หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วัสดุ อุปกรณ์ และ การพัฒนาระบบสแกนรังสีแกมมาเพื่อการสร้างภาพโทโมกราฟี

3.1 วัสดุ และ อุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย

3.1.1 หัววัดรังสีแกมมาแบบเรืองรังสีชนิดโซเดียมไอโอไดด์ (ทัลเลียม):NaI(Tl) ขนาด 2"x2"พร้อมหลอดทวีคูณอิเลคตรอน(PMT) BICRON model 2M2/2PB

3.1.2 ฐานหลอด (tube base) พร้อมภาคขยายส่วนหน้า (Preamplifier) ORTEC model 276 สำหรับหัววัด NaI(Tl) ขนาด 2"x2" ORTEC

3.1.3 แหล่งจ่ายศักดาไฟฟ้าสูง(high voltage power supply) สำหรับหัววัดรังสีแกมมา ORTEC model 556

3.1.4 เครื่องวิเคราะห์แบบช่องเดี่ยว (single channel Analyzer) CANBERRA model 2030

3.1.5 เครื่องนับสัญญาณเชิงเลขและตั้งเวลานับ (counter/timer) CANBERRA model 1772

3.1.6 เรตมิเตอร์ BERTHOLD model LB 2232

3.1.7 ภาคขยายสัญญาณ (Amplifier) ORTEC model 575A

3.1.8 NIM BIN และแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า OAEP model 1000

3.1.9 เครื่องตั้งเวลานับ (Timer) ORTEC model 719

3.1.10 ไมโครคอมพิวเตอร์ IBM PC/XT 16 บิต ที่แสดงผลบนจอโมโนโครมผ่านการ์ด Hercules หรือเครื่องที่มีสมรรถนะเทียบเคียงกัน

3.1.11 วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์(stepping motor driver circuit)

3.1.12 ระบบสแกนรังสีแกมมา (gamma ray scanning system)

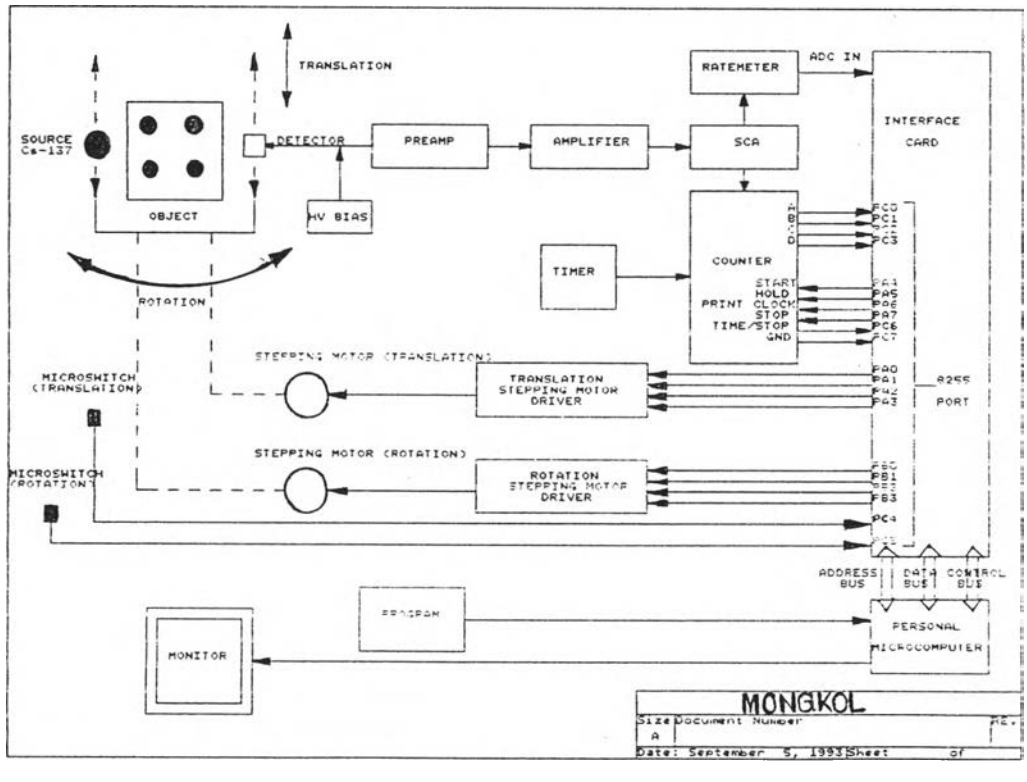
3.1.13 ต้นกำเนิดรังสีแกมมา Cs-137 ความแรงรังสี 30 mCi

3.1.14 วงจรเชื่อมโยง (Interface circuit) สำหรับเชื่อมโยงระหว่างเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์กับระบบขับเคลื่อน

3.1.15 อุปกรณ์บังคับลำรังสี และกำบังรังสี ของต้นกำเนิดรังสี และหัววัดรังสีทำด้วยตะกั่ว

3.2 การพัฒนาระบบสแกนรังสีแกมมาเพื่อสร้างภาพโทโมกราฟี

ระบบสแกนรังสีแกมมาเพื่อสร้างภาพโทโมกราฟีที่พัฒนาขึ้น ออกแบบให้สามารถใช้ตรวจสอบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กในงานภาคสนามได้ โดยแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนใหญ่ ๆ ได้แก่ ระบบวัดรังสีแกมมา ระบบขับเคลื่อนหัววัดรังสีและต้นกำเนิดรังสี ระบบเชื่อมโยงสัญญาณ และโปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบสแกน ซึ่งสามารถเขียนแผนภาพการทำงานได้ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แผนภาพของระบบสแกนเพื่อเก็บข้อมูลโพรไฟล์

019709

จากแผนภาพระบบสแกนเพื่อเก็บข้อมูลโพรไฟล์สำหรับสร้างภาพโทโมกราฟี จะประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

ก. ระบบวัดรังสีแกมมาส่งผ่าน แสดงผลด้วยเรตมิเตอร์ หรืออุปกรณ์นับรังสี สำหรับอ่านค่านับวัดปริมาณความเข้มรังสีที่ส่งผ่านเพื่อส่งต่อไปยังไมโครคอมพิวเตอร์

ข. ระบบขับเคลื่อนหัววัดรังสี และ ต้นกำเนิดรังสีแกมมาที่ควบคุมโดยไมโครคอมพิวเตอร์

ค. ระบบเชื่อมโยงสัญญาณ ทำหน้าที่ควบคุมการเคลื่อนที่ของหัววัดรังสีและต้นกำเนิดรังสีแกมมา และ การถ่ายข้อมูลจากระบบวัดนิวเคลียร์มายังไมโครคอมพิวเตอร์

ง. โปรแกรมควบคุมการทำงานของระบบสแกน

หลักการทำงานของระบบสแกนรังสีแกมมา เพื่อการสร้างภาพโทโมกราฟีแบบคำนวณทำงานได้โดยอาศัยการควบคุมจากไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านวงจรเชื่อมโยงสัญญาณ ซึ่งจะทำการ reset ระบบสแกนไปยังจุดเริ่มต้นโดยมีไมโครสวิตช์เป็นตัวตรวจสอบ จากนั้นระบบวัดนิวเคลียร์จะเริ่มทำการวัดปริมาณความเข้มรังสีแกมมาที่ส่งผ่านตัวอย่างณ ตำแหน่งนั้น ด้วยหัววัดรังสี NaI (Tl)ซึ่งปรับระบบวัดให้วัดเฉพาะพลังงานความเข้มรังสีของต้นกำเนิดรังสี Cs-137การวัดปริมาณความเข้มรังสีแกมมาที่ส่งผ่านตัวอย่างนั้นอาจ วัดในรูป อัตราปริมาณความเข้มของรังสีแกมมา (count rate) หรือปริมาณความเข้มของรังสีแกมมา (count)ในการวัดอัตราปริมาณความเข้มรังสีทำได้โดยใช้เรตมิเตอร์ (ratemeter) ซึ่งผลของการวัดจะถูกส่งต่อให้กับวงจรแปลงสัญญาณอนาลอก เป็น สัญญาณเชิงตัวเลข (Analog to Digital Converter) ส่วนการวัดปริมาณรังสีแกมมาที่ส่งผ่านตัวอย่างทำได้โดยใช้อุปกรณ์นับรังสีทั้งหมด total counts ข้อมูลเชิงตัวเลขที่ได้จากการวัดทั้ง 2 วิธีจะถูกส่งต่อไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อสิ้นสุดการเก็บข้อมูลที่ตำแหน่งนั้นไมโครคอมพิวเตอร์จะควบคุมระบบสแกนให้เคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งที่ จะเก็บข้อมูลถัดไปจนครบทุกตำแหน่งบนชิ้นงานตัวอย่างสำหรับมุมที่เก็บข้อมูลแต่ละโพรไฟล์นั้น จากนั้นจะทำการหมุนระบบสแกนไปด้วยมุมน้อย ๆ และเก็บข้อมูลเช่นเดียวกันกับมุมแรก ระบบจะทำการเก็บข้อมูลที่มุมต่างๆ ของชิ้นงานตัวอย่างจนครบ 180 องศา หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลไปสร้างภาพโทโมกราฟีเพื่อตรวจวัดขนาดและตำแหน่งของเสาคอนกรีตเสริมเหล็ก ดูรายละเอียดจากรูปที่ 3.1

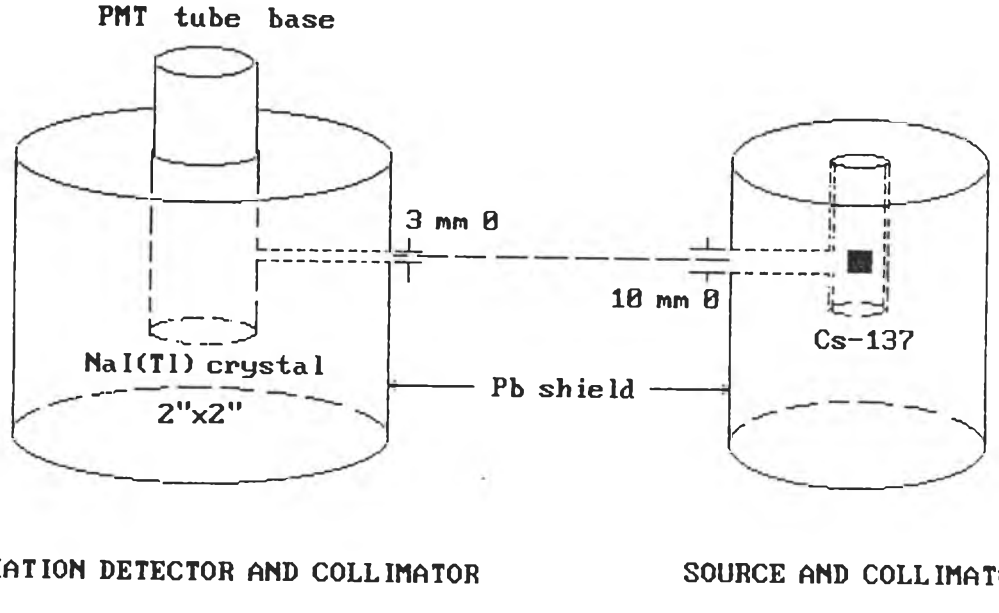
3.3 ระบบวัดรังสีแกมมา

3.3.1 ต้นกำเนิดรังสีและหัววัดรังสี

งานวิจัยนี้ใช้ต้นกำเนิดรังสี Cs-137 ความแรง 30 mCi มีระดับพลังงาน 662 keV ซึ่งสามารถใช้ตรวจสอบเสาคอนกรีตเสริมเหล็กมีขนาดพื้นที่ 10x10-20x20 ตารางเซนติเมตรและใช้หัววัดรังสี NaI(Tl) ขนาด 2 x 2 นิ้ว วัดรังสีเฉพาะพลังงานของ Cs-137

3.3.2 อุปกรณ์กำบังรังสี และบังคับลำรังสี

วัสดุที่นำมาสร้างเป็นอุปกรณ์กำบังรังสีและบังคับลำรังสีใช้ ตะกั่ว โดยที่ต้นกำเนิดรังสีจะบรรจุอยู่ในอุปกรณ์กำบังรังสีที่ออกแบบให้ลำรังสีเคลื่อนในทิศทางที่ต้องการ โดยมีขนาดช่องบังคับลำรังสีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร และอุปกรณ์กำบังรังสีสำหรับหัววัดรังสีมีช่องสำหรับรับลำรังสีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 3.2



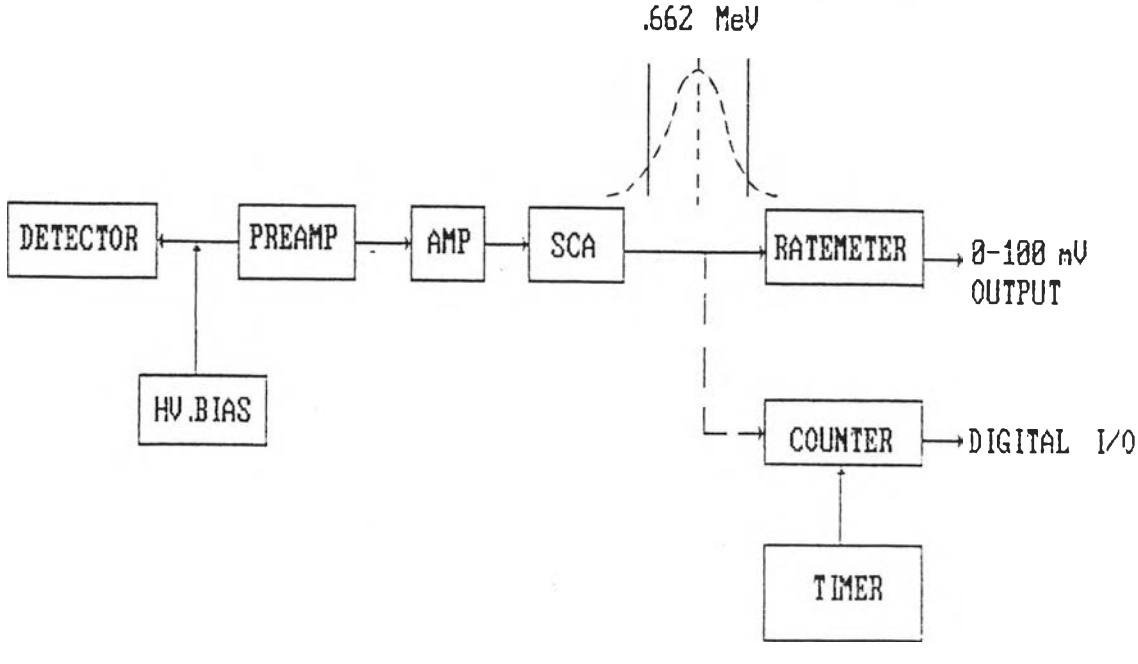
รูปที่ 3.2 แสดงอุปกรณ์กำบังรังสีและบังคับลำรังสี

3.3.3 ระบบวัดนิวเคลียร์

ระบบวัดนิวเคลียร์ที่ใช้กับระบบสแกนเพื่อสร้างภาพโทโมกราฟี ใช้ single channel analyzer (SCA) เลือกวัดเฉพาะรังสีแกมมาที่มาจากต้นกำเนิดรังสีโดยตรง (Primary Radiation) เพื่อป้องกันการวัดรังสีกระเจิงที่มาจากทิศทางต่างๆ ซึ่งจะรบกวนความคมชัดของภาพ ระบบวัดนิวเคลียร์ประกอบด้วย

- NIM BIN
- แหล่งจ่ายไฟฟ้าศักดาสูง
- อุปกรณ์ขยายสัญญาณส่วนหน้า
- อุปกรณ์วิเคราะห์พลังงานแบบช่องเดี่ยว (SCA) ปรับเทียบระบบวัดให้วิเคราะห์พลังงาน 662 keV
- เรตมิเตอร์ (ratemeter)
- อุปกรณ์นับวัดรังสี (counter)

ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผนภาพของระบบวัดรังสีเฉพาะพลังงาน

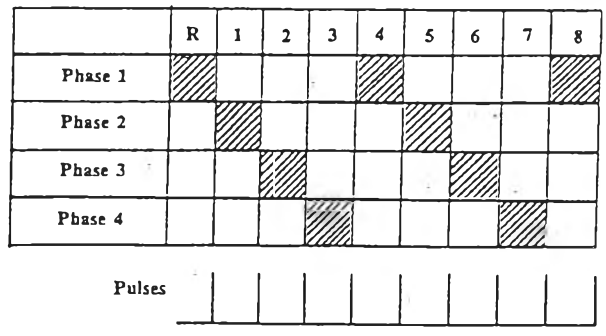
3.4 ระบบขับเคลื่อนหัววัดรังสี และ ต้นกำเนิดรังสีแกมมา

เนื่องจากงานวิจัยนี้ ต้องการความละเอียดแม่นยำของตำแหน่งและระยะที่แน่นอน จึงเลือกใช้สเต็ปปิงมอเตอร์ มาใช้ในการขับเคลื่อน และ หมุนต้นกำเนิดรังสีแกมมา และ หัววัด ของสเต็ปปิงมอเตอร์มีข้อดี คือ มีการควบคุมแบบ (loop) ปิดทำให้ง่ายต่อการกำหนดตำแหน่งได้แน่นอน และสามารถรู้ตำแหน่งที่แน่นอนของมอเตอร์ได้ตลอดเวลา ในงานวิจัยนี้ใช้สเต็ปปิงมอเตอร์แบบ VR.(REACTIVE VARIABLE) โรเตอร์เป็นเหล็กอ่อนซึ่งมีคุณสมบัติ คือ จะพยายามปรับตัวเองให้อยู่ในแนวที่เส้นแรงแม่เหล็กผ่านมากที่สุด ทำให้มีแรงบิด (TORQUE) ตัวมากซึ่งเหมาะกับงานวิจัย และหาง่าย

3.4.1 การกระตุ้นเฟสขดลวด สเตเตอร์ (STATOR)

ในการทำให้สเต็ปปิงมอเตอร์หมุนได้นั้น จะต้องกระตุ้นเฟสของขดลวดสเตเตอร์ (STATOR) ให้เรียงลำดับกันต่อเนื่องทางใดทางหนึ่ง ถ้าต้องการให้หมุนกลับก็กระตุ้นเฟสในทิศทางกลับกัน ซึ่งการกระตุ้นเฟสสเตเตอร์ มี 3 แบบคือ

1. กระตุ้นเฟสเดียวเรียกว่าแบบ single phase excitation
2. กระตุ้นสองเฟสเรียกว่าแบบ two phase excitation
3. กระตุ้นโดยใช้แบบ 1 และ 2 สลับกันเรียกว่า one - two phase excitation หรือแบบ half step operation ดังรูปที่ 3.4,3.5 และ 3.6 ตามลำดับ



Note : Symbol R indicates 'reset'

รูปที่ 3.4 แสดงการ EXCITATION SEQUENCE แบบเฟสเดียว

Clock state	R	1	2	3	4	5	6	7	8
Phase 1									
Phase 2									
Phase 3									
Phase 4									

รูปที่ 3.5 แสดงการ EXCITATION SEQUENCE แบบสองเฟส

Clock state (A)	R	1		2		3		4		5	
Clock state (B)	R	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Phase 1											
Phase 2											
Phase 3											

รูปที่ 3.6 แสดงการ EXCITATION SEQUENCE แบบ HALF STEP

การขับสเต็ปปิงมอเตอร์ แบบกระตุ้น 2 เฟสนี้จะมีลักษณะเดียวกันกับการขับแบบกระตุ้นเฟสเดียว แต่ในการกระตุ้นแต่ละครั้งนั้นจะกระตุ้นทีเดียวพร้อมกันทั้ง 2 เฟส จะต่างกันก็ตรงที่การขับแบบ 2 เฟส เข้าตำแหน่งแต่ละสเต็ปได้เร็วกว่าแบบเฟสเดียวและแรงบิดมากกว่าการขับแบบเฟสเดียวด้วยและความเร็วของการขับเคลื่อนสเต็ปปิงมอเตอร์จะขึ้นอยู่กับความถี่ ของสัญญาณนาฬิกาที่เป็นส่วนให้จังหวะแก่วงจร SEQUENCE CONTROL ดังนั้นงานวิจัยนี้ใช้การขับสเต็ปปิงมอเตอร์แบบกระตุ้น 2 เฟส เพื่อให้ได้แรงบิดสูงเพื่อที่จะสามารถขับเคลื่อนหัววัด และอุปกรณ์กำบังรังสีได้

3.4.2 การทำงานของระบบสแกน

ในการสแกนเพื่อเก็บข้อมูลสำหรับสร้างภาพโทโมกราฟี จะต้องมีความระเอียดถูกต้อง และ แม่นยำ ดังในงานวิจัยนี้จึงใช้โปรแกรมควบคุมการเก็บข้อมูล และควบคุมการทำงานของสเต็ปปิงมอเตอร์แบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

3.4.2.1 การทำงานของ สเต็ปปิงมอเตอร์ ที่ใช้ในการขับเคลื่อนแบบ rotation ถูกควบคุมโดยโปรแกรมให้สามารถหมุนระบบ โดยมี step angle เท่ากับ 3.65 5,7.31,10,14.61 และ 20 องศา ตามลำดับ และทุก step angle จะสามารถหมุนได้ครบ 180 องศา

3.4.2.2 การทำงานของ สเต็ปปิงมอเตอร์ ที่ใช้ในการขับเคลื่อนแบบ translation ถูกควบคุมโดยโปรแกรมให้สามารถเคลื่อนที่ไปทีละ step โดย สามารถเลือก step ของการเคลื่อนที่ได้เป็น 1.5 และ 3 มิลลิเมตร

3.5 ระบบเชื่อมโยงสัญญาณ

ประกอบด้วย แผ่นวงจรเชื่อมโยงสัญญาณ ทำหน้าที่เชื่อมโยงสัญญาณระหว่างสัญญาณที่มาจากอุปกรณ์ภายนอกได้แก่ ระบบวัดนิวเคลียร์ ระบบขับเคลื่อน ระบบตรวจสอบตำแหน่งของการสแกนกับไมโครคอมพิวเตอร์ อาศัยการโอนถ่ายสัญญาณผ่านพอร์ททางเข้า (Input port) และพอร์ททางออก (output port)ของไมโครคอมพิวเตอร์ในที่นี้ได้เลือกตำแหน่ง 300H-31FH เป็นตำแหน่งอ้างแอดเดรสของโปรแกรมในไมโครคอมพิวเตอร์ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงการจัดตำแหน่งหมายเลขพอร์ทที่ใช้ในการออกแบบในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

หมายเลขพอร์ท	ชนิดสัญญาณ	หน้าที่
300H (768)	OUTPUT	ควบคุมสเตปปิงมอเตอร์ (TRANSOLATION)
301H (769)	OUTPUT	ควบคุมสเตปปิงมอเตอร์ (ROTATION)
302H (770)	INPUT	รับสัญญาณจาก MICROSWITCH
303H (771)	OUTPUT	ควบคุมชิป 8255
304H (772)	INPUT	รับข้อมูลจาก ADC

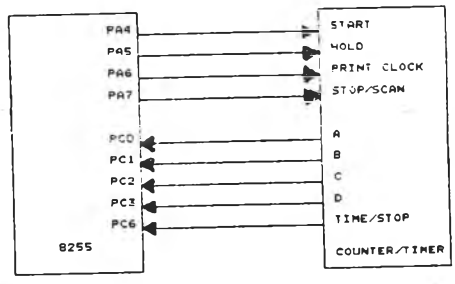
สำหรับแผ่นวงจรเชื่อมโยง (Interface Card) ที่พัฒนาขึ้น เพื่อใช้งานมีส่วนสำคัญแบ่งออกได้ดังนี้คือ

- วงจรเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างระบบวัดนิวเคลียร์กับไมโครคอมพิวเตอร์
- วงจรเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างระบบขับเคลื่อนกับไมโครคอมพิวเตอร์
- วงจรถอดรหัสแอดเดรส

3.5.1 วงจรเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างระบบวัดนิวเคลียร์กับไมโครคอมพิวเตอร์

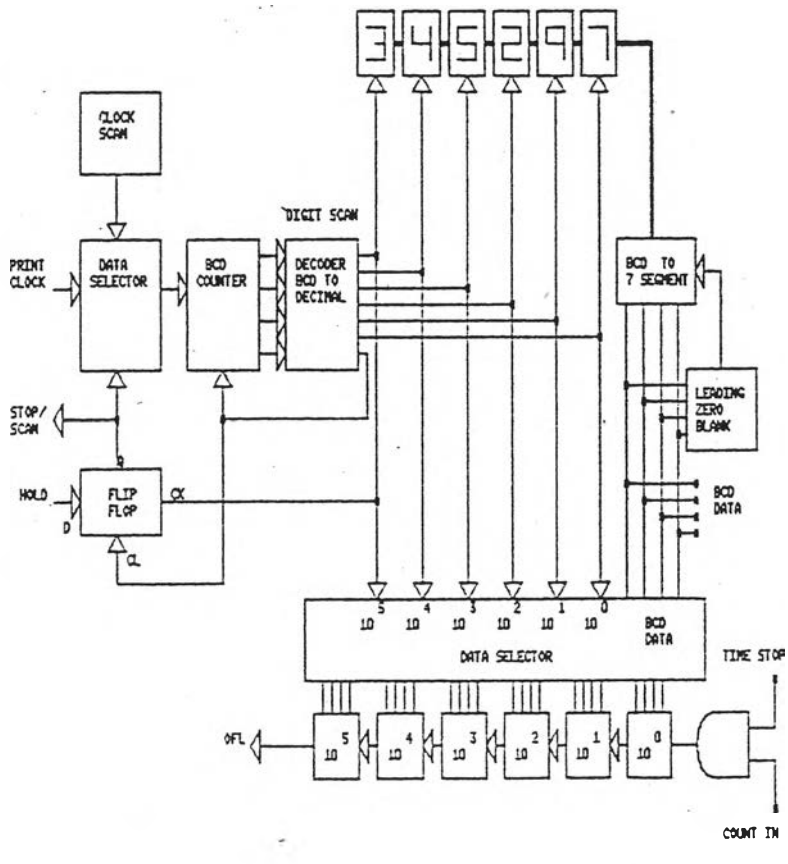
ก. การเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างอุปกรณ์นับรังสี(counter)กับไมโครคอมพิวเตอร์

ไมโครคอมพิวเตอร์ จะติดต่อกับ อุปกรณ์นับรังสีผ่านแผ่นวงจรเชื่อมโยงทางพอร์ตของไอซี 8255โดยมีลักษณะการเชื่อมโยงสัญญาณดังแสดงดังรูปที่ 3.7

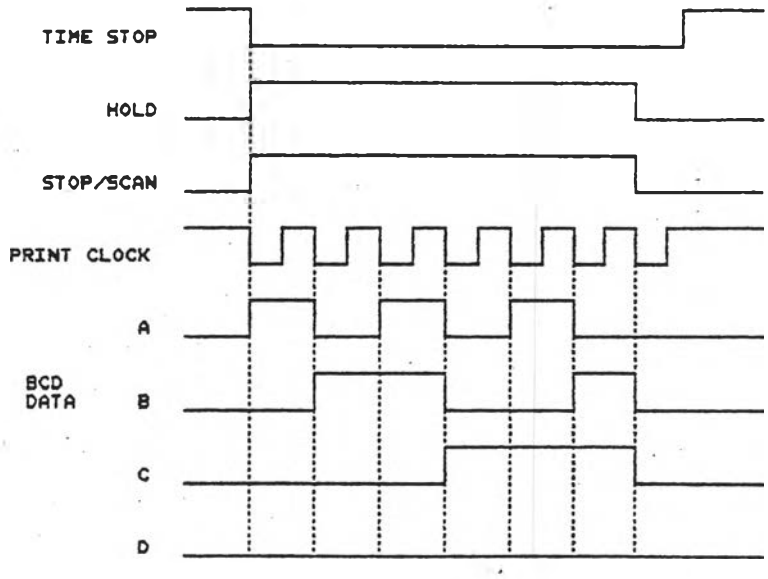


รูปที่ 3.7 แผนภาพการเชื่อมโยงระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์กับอุปกรณ์นับรังสี

อุปกรณ์นับรังสีจะส่งข้อมูลออกมาในลักษณะ BCD จำนวน 6 หลัก โดยมีแผนภาพการทำงาน และแผนภาพเวลาของสัญญาณ ดังรูปที่ 3.8 และรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.8 แผนภาพการทำงานของอุปกรณ์นับรังสี



รูปที่ 3.9 แผนภาพเวลาของสัญญาณจากอุปกรณ์นับรังสี

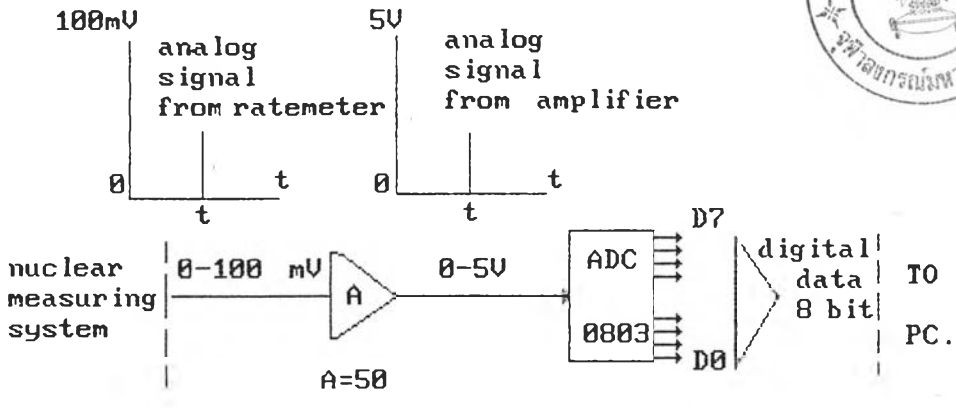
ขณะที่อุปกรณ์นับรังสีทำการนับรังสี สัญญาณ time/stop จะให้ระดับสัญญาณเป็น "1" เมื่อสิ้นสุดการนับรังสี time/stop จะเปลี่ยนเป็น "0" ซึ่งแสดงถึงความพร้อมของอุปกรณ์นับรังสีในการส่งข้อมูลออกมา การอ่านข้อมูลจากอุปกรณ์นับรังสี ไมโครคอมพิวเตอร์จะต้องบังคับให้สัญญาณ hold อยู่ในสถานะเป็น "1" เพื่อทำให้สัญญาณ stop/scan เปลี่ยนสถานะเป็น "1" ในช่วงนี้ไมโครคอมพิวเตอร์เริ่มอ่านข้อมูลโดยส่งสัญญาณ print clock ครั้งละ 1 ลูก เพื่อเลื่อนตำแหน่งข้อมูล BCD (Binary coded Decimal) จำนวน 6 หลัก จากหลักนัยสำคัญ สูง (10^5) มายังหลักนัยสำคัญต่ำ (10^0) เมื่อสิ้นสุดหลักสุดท้าย สัญญาณ stop/scan จะเปลี่ยนเป็น "0"และสัญญาณ holdจะต้องถูกบังคับให้เป็น "0" เช่นกัน เป็นการสิ้นสุดการส่งข้อมูลจากอุปกรณ์นับรังสี และอุปกรณ์นับรังสีพร้อมที่จะนับรังสีในช่วงเวลาต่อไป

ข. การเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างเรดมิเตอร์ กับไมโครคอมพิวเตอร์

เรดมิเตอร์จะวัดปริมาณรังสีเฉลี่ยต่อหน่วยเวลาและส่งสัญญาณเอาท์พุทในรูปของระดับศักดาไฟฟ้า 0 ถึง100 มิลลิโวลต์สัมพันธ์กับตำแหน่งแสดงผลเต็มสเกลที่ใช้ เนื่อง

จากศักดาไฟฟ้าจากเรดมิเตอร์ เป็น สัญญาณอนาลอก (Analog signal) ดังนั้นการส่งข้อมูลเข้าไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อแปลผลจะต้องผ่านกระบวนการแปลงสัญญาณจากสัญญาณอนาลอก เป็นสัญญาณเชิงตัวเลข (Digital signal) โดยการขยายสัญญาณให้อยู่ในพิกัดการทำงานของวงจรแปลงสัญญาณ ADC ในการออกแบบนี้ใช้ไอซีหมายเลข ADC0803 ซึ่งต้องการสัญญาณขาเข้าในช่วง 0 ถึง 5 โวลต์ ดังแสดงในแผนภาพรูป 3.10

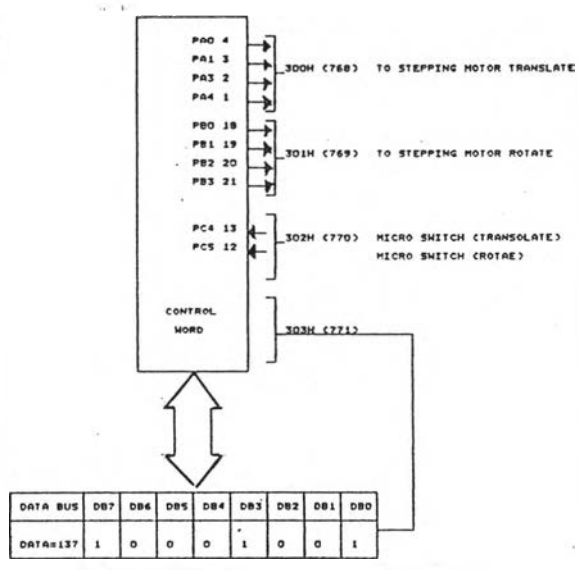
หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.10 แผนภาพของการเชื่อมโยงสัญญาณจากเรดมิเตอร์

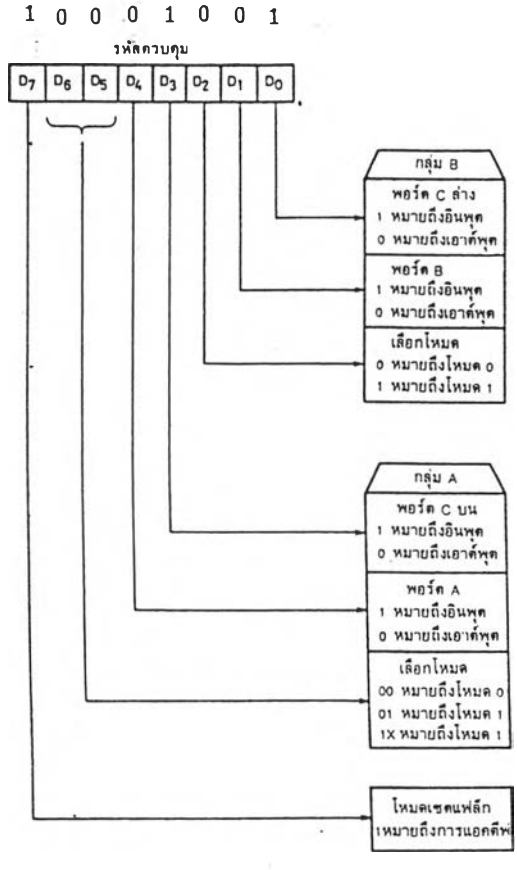
3.5.2. การเชื่อมโยงสัญญาณระหว่างระบบขับเคลื่อนกับไมโครคอมพิวเตอร์

ระบบขับเคลื่อนต้นกำเนิดรังสี และหัววัดรังสีประกอบด้วย สเต็ปปิงมอเตอร์ วงจรขับสเต้ปปิ้งมอเตอร์และไมโครสวิทช์ทำงานร่วมกับวงจรเชื่อมโยงสัญญาณโดยมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงาน การกำหนดตำแหน่งหมายเลขพอร์ตในไมโครคอมพิวเตอร์ สำหรับไอซีหมายเลข 8255 และลักษณะการต่อสัญญาณควบคุม ดังแสดงในรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 การกำหนดตำแหน่งของพอร์ต

ในการใช้งานไอซี 8255 จะต้องโปรแกรม การให้ค่ารหัสบิตต่างๆ เข้าไปในรหัสควบคุมแล้วส่งไปยังรีจีสเตอร์ของพอร์ตควบคุม ความหมายของบิตต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ความหมายของบิตต่าง ๆ ในรหัสควบคุม

บิต D_7 เป็นบิตที่แสดงรหัสคำสั่งควบคุม (กรณีนี้มีค่าเป็น "1"เป็นการแอคตีฟ)

บิต D_6 และ D_5 เป็นการเลือกโหมดของพอร์ต A (กรณีนี้มีค่าเป็น "0","0")

บิต D_4 เป็นการกำหนดอินพุตเอาต์พุตของพอร์ต A (กรณีนี้มีค่าเป็น "0" ทำให้พอร์ต A เป็น เอาต์พุต)

บิต D_3 เป็นการกำหนดอินพุตเอาต์พุตของพอร์ต C บน (กรณีนี้มีค่าเป็น "1" ทำให้พอร์ต C บนเป็นอินพุต)

บิต D_2 เป็นการเซตโหมดของพอร์ต B (กรณีนี้มีค่าเป็น "0")

บิต D_1 เป็นการกำหนดอินพุตเอาต์พุตของพอร์ต B (กรณีนี้มีค่าเป็น "0" ทำให้พอร์ต B เป็น เอาต์พุต)

บิต D_0 เป็นการกำหนดอินพุตเอาต์พุตของพอร์ต C ล่าง (กรณีนี้มีค่าเป็น "1" ทำให้พอร์ต C ล่าง เป็น อินพุต)

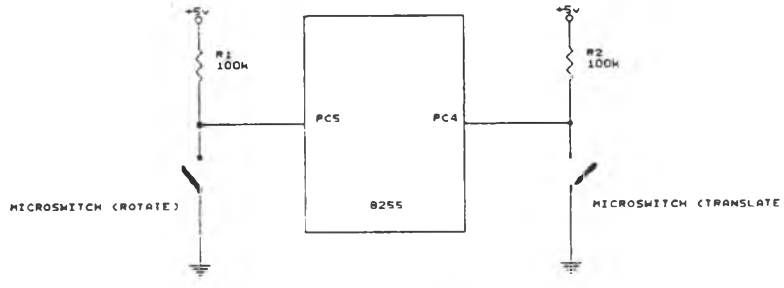
หมายเหตุ : รหัสควบคุม คือ 137

จากรูปที่ 3.11 และรูปที่ 3.12 เห็นว่า พอร์ต A , B และ C ของไอซีหมายเลข 8255 จะทำหน้าที่ตามการออกแบบข้างต้นได้ จะต้องส่งรหัสควบคุม (Control Code)เข้าไปยังพอร์ตควบคุมเพื่อควบคุมการทำงานของไอซี 8255 ซึ่งในที่นี้รหัสควบคุมเป็น 10001001 หรือ 89H(137) ซึ่งพอร์ตควบคุมของไอซี 8522 ตรงกับพอร์ตหมายเลข 303H(771) ของเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ การส่งรหัสควบคุม 137 นี้จะทำให้พอร์ต A และ พอร์ต B ทำหน้าที่เป็นพอร์ตเอาต์พุท ที่ส่งสัญญาณเพื่อควบคุมสเต็ปปิงมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ แบบ translaton และ แบบ rotation ตามลำดับ ส่วนพอร์ต C ทำหน้าที่เป็นพอร์ตอินพุต ที่รับสัญญาณตรวจสอบจุดเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ทั้งสองแบบ ดังรูปที่ 3.11

3.5.2.1 วงจรรับสัญญาณจากไมโครสวิตช์

ไมโครสวิตช์ทั้ง 2 ตัว จะทำหน้าที่ในการบอกตำแหน่งเริ่มต้นของการเคลื่อนแนวระนาบ และ การหมุนของระบบสแกน โดยไมโครสวิตช์ที่ 1 ซึ่งต่อกับ PC4 ของไอซี 8255 ทำหน้าที่บอกตำแหน่งเริ่มต้นของการเคลื่อนที่แบบ TRANSLATION และ

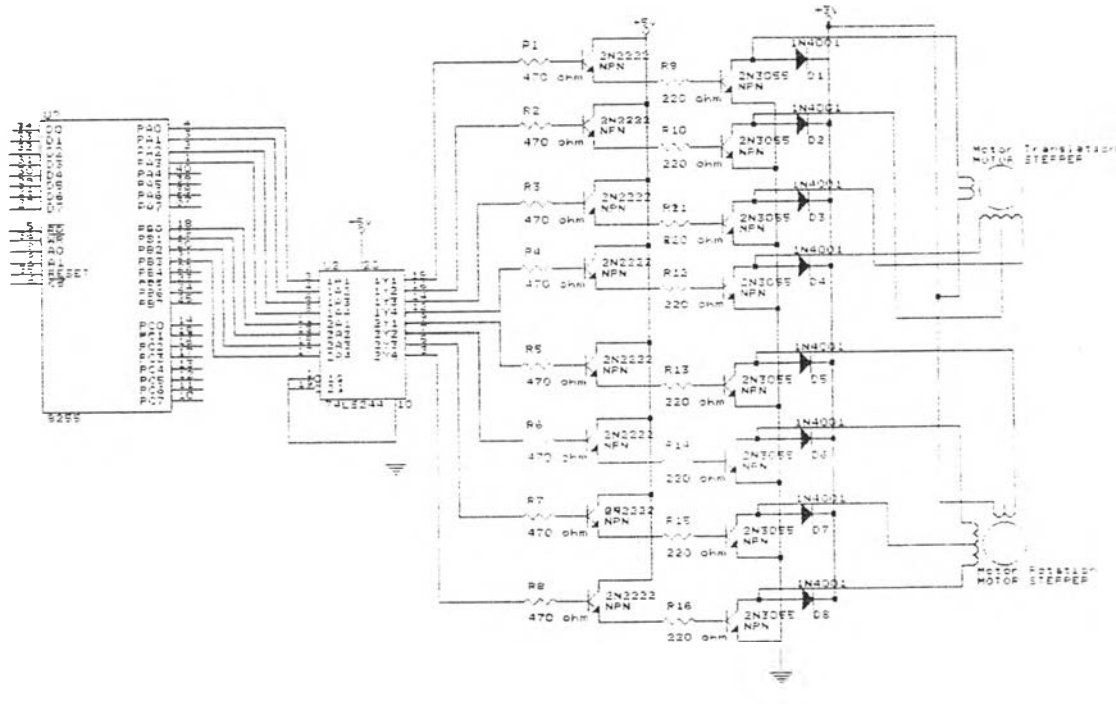
ไมโครสวิตช์ 2 ซึ่งต่อกับ PC5 ของไอซี 8255 ทำหน้าที่บอกตำแหน่งของการเคลื่อนที่แบบ ROTATION สัญญาณจากไมโครสวิตช์ 1 และ ไมโครสวิตช์ 2 จะถูกส่งเข้าสู่ไมโครคอมพิวเตอร์ ผ่านทางพอร์ตหมายเลข 302H (770) ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แสดงวงจรไมโครสวิตช์

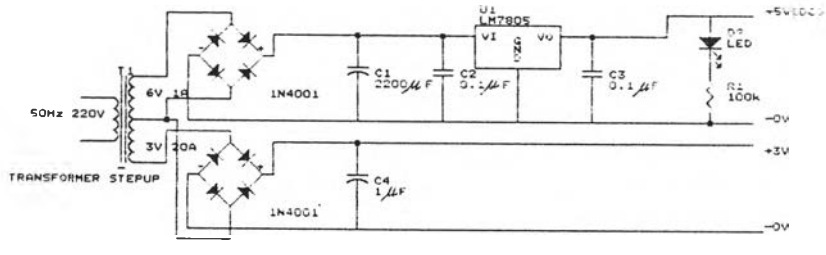
3.5.2.2 วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์(stepping motor driver circuit)

เนื่องจาก สัญญาณควบคุมจาก แผ่นวงจรเชื่อมโยงไม่สามารถขับเคลื่อนสเต็ปปิงมอเตอร์ได้โดยตรงจึงจำเป็นต้องมีวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ดังในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์

จากรูปที่ 3.14 วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ประกอบด้วย เพาเวอร์ทรานซิสเตอร์หมายเลข 2N3055 จำนวน 2 ชุด ชุดละ 4 ตัวโดยแต่ละตัวทำหน้าที่ขับ field coil ของมอเตอร์แต่ละชุด สัญญาณที่ส่งมาจากไอซี 8255 ขนาด 5 โวลต์ ไม่สามารถขับสเต็ปปิงมอเตอร์ ได้โดยตรง จึงถูกส่งไปยังไอซีหมายเลข 74LS244 ซึ่งทำหน้าที่เป็นวงจรบัฟเฟอร์ จากนั้นสัญญาณเอาท์พุทที่ขา 18,16,14,12 และ 9,7,5,3 จะถูกส่งต่อไปยังทรานซิสเตอร์หมายเลข2N2222 และเพาเวอร์ทรานซิสเตอร์หมายเลข 2N3055 เพื่อขับสเต็ปปิงมอเตอร์ที่ทำหน้าที่เคลื่อนที่แบบ translation และแบบ rotation ส่วนไดโอดหมายเลข 1N4001 ที่ต่อคร่อมขดลวดสเต็ปปิงมอเตอร์นั้น ทำหน้าที่ป้องกันแรงดันย้อนกลับที่เกิดขึ้นจากขดลวดของมอเตอร์ขณะที่ทรานซิสเตอร์หยุดทำงานเพื่อป้องกันไม่ให้ทรานซิสเตอร์เสียหาย สำหรับภาคจ่ายไฟของวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.17 ภาคจ่ายไฟของวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์

3.5.3 วงจรถอดรหัสแอดเดรส

วงจรถอดรหัสแอดเดรสมีหน้าที่เลือกพอร์ทสำหรับสัญญาณที่มาจากไอซี 8255 และ ADC ซึ่งสามารถทำได้โดยการถอดรหัสจากบัสแอดเดรส A0 ถึง A9 และ สาย AEN ดังตาราง 3.2

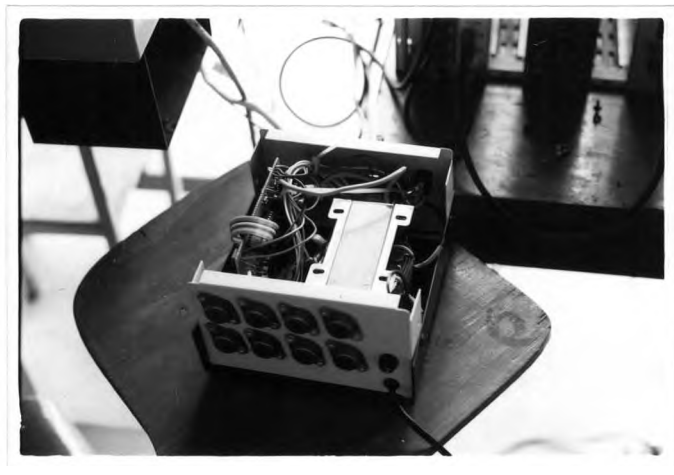
ตารางที่ 3.2 แสดงตำแหน่งการถอดรหัส

DEC	HEX	AEN	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
768	300H	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
769	301H	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1
770	302H	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	0
771	303H	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1
772	304H	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0
IC No.		74LS138						74LS139			OR	
INPUT		G2A	G1	C	G2B	B	A	G	A	B	A1	A0

Y4(138) or Y0(139) = $\overline{CS}$(8255)

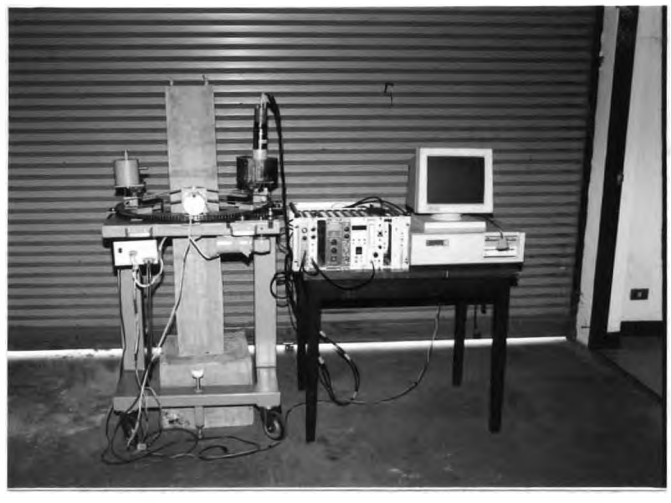
Y4(138) or Y2(139) or A1 or A0 = $\overline{CS}$(ADC0803)

ในการถอดรหัสนี้ใช้ไอซีหมายเลข 74LS139 ทำหน้าที่ถอดรหัสสาย A2 ถึง A4 จะได้ OUTPUT ที่ Y4 และ Y0 ตามลำดับ เมื่อนำสัญญาณจาก Y0 และ Y4 มา OR GATE เพื่อส่งไปเลือกไอซีหมายเลข 8255 ที่ขา CS สำหรับ การรับข้อมูลจาก ADC นั้นใช้สัญญาณจาก Y2 และ Y4 ของไอซีหมายเลข 74LS139 และ 74LS139 ตามลำดับ มา OR กับสัญญาณ RD จากไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อป้อนเข้าสู่ขา RD ของ ADC0803

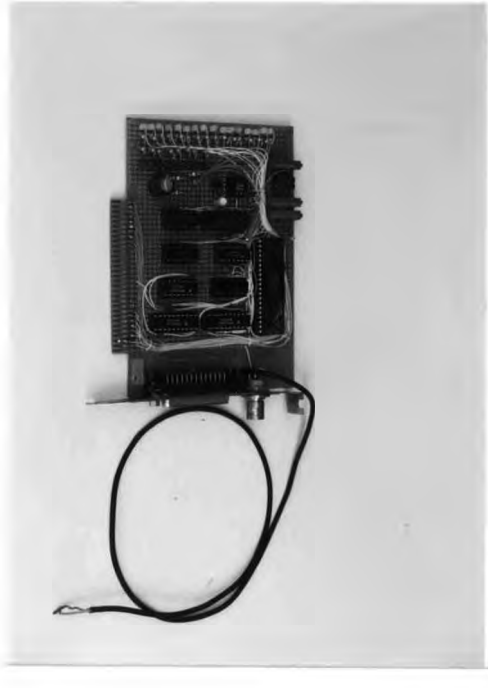


รูปที่ 3.16 วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์

รูปที่ 3.17 ระบบขับเคลื่อนเพื่อเก็บข้อมูลสำหรับการสร้างภาพโทโมกราฟี



รูปที่ 3.18 ระบบสแกนด้วยรังสีแกมมาเพื่อการสร้างภาพโทโมกราฟี



รูปที่ 3.19 แผ่นวงจรเชื่อมโยงระหว่างระบบสแกน กับไมโครคอมพิวเตอร์