บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

อุปกรณ์แปลงผันสัญญาณพัลส์วิลคินสันแบบอาร์เรย์ ที่พัฒนาขึ้น ใช้ฐานความถี่ 100 MHz ความละเอียดช่องวิเคราะห์ 4096 ช่องวิเคราะห์ จัด ADC ทำงานพร้อมกันได้ 4 ชุด ระบบเชื่อมโยงสัญญาณออกแบบให้ทำงานร่วมกับเครื่องวิเคราะห์พลังงานแบบหลายช่อง รุ่น SYSTEM-100 ของบริษัทCANBERRA ใช้โปรแกรม GENIE-2000 ควบคุมการทำงานบนไมโครคอมพิวเตอร์ ขยายสัญญาณด้วยอุปกรณ์ขยายสัญญาณพัลส์รุ่น 2021 ของ บริษัท CANBERRA เปรียบเทียบการทำงานกับADC รุ่น 8706 ซึ่งใช้ฐานความถี่ 450 MHz

ผลการทดสอบสมรรถนะการทำงานของ ADC วิลคินสันแบบอาร์เรย์ 4 ชุด สรุปได้ดังนี้

ก. จากการทดสอบรูปสัญญาณพบว่า ADC วิลคินสันที่พัฒนาขึ้นแต่ละชุดใช้เวลาในการเก็บข้อมูล 4 us ดังนั้นเวลาในการแปรงผันสัญญาณที่เข้ามาวิเคราะห์จะเท่ากับเวลาในการแปลงผันสัญญาณที่ความถี่ 100 MHz รวมกับเวลาในการเก็บข้อมูลดังนั้น

$$\text{ADC dead time} = 0.01\ n + 4 \quad \mu s$$

เมื่อ n = ตำแหน่งช่องวิเคราะห์พลังงาน

แต่เมื่อใช้งาน ADC 4 ชุดพร้อมกัน dead time ของระบบทั้งหมดจะเกิดขึ้นต่อเมื่อ ADC ทุกชุดมีการแปลงผันสัญญาณในคาบเวลาเดียวกันเท่านั้น

ข. การทดสอบความสามารถของการทำงานของ ADC แต่ละชุดมีความคลาดเคลื่อนในการแปลงผันสัญญาณน้อยมาก และเมื่อทำงานพร้อมกัน 4 ชุด จะมีความคลาดเคลื่อนในการแปลงผันสัญญาณน้อยกว่า 2.06 ช่องวิเคราะห์ (FWHM) และมีความไม่เป็นเชิงเส้นน้อยกว่า 1.197 %

ค. ผลทดสอบอัตราวิเคราะห์พัลส์ (throughput pulse rate) ด้วยการกำเนิดความถี่จากเครื่องกำเนิดสัญญาณพัลส์ความถี่สูง ที่ตำแหน่งช่องวิเคราะห์ 2048 พบว่าการทำงานของ ADC วิลคินสันแบบอาร์เรย์ที่พัฒนาขึ้น ปรับให้ ADC ทำงานทั้ง 4 ชุด

ทำงานของ ADC วิลคินสันแบบอาร์เรย์ที่พัฒนาขึ้น ปรับให้ ADC ทำงานทั้ง 4 ชุด ให้การตอบสนองอัตรานับพัลส์สูงถึง 146 kcps. ขณะที่ ADC model 8706 ให้การตอบสนองอัตรานับพัลส์เพียง 79 kcps และเมื่อทดสอบการวิเคราะห์สเปกตรัมซึ่งมีสัญญาณพัลส์สุ่มทุกช่องวิเคราะห์ โดยใช้ต้นกำเนิดรังสี ซีเซียม-137 หัววัดรังสี NaI(Tl)ขนาด 2 นิ้ว x 2 นิ้ว ปรับ shaping time ที่ 0.5 μs แปรเปลี่ยนอัตรานับรังสีจากต่ำไปสูง พบว่า ADC ที่พัฒนาขึ้น เมื่อปรับ ADC ทำงานเพียง 2 ชุดให้ throughput เทียบเท่า ADC ที่ใช้ฐานความถี่ 450 MHz และเมื่อปรับให้ ADC ทำงานพร้อมกัน 4 ชุด จะให้ throughput สูงกว่าถึง 41.5 %

ง. จากการทดสอบการวิเคราะห์สเปกตรัมพลังงานที่อัตรานับปานกลาง พบว่าการทำงานแบบอาร์เรย์ ของวงจร ADC ในระบบวิเคราะห์ไม่มีผลทำให้ resolution ของระบบแย่ลงและยังลดเวลาในการสูญเสียสัญญาณพัลส์(dead time) ลงอย่างมากเมื่อเทียบกับการทำงานของ ADC 8706 (450 MHz) ที่ทำงานบนเงื่อนไขเดียวกัน

จ. สมรรถนะของอุปกรณ์แปลงผันสัญญาณพัลส์วิลคินสันแบบอาร์เรย์ ที่พัฒนาขึ้น

ADC input	รับขนาดสัญญาณพัลส์ได้ 0 – 9 โวลต์
ความละเอียด	4096 ช่องวิเคราะห์ (12 บิต)
จำนวน ADC	4 ชุด อาร์เรย์
Clock frequency	100 MHz
ULD, LLD	ปรับค่าได้ 0 – 9.5 โวลต์
Through hold	ปรับค่าได้ 0 – 1 โวลต์
Maximum pulse rate	146 kcps
Throughput count rate	77 kcps

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

จากการพัฒนาวงจรด้นแบบด้วยแผ่นการ์ดมาตรฐาน บนช่อง ISA บัส ของไมโครคอมพิวเตอร์พบว่า

ก. การออกแบบวงจรแปลงผันสัญญาณวิลคินสันให้ทำงานที่ฐานความถี่ 100 MHz สามารถหา ไอซี TTL และ CMOSมาใช้งานได้ง่าย มีเพียง operational amplifier high slew rate ที่ทำงานระหว่าง linear gate และ peak detector ต้องมี speed สูง

ข. การใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้าบน main board ของไมโครคอมพิวเตอร์ ∓ 12 โวลต์จะมีสัญญาณรบกวนมากและไม่คงที่จึงจำเป็นต้องควบคุมแรงดันไฟฟ้าให้ต่ำลงเหลือ ∓ 10 โวลต์ มีผลให้การรับขนาดสัญญาณพัลส์ของระบบที่ออกแบบลดลงเหลือ 0 – 9 โวลต์

ค. แผ่นวงจรที่ทำงานร่วมกันระหว่างสัญญาณอนาลอกและสัญญาณเชิงตัวเลข ต้องมีการออกแบบระบบกราวนด์ที่ดีและแยกกราวนด์ ทั้งสองส่วนนอกจากนี้การวางตำแหน่งของวงจรต่างๆต้องระวังเรื่องการเกิด cross talk ซึ่งจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนมาก มีผลให้การทำงานของ ADC ด้านการวิเคราะห์พัลส์ต่ำๆไม่สามารถทำได้ และมีการรบกวนที่ช่องวิเคราะห์ด้านสูงอยู่บ้าง

5.3 ข้อเสนอแนะ

ก. เนื่องจากวงจรที่พัฒนาขึ้นยังอยู่ในรูปวงจรต้นแบบ และพบปัญหาทางด้านสัญญาณรบกวนมาก การแก้ไขคาดว่าถ้าสร้าง ground plane และจัดการเดินลายแผ่นพิมพ์วงจร ในลักษณะ multilayer อย่างเช่นที่ผลิตในเชิงพาณิชย์ จะทำให้การทำงานของวงจรมีประสิทธิภาพมากขึ้น

ข. การทำงานของ ADC แบบ อาร์เรย์นั้น ADC แต่ละชุดทำงานอิสระเมื่อใช้งานไปนาน การเคลื่อนของ ไบอัส หรือการแปรค่าของชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์จะต้องเกิดขึ้น เพื่อให้ระบบสามารถปรับ conversion gain ของตัวเองได้อัตโนมัติ สามารถทำได้โดยการเพิ่มระบบ digital stabilizer ตรวจสอบตำแหน่งพีคพลังงานและป้อนสัญญาณคลาดเคลื่อนเพื่อปรับ conversion gain แบบอัตโนมัติแทนการปรับค่าความต้านทานในวงจร current constant discharge

ค. ควรจะมีการออกแบบ buffer memory เพื่อเชื่อมโยงการทำงานระหว่างบัสไมโครคอมพิวเตอร์ และ ADC ที่พัฒนาขึ้น และพัฒนาโปรแกรมการถ่ายโอนข้อมูล เพื่อไม่ต้องอาศัยแผ่นการ์ดเชื่อมโยงสัญญาณของระบบ MCA