บทที่ 3
ระบบเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี โดยใช้ระบบโทรทัศน์

3.1 วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ 200 kV 8 mA ANDREX Model CMA 402

3.1.2 ฉากเรืองรังสีเอกซ์ (Fluorescent Screen)

3.1.3 กล่องทึบแสงรูปตัวแอล (L-Box)

3.1.4 กระจกเงาสะท้อนภาพ

3.1.5 กล้องวีดิทัศน์ (CCD Camera)

3.1.6 ไมโครคอมพิวเตอร์ ที่ใช้หน่วยประมวลผล AMD 700 MHz และหน่วยความจำชั่วคราว (RAM) 64 Mbytes

3.1.7 แผ่นวงจรแปลงสัญญาณ (Video Capture Card) สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้ชนิด TV BOX รุ่น 878BTV

3.1.8 สเต็ปปิงมอเตอร์ (Stepping Motor) ชนิด 4 เฟส ขนาด 6 โวลต์ 1.2 แอมแปร์ต่อเฟส และความละเอียดในการหมุน 1.8 องศาต่อสเต็ป

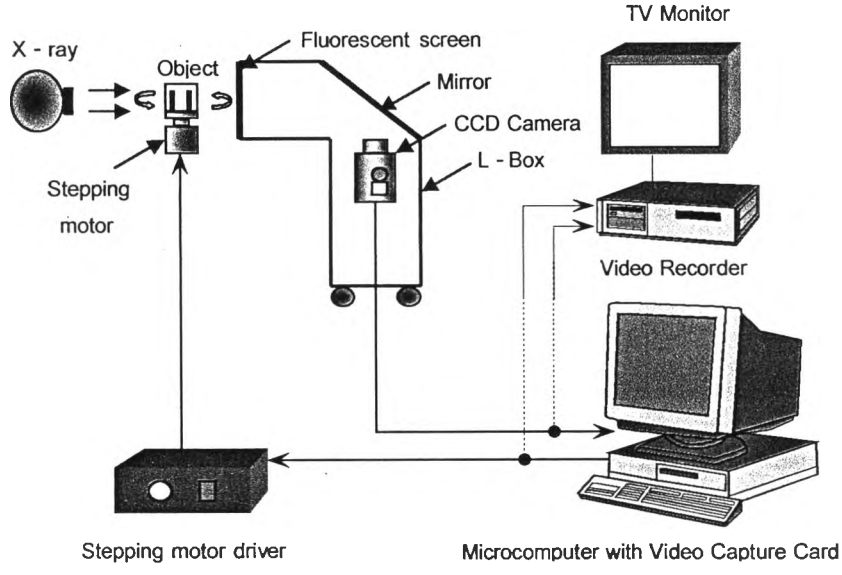
3.1.9 วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์และกำเนิดสัญญาณเสียง

3.1.10 เครื่องวีดิทัศน์

3.1.11 ชุดตรวจจับสัญญาณเสียงสำหรับเก็บข้อมูลจากเครื่องวีดิทัศน์

3.2 การพัฒนาระบบเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้ระบบโทรทัศน์

ระบบเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้ระบบโทรทัศน์มีแผนภาพการทำงานดังแสดงในรูปที่ 3.1 การทำงานของระบบที่พัฒนาขึ้นอาศัยการถ่ายภาพรังสีของวัตถุ โดยการฉายรังสีเอกซ์จากเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ผ่านวัตถุตัวอย่างไปกระทบกับฉากเรืองรังสี รังสีเอกซ์จะกระตุ้นสารเรืองรังสีให้ปล่อยแสงออกมาทำให้เกิดเป็นภาพขึ้นบนฉากเรืองรังสี จากนั้นกล้องวีดิทัศน์จะรับภาพจากฉากเรืองรังสีผ่านทางกระจกเงาสะท้อนภาพ โดยอุปกรณ์ทั้งหมดจะถูกบรรจุไว้ภายในกล่องทึบแสงรูปตัวแอล สัญญาณภาพที่ได้จากกล้องวีดิทัศน์จะถูกส่งไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านทางแผ่นวงจรแปลงสัญญาณ ซึ่งทำหน้าที่แปลงสัญญาณภาพ (video signal) ให้อยู่ในรูปของข้อมูลภาพ (graphic data format) แล้วแสดงผล



รูปที่ 3.1 ระบบเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี
โดยใช้ระบบโทรทัศน์

บนจอภาพของไมโครคอมพิวเตอร์ จากนั้นจึงเลือกตำแหน่งที่จะคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีแล้ว ใช้โปรแกรมแปลงข้อมูลภาพ ณ ตำแหน่งที่เลือกไปเป็นข้อมูลเชิงตัวเลขพร้อมทั้งใช้เทคนิคการรวมเฟรมเพื่อปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลให้ดีขึ้น หลังจากได้ข้อมูลที่โปรเจกชันแรกแล้วโปรแกรมจะส่งสัญญาณผ่านพอร์ตเครื่องพิมพ์สั่งให้สเต็ปปิงมอเตอร์หมุนวัตถุตัวอย่างไปที่มุมถัดไป โดยในขณะเดียวกันชุดกำเนิดสัญญาณเสียงจะสร้างสัญญาณเสียงที่มีความถี่ 1 กิโลเฮิรตซ์ ในช่วงเวลาสั้น ๆ เพื่อบันทึกลงแถบวีดิทัศน์พร้อม ๆ กับสัญญาณภาพสำหรับบอกจังหวะการหมุนของวัตถุ โปรแกรมจะทำการหมุนวัตถุตัวอย่างและเก็บข้อมูลในโปรเจกชันถัดไปจนกระทั่งได้ข้อมูลครบตามจำนวนที่ตั้งไว้บนโปรแกรม แล้วจึงบันทึกข้อมูลที่ได้ทั้งหมดลงบนฮาร์ดดิสก์ตามรูปแบบที่กำหนดไว้ จากนั้นจึงเก็บข้อมูลโปรไฟล์ของ dark current และข้อมูลโปรไฟล์ของภาพถ่ายรังสีขณะไม่มีวัตถุตัวอย่าง (V_0) เพื่อใช้ในการปรับแก้ข้อมูลโปรไฟล์ด้วยวิธี Shading correction หลังจากปรับแก้ข้อมูลเรียบร้อยแล้วก็สามารถนำข้อมูลโปรไฟล์ที่ได้ไปคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีต่อไป นอกจากการเก็บข้อมูลด้วยระบบดังกล่าวแล้ว ระบบนี้ยังสามารถนำสัญญาณภาพที่ได้จากกล้องวีดิทัศน์บันทึกลงบนแถบวีดิทัศน์เพื่อสร้างภาพโทโมกราฟีในภายหลัง ซึ่งเป็นข้อดีของเทคนิคโทรทัศน์

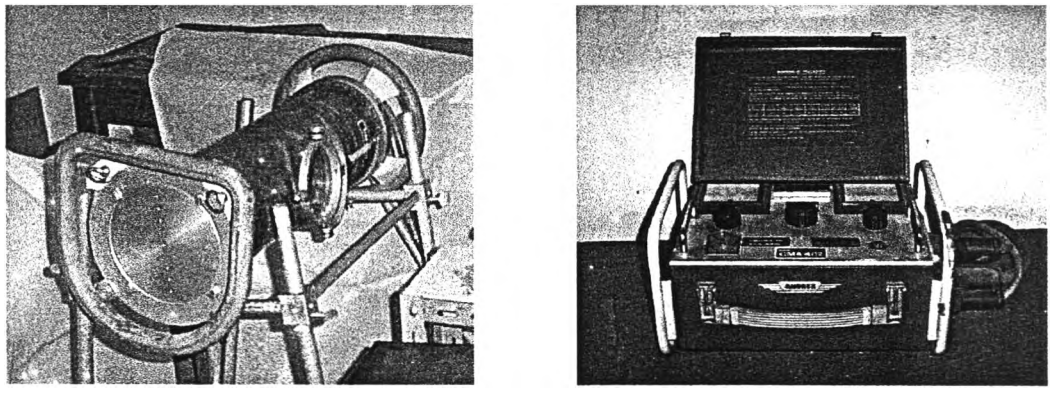
จากหลักการข้างต้นสามารถแบ่งการทำงานของระบบออกได้เป็น 3 ส่วน คือ ระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ ระบบหมุนวัตถุตัวอย่าง และไมโครคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมสั่งการในการเก็บข้อมูล

3.2.1 ระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์

ระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์เป็นระบบเก็บข้อมูลภาพถ่ายด้วยรังสีของวัตถุและสร้างสัญญาณภาพสำหรับส่งไปแสดงผลบนไมโครคอมพิวเตอร์หรือเก็บลงเครื่องวีดิทัศน์ ส่วนประกอบของระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์มีดังนี้

3.2.1.1 เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์

เครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ในงานวิจัยนี้เป็นเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ที่ใช้สำหรับงานถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ในทางอุตสาหกรรม สามารถปรับแรงดันไฟฟ้าสูงสุดได้ในช่วง 60 ถึง 200 กิโลโวลต์ ปรับกระแสได้สูงสุดไม่เกิน 8 มิลลิแอมแปร์ และตั้งเวลาเปิดเครื่องได้สูงสุด 12 นาทีต่อครั้ง ภาพของหลอดกำเนิดรังสีเอกซ์และชุดควบคุม แสดงดังในรูปที่ 3.2



หลอดกำเนิดรังสีเอกซ์ **ชุดควบคุมต้นกำเนิดรังสีเอกซ์**

รูปที่ 3.2 หลอดกำเนิดรังสีเอกซ์และชุดควบคุม

3.2.1.2 ฉากเรืองรังสี (Fluorescent screen)

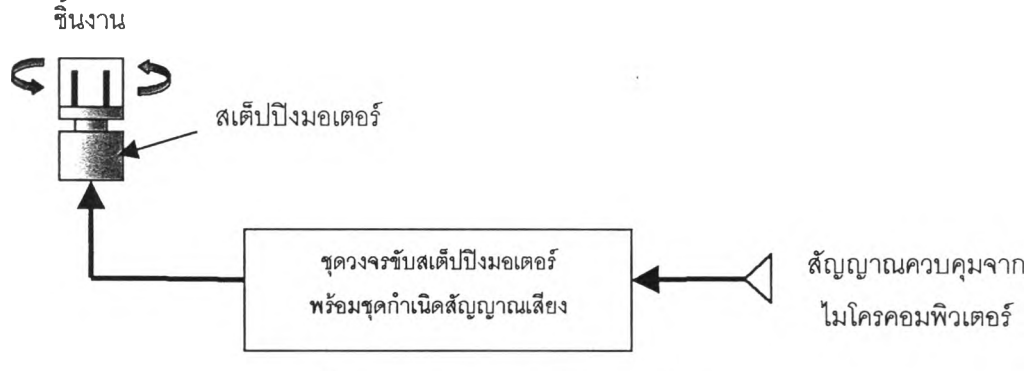
ฉากเรืองรังสี[7] สำหรับงานวิจัยนี้เป็นฉากชนิดซิงก์ซัลไฟด์ เมื่อรังสีเอกซ์ที่ทะลุผ่านวัตถุตัวอย่างมาตกกระทบ สารเรืองรังสีจะถูกกระตุ้นและปล่อยแสงออกมา แสงจากฉากเรืองรังสีจะมีความยาวคลื่น 450 นาโนเมตร การเกิดภาพบนฉากเรืองรังสีอาศัยความแตกต่างของปริมาณรังสีที่ทะลุผ่านวัตถุที่ตกกระทบ โดยจุดที่มีความเข้มของรังสีมากความเข้มของแสงบนฉากเรืองรังสีก็จะสูง (สว่าง) แต่ถ้าความเข้มของรังสีที่ตกกระทบน้อยความเข้มของแสงก็จะต่ำ (มืด)

3.2.1.3 ระบบถ่ายภาพ

สำหรับงานวิจัยนี้ใช้กล้องวีดิทัศน์ชนิดซีซีดี (Charge-Coupled Device; CCD) รับภาพจากฉากเรืองรังสีผ่านทางกระจกเงาสะท้อนภาพ สาเหตุที่ไม่ใช้กล้องถ่ายภาพฉากเรืองรังสีโดยตรงก็เพื่อป้องกันไม่ให้อุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่อยู่ในตัวกล้องได้รับรังสีโดยตรง เพราะอาจทำให้ได้รับความเสียหายได้ จึงใช้กระจกเงาเอียงทำมุม 45 องศา สะท้อนภาพจากฉากเรืองรังสีมายังกล้องวีดิทัศน์ ภาพดังกล่าวจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณภาพโดยกล้องวีดิทัศน์แล้วส่งสัญญาณภาพไปแสดงบนจอภาพ ระบบถ่ายภาพทั้งหมดประกอบอยู่ในกล่องทึบแสงรูปตัวแอล (L-Box) ภายในทาสีดำเพื่อป้องกันแสงรบกวนจากภายนอก

3.2.2 ระบบหมุนวัตถุตัวอย่าง

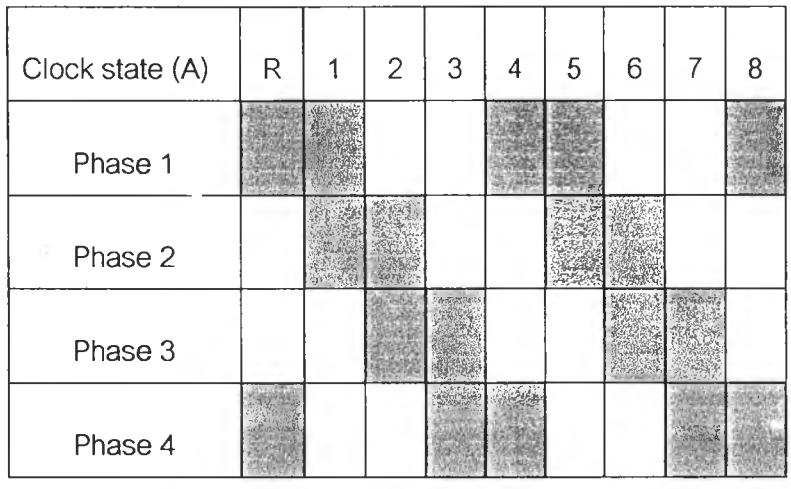
ระบบหมุนวัตถุตัวอย่าง เป็นระบบที่ใช้หมุนวัตถุด้วยสเต็ปปิงมอเตอร์ (Stepping Motor) โดยสั่งการหมุนผ่านทางพอร์ตเครื่องพิมพ์ของไมโครคอมพิวเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แผนภาพระบบหมุนวัตถุตัวอย่าง

3.2.2.1 สเต็ปปิงมอเตอร์

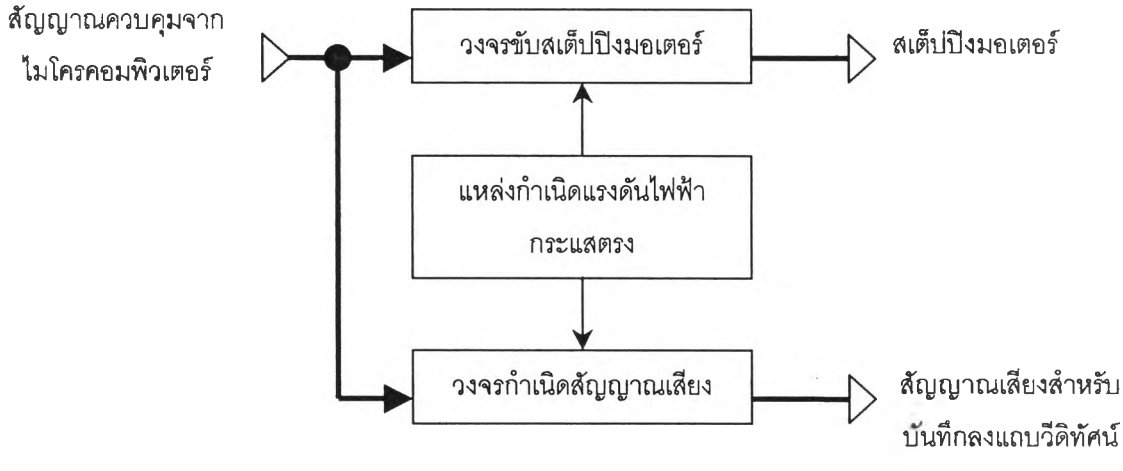
สเต็ปปิงมอเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นแบบ 4 เฟส ความละเอียดในการหมุนเท่ากับ 1.8 องศาต่อสเต็ป ต้องการแหล่งกำเนิดแรงดันขนาด 6 โวลต์ และใช้กระแส 1.2 แอมแปร์ต่อเฟส การจ่ายกระแสให้แก่เฟสต่าง ๆ เป็นแบบการกระตุ้นสองเฟส (two phase excitation หรือ full step) โดยให้วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์จ่ายกระแสให้แก่ขดลวดของสเต็ปปิงมอเตอร์ทีละสองเฟสโดยเรียงลำดับกันตามรูปที่ 3.4 การขับสเต็ปปิงมอเตอร์ด้วยวิธีนี้จะทำให้ได้แรงบิดที่สูงขึ้น



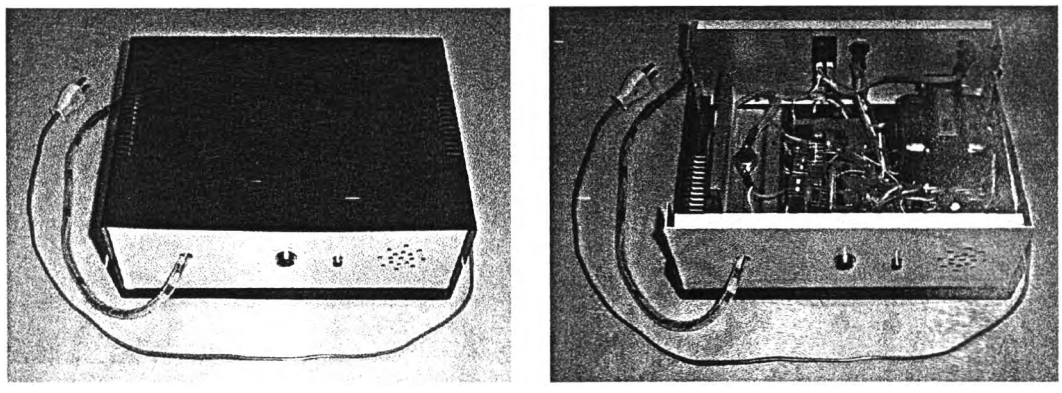
รูปที่ 3.4 ลำดับการกระตุ้นสองเฟส

3.2.2.2 ชุดวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์พร้อมชุดกำเนิดสัญญาณเสียง

วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ถูกออกแบบให้จ่ายกระแสแก่สเต็ปปิงมอเตอร์ตามสัญญาณควบคุมจากไมโครคอมพิวเตอร์ ในขณะเดียวกันวงจรกำเนิดสัญญาณเสียงจะสร้างสัญญาณเสียงสั้น ๆ สำหรับบอกจังหวะการหมุนของสเต็ปปิงมอเตอร์ และมีแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงป้อนไฟเลี้ยงให้แก่ทั้งสองวงจร แผนภาพการทำงานและภาพของวงจรขับสเต็ปปิง-มอเตอร์และกำเนิดสัญญาณเสียงแสดงดังรูปที่ 3.5 และ 3.6 ตามลำดับ



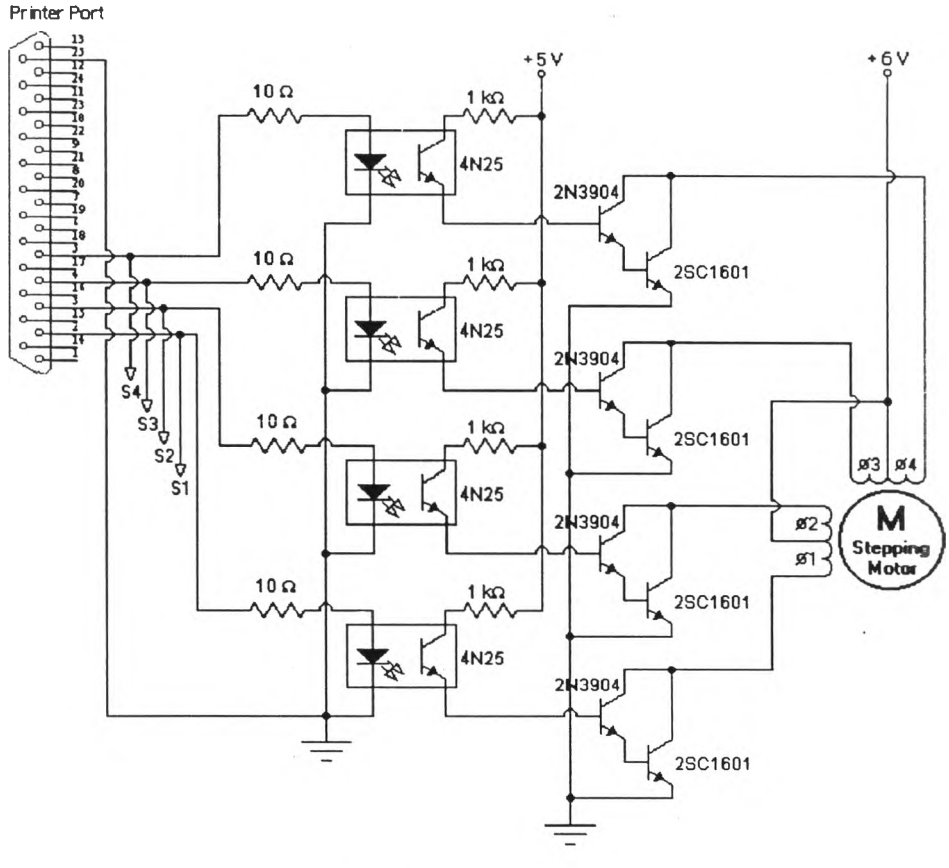
รูปที่ 3.5 แผนภาพการทำงานของวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์และวงจรกำเนิดสัญญาณเสียง



รูปที่ 3.6 วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์และวงจรกำเนิดสัญญาณเสียง

3.2.2.2.1 **วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์**

วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์เป็นวงจรสำหรับจ่ายกระแสไฟเพื่อกระตุ้นขดลวดของสเต็ปปิงมอเตอร์ตามสัญญาณควบคุมที่ส่งมาจากไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตเครื่องพิมพ์ รายละเอียดของวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์แสดงดังรูปที่ 3.7

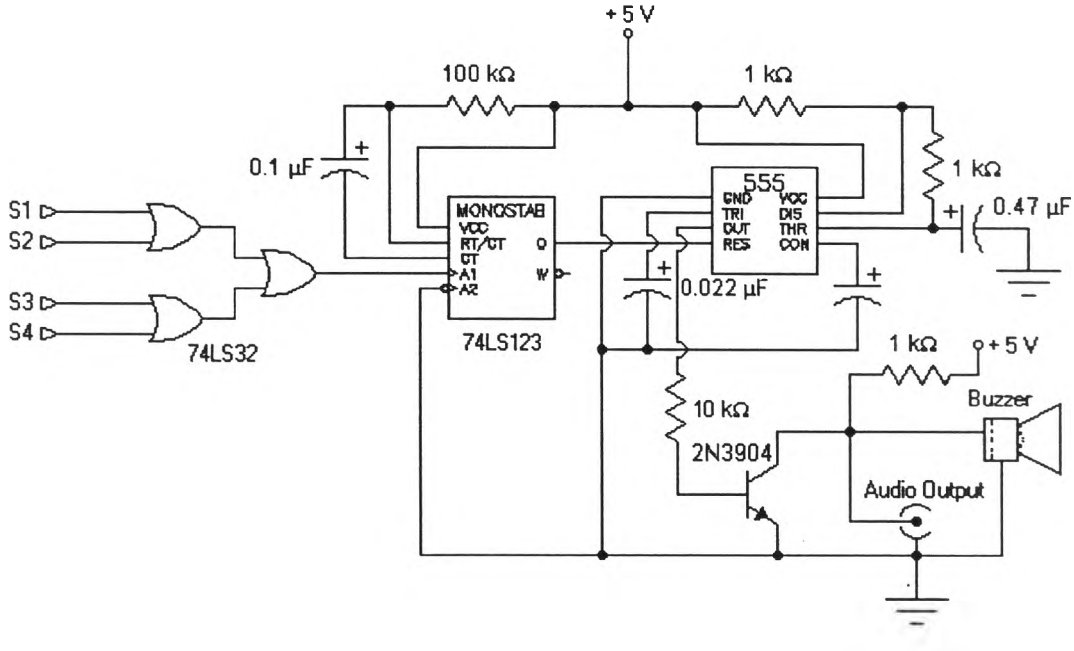


รูปที่ 3.7 วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์

หลักการของวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์มีดังนี้ ในการควบคุมจะใช้สัญญาณควบคุมจากไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้ขาสัญญาณ D_0 D_1 D_2 และ D_3 ของพอร์ตเครื่องพิมพ์ โดยส่งสัญญาณควบคุมไปยัง เฟส1 เฟส2 เฟส3 และเฟส4 ของวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์แยกกันตามลำดับ สายจากขาสัญญาณแต่ละเฟสถูกต่อเข้ากับไอซีออปโตหมายเลข 4N25 โดยมีความต้านทานขนาด 10 โอห์มเป็นตัวควบคุมกระแสขาเข้าออปโต ซึ่งมีหน้าที่แยกวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์กับไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อป้องกันผลกระทบในกรณีที่วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์เกิดปัญหาที่จะส่งผลต่อไมโครคอมพิวเตอร์ เมื่อมีสัญญาณสั่งหมุนมาที่ออปโต ไดโอดเปล่งแสงภายในออปโตจะทำให้ทรานซิสเตอร์ภายในออปโตทำงาน และทรานซิสเตอร์ภายในออปโตจะขับให้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3904 และ 2SC1601 ทำงานจ่ายกระแสให้แก่ขดลวดของสเต็ปปิงมอเตอร์

3.2.2.2.2 **วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง**

วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงเป็นวงจรสร้างสัญญาณความถี่ช่วงสั้น ๆ ป้อนให้แก่ลำโพงทำให้เกิดเสียงขึ้นโดยจะสร้างสัญญาณเสียงเมื่อมีสัญญาณควบคุมเข้ามายังวงจรกำเนิดสัญญาณเสียงแสดงในรูปที่ 3.8



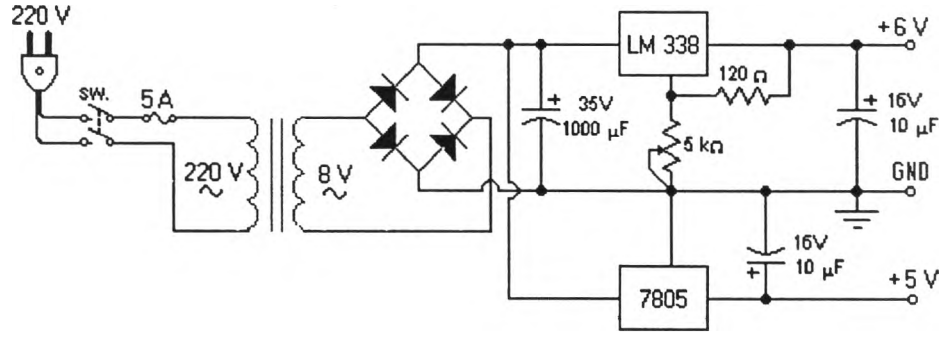
รูปที่ 3.8 วงจรกำเนิดสัญญาณเสียง

หลักการทำงานของวงจรกำเนิดสัญญาณเสียง เมื่อมีสัญญาณควบคุมมาจากไมโครคอมพิวเตอร์ (สัญญาณ S1 S2 S3 หรือ S4) วงจรกำเนิดสัญญาณเสียงจะอาศัยไอซีเบอร์ 74LS32 ตรวจสอบสัญญาณควบคุม เมื่อตรวจพบสัญญาณจะส่งลอจิก " 1 " ไปยังวงจรโมโน-

สเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ ซึ่งใช้ไอซีเบอร์ 74LS123 เป็นตัวสร้างสัญญาณพัลส์สั้น ๆ ประมาณ 1 วินาทีไปเปิดให้วงจรอะสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์ สร้างสัญญาณไฟฟ้าความถี่ประมาณ 1 กิโลเฮิรตซ์ แล้วส่งสัญญาณความถี่ดังกล่าวไปป้อนให้ทรานซิสเตอร์ทำงาน ทรานซิสเตอร์จะขับให้ลำโพงเกิดเสียงบี๊บสั้น ๆ เพื่อบอกจังหวะการหมุน และจากสัญญาณไฟฟ้าดังกล่าวสามารถต่อเข้ากับขั้วสัญญาณเสียงขาเข้า (Audio Input) ของเครื่องวีดิทัศน์เพื่อทำการบันทึกเก็บลงแถบวีดิทัศน์ สัญญาณเสียงที่บันทึกไว้นี้มีประโยชน์ในการบอกถึงจังหวะการหมุนของสเต็ปปิงมอเตอร์เพื่อการเก็บข้อมูลของภาพจากเครื่องวีดิทัศน์

3.2.2.2.3 **แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง**

แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงเป็นวงจรที่ทำหน้าที่แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรงตามขนาดแรงดันที่ต้องการเพื่อจ่ายให้แก่อุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบหมุนวัตถุ สำหรับงานวิจัยนี้แหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงจะสร้างแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 6 โวลต์เพื่อจ่ายให้สเต็ปปิงมอเตอร์ และ 5 โวลต์เพื่อจ่ายให้อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่น ๆ วงจรแหล่งกำเนิดแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแสดงดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 วงจรแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรง

การทำงานของวงจรอาศัยหม้อแปลงไฟฟ้า ในการลดแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับจาก 220 โวลต์ไปเป็น 8 โวลต์ จากนั้นวงจรบริดจ์แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีตัวเก็บประจุทำหน้าที่กรองแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงให้เรียบขึ้น ในการสร้างแรงดันไฟฟ้าขนาด 6 โวลต์ ออกแบบโดยใช้ไอซีเบอร์ LM 338 ซึ่งสามารถปรับค่าแรงดันไฟฟ้าขาออกได้โดยการปรับค่าความต้านทานขนาด 5 กิโลโอห์ม แรงดันสำหรับงานวิจัยนี้ปรับไว้ที่ 6 โวลต์ตามขนาดของแรงดันที่สเต็ปปิงมอเตอร์ต้องการ สำหรับแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์ใช้ไอซีเบอร์ 7805 ซึ่งจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงด้านบวกขนาด 5 โวลต์สำหรับจ่ายให้แก่อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ในระบบ

3.2.3 ไมโครคอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของระบบ

ไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ใช้หน่วยประมวลผลกลาง AMD 700 MHz หน่วยความจำชั่วคราว (RAM) ขนาด 64 Mbytes พร้อมทั้งแผ่นวงจรแปลงสัญญาณ (Video capture card) เลือกใช้ชนิด TV BOX รุ่น 878BTV โดยไมโครคอมพิวเตอร์มีหน้าที่ แสดงภาพจากระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์ ควบคุมการหมุนของสเต็ปปิงมอเตอร์ และเก็บข้อมูลด้วยเทคนิคการรวมเฟรม

3.2.3.1 การแสดงภาพจากระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์

ภาพที่ได้จากระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์จะถูกส่งไปแสดงบนจอภาพของไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านทางโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โปรแกรมดังกล่าวใช้สำหรับควบคุมการทำงานของแผ่นวงจรแปลงสัญญาณในการแสดงภาพ เมื่อสัญญาณภาพจากกล้องวีดิทัศน์ถูกส่งมายังแผ่นวงจรแปลงสัญญาณจะถูกเปลี่ยนเป็นข้อมูลดิจิตอลและส่งเข้าไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นจะประมวลผลข้อมูลและแสดงภาพจากระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์บนจอภาพ

3.2.3.2 การควบคุมการหมุนของสเต็ปปิงมอเตอร์

การควบคุมการหมุนของสเต็ปปิงมอเตอร์อาศัยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นส่งสัญญาณควบคุมไปยังชุดวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ผ่านทางพอร์ตเครื่องพิมพ์เพื่อสั่งให้สเต็ปปิงมอเตอร์หมุนตามต้องการ โดยโปรแกรมดังกล่าวสามารถทดสอบการหมุนของสเต็ปปิงมอเตอร์ และสามารถควบคุมให้สเต็ปปิงมอเตอร์หมุนได้ด้วยมุมที่ละเอียดสุด 1.8 องศาต่อสเต็ป

3.2.3.3 การเก็บข้อมูลด้วยเทคนิคการรวมเฟรม (Frame Integral Technique)

การเก็บข้อมูลด้วยเทคนิคการรวมเฟรมหมายถึงการเก็บข้อมูลภาพจากระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเอกซ์จำนวนหลาย ๆ ภาพหรือเฟรมมารวมกัน เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความแปรปรวนลดลง ในการเก็บข้อมูลภาพจากภาพที่แสดงบนจอแสดงผลของไมโครคอมพิวเตอร์ จะต้องหยุดภาพและแสดงภาพนิ่งที่ส่งมาจากไดร์เวอร์ของแผ่นวงจรแปลงสัญญาณหนึ่งเฟรมซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่า “การจับภาพ (grab frame)” จากนั้นทำการอ่านข้อมูลจากภาพที่หยุดนิ่ง ข้อมูลที่ได้จะอยู่ในรูปของข้อมูลรหัสสี (color code) ซึ่งเป็นข้อมูลขนาด 32 บิต แสดงค่าของสีในรูปเลขฐานสิบหกดังนี้

รูปแบบของข้อมูลรหัสสี 0x bb gg rr

เมื่อ 0x คือ เลขฐานสิบหก

bb คือ องค์ประกอบค่าสีน้ำเงินมีขนาด 8 บิต

gg คือ องค์ประกอบค่าสีเขียวมีขนาด 8 บิต

rr คือ องค์ประกอบค่าสีแดงมีขนาด 8 บิต

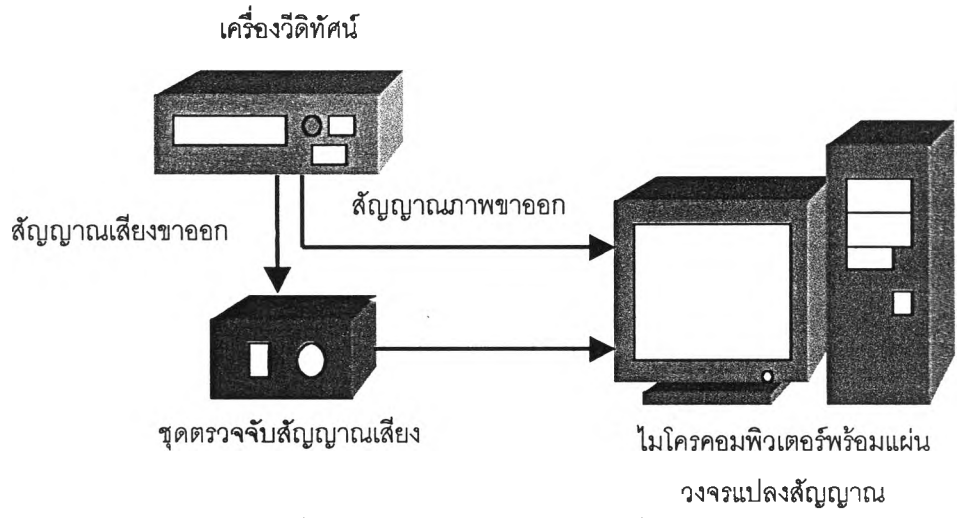
เห็นได้ว่าในข้อมูลรหัสสีประกอบด้วยองค์ประกอบของสีทั้งสามคือ น้ำเงิน เขียว และแดง ซึ่งเป็นข้อมูลเชิงตัวเลขที่จะใช้สำหรับคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี โดยจะดึงจากค่าองค์ประกอบสีใดก็ได้ในสามองค์ประกอบสีนี้ การที่สามารถเลือกองค์ประกอบใดก็ได้นั้นเนื่องมาจากภาพที่ได้จากระบบถ่ายภาพด้วยรังสีเป็นภาพขาวดำซึ่งมีค่าขององค์ประกอบสีทั้งสามเท่ากัน จึงทำให้สามารถเลือกองค์ประกอบสีใดก็ได้ขั้นต่อมาโปรแกรมจะเอาข้อมูลที่ได้เก็บไว้ในตัวแปรชุด (array) ทีละตัวจนข้อมูลครบทุกเรย์ซัม ต่อจากนั้นโปรแกรมจะทำการจับภาพ (grab frame) และดึงข้อมูลจากค่ารหัสสีของภาพอีก ข้อมูลที่ได้มาใหม่จะถูกรวมเข้ากับข้อมูลตำแหน่งเดียวกันที่ได้มาก่อนหน้านี้ในตัวแปรชุดนั้น ๆ จากนั้นจึงดำเนินกระบวนการดังกล่าวซ้ำ ๆ จนได้ข้อมูลตามที่ต้องการ กระบวนการดังกล่าวก็คือ เทคนิคการรวมเฟรมนั่นเอง

ที่กล่าวมาเป็นหลักการทำงานทั้ง 3 ส่วนของระบบเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีโดยใช้ระบบโทรทัศน์ นอกจากการเก็บข้อมูลด้วยระบบข้างต้นซึ่งสามารถเก็บข้อมูลสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีได้ในทันที (real time) แล้วยังสามารถนำภาพถ่ายด้วยรังสีเอกซ์ที่บันทึกไว้บนแถบวีดิทัศน์จากระบบข้างต้นมาสร้างภาพโทโมกราฟีได้ในภายหลัง ในการเก็บข้อมูลจากเครื่องวีดิทัศน์ต้องอาศัยสัญญาณเสียงที่บันทึกไว้เป็นตัวบอกจังหวะการหมุนของวัตถุ เพื่อให้การเก็บข้อมูลจากเครื่องวีดิทัศน์มีความสะดวกจึงพัฒนาระบบเก็บข้อมูลจากเครื่องวีดิทัศน์ให้สามารถทำงานแบบอัตโนมัติโดยใช้ชุดตรวจจับสัญญาณเสียงในการควบคุมจังหวะการเก็บข้อมูลที่โปรเจกชันต่าง ๆ

3.2.4 ระบบเก็บข้อมูลจากเครื่องวีดิทัศน์แบบอัตโนมัติ

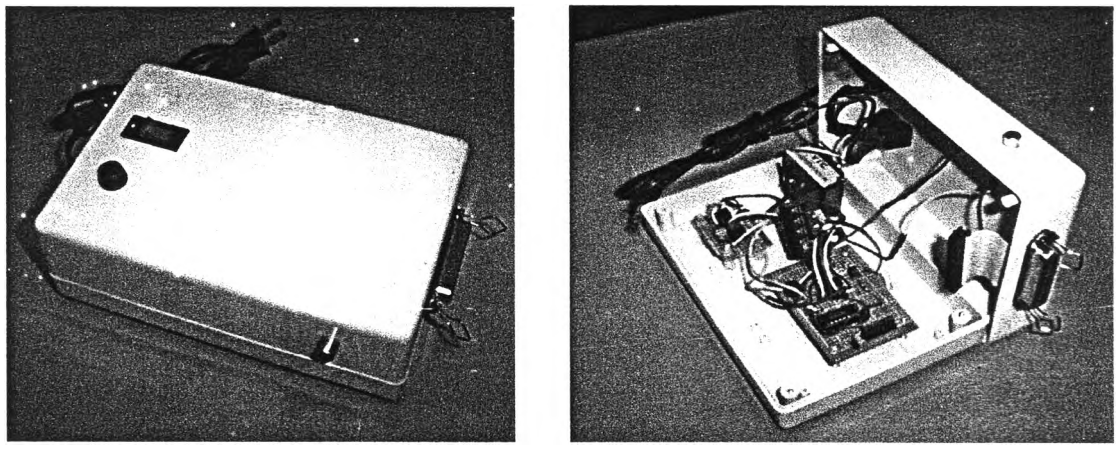
ระบบเก็บข้อมูลจากเครื่องวีดิทัศน์แบบอัตโนมัติประกอบด้วย เครื่องวีดิทัศน์ ชุดตรวจจับสัญญาณเสียง และไมโครคอมพิวเตอร์ดังรูปที่ 3.10 โดยสัญญาณภาพขาออกจากเครื่องวีดิทัศน์จะต่อเข้ากับแผ่นวงจรแปลงสัญญาณของไมโครคอมพิวเตอร์ ส่วนสัญญาณเสียงขาออกจากเครื่องวีดิทัศน์จะต่อไปยังชุดตรวจจับสัญญาณเสียง เมื่อมีสัญญาณเสียงจากเครื่องวีดิทัศน์

เข้ามายังชุดตรวจจับสัญญาณเสียง ชุดตรวจจับสัญญาณเสียงจะสร้างสัญญาณพัลส์ขนาด 5 โวลต์ ส่งไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านทางพอร์ตเครื่องพิมพ์เพื่อบอกถึงการหมุนของวัตถุ จากนั้นโปรแกรมบนไมโครคอมพิวเตอร์จะสั่งให้เก็บข้อมูลโดยอัตโนมัติ



รูปที่ 3.10 ระบบเก็บข้อมูลจากเครื่องวีดิทัศน์

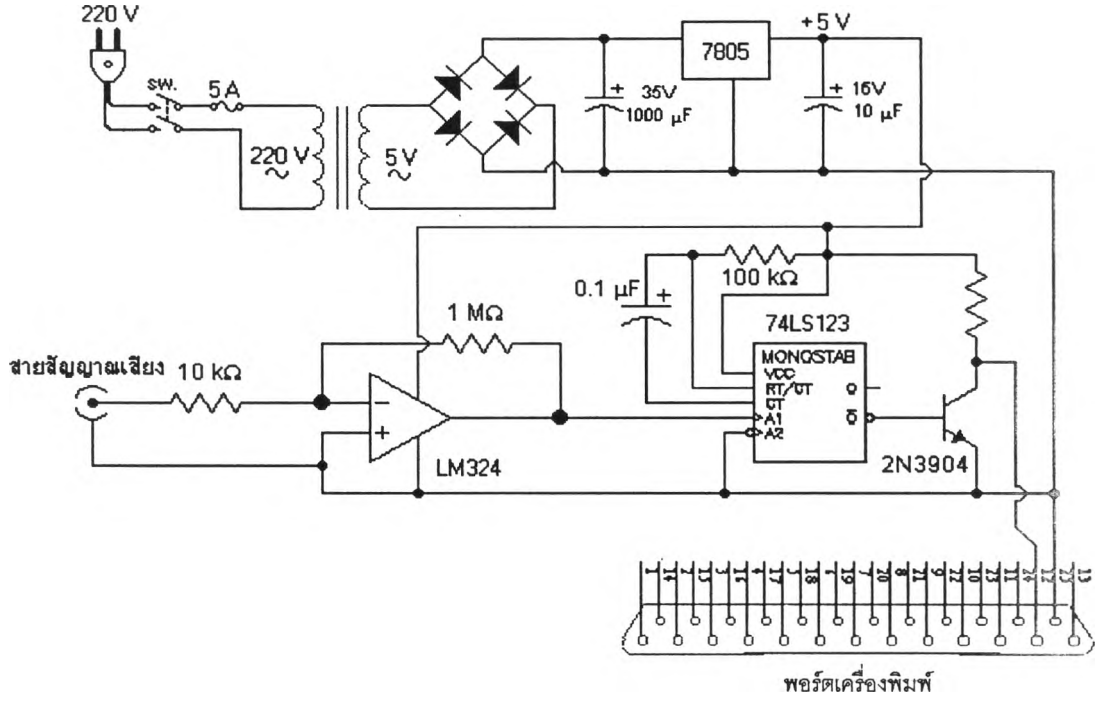
ชุดตรวจจับสัญญาณเสียง เป็นอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในระบบเก็บข้อมูลจากเครื่องวีดิทัศน์ ภาพและวงจรของชุดตรวจจับสัญญาณเสียงแสดงดังรูปที่ 3.11 และ 3.12 ตามลำดับ



รูปที่ 3.11 ชุดตรวจจับสัญญาณเสียง

การทำงานของชุดตรวจจับสัญญาณเสียง เมื่อสัญญาณเสียงเข้ามาที่ชุดตรวจจับสัญญาณเสียง สัญญาณเสียงนั้นจะถูกขยายด้วยไอซีออปแอมป์เบอร์ LM324 จากนั้นสัญญาณที่ถูกขยายจะไปยังชุดโมโนสเตเบิลมัลติไวเบรเตอร์แบบ Retriggerable monostable Multivibrator ที่ใช้ไอซีเบอร์ 74LS123 สร้างสัญญาณพัลส์ที่มีความกว้างของพัลส์ประมาณ 1 วินาที จากสัญญาณพัลส์ที่ขา $\overline{Q}$ ที่ได้จะขับให้ทรานซิสเตอร์เบอร์ 2N3904 ทำงานเกิดสัญญาณพัลส์ที่

ขาคอลเลกเตอร์ของทรานซิสเตอร์ ซึ่งมีขนาด 5 โวลต์ สัญญาณที่ได้จะถูกต่อไปยังขา 12 ของพอร์ตเครื่องพิมพ์ ในการเก็บข้อมูลนั้นโปรแกรมบนไมโครคอมพิวเตอร์จะคอยตรวจดูสัญญาณที่ขา 12 ของพอร์ตเครื่องพิมพ์ ถ้ามีสัญญาณลอจิก " 1 " ที่ขา 12 โปรแกรมจึงจะเก็บข้อมูลในโปรเจกชันนั้น ๆ



รูปที่ 3.12 วงจรของชุดตรวจจับสัญญาณเสียง

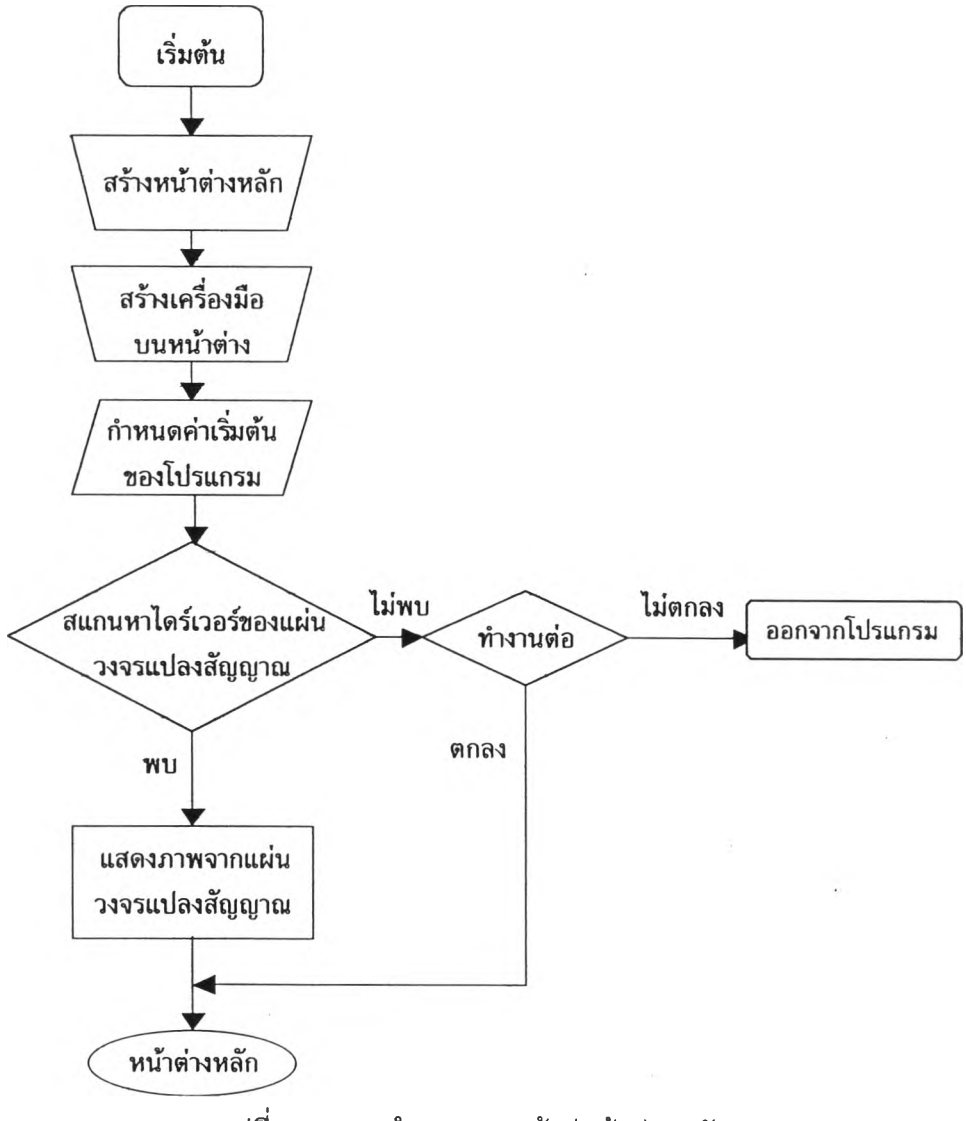
3.3 การพัฒนาโปรแกรมเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี

โปรแกรมเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีเป็นโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นด้วยโปรแกรม Microsoft Visual C++ 6.0 ทำงานบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ การเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมแบ่งการทำงานออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ การเก็บข้อมูลโปรเจกชัน การเก็บข้อมูล dark current การเก็บข้อมูลจากภาพถ่ายด้วยรังสีขณะไม่มีวัตถุตัวอย่าง (V_0) และการคำนวณ Shading correction

3.3.1 การเริ่มต้นโปรแกรมเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรม

การเริ่มต้นโปรแกรมเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมมีลำดับการทำงานตามรูปที่ 3.13 เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน โปรแกรมหลักจะสร้างหน้าต่างหลัก (Main window) พร้อมทั้งเครื่องมือที่ใช้บนหน้าต่างหลัก ไม่ว่าจะเป็น ปุ่มกด กล่องแสดงข้อความ หน้าต่างลูก (Child window) สำหรับ

แสดงภาพจากแผ่นวงจรรับภาพ พื้นที่สำหรับแสดงโปรไฟล์ของข้อมูล เมนูบาร์ ฯลฯ เมื่อได้เครื่องมือครบทุกอย่างแล้ว โปรแกรมจะกำหนดค่าพารามิเตอร์เริ่มต้นต่าง ๆ ที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ได้แก่ จำนวนโปรเจกชัน โปรเจกชันปัจจุบัน จำนวนเฟรมสำหรับการรวมเฟรม เป็นต้น หลังจากที่กำหนดค่าเริ่มต้นจนครบแล้ว โปรแกรมจะสแกนหาไดร์เวอร์ของแผ่นวงจรแปลงสัญญาณ ถ้าพบไดร์เวอร์ โปรแกรมก็จะแสดงภาพจากแผ่นวงจรแปลงสัญญาณบนหน้าต่างลูกสำหรับแสดงภาพ แล้วโปรแกรมจะรอการสั่งการต่อไปที่หน้าต่างหลักดังรูปที่ 3.14 แต่หากไม่พบไดร์เวอร์โปรแกรมจะแสดงกล่องข้อความให้เลือกว่าจะทำงานต่อหรือไม่ ถ้าเลือก "Continue" โปรแกรมจะรอการสั่งการที่หน้าต่างหลักโดยไม่สามารถแสดงภาพจากแผ่นวงจรรับภาพได้ และถ้าเลือก "Exit" โปรแกรมจะปิดหน้าต่างทั้งหมดพร้อมกับออกจากโปรแกรม

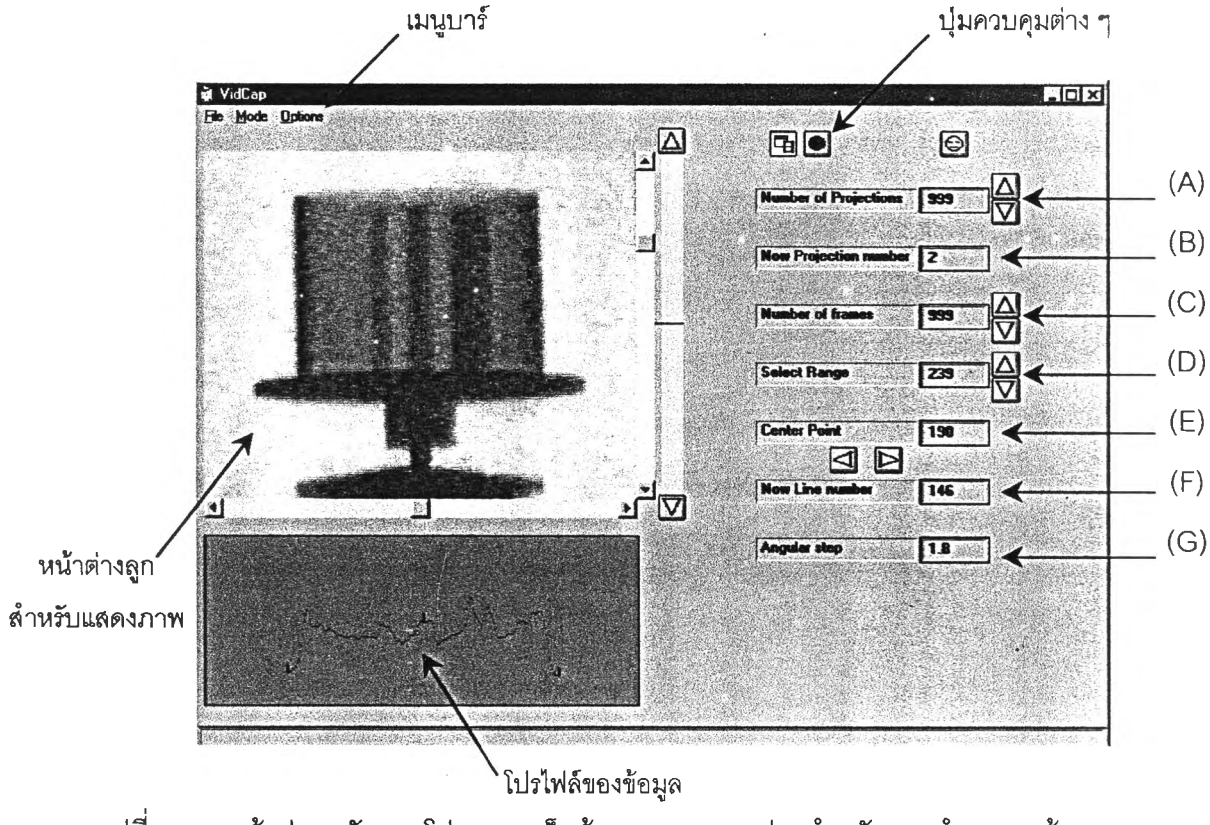


รูปที่ 3.13 การทำงานขณะเข้าสู่หน้าต่างหลัก

หลังจากเข้าสู่โปรแกรมเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมแล้ว โปรแกรมจะแสดงหน้าต่างหลัก ซึ่งประกอบด้วยเมนูบาร์ใช้สำหรับสั่งการและเลือกการทำงานในรูปแบบต่าง ๆ กล่องข้อความด้านขวาของหน้าต่างหลักจะแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรม ปุ่มควบคุมต่าง ๆ จะใช้ในการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์บางตัวที่แสดงในกล่องข้อความ บริเวณด้านซ้ายล่างของหน้าต่างหลักเป็นบริเวณที่แสดงโปรไฟล์ของข้อมูลในตำแหน่งที่ถูกเลือก และในบริเวณด้านซ้ายของหน้าต่างหลักเป็นหน้าต่างลูกที่แสดงภาพจากแผ่นวงจรรับภาพโดยสามารถจะหยุดภาพหรือให้ภาพเคลื่อนที่ได้ด้วยปุ่ม บนหน้าต่างหลัก

3.3.2 ค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ สำหรับการเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรม

การเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมจำเป็นต้องกำหนดตำแหน่งที่จะสร้างภาพโทโมกราฟี จำนวนเฟรมสำหรับการรวมเฟรม และจำนวนโปรเจกชัน ในการกำหนดค่าพารามิเตอร์เหล่านี้เมื่อตอนเริ่มเข้าโปรแกรมได้มีการกำหนดค่าเริ่มต้นไว้ก่อนแล้ว แต่ยังสามารถเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ปุ่มควบคุมค่าพารามิเตอร์ ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในโปรแกรมแสดงดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 หน้าต่างหลักของโปรแกรมเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี

พารามิเตอร์ (A) เป็นจำนวนโปรเจกชันในการเก็บข้อมูลสามารถปรับค่าได้ การกำหนดจำนวนโปรเจกชันต้องกำหนดให้ได้ข้อมูลที่ไม่ต่ำกว่าครึ่งรอบของการหมุน (หรือจำนวนโปรเจกชัน x ขนาดของมุม ≥ 180 องศา) เพื่อป้องกันปัจจัยที่เกิดจากจำนวนการสแกนเก็บข้อมูลโปรไฟล์ที่ไม่เพียงพอตามทฤษฎีในบทที่ 2

พารามิเตอร์ (B) เป็นค่าโปรเจกชันในขณะนั้นซึ่งจะเปลี่ยนแปลงเองตามจังหวะการเก็บข้อมูล

พารามิเตอร์ (C) เป็นจำนวนเฟรมที่ใช้ในการรวมเฟรมสามารถกำหนดค่าได้

พารามิเตอร์ (D) เป็นจำนวนเรย์ซัมต่อโปรเจกชันมีจำนวนเป็นเลขคี่เสมอและสามารถกำหนดค่าได้ การกำหนดจำนวนเรย์ซัมต้องให้จำนวนเรย์ซัมครอบคลุมวัตถุในทุก ๆ โปรเจกชัน

พารามิเตอร์ (E) เป็นตำแหน่งกึ่งกลางของการเก็บข้อมูลซึ่งต้องตั้งให้อยู่จุดกึ่งกลางของการหมุน เพื่อป้องกันปัจจัยที่เกิดจากความคลาดจุดหมุนขึ้นตามทฤษฎีในบทที่ 2

พารามิเตอร์ (F) เป็นตำแหน่งแถวของการเก็บข้อมูล ตำแหน่งแถวจะเลือกโดยปุ่มบนเคอร์เซอร์ด้านขวาของหน้าต่างลูกสำหรับแสดงภาพ

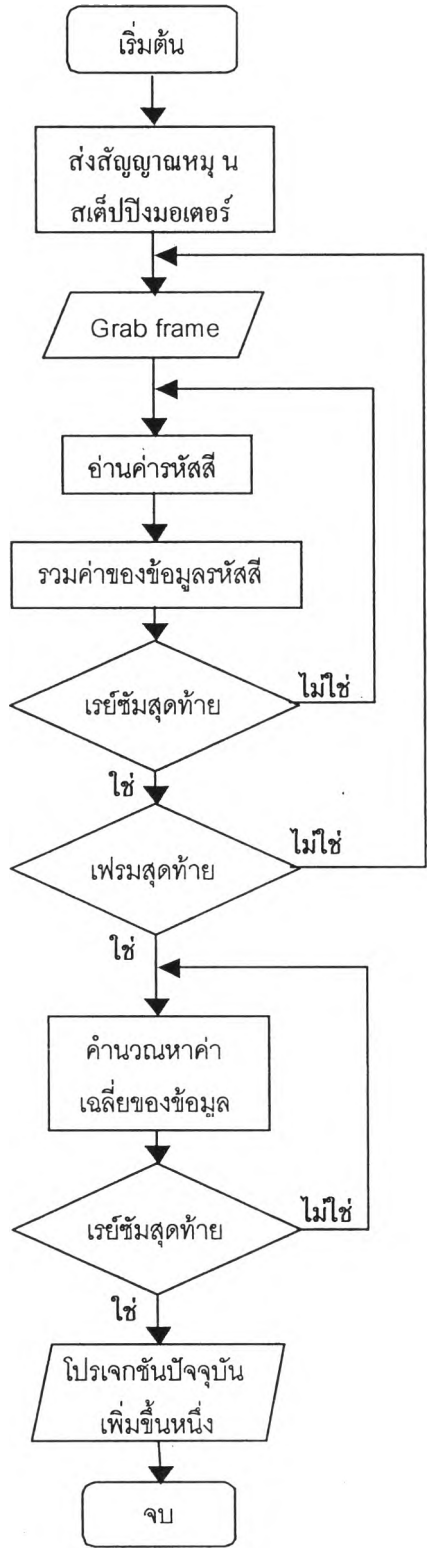
พารามิเตอร์ (G) เป็นขนาดของมุมที่หมุนวัตถุแต่ละสเต็ปในการเก็บข้อมูลในงานวิจัยนี้ใช้ขนาด 1.8 องศาตามความละเอียดสูงสุดที่สเต็ปปิงมอเตอร์สามารถทำได้

3.3.3 โปรแกรมเก็บข้อมูลโปรไฟล์

การเก็บข้อมูลโปรไฟล์สามารถเก็บได้ 2 วิธี คือ การเก็บข้อมูลจากกล้องวีดิทัศน์โดยตรง (Real time mode) และการเก็บข้อมูลจากเครื่องวีดิทัศน์ (Video mode) ด้วยโปรแกรมเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมสำหรับการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีที่พัฒนาขึ้น การเก็บข้อมูลโปรไฟล์ทั้ง 2 วิธี ยังสามารถเก็บได้ทั้งแบบดำเนินการเอง และแบบอัตโนมัติ ซึ่งแต่ละแบบมีการทำงานดังต่อไปนี้

3.3.3.1 โปรแกรมเก็บข้อมูลโปรไฟล์จากกล้องวีดิทัศน์โดยตรงแบบดำเนินการเอง

โปรแกรมเก็บข้อมูลแบบนี้อาศัยการเก็บข้อมูลโปรไฟล์โดยตรงจากกล้องวีดิทัศน์และสามารถเก็บข้อมูลได้ทีละหนึ่งโปรเจกชันโดยกดปุ่ม ข้อมูลในแต่ละโปรเจกชันจะถูกเก็บไว้ในหน่วยความจำชั่วคราว เมื่อเก็บข้อมูลโปรไฟล์จนครบแล้วจึงสามารถบันทึกข้อมูลดังกล่าวลงบนฮาร์ดดิสก์ได้ การทำงานของโปรแกรมเก็บข้อมูลจากกล้องโทรทัศน์โดยตรงแบบดำเนินการเองหนึ่งโปรเจกชันเป็นไปดังรูปที่ 3.15



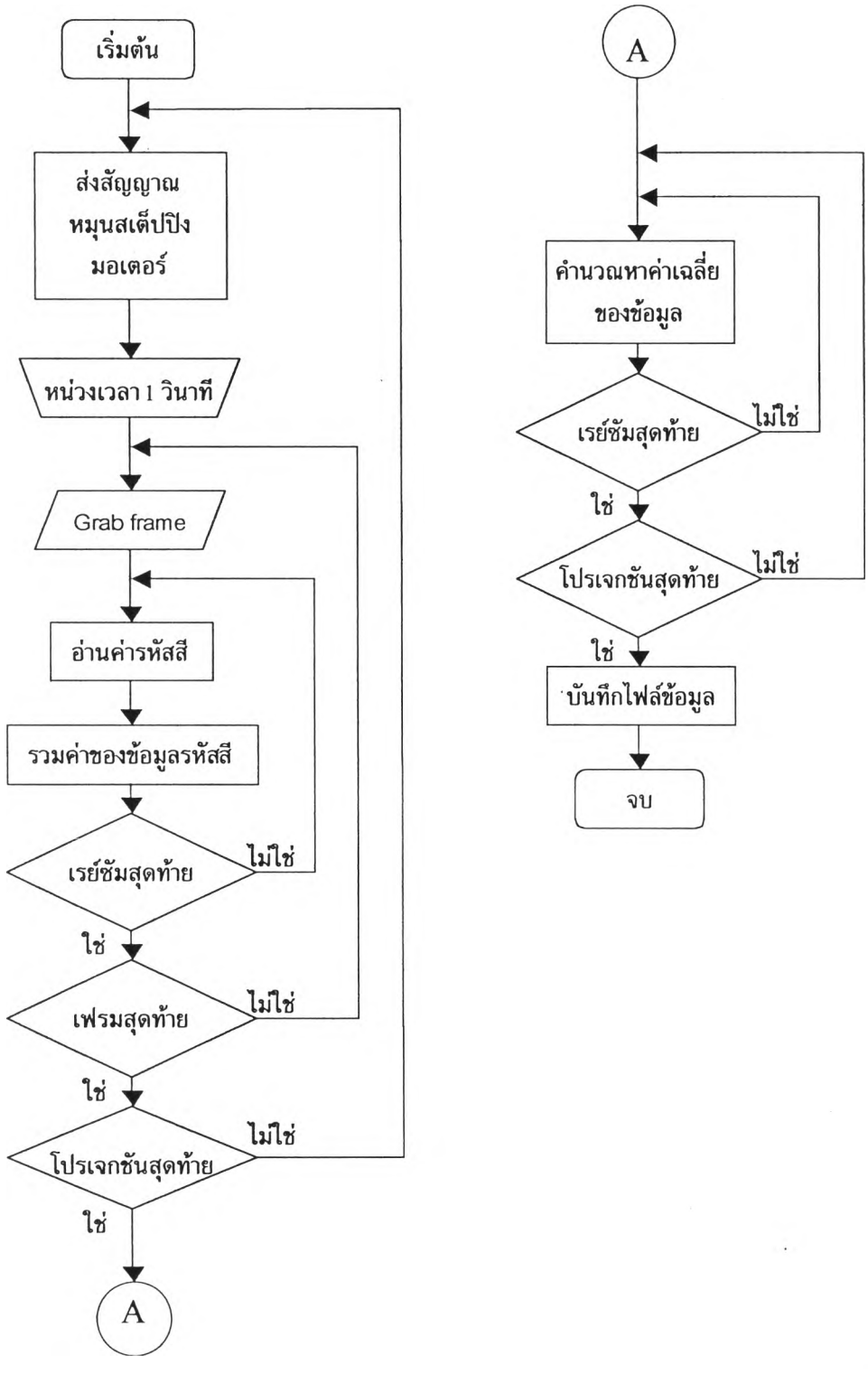
รูปที่ 3.15 แผนผังการทำงานของโปรแกรมเก็บข้อมูลโปรไฟล์จากกล้องวีดิทัศน์โดยตรงแบบดำเนินการเอง

การทำงานของโปรแกรม เมื่อมีการกดปุ่ม โปรแกรมจะส่งสัญญาณพัลส์ออกทางพอร์ตเครื่องพิมพ์เพื่อให้สเต็ปปิงมอเตอร์หมุนหนึ่งขั้น การส่งสัญญาณพัลส์จะเป็นไปตามจังหวะการกระตุ้นขดลวดดังที่อธิบายไว้ในหัวข้อ 3.2.2.1 หลังจากส่งสัญญาณแล้วโปรแกรมจะหยุดรอประมาณหนึ่งวินาทีเพื่อให้ฉากเรืองรังสีตอบสนองต่อรังสีที่เปลี่ยนไปได้ทัน ต่อมาโปรแกรมจะจับภาพ และอ่านข้อมูลจากค่ารหัสสีของภาพ ณ ตำแหน่งที่ระบุไว้ในค่าพารามิเตอร์ ข้อลที่ได้จะถูกเก็บไว้ในตัวแปรชุดสองมิติทีละตัวจนครบทุกเรย์ซัม จากนั้นโปรแกรมจะจับภาพ และอ่านข้อมูลจากค่ารหัสสีของภาพอีกครั้ง ข้อมูลที่ได้มาใหม่จะถูกนำเข้าไปรวมกับข้อมูล ณ ตำแหน่งเดียวกันกับที่เก็บมาก่อนหน้านี้ในตัวแปรชุดสองมิติ โปรแกรมจะดำเนินกระบวนการดังกล่าวซ้ำ ๆ จนครบตามจำนวนเฟรมที่ตั้งไว้ ข้อมูลที่ได้จะถูกนำไปคำนวณเพื่อหาค่าเฉลี่ย สาเหตุที่ต้องหาค่าเฉลี่ยก็เพื่อป้องกันปัญหาที่เกิดจากการคำนวณ Shading correction เมื่อใช้จำนวน เฟรมในการเก็บข้อมูล dark current หรือ ข้อมูลจากภาพถ่ายด้วยรังสีขณะไม่มีชิ้นงาน (V_0) หรือข้อมูลโปรไฟล์ไม่เท่ากัน หลังจากที่คำนวณหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลแบบรวมเฟรมจนครบทุกตำแหน่งแล้ว โปรแกรมจึงจะเพิ่มค่าโปรเจกชันขึ้นหนึ่งโปรเจกชันและจบโปรแกรมย่อยพร้อมกับรอการเก็บข้อมูลในโปรเจกชันถัดไป

3.3.3.2 **โปรแกรมเก็บข้อมูลโปรไฟล์จากกล้องวีดิทัศน์โดยตรงแบบอัตโนมัติ**

โปรแกรมเก็บข้อมูลแบบนี้อาศัยการเก็บข้อมูลโปรไฟล์โดยตรงจากกล้องวีดิทัศน์และเก็บข้อมูลแบบอัตโนมัติ โดยสั่งการทำงานผ่านทางปุ่ม โปรแกรมสามารถเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมในตำแหน่งที่ตั้งไว้ทุกโปรเจกชันอย่างอัตโนมัติ การทำงานของโปรแกรมเก็บข้อมูลจากกล้องวีดิทัศน์โดยตรงแบบอัตโนมัติเป็นไปดังรูปที่ 3.16

การทำงานของโปรแกรม เมื่อมีการกดปุ่ม โปรแกรมจะส่งสัญญาณพัลส์ออกทางพอร์ตเครื่องพิมพ์เพื่อให้หมุนสเต็ปปิงมอเตอร์หนึ่งสเต็ป แล้วโปรแกรมจะหยุดรอประมาณหนึ่งวินาทีเพื่อให้ฉากเรืองรังสีตอบสนองได้ทันต่อปริมาณรังสีที่เปลี่ยนไป ขั้นต่อมาโปรแกรมจะทำการจับภาพ และนำข้อมูลค่ารหัสสีของภาพ ณ ตำแหน่งที่เลือกตามค่าพารามิเตอร์มาคำนวณหาค่าผลรวมของข้อมูลในแต่ละจุดภาพ (เทคนิคการรวมเฟรม) เมื่อได้ข้อมูลจากการรวมเฟรมครบทุกเรย์ซัมในหนึ่งโปรเจกชันแล้ว โปรแกรมจะส่งสัญญาณให้หมุนสเต็ปปิงมอเตอร์อีกครั้ง โดยจะทำกระบวนการเหล่านี้ซ้ำ ๆ จนกระทั่งได้ข้อมูลครบทุกโปรเจกชัน แล้วโปรแกรมจะแสดงไดอะล็อกขึ้นเพื่อบันทึกไฟล์ข้อมูลโปรไฟล์ทั้งหมดจึงสิ้นสุดการทำงานของโปรแกรม



รูปที่ 3.16 แผนผังการทำงานของโปรแกรมเก็บข้อมูลโปรไฟล์จากกล้องวีดิทัศน์โดยตรงแบบอัตโนมัติ

3.3.3.3 โปรแกรมเก็บข้อมูลโปรไฟล์จากเครื่องวีดิทัศน์แบบดำเนินการเอง

โปรแกรมเก็บข้อมูลแบบนี้อาศัยการเก็บข้อมูลโปรเจกชันจากเครื่องวีดิทัศน์ในแบบดำเนินการเองโดยการกดปุ่ม โปรแกรมสามารถเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมในตำแหน่งที่เลือกไว้ได้ครั้งละหนึ่งโปรเจกชัน การทำงานของโปรแกรมเก็บข้อมูลจากเครื่องวีดิทัศน์แบบดำเนินการเองเป็นไปดังรูปที่ 3.17 การทำงานโดยรวมของโปรแกรมจะเหมือนกับโปรแกรมเก็บข้อมูลจากกล้องวีดิทัศน์โดยตรงแบบดำเนินการเองแตกต่างกันที่โปรแกรมเก็บข้อมูลจากเครื่องวีดิทัศน์แบบดำเนินการเองจะไม่มีการส่งสัญญาณหมุนไปยังวงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์ ในการเก็บข้อมูลจากเครื่องวีดิทัศน์จะอาศัยสัญญาณเสียงที่บันทึกไว้เป็นตัวบอกจังหวะสำหรับเก็บข้อมูลในโปรเจกชันแต่ละโปรเจกชัน

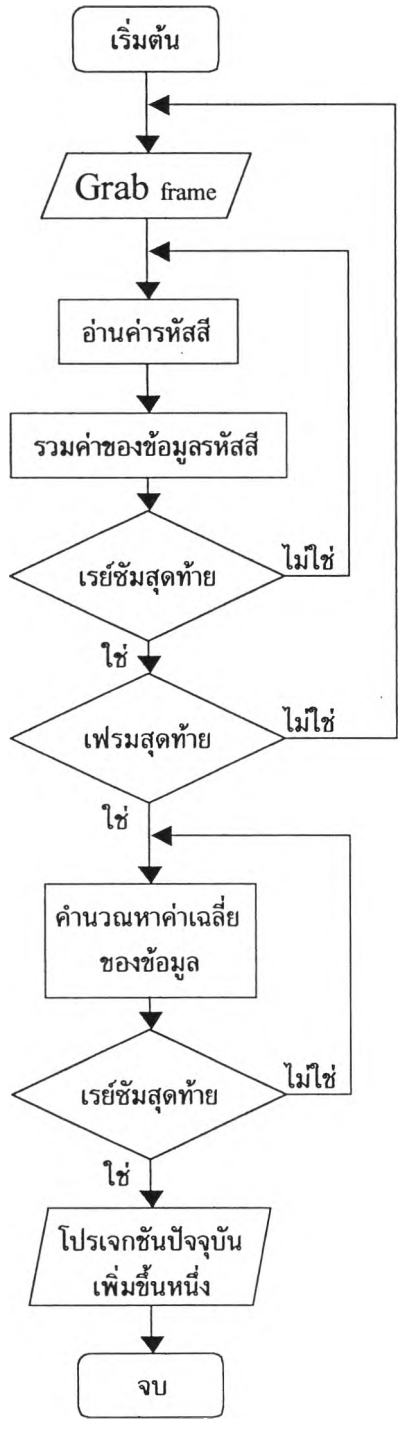
3.3.3.4 โปรแกรมเก็บข้อมูลจากเครื่องวีดิทัศน์แบบอัตโนมัติ

โปรแกรมเก็บข้อมูลแบบนี้อาศัยการเก็บข้อมูลโปรไฟล์ชันจากเครื่องวีดิทัศน์ในแบบอัตโนมัติโดยการกดปุ่ม

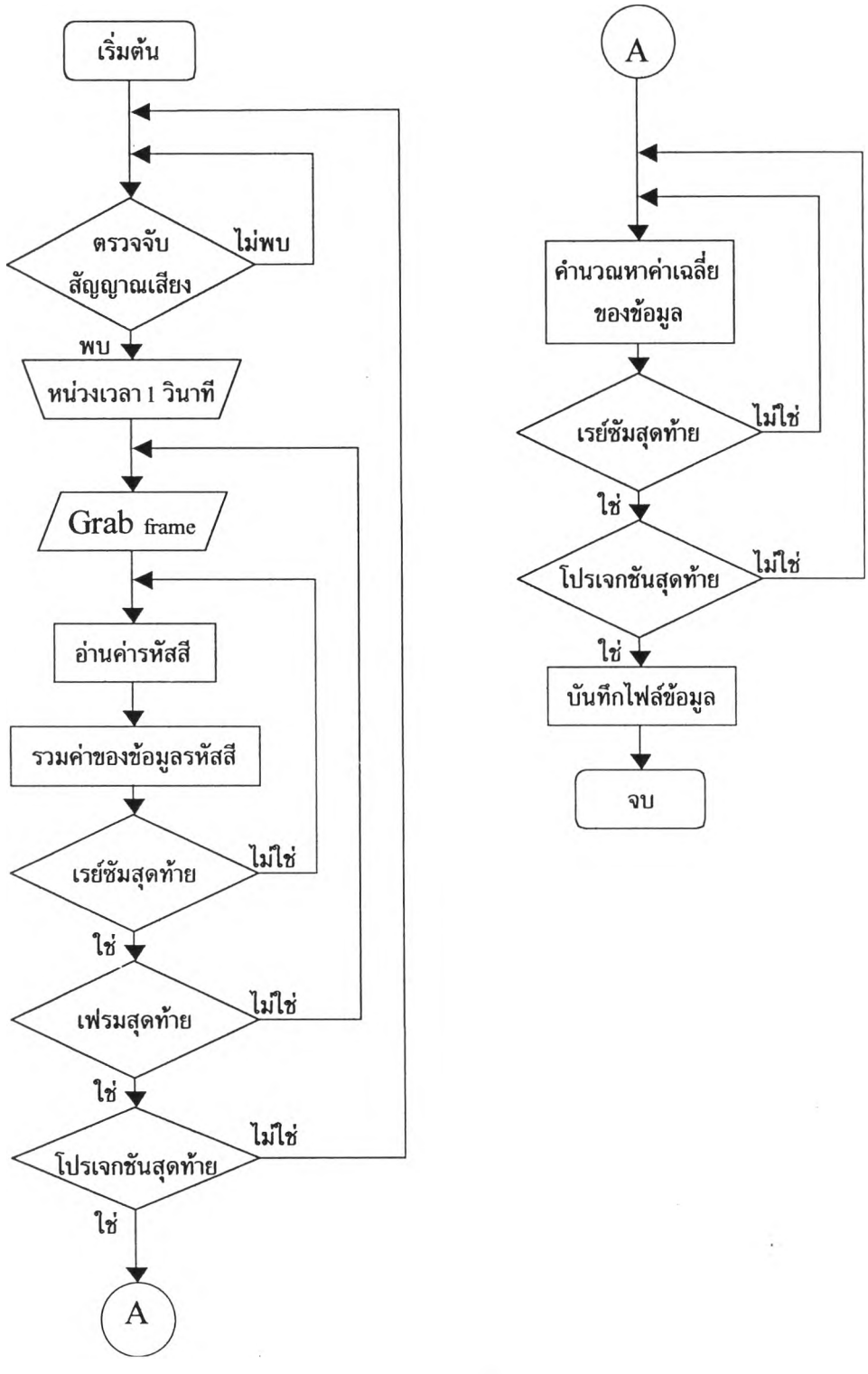
โปรแกรมสามารถเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรม ณ ตำแหน่งที่เลือกไว้ในทุกโปรเจกชันอย่างอัตโนมัติ การทำงานของโปรแกรมเก็บข้อมูลจากเครื่องวีดิทัศน์แบบดำเนินการเองเป็นไปดังรูปที่ 3.18

การทำงานของโปรแกรม เมื่อมีการกดปุ่ม

โปรแกรมจะตรวจสอบสัญญาณลอจิก " 1 " ที่ขา 12 ของพอร์ตเครื่องพิมพ์ เมื่อมีสัญญาณเสียงจากเครื่องวีดิทัศน์เข้าสู่ชุดตรวจจับสัญญาณเสียง ชุดตรวจจับสัญญาณเสียงจะสร้างสัญญาณลอจิก " 1 " และส่งสัญญาณลอจิกไปยังไมโครคอมพิวเตอร์ผ่านทางขา 12 ของพอร์ตเครื่องพิมพ์ เมื่อโปรแกรมพบสัญญาณลอจิก " 1 " ที่ขา 12 ได้แล้ว จึงเริ่มเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมจากเครื่องวีดิทัศน์ทันที ขั้นตอนการเก็บข้อมูลแบบรวมเฟรมในแต่ละโปรเจกชันจะเหมือนกับการเก็บข้อมูลจากกล้องวีดิทัศน์โดยตรงแบบอัตโนมัติ เมื่อเก็บข้อมูลได้หนึ่งโปรเจกชันแล้วโปรแกรมจะกลับไปคอยตรวจสอบสัญญาณลอจิก " 1 " ที่ขา 12 อีก แล้วเริ่มกระบวนการเดิมซ้ำ ๆ อีกจนกระทั่ง ได้ข้อมูลแบบรวมเฟรมที่จะนำมาคำนวณเพื่อหาค่าเฉลี่ยในแต่ละตำแหน่งของข้อมูลครบทุกโปรเจกชัน หลังจากนั้นโปรแกรมจะแสดงไดอะล็อกสำหรับบันทึกข้อมูลลงบนฮาร์ดดิสก์ และโปรแกรมจะสิ้นสุดเมื่อการบันทึกข้อมูลเสร็จสิ้น



รูปที่ 3.17 แผนผังการทำงานของโปรแกรมเก็บข้อมูลโปรไฟล์จากเครื่องวีดิทัศน์แบบดำเนินการเอง

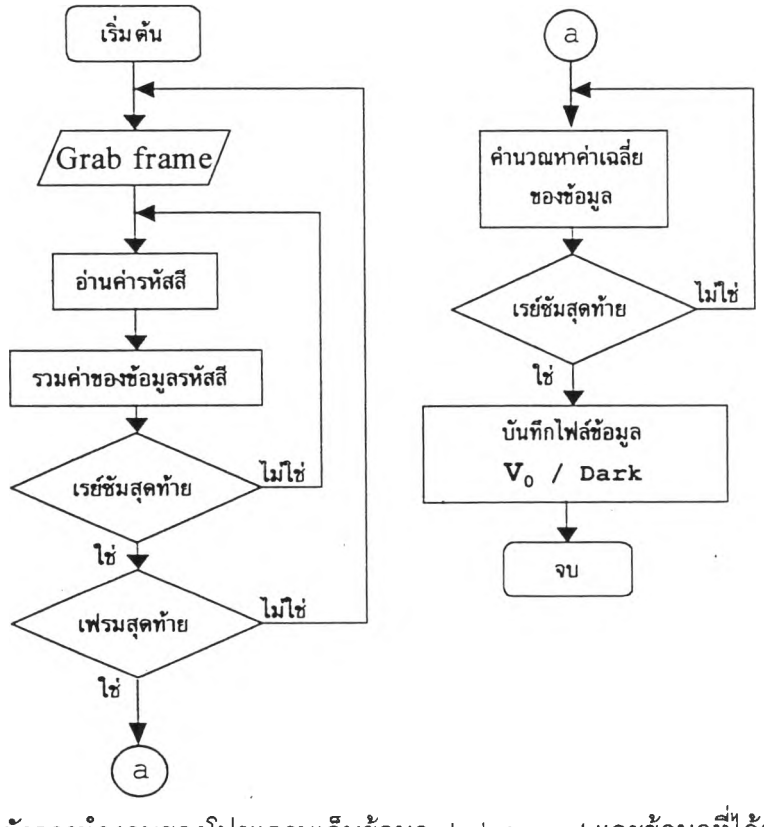


รูปที่ 3.18 แผนผังการทำงานของโปรแกรมเก็บข้อมูลโปรไฟล์จากเครื่องวีดิทัศน์แบบอัตโนมัติ

3.3.4 โปรแกรมเก็บข้อมูล dark current และข้อมูลจากภาพถ่ายรังสีขณะไม่มีวัตถุ (V_0)

ข้อมูล dark current และข้อมูลจากภาพถ่ายด้วยรังสีขณะไม่มีวัตถุ (V_0) เป็นข้อมูลที่ใช้ในการคำนวณ Shading correction ในการเก็บข้อมูลทั้ง 2 ชนิดจะใช้โปรแกรมที่มีลักษณะเดียวกันคือเก็บข้อมูลหนึ่งโปรไฟล์ในตำแหน่งเดียวกันกับข้อมูลโปรเจกชันที่ต้องการสร้างภาพโทโมกราฟี แต่ข้อมูลทั้ง 2 ชนิดจะต่างกันตรงที่มาของข้อมูล โดยข้อมูล dark current เป็นข้อมูลโปรไฟล์ขณะที่ไม่เปิดเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์ ส่วนข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพถ่ายด้วยรังสีขณะที่ไม่มีวัตถุ (V_0) เป็นข้อมูลในขณะเปิดเครื่องกำเนิดรังสีเอกซ์แต่ไม่มีวัตถุ การทำงานของโปรแกรมเป็นไปดังรูปที่ 3.19

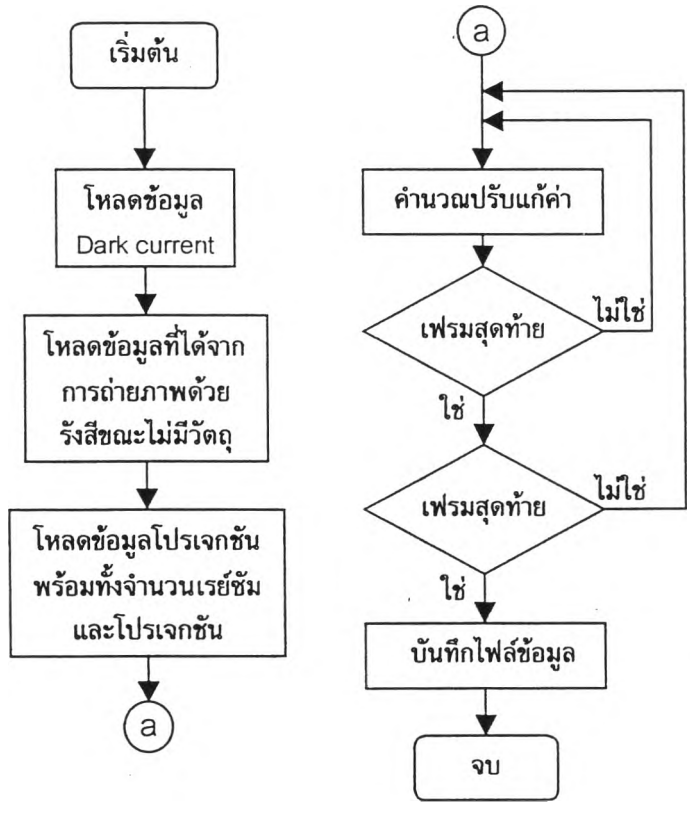
การเก็บข้อมูล dark current และข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยรังสีขณะที่ไม่มีวัตถุ (V_0) ทำโดยการเลือกที่เมนูบาร์ในคำสั่ง "Save Dark current" และ "Save Shading" เมื่อมีการเลือกคำสั่งแล้วโปรแกรมจะทำการจับภาพ และดึงข้อมูลจากรหัสสีในตำแหน่งที่เลือกไว้พร้อมทั้งทำการรวมเฟรมของข้อมูล เมื่อได้ข้อมูลแบบรวมเฟรมครบแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยในแต่ละตำแหน่งของข้อมูล จากนั้นจึงแสดงไดอะล็อกสำหรับบันทึกข้อมูลที่ได้ลงบนฮาร์ดดิสก์และจบโปรแกรมเมื่อบันทึกข้อมูลเสร็จสิ้น



รูปที่ 3.19 แผนผังการทำงานของโปรแกรมเก็บข้อมูล dark current และข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยรังสีขณะที่ไม่มีวัตถุ (V_0)

3.3.5 โปรแกรมการคำนวณปรับแก้ค่าข้อมูลโปรไฟล์ด้วยวิธี Shading correction

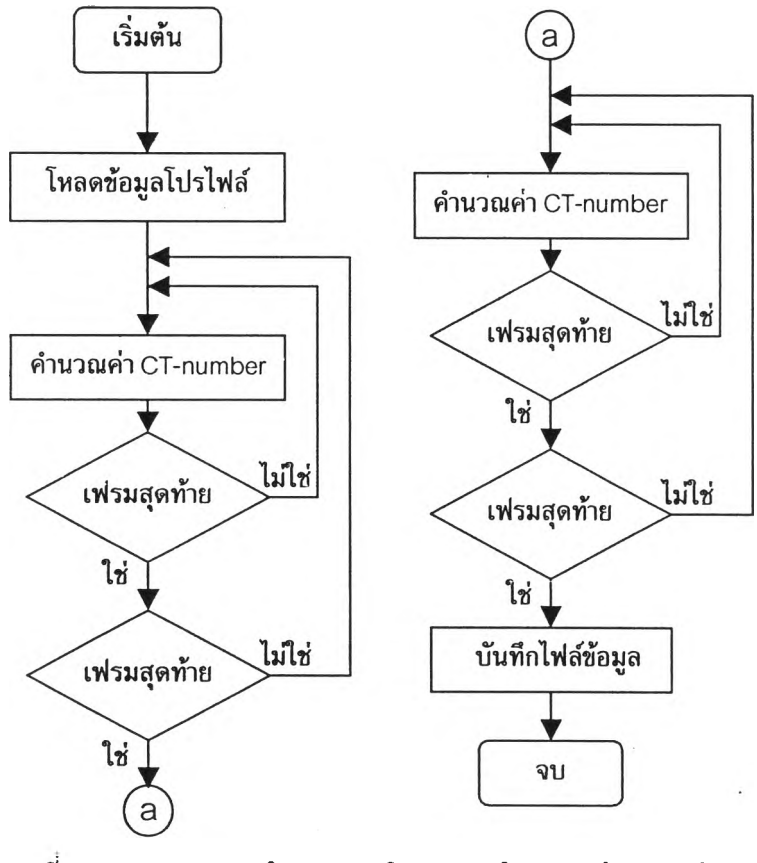
โปรแกรมคำนวณด้วยวิธี Shading correction จะอาศัยการคำนวณข้อมูลโปรไฟล์ ข้อมูล dark current และข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยรังสีขณะที่ไม่มีวัตถุ (V_0) เพื่อคำนวณหาค่าปรับแก้ค่าข้อมูลโปรไฟล์จากระบบโทรทัศน์ที่เรย์ซัมต่าง ๆ ตามทฤษฎีในบทที่ 2 สำหรับการทำงานของโปรแกรมเป็นไปตามรูปที่ 3.20 โปรแกรมคำนวณ ค่าปรับแก้ค่าข้อมูลโปร-ไฟล์ด้วยวิธี Shading correction จะเริ่มเมื่อเลือกคำสั่ง "Shading Correction" บนเมนูบาร์ของหน้าต่างหลัก เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงานจะมีไดอะล็อกขึ้นมาให้เลือกไฟล์ที่บันทึกข้อมูล dark current จากนั้นจะมีไดอะล็อกให้เลือกไฟล์ที่บันทึกข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยรังสีขณะที่ไม่มีวัตถุ (V_0) และสุดท้ายจะมีไดอะล็อกให้เลือกไฟล์ที่บันทึกข้อมูลโปรไฟล์ของภาพถ่ายรังสีของวัตถุ เมื่อโหลดข้อมูลจากทั้งสามไฟล์แล้วโปรแกรมจะนำข้อมูล ณ ตำแหน่งต่าง ๆ คำนวณ Shading correction จนได้ข้อมูลครบทุกตำแหน่งจากนั้นโปรแกรมจะแสดงไดอะล็อกเพื่อบันทึกข้อมูลที่คำนวณได้ลงบนฮาร์ดดิสก์ เมื่อบันทึกข้อมูลเรียบร้อยจึงสิ้นสุดโปรแกรม



รูปที่ 3.20 แผนผังการทำงานของโปรแกรมการคำนวณด้วยวิธี Shading correction

3.3.6 โปรแกรมคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี

โปรแกรมคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีจะอาศัยการคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีด้วยวิธีฟิลเตอร์แบ็กโปรเจกชันจากข้อมูลโปรไฟล์ที่ผ่านการคำนวณ Shading Correction แล้ว สำหรับการทำงานของโปรแกรมเป็นไปตามรูปที่ 3.21 โปรแกรมคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟีจะเริ่มเมื่อเลือกคำสั่ง " Reconstruction " บนเมนูบาร์บนหน้าต่างหลัก เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน จะมีไดอะล็อกปรากฏขึ้น เพื่อเลือกเปิดไฟล์ของข้อมูลโปรไฟล์ จากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณด้วยการคูณข้อมูลโปรไฟล์ที่ตำแหน่งต่าง ๆ ด้วยสมการ ฟิลเตอร์ฟังก์ชันของ Shepp & Logan แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้มาคำนวณหาค่า CT-number ในแต่ละจุดภาพ เมื่อได้ข้อมูลครบทุกตำแหน่งจะมีไดอะล็อกปรากฏขึ้นสำหรับบันทึกข้อมูล CT-number ที่คำนวณได้ เมื่อบันทึกข้อมูลเรียบร้อยแล้วจึงสิ้นสุดโปรแกรม



รูปที่ 3.21 แผนผังการทำงานของโปรแกรมคำนวณสร้างภาพโทโมกราฟี