ตู้ไขลานอัตโนมัติ

โดย

นางสาวชณัฐดา กระทุ่มเขต รหัสประจำตัว B4601654

นายธนกร อุบลเฉลา รหัสประจำตัว B4603351

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษารายวิชา 427499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม

ประจำภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2549

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2541

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

โครงงาน	ตู้ไขลานอัตโนมัติ
ผู้ดำเนินงาน	นางสาวชณัฐดา กระทุ่มเขต
	นายธนกร อุบลเฉลา
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ เรืออากาศเอก ดร.ประโยชน์ คำสวัสดิ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
ภาคการศึกษาที่	3/2549

บทคัดย่อ

โครงงานนี้ได้นำเสนอการออกแบบและการสร้างตู้ไขลานอัตโนมัติ เพื่อใช้ในการเติมพลังงานให้กับนาฬิกาอัตโนมัติ (Automatic Watch) ให้ทำงานอยู่ตลอดเวลาทั้งนี้เนื่องมาจากข้อจำกัดของนาฬิกาอัตโนมัติ คือนาฬิกาจะหยุดการทำงานเมื่อถูกทิ้งไว้หรือไม่มีการเคลื่อนไหวเป็นเวลานานๆ โครงงานนี้จึงต้องการให้นาฬิกาอัตโนมัติทำงานอยู่ตลอดเวลา โดยอาศัยตู้ไขลานอัตโนมัติ ซึ่งถูกควบคุมการทำงานด้วยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS51 เบอร์ AT89C51ED2

กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงงานปริญญานิพนธ์ชิ้นนี้ ส่งผลให้คณะผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ต่างๆ มากมาย สำหรับตัวโครงงานชิ้นนี้สำเร็จลงได้ เพราะคณะผู้จัดทำโครงงานได้รับความช่วยเหลือด้านต่างๆ จากบุคคลหลายฝ่ายหลายท่าน เริ่มจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน อาจารย์เรืออากาศเอก ดร.ประโยชน์ คำสวัสดิ์ สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำปรึกษาในทุกๆ ด้านแก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด และขอขอบพระคุณท่านคณาจารย์และบุคลากร สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือแก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด และสุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำโครงงานขอขอบพระคุณบิดาและมารดา ที่ท่านทั้งสองให้การดูแลเอาใจใส่เลี้ยงดู และคอยเป็นกำลังใจเคียงข้างมาโดยตลอด ทำให้โครงงานนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

คณะผู้จัดทำใคร่ขอขอบพระคุณทุกๆ ท่านที่ได้กล่าวไปแล้วไว้ ณ ที่นี้ สำหรับส่วนดีของโครงงานชิ้นนี้ ขออุทิศให้แก่ครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่คณะผู้จัดทำ ส่วนข้อเสียใดๆ ที่เกิดขึ้นนั้นทางคณะผู้จัดทำโครงงานใคร่ขอน้อมรับไว้แต่เพียงผู้เดียว

ชณัฐดา กระทุ่มเขต

ธนกร อุบลเฉลา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูป	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตการทำงาน	1
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน	1
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 คำนิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้อง	2
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS51	3
2.1.1 โครงสร้างของ MCS51	4
2.1.2 การจัดขาต่างๆ ของ MCS51	5
2.1.3 ความหมายของขาต่างๆ	5
2.1.4 โครงสร้างหน่วยความจำ	7
2.1.5 หน่วยความจำภายนอก	12
2.1.6 ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS51 เบอร์ AT89C51ED2	15
2.2 สเต็ปปิงมอเตอร์	15
2.2.1 ชนิดและโครงสร้างของสเต็ปปิงมอเตอร์	16
2.2.2 การตรวจสอบหาสายคอมมอนและสายกราวด์	22
2.2.3 การเรียงเฟส	23
2.2.4 วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์	23

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 ขั้นตอนการออกแบบและการสร้างตู้ไขลานอัตโนมัติ	25
3.1 ขั้นตอนการออกแบบ	25
3.1.1 หลักการทำงานของตู้ไขลานอัตโนมัติ	25
3.1.2 แผนผังการทำงานของตู้ไขลานอัตโนมัติ	25
3.1.3 วงจรควบคุมต่างๆ ของตู้ไขลานอัตโนมัติ	26
3.2 การสร้างตู้ไขลานอัตโนมัติ	29
3.2.1 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการสร้างตู้ไขลานอัตโนมัติ	29
3.2.2 ขั้นตอนการสร้างตู้ไขลานอัตโนมัติ	30
3.3 การออกแบบโปรแกรมควบคุมระบบการทำงาน	32
3.3.1 การเขียนโปรแกรม	32
3.3.2 แผนภาพการทำงานของโปรแกรม	32
บทที่ 4 การทดลอง	36
4.1 การทดลองและผลการทดลอง	36
4.2 อภิปรายผลการทดลอง	37
4.3 สรุปผลการทดลอง	37
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	38
5.1 สิ่งที่ได้รับจากโครงงาน	38
5.2 ปัญหาและอุปสรรค	38
5.3 ข้อเสนอแนะ	38
บรรณานุกรม	39
ภาคผนวก ก	40
ภาคผนวก ข	54
ภาคผนวก ค	67

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 เบอร์ต่างๆ 4

ตารางที่ 2.2 บิตและหน้าที่ต่างๆ ใน PSW 8

ตารางที่ 2.3 ลำดับการทำงานของขดลวดในแต่ละเฟสของมอเตอร์
เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบหนึ่งเฟส 19

ตารางที่ 2.4 ลำดับการทำงานของขดลวดในแต่ละเฟสของมอเตอร์
เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบสองเฟส 20

ตารางที่ 2.5 ลำดับการทำงานของขดลวดในแต่ละเฟสของมอเตอร์
เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ป 21

ตารางการทดลองที่ 4.1 กำหนดให้ตู้ไขลานอัตโนมัติทำงานเป็นระยะเวลา 30 นาที 33

ตารางการทดลองที่ 4.2 กำหนดให้ตู้ไขลานอัตโนมัติทำงานเป็นระยะเวลา 45 นาที 33

ตารางการทดลองที่ 4.3 กำหนดให้ตู้ไขลานอัตโนมัติทำงานเป็นระยะเวลา 60 นาที 34

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 2.1 การใช้ MCS51 เป็นแนนด์เกต 3

รูปที่ 2.2 แสดงขาต่างๆ ของ 8051 5

รูปที่ 2.3 การต่อแหล่งกำเนิดสัญญาณภายนอกให้กับ 8051 6

รูปที่ 2.4 การจัดหน่วยความจำของ MCS51 7

รูปที่ 2.5 การใช้ MCS51 ปิด - เปิดหลอดไฟ 11

รูปที่ 2.6 ไดอะแกรมกลุ่มสัญญาณที่ใช้อ่านข้อมูล 12

รูปที่ 2.7 ไดอะแกรมเวลาการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก 13

รูปที่ 2.8 (ก) Manual Reset 14

รูปที่ 2.8 (ข) Power – On Reset 14

รูปที่ 2.9 ลักษณะการพันขดลวดของมอเตอร์แบบยูนิโพลาร์ 15

รูปที่ 2.10 สเต็ปปิงมอเตอร์แบบมีสาย 5 เส้น 16

รูปที่ 2.11 สเต็ปปิงมอเตอร์แบบมีสาย 6 เส้น 16

รูปที่ 2.12 สเต็ปปิงมอเตอร์หลายแบบไบโพลาร์ 17

รูปที่ 2.13 โครงสร้างสเต็ปปิงมอเตอร์ 17

รูปที่ 2.14 (ก) โครงสร้าง (ข) วงจรเทียบเท่า (Equivalent Circuit)
ของมอเตอร์ ชนิด 4 ขด 18

รูปที่ 2.15 การหมุนของแกนมอเตอร์เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบหนึ่งเฟส 19

รูปที่ 2.16 การหมุนของแกนมอเตอร์เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบสองเฟส 20

รูปที่ 2.17 การหมุนของแกนมอเตอร์เมื่อได้รับการกระตุ้นแบบครึ่งสเต็ป 21

รูปที่ 2.18 สเต็ปปิงมอเตอร์ ชนิดมีสาย 6 เส้น 22

รูปที่ 2.19 สเต็ปปิงมอเตอร์ ชนิดมีสาย 5 เส้น 22

รูปที่ 2.20 วงจรขับสเต็ปปิงมอเตอร์โดยใช้ไอซี Driver เบอร์ ULN2003 24

สารบัญรูป (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของตู้ไขลานอัตโนมัติ 25

รูปที่ 3.2 วงจรควบคุมหลัก 26

รูปที่ 3.3 วงจรขับเคลื่อน 27

รูปที่ 3.4 วงจรแสดงผล 28

รูปที่ 3.5 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการสร้างตู้ไขลานอัตโนมัติ 29

รูปที่ 3.6 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ 30

รูปที่ 3.7 อุปกรณ์หลักต่างๆ บนแผ่นอะลูมิเนียม (ด้านหน้า) 30

รูปที่ 3.8 อุปกรณ์หลักต่างๆ บนแผ่นอะลูมิเนียม (ด้านหลัง) 31

รูปที่ 3.9 ตู้ไขลานอัตโนมัติ 31

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมา

ในปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาอุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ มากมาย รวมถึงนาฬิกาอัตโนมัติ (Automatic Watch) เป็นนาฬิกาที่มีกลไกการทำงานด้วยตัวมันเอง แต่ก็ยังมีข้อจำกัดในเรื่องระยะเวลาการทำงาน กล่าวคือ นาฬิกาอัตโนมัติจะทำงานได้ต้องอาศัยการเคลื่อนไหว ถ้าไม่มีการเคลื่อนไหว หรือการไขลาน นาฬิกาก็จะหยุดทำงาน ซึ่งทำให้ต้องทำการตั้งเวลาใหม่ทุกครั้งที่นาฬิกาอัตโนมัติหยุดทำงาน โครงงานนี้จึงได้จัดทำตู้ไขลานอัตโนมัตินี้ขึ้นมา เพื่อลดปัญหาที่เกิดจากข้อจำกัดของนาฬิกาอัตโนมัตินี้โดยใช้ระบบการควบคุมแบบอัตโนมัติ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อทำการออกแบบระบบการทำงานตู้ไขลานนาฬิกาอัตโนมัติโดยใช้เทคโนโลยีการควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์
2. เพื่อทำการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ ให้สามารถควบคุมระบบการทำงานตู้ไขลานอัตโนมัติได้

1.3 ขอบเขตการทำงาน

1. ทำการสร้างตู้ไขลานอัตโนมัติ และตู้ดังกล่าวต้องสามารถทำให้นาฬิกาอัตโนมัติ (Automatic Watch) ที่อยู่ภายในตู้ทำงานได้อยู่ตลอดเวลา
2. ทำการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมตู้ไขลานอัตโนมัติได้

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

1. ศึกษาค้นคว้าข้อมูล
2. ทำการเขียนโครงงานและเสนอโครงงานกับอาจารย์ที่ปรึกษา
3. ทำการจัดซื้ออุปกรณ์ที่ใช้ในโครงงานนี้
4. ทำการเขียนโปรแกรมไมโครคอนโทรลเลอร์ ควบคุมตู้ไขลานอัตโนมัติ
5. ทำการทดสอบการทำงานของตู้ไขลานอัตโนมัติ
6. สรุปผลการทดลองและเขียนรายงาน
7. นำเสนอโครงงาน

1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้อุปกรณ์ต้นแบบตู้ไขลานนาฬิกาอัตโนมัติที่สามารถทำงานได้จริง โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในการควบคุมการทำงาน
2. สามารถนำความรู้ที่ได้จากการทำโครงงานนี้เพื่อใช้ในการประกอบวิชาชีพ

1.6 คำนิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้อง

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) หมายถึง วงจรรวมที่มีหน่วยประมวลผลกลาง ซึ่งมีรอมและแรมอยู่ภายใน

2. ตู้ไขลานอัตโนมัติ หมายถึง อุปกรณ์ที่ใช้เพื่อไขลานนาฬิกาแบบอัตโนมัติ (Automatic Watch) ซึ่งทำงานได้โดยผ่านวงจรควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์

บทที่ 3
ขั้นตอนการออกแบบและการสร้างตู้ไขลานอัตโนมัติ

การดำเนินงานจัดสร้างโครงงานตู้ไขลานอัตโนมัติ ซึ่งควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 เบอร์ AT89C51ED2 เป็นการดำเนินงานขึ้นเพื่อนำเอาเทคโนโลยีสมัยใหม่มาพัฒนารูปแบบการใช้งาน และนำเสนอแนวคิดใหม่ๆ เพื่อให้เกิดพัฒนาการขึ้น เพราะโลกทุกวันนี้เทคโนโลยีด้านต่างๆ ได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันอย่างมากมาย ตู้ไขลานอัตโนมัติที่จัดสร้างขึ้นนี้จะใช้ทฤษฎีหลักๆ ของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS51 ซึ่งการจัดทำโครงงานตู้ไขลานอัตโนมัติดังกล่าวนี้ การดำเนินงานจะทำตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

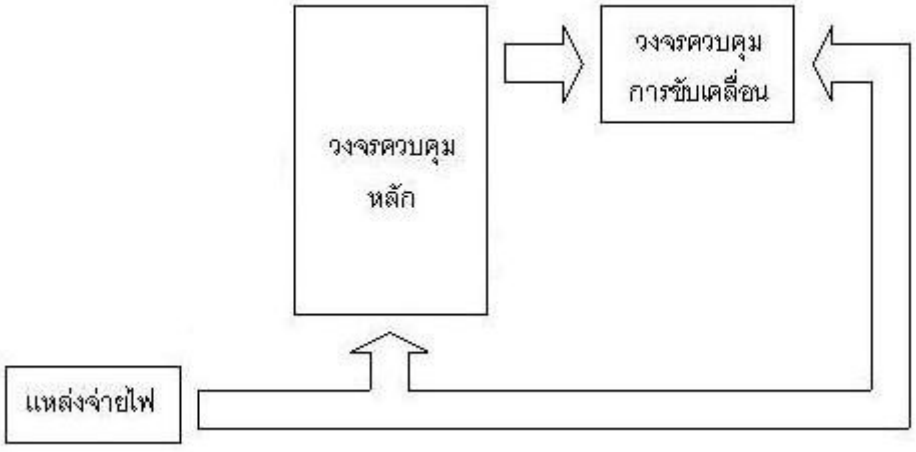
3.1 ขั้นตอนการออกแบบ

3.1.1 หลักการทำงานของตู้ไขลานอัตโนมัติ

การทำงานของตู้ไขลานอัตโนมัตินี้จะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ (8051) เบอร์ AT89C51ED2 ในการควบคุมชุดฮาร์ดแวร์ (Hardware) ซึ่งประกอบด้วยอุปกรณ์ควบคุมการขับเคลื่อน

1. ชุดอุปกรณ์ควบคุมการขับเคลื่อน
   - สเต็ปปิงมอเตอร์
   - วงจรควบคุมการขับเคลื่อนสเต็ปปิงมอเตอร์
2. ชุดแหล่งจ่ายพลังงาน

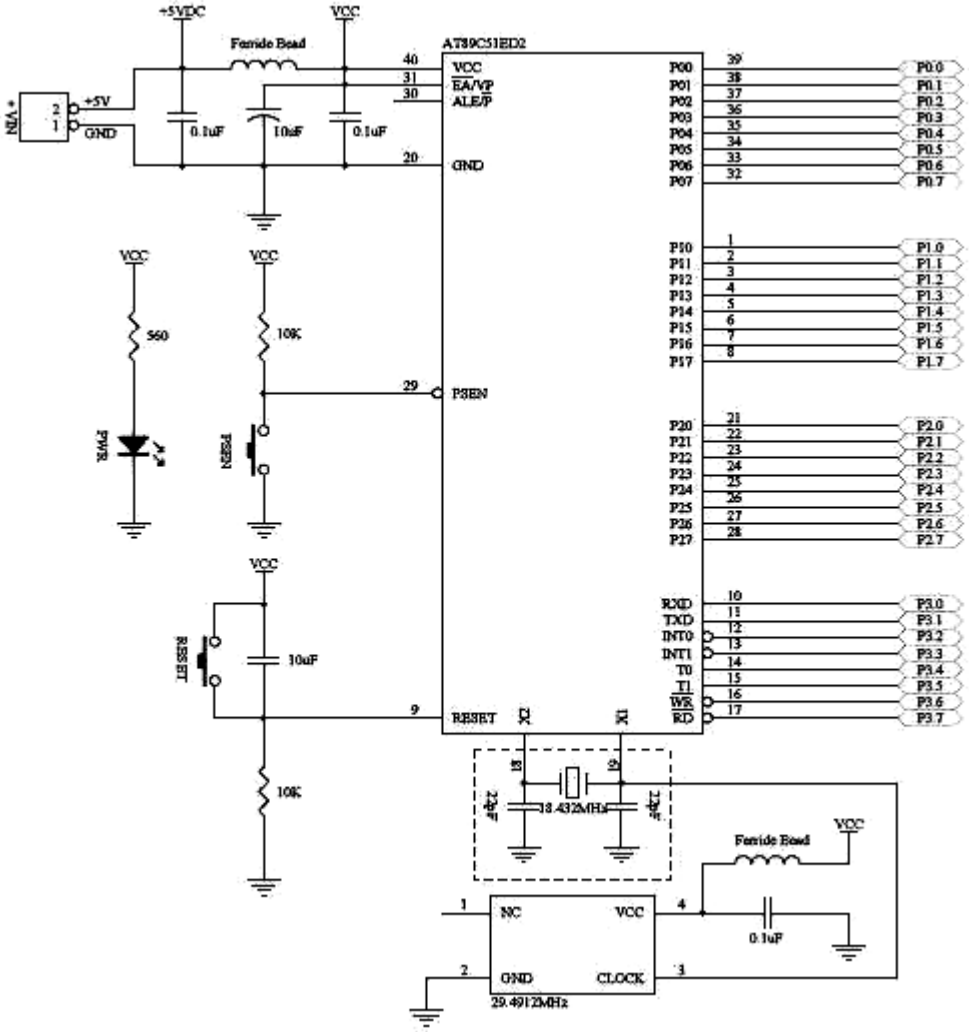
3.1.2 แผนผังการทำงานของตู้ไขลานอัตโนมัติ



รูปที่ 3.1 แผนผังการทำงานของตู้ไขลานอัตโนมัติ

3.1.3 วงจรควบคุมต่างๆ ของตู้ไขลานอัตโนมัติ

3.1.3.1 วงจรควบคุมหลัก

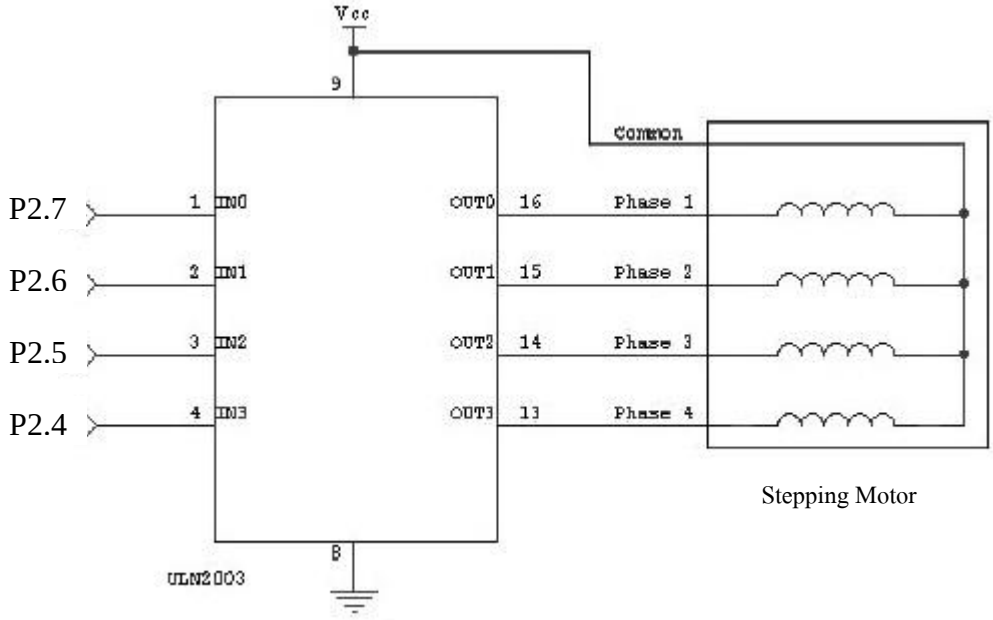


รูปที่ 3.2 วงจรควบคุมหลัก

หลักการทำงานของวงจรควบคุมหลัก

เมื่อกดสวิตช์รีเซ็ต (Reset) เพื่อเคลียร์ค่าต่างๆ และเมื่อจ่ายกระแสผ่านไปที่พอร์ท 2 เพื่อที่จะทำการควบคุมการขับเคลื่อนของสเต็ปปิงมอเตอร์

3.1.3.2 วงจรขับเคลื่อน



รูปที่ 3.3 วงจรขับเคลื่อน

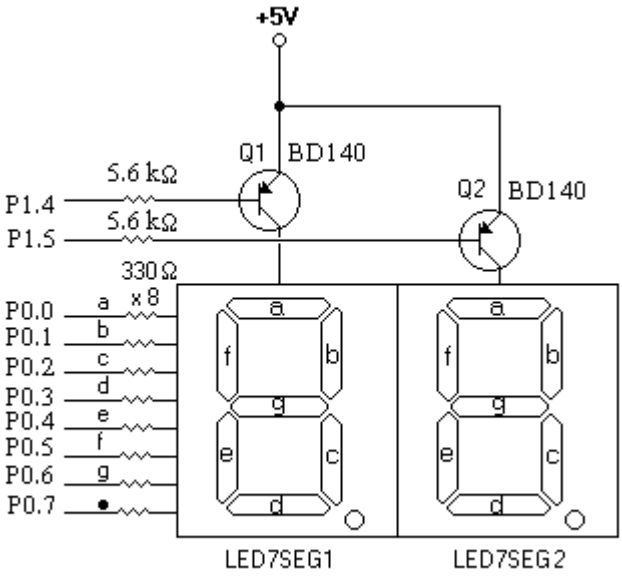
หลักการทำงานของวงจรขับเคลื่อน

วงจรขับเคลื่อนใช้แรงดันไฟ 4.5 โวลต์ (DC) โดยการทำงานของชุดวงจรควบคุมการขับเคลื่อนจะรับคำสั่งจากชุดควบคุมหลัก ซึ่งจะส่งคำสั่งมาเพื่อจะทำการควบคุมการขับเคลื่อนของสเต็ปปิงมอเตอร์ที่ P 2.7 ถึง P 2.4 เช่น ส่งคำสั่งควบคุมมาที่ P 2.7 และ P 2.6 (“1”) ทำให้สเต็ปปิงมอเตอร์ทำงาน ซึ่งการทำงานของสเต็ปปิงมอเตอร์จะเริ่มจากเฟสที่ 1 ไปจนถึงเฟสที่ 4 แล้วจะกลับมาเริ่มที่เฟสที่ 1 ใหม่ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งไม่มีคำสั่งจากชุดควบคุมหลัก สเต็ปปิงมอเตอร์ก็จะหยุดหมุน

3.1.3.3 วงจรแสดงผลและฟังก์ชันการทำงาน

หลักการทำงานของวงจรแสดงผล

P0.0-P0.7 จะเป็นข้อมูลการแสดงผล เมื่อต้องการให้ส่วนใดติดก็กำหนดให้บิตนั้นเป็น "0" P1.4 และ P1.5 เป็นส่วนควบคุม segment1 และ segment2 ตามลำดับ หากต้องการให้หลักใดแสดงผล ก็ให้หลักนั้นมีเป็นลอจิก "0"



รูปที่ 3.4 วงจรแสดงผล

ฟังก์ชันการทำงาน

เมื่อมีการจ่ายไฟให้แก่บอร์ดไมโครคอนโทลเลอร์ จอ 7-Segment จะแสดงคำว่า “On.” (เฟืองยังไม่ทำงาน) หลังจากนั้นทำการเลือกฟังก์ชัน ซึ่งมีฟังก์ชันดังต่อไปนี้

1. กด P1.0 ตู้ไขลานอัตโนมัติจะทำงาน โดยการหมุนเป็นเวลา 30 นาที และมีการแสดงผลเป็นตัวเลขนาที ที่ จอ 7-Segment ลดลงตามเวลา เมื่อครบ 30 นาที ตู้ไขลานอัตโนมัติ จะหยุดทำงาน เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และก็กลับมาทำงานใหม่อีกครั้ง จนกว่าจะไม่มีการจ่ายไฟ
2. กด P1.1 ตู้ไขลานอัตโนมัติจะทำงาน โดยการหมุนเป็นเวลา 45 นาที และมีการแสดงผลเป็นตัวเลขนาที ที่ จอ 7-Segment ลดลงตามเวลา เมื่อครบ 45 นาที ตู้ไขลานอัตโนมัติ จะหยุดทำงาน เป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที และก็กลับมาทำงานใหม่อีกครั้ง จนกว่าจะไม่มีการจ่ายไฟ
3. กด P1.2 ตู้ไขลานอัตโนมัติจะทำงาน โดยการหมุนเป็นเวลา 60 นาที และมีการแสดงผลเป็นตัวเลขนาที ที่ จอ 7-Segment ลดลงตามเวลา เมื่อครบ 60 นาที ตู้ไขลานอัตโนมัติ จะหยุดทำงาน เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และก็กลับมาทำงานใหม่อีกครั้ง จนกว่าจะไม่มีการจ่ายไฟ

3.2 การสร้างตู้ไขลานอัตโนมัติ

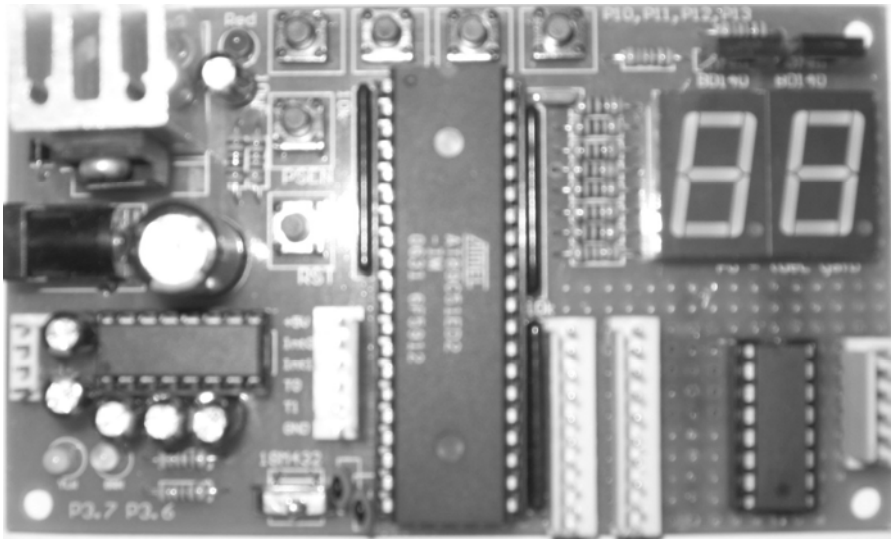
3.2.1 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการสร้างตู้ไขลานอัตโนมัติ มีดังนี้

1. บอร์ดไมโครคอลโทรลเลอร์	1	บอร์ด
2. สเต็ปปิงมอเตอร์	1	ตัว
3. Adaptor แบบปรับค่าแรงดัน	1	ตัว
4. เฟื่องขบ ขนาดใหญ่	3	ตัว
5. แบริง	2	ตัว
6. แกนสแตนเลส	2	แกน
7. แผ่นอะลูมิเนียม	1	แผ่น
8. ท่อ PVC	2	ชิ้น
9. ตู้ไม้	1	ตู้

รูปที่ 3.5 อุปกรณ์หลักที่ใช้ในการสร้างตู้ไขลานอัตโนมัติ

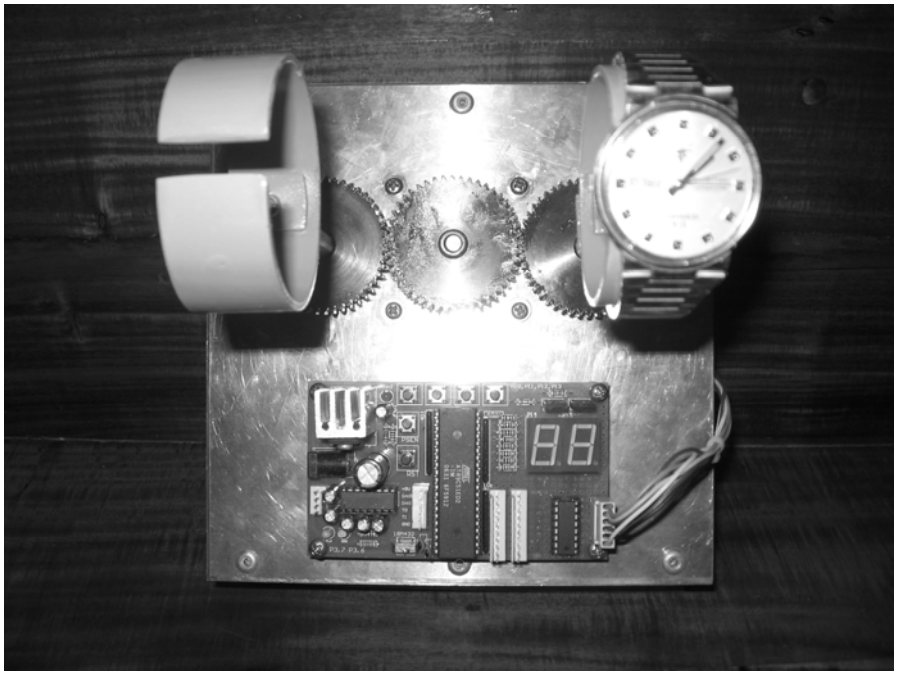
3.2.2 ขั้นตอนการสร้างตู้ไขลานอัตโนมัติ

1. นำไอซีต่างๆ มาต่อเข้าด้วยกันเป็นวงจรไฟฟ้า เพื่อประกอบเป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

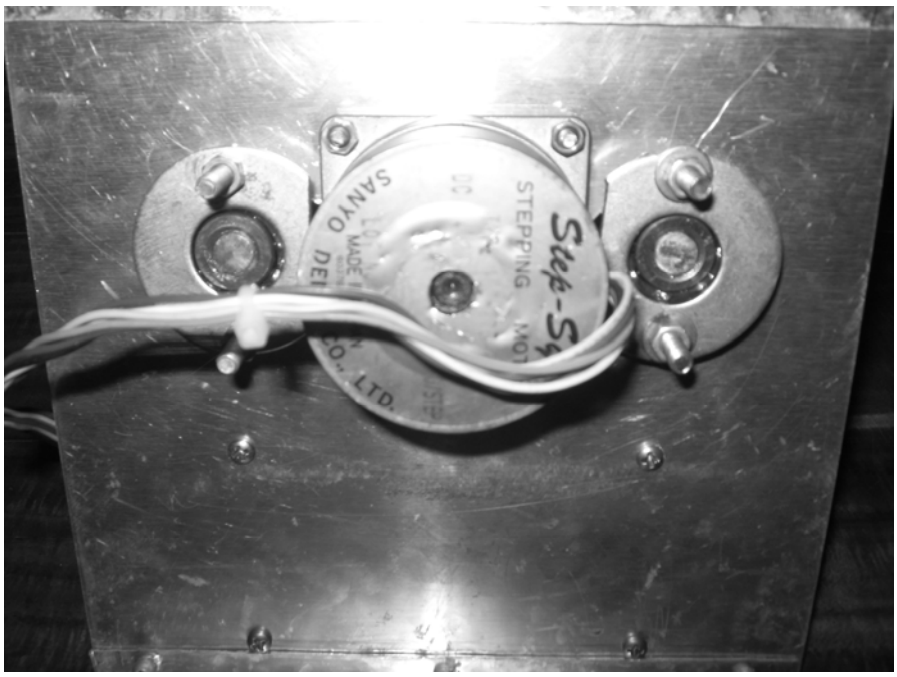


รูปที่ 3.6 บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

2. นำอุปกรณ์หลักต่างๆ มาประกอบลงบนแผ่นอะลูมิเนียม ดังรูป



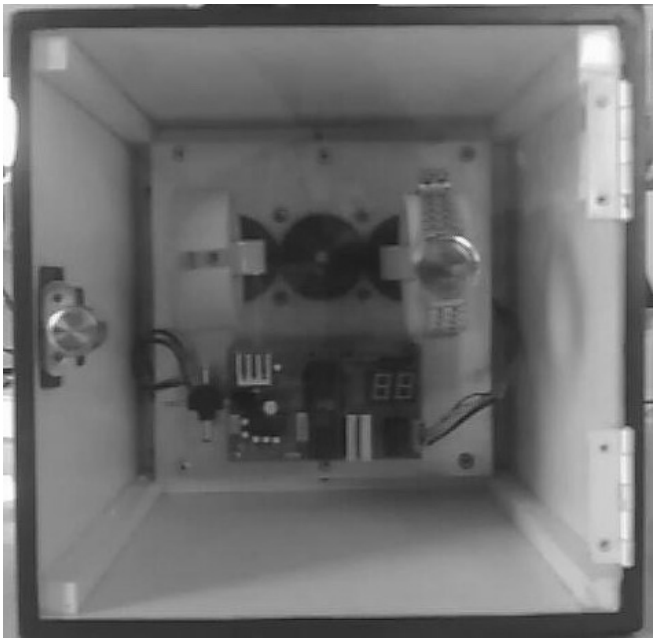
รูปที่ 3.7 อุปกรณ์หลักต่างๆ บนแผ่นอะลูมิเนียม (ด้านหน้า)



รูปที่ 3.8 อุปกรณ์หลักต่างๆ บนแผ่นอะลูมิเนียม (ด้านหลัง)

3. นำสายไฟมาเชื่อมต่อระหว่างบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์กับสเต็ปปิงมอเตอร์ เนื่องจากเราจะทำการสั่งงานควบคุมการหมุนของสเต็ปปิงมอเตอร์ผ่านทางบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

4. นำแผ่นอะลูมิเนียมที่ประกอบอุปกรณ์ต่างๆ อย่างสมบูรณ์ไปยึดกับตู้ไม้ที่เตรียมไว้



รูปที่ 3.9 ตู้ไขลานอัตโนมัติ

5. ต่อ Adapter เพื่อจ่ายกระแสให้กับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งจะทำให้ตู้ไขลานอัตโนมัติทำงาน

6. เขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของสเต็ปปิงมอเตอร์ แล้วโหลดลงหน่วยความจำของบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

7. ทดสอบการทำงานของตู้ไขลานอัตโนมัติ

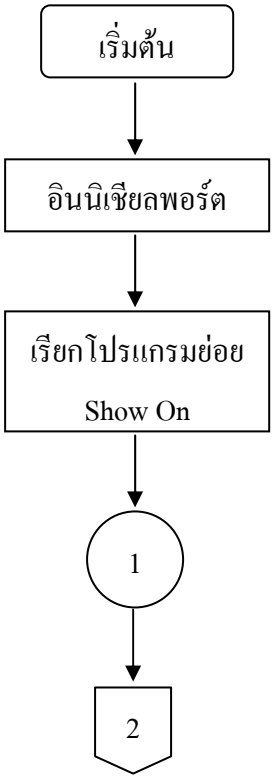
3.3 การออกแบบโปรแกรมควบคุมระบบการทำงาน

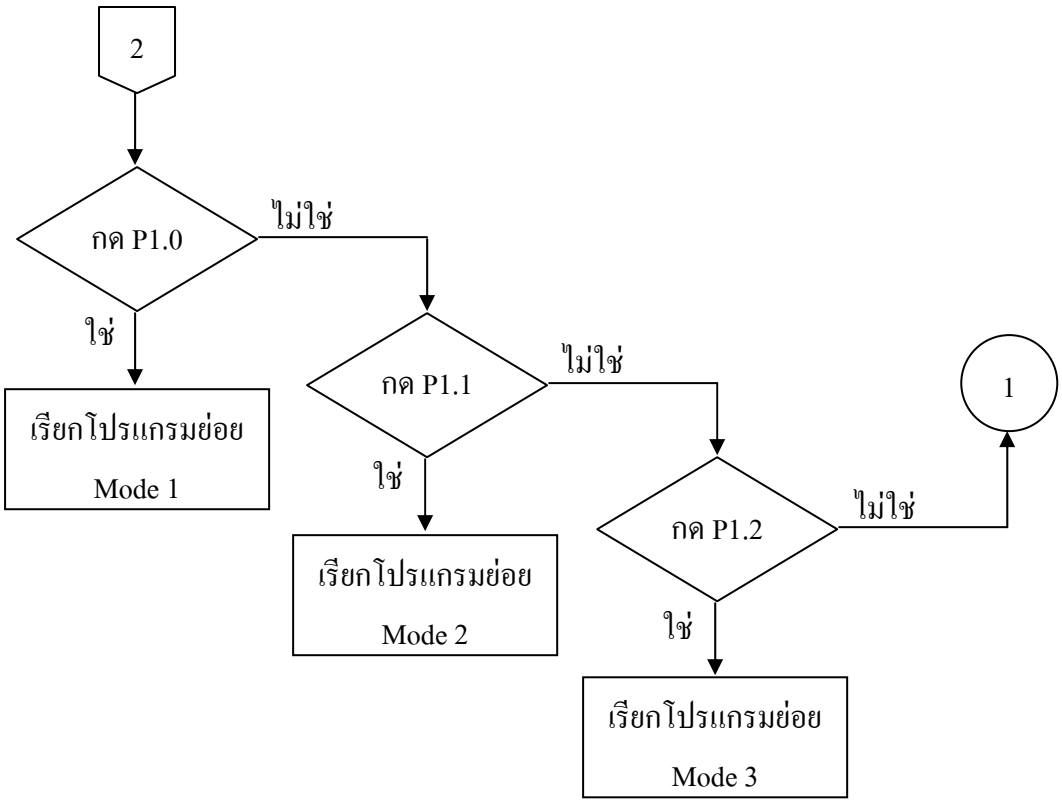
3.3.1 การเขียนโปรแกรม

โครงงานนี้ใช้ภาษาแอสเซมบลี (Assembly) ในการเขียนโปรแกรมโดยใช้โปรแกรม UltraEdit-32 (สามารถศึกษาได้ในภาคผนวก ก) และทำการคอมไพล์โดยใช้โปรแกรม RAD51 หลังจากนั้นทำการโหลดโปรแกรมลงไมโครคอนโทรลเลอร์โดยใช้โปรแกรม FLIP โดยขั้นตอนต่างๆ (สามารถศึกษาได้ในภาคผนวก ข)

3.3.2 แผนภาพการทำงานของโปรแกรม

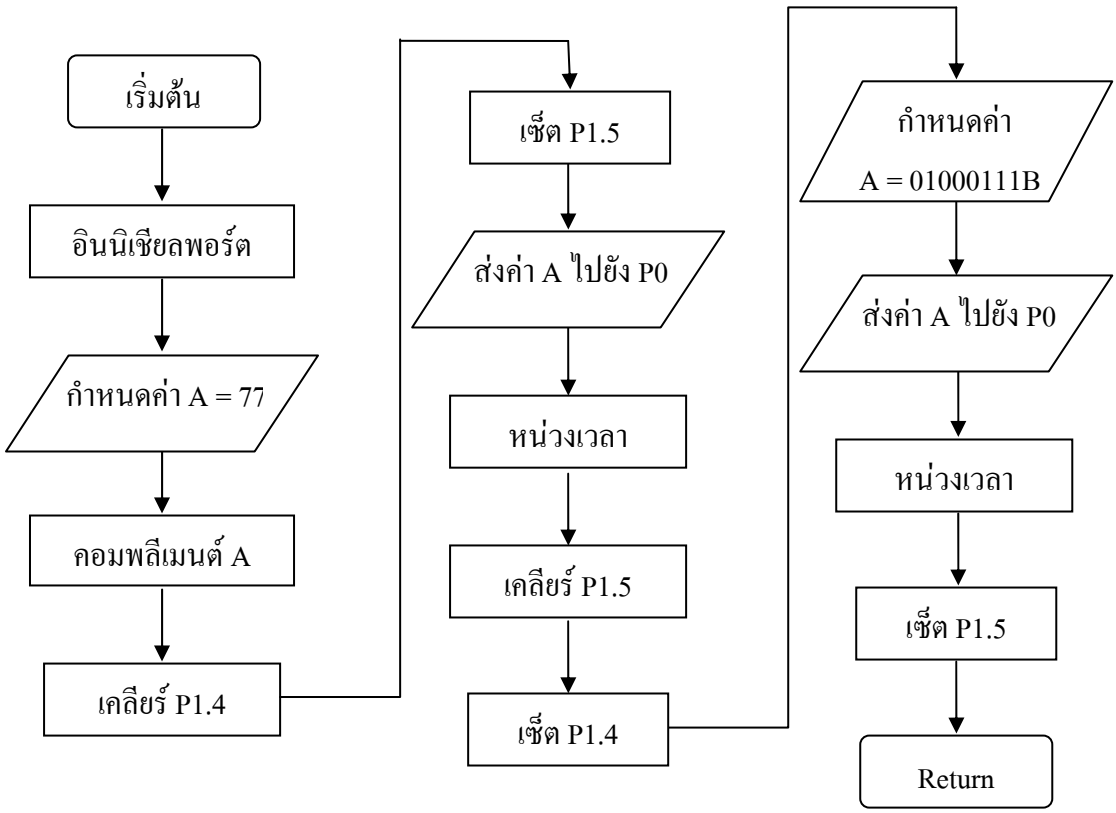
3.3.2.1 โปรแกรมหลัก (Main Program)



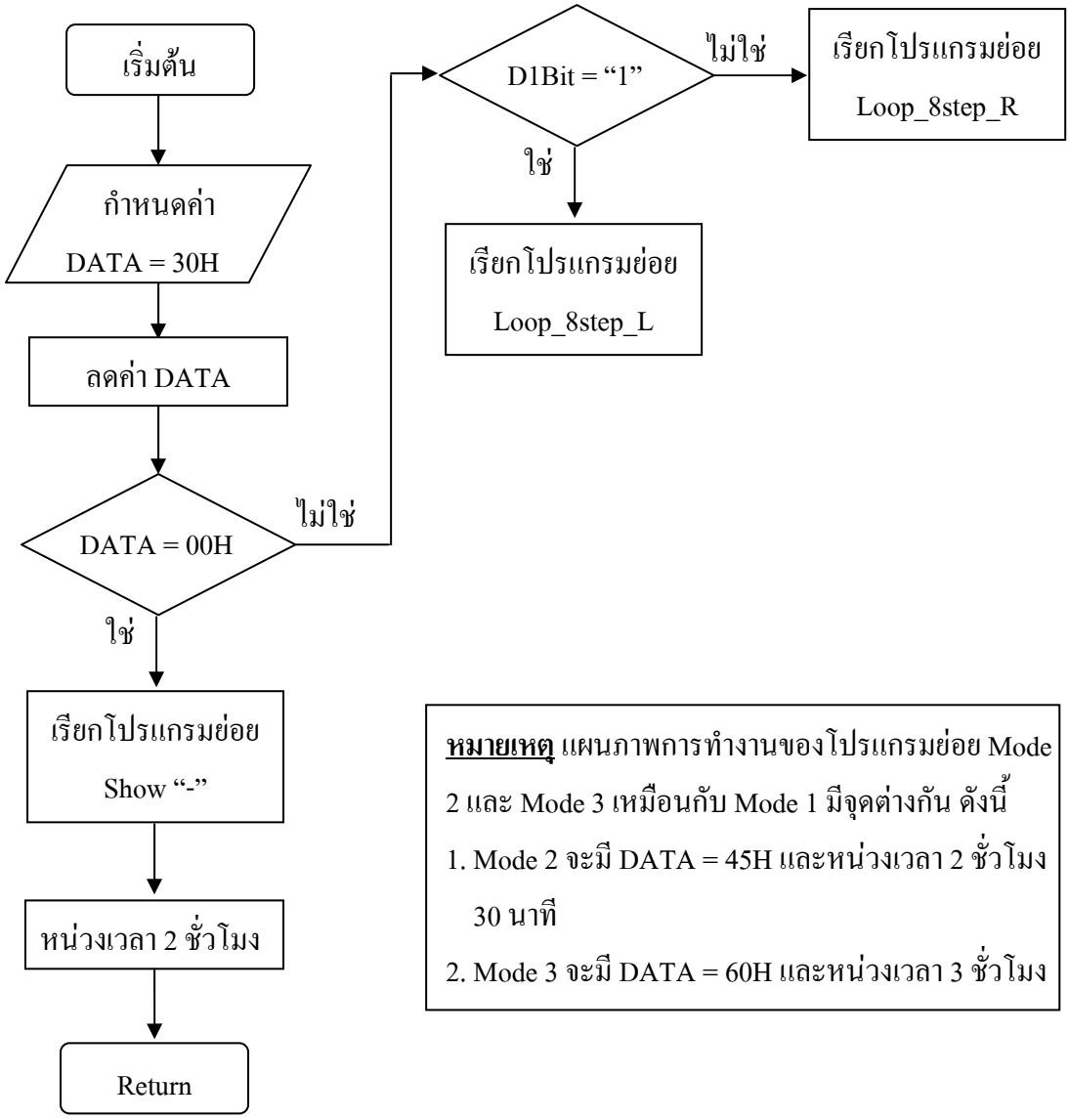


3.3.2.2 โปรแกรมย่อย

3.3.2.2.1 โปรแกรมย่อย Show On



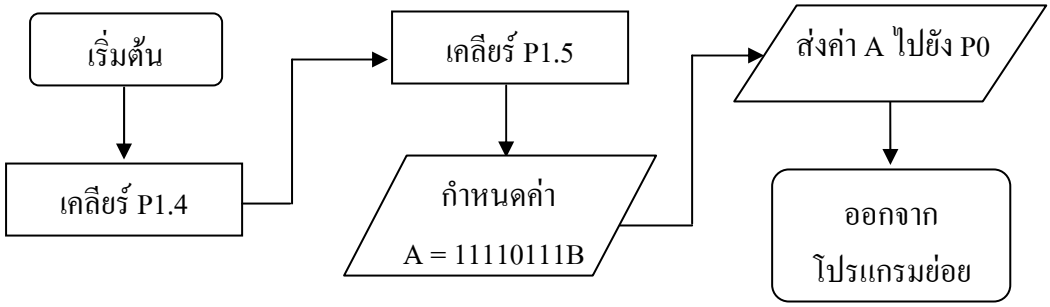
3.3.2.2.2 โปรแกรมย่อย Mode 1



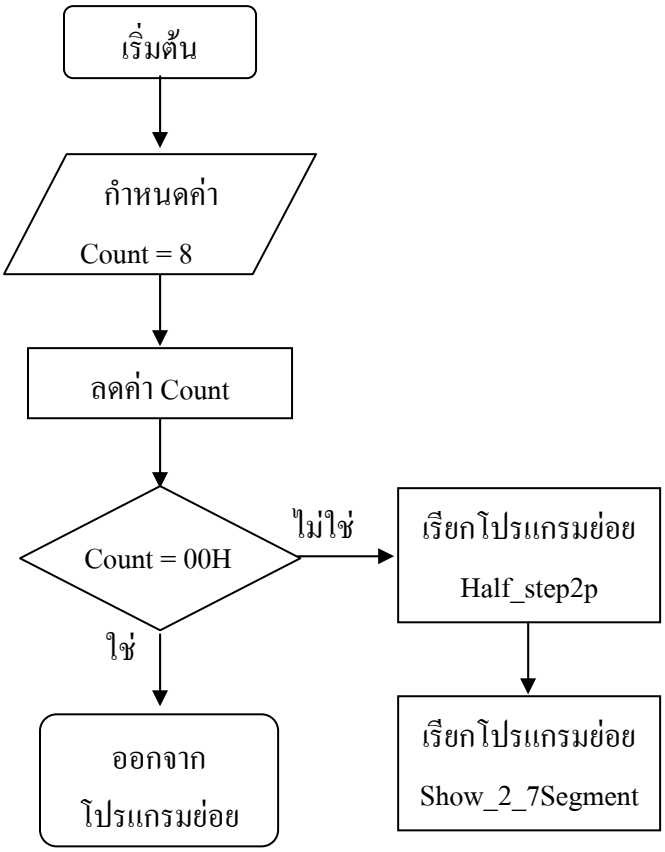
หมายเหตุ แผนภาพการทำงานของโปรแกรมย่อย Mode 2 และ Mode 3 เหมือนกับ Mode 1 มีจุดต่างกัน ดังนี้

1. Mode 2 จะมี DATA = 45H และหน่วงเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที
2. Mode 3 จะมี DATA = 60H และหน่วงเวลา 3 ชั่วโมง

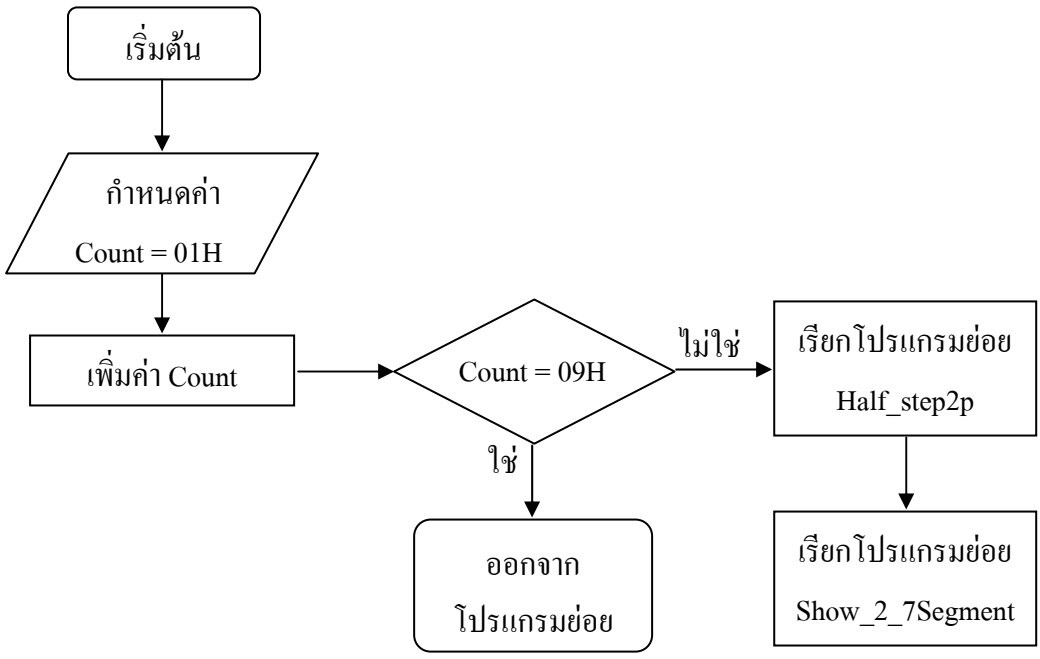
3.3.2.2.3 โปรแกรมย่อย Show “-”



3.3.2.2.4 โปรแกรมย่อย Loop_8step_L



3.3.2.2.5 โปรแกรมย่อย Loop_8step_R



บทที่ 4
การทดลอง

4.1 การทดลองและผลการทดลอง

เมื่อดำเนินการจัดสร้างโครงงานเสร็จเรียบร้อยแล้ว จึงทำการทดสอบความสามารถในการทำงานของตู้ไขลานอัตโนมัติ ซึ่งควบคุมด้วย MCS51 โดยการทดสอบความสามารถนั้นทำดังนี้

ตารางการทดลองที่ 4.1 กำหนดให้ตู้ไขลานอัตโนมัติทำงานเป็นระยะเวลา 30 นาที

ครั้งที่	นาฬิกาอัตโนมัติทำงานได้	
	เรือนที่ 1 (ซ้าย)	เรือนที่ 2 (ขวา)
1	2 ชั่วโมง 15 นาที	2 ชั่วโมง 25 นาที
2	3 ชั่วโมง 5 นาที	2 ชั่วโมง 35 นาที
3	2 ชั่วโมง 30 นาที	2 ชั่วโมง 40 นาที
4	2 ชั่วโมง 45 นาที	3 ชั่วโมง 0 นาที
5	2 ชั่วโมง 20 นาที	2 ชั่วโมง 15 นาที

ดังนั้น เลือกให้ตู้ไขลานอัตโนมัติหยุดทำงานเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

ตารางการทดลองที่ 4.2 กำหนดให้ตู้ไขลานอัตโนมัติทำงานเป็นระยะเวลา 45 นาที

ครั้งที่	นาฬิกาอัตโนมัติทำงานได้	
	เรือนที่ 1 (ซ้าย)	เรือนที่ 2 (ขวา)
1	3 ชั่วโมง 15 นาที	2 ชั่วโมง 50 นาที
2	3 ชั่วโมง 5 นาที	3 ชั่วโมง 15 นาที
3	2 ชั่วโมง 55 นาที	3 ชั่วโมง 10 นาที
4	2 ชั่วโมง 50 นาที	2 ชั่วโมง 45 นาที
5	2 ชั่วโมง 45 นาที	2 ชั่วโมง 55 นาที

ดังนั้น เลือกให้ตู้ไขลานอัตโนมัติหยุดทำงานเป็นเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที

ตารางการทดลองที่ 4.3 กำหนดให้ตู้ไขลานอัตโนมัติทำงานเป็นระยะเวลา 60 นาที

ครั้งที่	นาฬิกาอัตโนมัติทำงานได้	
	เรือนที่ 1 (ซ้าย)	เรือนที่ 2 (ขวา)
1	3 ชั่วโมง 45 นาที	3 ชั่วโมง 25 นาที
2	4 ชั่วโมง 5 นาที	3 ชั่วโมง 35 นาที
3	3 ชั่วโมง 25 นาที	3 ชั่วโมง 50 นาที
4	4 ชั่วโมง 10 นาที	4 ชั่วโมง 0 นาที
5	3 ชั่วโมง 30 นาที	3 ชั่วโมง 45 นาที

ดังนั้น เลือกให้ตู้ไขลานอัตโนมัติหยุดทำงานเป็นเวลา 3 ชั่วโมง

4.2 อภิปรายผลการทดลอง

ผลการดำเนินงานจัดสร้างโครงงานตู้ไขลานอัตโนมัติ ตลอดระยะเวลาที่ผ่านมาพบปัญหาและอุปสรรค์หลายด้าน เช่น การเลือกใช้วัสดุ ตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ การทำงานของชุดไขลานนาฬิกาและการทำงานของชุดควบคุมการขับเคลื่อน แต่จากการหาข้อมูลเพิ่มเติม จึงทำให้สามารถแก้ปัญหาต่างๆ ได้ เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพที่ดีที่สุดจึงได้ทำการทดสอบความสามารถของตู้ไขลานอัตโนมัติ ซึ่งได้ผลการทดสอบเป็นที่น่าพอใจ คือ จากผลการทดสอบความสามารถของสเต็ปมอเตอร์ตัวขับเคลื่อน จะเห็นว่าแรงดันขนาด 5 โวลต์ ที่ใช้กับสเต็ปปิงมอเตอร์เป็นแรงดันที่มีขนาดพอเหมาะที่จะทำให้ตู้ไขลานอัตโนมัติทำงานได้ไม่ช้าและไม่เร็วจนเกินไป

ผลการทดลองในตารางที่ 4.1 – 4.3 ได้ถูกนำไปออกแบบเป็นฟังก์ชันการทำงานของระบบจำนวน 3 ฟังก์ชัน ดังที่ได้อธิบายในหัวข้อ 3.1.3.3

4.3 สรุปผลการทดลอง

การจัดสร้างโครงงานตู้ไขลานอัตโนมัติในครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ที่จะแก้ไขข้อจำกัดของนาฬิกาแบบอัตโนมัติ (Automatic Watch) และเพื่อทำการศึกษาการทำงานของตู้ไขลานอัตโนมัติ อีกทั้งจะเป็นการฝึกทักษะและความชำนาญในการเลือกใช้อุปกรณ์และเครื่องมือ เพื่อสร้างตู้ไขลานอัตโนมัติที่มีความสามารถในการทำงานและใช้งานได้จริง ซึ่งสามารถดำเนินการจัดสร้างให้แล้วเสร็จได้ และจากการทดลองความสามารถในการทำงานของตู้ไขลานอัตโนมัตินี้ ซึ่งสามารถไขลานนาฬิกาแบบอัตโนมัติให้ทำงานได้ตามปกติตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สิ่งที่รับจากโครงงาน

1. ได้รับความรู้ในการใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์และนำไปใช้งานได้จริง
2. ได้รับความรู้ในการประกอบอุปกรณ์ต่างๆ และสามารถเลือกใช้อุปกรณ์ที่เหมาะสมในโครงงาน
3. ทำให้สามารถนำความรู้ที่ได้รับจากการเรียนทฤษฎีมาใช้ในการปฏิบัติจริง
4. ทำให้สามารถรู้จักแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้าได้
5. ทำให้รู้จักทำงานร่วมกับผู้อื่น
6. ทำให้รู้จักการแบ่งเวลาในการทำงานและสามารถปฏิบัติงานตามตารางเวลาได้
7. สามารถนำความรู้ที่ได้จากโครงงานมาประยุกต์ใช้งานได้

5.2 ปัญหาและอุปสรรค

1. มอเตอร์ที่ใช้กินกระแสสูง ทำให้สินเปลืองพลังงาน ควรใช้มอเตอร์ที่กินกระแสต่ำๆ
2. การใช้มอเตอร์ที่กินกระแสสูง ทำให้มีปัญหาเกี่ยวกับการเลือกใช้วงจรขับมอเตอร์ที่ให้กระแสสูง แต่สามารถแก้ปัญหาโดยเลือกไอซีที่ทนกระแสสูงๆ ได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. ในการออกแบบพัฒนาตู้ไขลานอัตโนมัตินี้ ควรจะเลือกใช้วัสดุที่มีน้ำหนักไม่มากนัก เพราะเมื่อตู้มีน้ำหนักมาก ทำให้มีปัญหาในเรื่องการเคลื่อนย้าย
2. ในการพัฒนาสร้างตู้ไขลานอัตโนมัติในครั้งต่อไป อาจจะเลือกใช้เฟืองชนิดอื่นๆ เพื่อลดปัญหาเกี่ยวกับรอบการหมุนช้าหรือเร็วของมอเตอร์
3. ในการพัฒนาสร้างตู้ไขลานอัตโนมัติ อาจจะเขียนโปรแกรมเพิ่มฟังก์ชันต่างๆ ให้แก่ตู้ไขลานอัตโนมัติได้

บรรณานุกรม

[1] ธีรวัฒน์ ประกอบผล. **การประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์**. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น). 2545.

[2] ธีรวัฒน์ ประกอบผล. **ภาษาแอสเซมบลี สำหรับ MSC-51**. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย - ญี่ปุ่น). 2545.

[3] บุญสืบ โพธิ์ศรี และคณะ. **ไฟฟ้าและอิเล็กโทรนิกส์เบื้องต้น.** กรุงเทพฯ : ศูนย์ส่งเสริมอาชีวะ. 2546.

[4] วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุลและชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล (n.d.). **เรียนรู้และปฏิบัติการไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 แบบแฟลช**. กรุงเทพฯ : อินโนเวตีฟ เอ็กเพอริเมนต์

[5] Adisak. **ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51.**
Available from: http://www.adisak51.com/

[6] ETT. **ET-BASE51 V2.0 (AT89C51ED2).**
Available from: http://www.etteam.com/product/pics/et-base/mcs51v2.pdf

[7] Tommy T.S. **นาฬิกา.**
Available from: http://www.rmutphysics.com/charud/oldnews/57/index57.htm

ภาคผนวก ก

โค้ดโปรแกรมการทำงานของตู้ไขลานอัตโนมัติ

```
Count           EQU   08H
PortO_DM        EQU   P2
PortO_Seg       EQU   P0
DATA            EQU   09H
PortO_LED_Yellow EQU  P3.7
PortO_LED_Green EQU   P3.6
DATA_1BIT       EQU   20H
D1Bit           EQU   DATA_1BIT.0
;===============================================================
;  Main Program.
;===============================================================
            ORG   0000H
            JMP   Start
            ORG   0100H
Start:      CLR   EA
            MOV   SP,#2FH
            CLR   ES                    ; Disable Serial Interupt
            MOV   PortO_DM,#00H
Main_LOOP:  JNB   P1.0,Mode1
            JNB   P1.1,Mode2
            JNB   P1.2,Mode3
            CALL  SegShow_ON
            JMP   Main_LOOP
```

```
;=================================================================
;  Mode 1
;=================================================================
Mode1:      MOV   DATA,#30H
M1L1:       MOV   R3,#60
M1L2:       MOV   R2,#2
M1L3:       JNB   D1Bit,S_LR
            CALL  Loop_8step_L
            JMP   NEXT1
S_LR:       CALL  Loop_8step_R
NEXT1:      DJNZ  R2,M1L3
            CPL   PortO_LED_Green
            DJNZ  R3,M1L2
            CALL  DEC_1HEX_2_BCD
            CPL   D1Bit
            MOV   A,DATA
            CJNE  A,#00H,M1L1
            CALL  SegShow_NM
            CALL  Delay60S
            CALL  Delay60S
            JMP   Mode1
```

```
;=================================================================
;  Mode 2
;=================================================================
Mode2:      MOV   DATA,#45H
M2L1:       MOV   R3,#60
M2L2:       MOV   R2,#2
M2L3:       JNB   D1Bit,S_LR
            CALL  Loop_8step_L
            JMP   NEXT2
S_LR2:      CALL  Loop_8step_R
NEXT2:      DJNZ  R2,M2L3
            CPL   PortO_LED_Green
            DJNZ  R3,M2L2
            CALL  DEC_1HEX_2_BCD
            CPL   D1Bit
            MOV   A,DATA
            CJNE  A,#00H,M2L1
            CALL  SegShow_NM
            CALL  Delay60S
            CALL  Delay60S
            CALL  Delay30S
            JMP   Mode2
```

```
;=============================================================
;   Mode 3
;=============================================================
Mode3:      MOV   DATA,#60H
M3L1:       MOV   R3,#60
M3L2:       MOV   R2,#2
M3L3:       JNB   D1Bit,S_LR
            CALL  Loop_8step_L
            JMP   NEXT3
S_LR3:      CALL  Loop_8step_R
NEXT3:      DJNZ  R2,M3L3
            CPL   PortO_LED_Green
            DJNZ  R3,M3L2
            CALL  DEC_1HEX_2_BCD
            CPL   D1Bit
            MOV   A,DATA
            CJNE  A,#00H,M2L1
            CALL  SegShow_NM
            CALL  Delay60S
            CALL  Delay60S
            CALL  Delay60S
            JMP   Mode3
;=============================================================

            $INCLUDE    "system.Sub"
            $INCLUDE    "Delay.Sub"
```

File: system.Sub

```
;=================================================================
;  Loop_8step_R
;=================================================================
Loop_8step_R:       MOV   Count,#01H

_step_R:            CALL  Half_step2p
                    CALL  Show_2_7Segment
                    INC   Count
                    MOV   A,Count
                    CJNE  A,#09H,_step_R
                    RET
;=================================================================
;  Loop_8step_L
;=================================================================
Loop_8step_L:       MOV   Count,#8
_step_L:            CALL  Half_step2p
                    CALL  Show_2_7Segment
                    DJNZ  Count,_step_L
                    RET
;-----------------------------------------------------------
Half_step2p:        MOV   DPTR,#_Table_step
                    MOV   A,Count
                    MOVC A,@A+DPTR
                    MOV   PortO_DM,A
                    RET
_Table_step:        DB    00H,80H,0C0H,40H,60H,20H
                    DB    30H,10H,90H
                    RET
```

```
;=============================================================
;  DEC_1HEX_2_BCD
;=============================================================
DEC_1HEX_2_BCD:  MOV   A,DATA
                 ADD   A,#-1
                 MOV   R1,A
                 MOV   R6,#10H
                 MOV   R7,#06H
        M1:      DEC   R6
                 MOV   A,R1
                 ANL   A,#0FH
                 XRL   A,R6
                 JZ    U1
                 DJNZ  R7,M1
                 MOV   DATA,R1
                 RET
        U1:      MOV   A,R1
                 SUBB  A,#05H
                 MOV   DATA,A
                 RET
;=============================================================
;  Show "-"
;=============================================================
SegShow_NM:      CLR   P1.4
                 CLR   P1.5
                 MOV   A,#11110111B
                 MOV   PortO_Seg,A
                 RET
```

```
;=================================================================
;   Show On
;=================================================================
SegShow_ON:         MOV   A,#77H
                    CPL   A
                    CLR   P1.4
                    SETB  P1.5
                    MOV   PortO_Seg,A
                    CALL  DELAY_Seg
                    SETB  P1.4
                    CLR   P1.5
                    MOV   A,#01000111B
                    MOV   PortO_Seg,A
                    CALL  DELAY_Seg
                    SETB  P1.5
                    RET
;=================================================================
Show_2_7Segment:    MOV   R5,#4

_LOOP:              MOV   A,DATA
                    ANL   A,#0FH
                    SETB  P1.4
                    CLR   P1.5
                    CALL  Show_7Segment
                    CALL  DELAY_Seg
                    MOV   A,DATA
                    SWAP  A
                    ANL   A,#0FH
                    SETB  P1.5
```

```
                    CLR     P1.4
                    CALL    Show_7Segment
                    CALL    DELAY_Seg
                    DJNZ    R5,_LOOP
                    SETB    P1.4
                    RET
;=========================================================
Show_7Segment:      MOV     DPTR,#_Table_Segment1
                    MOVC A,@A+DPTR
                    CPL     A
                    MOV     PortO_Seg,A
                    RET
_Table_Segment1:
                    DB      77H,11H,6DH,5DH      ;TDEC GAFB
                    DB      1BH,5EH,7EH,15H
                    DB      7FH,5FH,3FH,7AH
                    DB      66H,79H,6EH,2EH
;=========================================================
```

File: Delay.Sub

```
;#************************************************
;#      All Delay for XTAL 18.432MHz 12Clk/MC
;#************************************************
DELAY_4SEC:     PUSH   07H          ; Delay 80*50MilliSec
                MOV    R7,#80       ;  = 4000MilliSec
                JMP    _DELAY_50M

DELAY_2SEC:     PUSH   07H          ; Delay 40*50MilliSec
                MOV    R7,#40       ;  = 2000MilliSec
                JMP    _DELAY_50M

DELAY_1SEC:     PUSH   07H          ; Delay 20*50MilliSec
                MOV    R7,#20       ;  = 1000MilliSec
                JMP    _DELAY_50M

DELAY_500M:     PUSH   07H          ; Delay 10*50MilliSec
                MOV    R7,#10       ;  = 500MilliSec
                JMP    _DELAY_50M

DELAY_250M:     PUSH   07H          ; Delay 5*50 MilliSec
                MOV    R7,#5        ;  = 250 MilliSec
                JMP    _DELAY_50M

DELAY_150M:     PUSH   07H          ; Delay 3*50 MilliSec
                MOV    R7,#3        ;  = 150 MilliSec
                JMP    _DELAY_50M
```

```
DELAY_100M:     PUSH   07H             ; Delay 2*50 MilliSec
                MOV    R7,#2           ;  = 100 MilliSec
                JMP    _DELAY_50M

DELAY_50M:      PUSH   07H             ; Delay 1*50 MilliSec
                MOV    R7,#1           ;  = 50 MilliSec
                JMP    _DELAY_50M

_DELAY_50M:     PUSH   Acc
                PUSH   B
_DELAY_050M:    MOV    B,#200          ; Delay 50 MilliSec
_DELAY_250U:    MOV    A,#191          ; 1MC ,250 uSec
                DJNZ   Acc,$           ; 2MC ,(192-1)*0.651*2 ;    = 250 uSec
                DJNZ   B,_DELAY_250U       ; 250*200=50mS
                DJNZ   B,_DELAY_250U       ; 50*5 =250mS
                DJNZ   R7,_DELAY_050M      ; 50*5 =250mS
                POP    B
                POP    Acc
                POP    07H
                RET
;=========================================================
```

```
DELAY_30M:      PUSH   Acc
                PUSH   B
_DELAY_030M:    MOV    B,#120          ; Delay 50 MilliSec
_DELAY2_250U:   MOV    A,#191          ; 1MC ,250 uSec
                DJNZ   Acc,$           ; 2MC ,(192-1)*0.651*2 ;    = 250 uSec
                DJNZ   B,_DELAY_250U       ; 250*200=50mS
                DJNZ   B,_DELAY2_250U      ; 50*5 =250mS
                POP    B
                POP    Acc
                RET
DELAY_20M:      PUSH   Acc
                PUSH   B
_DELAY_020M:    MOV    B,#80           ; Delay 50 MilliSec
_DELAY3_250U:   MOV    A,#191          ; 1MC ,250 uSec
                DJNZ   Acc,$           ; 2MC ,(192-1)*0.651*2 ;    = 250 uSec
                DJNZ   B,_DELAY_250U       ; 250*200=50mS
                DJNZ   B,_DELAY3_250U      ; 50*5 =250mS
                POP    B
                POP    Acc
                RET
```

```
DELAY_10M:      PUSH   Acc
                PUSH   B
_DELAY_010M:    MOV    B,#40          ; Delay 50 MilliSec
_DELAY4_250U:   MOV    A,#191         ; 1MC ,250 uSec
                DJNZ   Acc,$          ; 2MC ,(192-1)*0.651*2 ;    = 250 uSec
                DJNZ   B,_DELAY_250U       ; 250*200=50mS
                DJNZ   B,_DELAY4_250U      ; 50*5 =250mS
                POP    B
                POP    Acc
                RET
;=============================================================
DELAY_Seg:  MOV   B,#31
_DELAY_Seg: MOV   A,#191
            DJNZ  Acc,$                ;    = 250 uSec
            DJNZ  B,_DELAY_250U        ; 250*200=50mS
            DJNZ  B,_DELAY_Seg
            RET
;=============================================================
Delay60S:   PUSH  06H
            MOV   R6,#60
_Delay60S:  CALL  DELAY_1SEC
            CPL   PortO_LED_Yellow
            DJNZ  R6,_Delay60S
            POP   06H
            RET
```

```
Delay30S:   PUSH   06H
            MOV    R6,#30
_Delay30S:  CALL   DELAY_1SEC
            CPL    PortO_LED_Yellow
            DJNZ   R6,_Delay30S
            POP    06H
            RET
```

ภาคผนวก ค

นาฬิกา (Watch)

นาฬิกาสามารถแบ่งออกตามกลไกได้เป็นสองแบบใหญ่ๆ คือ แบบที่ควบคุมการบอกเวลาด้วยวงจรอิเล็คทรอนิกส์ ใช้ไฟฟ้า กับแบบที่ควบคุมการบอกเวลาด้วยกลไกจักรกล แบบแรกที่เราจะพูดถึงก็คือนาฬิกาที่ใช้ไฟฟ้าในการขับเคลื่อน นาฬิกาที่ใช้ระบบไฟฟ้านี้ถูกคิดค้นมาตั้งแต่ยุคต้นทศวรรษ 50 โดยเริ่มต้นที่ระบบ Transistor แบบใช้จักรกล ควบคุมความเที่ยงตรง ต่อมาก็พัฒนามาเป็นระบบขดลวดความถี่หรือ Tuning Fork และพัฒนาออกมาเป็นระบบวงจร Quartz ที่ใช้กันอยู่จนถึงปัจจุบัน ระบบ Quartz นั้นพัฒนาขึ้น โดยความร่วมมือของกลุ่มผู้ผลิตนาฬิกาของประเทศสวิสเซอร์แลนด์ในช่วงต้นทศวรรษ 70 ต่อมาในยุคปลายทศวรรษ 70 ก็มีนาฬิกาแบบ Quartz ราคาถูกจากญี่ปุ่น ออกมาตีตลาดโลกแทนผู้ผลิตนาฬิกาสวิสเซอร์แลนด์ เพราะสู้ราคาการผลิตแบบ Mass Production แบบญี่ปุ่นๆ ไม่ไหว เป็นจุดพลิกผันแห่งศตวรรษ เพราะนาฬิกาแบบไขลาน หรือแบบจักรกลที่คนทั้งโลกใช้กันมากว่าหลายร้อยปี ถูกแทนที่ด้วยนาฬิกาใส่แบตเตอรีราคาถูกจากญี่ปุ่น

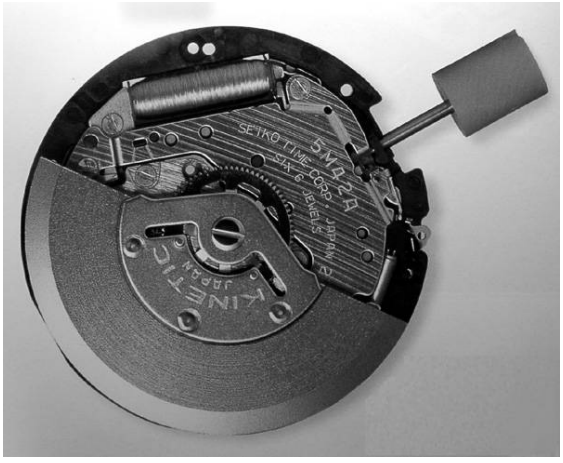
หลักการทำงานของระบบ Quartz ก็คือ มีผู้ค้นพบว่าผลึก Quartz นั้น เมื่อได้รับประจุไฟฟ้าเข้าไป ก็จะสร้างความถี่ที่คงที่ออกมา นักประดิษฐ์จึงใช้หลักความคิดนี้สร้างนาฬิกาแบบ Quartz ออกมาโดยสร้างวงจรขึ้นมาเพื่อเทียบความถี่นี้ออกมาเป็นวินาที และใช้มอเตอร์ขนาดเล็ก ขับโดยแรงไฟฟ้าดันเข็มให้เคลื่อนไปทีละวินาทีๆ ทดกับจักรต่างๆ กลายเป็นเข็มสั้น บอกนาที บอกชั่วโมง บอกวัน สารพัดแล้วแต่คนเราจะสร้าง นาฬิกา Quartz อีกแบบไม่ใช้เข็มแสดงผล แต่ใช้วงจรอิเล็คทรอนิกส์ รวบรวมข้อมูล เพื่อแสดงผลบนจอแบบ LCD (Liquid Crystal Display) ตัวอย่างก็เช่นพวก Casio G-Shock เมื่อมีแบตเตอรีเป็นแหล่งพลังงาน นักประดิษฐ์ก็สามารถติดตั้งอุปกรณ์อื่นเข้าไปด้วย เพื่อเพิ่มความสามารถของนาฬิกานั้น ตั้งแต่เครื่องคิดเลข ระบบปลุก เครื่องวัดอุณหภูมิหรือล่าสุดก็มีระบบนำทางด้วยดาวเทียม (GPS) เครื่องเล่นเพลงแบบ MP3 และกล้องถ่ายรูปแบบ Digital มารวมกับนาฬิกาข้อมือ

รูปที่ ค.1

รูปที่ ค.1 คือ เครื่องของนาฬิกา Quartz แบบมาตรฐาน ผลิตโดยโรงงาน ETA ที่ใหญ่ที่สุดในสวิสเซอร์แลนด์ แท่งด้านบนคือตัวผลึก Quartz ที่ใช้ควบคุมความเที่ยงตรง (1) ขดลวดด้านซ้าย (2) คือ สเต็ปปิงมอเตอร์ใช้สำหรับขับเคลื่อนเข็ม ด้านล่างคือรังใส่แบตเตอรี (3) ส่วนวงจรและ IC สีดำ (4) คือตัวประมวลผล ควบคุมเวลาและแสดงผล

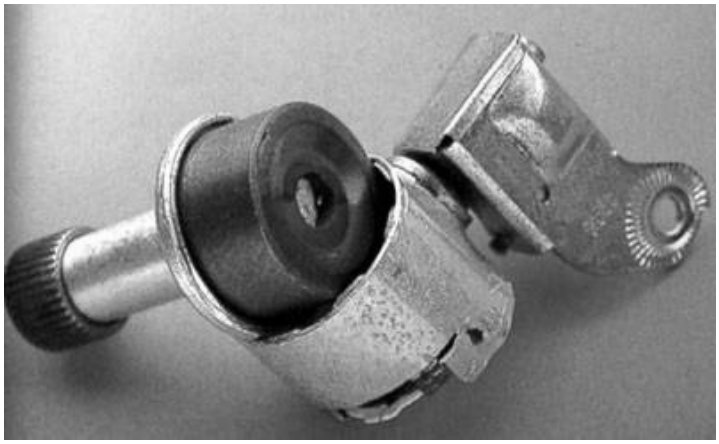
ตามปกตินาฬิกาแบบ Quartz ต้องเปลี่ยนแบตเตอรีเมื่อแบตเตอรีหมด แต่มีนาฬิกาบางชนิดไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนแบตเตอรี เพราะตัวนาฬิกาสามารถสร้างพลังงานไฟฟ้าเองได้ เป็นที่มาของชื่อที่ใช้เรียกระบบต่างๆ ของนาฬิกา Quartz ดังนี้

1. AGS (Automatic Generating system) และ Kinetic คิดค้นโดยบริษัท Seiko ประเทศญี่ปุ่น ระบบนี้ใช้ Rechargeable battery หรือที่ Seiko ตั้งชื่อว่าตัวเก็บประจุไฟฟ้า แทนแบตเตอรีธรรมดาทั่วไป มีระบบตุ้มหมุน เพื่อหมุนตัวปั่นไฟ คล้ายๆ กับระบบไดชาร์จของรถยนต์หรือหลอดไฟรถจักรยานนั่นเอง ดังนั้นนาฬิกาจะสามารถสร้างไฟฟ้าเองได้เรื่อยๆ ถ้าหยุดเดินเราก็จับขึ้นมาเขย่าๆ เครื่องก็จะสร้างไฟฟ้าให้นาฬิกานั้นเดินต่อไป ส่วนระบบ Kinetic-Auto relay นั้นก็เหมือนระบบ Kinetic แต่มีวงจรตรวจสอบการใช้งาน ถ้าวางนาฬิกาไว้เป็นเวลานานๆ เข็มก็จะหยุดเดิน เพื่อประหยัดพลังงานไฟฟ้า แต่ก็จะมีไฟหล่อเลี้ยงวงจรควบคุมเวลาไปเรื่อยๆ ทำให้นาฬิกาสามารถเดินได้เป็นปีๆ วันไหนเจ้าของหยิบนาฬิกาขึ้นมาใส่ เข็มนาฬิกาก็จะวิ่งไปยังตำแหน่งวันเวลาปัจจุบัน จัดว่าเป็นระบบที่ฉลาดมาก ทางฝั่งสวิสก็ออกเครื่องระบบคล้ายๆ กันออกมา เรียกว่า Auto quartz ใช้หลักการคล้ายๆ กัน ต่างกันที่ว่า Auto Quartz Rotor จะไม่หมุน Generator โดยตรง แต่จะไปหมุนลาน และพลังที่ลานคลายออกมา จะไปหมุน Generator อีกทีหนึ่ง



รูปที่ ค.2

รูปที่ ค.2 คือภาพเครื่องของนาฬิการะบบ Kinetic จริงๆ แล้วเครื่องก็จะเหมือนระบบ Quartz แต่มีกลไกลูกตุ้ม และ Generator หรือตัวปั่นไฟ ซ้อนทับอยู่บนเครื่องอีกทีหนึ่ง ตัว Generator นี้ก็จะทำหน้าที่ปั่นไฟฟ้า ป้อนให้แก่ตัวเก็บประจุ ซึ่งมีลักษณะคล้ายๆ กับแบตเตอรีซึ่งสามารถชาร์จไฟใหม่ได้



รูปที่ ค.3

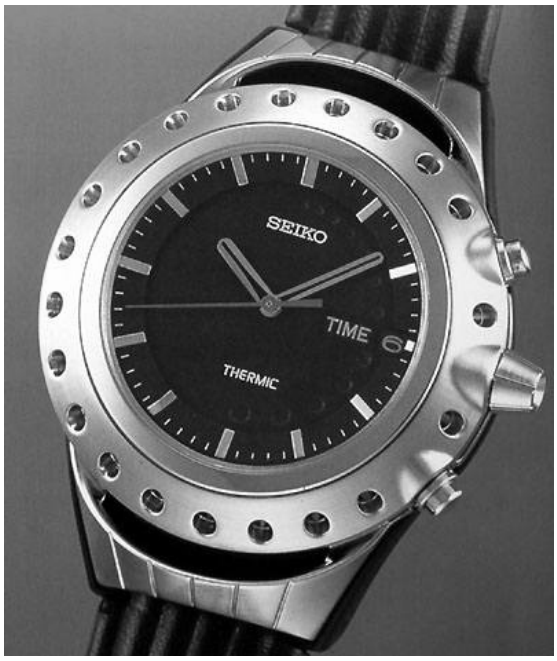
รูปที่ ค.3 คือ ภาพของตัว Generator หรือตัวสร้างไฟฟ้าสำหรับนาฬิการะบบ Kinetic ซึ่งหน้าตาจะเหมือนตัวปั่นไฟสำหรับไฟหน้าในรถจักรยานสมัยก่อน แต่มีขนาดเล็กมาก

2. ค่าย Citizen ประเทศญี่ปุ่น ค่ายนี้ได้นำเสนอระบบ Ecodrive ซึ่งหลักการง่ายๆ คือ ติดตั้งเซลล์แสงอาทิตย์ไว้ที่ใต้หน้าปัด เซลล์แสงอาทิตย์ก็จะเปลี่ยนแสงเป็นพลังงานไฟฟ้า และเอาพลังงานไฟฟ้านั้นมาชาร์จแบตเตอรีที่ชาร์จได้ต่อไป ตราบใดที่นาฬิกายังเห็นแสงเดือนแสงตะวันนาฬิกาก็เดินต่อไปเรื่อยๆ ไม่มีการหยุด ถ้าเก็บนาฬิกาไว้ในที่มืดๆ จนหยุดเดิน เราเอาออกมารับแสงจนนาฬิกาสร้างไฟฟ้าได้เพียงพอ นาฬิกาก็จะเริ่มเดินต่อไป ส่วน Ecodrive Duo เป็นเหมือนเอาระบบ Ecodrive มาผสมกับระบบ Kinetic คือมีแหล่งสร้างไฟฟ้าอยู่สองแหล่งคือที่หน้าปัด กับระบบตุ้มหมุนด้านหลังเพื่อสร้างพลังงานไฟฟ้า

รูปที่ ค.4

จากรูปที่ ค.4 คือนาฬิกาแบบ Eco Drive ใต้หน้าปัดจะเห็นแผงเซลล์ผลิตไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ แบ่งเป็นสี่บริเวณ

3. ค่าย Seiko ได้พัฒนาออกมาอีกหนึ่งแบบคือ Thermic เป็นระบบที่ซับซ้อนพอสมควร หลักการคือในตัวนาฬิกาจะมีแท่งสารเคมีหลายชนิดวางสลับกันอยู่ พออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง สารเคมีสองชนิดก็จะเกิดความไม่สมดุลทาง electron และคายประจุไฟฟ้าออกมาเพื่อเป็นพลังงานไปประจุให้แบตเตอรีที่ชาร์จได้ต่อไป ระบบนี้ยังไม่ประสบผลสำเร็จนักเพราะตัวนาฬิกาเองมีราคาแพง



รูปที่ ค.5

ข้อดีของระบบ Quartz ก็คือค่าบำรุงรักษาต่ำ บำรุงรักษาง่าย ปีสองปีถึงจะมีการเปลี่ยนแบตเตอรีครั้งหนึ่ง และช่างที่ไหนก็สามารถเปลี่ยนแบตเตอรีได้ ราคานาฬิกาไม่แพง และบอกเวลาได้เที่ยงตรงมาก เพราะใช้วงจรควบคุมเวลาแบบอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งมีความผิดพลาดน้อยกว่าแบบกลไกมาก นาฬิกาทั้งสามแบบข้างบนนั้น ระบบยังพัฒนาได้ไม่สมบูรณ์ โดยเฉพาะแบบ Kinetic มีข้อเสียอยู่ที่ตัวเก็บประจุไฟฟ้าซึ่งเสื่อมสภาพไปตามกาลเวลา ดังนั้นเมื่อตัวเก็บประจุ หรือแบตเตอรีที่ชาร์จได้นั้นเสื่อมสภาพลง ก็ต้องมีการเปลี่ยนแบตเตอรีใหม่อยู่ดี ตัวแบตเตอรีชาร์จได้นั้น อายุการใช้งานที่สั้นที่สุดที่เคยพบคือ 5 ปี ส่วนการใช้งานยาวที่สุดนั้นคือเกิน 13 ปี เฉลี่ยๆ อยู่ที่ 12 ปี

นาฬิกากลุ่มใหญ่กลุ่มที่สอง เรียกกันว่าแบบกลไกหรือเรียกว่า Mechanical watches นาฬิกาแบบกลไกนั้นจะใช้ลานเป็นพลังงานในการขับเคลื่อนเป็นหลัก ตัวลานนั้นจริงๆ ก็คือขดสปริงที่จะค่อยๆ คลายตัวออกมาเป็นพลังงานในการขับเคลื่อนเข็มของนาฬิกา หลักการของนาฬิกาแบบจักรกลก็คือ ลานหรือขดสปริงก็จะค่อยๆ คลายตัวออกมา มีเฟืองต่างๆ ทดกันเป็นเข็มบอกวินาที นาที ชั่วโมงและวัน หรือสามารถทำให้ซับซ้อนมากๆ จนสามารถบอกเวลาได้ถูกต้องถึงระดับปฏิทินถาวร หรือสามารถบอกวันเดือนปีที่ถูกต้องได้โดยไม่ต้องใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ใดๆ เข้ามาช่วย นาฬิการะบบจักรกลนี้จะมีตัวจักรกล หรือ Balance Wheel คอยแกว่งไปแกว่งมาด้วยความถี่คงที่ เพื่อรักษาความเที่ยงตรง

รูปที่ ค.6

หลักการคือ แรงไขลานด้วยมือจากเม็ดมะยม (1) จะเข้าไปขดลานซึ่งเป็นลักษณะสปริง อยู่ในตลับลาน (2) ให้แน่นแล้วก็ลานจะค่อยๆ คลายตัวออกมา ผ่านชุดเฟืองซึ่งทดเป็นชั้นๆ เพื่อบอกเวลา และแรงที่ลานคลายออกมาผ่านชุดเฟืองก็จะค่อยๆ ไปกระทำต่อสายใย หรือ Hair Spring (4) ซึ่งติดอยู่กับจักรกล (5) สปริงสายใยก็จะบังคับให้จักรกลจะกลิ้งไปกลิ้งมาด้วยความถี่คงที่ เช่น 21600 รอบต่อชั่วโมง หรือ 6 รอบต่อวินาที ผู้สร้างนาฬิกาสามารถทดฟันเฟืองต่างๆ หลายๆ ชั้นจนไปถึงยังเข็มบอกเวลาได้ เมื่อจักรกลกลิ้งหกครั้ง เข็มวินาทีก็จะเลื่อนไป 1 วินาที และเข็มต่างๆ ก็ค่อยๆ เคลื่อนไปเรื่อยๆ จนถึง 21600 รอบ เข็มชั่วโมงก็เลื่อนไปจนครบ 1 ชั่วโมง ทำให้นาฬิกาสามารถบอกเวลาได้ แต่ก็ไม่แม่นยำเท่าแบบใช้ไฟฟ้า ความถี่ยิ่งสูงขึ้นเป็น 28800 หรือ 36000 รอบต่อชั่วโมง นาฬิกาก็จะยิ่งมีความผิดพลาดน้อย และเข็มนาฬิกาก็จะยิ่งเดินได้นิ่มนวลขึ้น เพราะอัตราการเคลื่อนของเข็มต่อวินาทีมีมากขึ้น แต่ก็ต้องแลกด้วยความสึกหรอที่มีเพิ่มขึ้นไปตามกัน ในภาพเป็นนาฬิกาที่ทำจากประเทศจีน ราคาค่าตัวเรือนละสี่ห้าร้อย แต่ก็เป็นครูที่ดีให้เราได้เหมือนกัน เพราะตัวเรือนเป็นกระจกใสทั้งหน้าและหลังมองเห็นเครื่องทะลุปรุโปร่ง นาฬิกาแบบจักรกลสามารถปรับตั้งให้เดินช้าหรือเร็วได้โดยการปรับความสั้นยาวของสปริงสายใย มีตัวปรับที่เรียกว่า Regulator เป็นตัวปรับตั้ง วิธีปรับก็ง่ายๆเพียงเลื่อนเข้าออกเพื่อปรับความสั้นยาวของสายใย พอความยาวเปลี่ยนไป ความแข็งของสปริงสายใยก็จะเปลี่ยนแปลง เป็นผลให้นาฬิกาเดินช้าลงหรือเร็วขึ้นด้วย รูปที่ ค.7 คือตัวปรับตั้งให้นาฬิกาเดินช้าหรือเร็วได้

รูปที่ ค.7

นาฬิกาแบบจักรกลนี้ก็สามารถแบ่งได้เป็นอีกสองกลุ่มใหญ่ๆ คือ แบบไขลานด้วยมือเอง และแบบมีระบบกลไกเพื่อไขลานอัตโนมัติ แบบไขลานด้วยมือก็คือใช้มือหมุนเม็ดมะยม เพื่อไขขึ้นลานให้พลังงานแก่นาฬิกา เจ้าของก็ต้องไขลานเองทุกวัน ถ้าลืมไขลานนาฬิกาก็หยุดเดิน นาฬิกาแบบไขลานนี่มีมาเกือบห้าร้อยปีแล้ว พัฒนามาจากนาฬิกาตั้งโต๊ะ กลายเป็นนาฬิกาแขวนแบบห้อยคอ นาฬิกาพกในกระเป๋า และท้ายที่สุดก็กลายเป็นนาฬิกาข้อมือแบบในปัจจุบัน

รูปที่ ค.8

ส่วนแบบไขลานอัตโนมัติหรือที่ทั่วไปเรียกว่าแบบออโต้ หรือแบบสั่น แบบเขย่า ความจริงไม่ต้องสั่นหรือเขย่า เพราะว่าแค่ใส่นาฬิกาตามปรกติ นาฬิกาก็ขึ้นลานเอง แบบออโตนี้ก็จะมีระบบกลไกลูกตุ้ม แกว่งไปมาตามการเคลื่อนไหวของข้อมือ เชื่อมต่อกับระบบลาน คอยขึ้นลานให้กับนาฬิกา นาฬิกาข้อมือระบบออโตค้นคิดขึ้นมาราวๆ ปี 1929 โดยนาย Harwood ตั้งบริษัทอยู่ที่ประเทศอังกฤษ แต่ระบบนี้ไม่ค่อยประสบผลสำเร็จเท่าไหร่ ช่วงปี 1930 บริษัท Rolex ได้ซื้อสิทธิบัตรของระบบนี้ไป แล้วพัฒนาอย่างจริงจังจนประสบความสำเร็จ ในรูปที่ ค.8 คือ Rolex Oyster Perpetual จากปี 1940 หรือที่รู้จักกันอย่างกว้างขวางว่า "Bubble Back" เนื่องจากมีฝาหลังที่กลมคล้ายฟองสบู่ เป็นนาฬิกาแบบแรกๆ ที่ใช้ระบบ Full rotor ที่สมบูรณ์ จนกลายมาเป็นแบบอย่างของนาฬิกา Automatic ในปัจจุบัน

รูปที่ ค.9

รูปที่ ค.9 คือลักษณะของเครื่องของนาฬิกา Automatic ในปัจจุบัน ลักษณะเฉพาะของนาฬิกาแบบออโตเมติกคือตัวตุ้มหรือ Rotor นาฬิกาแบบออโตเมติกจะมีตุ้ม เพื่อขึ้นลานแทนมือคน ภาพทางด้านซ้ายคือนาฬิกาออโตแบบ Full Rotor ส่วนด้านขวาคือเครื่องแบบ Micro rotor ซึ่งพัฒนาจาก Full rotor เพื่อให้ตัวตุ้ม ลดระดับลงมาอยู่ระดับเดียวกับตัวเครื่อง มีผลให้เครื่องบางลง นาฬิกาจักรกลก็จะมีข้อดี คือ เดินได้ด้วยพลังงานจากเจ้าของ ไม่ต้องเปลี่ยนแบตเตอรี มีคุณค่าทางจิตใจ และบางรุ่นสามารถซื้อขายต่อได้ และบางรุ่นถ้าเก็บไว้นานๆ คุ้มค่ากว่าเอาเงินไปฝากธนาคาร อีก ส่วนข้อเสียก็มีมากกว่า ค่าบำรุงรักษาแพงต้องไขลานหรือตั้งเวลาอยู่เป็นประจำ วิธีสังเกตคือนาฬิกาแบบไฟฟ้าเข็มจะเดินแบบชี้ที่วินาที แล้วเลื่อนติ๊กไปเรื่อยๆ ทีละวินาที ส่วนแบบจักรกลนั้นเข็มวินาทีจะเดินแบบนิ่งๆ เรียบๆ วินาทีละ 5 ครั้ง เป็นอย่างต่ำ ยิ่งเครื่องที่ถูกปรับตั้งมาให้เดินที่รอบสูงเข็มนาฬิกาก็จะยิ่งเดินถี่ ส่วนแบบออโตเมติกส่วนมากก็จะมีเขียนไว้ที่หน้าปัดว่า Automatic

รูปที่ ค.10

ที่มา: http://www.rmutphysics.com/charud/oldnews/57/index57.htm

ประวัติผู้เขียน

นางสาวชณัฐดา กระทุ่มเขต เกิดเมื่อวันเสาร์ที่ 29 ธันวาคม พ.ศ.2527 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลจำปา อำเภอท่าเรือ จังหวัดพระนครศรีอยุธยา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนสระบุรีวิทยาคม จังหวัดสระบุรี เมื่อปีพ.ศ.2545 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

นายธนกร อุบลเฉลา เกิดเมื่อวันจันทร์ที่ 28 มกราคม พ.ศ.2528 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจากโรงเรียนธรรมศาสตร์คลองหลวงวิทยาคม จังหวัดปทุมธานี เมื่อปีพ.ศ.2545 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี