

การพัฒนางจรแปลงความสูงสัญญาณพัลส์นิวเคลียร์เป็นสัญญาณเชิงตัวเลข
แบบค่าเวลาแปลงผันสัญญาณคงที่

นายบัญชา อุนพานิช



ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี

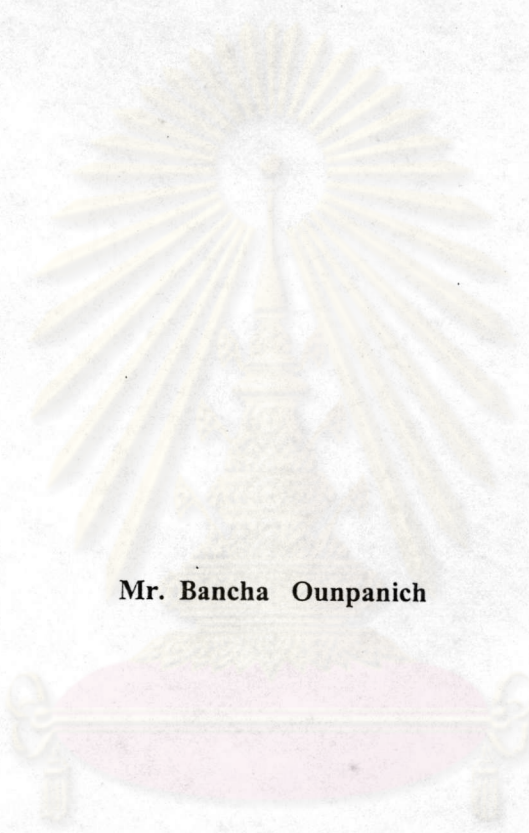
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2539

ISBN 974-636-850-8

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**DEVELOPMENT OF CONSTANT CONVERSION TIME
NUCLEAR PULSE HEIGHT A/D CONVERTERS**



Mr. Bancha Ounpanich

**ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย**
A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements

for the Degree of Master of Engineering

Department of Nuclear Technology

Graduate School

Chulalongkorn University

Academic year 1996

ISBN 974-636-850-8

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว



บัญชา อุพานิช : การพัฒนาวงจรแปลงความสูงสัญญาณพัลส์นิวเคลียร์เป็นสัญญาณเชิงตัวเลขแบบค่าเวลาแปลงผันสัญญาณคงที่ (DEVELOPMENT OF CONSTANT CONVERSION TIME NUCLEAR PULSE HEIGHT A/D CONVERTERS) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. สุวิทย์ ปุณณชัยยะ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. วิรุฬห์ มังคละวิรัช; 98 หน้า. ISBN 974-636-850-8

ระบบแปลงความสูงสัญญาณพัลส์นิวเคลียร์เป็นสัญญาณเชิงตัวเลขแบบวิลคินสันในเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง มีการสูญเสียคาบเวลาแปลงผันสัญญาณตามขนาดความสูงของพัลส์หรือระดับพลังงาน ทำให้มีผลต่อการสูญเสียปริมาณนับรังสีระหว่างการวิเคราะห์พลังงาน จึงได้ศึกษาเทคนิคในการแปลงความสูงของพัลส์ในเครื่องระบบใหม่ที่สามารถรับอัตราการนับรังสีได้สูง พบว่าการใช้เทคนิคการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณเชิงตัวเลขแบบซัคเซสซีฟแอฟพรอกซิเมชันและแบบแฟลชมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการแปลงความสูงของสัญญาณพัลส์แบบค่าเวลาแปลงผันสัญญาณคงที่ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาแผ่นวงจรแปลงความสูงของสัญญาณพัลส์นิวเคลียร์ขนาด 10 บิต ขึ้น 2 แบบ โดยใช้ไอซีเบอร์ PM 7572 ชนิดซัคเซสซีฟแอฟพรอกซิเมชัน ซึ่งมีคาบเวลาแปลงผัน 5 ไมโครวินาที และไอซีเบอร์ MP 7685 ชนิดแฟลช ให้ทำงานร่วมกับวงจรจัดการสัญญาณส่วนหน้าและวงจรควบคุมสัญญาณลอจิก เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะการแปลงความสูงของสัญญาณพัลส์นิวเคลียร์กับแผ่นวงจรแปลงความสูงของสัญญาณพัลส์แบบวิลคินสัน ซึ่งใช้ฐานความถี่เวลา 50 เมกะเฮิร์ตซ์ ของเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่องที่ผลิตโดยบริษัท Tracor Northern รุ่น 1706 โดยใช้สัญญาณควบคุมจากฐานวงจรเดียวกัน

