

การพัฒนาระบบวิเคราะห์หลายช่องที่บรรจุในฐานข้อมูลโฟโตมัลติพลาเยอร์



นายจตุรภูษ แดงเนียม

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี ภาควิชานิวเคลียร์เทคโนโลยี

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2549

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF AN MCA SYSTEM EMBEDDED IN PHOTOMULTIPLIER TUBE BASE

Mr. Jaturaput Dangniam

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Nuclear Technology

Department of Nuclear Technology

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

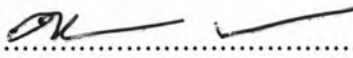
Academic Year 2006

Copyright of Chulalongkorn University

491837

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การพัฒนาระบบวิเคราะห์หลายช่องที่บรรจุในฐานลวดคอปโตมัลติพลาเยอร์
โดย นายจตุรภูช แดงเนียม
สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวิทย์ ปุณณชัยยะ
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม อาจารย์เดโช ทองอร่าม


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร. ชีเรก ลาวันศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร. จันทน์ขาว)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุวิทย์ ปุณณชัยยะ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(อาจารย์เดโช ทองอร่าม)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถพร ภัทรสุมันต์)

จตุรภูช แดงเนียม : การพัฒนาระบบวิเคราะห์หลายช่องที่บรรจุในฐานหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (DEVELOPMENT OF AN MCA SYSTEM EMBEDDED IN PHOTO MULTIPLIER TUBE BASE) อ.ที่ปรึกษา: ผศ. สุวิทย์ ปุณณชัยยะ, อ.ที่ปรึกษาร่วม : อ. เคโซ ทองอร่าม , 90 หน้า.

วิทยานิพนธ์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบวิเคราะห์หลายช่องให้มีขนาดเล็กและใช้กำลังไฟฟ้าต่ำสำหรับบรรจุในฐานหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์ (PMT) พร้อมด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ขนาดเล็กที่ใช้ร่วมกันในการวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแกมมา ซึ่งประกอบด้วย วงจรขยายสัญญาณพัลส์ วงจรแหล่งจ่ายไบอัสศักดาสูงและวงจรเชื่อมโยงสัญญาณกับ ไมโครคอมพิวเตอร์ การรวมอุปกรณ์ให้เป็นเครื่องวัดขนาดกะทัดรัดทำให้สะดวกต่องานวัดรังสีภาคสนาม แหล่งจ่ายไบอัสศักดาสูงสามารถปรับค่าศักดาไฟฟ้าได้ตั้งแต่ 0-1000 โวลต์ จ่ายกระแสสูงสุดได้ 500 ไมโครแอมป์ ออกแบบให้ทำงานกับหัววัดรังสีและอุปกรณ์ขยายสัญญาณพัลส์ที่อัตราขยาย 20 เท่า แต่งรูปสัญญาณทางออกชนิดยูนิโพลาาร์ที่ค่าเวลาแต่งสัญญาณ 0.5 ไมโครวินาที ส่วนระบบวิเคราะห์หลายช่องขนาด 4096 ช่องวิเคราะห์นั้นประยุกต์ใช้ไอซีแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลชนิดไปป์ไลน์ (Pipe Line ADC) ให้ทำงานร่วมกับระบบส่งข้อมูลชนิดยูเอสบีความเร็วเต็มที่ (full speed USB) วงจรในฐานหลอดทั้งหมดรับแหล่งจ่ายไฟฟ้าจากพอร์ตยูเอสบี

จากการพัฒนาระบบดังกล่าวพบว่าฐานหลอด PMT จะมีขนาด $\varnothing 10 \times 10$ ซม. การลดขนาดให้เล็กกว่านี้จะต้องใช้เทคนิคออกแบบแผ่นพิมพ์วงจรที่มีความหนาแน่นชิ้นส่วนสูงร่วมกับการใช้ชิ้นส่วนเอสเอ็มดี (SMD) สำหรับโปรแกรมอิมูเลเตอร์ที่พัฒนาขึ้นมีความสามารถควบคุมการรับสัญญาณความเร็วสูงและแสดงผลได้โดยไม่คลาดเคลื่อน ผลทดสอบการทำงานของระบบวิเคราะห์หลายช่องพบว่า การแปลงสัญญาณมีความเป็นเชิงเส้นสูงโดยให้ค่า $R^2 = 0.9998$ และเมื่อทดลองใช้วิเคราะห์พลังงานของต้นกำเนิดรังสี Cs-137 ด้วยหัววัดเรืองรังสีชนิดโซเดียมไอโอไดด์ (ทัลเลียม) ขนาด $\varnothing 2 \times 2$ นิ้ว สามารถรองรับอัตรานับรังสีได้มากกว่า 10 kcps และให้ผลวิเคราะห์สเปกตรัมเป็นที่พึงพอใจ

ภาควิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี
สาขาวิชา นิวเคลียร์เทคโนโลยี
ปีการศึกษา 2549

ลายมือชื่อนิสิต..... จตุรภูช แดงเนียม
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... [ลายมือ]
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... [ลายมือ]

4670246221 : MAJOR NUCLEAR TECHNOLOGY

KEY WORD : MCA, SYSTEM EMBEDDED, PIPELINE ADC, USB

JATURAPUT DANGNIAM : DEVELOPMENT OF AN MCA SYSTEM EMBEDDED IN PHOTOMULTIPLIER TUBE BASE. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. SUVIT PUNNACHAIYA, THESIS CO – ADVISOR : DECHO THONG–ARAM, 90 pp.

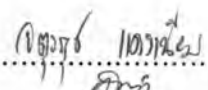
This thesis was aimed to develop a compact and low power consumption multichannel analyzer (MCA) for embedding in a Photomultiplier Tube Base (PMTB) associated with small size electronic circuits for gamma ray spectrometry. The system consists of a pulse amplifier, a high voltage bias supply and a data interface to microcomputer. The integration of all associated circuits in a compact housing was expediency and most applicable in the field measurement. An adjustable bias ranged from 0-1000 V with 500 μ A maximum loading current of high voltage bias supply was designed to operate a detector with pulse amplifier in unipolar shape output at the voltage gain of 20 and 0.5 μ s shaping time. The pipeline ADC was applied for developing a 4096 channels MCA in conjunction with a full speed USB data interface. The power supply for all built in associated circuits of PMTB was consumed via USB port.

In this development, the integrated PMTB construction was at the size of $\text{Ø}10 \times 10$ cm. The constructed size could be reduced by applying the high density components printed circuit of SMD technique. The developed emulating program was capable to perform the data interfacing and displaying without an error and the linearity test of pulse height ADC was found at $R^2=0.9998$. The Cs-137 energy spectrum analysis using a $\text{Ø}2 \times 2$ inch NaI (TI) scintillation detector showed satisfactory results and more than 10 kcps counting rate could be recorded.

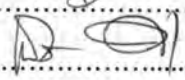
Department Nuclear Technology.....

Field of study Nuclear Technology.....

Academic year 2006.....

Student's signature..... 

Advisor's signature..... 

Co-Advisor's signature..... 

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุวิทย์ ปุณณชัยยะ, อาจารย์เคโซ ทองอร่าม และผู้ช่วยศาสตราจารย์อรรถพร ภัทรสุมันต์ รวมทั้งคณาจารย์ในภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาและองค์ความรู้ต่างๆ พร้อมให้คำปรึกษาชี้แนะ อีกทั้งให้โอกาสในการศึกษาและทำวิทยานิพนธ์นี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณคุณราชนัย สุรณเร และ บริษัท วาเรียน เมดิคัล ซิสเต็มส์ จำกัด ที่สนับสนุนโอกาสให้ผู้เขียนในการทำงานและแสวงหาความรู้เพิ่มเติม และขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ ที่ให้ความช่วยเหลือสำหรับงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่สนับสนุนทุนวิจัยวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ คุณแม่ ที่คอยเป็นกำลังใจ ให้คำปรึกษา และให้โอกาสในการศึกษา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของการวิจัย.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัย.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
2 อุปกรณ์วิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแกมมา.....	6
2.1 ลักษณะสัญญาณพัลส์ทางรังสี.....	7
2.2 เครื่องวิเคราะห์ความสูงของพัลส์แบบหลายช่อง.....	9
2.3 วงจรแปลงสัญญาณที่ใช้ในระบบวิเคราะห์แบบหลายช่อง.....	11
2.3.1 วงจรแปลงสัญญาณ ADC แบบวิลคินสัน.....	12
2.3.2 วงจรแปลงสัญญาณ ADC แบบเฟลช.....	13
2.3.3 วงจรแปลงสัญญาณ ADC แบบซัคเซสซีฟแอปพรอกซิเมชัน.....	15
2.3.4 วงจรแปลงสัญญาณ ADC แบบไปป์ไลน์.....	17
2.4 ประสิทธิภาพการทำงานของวงจรแปลงผันสัญญาณ.....	20
2.5 ระบบส่งข้อมูลผ่านพอร์ตยูเอสบี.....	23

