บทที่ 3

การพัฒนาเครื่องตรวจสอบวัสดุแบบเคลื่อนย้ายได้โดยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง

3.1 แนวคิดในการออกแบบเครื่องตรวจสอบวัสดุแบบเคลื่อนย้ายได้โดยใช้เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง

เครื่องตรวจสอบวัสดุแบบเคลื่อนย้ายได้โดยใช้เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงนี้อาศัยหลักการกระเจิงของคอมป์ตันมาใช้ในการตรวจสอบวัสดุที่ต้องการหาความผิดปกติซึ่งได้เลือกออกแบบให้สามารถตรวจสอบแบบเลื่อนหัววัดรังสีและต้นกำเนิดรังสีไปบนชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบได้ จึงเหมาะสมกับชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบหาความผิดปกติในชิ้นงานในตำแหน่งต่าง ๆ ซึ่งในการวิจัยนี้ได้เลือกแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็กในการตรวจสอบ โดยเครื่องตรวจสอบวัสดุนี้จะต้องเคลื่อนย้ายได้ง่ายสำหรับนำไปตรวจสอบวัสดุในพื้นที่จริง

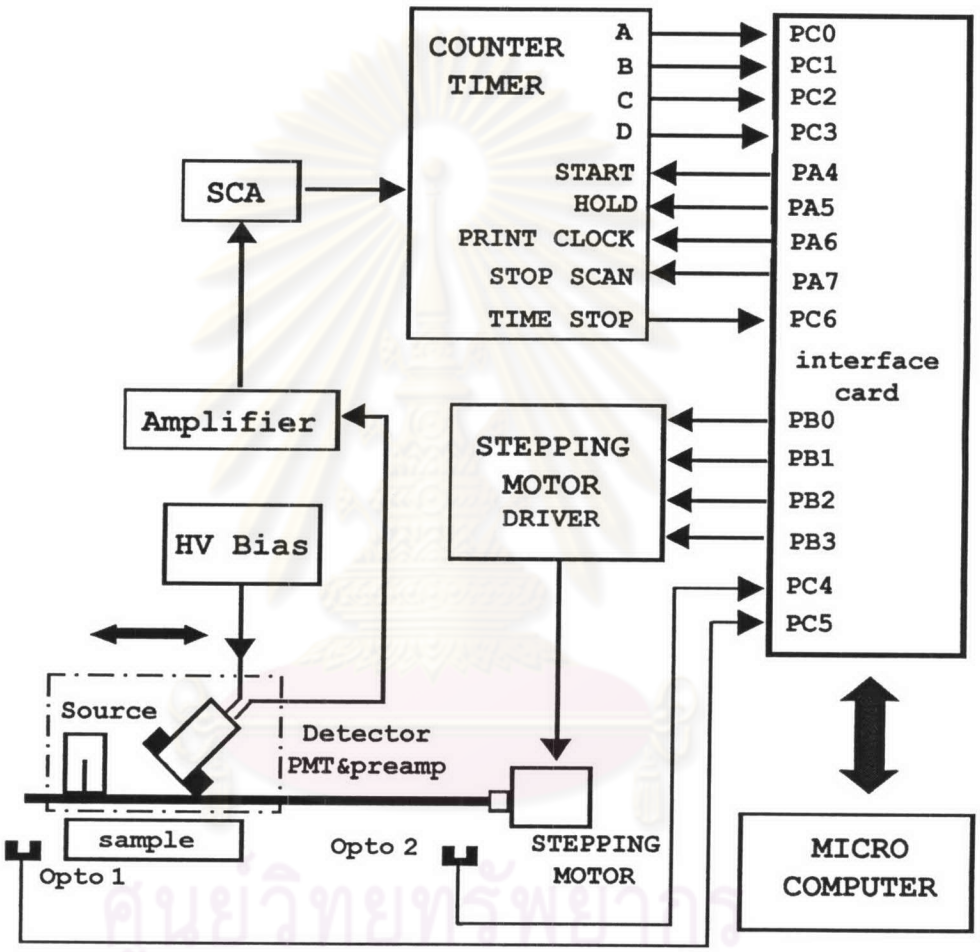
การจัดระบบวัดรังสีสำหรับเครื่องตรวจสอบวัสดุนี้ได้เลือกให้ลำรังสีจากต้นกำเนิดรังสี ^{137}Cs ตกกระทบตั้งฉากกับชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบเนื่องจากง่ายในการกำหนดตำแหน่งที่ทำการนั้นและมีหัววัดรังสี BGO รับรังสีที่กระเจิงจากชิ้นงานทำมุม 45 องศากับต้นกำเนิดรังสี 135 องศากับแนวการกระเจิงของรังสีแกมมา สาเหตุที่เลือกมุมนี้เนื่องจากข้อจำกัดในหลาย ๆ ด้าน จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าภาคตัดขวางของ Klein – Nishina นั้น ควรเลือกมุมที่ทำการวัดรังสีกระเจิงแบบคอมป์ตันที่มุมแคบ ๆ แต่เนื่องจากชุดกำบังรังสีมีขนาดใหญ่จึงไม่สามารถจัดมุมได้แคบกว่านี้ จึงเป็นมุมที่เหมาะสมที่สุดสำหรับระบบวัดรังสีนี้

การเคลื่อนที่ของชุดขับเคลื่อนต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสีนั้นจะต้องเคลื่อนที่อยู่เหนือแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็กเพื่อทำการนับรังสีที่ได้จากการกระเจิงของรังสีแกมมาจึงได้เลือกใช้เพลาลูกปืนเป็นตัวรองรับน้ำหนักของต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสีและให้สเต็ปปิงมอเตอร์ซึ่งควบคุมด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เป็นตัวขับเคลื่อนชุดต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสีซึ่งทำให้ระยะห่างแต่ละตำแหน่งที่ทำการวัดมีความแม่นยำ

