บทที่ 3

การพัฒนาระบบเก็บข้อมูลสำหรับการคำนวณสร้างภาพโดยใช้เส้นใยนำแสงเคลือบปลายด้วยสารเรืองรังสีเอกซ์

3.1 วัสดุ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย

3.1.1 หลอดทวีคูณแสง

3.1.2 ฐานหลอด (Tube base) พร้อมภาคขยายส่วนหน้า (Preamplifier)

3.1.3 แหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าสูง (High Voltage power supply) ORTEC model 556

3.1.4 เครื่องนับสัญญาณเชิงเลขและตั้งเวลานับ (Counter/Timer) CANBERRA model 1772

3.1.5 เครื่องวิเคราะห์แบบช่องเดี่ยว (Single Channel Analysis ; SCA) CANBERRA model 2030

3.1.6 ภาคขยายสัญญาณ (Amplifier) CANBERRA model 2022

3.1.7 เรทมิเตอร์ (RATEMETER) ORTEC model 541

3.1.8 NIM BIN และแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า OAEP model 1000

3.1.9 เส้นใยพลาสติกนำแสงรุ่น SH4001 ของโมโตโรลา

3.1.10 ไมโครคอมพิวเตอร์ IBM 80386 แสดงผลบนจอ VGA

3.1.11 สเต็ปปิงมอเตอร์และวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ (Stepping motor and stepping motor driver circuit)

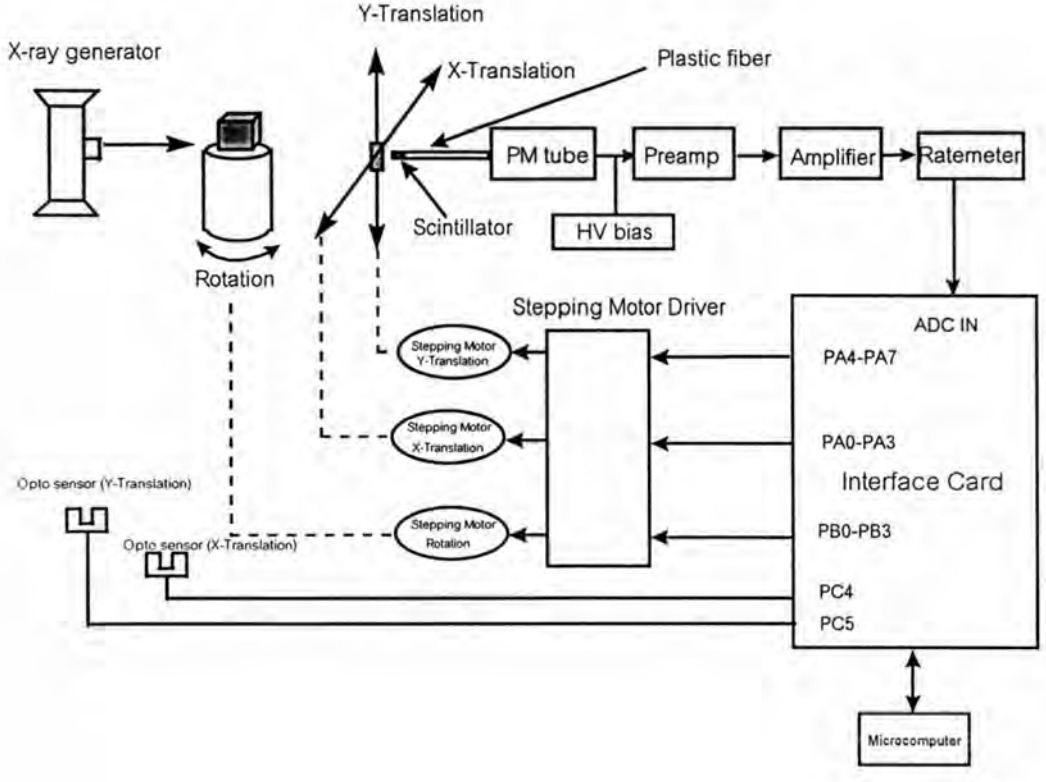
3.1.12 ระบบขับเคลื่อนเส้นใยพลาสติกนำแสง

3.1.13 เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ ANDREX model CMA402

3.1.14 วงจรเชื่อมโยง (Interface Circuit) สำหรับเชื่อมโยงระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ กับระบบขับเคลื่อน

3.2 การออกแบบและสร้างระบบเก็บข้อมูลเพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี

ระบบเก็บข้อมูลเพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี ประกอบด้วยระบบกล และระบบอิเล็กทรอนิกส์ ดังแสดงรายละเอียดในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพของระบบเก็บข้อมูลสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้เส้นใยนำแสงเคลือบปลายด้วยซินทิลเลเตอร์

จากรูปที่ 3.1 แสดงแผนภาพระบบสแกนเพื่อเก็บข้อมูลโพรไฟล์สำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีจะประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

ก. ระบบวัดรังสีเอกซ์ แสดงผลด้วยเรทมิเตอร์สำหรับวัดความเข้มรังสีเอกซ์ที่ผ่านวัตถุตัวอย่างออกมา

ข. ระบบขับเคลื่อนหัววัดรังสี และหมุนวัตถุตัวอย่าง ทำหน้าที่สแกนหัววัดรังสีเพื่อวัดความเข้มรังสีเอกซ์ที่ตำแหน่งต่างๆและหมุนวัตถุตัวอย่างไปเป็นมุมทีละน้อยสอดคล้องกับการสแกน

ค. ระบบเชื่อมโยงสัญญาณ ทำหน้าที่เชื่อมโยงสัญญาณระหว่างระบบสแกนกับไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อควบคุมการทำงานของระบบและการโอนถ่ายข้อมูลระหว่างระบบวัดนิวเคลียร์และไมโครคอมพิวเตอร์

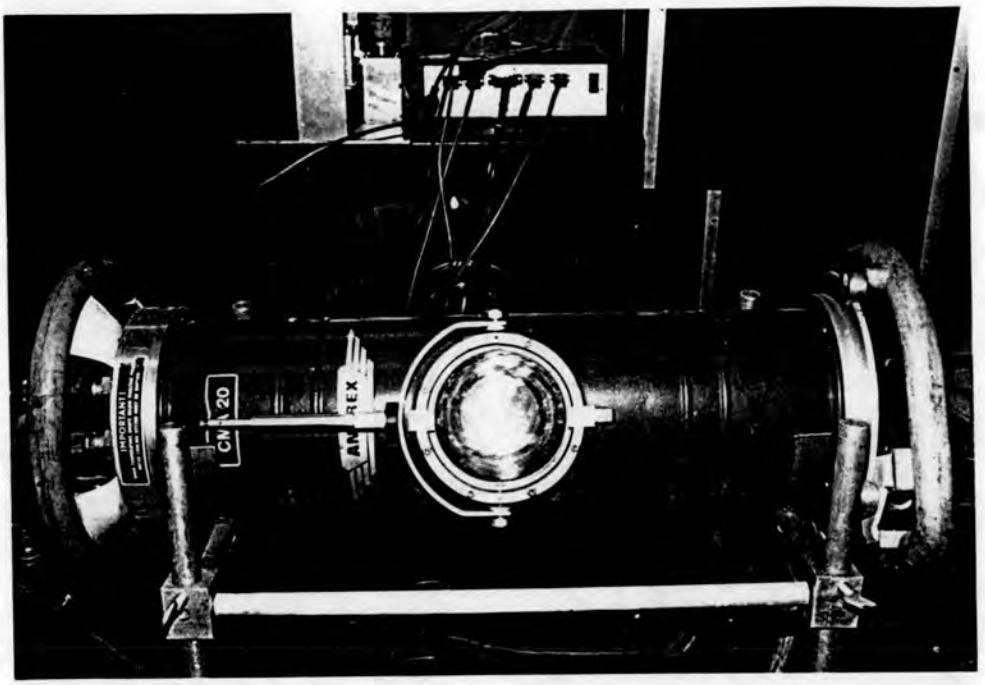
ง. โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ ทำหน้าที่ควบคุมการสแกนเก็บข้อมูลโพรไฟล์การหมุนวัตถุตัวอย่าง และการโอนถ่ายข้อมูลระหว่างระบบวัดรังสีกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

หลักการทำงานของระบบเก็บข้อมูลสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้เส้นใยนำแสงเคลือบปลายด้วยซินทิลเลเตอร์ทำงานโดยอาศัยการควบคุมจากไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านวงจรเชื่อมโยงสัญญาณ ซึ่งจะทำการ reset ระบบสแกนไปยังจุดเริ่มต้นโดยมีสวิทช์แสงเป็นตัวตรวจสอบ จากนั้นระบบวัดนิวเคลียร์จะเริ่มทำการวัดอัตราปริมาณรังสีเอกซ์ที่ส่งผ่านตัวอย่าง ณ ตำแหน่งนั้นด้วยหัววัดรังสีเอกซ์ โดยใช้เรทมิเตอร์เป็นอุปกรณ์แสดงผลซึ่งผลของการวัดจะถูกส่งต่อให้กับวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณเชิงตัวเลข แล้วส่งไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อสิ้นสุดการเก็บข้อมูลที่ตำแหน่งนั้นไมโครคอมพิวเตอร์จะควบคุมระบบสแกนให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่จะเก็บข้อมูลถัดไปจนครบหนึ่งโพรไฟล์ จากนั้นวัตถุตัวอย่างจะถูกหมุนด้วยมุมที่กำหนดให้โดยอัตโนมัติ และสแกนเก็บข้อมูลโพรไฟล์ลำดับที่สองเช่นเดียวกับมุมแรก ระบบจะทำการเก็บข้อมูลโพรไฟล์ที่มุมต่างๆ ของชิ้นงานตัวอย่างจนครบ 180 องศา หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลไปสร้างภาพโทโมกราฟี ดังรายละเอียดในรูปที่ 3.1

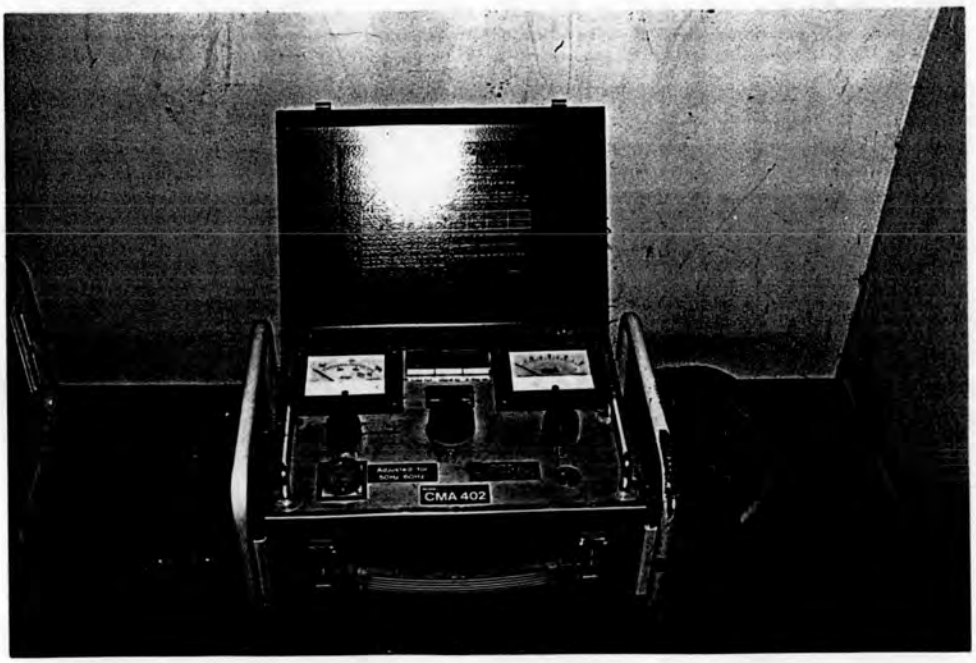
3.2.1 ระบบวัดรังสีเอกซ์ ประกอบด้วย

3.2.1.1 ต้นกำเนิดรังสีเอกซ์และหัววัดรังสี

ในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ใช้สำหรับงานถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ในทางอุตสาหกรรมเป็นต้นกำเนิดรังสี ซึ่งสามารถปรับพลังงานได้ในช่วง 70-200 กิโลโวลต์ และปรับกระแสได้สูงสุดไม่เกิน 8 มิลลิแอมแปร์

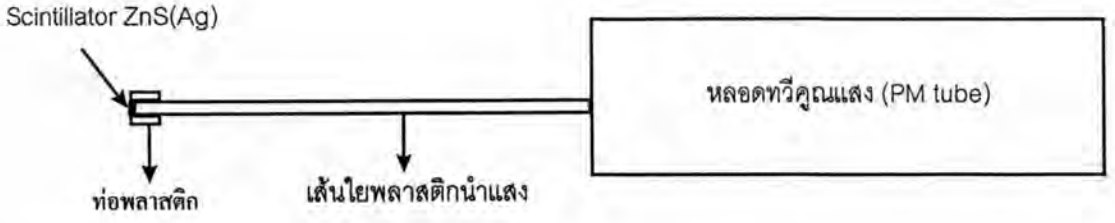


รูปที่ 3.2 เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์



รูปที่ 3.3 อุปกรณ์ควบคุมเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์

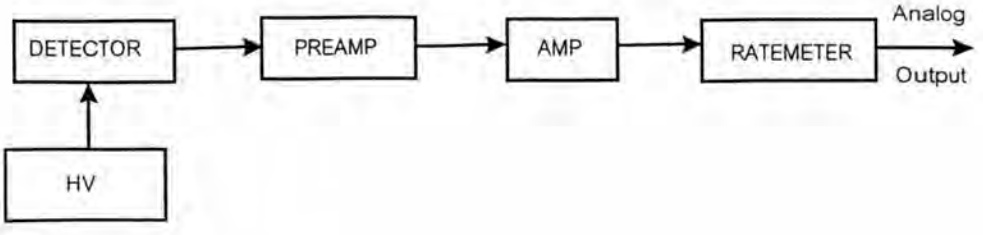
สำหรับหัววัดรังสีเอกซ์นั้น ในงานวิจัยนี้ได้พัฒนาหัววัดรังสีที่มีขนาดเล็ก โดยนำเส้นใยพลาสติกนำแสงที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ยาว 1 เมตร มาเคลือบปลายด้วยสารซินทิลเลเตอร์ โดยในการทดลองนี้ใช้ ZnS(Ag) แล้วนำเส้นใยนำแสงนั้นมาต่อเชื่อมเข้ากับหลอดทวีคูณแสง เพื่อให้เป็นหัววัดรังสีที่สมบูรณ์ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 หัววัดรังสีเอกซ์ที่พัฒนาจากเส้นใยพลาสติกนำแสงเคลือบปลายด้วยสารซินทิลเลเตอร์

3.2.1.2 ระบบวัดนิวเคลียร์

ระบบวัดนิวเคลียร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ทำหน้าที่วัดความเข้มรังสีเอกซ์ ที่ส่งผ่านวัตถุตัวอย่าง โดยวัดในรูปอัตราปริมาณความเข้มรังสีเอกซ์ (Count rate) ด้วยเรทมิเตอร์ (ratemeter) ผลของการวัดซึ่งอยู่ในรูปสัญญาณอนาลอกจะถูกส่งต่อให้กับวงจรแปลงสัญญาณอนาลอก เป็นสัญญาณเชิงตัวเลข (Analog to Digital Converter) เข้าสู่ไมโครคอมพิวเตอร์ต่อไป ระบบวัดนิวเคลียร์ที่ใช้ในงานวิจัยแสดงดังรูปที่ 3-5



รูปที่ 3.5 แผนภาพของระบบวัดนิวเคลียร์

3.2.2 ระบบขับเคลื่อนหัววัดรังสีและหมุนวัตถุตัวอย่าง ประกอบด้วย สเต็ปปิงมอเตอร์ (Stepping Motor) และ วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ (Stepping Motor Driver) ในงานวิจัยนี้ต้องการความแม่นยำของระยะและตำแหน่งที่แน่นอน จึงเลือกใช้สเต็ปปิงมอเตอร์แบบ 4 เฟส ที่มีความละเอียดของสเต็ปเท่ากับ 1.8 องศา โดยวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ที่ใช้สามารถขับกระแสให้เฟสต่างๆ ของมอเตอร์ได้อย่างเพียงพอ การขับจะใช้แบบกระตุ้นสองเฟส โดยสัญญาณที่ใช้ในการควบคุมสเต็ปปิงมอเตอร์สำหรับการเลื่อนหัววัดรังสีและการหมุนวัตถุตัวอย่างจะถูกส่งมาจากไมโครคอมพิวเตอร์

จังหวะสัญญาณนาฬิกา	R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
เฟส 1											
เฟส 2											
เฟส 3											

รูปที่ 3.6 แสดงการขับกระตุ้นแบบ 2 เฟส

การทำงานของระบบขับเคลื่อนหัววัดรังสีและหมุนวัตถุตัวอย่างอาศัยการควบคุมจากไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านวงจรเชื่อมโยงสัญญาณ โดยสามารถควบคุมการทำงานของสเต็ปปิงมอเตอร์ต่างๆที่ใช้ดังนี้

ก) สเต็ปปิงมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนแบบ rotation สามารถเลือกหมุนวัตถุตัวอย่างได้โดยมี step angle เท่ากับ 1.8, 3.6 หรือ 7.2 องศา จนได้ข้อมูลครบ 180 องศาเพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการคำนวณสร้างภาพ

ข) สเต็ปปิงมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนแบบ translation ในแนวแกน X ถูกควบคุมโดยโปรแกรมให้เคลื่อนที่ไปทีละสเต็ป โดยระยะห่างของแต่ละสเต็ป คือ 0.6 หรือ 1 มิลลิเมตร

ค) สเต็ปปิงมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเคลื่อนแบบ translation ในแนวแกน Y ถูกควบคุมโดยโปรแกรมให้เคลื่อนที่ไปที่ตำแหน่งจุดกลางของความสูงวัตถุ

3.2.3 ระบบเชื่อมโยงสัญญาณ

การเชื่อมโยงสัญญาณที่มาจากอุปกรณ์ภายนอก ได้แก่ ระบบขับเคลื่อน และระบบตรวจสอบตำแหน่งของการสแกน อาศัยแผ่นวงจรเชื่อมโยงสัญญาณ (Interface Card) เชื่อม

โยงสัญญาณผ่านพอร์ทอินพุท (Input port) และพอร์ทเอาท์พุท (Output port) โดยตำแหน่งอ้างแอดเดรสของโปรแกรมในไมโครคอมพิวเตอร์ แสดงในตารางที่ 3.1

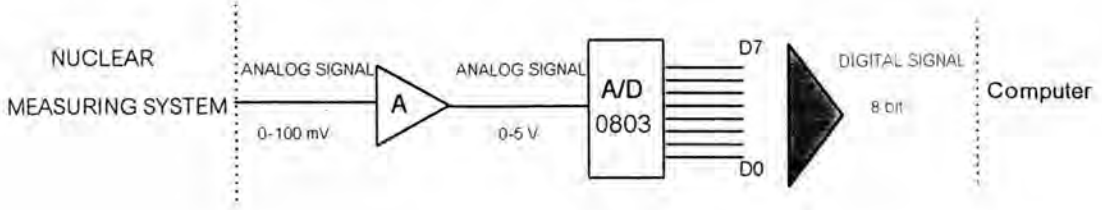
ตารางที่ 3.1 การจัดตำแหน่งหมายเลขพอร์ทที่ใช้ในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

หมายเลขพอร์ท	ชนิดสัญญาณ	หน้าที่
300H(768)	Output	ควบคุมสเต็ปปิงมอเตอร์ (Translation) 2 ตัว
301H(769)	Output	ควบคุมสเต็ปปิงมอเตอร์ (Rotation)
302H(770)	Input	รับสัญญาณจากไมโครสวิทซ์
303H(771)	Input	พอร์ทควบคุมการทำงานของไอซีเบอร์ 8255
304H(772)	Input	รับข้อมูลจากวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณเชิงตัวเลข

แผ่นวงจรเชื่อมโยงสัญญาณที่นำมาใช้งานประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

3.2.3.1 วงจรเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างระบบวัดนิวเคลียร์กับไมโครคอมพิวเตอร์

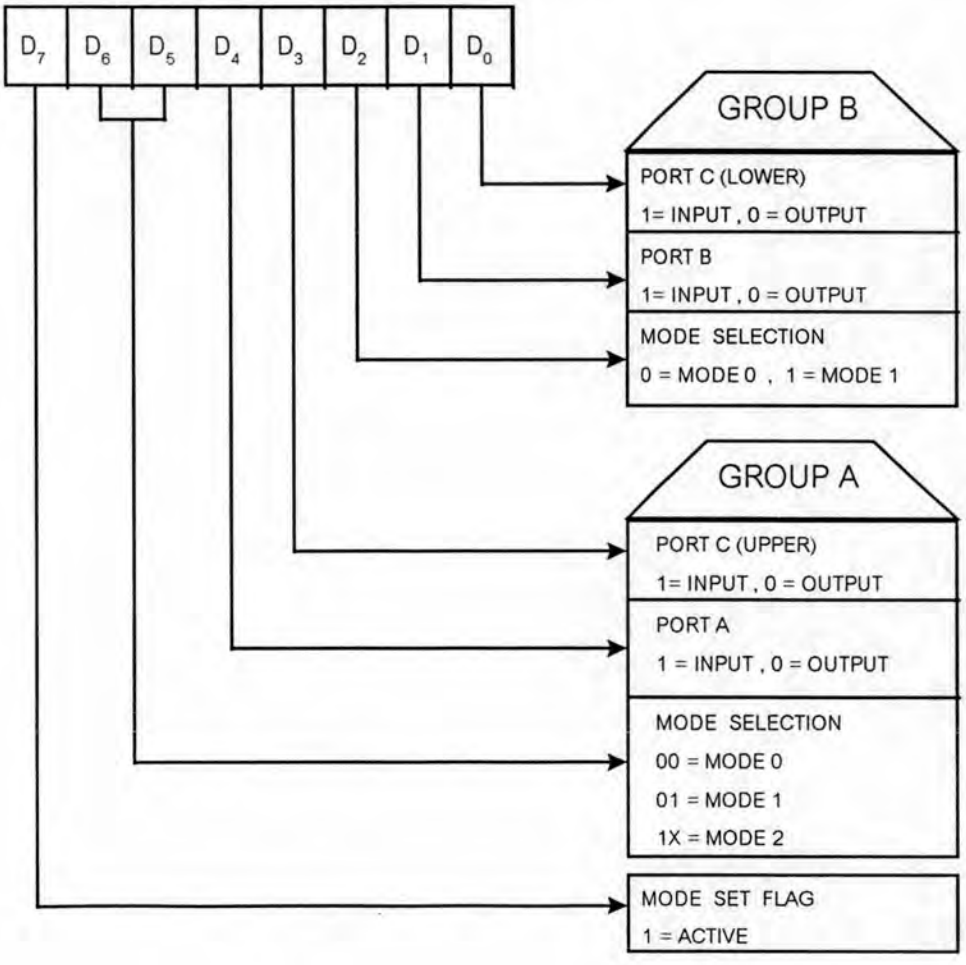
เนื่องจากในงานวิจัยนี้ใช้เรทมิเตอร์เป็นอุปกรณ์วัดความเข้มรังสีเอกซ์เฉลี่ยต่อหน่วยเวลา โดยมีเรทมิเตอร์ทำหน้าที่แปลงความถี่ของสัญญาณลอจิกหรืออัตรานับรังสีให้เป็นสัญญาณศักดาไฟฟ้าที่มีขนาด ตั้งแต่ 0-100 มิลลิโวลต์ สัญญาณจากเรทมิเตอร์เป็นสัญญาณอนาลอก จึงต้องทำการแปลงให้เป็นสัญญาณเชิงตัวเลข (Digital Signal) เพื่อส่งข้อมูลเข้าไมโครคอมพิวเตอร์ โดยใช้วงจรแปลงสัญญาณ ADC ในการออกแบบครั้งนี้ใช้ ADC 0803



รูปที่ 3.7 การเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างระบบวัดนิวเคลียร์กับไมโครคอมพิวเตอร์

3.2.3.2 การเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างระบบขับเคลื่อนกับไมโครคอมพิวเตอร์

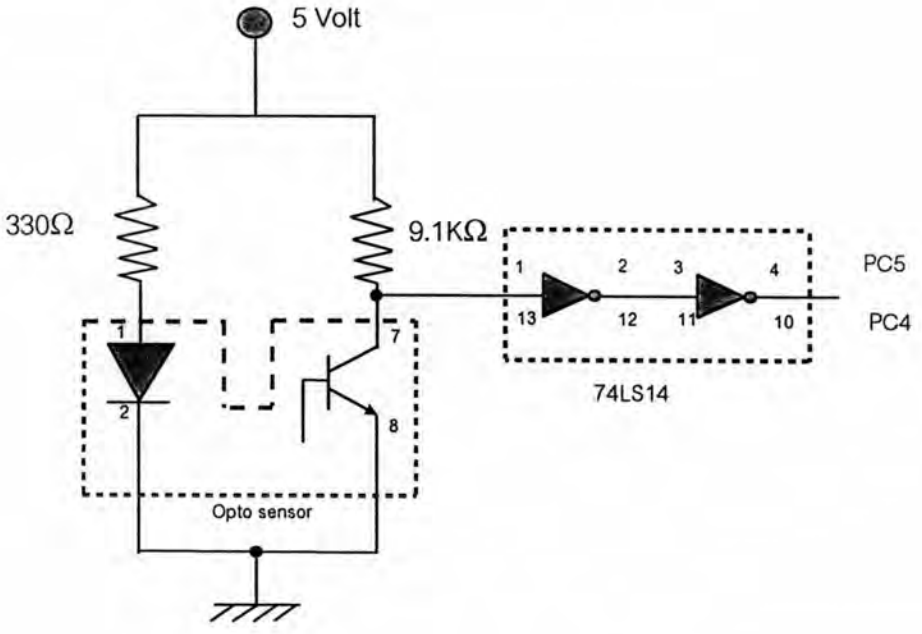
ระบบขับเคลื่อนหัววัดรังสีประกอบด้วย วงจรตรวจจับตำแหน่ง และวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ โดยอาศัยการควบคุมและรับสัญญาณผ่านไอซีเบอร์ 8255 เพื่อควบคุมการเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างวงจรภายนอกกับระบบไมโครคอมพิวเตอร์ตามลำดับขั้นของโปรแกรมที่วางไว้ การใช้งานไอซีเบอร์ 8255 ต้องมีการใส่รหัสควบคุม (control word) เพื่อส่งไปยังรีจิสเตอร์ของพอร์ทควบคุม โดยในการใช้งานนี้ รหัสควบคุมคือ 137(89H) ซึ่งมาจากการตั้งค่าให้พอร์ท A และพอร์ท B เป็นเอาท์พุท ในขณะที่พอร์ท C เป็นอินพุท



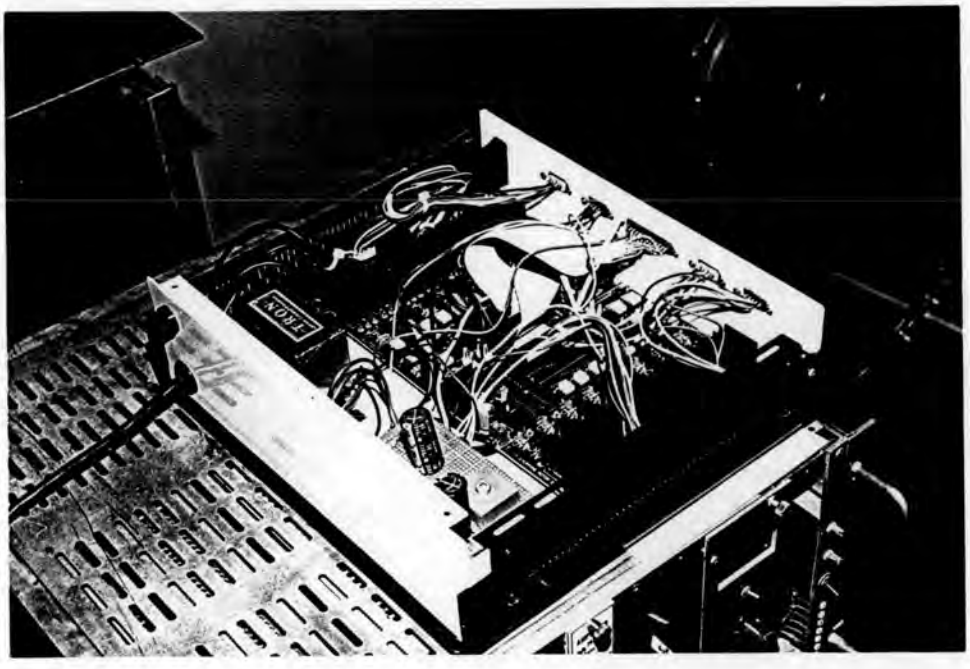
รูปที่ 3.8 ความหมายของบิตต่างๆในรหัสควบคุม

สวิทช์แสงที่ใช้ในระบบมีด้วยกัน 2 ตัว โดยตัวแรกมีหน้าที่บอกตำแหน่งเริ่มต้นในแนวแกน Y ต่อกับวงจรเชื่อมโยงผ่านทางพอร์ท PC5 ของ 8255 ส่วนอีกตัวมีหน้าที่บอก

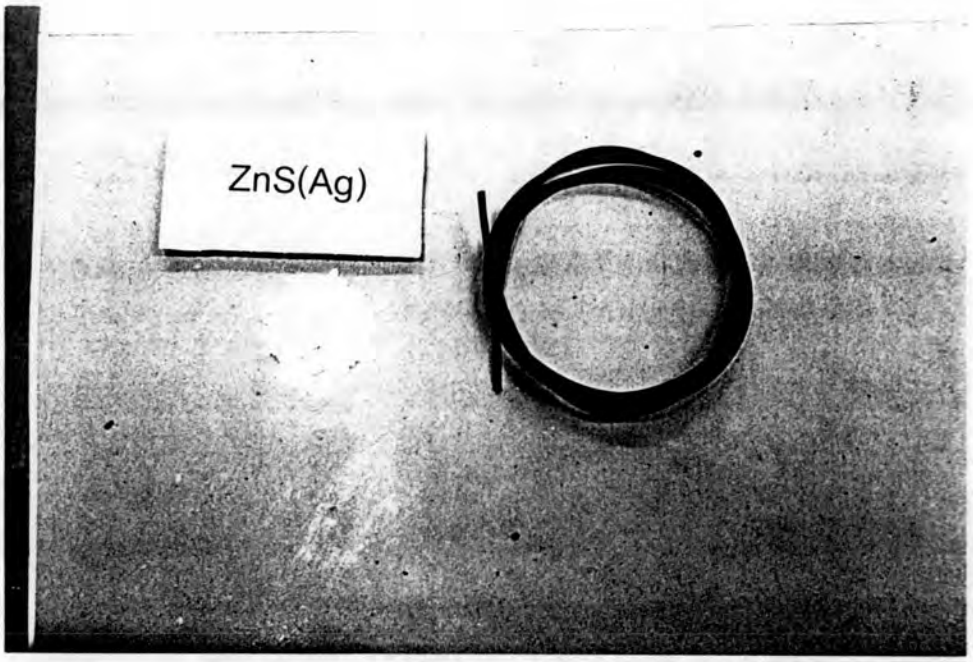
ตำแหน่งเริ่มต้นในแนวแกน X ต่อกับ PC4 สัญญาณของสวิทช์แสงทั้ง 2 ตัวจะถูกส่งเข้าสู่ไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ทหมายเลข 302H(770) ดังรูปที่ 3.9



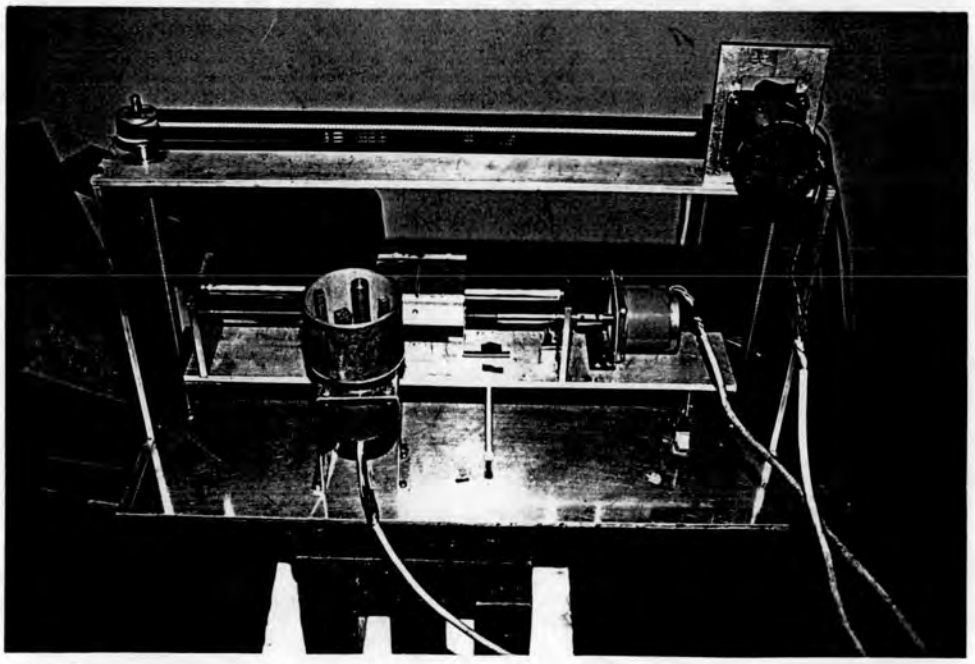
รูปที่ 3.9 แสดงวงจรสวิทช์แสง



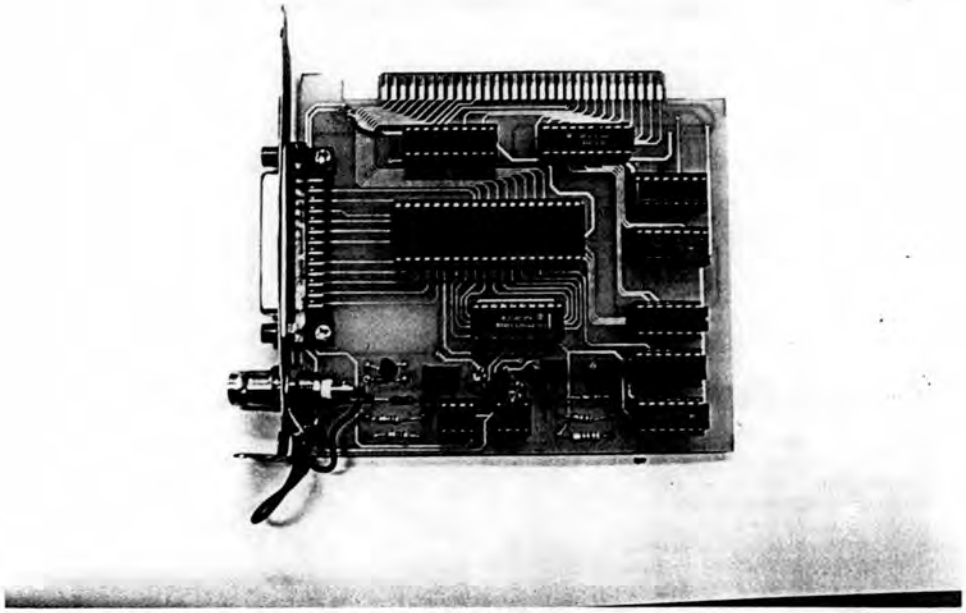
รูปที่ 3.10 วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์



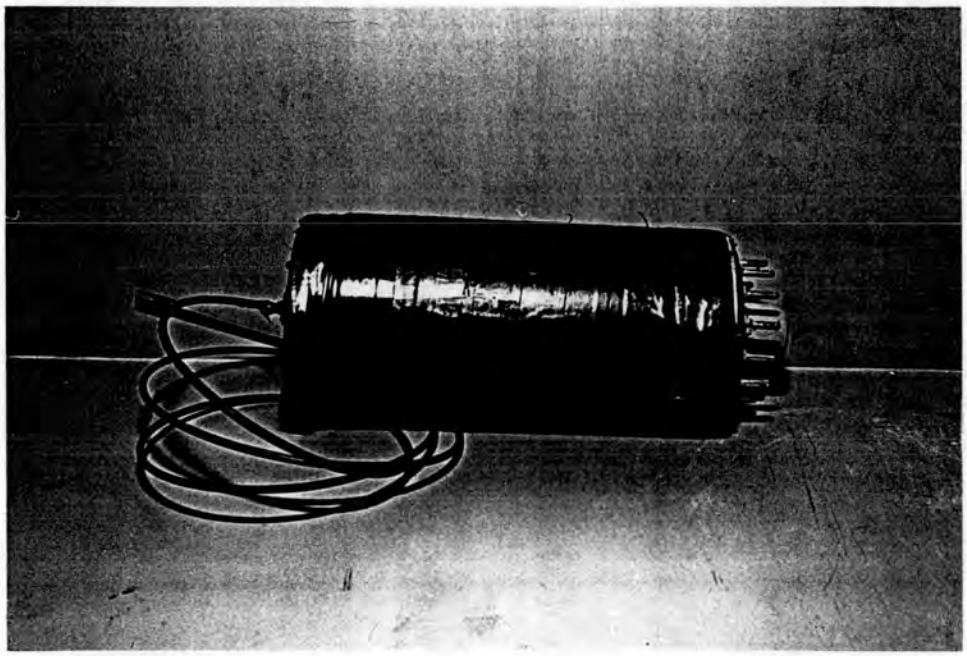
รูปที่ 3.11 เส้นใยพลาสติกนำแสง และสารเรืองรังสี ZnS(Ag)



รูปที่ 3.12 ระบบสแกนเพื่อการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี



รูปที่ 3.13 แผ่นวงจรเชื่อมโยงสัญญาณ

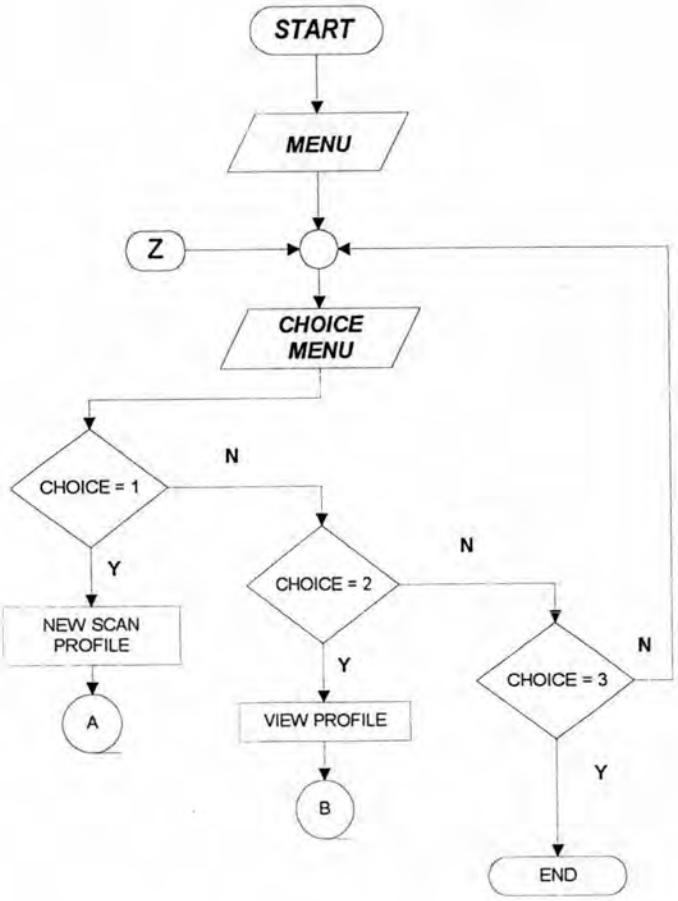


รูปที่ 3.14 หัววัดรังสีสำหรับงานวิจัยนี้

3.2.4 โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบ

โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้น ได้รวมโปรแกรม 3 ส่วน ได้แก่ โปรแกรมสแกนเก็บข้อมูลโพรไฟล์ โปรแกรมหมุนวัตถุตัวอย่าง และโปรแกรมการโอนถ่ายข้อมูลระหว่างระบบวัดรังสีกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ไว้ในโปรแกรมเดียวกัน

ในส่วนของเมนูหลัก ประกอบด้วยเมนูสำหรับเลือกโปรแกรมย่อย ได้แก่ โปรแกรมเริ่มต้นการสแกน โปรแกรมเรียกข้อมูลโพรไฟล์ที่ได้บันทึกไว้มาแสดงบนจอภาพไมโครคอมพิวเตอร์ และ การจบการทำงานดังแสดงในรูปที่ 3.16



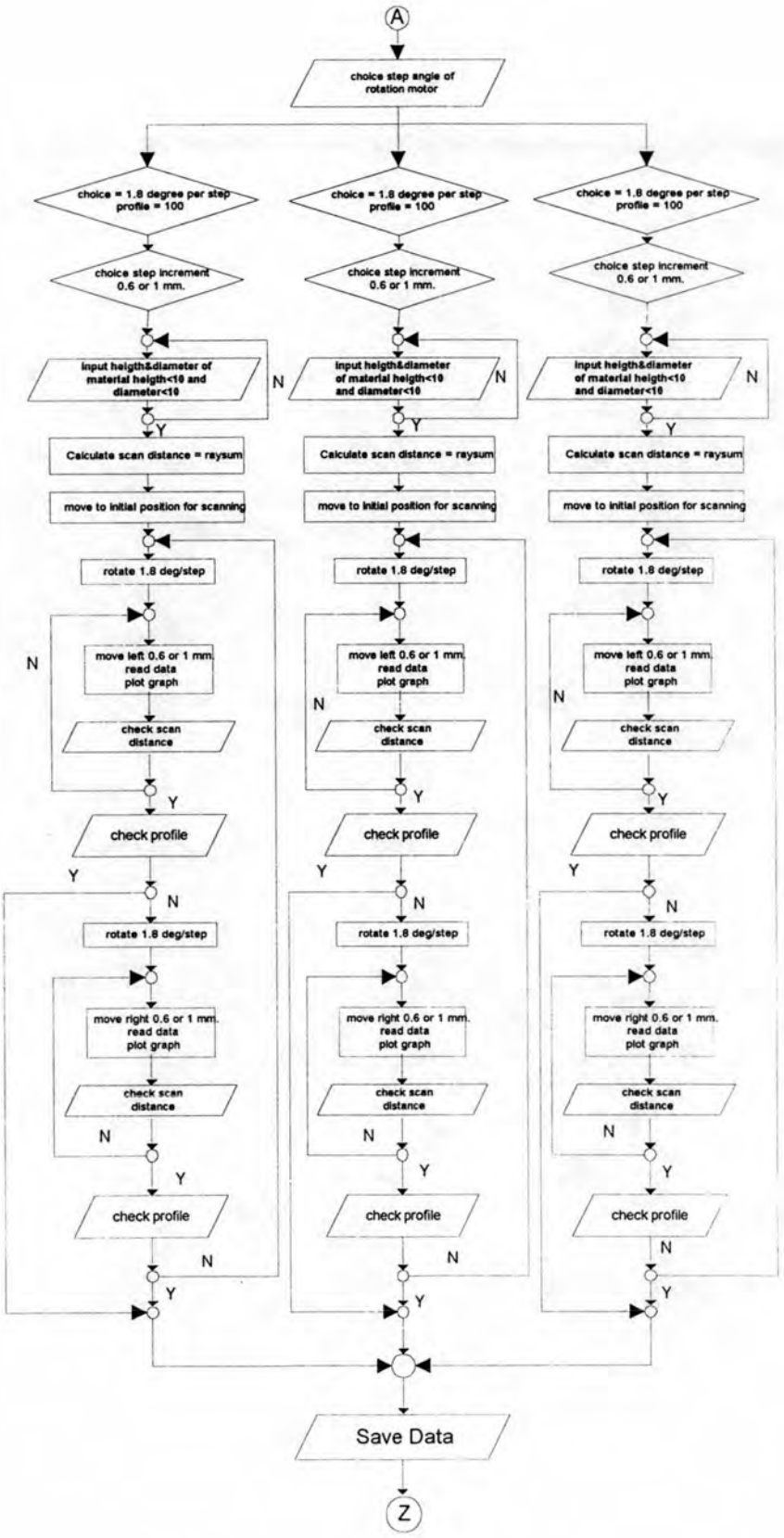
รูปที่ 3.15 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของเมนูหลัก

รูปที่ 3.16 แสดงเมนูหลักทางหน้าจอไมโครคอมพิวเตอร์

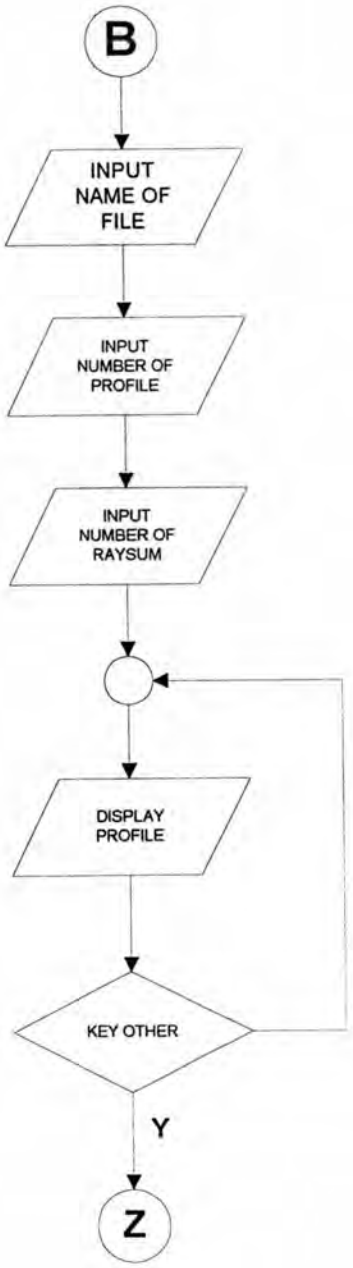
รูปที่ 3.17 แสดงเมนูเลือกโหมดการทำงานของระบบหมุนวัตถุตัวอย่าง

เมื่อเลือกโหมดการสแกนเพื่อเก็บข้อมูลโพรไฟล์ (New Scan Profile) จากเมนู โปรแกรมจะให้ผู้ใช้เลือกโหมดของการหมุนวัตถุตัวอย่างว่าเท่ากับ 1.8 3.6 หรือ 7.2 องศาต่อสเต็ปและโปรแกรมจะถามขนาดของวัตถุที่ต้องการสแกนในหน่วยเซนติเมตรเพื่อนำไปคำนวณระยะสแกนให้สอดคล้องกับขนาดของวัตถุนั้น จากนั้นระบบจะเริ่มสแกนเพื่อเก็บข้อมูลโพรไฟล์โดยจะสแกนจนได้จำนวนข้อมูลครบตามต้องการ ลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมแสดงในรูปที่ 3.18

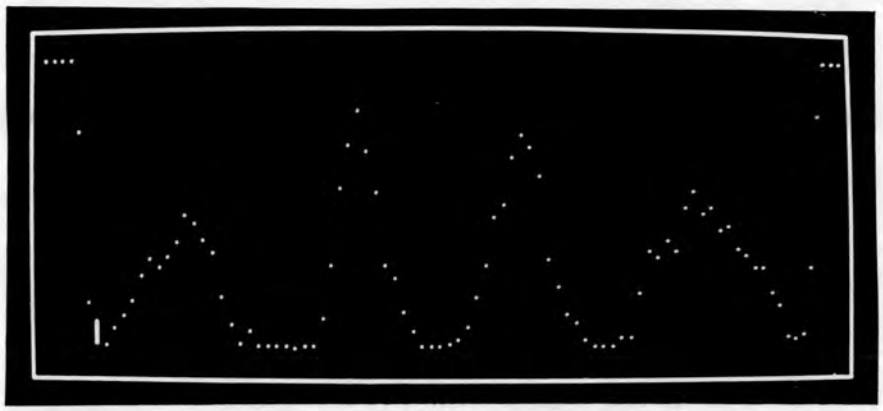
ถ้าผู้ใช้เลือกโหมดการอ่านข้อมูลโพรไฟล์ที่ถูกบันทึกไว้ในฮาร์ดดิสก์เพื่อแสดงบนจอภาพของไมโครคอมพิวเตอร์ (View Profile) โปรแกรมจะถามชื่อไฟล์ จำนวนโพรไฟล์ และจำนวนเรย์ซัมของข้อมูลโพรไฟล์ที่ต้องการดู จากนั้นโปรแกรมจะอ่านข้อมูลเหล่านั้นและแสดงภาพข้อมูลโพรไฟล์ทีละโพรไฟล์บนจอภาพของไมโครคอมพิวเตอร์ โดยมีลำดับขั้นตอนการทำงานแสดงในรูปที่ 3.19



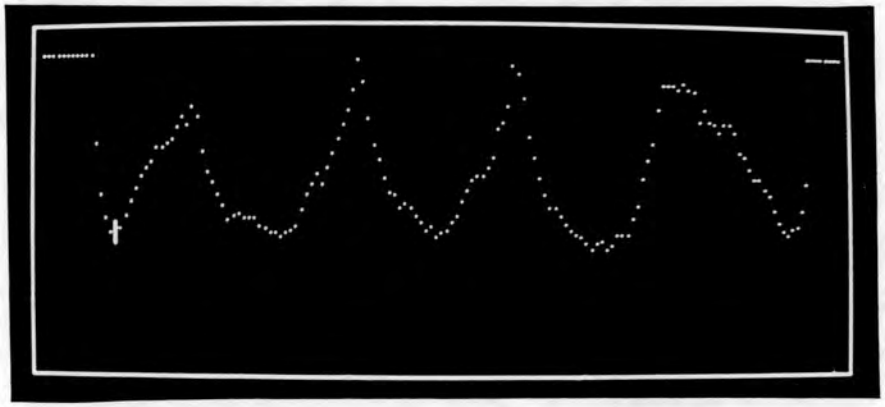
รูปที่ 3.18 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของระบบสแกน



รูปที่ 3.19 โฟลวชาร์ตแสดงการทำงานของเมนูย่อย View Profile



(ก)



(ข)

รูปที่ 3.20 กราฟข้อมูลโพรไฟล์เมื่อปรับระยะห่างระหว่างเรย์ซัม (ก) 1 มม. และ (ข) 0.6 มม.

จากรูปที่ 3.20 เป็นการแสดงเปรียบเทียบข้อมูลโพรไฟล์ที่ได้จากการสแกนโดยปรับระยะห่างระหว่างเรย์ซัมเท่ากับ 0.6 และ 1 มม. พบว่าข้อมูลโพรไฟล์ที่สแกนด้วยระยะห่างระหว่างเรย์ซัม 0.6 มม. ให้ข้อมูลที่มีรายละเอียดดีกว่าที่ระยะห่างของเรย์ซัม 1 มม.

I1794224X