3	การพัฒนาาระบบวิเคราะห์แบบหลายช่องที่บรรจุในฐานหลอดโฟโตมัลติพลายเออร์.....	29
3.1	ข้อมูลพื้นฐานของการออกแบบและการสร้าง.....	32
3.2	การออกแบบระบบวิเคราะห์แบบหลายช่อง.....	32
3.2.1	แหล่งจ่ายไฟศักดาสูงเพื่อไบอัสให้กับหลอด PMT.....	33
3.2.2	วงจรไบอัสหลอด PMT และวงจรขยายส่วนหน้า.....	34
3.2.3	วงจรขยายหลักพร้อมวงจรแต่งรูปสัญญาณ.....	38
3.2.4	วงจรแปลงผันสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล.....	41
3.2.5	วงจรส่งข้อมูล ADC ผ่านพอร์ตยูเอสบี.....	42
3.3	โปรแกรมมิโครคอนโทรลเลอร์สำหรับระบบวิเคราะห์แบบหลายช่อง.....	43
4	การทดลองและผลการทดลอง.....	46
4.1	การทดสอบการทำงานของแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง.....	46
4.2	การทดสอบการทำงานของอุปกรณ์ขยายสัญญาณพัลส์.....	50
4.3	การทดสอบการทำงานของระบบแปลงสัญญาณพัลส์เป็นสัญญาณเชิงตัวเลข.....	52
4.4	การทดลองวิเคราะห์สเปกตรัมนิวเคลียร์.....	55
5	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	58
5.1	สรุปผลการวิจัย.....	58
5.2	ปัญหาและอุปสรรค.....	60
5.3	ข้อเสนอแนะ.....	60
	รายการอ้างอิง.....	62
	ภาคผนวก ก.....	64
	ภาคผนวก ข.....	71
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	90

สารบัญตาราง

ฉ

ตาราง

หน้า

ตารางที่ 4.1	ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าและแรงดันขาออก.....	48
ตารางที่ 4.2	ความไม่เป็นเชิงเส้นของอัตราขยายแบบอินทิกรัล	51
ตารางที่ 4.3	ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของพัลส์และตำแหน่งช่องวิเคราะห์.....	54

สารบัญภาพ

ญ

ภาพประกอบ		หน้า
รูปที่ 2.1	แผนภาพระบบวิเคราะห์สเปกตรัมรังสีแกมมา.....	7
รูปที่ 2.2	วงจรสมมูลภายในหัววัดรังสี.....	7
รูปที่ 2.3	แผนภาพกระบวนการทางสัญญาณของระบบวิเคราะห์สเปกตรัม.....	9
รูปที่ 2.4	การแจกแจงความสูงของพัลส์ที่สอดคล้องกับพลังงาน.....	10
รูปที่ 2.5	การแปลงผันสัญญาณแบบวิลคินสัน.....	12
รูปที่ 2.6	ระบบแปลงผันอนาลอกเป็นดิจิตอลแบบเฟลช.....	14
รูปที่ 2.7	กระบวนการของ ADC แบบซัคเซสซีฟแอฟพรอกซิเมชัน.....	15
รูปที่ 2.8	การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลแบบไปป์ไลน์.....	17
รูปที่ 2.9	โครงสร้างไอซี ADC แบบไปป์ไลน์.....	19
รูปที่ 2.10	แผนภาพความคลาดเคลื่อนแบบต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นในการแปลงผันสัญญาณ.....	22
รูปที่ 2.11	คอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์ต่อพ่วงภายนอก.....	24
รูปที่ 2.12	ลักษณะของคอนเน็กเตอร์ในระบบยูเอสบี.....	24
รูปที่ 2.13	การตรวจสอบความเร็วในการรับส่งข้อมูล.....	25
รูปที่ 2.14	การส่งข้อมูลบนบัสยูเอสบี.....	28
รูปที่ 2.15	กราฟความสามารถในการส่งข้อมูลต่างๆ ของระบบบัสแบบยูเอสบี.....	28
รูปที่ 3.1	แผนภาพการทำงานของระบบวิเคราะห์หลายช่องที่พัฒนาขึ้น.....	30
รูปที่ 3.2	แผนภาพเวลาการทำงานของระบบวิเคราะห์หลายช่องที่บรรจุในฐานหลอด.....	31
รูปที่ 3.3	แผนภาพแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง.....	33
รูปที่ 3.4	วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง.....	34
รูปที่ 3.5	การจัดวงจรขยายส่วนหน้าชนิดค่าความจุแฝง.....	36
รูปที่ 3.6	แผนภาพแสดงวงจรไบอัสฐานหลอดพร้อมวงจรขยายส่วนหน้า.....	37
รูปที่ 3.7	แผนภาพของวงจรขยายหลักและวงจรแต่งรูปสัญญาณ.....	38
รูปที่ 3.8	แสดงการตอบสนองของวงจรอินทิเกรเตอร์แบบต่างๆ.....	39
รูปที่ 3.9	รูปแบบของวงจรกรองแบบ Bessel.....	39

ภาพประกอบ

หน้า

รูปที่ 3.10	แผนภาพวงจรขยายหลัก พร้อมวงจรแต่งรูปสัญญาณ	40
รูปที่ 3.11	วงจรแปลงผันสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล	41
รูปที่ 3.12	วงจรส่งข้อมูลทางพอร์ตยูเอสบีและรับค่าจาก ADC	42
รูปที่ 3.13	แสดงรายการหน้าจอ Hardware Properties ของพอร์ตอนุกรม (com3)	44
รูปที่ 3.14	โปรแกรมการส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์	44
รูปที่ 3.15	แสดงการจัดเรียงวงจรต่างๆ ที่พัฒนาขึ้น	45
รูปที่ 3.16	แสดงต้นแบบอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น	45
รูปที่ 4.1	แผนภาพการจัดอุปกรณ์เพื่อทดสอบวงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง	47
รูปที่ 4.2	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้าของโหลดและแรงดันไฟฟ้าทางออก	48
รูปที่ 4.3	แผนภาพการจัดอุปกรณ์เพื่อตรวจวัดแรงดันรีปเปิล	49
รูปที่ 4.4	รูปสัญญาณรีปเปิลจากเครื่องอ่านรูปสัญญาณ	49
รูปที่ 4.5	แผนภาพการจัดอุปกรณ์ทดสอบสัญญาณพัลส์	50
รูปที่ 4.6	รูปสัญญาณทางเข้าและทางออกของวงจรขยายสัญญาณพัลส์	50
รูปที่ 4.7	กราฟแสดงความไม่เป็นเชิงเส้นของอัตราขยายแบบอินทิกรัล	51
รูปที่ 4.8	แผนภาพการจัดอุปกรณ์เพื่อทดสอบการทำงานของระบบส่งข้อมูล ADC	52
รูปที่ 4.9	รูปสัญญาณทางออกของวงจรขยายเทียบกับจุดสัญญาณควบคุม	53
รูปที่ 4.10	แสดงตำแหน่งความสูงของพัลส์ที่ตำแหน่งช่องวิเคราะห์ต่างๆ บนจอแสดงผล	53
รูปที่ 4.11	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของพัลส์และตำแหน่งช่องวิเคราะห์	54
รูปที่ 4.12	แผนภาพการจัดอุปกรณ์เพื่อทดสอบความสามารถในการทำงานของระบบ	55
รูปที่ 4.13	ผลการวัดสเปกตรัมของรังสีแกมมาจาก Cs-137	56
รูปที่ 4.14	ผลการวัดสเปกตรัมของรังสีแกมมาจาก Co-60	56
รูปที่ 4.15	ผลการรวมสเปกตรัมรังสีแกมมาของ Cs-137 และ Co-60	57
รูปที่ 4.16	ภาพแสดงสเปกตรัมของ Cs-137 และ Co-60 ที่ได้จากข้อมูลที่เก็บบันทึกไว้	57