ระบบควบคุมเครื่องตรวจสอบวัสดุนี้อาศัยการควบคุมโดยไมโครคอมพิวเตอร์โดยให้ระบบขับเคลื่อนชุดต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสีทำงานสอดคล้องกับระบบวัดรังสีและทำการเก็บข้อมูลที่ได้จากการวัดรังสีด้วย โดยอาศัยโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น

3.2 การออกแบบและสร้างเครื่องตรวจสอบวัสดุแบบเคลื่อนย้ายได้โดยใช้เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง

เครื่องตรวจสอบวัสดุแบบเคลื่อนย้ายได้ประกอบด้วยระบบกลและระบบอิเล็กทรอนิกส์ ดังแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพแสดงเครื่องตรวจสอบวัสดุแบบเคลื่อนย้ายได้โดยใช้เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง

เครื่องตรวจสอบวัสดุแบบเคลื่อนย้ายได้โดยใช้เทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงอาศัยการประยุกต์ใช้หลักการกระเจิงของรังสีแกมมาในการตรวจสอบวัสดุโดยทำการวัดรังสีที่ได้จากการกระเจิงมาจากชิ้นวัสดุ เครื่องตรวจสอบวัสดุจะทำงานสัมพันธ์กันโดยอาศัยโปรแกรมควบคุมจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านวงจรเชื่อมโยงสัญญาณ เมื่อเริ่มทำการตรวจสอบจะ reset ระบบขับเคลื่อนต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสีไปยังตำแหน่งเริ่มต้น จากนั้น

ระบบวัดรังสีแกมมาจะทำการวัดรังสีแกมมาที่กระเจิงจากชิ้นวัสดุแล้วส่งข้อมูลไปเก็บไว้ในหน่วยความจำของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ จากนั้นจะส่งสัญญาณควบคุมระบบขับเคลื่อนต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสีให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งถัดไปและทำการวัดรังสีต่อไปจนถึงตำแหน่งสุดท้ายที่ได้ตั้งไว้เป็นอันเสร็จสิ้นในการตรวจสอบ

เครื่องตรวจสอบวัสดุแบบเคลื่อนย้ายได้ที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

3.2.1 ระบบวัดรังสีแกมมา

ระบบวัดรังสีแกมมานี้จะทำการนับค่ารังสีที่ได้จากการกระเจิงของรังสีแกมมากับวัสดุตัวอย่างที่ตำแหน่งต่าง ๆ การจัดวางต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสีแกมมานั้นจะให้ลำรังสีแกมมาตกกระทบตั้งฉากกับพื้นคอนกรีต และกระเจิงเข้าสู่หัววัดรังสีที่มุม 135 องศา

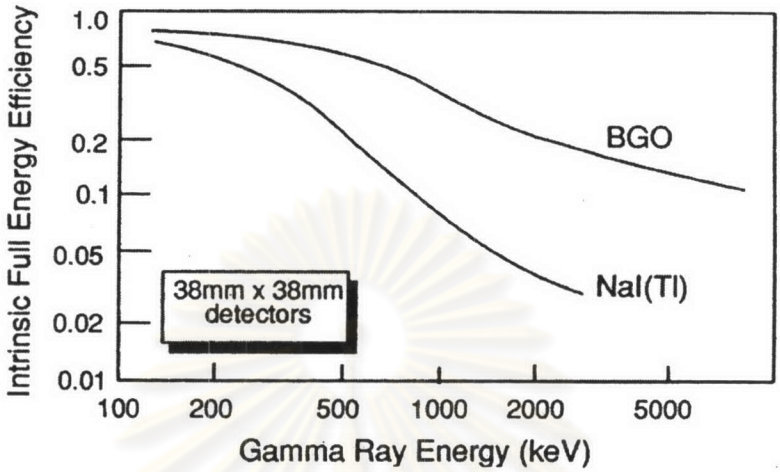
3.2.1.1 ต้นกำเนิดรังสีแกมมา

ในการวิจัยนี้ใช้ต้นกำเนิดรังสีแกมมา ^{137}Cs เนื่องจากเป็นต้นกำเนิดรังสีที่ให้รังสีแกมมาพลังงานเดี่ยว (monoenergetic gamma-ray) ที่ 662 keV ซึ่งอยู่ในช่วงพลังงานที่มีโอกาสเกิดการกระเจิงคอมป์ตันสูง ต้นกำเนิดรังสีแกมมา ^{137}Cs ที่ใช้มีความแรงรังสี 5.5 มิลิคูรี บรรจุอยู่ภายในตะกั่วรูปทรงกระบอกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 นิ้ว และสูง 2 นิ้ว ที่มีรูตรงกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.4 มิลลิเมตร โดยวางอยู่บนตะกั่วที่มีความกว้าง 4 นิ้ว ยาว 4 นิ้ว และหนา 2 นิ้ว ที่มีรูตรงกลางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 0.8 มิลลิเมตร

3.2.1.2 หัววัดรังสี

ในการศึกษาวิจัยดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริงพบว่าค่าที่นำมาใช้ในการวิเคราะห์เป็นผลรวมของอัตราการนับรวมที่ได้จากการกระเจิงที่มุมต่าง ๆ จากตัวอย่างแผ่นคอนกรีตเข้าสู่หัววัดรังสี จึงไม่จำเป็นที่ต้องใช้หัววัดที่มีความสามารถในการแยกพลังงานได้ดี แต่ต้องการหัววัดรังสีที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อที่จะได้เห็นความแตกต่างภายในตัวอย่างได้ดี ดังนั้นจึงเลือกใช้หัววัดรังสีชนิดบิสมัทเจอร์มาเนต ซึ่งมีการกำบังรังสีด้วยตะกั่วหนา 2 นิ้ว หุ้มรอบหัววัดเพื่อกันการรบกวนจากต้นกำเนิดรังสี ^{137}Cs ที่ทะลุและกระเจิงจากด้านข้างรวมทั้งรังสีที่มาจากสิ่งแวดล้อมรอบๆบริเวณที่ทำการวัด ส่วนด้านหน้าของหัววัดรังสีไม่มีการกำบังรังสีเนื่องจาก

