้บันทึกสัญญาณอนาลอกด้วยหลักการดังกล่าว ขอบเขตความสามารถของเครื่องมือที่สร้างขึ้นนี้ โดยส่วนรวมสามารถทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ตอนเริ่มแรก กล่าวคือ

1. สามารถที่จะบันทึกและแสดงภาพสัญญาณที่เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียวให้ปรากฏออกมาซ้ำ ๆ กันเพื่อให้เกิดเป็นภาพนิ่งบนออสซิลโลสโคป

2. สามารถแสดงภาพสัญญาณความถี่ต่ำมาก ๆ ที่ไม่อาจเห็นเป็นภาพต่อเนื่องกันทั้งภาพ เมื่อใช้กับออสซิลโลสโคปแบบธรรมดา โดยแปลงให้ความถี่สูงขึ้นจนเพียงพอที่จะทำให้เกิดภาพนิ่งบนออสซิลโลสโคปได้

3. สามารถที่จะบันทึกสัญญาณความถี่สูง แล้วแปลงเป็นสัญญาณความถี่ต่ำลงมาพอเหมาะที่จะใช้กับ X-Y Recorder ซึ่งทำงานที่ความถี่ต่ำมาก

ข้อกำหนดของเครื่องมือที่สร้างขึ้นคือสามารถตั้งความถี่สุ่มได้ 6 ค่า คือ 250, 125, 50, 25, 12.5 และ 5 KHz โดยออกแบบให้ใช้งานกับสัญญาณขาเข้าความถี่ไม่เกิน 1/10 ของความถี่สุ่ม นั่นคือความถี่สูงสุดของสัญญาณเข้า เท่ากับ 25 KHz Resolution ของค่าดิจิตอลที่ใช้คือ 8 บิท ขนาดของหน่วยจำ 256 หน่วย จะเห็นได้ว่าข้อกำหนดเหล่านี้เป็นไปตามข้อกำหนดเบื้องต้นที่ตั้งไว้ในบทที่ 1 ทุกประการ นอกจากความแม่นยำทางขนาดของสัญญาณออกซึ่งมีความผิดพลาดค่อนข้างสูง ดังจะเห็นได้จากความเพี้ยนของสัญญาณออกเมื่อทดสอบด้วยสัญญาณรูปคลื่นซายน์ สำหรับความแม่นยำทางเวลาหรือทางความถี่มีความถูกต้องสูงมากเนื่องจากควบคุมด้วย Crystal Oscillator

เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องมือที่มีผู้ผลิตออกมาจำหน่าย จะเห็นได้ว่าสมรรถนะของเครื่องมือที่สร้างขึ้นนี้ต่ำกว่ามาก ซึ่งก็เป็นธรรมดาที่บริษัทผู้ผลิตอุปกรณ์เหล่านั้นย่อมมี **Technical Know How** ที่สูงมาก แต่เมื่อดูในแง่หลักการแล้วจะคล้ายคลึงกัน อย่างไรก็ดีมีหลักการกำหนดความถี่สูงสุดของสัญญาณเข้าผิดกัน กล่าวคือในระบบของเราถือว่าความถี่สูงสุดของสัญญาณเข้าที่จะใช้งานได้ไม่เกิน 1/10 ของความถี่สุ่มสูงสุด แต่ตามข้อกำหนดของเครื่องมือที่มีจำหน่ายนั้น กำหนดความถี่สูงสุดของสัญญาณเข้าได้ถึง 1/4 ถึง 1/5 ของความถี่สุ่มสูงสุด แต่จากการวิเคราะห์สเปคตรัมของสัญญาณที่สุ่มจากรูปคลื่นซายน์พบว่า การสร้างสัญญาณเดิมกลับมาจากสัญญาณที่ได้จากการสุ่มจะพบปัญหาสองประการ ประการแรกคือ ต้องขจัดความถี่ฮาร์โมนิคสูง ๆ ของสัญญาณ ยิ่งความถี่สุ่มใกล้ความถี่สัญญาณเข้า ขนาดของฮาร์โมนิคจะยิ่งสูงขึ้น การกรองจะทำได้ยากเพราะต้องใช้วงจรกรองอันดับสูง ๆ ประการที่สองยิ่งความถี่สุ่มใกล้ความถี่สัญญาณเข้า ขนาดของสเปคตรัมความถี่มูลฐานจะลดลง จากตารางในภาคผนวก ก. สำหรับอัตราส่วนความถี่สุ่มต่อความถี่สัญญาณเข้าเท่ากับ 4 ขนาดสเปคตรัมที่ความถี่มูลฐาน = 0.45 เมื่อเทียบกับค่าสเปคตรัมของสัญญาณเข้า ซึ่งเท่ากับ 0.50 เข้าใจว่าบริษัทผู้ผลิตถือว่าถ้าขนาดของสัญญาณออกลดลงไม่ถึง 3 dB (หรือลดเหลือ 0.707 ของขนาดสัญญาณเข้า) ก็ยังนับว่าใช้งานได้ ซึ่งในที่นี้สัญญาณออกลดเหลือ 0.45/0.50 = 0.90 ของสัญญาณเข้า โดยการตั้งข้อกำหนดวิธีนี้ ข้อกำหนดของเครื่องมือที่ได้สร้างขึ้นนี้อาจกล่าวได้ว่าใช้งานได้ถึง 1/4 ของความถี่สุ่มสูงสุด นั่นคือใช้ได้ถึงความถี่ 62.5 KHz

ข้อบกพร่องและข้อจำกัดในการใช้งานของเครื่องมือชิ้นนี้มีดังนี้

1. การบันทึกสัญญาณที่เกิดขึ้นเพียงครั้งเดียว ได้ออกแบบวงจรสร้างสัญญาณทริกเกอร์ อัตโนมัติ ซึ่งจะส่งสัญญาณทริกเกอร์เมื่อสัญญาณเข้ามีการเปลี่ยนแปลงสูงถึงระดับหนึ่ง เพื่อบันทึกสัญญาณตั้งแต่เริ่มมีการเปลี่ยนแปลง แต่ปรากฏว่าวงจรสร้างสัญญาณทริกเกอร์อัตโนมัติทำงานได้ไม่แน่นอน เช่น ในขณะไม่มีสัญญาณเข้ามันจะส่งสัญญาณทริกเกอร์ออกมา ทำให้การบันทึกสัญญาณที่เกิดขึ้นครั้งเดียวทำได้ไม่ดีนัก เพราะต้องใช้สวิทช์ **Start** ในการทริกเกอร์ ซึ่งจะพบปัญหาการกดสวิทช์เร็วไปหรือช้าไป ทำให้ไม่สามารถบันทึกสัญญาณ

ที่เกิดขึ้นได้ทัน

การแก้ไขจุดบกพร่องข้อนี้อาจใช้วงจรคล้ายวงจรทริกเกอร์ของออสซิลโลสโคป คือสามารถเลือกว่าจะให้ทริกเกอร์ทางบวก (สัญญาณเพิ่มค่าขึ้น) หรือทางลบ (สัญญาณลดค่าลง) และมี pot สำหรับปรับความไวของการทริกเกอร์ว่าจะส่งพัลส์ เมื่อสัญญาณเข้ามีค่าถึงค่าหนึ่ง

2. วงจร ADC มีความผิดพลาดค่อนสูง ทั้งนี้เพราะมีช่วงความไม่แน่นอนเนื่องมาจาก Oscillation ในวงจรเปรียบเทียบ ทำให้ผลการบันทึกมีความถูกต้องทางขนาดต่ำลง

การแก้ไขอาจจะจัดวางอุปกรณ์และออกแบบลายทองแดงของแผ่นวงจรพิมพ์ และเพิ่มการชิลด์ขาเข้าจากสัญญาณขาออกของวงจรกรอง เพื่อลดการกวนจากสัญญาณออกเข้าไปยังขาเข้า หรือเปลี่ยนวงจรเปรียบเทียบโดยใช้เบอร์ที่มีความเร็วต่ำลง หรือมิฉะนั้นก็ต้องใช้วงจร ADC แบบอื่น วิธีแก้ไขสองประการหลังนี้เป็นการลดขีดความสามารถทางความถี่เพื่อให้ความถูกต้องทางขนาดสูงขึ้น

3. จากการทดสอบโดยใช้สัญญาณรูปคลื่นซายน์ พบว่าสำหรับความถี่สุ่มแต่ละค่า ความเพี้ยนของสัญญาณออกจะเพิ่มขึ้นเมื่อความถี่ของสัญญาณเข้าต่ำลง ความเพี้ยนจะอยู่ในช่วงที่พอจะยอมรับได้ ถ้าความถี่ของสัญญาณเข้าใกล้เคียงกับความถี่สูงสุดที่จะใช้ได้กับความถี่สุ่มค่านั้น ๆ จากการทดสอบยังพบอีกว่า โดยใช้ความถี่สุ่มต่ำกว่า 10 เท่า ของสัญญาณเข้า ความเพี้ยนกลับลดลง แต่ขนาดของสัญญาณออกจะลดลงเนื่องจากผลของวงจรกรองแบบผ่านต่ำ เหตุที่ผลการทดสอบเป็นเช่นนี้เข้าใจว่าเนื่องมาจากข้อผิดพลาดของ ADC การแก้ไขก็ต้องแก้ที่ ADC เช่นเดียวกับในข้อ 2 ข้างต้น

<u>ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยต่อ</u>

นอกจากจะแก้ไขข้อบกพร่องดังกล่าวแล้ว การวิจัยต่อจากวิทยานิพนธ์ หรือการวิจัยที่คล้ายกันอาจทำได้โดยมีข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

1. ใช้ ADC ที่อยู่ในรูปของวงจรรวม การสร้าง ADC ขึ้นเองเป็นการยุ่งยากและผลดีได้ไม่ดีนัก ดังจะเห็นได้จากวิทยานิพนธ์นี้ ความผิดพลาดหลาย ๆ อย่างเกิดมาจาก ADC

2. ทำการวิเคราะห์สเปคตรัมของสัญญาณรูปคลื่นชายน์ที่สุ่มได้โดยวิธี **Analytic** การวิเคราะห์ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ **Numerical method** เนื่องจากต้องการได้ผลลัพธ์ในเวลาจำกัด

3. การเติมข้อมูลแทรกระหว่างข้อมูลที่สุ่มได้ โดยอาศัย **Numerical technique** หรือ **Interpolation** การคำนวณอาจทำที่เครื่องที่สร้างขึ้นโดยเฉพาะ โดยสร้างจากไมโครโปรเซสเซอร์ การเติมก็คือเผื่อที่ใน RAM ระหว่างแต่ละจุดไว้ เพื่อนำค่าที่ **Interpolate** ได้ บันทึกลงไปที่หน่วยจำเหล่านี้ การเติมข้อมูลโดยวิธีนี้ทำให้การกรองเอาฮาร์โมนิคออกทำได้ง่ายขึ้น แต่อาจไม่คุ้มกับการลงทุนในการ **Interpolation** ก็ได้ แต่เทคนิคนี้มีที่ใช้จริง ๆ ในการเติมข้อมูลส่วนที่ขาดหายไป สำหรับสัญญาณจากการถ่ายภาพพื้นผิวโลกจากดาวเทียม

4. วิทยานิพนธ์นี้เน้นถึงความสามารถใช้งานกับสัญญาณความถี่ให้สูงที่สุดเพราะมีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างเป็นเครื่องมือวัด (โดยใช้ประกอบกับเครื่องมืออื่น) แต่ก็มีงานอีกเป็นจำนวนมากที่การเก็บข้อมูลเป็นไปอย่างช้า ๆ แต่มีความจำเป็นที่จะเก็บข้อมูลจำนวนมาก ในบางกรณีอาจจำเป็นต้องส่งข้อมูลที่เก็บได้ไปยังคอมพิวเตอร์ งานเหล่านี้เป็นความต้องการของสาขาวิชาอื่น ๆ ทางที่ดีแล้วควรมีการติดต่อกันระหว่างแผนกวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งนับได้ว่าเป็น "ผู้ผลิต" กับแผนกวิชาอื่น ๆ ซึ่งเป็น "ผู้ใช้" เพื่อให้งานวิจัยที่จะมีขึ้นต่อไปสามารถนำไปใช้งานได้กว้างขวางยิ่งขึ้น