บทที่ 4

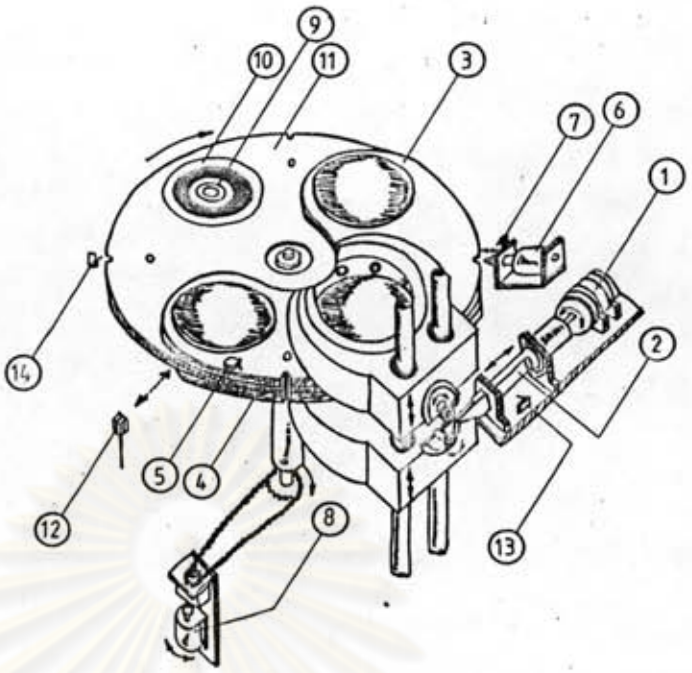
ระบบควบคุมและการทำงานของระบบกล

เครื่องวิเคราะห์รังสีเอกซ์เรืองด้วยต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นแบบสี่ไอโซโทป ประกอบด้วยระบบกล 2 ระบบ คือ ระบบเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นซึ่งขนาดของจานเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นสามารถบรรจุต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นได้ 4 ชุด และระบบเปลี่ยนตัวอย่างซึ่งขนาดของจานเปลี่ยนตัวอย่างสามารถบรรจุตัวอย่างได้ 8 ตัวอย่าง ระบบกลในการเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นและตัวอย่างถูกควบคุมลำดับการทำงานด้วยระบบอิเล็คทรอนิคส์ โดยผ่านคีย์บนแผงควบคุม ดังมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ระบบเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น

จากรูป 4.1 แสดงชิ้นส่วนต่าง ๆ และอุปกรณ์ควบคุมของระบบเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น ตามรายละเอียดในตารางที่ 4.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



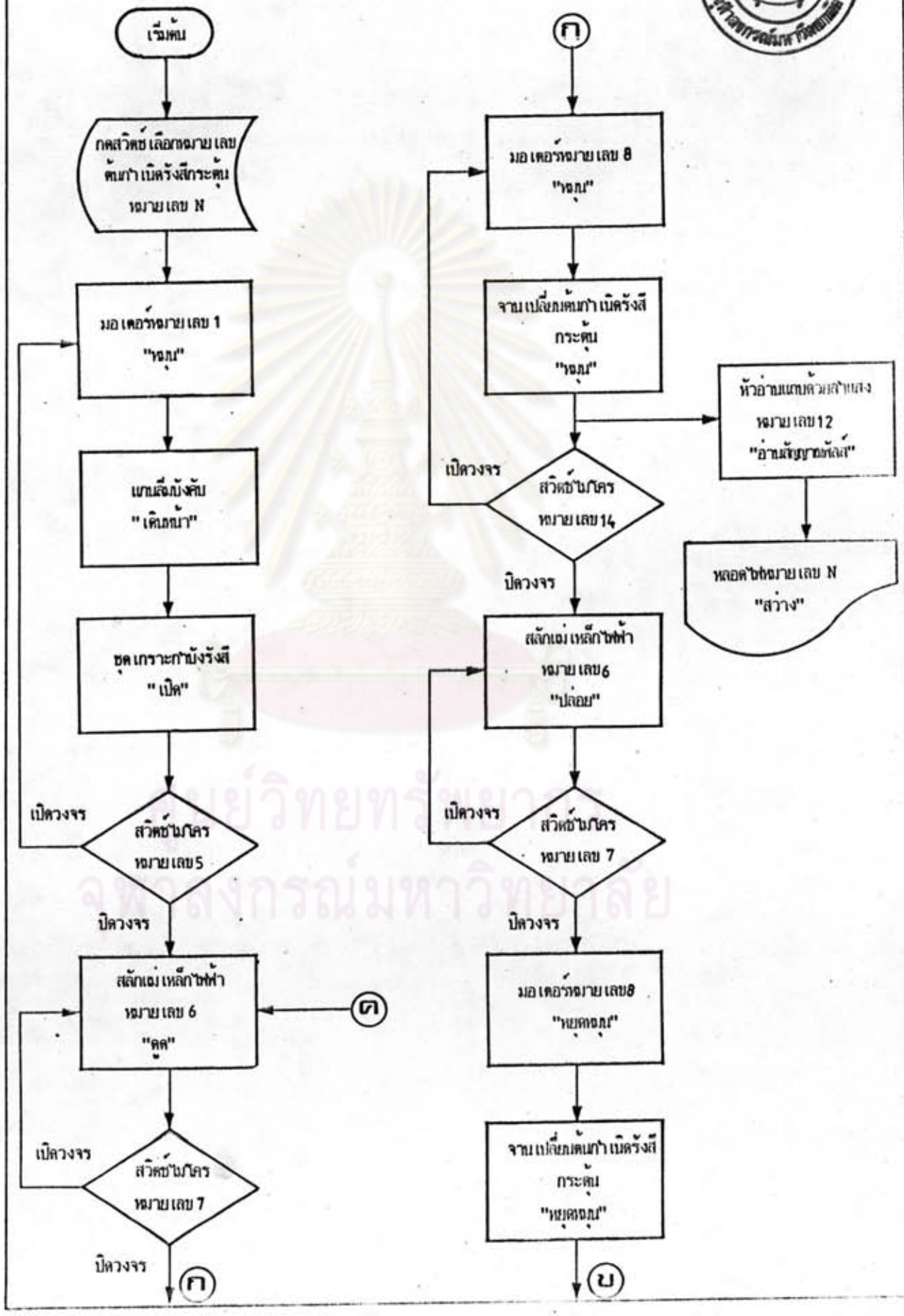
รูปที่ 4.1 แสดงชิ้นส่วนหลักและอุปกรณ์ต่างๆ ในการเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น

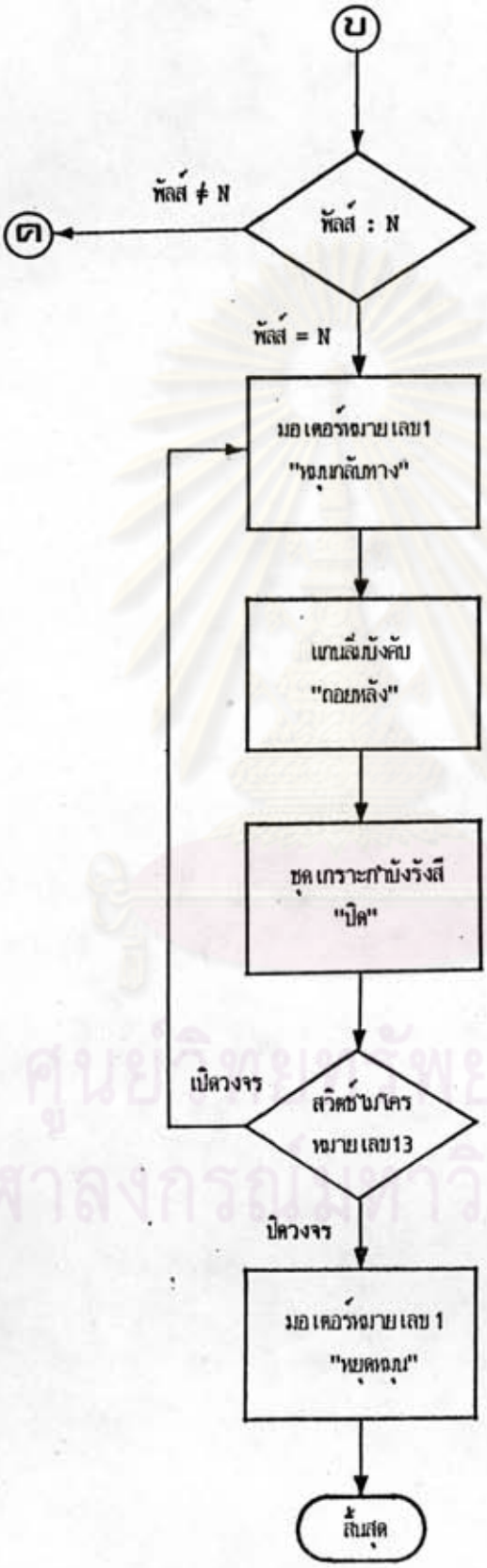
ตารางที่ 4.1 แสดงชิ้นส่วนและหน้าที่ในการทำงานของระบบเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น

ชิ้นส่วน หมายเลข	ชื่อ	หน้าที่
1	มอเตอร์กระแสตรง	ขับเคลื่อนให้แกนลิมบังคับเดินหน้าหรือถอยหลัง
2	แกนลิมบังคับ	เปิดและปิดชุดเกราะกำบังรังสี
3-4	ชุดเกราะกำบังรังสีด้านบนและด้านล่าง	ป้องกันไม่ให้รังสีจากต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นอื่นไปรบกวนตำแหน่งของต้นกำเนิดรังสีที่กำลังใช้งาน และป้องกันอันตรายทางด้านรังสีให้กับผู้ปฏิบัติงาน
5	สวิตช์ไมโคร	ตรวจสอบตำแหน่งชุดเกราะกำบังรังสี เมื่อเปิดสุด
6	สลักแม่เหล็กไฟฟ้า	บังคับให้ศูนย์กลางของต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นอยู่ในแนวเดียวกันศูนย์กลางของหัววัดรังสี
7	สวิตช์ไมโคร	ตรวจสอบตำแหน่งสลักแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อล็อกและคลายล็อกจานเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น
8	มอเตอร์กระแสตรง	ส่งกำลังผ่านเฟืองหลอบ ไขและเฟืองไข่ ไปหมุนจานเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น
9	ต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น	กำเนิดรังสีเอกซ์ปฐมภูมิ (รังสีกระตุ้น)
10	จานบรรจุต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น	บรรจุต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น และลดการรบกวนของรังสีจากด้านข้าง
11	จานเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น	เปลี่ยนตำแหน่งต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น
12	หัวอ่านแถบด้วยลำแสง	อ่านแสงสะท้อนจากแถบเทปสะท้อนแสง ที่ด้านข้างของจานเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น และเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า
13	สวิตช์ไมโคร	ตรวจสอบตำแหน่งชุดเกราะกำบังรังสี เมื่อปิดสุด
14	สวิตช์ไมโคร	ตรวจสอบตำแหน่งหยุดของมอเตอร์หมายเลข 8 เมื่อหมุนได้ครบ 1 ใน 4 รอบ

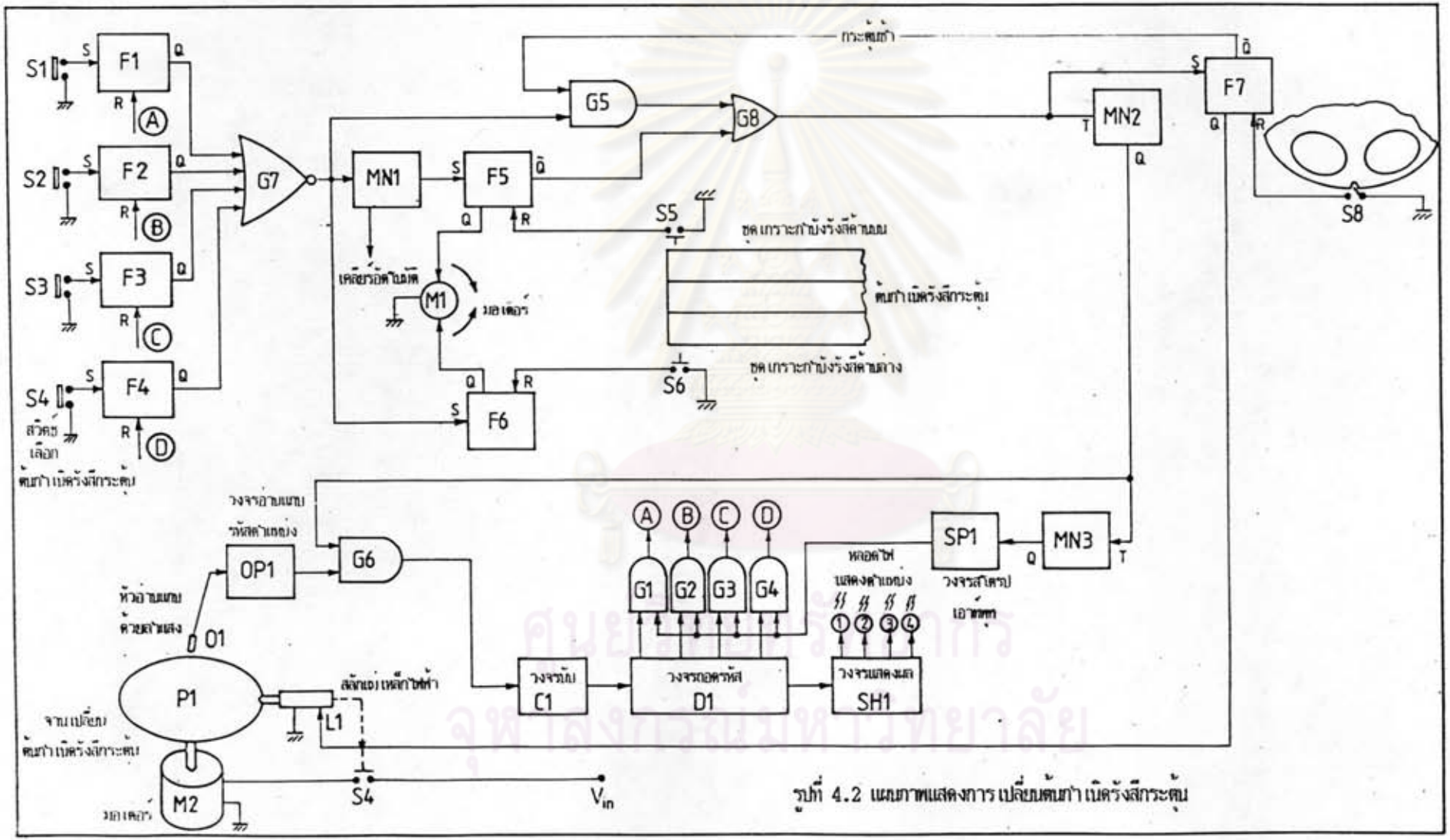
4.1.1 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นการเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น

การเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นจะเป็นไปตามแผนภูมิดังต่อไปนี้





ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.2 แผนภาพแสดงการเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น

จากรูปที่ 4.2 เป็นแผนภาพของระบบเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น ประกอบด้วย วงจรเปรียบเทียบตำแหน่งต้นกำเนิดรังสี (F1-F4) วงจรเปิดปิดชุดเกราะกำบังรังสี (M1,F5 และ F6) วงจรควบคุมการหมุนของจานเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น (M2,L1,S4,S8,F7 และ G8) วงจรอ่านแถบรหัสตำแหน่งต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น วงจรแสดงผล (G1-G4 และ G6) และแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้า การทำงานของวงจรจะมีลำดับขั้นตามรูปที่ 4.2

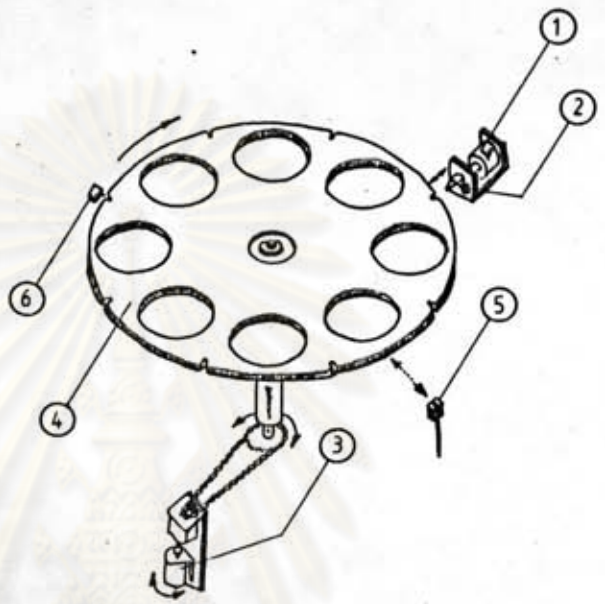
4.1.2 การทำงานของแผนภาพการเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น

จากรูป 4.1.2 การเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นจากหมายเลข 1 เป็นต้นกำเนิดรังสีกระตุ้นหมายเลข 3 ทำได้โดยกดสวิตช์ S3 เพื่อเป็นการเซทฟลิบฟลอบ F3 ให้เอาท์พุท (Q) ผ่านนอร์เกท G7 ไปคอยที่แอนด์เกท G5 และไปยังโมโนสเตเบิล MN1 เพื่อทำหน้าที่เคลียร์อุปกรณ์ทุกตัว เอาท์พุทของ MN1 จะไปเซทฟลิบฟลอบ F5 ด้วย พัลส์ขาลง (NEGATIVE GOING) ให้เอาท์พุท (Q) จะไปขับเคลื่อนมอเตอร์ M1 ให้เปิดชุดเกราะกำบังรังสีด้านบนและด้านล่าง และจะถูกรีเซทเมื่อชุดเกราะกำบังรังสีด้านบนเคลื่อนที่ไปปิดวงจรของสวิตช์ไมโคร S5 เอาท์พุท ($\bar{Q}$) ของ F5 จะผ่านออร์เกท G8 ให้เอาท์พุท 2 ทาง ผ่านโมโนสเตเบิล MN2 ไปคอยที่แอนด์เกท G6 และผ่านโมโนสเตเบิล MN3 ผ่านวงจรสโตรปเอาท์พุท (STROBE OUTPUT) ไปคอยที่แอนด์เกท G1 ถึง G4 ส่วนอีกทางหนึ่งจะไปเซทฟลิบฟลอบ F4 ให้เอาท์พุท (Q) ไปดึงสลักแม่เหล็กไฟฟ้า L1 เพื่อปลดล็อคตำแหน่งของจานเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น P1 ซึ่งจะมาปิดวงจรสวิตช์ไมโคร S7 ทำให้มอเตอร์ M2 หมุน ส่งกำลังไปขับ P1 ให้หมุนไปหนึ่งในสี่รอบ ที่ตำแหน่งนี้สวิตช์ไมโคร S8 จะถูกปิดวงจร(ด้วยร่องที่ขอบจาน) ไปรีเซท F7 ทำให้ L1 ปล่อยมาล็อคตำแหน่ง P1 S7 จะเปิดวงจรอีกครั้งหนึ่งทำให้ M2 และ P1 หยุดหมุน

ในขณะที่ P1 หมุนหัวอ่านแถบด้วยลำแสงจะอ่านสัญญาณจากแถบสะท้อนแสงซึ่งติดอยู่ที่ขอบจาน โดยมีจำนวนของแถบสะท้อนแสงเท่ากับหมายเลขของต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น ผ่านวงจรอ่านแถบรหัสตำแหน่งไอโซโทปผ่านแอนด์เกท G6 ไปยังวงจรนับ วงจรถอดรหัสและวงจรแสดงผลตามลำดับ ที่วงจรถอดรหัส G2 จะเปิดส่งสัญญาณไปรีเซทฟลิบฟลอบ F2 และ ไอโอดเปล่งแสงหมายเลข 2 จะสว่างขึ้น แต่เนื่องจาก F2 ไม่ได้ถูกเซทไว้ G7 ยังคงเปิดอยู่ F7 จะส่งสัญญาณกระตุ้นซ้ำออกไปทางเอาท์พุท ($\bar{Q}$) ไปเปิด G5 ผ่าน G8 แล้วเริ่มวงจรการทำงานใหม่อีกครั้ง จนกระทั่งสัญญาณจาก G3 ไปรีเซท F3 และไอโอดเปล่งแสงหมายเลข 3 จะสว่างขึ้น G7 จะปิดลงจึงไม่มีการกระตุ้นซ้ำอีก ฟลิบฟลอบ F6 จะถูกเซทด้วยพัลส์ขาขึ้น (POSITIVE GOING) ให้เอาท์พุท (Q) ไปทำให้ M1 หมุนกลับทาง เพื่อปิดชุดเกราะกำบังรังสีและจะถูกรีเซทเมื่อชุดเกราะกำบังรังสีด้านล่างเคลื่อนที่ไปปิดวงจรสวิตช์ไมโคร S6

4.2 ระบบเปลี่ยนตัวอย่าง

จากรูป 4.3 แสดงชิ้นส่วนต่าง ๆ และอุปกรณ์ควบคุมของระบบเปลี่ยนตัวอย่างตามรายละเอียดในตารางที่ 4.2



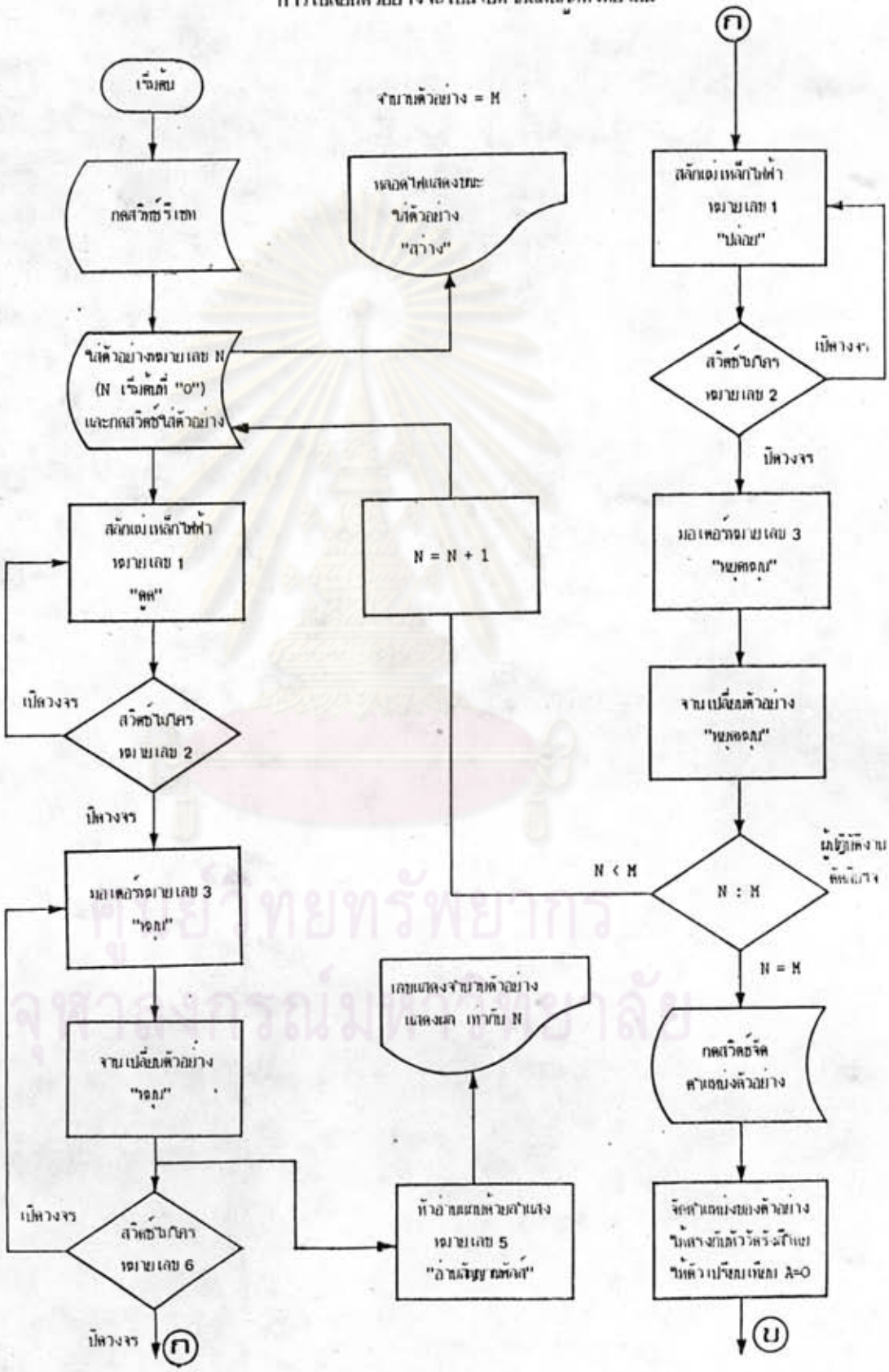
รูปที่ 4.3 แสดงชิ้นส่วนกลและอุปกรณ์ควบคุมในการเปลี่ยนตัวอย่าง

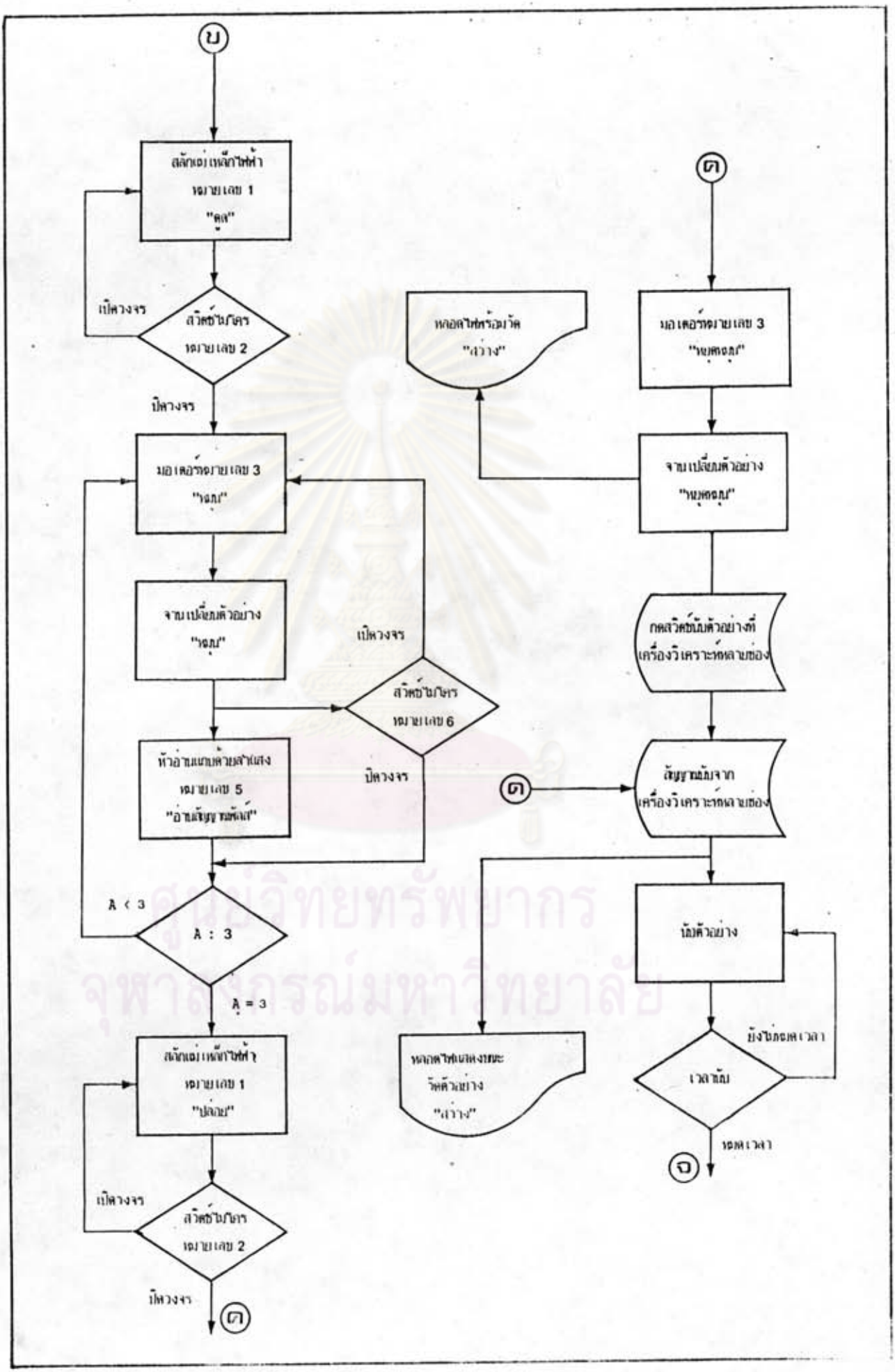
ตารางที่ 4.2 แสดงชิ้นส่วนและหน้าที่ในการทำงานของระบบเปลี่ยนตัวอย่าง

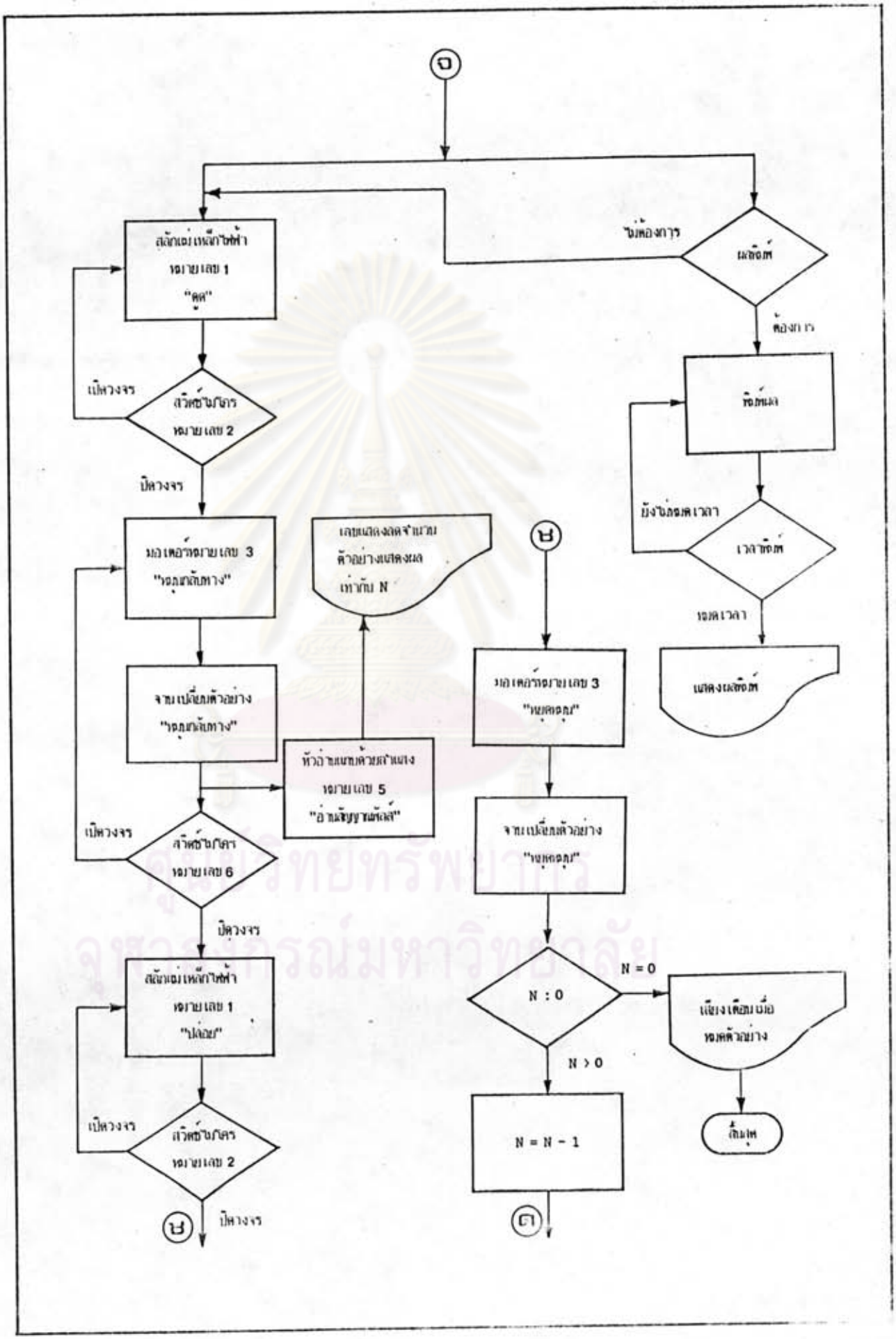
ชิ้นส่วน หมายเลข	ชื่อ	หน้าที่
1	สลักแม่เหล็กไฟฟ้า	บังคับให้ศูนย์กลางของจานเปลี่ยนตัวอย่างอยู่ในแนวเดียวกันกับศูนย์กลางของจานเปลี่ยนต้นกำเนิดรังสีกระตุ้น และหัววัดรังสี
2	สวิตช์ไมโคร	ตรวจสอบตำแหน่งสลักแม่เหล็กไฟฟ้า เพื่อล็อกและคลายล็อกจานเปลี่ยนตัวอย่าง
3	มอเตอร์กระแสตรง	ส่งกำลังผ่านเฟืองหรอบ ไข่และเฟืองไข่ ไปหมุนจานเปลี่ยนตัวอย่าง
4	จานเปลี่ยนตัวอย่าง	เปลี่ยนตัวอย่างที่จะวิเคราะห์
5	หัวอ่านแถบด้วยลำแสง	อ่านแสงสะท้อนจากแถบเทปสะท้อนแสง ที่ด้านข้างของจานเปลี่ยนตัวอย่าง และเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้า
6	สวิตช์ไมโคร	ตรวจสอบตำแหน่งหยุดของมอเตอร์หมายเลข 3 เมื่อหมุนครบ 1 ใน 8 รอบ

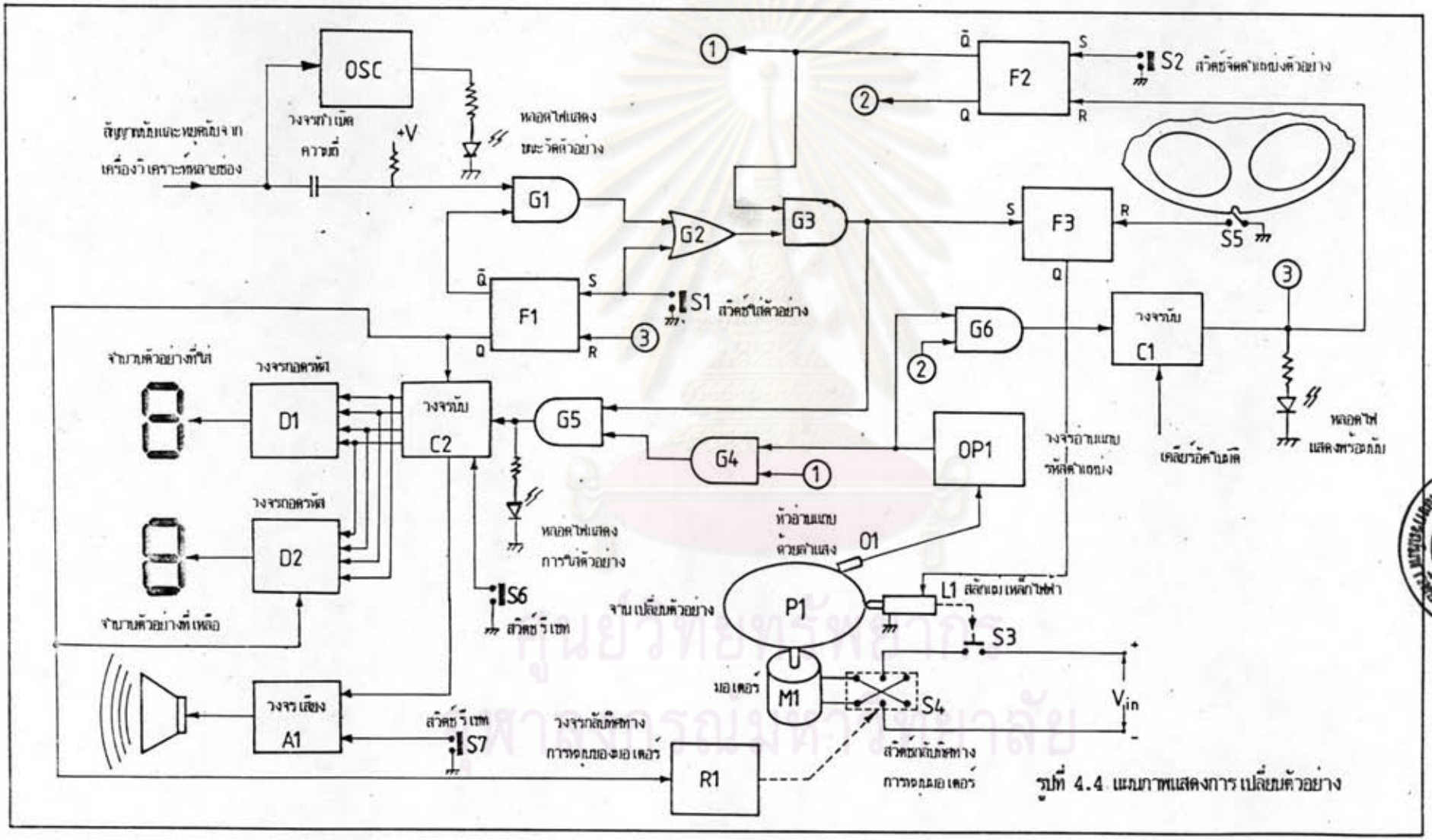
4.2.1 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นการเปลี่ยนตัวอย่าง

การเปลี่ยนตัวอย่างจะเป็นไปตามแผนภูมิดังต่อไปนี้




ข
สลักแม่เหล็กไฟฟ้า
หมายเลข 1
"ดูด"
เปิดวงจร
สวิตช์ปิดวงจร
หมายเลข 2
ปิดวงจร
มอเตอร์หมายเลข 3
"หมุน"
จานเปลี่ยนตัวอย่าง
"หมุน"
เปิดวงจร
สวิตช์ปิดวงจร
หมายเลข 6
ปิดวงจร
หัวอ่านแบบด้วยลำแสง
หมายเลข 5
"อ่านสัญญาณพัลส์"
A < 3
A : 3
A = 3
สลักแม่เหล็กไฟฟ้า
หมายเลข 1
"ปล่อย"
เปิดวงจร
สวิตช์ปิดวงจร
หมายเลข 2
ปิดวงจร
ค
ค
หลอดไฟพร้อมวัตถุ
"ว่าง"
มอเตอร์หมายเลข 3
"หยุดหมุน"
จานเปลี่ยนตัวอย่าง
"หยุดหมุน"
กดสวิตช์นับตัวอย่างที่
เครื่องวิเคราะห์หลายช่อง
สัญญาณนับจาก
เครื่องวิเคราะห์หลายช่อง
ง
นับตัวอย่าง
ยังไม่ถึงเวลา
เวลาถึง
หมดเวลา
ง
หลอดไฟแสดงขณะ
วัดตัวอย่าง
"ว่าง"


ฉ
สลับแม่เหล็กไฟฟ้า
หมายเลข 1
"ดูด"
เปิดวงจร
สวิตช์ชนิดใด
หมายเลข 2
ปิดวงจร
มอเตอร์หมายเลข 3
"หมุนตามเข็มนาฬิกา"
จานเปลี่ยนตัวอย่าง
"หมุนตามเข็มนาฬิกา"
เปิดวงจร
สวิตช์ชนิดใด
หมายเลข 6
ปิดวงจร
สลับแม่เหล็กไฟฟ้า
หมายเลข 1
"ปล่อย"
เปิดวงจร
สวิตช์ชนิดใด
หมายเลข 2
ช
ปิดวงจร
หัวอ่านเขียนด้วยลำแสง
หมายเลข 5
"อ่านสัญญาณผลลัพธ์"
เลขแสดงจำนวน
ตัวอย่างที่ผ่านผล
เท่ากับ N
ช
มอเตอร์หมายเลข 3
"หมุนตามเข็มนาฬิกา"
จานเปลี่ยนตัวอย่าง
"หมุนตามเข็มนาฬิกา"
N : 0
N = 0
N > 0
เสียงเตือนเมื่อ
ผ่านตัวอย่าง
สิ้นสุด
N = N - 1
ฉ
ไม่ต้องการ
ผลลัพธ์
ต้องการ
ขอผลลัพธ์
ยังไม่ถึงเวลา
เวลาที่ขอผลลัพธ์
หมดเวลา
แสดงผลลัพธ์



รูปที่ 4.4 แผนภาพแสดงการเปลี่ยนตัวอย่าง

จากรูปที่ 4.4 ซึ่งเป็นแผนภาพแสดงการเปลี่ยนตัวอย่างประกอบด้วย วงจรควบคุมการใส่ตัวอย่าง (F1,G2,G3,F3,S5) วงจรควบคุมตำแหน่งเริ่มวัด(F2,G3,G1,G6,C1) วงจรควบคุมการหมุนของจาน (F3,R1) วงจรแสดงตำแหน่งของตัวอย่าง (C2,D1,D2) และวงจรเตือนสิ้นสุดการวัด (A1) การทำงานของวงจรจะเป็นไปตามรูปที่ 4.4

4.2.2 การทำงานของแผนภาพการเปลี่ยนตัวอย่าง

จากรูปเมื่อใส่ตัวอย่างหมายเลข "1" แล้วกดสวิตช์ใส่ตัวอย่าง S1 เพื่อเป็นการเซทฟลิบฟลอบ F1ให้เอาท์พุท ($\bar{Q}$) ไปปิดแอนด์เกท G1 ส่วนเอาท์พุท (Q) จะเปลี่ยนเป็นลอจิก "1" จะแยกเป็น 2 ทาง ทางหนึ่งไปควบคุมวงจรนับ C2 ให้นับเพิ่ม ส่วนอีกทางหนึ่งจะไปที่วงจรกลับทิศทางการหมุนของมอเตอร์ ซึ่งจะควบคุมโดยสวิตช์ S4 ในขณะที่เซท F1 สัญญาณอีกส่วนหนึ่งจะผ่านออร์เกท G2 และ G3 ไปเซทฟลิบฟลอบ F3 ให้เอาท์พุท (Q) ไปคลายล็อค (LOCK) สลักแม่เหล็กไฟฟ้า L1 ให้มาปิดวงจรสวิตช์ไมโคร S3 ทำให้มอเตอร์ M1 หมุนส่งกำลังไปขับจานเปลี่ยนตัวอย่าง P1 จนได้หนึ่งในแปดรอบของ P1 สวิตช์ไมโคร S5 จะถูกปิดวงจรตรงตำแหน่งรองของขอบ P1 ไปรีเซท F3 L1 จะถูกปล่อยมาล็อค P1 S3 จะเปิดวงจรอีกครั้งหนึ่งทำให้ M1 และ P1 หยุดหมุน ในขณะที่ P1 หมุนหัวอ่านแถบด้วยลำแสง O1 จะอ่านสัญญาณจากแถบเทปสะท้อนแสงซึ่งติดอยู่ที่ขอบ P1 โดยจะอ่านได้หนึ่งพัลส์ต่อการหมุนหนึ่งครั้ง วงจรอ่านแถบรหัสตำแหน่งจะส่งสัญญาณผ่านแอนด์เกท G4 และ G5 ไปวงจรนับ C2 แล้วแยกไปผ่านวงจรถอดรหัส D1 และ D2 พร้อมทั้งแสดงผลเป็นตัวเลข "1" ทั้งสองวงจร และเมื่อใส่ตัวอย่างหมายเลข 2 แล้วกด S1 การทำงานของวงจรจะเหมือนกัน แต่จะแสดงผลเป็นตัวเลข "2" ทั้งสองวงจร จนหมดตัวอย่าง จากนั้นจึงกดสวิตช์จัดตำแหน่งตัวอย่าง S2 เพื่อเป็นการเซทฟลิบฟลอบ F2 ให้เอาท์พุท ($\bar{Q}$) ผ่าน G3 ไปทำให้ P1 หมุนในทิศทางเดิมอีก 3 ตำแหน่ง เพื่อให้ตัวอย่างหมายเลขสุดท้ายตรงกับหัววัดรังสี หัวอ่านแถบด้วยลำแสงจะอ่านสัญญาณผ่านวงจรแถบรหัสตำแหน่งผ่านแอนด์เกท G6 ไปยังวงจรนับ C1 จนกระทั่ง C1 นับสัญญาณได้ 3 สัญญาณ เอาท์พุทจาก C1 จะไปรีเซท F2 และ F1 พร้อมทั้งแสดงสัญญาณ "พร้อมวัด"

จากนั้นจึงกดสวิตช์ทำการนับที่เครื่องวิเคราะห์หลายช่องและเมื่อหมดเวลานับสัญญาณพัลส์ขาลง (NEGATIVE GOING) จะผ่านแอนด์เกท G1 และ G3 เช่นเดียวกับการใส่ตัวอย่างเพียงแต่ M1 และ P1 จะหมุนกลับทางและ C2 จะนับ "ลด" เนื่องจาก F1 ถูกรีเซท เอาท์พุท (Q) จากลอจิก "1"จะเปลี่ยนเป็นลอจิก "0" วงจรถอดรหัส D2 จะไม่เปลี่ยนแปลงยังแสดงผลเป็นตัวเลขเดิมอยู่ (จำนวนตัวอย่างทั้งหมดที่ใส่เข้าไป) ส่วนวงจรถอดรหัส D1 จะแสดงผลเป็นตัวเลขลดลงมา (หมายถึงจำนวนตัวอย่างที่ยังไม่วิเคราะห์) จนกระทั่งแสดงผลเป็นตัวเลข "0" วงจรเสียงจะส่งเสียงเตือนออกมา แสดงว่าหมดตัวอย่างแล้ว