ต้องการให้หัววัดรังสีนับรังสีแกมมาที่กระเจิงมาจากมุมต่าง ๆ และมีความเข้มของรังสีที่กระเจิงสูง จึงเป็นการลดเวลาที่ใช้ในการวัดรังสีอีกทางหนึ่ง

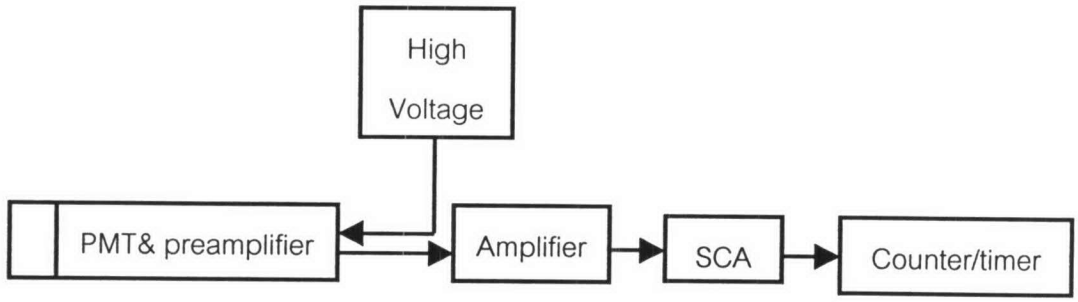


รูปที่ 3.2 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของหัววัดรังสีชนิด NaI (Tl) และ BGO ขนาด 38 มม. X 38 มม. [7]

3.2.1.3 ระบบวัดรังสี

จากงานวิจัยที่ผ่านมานั้นพบว่าในการตรวจสอบวัสดุด้วยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง ระบบวัดรังสีที่ใช้จะใช้เครื่องวิเคราะห์แบบหลายช่องพลังงาน (multichannel analyzer, MCA) แต่ระบบวัดรังสีนิวเคลียร์สำหรับเครื่องตรวจสอบวัสดุนี้ได้เลือกใช้ระบบวัดรังสีแบบวิเคราะห์รังสีช่องเดี่ยว (single channel analyzer, SCA) เพื่อทำการวัดรังสีที่กระเจิงมาจากวัสดุตัวอย่าง ทั้งนี้เนื่องจากเป็นการนับผลรวมของค่าแกมมาเรย์สแกตเทอริงซึ่งความแม่นยำในการตรวจสอบไม่แตกต่างกัน และเป็นการลดต้นทุนของอุปกรณ์ในการตรวจสอบได้มาก

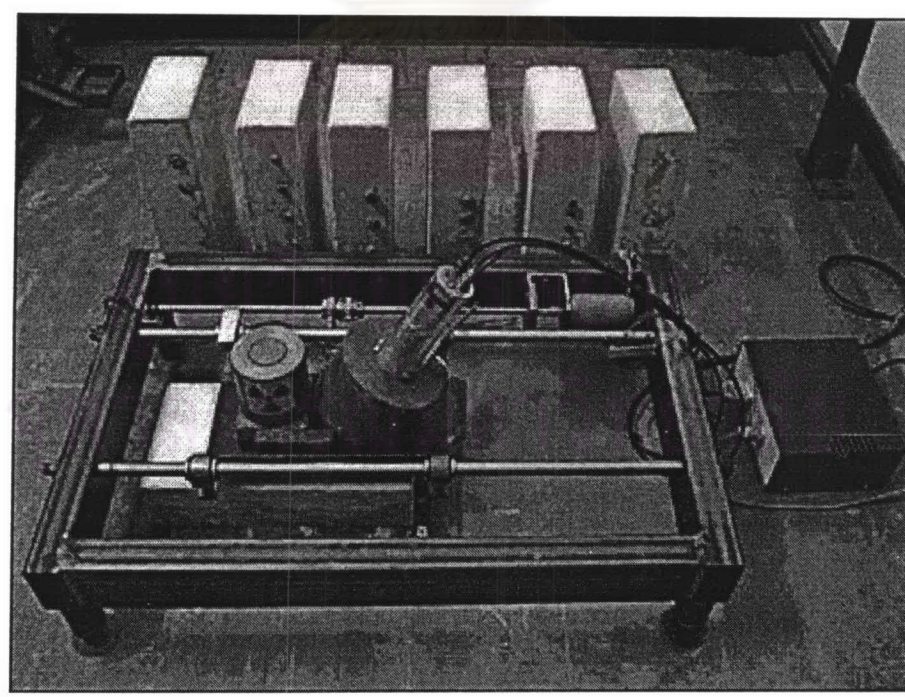
หัววัดรังสีแกมมาจะวัดความเข้มรังสีโดยให้เอาท์พุตในรูปสัญญาณเชิงอะนาลอก ซึ่งจะถูกขยายให้มีขนาดสูงขึ้นโดยอุปกรณ์ขยายสัญญาณส่วนหน้าและอุปกรณ์ขยายสัญญาณหลัก จากนั้นจะใช้อุปกรณ์วิเคราะห์รังสีแบบช่องเดี่ยวเพื่อเลือกช่วงพลังงานในการวัดรังสีแล้วจึงแปลงไปเป็นสัญญาณเชิงตัวเลขเพื่อให้อยู่ในรูปที่สามารถบันทึกได้ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โดยจะทำการอ่านค่าการนับรังสีผ่านอุปกรณ์นับรังสีและตั้งเวลา



รูปที่ 3.3 แผนภาพของระบบวัดรังสี

3.2.2 ระบบขับเคลื่อนต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสี

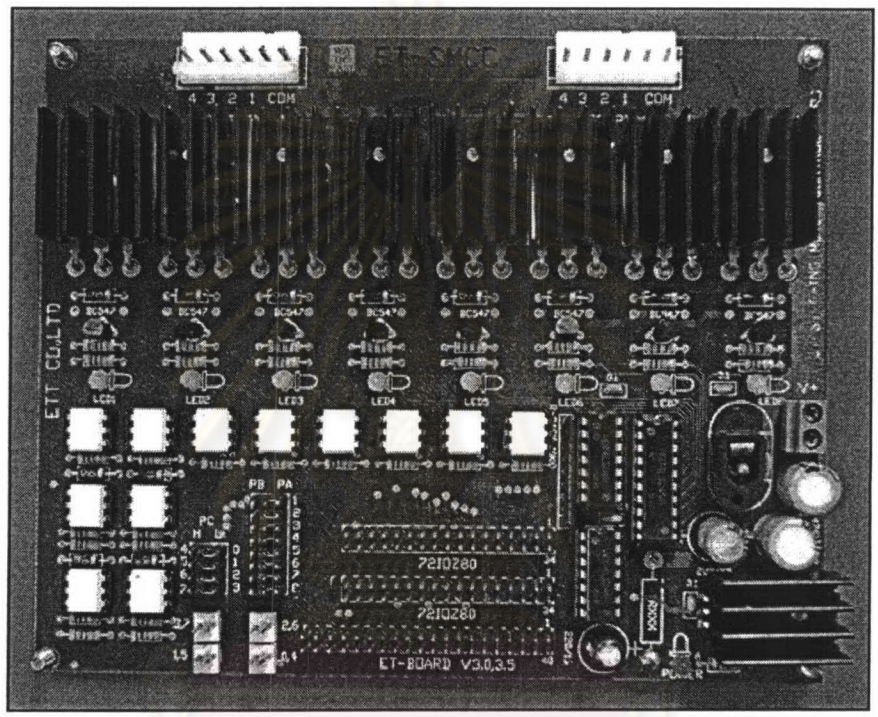
การจัดระบบวัดรังสีแกมมานี้ต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสีจะต้องเคลื่อนที่อยู่เหนือแผ่นคอนกรีตเสริมเหล็กจึงเลือกใช้สเต็ปปิงมอเตอร์ (Stepping motor) แบบ 4 เฟส ที่มีความละเอียดของสเต็ปเท่ากับ 1.8 องศา ซึ่งมีความแม่นยำของระยะและตำแหน่งที่แน่นอน สำหรับเลื่อนต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสี โดยมีแผ่นวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ (Stepping motor driver) ทำหน้าที่ควบคุมการหมุนของสเต็ปปิงมอเตอร์โดยรับคำสั่งควบคุมจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านทางวงจรเชื่อมโยงสัญญาณ



รูปที่ 3.4 ภาพถ่ายระบบขับเคลื่อนต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสี

3.2.2.1 วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ (Stepping motor driver)

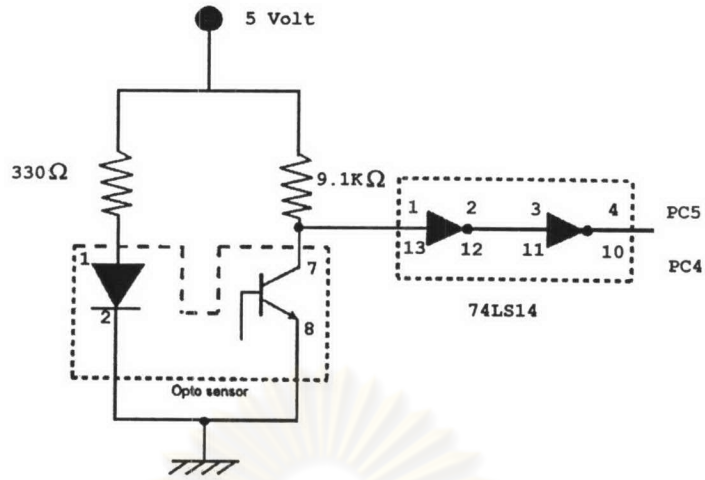
วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์เป็นวงจรสำหรับจ่ายกระแสไฟฟ้าเพื่อจ่ายกระแสให้แก่ขดลวดของสเต็ปปิงมอเตอร์ตามสัญญาณควบคุมที่ส่งมาจากไมโครคอมพิวเตอร์ที่ส่งผ่านทางวงจรเชื่อมโยงสัญญาณ ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ของ บริษัท อีทีที จำกัด model SMCC



รูปที่ 3.5 วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์

3.2.2.2 วงจรตรวจสอบตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้าย

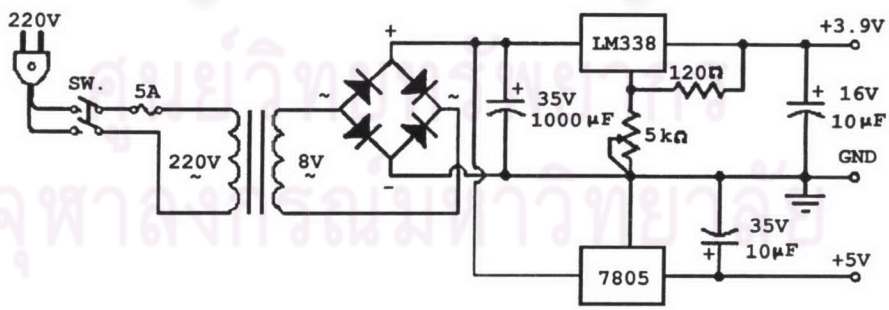
ในการใช้เครื่องตรวจสอบวัสดุจำเป็นที่จะต้องหาตำแหน่งของรอยบกพร่องที่แน่นอน จึงต้องมีการสร้างตำแหน่งอ้างอิงเพื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งจริง ระบบสแกนจึงต้องมีการตรวจสอบตำแหน่งเริ่มต้นของระบบ สำหรับเครื่องตรวจสอบวัสดุนี้ได้ใช้สวิทช์แสงในการตรวจสอบตำแหน่งเริ่มต้น และตำแหน่งสุดท้ายของการสแกน



รูปที่ 3.6 วงจรตรวจสอบตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้าย

3.2.2.3 แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาต่ำ

แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาต่ำประกอบด้วย แหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้า 2 ชุด ชุดที่ 1 จ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลท์ และกระแสสูงสุด 1 แอมแปร์ ให้กับวงจรตรวจสอบตำแหน่งเริ่มต้นกับวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ ชุดที่ 2 จ่ายกระแสไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 3.9 โวลท์ และกระแสสูงสุด 5 แอมป์ ให้กับสเต็ปปิงมอเตอร์

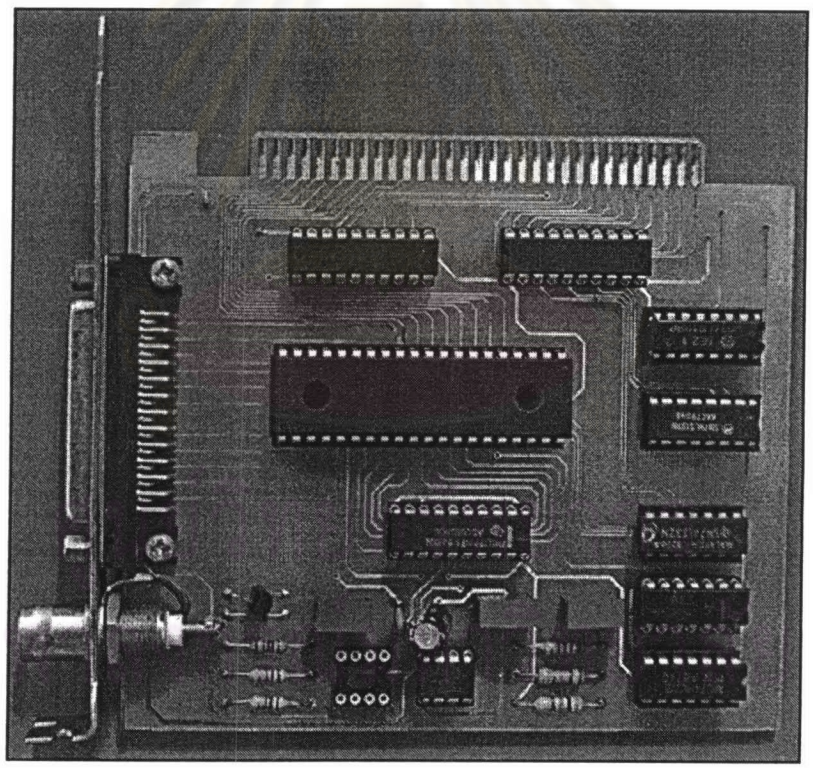


รูปที่ 3.7 วงจรแหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาต่ำ

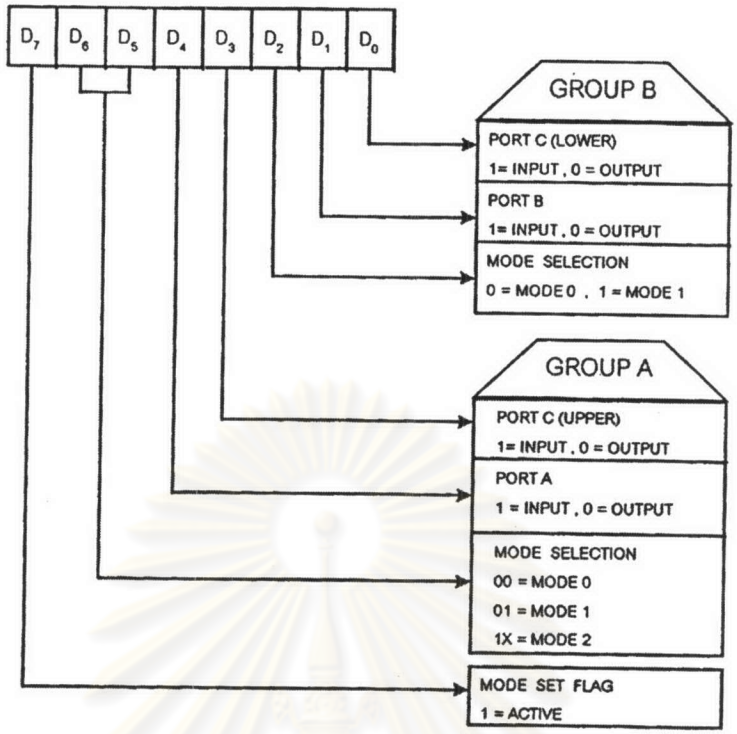
I21175342

3.2.3 ระบบเชื่อมโยงสัญญาณ

ระบบเชื่อมโยงสัญญาณทำหน้าที่เชื่อมโยงสัญญาณระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์กับระบบขับเคลื่อนต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสี และกับระบบวัดรังสี โดยอาศัยแผ่นวงจรเชื่อมโยงสัญญาณ ซึ่งใช้ไอซีเบอร์ IC8255 ทำหน้าที่รับ/ส่งสัญญาณผ่านพอร์ตต่าง ๆ โดยประกอบด้วย พอร์ต 4 พอร์ต เป็นพอร์ตอินพุท/เอาท์พุท 3 พอร์ต คือ พอร์ต A (PA0-PA7) อยู่ที่ตำแหน่ง 300H พอร์ต B (PB0-PB7) อยู่ที่ตำแหน่ง 301H และ พอร์ต C (PC0-PC7) อยู่ที่ตำแหน่ง 302H และเป็นพอร์ตควบคุม (Control Port) อยู่ที่ตำแหน่ง 303H อีก 1 พอร์ต โดยการใช้ไอซีเบอร์ IC8255 ต้องมีการใส่รหัสควบคุม (control word) เพื่อส่งไปยังรีจิสเตอร์ของพอร์ทควบคุมโดยในการใช้งานนี้ได้เลือกรหัสควบคุมคือ 137 (89H) ซึ่งจะทำให้พอร์ต A และ พอร์ต B เป็นเอาท์พุท ส่วนพอร์ท C จะเป็นอินพุท



