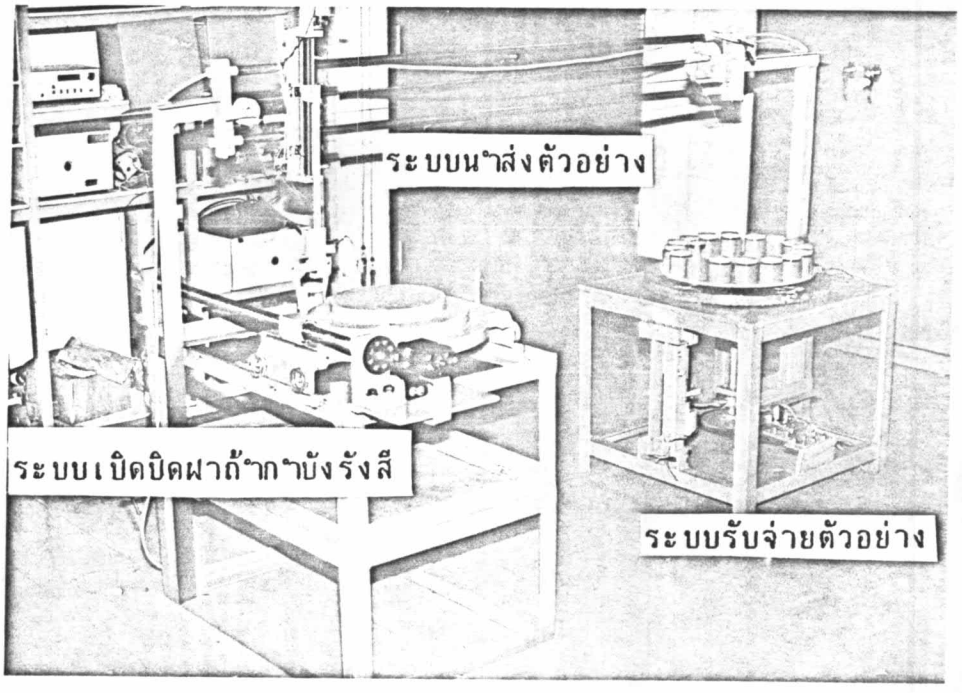
บทที่ 4

การทำงานของเครื่องเปลี่ยนตัวอย่างอัตโนมัติ

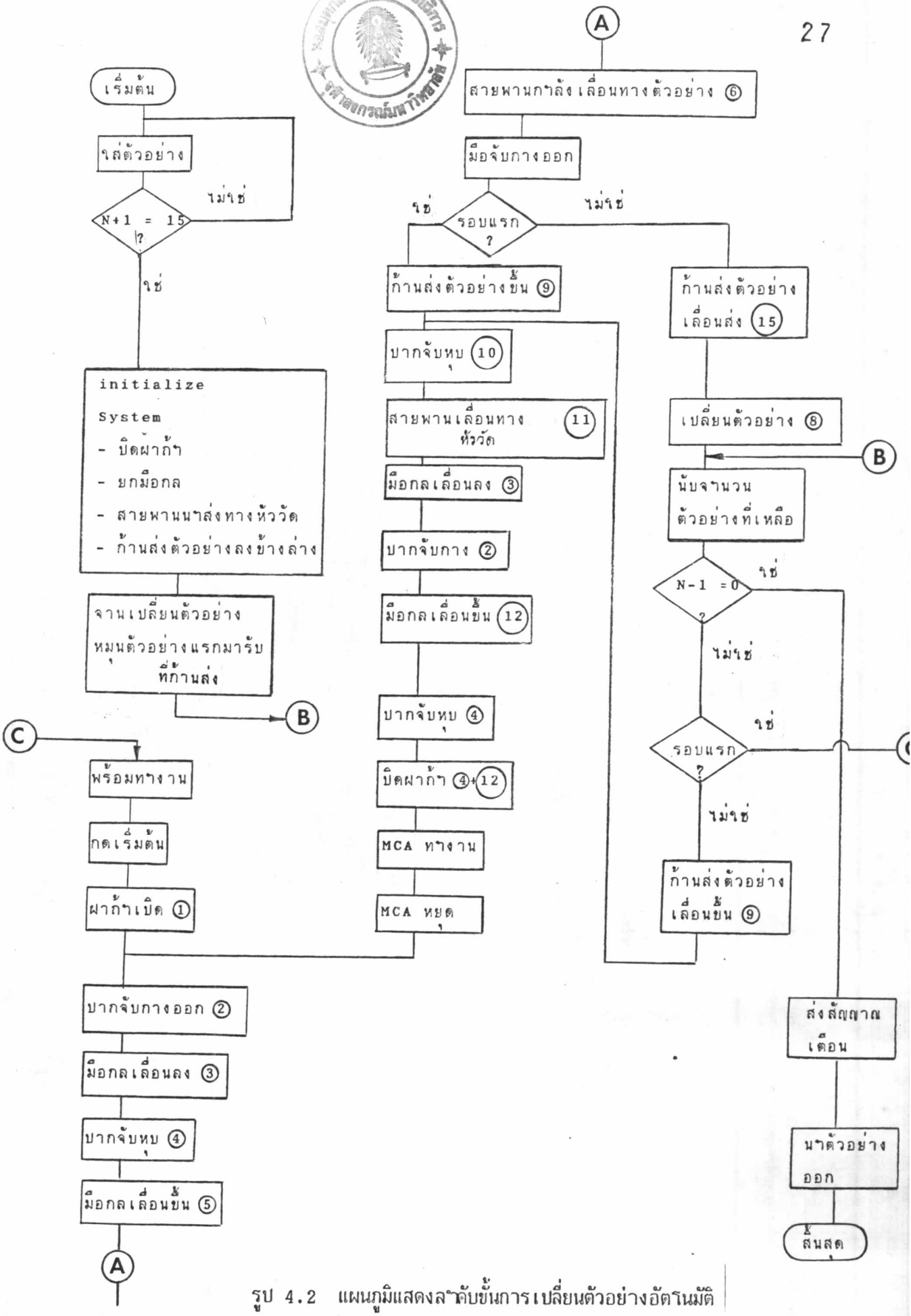
เครื่องเปลี่ยนตัวอย่างอัตโนมัติสำหรับระบบวัดแกมมาสเปคโตรเมตรีที่พัฒนาขึ้น เมื่อนำมาประกอบเข้าชุดกัน จะมีลักษณะตามรูปที่ 4.1 ส่วนแรกเป็นระบบรับจ่ายตัวอย่าง ส่วนที่สองเป็นระบบนำส่งตัวอย่างและส่วนที่สาม คือ ระบบเปิดปิดฝาถ้ำกำบังรังสี การทำงานของจักรกลซึ่งขับเคลื่อนเครื่องเปลี่ยนตัวอย่างทั้ง 3 ส่วน เป็นไปตามขั้นตอนควบคุมซึ่งแสดงในแผนภูมิรูป 4.2 และแผนภาพรูปที่ 4.6



รูป 4.1 โครงสร้างของเครื่องเปลี่ยนตัวอย่างอัตโนมัติ

4.1 แผนภูมิลำดับขั้นการทำงานของเครื่องเปลี่ยนตัวอย่าง

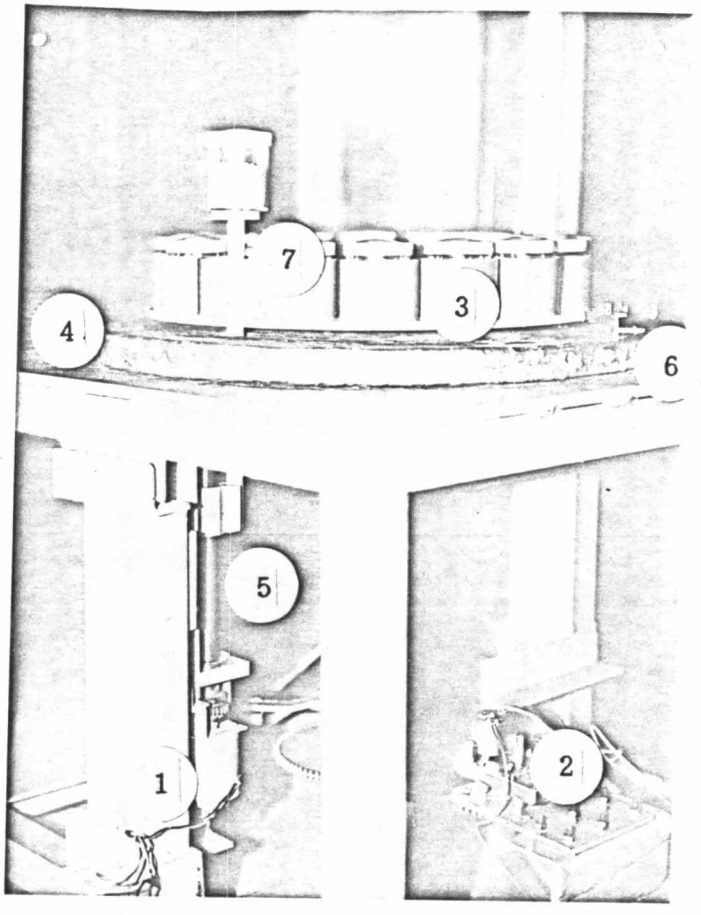
เริ่มต้นการทำงานเป็นการใส่ตัวอย่างซึ่งสามารถใส่ตัวอย่างได้เต็มที่ 16 ตัวอย่าง เมื่อตัวอย่างครบ เครื่องได้รับการออกแบบให้ปรับตำแหน่งของระบบกลด้วยตัวเองและแสดงสัญญาณพร้อมวัด เมื่อเริ่มวัดวงรอบการทำงานครั้งแรกจะควบคุมด้วยการกดปุ่ม จากนั้นวงรอบถัดไปจนกระทั่งหมดตัวอย่างวัด จะรับคำสั่งจากเครื่องวิเคราะห์พลังงานหลายช่อง ดังแสดงในแผนภูมิ 4.2



รูป 4.2 แผนภูมิแสดงลาดับขั้นการเปลี่ยนตัวอย่างอัตโนมัติ

4.2 ระบบกลในการรับ-จ่ายตัวอย่าง

จากรูป 4.3 แสดงชิ้นส่วนต่างๆ และอุปกรณ์ควบคุมของระบบรับ-จ่ายตัวอย่างตามรายละเอียดในตาราง 4.1



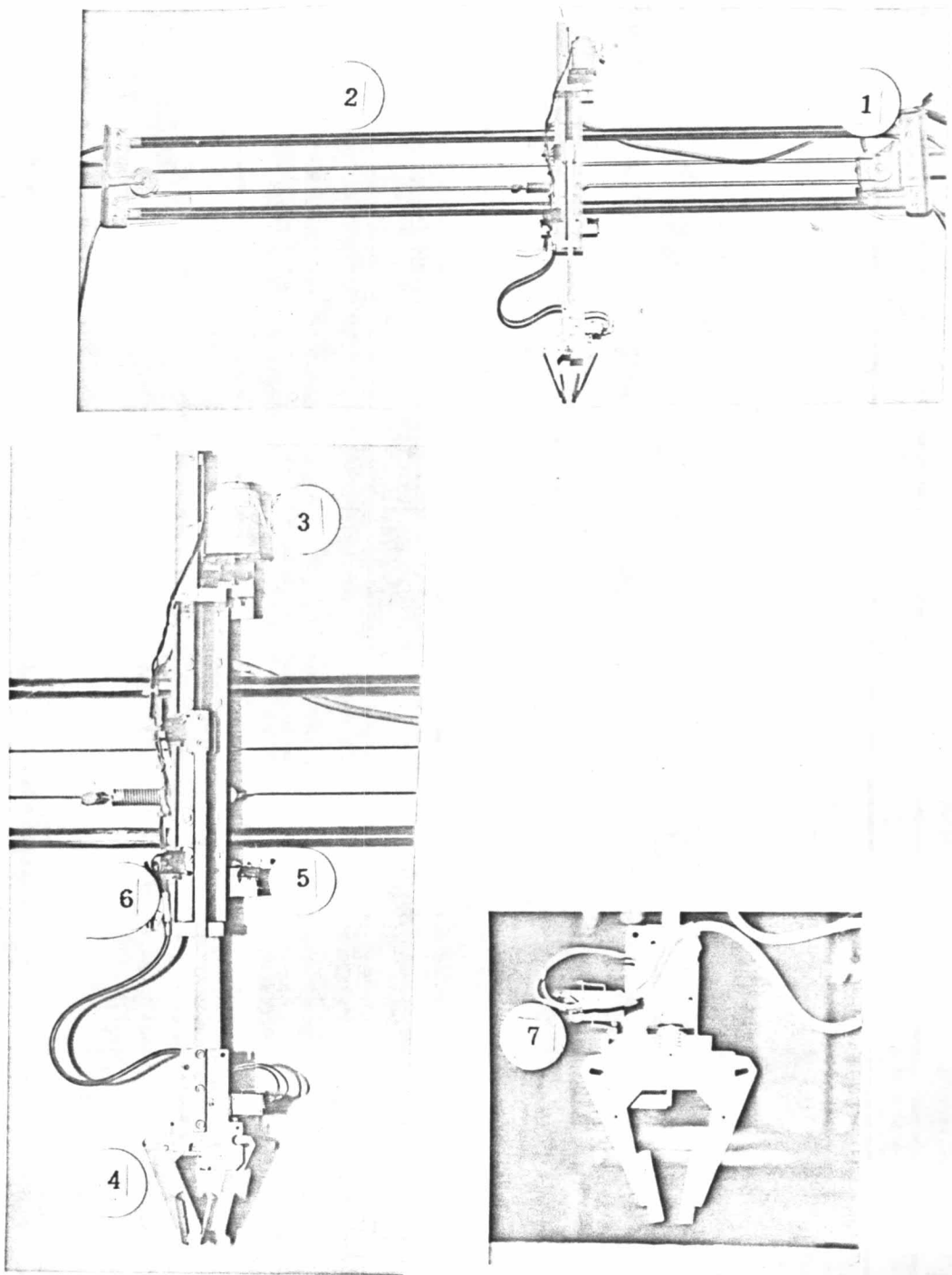
รูป 4.3 ระบบกลในการรับ-จ่ายตัวอย่าง

ตาราง 4.1 แสดงชิ้นส่วนและหน้าที่ในการทำงานของระบบกลในการรับจ่ายตัวอย่าง

ชิ้นส่วนหมายเลข	ชื่อ	หน้าที่
1	มอเตอร์กระแสตรง (M_3)	รับ-เปลี่ยนตัวอย่าง
2	มอเตอร์กระแสสลับ (M_5)	ส่งกำลังผ่านเฟืองทดสอบโซ่และเฟืองโซ่ไปหมุนจานเปลี่ยนตัวอย่าง
3	จานเปลี่ยนตัวอย่าง	บรรจุตัวอย่าง
4	เกราะกำบังรังสี	ป้องกันรังสีจากตัวอย่าง
5	สวิตช์ไมโคร	ตรวจสอบตำแหน่งหยุดมอเตอร์ M_3 เพื่อส่งตัวอย่าง
6	สวิตช์ไมโคร	ตรวจสอบตำแหน่งหยุดของมอเตอร์ M_5 เมื่อหมุนครบ 1 ใน 16 รอบ
7	ก้านส่งตัวอย่าง	รับจ่ายตัวอย่าง

4.3 ระบบกลในการนำ-ส่งตัวอย่าง

จากรูป 4.4 แสดงชิ้นส่วนต่าง ๆ และอุปกรณ์ควบคุมของระบบนำ-ส่ง ตัวอย่าง ตามรายละเอียด ตาราง 4.2

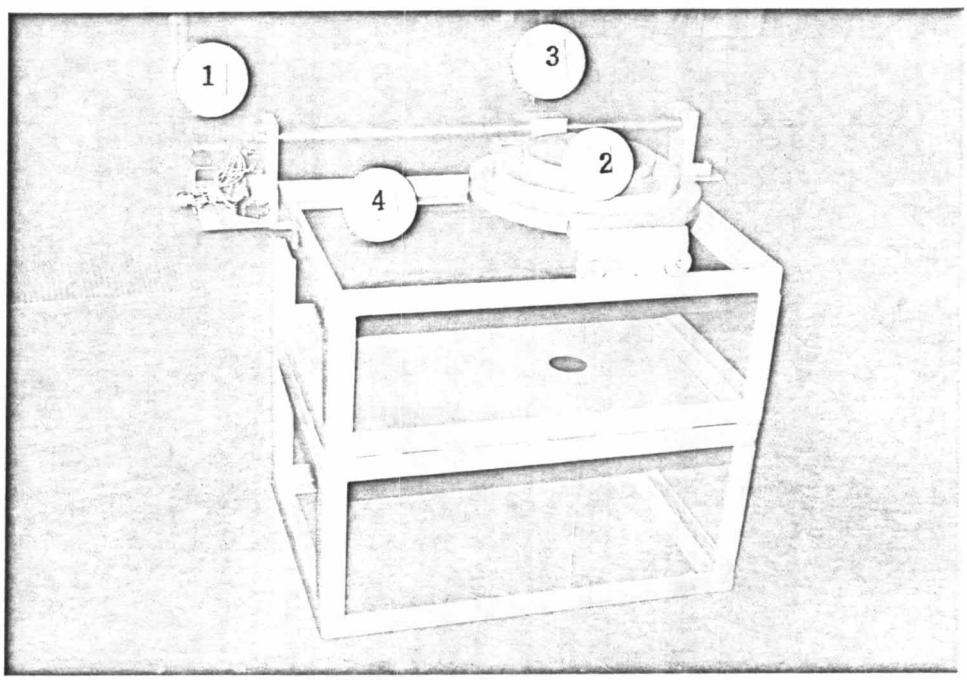


รูป 4.4 ระบบกลในการนำส่งตัวอย่าง

ตาราง 4.2 แสดงชิ้นส่วนและหน้าที่ของระบบกลในการนำส่งตัวอย่าง

ชิ้นส่วน หมายเลข	ชื่อ	หน้าที่
1	มอเตอร์กระแสตรง (M_2)	ส่งกำลังผ่านลวดสลิงนำตัวอย่างตามราง
2	รางคู่	แนวเดินทางของมือกล
3	มอเตอร์กระแสตรง (M_4)	ส่งกำลังผ่านเฟืองทด หมุนมือกล
4	มือกล	จับ-ปล่อยตัวอย่าง
5	สวิตช์ไมโคร	ตรวจสอบตำแหน่งหยุดของมอเตอร์ M_2
6	สวิตช์ไมโคร	ตรวจสอบตำแหน่งหยุดของมอเตอร์ M_4
7	สวิตช์ไมโคร	เปิดปิดการทำงานของมือกล

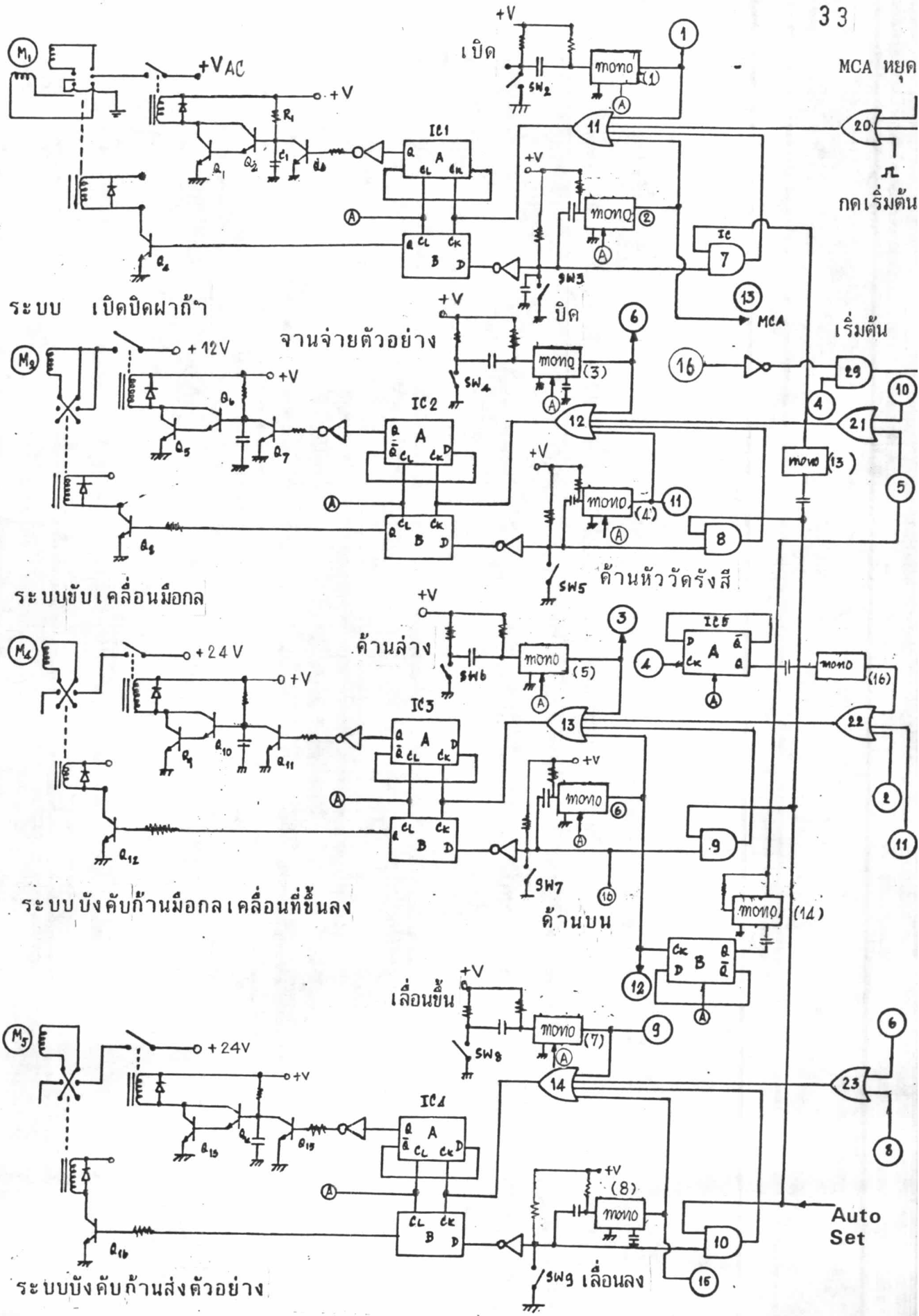
4.4 ระบบกลในการเปิดปิดฝาถ่ายสำหรับวัด



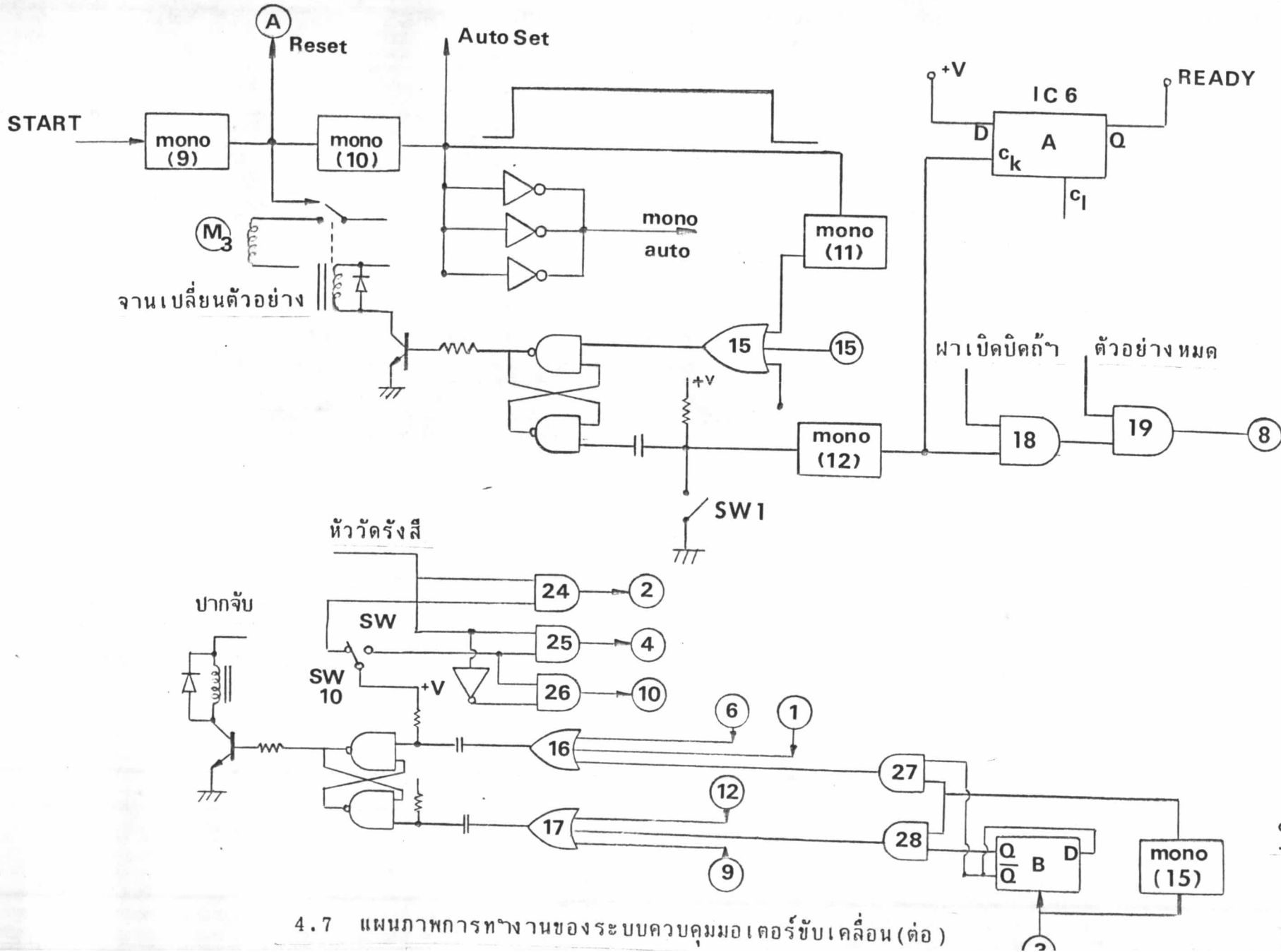
รูป 4.5 ระบบกลในการปิดเปิดฝาถ่าย

ตาราง 4.3 แสดงชิ้นส่วนและหน้าที่ในการทำงานของระบบกลเปิดปิดฝาถ่าย

ชิ้นส่วน หมายเลข	ชื่อ	หน้าที่
1	มอเตอร์กระแสสลับ (M_1)	ส่งกำลังผ่านเฟืองทดหมุนเพลาตัวหนอน
2	ฝาถ่าย	ป้องกันการรบกวนรังสี
3	แท่งนำทาง	ยึดกับฝาถ่ายเมื่อเพลาตัวหนอนขับเคลื่อน
4	สวิทช์ไมโคร	ตรวจสอบตำแหน่งหยุดของมอเตอร์ M_1



4.6 แผนภาพการทำงานของระบบควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน



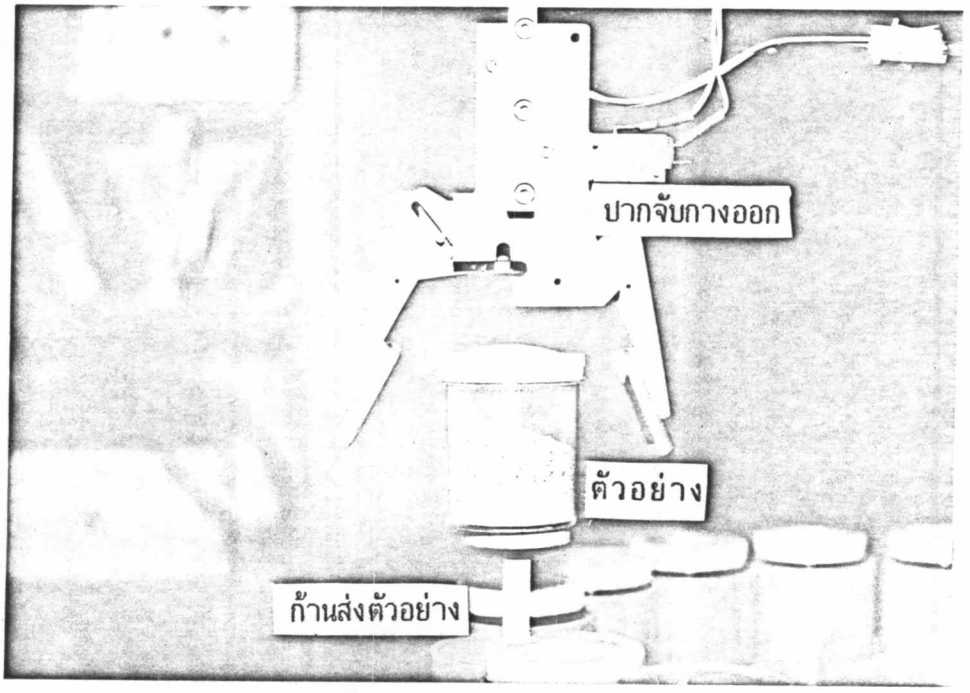
4.7 แผนภาพการทำงานของระบบควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อน (ต่อ)

4.5 การทำงานของระบบควบคุม

จากแผนภาพ 4.6 และ 4.7 แสดงการทำงานของเครื่องเปลี่ยนตัวอย่าง ซึ่งควบคุมการทำงานด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ ดังนี้ เมื่อใส่ตัวอย่างบนจานจ่ายตามต้องการแล้ว จึงทำการตั้งจำนวนตัวอย่าง เริ่มต้นและกดปุ่มรีเซท โมโนสเตเบิล (9) จะกำเนิดสัญญาณรีเซท (A) ให้กับ ดี ฟลิบ-ฟลอบ (IC 1 - IC 6) เพื่อเคลียร์สถานะจากนั้นโมโนสเตเบิล (10) กำเนิดสัญญาณ auto set ให้กับระบบเปิดปิดฝาถ้ำ ระบบนำส่งด้วยสายพาน มือกล และก้านส่งตัวอย่าง ผ่านเกต AND (IC7-IC10) ในกรณีที่ตำแหน่งของระบบขับเคลื่อนค้างสถานะ ทั้งนี้เพื่อให้ระบบขับเคลื่อนเริ่มต้นเหมือนกันทุกครั้ง ป้องกันการทำงานคลาดเคลื่อน และระบบกลเสียหาย กล่าวคือ ตำแหน่ง ก้านส่งต้องอยู่ด้านล่าง มือกลต้องเลื่อนขึ้นด้านบน สายพานขับเคลื่อนต้องพามือกลให้อยู่ด้านหัววัดรังสี และหน่วงเวลาด้วยโมโนสเตเบิล (13) ให้ฝาถ้ำปิดขณะที่มีคำสั่งให้เริ่มต้นระบบกลอัตโนมัติ โมโนสเตเบิล (1-8) จะไม่รับการกระตุ้นจากสวิตช์ไมโคร ซึ่งทำหน้าที่ตรวจสอบตำแหน่งจนกว่าสัญญาณ auto set จะจบลง ต่อจากนั้น โมโนส-เตเบิล (11) จะส่งสัญญาณพัลส์ผ่าน IC15 กระตุ้นให้ อาร์-เอส ฟลิบ-ฟลอบ บังคับให้มอเตอร์ M3 ของจานเปลี่ยนตัวอย่างหมุนตำแหน่งตัวอย่างแรกมารอที่ช่องส่งตัวอย่างระบบนับจำนวนตัวอย่างจะนับถอยหลังจำนวนตัวอย่างลงเท่ากับ (N-1) เมื่อช่องบังคับตำแหน่งจานเปลี่ยนตัวอย่างตรงกับ SW1 มอเตอร์ M3 หยุด และโมโนสเตเบิล (12) ส่งพัลส์ไปแสดงสัญญาณพร้อมวัดที่ IC 6A สัญญาณพัลส์นี้จะถูกตรวจสอบว่าเป็นวงรอบการทำงานรอบแรกด้วย IC 18 โดยการ AND กับตำแหน่งฝาถ้ำ และจะไม่กำเนิดสัญญาณ (8) ซึ่งเป็นคำสั่งบังคับจานเปลี่ยนตัวอย่างเมื่อตัวอย่างหมด (N-1=0) ในขั้นตอนนี้เมื่อสัญญาณพร้อมวัดแสดงผลก็สามารถเริ่มต้นใช้เครื่องเปลี่ยนตัวอย่างได้โดยกดปุ่ม(เริ่มต้น) ผ่าน IC 20 และ IC 11 เกต OR บังคับให้ฝาถ้ำเปิด โดย IC1B จะเป็นตัวบังคับทิศทางมอเตอร์ M1 จากการตรวจสอบตำแหน่งของ SW3 และ IC1A จะเป็นตัวบังคับการจ่ายไฟให้มอเตอร์ M1 การหน่วงเวลาเพื่อรอเวลาตรวจสอบการเปลี่ยนตำแหน่งอาศัย R_1/C_1 และทรานซิสเตอร์ดาร์ลิงตัน Q_1, Q_2

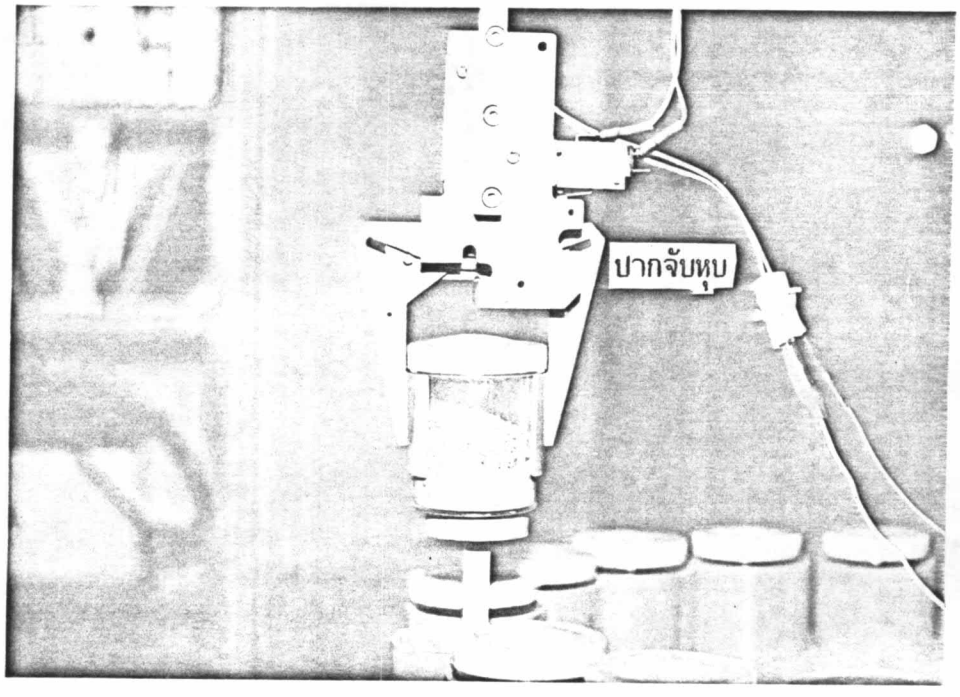
I1031037X

ในรอบนี้เป็นการจับตัวอย่าง ทางออก Q ของ IC6B จะเป็นหนึ่งทำให้เกต AND IC28 เปิด รับสัญญาณพัลส์จากโมโนสเตเบิล (15) สั่งให้ IC17 กระตุ้นให้ อาร์-เอส ฟลิบ-ฟลอบ บังคับปากจับของมือกลหุบ และสวิตช์ตรวจสอบตำแหน่ง SW10 จะกำเนิดสัญญาณ (4) ในกรณีนี้มือกลอยู่ด้านหัววัดรังสี สัญญาณนี้จะถูกส่งไปบังคับมือกลให้เคลื่อนขึ้นด้านบน แต่เนื่องจากสัญญาณ (4) เกิดซ้ำกันในวงรอบรับและส่งตัวอย่าง ดังนั้นจึงต้องอาศัย IC5 เป็นตัวตรวจสอบตำแหน่ง เมื่อเป็นวงรอบส่งตัวอย่าง ทางออก Q ของ IC5 จะบังคับให้โมโนสเตเบิล (16) ส่งสัญญาณผ่าน IC22 และ IC13 เกต OR กระตุ้นให้ IC3A และ B บังคับมอเตอร์ M4 ของมือกลให้เลื่อนขึ้นด้านบน จนถึงตำแหน่งสวิตช์ตรวจสอบ SW7 จากนั้นโมโนสเตเบิล (6) จะกำเนิดสัญญาณ (12) สัญญาณนี้จะเกิดซ้ำเช่นกัน และอาศัยเป็นสัญญาณเริ่มต้นของสัญญาณ (5) ซึ่งทำหน้าที่บังคับการเปลี่ยนตำแหน่งของสายพานบังคับมือกล จึงต้องมี IC5B ทำหน้าที่ตรวจสอบวงรอบว่าทำงานในวงรอบรับหรือส่งตัวอย่าง ในกรณีนี้เมื่อมือกลเลื่อนขึ้นด้านบนหัววัดรังสี เพื่อจะส่งตัวอย่างกลับไปที่จานรับจ่ายตัวอย่าง สัญญาณ (12) จะไม่มีผลบังคับการหุบมือ เพราะเป็นการกระตุ้นซ้ำผ่าน IC17 และจะกระตุ้นให้ IC5B ส่งสัญญาณทางออก Q กระตุ้นให้โมโนสเตเบิล (14) กำเนิดสัญญาณ (5) ผ่าน IC21 และ IC12 ไปบังคับ IC2A และ B ควบคุมมอเตอร์ M2 ให้เคลื่อนสายพานพามือกลเคลื่อนไปทางซ้ายด้านจานรับจ่ายตัวอย่าง จนกระทั่งถึงสวิตช์ตรวจสอบตำแหน่ง SW4 โมโนสเตเบิล (3) จะกำเนิดสัญญาณ (6) ส่งไป (2) ที่ในเวลาเดียวกัน จุดแรกส่งไปยัง IC16 เพื่อกระตุ้น อาร์-เอส ฟลิบ-ฟลอบ ให้บังคับมือจับกางออก



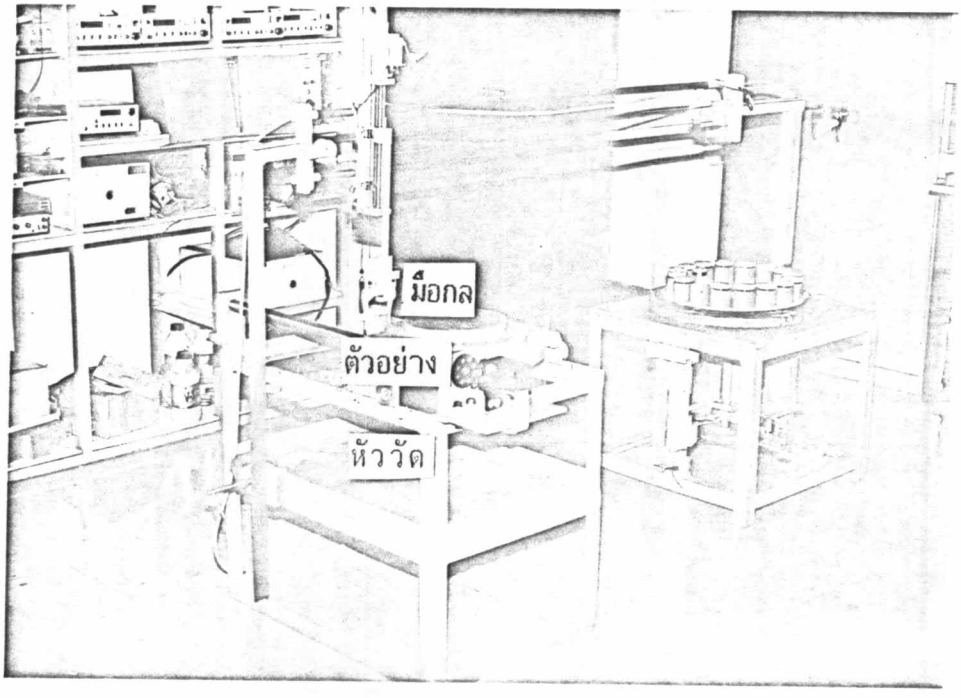
รูป 4.9 การทำงานของปากจับและก้านส่งตัวอย่าง

และจุดที่สอง ส่งไปยังระบบกลของก้านส่งตัวอย่าง ผ่าน IC23 และ IC14 เกตุ OR กระตุ้นให้ IC4A และ B บังคับมอเตอร์ M5 ให้เลื่อนก้านส่งตัวอย่างขึ้นส่งตัวอย่างแรกให้มือกล จนกระทั่งถึงสวิตช์ตรวจสอบตำแหน่ง SW8 โมโนสเตเบิล (7) จะกำเนิดสัญญาณ (9) ส่งมาบังคับ ปากจับของมือกลให้หุบจับตัวอย่าง



รูป 4.10 การส่งสัญญาณบังคับปากจับ

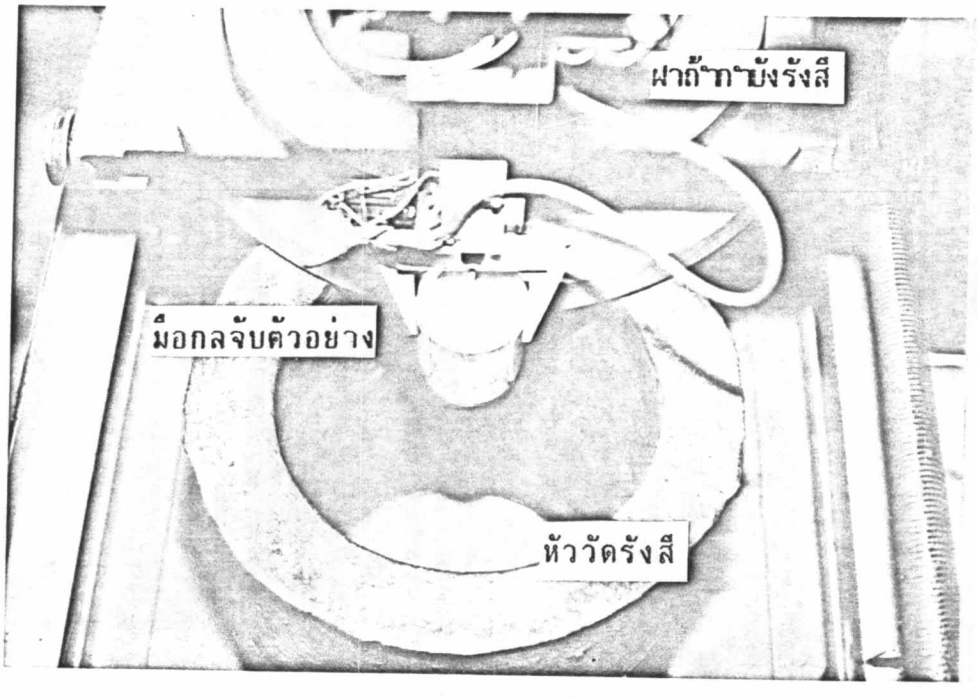
ผ่าน IC17 และ IC26 จะกำเนิดสัญญาณ (10) ส่งมายังระบบขับเคลื่อนสายพานพามือกลไปยังหัววัดรังสี สัญญาณกระตุ้นจะส่งผ่าน IC21 และ IC12 ในวงรอบการรับตัวอย่าง บังคับให้ IC2A และ B บังคับมอเตอร์ M2 ให้พามือกลไปยังหัววัดรังสี



รูป 4.11 การส่งสัญญาณบังคับมือมาด้านหัววัด

จนกระทั่งถึงสวิตช์บังคับตำแหนง SW5 โมโนสเตเบิล (4) จะกำเนิดสัญญาณ (11) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมมือกลให้เคลื่อนลงไปยังหัววัดรังสี สัญญาณ (11) จะผ่าน IC22 และ IC13 ไปกระตุ้น IC3A และ B บังคับให้ M4 หมุนในทิศทางเคลื่อนมือกลลง จนกระทั่งถึงสวิตช์บังคับตำแหน่ง SW6 โมโนสเตเบิล (5) จะกำเนิดสัญญาณ (3) อีกครั้งในวงรอบรับตัวอย่าง เมื่อ IC27 เปิดรับสัญญาณพัลส์จากโมโนสเตเบิล (15) ผ่านไปให้ IC16 กระตุ้น อาร์-เอส ฟลิบ-ฟลอบ บังคับให้ปากจับของมือกลกางออก วางตัวอย่างบนหัววัดรังสี ในขณะที่สวิตช์ตรวจสอบตำแหน่ง ปากจับ SW10 จะกำเนิดสัญญาณ (2) อีกครั้ง ส่งไปให้ IC22 และ IC13 กระตุ้นให้ IC3A และ B บังคับมอเตอร์ M4 ให้พามือกลกลับขึ้นด้านบน จนกระทั่งถึงสวิตช์

ตรวจสอบตำแหน่ง SW7 โมโนสเตเบิล (6) จะกำเนิดสัญญาณ (12) อีกครั้ง ส่งไปยัง IC17 บังคับให้ปากจับมือกลหุบ และกระตุ้นให้สภาวะของ IC5B เปลี่ยนสถานะในครั้งนี้สัญญาณ Q จะเป็นศูนย์ไม่มีการกำเนิดสัญญาณ (5) มือกลจะรออยู่ที่ตำแหน่งนี้เพื่อส่งตัวอย่างกลับ ในจังหวะนี้ IC29 จะรับสัญญาณปากจับหุบ (4) และสวิตช์ตรวจสอบตำแหน่งมือกลด้านบน (12) กำเนิดสัญญาณพัลส์บังคับฝาถ้ำให้ปิดผ่าน IC20 และ IC11 เมื่อฝาถ้ำปิด วงรอบการรับตัวอย่างเมื่อวัดสิ้นสุดโมโนส-เตเบิล (2) จะกำเนิดสัญญาณ (13) เพื่อเริ่มต้นการวัดให้เครื่องวิเคราะห์พลังงานหลายช่อง (MCA) วิเคราะห์ตัวอย่างตามเวลาที่ตั้งไว้



รูป 4.12 การส่งสัญญาณบังคับฝาถ้ำเปิดจากเครื่องวิเคราะห์พลังงานหลายช่อง

เมื่อหมดเวลาเครื่องวิเคราะห์พลังงานจะกำเนิดสัญญาณพัลส์แสดงการหยุดวิเคราะห์และพิมพ์ผลการวัด ในขณะนั้นสัญญาณพัลส์ที่ผ่าน IC20 และ IC11 จะเริ่มวงรอบการเปลี่ยนตัวอย่างที่ 2 โดยฝาถ้ำจะเปิดออก และนำตัวอย่างไปเก็บ ในวงรอบนี้ ต่างจากวงรอบแรกคือ สัญญาณ (6) จะบังคับมอเตอร์ M5 ของชุดก้านส่งตัว

อย่างซึ่งรอตัวอย่างกลับอยู่ให้เคลื่อนลง จนถึงตำแหน่งสวิตช์บังคับ SW9 โมโนสเตเบิล (8) จะกำเนิดสัญญาณ (15) ส่งมายัง IC15 เพื่อบังคับให้มอเตอร์ M3 เปลี่ยนตัวอย่างที่ 2 ระบบนับจำนวนตัวอย่าง จะนับถอยหลังแสดงผลอีกครั้ง เมื่อตัวอย่างที่ 2 รอที่ช่องจ่ายสัญญาณสวิตช์ SW1 จะกระตุ้นให้โมโนสเตเบิล (12) ส่งสัญญาณผ่าน IC18 และ IC19 เป็นสัญญาณ (8) บังคับให้มอเตอร์ M5 ของก้านส่งตัวอย่างให้มีทิศทางเลื่อนขึ้น จนถึงสวิตช์บังคับตำแหน่ง SW8 โมโนสเตเบิล (7) จะกำเนิดสัญญาณ (9) บังคับให้ปากจับของมือกลรับตัวอย่าง และดำเนินวงรอบซ้ำเดิมจนกระทั่งเริ่มวัด และสิ้นสุดการวัดต่อเนื่องจนหมดชุดตัวอย่างระบบนับถอยหลังจะส่งสัญญาณกระตุ้นวงจรส่งสัญญาณเตือนให้เปลี่ยนตัวอย่างชุดใหม่

4.6 ผลทดสอบการทำงานของระบบต่าง ๆ

ตาราง 4.4 ผลการทดสอบของระบบต่าง ๆ

การทำงานของระบบ	เวลาที่ใช้ (วินาที)	ตำแหน่งคลาดเคลื่อน (มม.)
เปิดฝาถ้ำ	3	± 2
ปิดฝาถ้ำ	3	± 2
เลื่อนมือกลทางหัววัด	6	± 1
เลื่อนมือกลทางตัวอย่าง	6	± 1
เลื่อนมือกลขึ้น	3	± 1
เลื่อนมือกลลง	3	± 1
ส่งตัวอย่างขึ้น	6	± 1
รับตัวอย่างลง	6	± 1
หมุนเปลี่ยนตัวอย่าง	2	± 1

วงรอบการทำงานของระบบกลในการเปลี่ยนตัวอย่างแต่ละครั้งในเวลา 30 วินาที