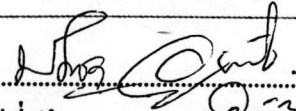
ผลการทดสอบความสามารถในการแปลงความสูงของสัญญาณพัลส์ของแผ่นวงจรซัคเซสซีฟแอฟพรอกซิเมชัน เปรียบเทียบกับแบบวิลคินสันเดิมพบว่า ความไม่เป็นเชิงเส้นแบบอินดิกรัล มีค่าร้อยละ 1.722 และ 0.397 ตามลำดับ และการตอบสนองอัตรานับรังสีของแผ่นวงจรแปลงสัญญาณพัลส์แบบซัคเซสซีฟแอฟพรอกซิเมชัน มีความเป็นเชิงเส้นจนถึงอัตรานับ 60 kcps ไม่ขึ้นกับความสูงของพัลส์ ส่วนผลการพัฒนาแผ่นวงจรแปลงผันสัญญาณพัลส์แบบแฟลชนั้น ตัวไอซีเบอร์ MP 7685 ใช้กระแสไฟฟ้าสูงมากและต้องการสัญญาณขับเคลื่อนทางเข้าสูง ต้องการวงจรที่ซับซ้อนเพิ่มขึ้น และมีราคาแพงมาก จึงไม่เหมาะสมกับแนวทางในการพัฒนาอุปกรณ์วัดแบบประหยัด

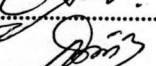
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

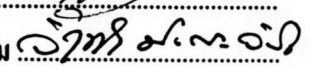
ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี.....

สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี.....

ปีการศึกษา2539.....

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

C618603 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEY WORD: PULSE HEIGHT ADC / CONSTANT CONVERSION TIME / MCA

BANCHA OUNPANICH : DEVELOPMENT OF CONSTANT CONVERSION TIME NUCLEAR PULSE HEIGHT A/D CONVERTERS. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. SUVIT PUNNACHAIYA, THESIS COADVISOR : ASSO. PROF. VIRUL MUNGCLAVIRAJ, 98 pp. ISBN 974-636-850-8

It has long been recognized that there is a loss in time conversion when Wilkinson's analog to digital converter (ADC) is used in converting nuclear pulse height analog to digital signal (ADC) in a multi-channel analyzer (MCA). This results in loss of counts during radiation measurement. Hence, there is a need to find an alternative technique for constant time conversion ADC especially in the case of high counting rate. It was suggested that the successive approximation and flash type ADC may be applied to use in MCA with constant time conversion. This research has thus developed two 10-bit nuclear pulse height ADCs using a successive approximation IC (PM-7572) with conversion time of 5 ms and a flash type IC (MP-7685) to work with input signal processor and logic control circuits. Both ADCs performances were benchmarked against the Wilkinson's ADC with 50 MHz frequency of a MCA (Tracor Northern 1706) using an identical control signal circuit.

Performance tests revealed that the non-linearity of the successive approximation and the Wilkinson ADCs was found to be 1.722% and 0.397%, respectively. The response to radiation counting of the successive approximation ADC displays linearity up to 60 kcps independent of the pulse height. The flash type ADC, however, was found to consume too much current and high input signal requiring very complicated and expensive circuits; thus making it uneconomically viable.

ศูนย์วิทยทรัพยากร

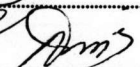
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

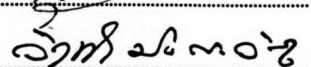
ภาควิชา..... นิเวศวิทยเทคโนโลยี.....

สาขาวิชา..... นิเวศวิทยเทคโนโลยี.....

ปีการศึกษา..... 2539.....

ลายมือชื่อนิติ..... 

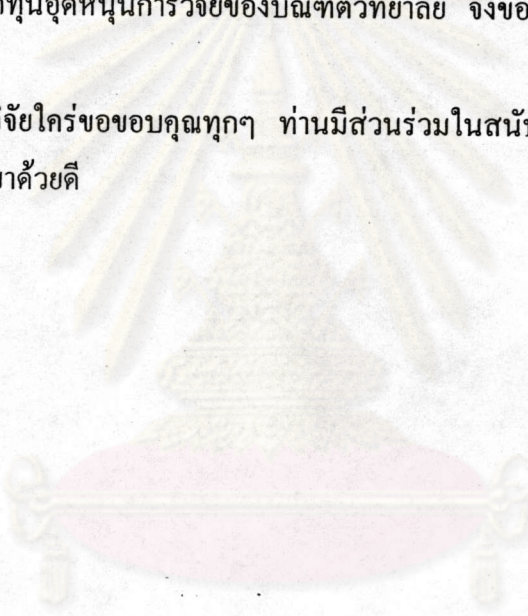
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... 

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความช่วยเหลือและการสนับสนุนเป็นอย่างดีจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะและรองศาสตราจารย์ วิรุพห์ มังคละวิรัช อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ช่วยให้คำแนะนำและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นอกจากนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณอาจารย์ เคโซ ทองอร่าม ที่ได้ช่วยให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่างๆ ในงานวิจัยมาด้วยดีตลอดขอขอบคุณ คุณดวงพร ถนอมงาม ที่ได้ช่วยพิมพ์เอกสารวิทยานิพนธ์และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณทุกๆ ท่านมีส่วนร่วมในสนับสนุนช่วยเหลือให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงมาด้วยดี



ศูนย์วิทยพัชรพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฐ
บทที่	
1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
2 การวิเคราะห์ความสูงของพัลส์	
2.1 ลักษณะสัญญาณพัลส์.....	4
2.2 อุปกรณ์วิเคราะห์ความสูงของพัลส์แบบหลายช่อง.....	6
2.3 การวิเคราะห์ความสูงของพัลส์ของเครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่อง.....	9
2.4 วงจรแปลงสัญญาณที่ใช้ในการวิเคราะห์ความสูงของพัลส์.....	11
2.4.1 วงจรแบบวิตคินสัน.....	12
2.4.2 วงจรแปลงสัญญาณแบบซัคเซสซีฟแอมป์รอกซิเมชัน.....	15
2.4.3 วงจรแปลงสัญญาณแบบเฟลท.....	19
2.5 ประสิทธิภาพการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณ.....	21
2.5.1 ผลการสูญเสียเวลาวิเคราะห์อนุภาค.....	21
2.5.2 ความเป็นเชิงเส้นของวงจรแปลงความสูงของพัลส์.....	23

3	การพัฒนาวงจรแปลงความสูงของพัลส์แบบค่าเวลาแปลงผันสัญญาณคงที่	
3.1	ข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบ.....	24
3.2	การออกแบบแผ่นวงจรแปลงสัญญาณความสูงของพัลส์.....	26
3.3	การออกแบบวงจรจัดการสัญญาณส่วนหน้า.....	27
3.3.1	วงจรขยายบัฟเฟอร์.....	27
3.3.2	การออกแบบวงจรดิสคริมีเนเตอร์ 2 ระดับ.....	28
3.3.3	การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณปรับแก้เวลา.....	29
3.4	การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณความสูงของพัลส์.....	31
3.4.1	การออกแบบวงจรตรวจค่าสูงสุดของพัลส์และขีดสัญญาณพัลส์.....	31
3.4.2	การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณแบบซัคเซสซีฟแอฟพรอกซิเมชัน.....	33
3.4.3	การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณแบบเฟลช.....	33
3.5	การออกแบบวงจรควบคุมสัญญาณลอจิก.....	34
3.5.1	การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณรีเซทฟลิปฟลอป.....	34
3.5.2	การออกแบบวงจรกำเนิดสัญญาณติดต่อกับหน่วยความจำ.....	35
3.5.3	วงจรกำเนิดสัญญาณสูญเสียเวลา.....	39
3.5.4	วงจรแอดเดรสบัฟเฟอร์.....	39
4	การทดสอบแผ่นวงจรแปลงสัญญาณแบบซัคเซสซีฟแอฟพรอกซิเมชันและเฟลชเอดีซี ที่พัฒนาขึ้น	
4.1	การทดสอบความเป็นเชิงเส้นของแผ่นวงจรแปลงสัญญาณ ซัคเซสซีฟแอฟพรอกซิเมชันที่พัฒนาขึ้น.....	44
4.1.1	อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ.....	44
4.1.2	การจัดอุปกรณ์เพื่อทดสอบ.....	45
4.1.3	ขั้นตอนการทดลองและผลการทดสอบ.....	46
4.2	การทดสอบความสามารถในการตอบสนองอัตรานับสูงสุด.....	50
4.2.1	การจัดอุปกรณ์ทดสอบ.....	50
4.2.2	ขั้นตอนการทดสอบและผลการทดสอบ.....	51
4.3	การทดสอบการวิเคราะห์สเปกตรัมของต้นกำเนิดรังสีมาตรฐาน.....	58
4.3.1	การจัดอุปกรณ์ทดสอบ.....	58
4.3.2	ขั้นตอนการทดสอบและผลการทดสอบ.....	59

5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	62
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	62
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	63
รายการอ้างอิง.....	65
ภาคผนวก ก.....	66
ภาคผนวก ข.....	91
ภาคผนวก ค.....	96
ประวัติผู้วิจัย.....	98

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่	หน้า
2.1 การเกิดสัญญาณพัลส์นิวเคลียร์.....	5
2.2 รูปสัญญาณพัลส์มาตรฐานแบบต่างๆ.....	6
2.3 แผนภาพการทำงานเบื้องต้นของระบบวิเคราะห์ความสูงของพัลส์แบบหลายช่อง.....	7
2.4 การจัดเรียงช้อนชุดอุปกรณ์วิเคราะห์ความสูงของพัลส์แบบช่องเดียว.....	8
2.5 การวิเคราะห์ความสูงพัลส์.....	9
2.6 แผนภาพส่วนประกอบการวิเคราะห์ความสูงของพัลส์.....	10
2.7 การเกิดสเปกตรัมของพลังงาน.....	11
2.8 แผนภาพแสดงการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณแบบวิลคินสัน.....	13
2.9 รูปสัญญาณแสดงหลักการแปลงรหัสในวงจรแบบวิลคินสัน และวิธีคายประจุแบบเป็นเชิงเส้น.....	14
2.10 แผนภาพวงจรแปลงสัญญาณแบบซัคเซสซีฟแอฟพรอกซิเมชัน.....	15
2.11 ขั้นตอนการทำงานของเอดีซีแบบซัคเซสซีฟแอฟพรอกซิเมชัน 4 ขั้นตอน.....	16
2.12 แผนภาพวงจรแปลงความสูงของพัลส์แบบซัคเซสซีฟแอฟพรอกซิเมชัน.....	18
2.13 แผนภาพวงจรแปลงความสูงของพัลส์แบบซัคเซสซีฟแอฟพรอกซิเมชัน ความไม่เป็นเชิงเส้นแบบดิฟเฟอเรนเชียล.....	19
2.14 หลักการทำงานเบื้องต้นของวงจรแปลงสัญญาณแบบเฟลช.....	20
2.15 แผนภาพการทำงานของวงจรแปลงความสูงของสัญญาณพัลส์แบบเฟลช.....	21
2.16 แผนภาพเวลาแสดงการสูญเสียเวลาในการวิเคราะห์อนุภาค.....	22
2.17 การทดสอบความไม่เป็นเชิงเส้นแบบอินทิกรัล.....	23
3.1 โครงสร้างมาตรฐานสัญญาณบัสบนหัวต่อ slot ของแผ่นวงจรแปลงสัญญาณพัลส์.....	25
3.2 แผนภาพการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณความสูงพัลส์แบบคาบเวลาคงที่.....	26
3.3 วงจรขยายบัฟเฟอร์.....	28
3.4 วงจรดิสคริเมเตอร์ 2 ระดับ.....	29
3.5 แผนภาพเวลาของวงจรดิสคริเมเตอร์ 2 ระดับ.....	30

	หน้า
3.6 วงจรกำเนิดสัญญาณปรับแก้เวลา.....	30
3.7 แผนภาพเวลาของวงจรเวลาเทรคโฮลดิสคริเมเตอร์.....	31
3.8 วงจรตรวจค่าสูงสุดของพัลส์และยึดสัญญาณพัลส์.....	31
3.9 แผนภาพเวลาของวงจรตรวจค่าสูงสุด.....	32
3.10 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณเชิงตัวเลขแบบซัคเซสซีฟแอฟพรอกซิเมชัน....	33
3.11 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณเชิงตัวเลขแบบแฟลช.....	34
3.12 วงจรกำเนิดสัญญาณรีเซทฟลิปฟลอป.....	35
3.13 แผนภาพเวลาวงจรมกำเนิดสัญญาณรีเซทฟลิปฟลอป.....	36
3.14 วงจรกำเนิดสัญญาณติดต่อกับหน่วยความจำ.....	37
3.15 แผนภาพเวลาวงจรมกำเนิดสัญญาณ ING และ CLR.....	38
3.16 วงจรกำเนิดสัญญาณสูญเสียเวลา.....	39
3.17 วงจรแอดเดรสบัพเฟอร์.....	40
3.18 วงจรแปลงสัญญาณแบบซัคเซสซีฟแอฟพรอกซิเมชัน.....	41
3.19 วงจรควบคุมสัญญาณลอจิก.....	42
3.20 ภาพถ่ายวงจรแปลงสัญญาณแบบวิลคินสัน.....	43
3.21 ภาพถ่ายวงจรแปลงสัญญาณแบบซัคเซสซีฟแอฟพรอกซิเมชัน.....	43
4.1 แผนภาพการจัดอุปกรณ์วัดเพื่อทดสอบความเป็นเชิงเส้น ในการวิเคราะห์ความสูงของพัลส์.....	45
4.2 ภาพถ่ายการจัดอุปกรณ์วัดเพื่อทดสอบความเป็นเชิงเส้นในการวิเคราะห์ความสูงของพัลส์	46
4.3 เส้นกราฟความสัมพันธ์ของความสูงของพัลส์และช่องวิเคราะห์ของแผ่นวงจรแปลง สัญญาณพัลส์แบบวิลคินสัน 50 เมกกะเฮิร์ตซ์.....	48
4.4 เส้นกราฟความสัมพันธ์ของความสูงของพัลส์และช่องวิเคราะห์ของแผ่นวงจรแปลง สัญญาณแบบซัคเซสซีฟแอฟพรอกซิเมชัน เวลาแปรผัน 5 ไมโครวินาที.....	48
4.5 แผนภาพการจัดอุปกรณ์วัดเพื่อทดสอบความสามารถในการตอบสนองอัตรานับสูงสุด.....	50
4.6 ภาพถ่ายการจัดอุปกรณ์วัดเพื่อทดสอบความสามารถในการตอบสนองอัตรานับสูงสุด.....	50
4.7 เส้นกราฟการตอบสนองอัตรานับพัลส์ของวงจรแปลงผันสัญญาณ 2 แบบ ที่ช่องวิเคราะห์ 100.....	53
4.8 เส้นกราฟการตอบสนองอัตรานับพัลส์ของวงจรแปลงผันสัญญาณ 2 แบบ ที่ช่องวิเคราะห์ 480.....	55

4.9 เส้นกราฟการตอบสนองอัตรานับพัลส์ของวงจรแปลงผันสัญญาณ 2 แบบ ที่ช่องวิเคราะห์ 480.....	57
4.10 แผนภาพการจัดอุปกรณ์ทดสอบการวิเคราะห์สเปกตรัม.....	58
4.11 ภาพถ่ายการจัดอุปกรณ์เพื่อทดสอบการวิเคราะห์สเปกตรัมพลังงาน.....	58
4.12 สเปกตรัมของ Cs-137 วิเคราะห์ด้วยวงจรแปลงผันสัญญาณพัลส์ แบบวิลคินสัน 50 เมกกะเฮิร์ต.....	60
4.13 สเปกตรัมของ Cs-137 วิเคราะห์ด้วยวงจรแปลงผันสัญญาณพัลส์ แบบซัคเซสซีฟแอฟพรอกซิเมชัน ค่าแปลงผันสัญญาณ 5 ไมโครวินาที.....	60
4.14 สเปกตรัมของ โคบอลต์-60 วิเคราะห์ด้วยวงจรแปลงผันสัญญาณพัลส์ แบบวิลคินสัน 50 เมกกะเฮิร์ต.....	61
4.15 สเปกตรัมของ โคบอลต์-60 วิเคราะห์ด้วยวงจรแปลงผันสัญญาณพัลส์ แบบซัคเซสซีฟแอฟพรอกซิเมชัน ค่าแปลงผันสัญญาณ 5 ไมโครวินาที.....	61