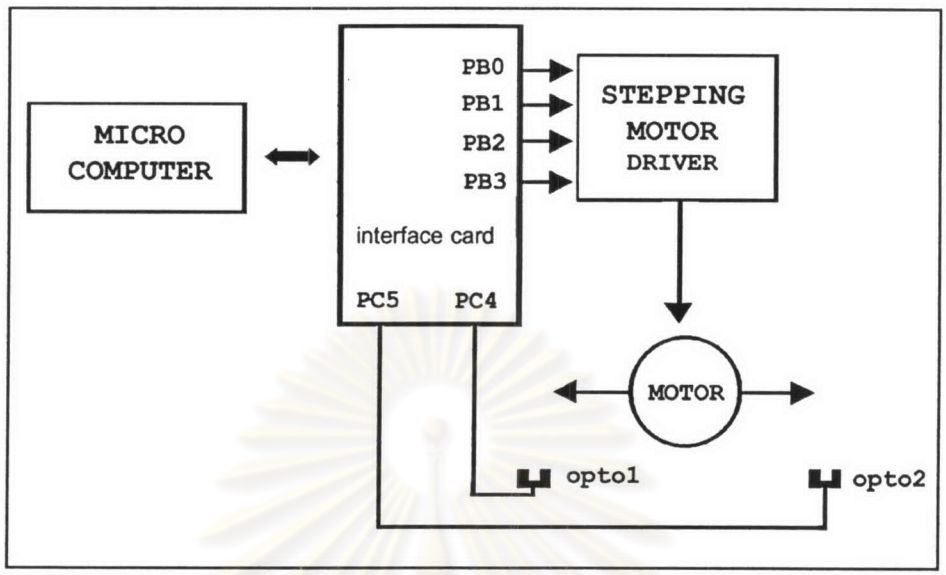
รูปที่ 3.8 แผ่นวงจรเชื่อมโยงสัญญาณ



รูปที่ 3.9 ความหมายของบิตต่าง ๆ ในรหัสควบคุม

3.2.3.1 การเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์กับระบบขับเคลื่อนต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสี

ระบบขับเคลื่อนต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสีจะเคลื่อนที่ได้จำเป็นต้องอาศัยสัญญาณจากเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านวงจรเชื่อมโยงสัญญาณในการหมุนของสเต็ปปิงมอเตอร์ เพื่อให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่ต้องการ ผ่านทางพอร์ต PB0 - PB3 โดยอาศัยการกระตุ้นเฟสของมอเตอร์ในลักษณะของการส่งสัญญาณเป็นลอจิก เนื่องจากระบบสแกนมีน้ำหนักค่อนข้างมากจึงให้มีการกระตุ้นแบบ 2 เฟส (two phase excitation) เพื่อให้สเต็ปปิงมอเตอร์มีแรงบิดสูงและมีการตรวจสอบตำแหน่งเริ่มต้นและตำแหน่งสุดท้ายโดยผ่านวงจรตรวจสอบตำแหน่งผ่านพอร์ต PC4 และ PC5 ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 ผังการเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์กับระบบขับเคลื่อนต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสี

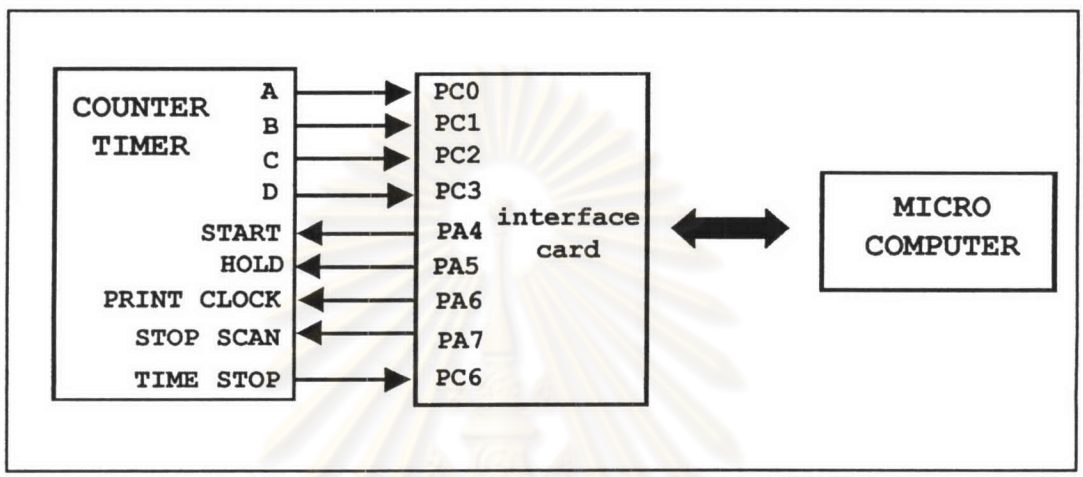
ϕ_1	ϕ_2	ϕ_3	ϕ_4
1	1	0	0
0	1	1	0
0	0	1	1
1	0	0	1

รูปที่ 3.11 ลักษณะการกระตุ้นแบบ 2 เฟส

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

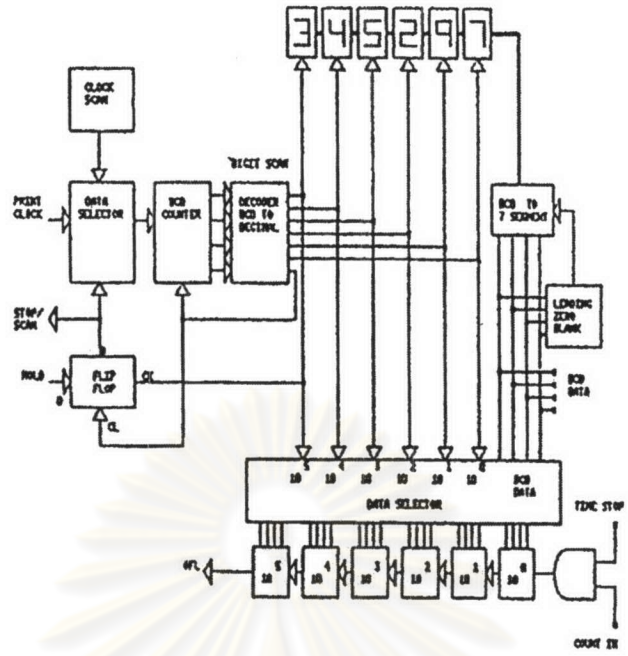
3.2.3.2 การเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์กับระบบวัดรังสี

อุปกรณ์นับรังสีและตั้งเวลาจะมีการเชื่อมโยงเพื่อถ่ายข้อมูลไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านวงจรเชื่อมโยงสัญญาณดังรูป

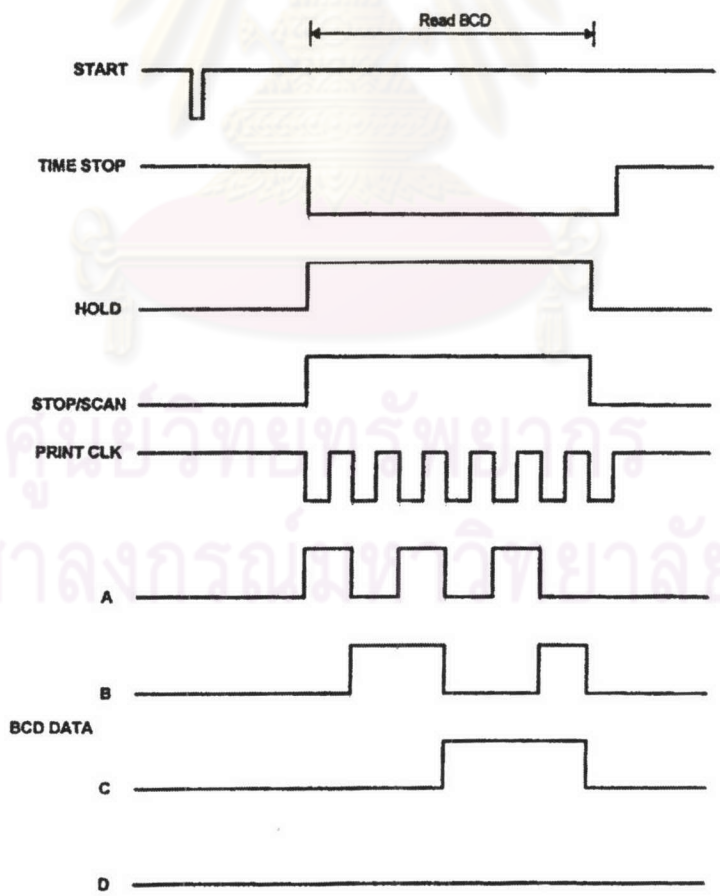


รูปที่ 3.12 ผังการเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์กับระบบวัดรังสี

อุปกรณ์นับรังสีจะส่งข้อมูลออกมาในรูปของ BCD (Binary Coded Decimal) จำนวน 6 หลัก เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะส่งสัญญาณลอจิก "0" ให้แก่ขาสัญญาณต่าง ๆ เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการนับรังสี จากนั้นจึงส่งสัญญาณลอจิก "0" ผ่านขา START และขา HOLD อุปกรณ์นับรังสีจะเริ่มทำการนับรังสีและเริ่มจับเวลาในการนับรังสี และจะส่งสัญญาณลอจิก "1" ที่ขา TIME STOP จนครบเวลาที่ตั้งไว้ จากนั้นอุปกรณ์นับรังสีจะส่งสัญญาณลอจิก "0" ที่ขา TIME STOP เพื่อให้เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์รับรู้สถานะการทำงาน และทำการส่งสัญญาณ PRINT CLOCK ครั้งละ 1 ลูก เพื่อเลื่อนตำแหน่งข้อมูล BCD จำนวน 6 หลัก จากเลขนัยสำคัญสูง มายังเลขนัยสำคัญต่ำ



รูปที่ 3.13 แผนภาคการทำงานของอุปกรณ์นับรังสีและตั้งเวลา



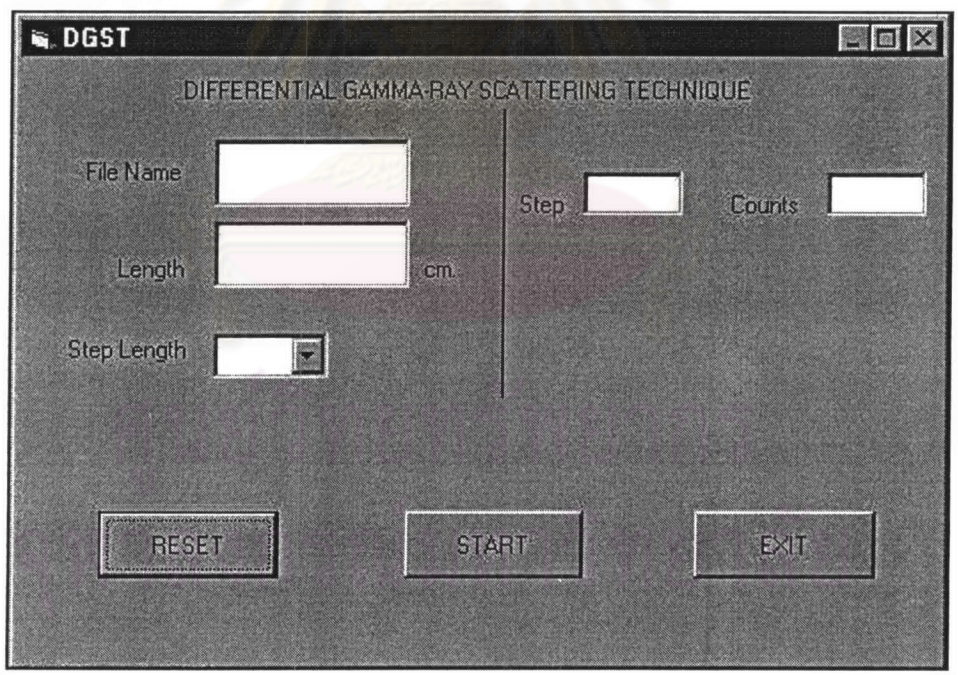
รูปที่ 3.14 แผนภาพเวลาของสัญญาณจากอุปกรณ์นับรังสีและตั้งเวลา

3.2.4 เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

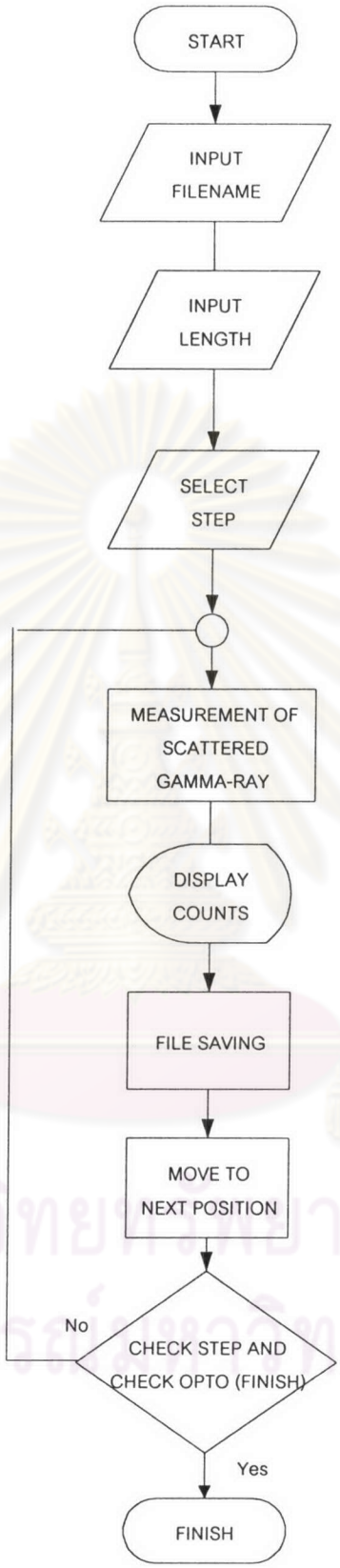
เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือสำคัญในการควบคุมการทำงานของระบบขับเคลื่อนต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสี และระบบวัดรังสี และระบบเก็บข้อมูล ให้มีการทำงานสอดคล้องกัน โดยอาศัยคำสั่งจากโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นผ่านทางแผ่นเชื่อมโยงสัญญาณ

3.2.5 โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องตรวจสอบวัสดุ

โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องตรวจสอบวัตถุพัฒนาขึ้นโดยอาศัยภาษา VISUAL BASIC โดยทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสีไปยังตำแหน่งต่าง ๆ เพื่อทำการวัดค่ากระเจิงของรังสีแกมมาจากวัสดุตัวอย่าง โดยแต่ละตำแหน่งจะส่งคำสั่งให้อุปกรณ์นับรังสีทำการนับรังสี จากนั้นจะแสดงค่าบนหน้าจอคอมพิวเตอร์และเก็บบันทึกลงบนหน่วยความจำของไมโครคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.15 แสดงเมนูหลักทางหน้าจอไมโครคอมพิวเตอร์



รูปที่ 3.16 ผังการทำงานของเครื่องตรวจสอบวัสดุแบบเคลื่อนย้ายได้โดยเทคนิคดิฟเฟอเรนเชียลแกมมาเรย์สแกตเทอริง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากรูป 3.16 เริ่มต้นการใช้งานโปรแกรมโดยทำการใส่ชื่อไฟล์ที่เราต้องการตั้งและกำหนดความยาวในการสแกนแต่ละครั้ง และทำการเลือกระยะห่างระหว่างแต่ละสเต็ปในการสแกน ในที่นี้ได้กำหนดไว้ที่ 0.5 และ 1.0 เซนติเมตร จากนั้นทำการกดปุ่ม start เพื่อทำการสแกน เมื่อเริ่มทำการสแกนอุปกรณ์นับรังสีและตั้งเวลาจะทำการนับรังสีที่กระเจิงมาจากวัสดุจนครบตามเวลาที่ได้กำหนดไว้ที่อุปกรณ์นับรังสีแล้วจะส่งไปแสดงผลที่หน้าจอไมโครคอมพิวเตอร์และเก็บไว้บนหน่วยความจำของไมโครคอมพิวเตอร์จากนั้นจะทำการหมุนมอเตอร์ไปจนครบตามระยะห่างของสเต็ปที่ได้ตั้งไว้ทำการนับรังสีต่อไปจนครบตามความยาวที่ได้ตั้งไว้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย