ปีการศึกษา 2531

เครื่องชาษตัวรถไฟอัตโนมัติ

โดย

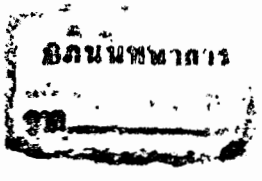
นายเกรียงไกร ตั้งคุณสมบัติ

นายเกรียงยศ จิตต์สัจจะพงษ์

นายชนะชัย อู่เต่าบิน

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ขนิษฐา แซ่ตั้ง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของลิขสิทธิ์ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

023106 -8.ค. 2532

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2531

เรื่อง เครื่องขายตั๋วรถไฟอัตโนมัติ

ผู้จัดทำ

1. นายเกรียงไกร ตั้งคุณสมบัติ 281030
2. นายเกรียงยศ จิตต์สัจจะพงษ์ 281033
3. นายชนะชัย อู่เต่าบิน 281056

..... อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ ขนิษฐา แซ่ตั้ง)

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของผลงานทุกที่ที่มีการนำไปใช้

023106

เครื่องขายตั๋วรถไฟอัตโนมัติ

เกรียงไกร ตั้งคุณสมบัติ 281030
เกรียงยศ จิตต์สัจจะพงษ์ 281033
ชนะชัย อู่เต่าบิน 281056
อาจารย์ขนิษฐา แซ่ตั้ง อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2531

บทคัดย่อ

เครื่องขายตั๋วรถไฟอัตโนมัตินี้ เป็นการนำเอาไมโครโปรเซสเซอร์เบอร์ Z 80 มาทำหน้าที่ประมวลผลและควบคุมการทำงานของวงจร ร่วมกับอุปกรณ์ทางอิเลคทรอนิคส์ต่างๆ ซึ่งประกอบกันเป็น หน่วยความจำ , ส่วนอินพุท-เอาท์พุท , ส่วนผลิตสัญญาณนาฬิกาของระบบ และแหล่งจ่ายไฟ รวมทั้งกลไกทางด้านกลศาสตร์ ซึ่งได้แก่ โซลินอยด์ (SOLINOID) ซึ่งเป็นส่วนเก็บเงิน , สเตปปิ้งมอเตอร์ (STEPPING MOTOR) ซึ่งเป็นส่วนทอนเงิน และ ดีซี มอเตอร์(D.C. MOTOR) ซึ่งเป็นส่วนจ่ายบัตร ก็จะทำให้เครื่องสามารถให้เอาท์พุทตามต้องการออกมาได้ คือ ตั๋วรถไฟ ณ. สถานีที่เลือกไว้ และ เงินทอน (ในกรณีที่มีเงินทอน) รวมทั้งเก็บเงินที่ผู้ซื้อหยอด เข้าเก็บไว้ในเครื่อง นอกจากนั้น เครื่องยังสามารถแสดงจำนวนเงินที่หยอด และแสดงจำนวนเงินทอน ได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC TRAIN-TICKET-SELLER

Kriengkrai Tangkoonsombut 281030
Kriengyos Jittsajjapong 281033
Chanachai Utaobin 281056
Miss Kanittha Saetung Advisor
1988

Abstract

This Automatic-Train-Ticket-Seller is an application of the Micro-Processor (Z-80) to control and process the system with the use of electronic devices that composed to be the parts of Memory, Input-Output Interface, System Clock and Power Supply and also with the mechanic operatings such as Solinoid, Stepping Motor and D.C. Motor. It can give the output that is the chosen ticket and together with the change (in the change condition). This machine can also display the inserted money and the change to the user.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อ		
บทที่ 1	บทนำ	1
บทที่ 2	หน้าที่และการทำงานของอุปกรณ์ที่สำคัญในระบบ	4
	2.1 - ทางด้านอีเล็กทรอนิคส์	4
	2.2 - ทางด้านกลศาสตร์	6
บทที่ 3	การออกแบบวงจรของระบบ	10
	3.1 - หน่วยประมวลผลกลาง Z80-CPU	11
	3.2 - ส่วนเก็บมอนิเตอร์โปรแกรม	14
	3.3 - ส่วนของการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก	16
	3.4 - ส่วนสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้กับระบบ	31
	3.5 - ภาคจ่ายไฟให้กับระบบ	32
	3.6 - โฟว์ชาร์ตและโปรแกรมควบคุมการทำงาน	37
บทที่ 4	การทดลองและผลการทดลอง	50
บทที่ 5	สรุปและวิจารณ์	52
ภาคผนวก		
กิตติกรรมประกาศ		
หนังสืออ้างอิง		

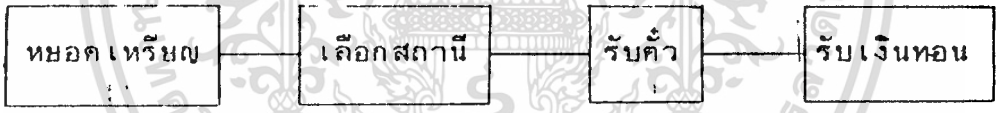
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันนี้เครื่องขายของอัตโนมัติได้เข้ามามีบทบาทในชีวิตประจำวันของเราได้มากขึ้น เช่น เครื่องขายบุหรี่, ขายกระดาษชำระ, ขายนมและขายเครื่องดื่ม อัตโนมัติ รวมทั้งบริการเงินด่วนอัตโนมัติ ซึ่งเป็นที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน ทั้งนี้เป็นเพราะมีความสะดวกรวดเร็ว ประหยัด แม่นยำ และ มีประสิทธิภาพมาก จึงทำให้ผู้ผลิตทางการตลาดหลายบริษัท พยายามที่จะหาช่องทางการจำหน่ายของตนมาสู่การจำหน่ายแบบอัตโนมัติมากขึ้น

เครื่องขายตั๋วรถไฟอัตโนมัตินี้ เป็นตัวอย่างอันหนึ่งของการนำความสะดวก รวดเร็ว และ มีประสิทธิภาพที่ว่านี้มาประยุกต์ใช้ โดยที่ผู้ซื้อเพียงแต่ทำการหยอดเหรียญ และ กดเลือกสถานีเท่านั้น หลังจากนั้น เครื่องก็จะให้ตั๋วที่เลือกไว้ พร้อมกับเงินทอน (ถ้ามี) ออกมา ดังแผนผังข้างล่าง



แผนผังการใช้งานเครื่อง

สำหรับ เครื่องขายตั๋วที่สร้างขึ้นมานี้ จะเป็นการนำเอาไมโครโปรเซสเซอร์ เบอร์ Z-80 มาทำหน้าที่ประมวลผลและควบคุมการทำงานของวงจร ร่วมกับอุปกรณ์ทางอิเลคทรอนิคส์ต่างๆ ซึ่งประกอบกันเป็นส่วนต่างๆ ดังนี้

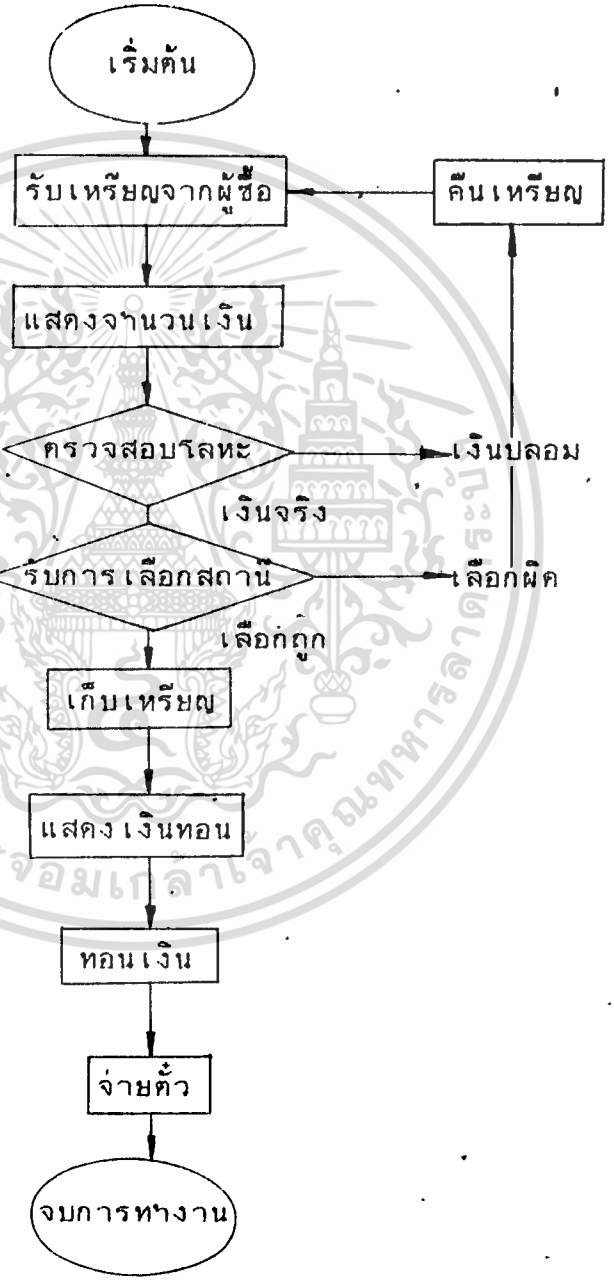
1. แหล่งจ่ายไฟ (Power Supply)
2. ส่วนสร้างสัญญาณนาฬิกาแก่ระบบ
3. ส่วนอินพุท-เอาท์พุท
4. หน่วยความจำ

นอกจากนี้ยังมีการทำงานร่วมกับกลไกทางด้านกลศาสตร์ ซึ่งมีองค์ประกอบดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. สปริง ทำหน้าที่เป็นส่วนเซ็ครโลหะ
2. โซลินอยด์ ทำหน้าที่เป็นส่วนเก็บเงิน (เข้าเครื่อง)
3. ดีซี มอเตอร์ ทำหน้าที่เป็นส่วนจ่ายบัตร
4. สเตปปิ้งมอเตอร์ ทำหน้าที่ทอนเงิน

และระบบจะมีการทำงาน ดังเขียนเป็นแผนผังได้ดังนี้



แผนผังแสดงการทำงานของเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากแผนผังการทำงานของเครื่องนี้ จะอธิบายการทำงานได้ดังนี้ คือ

เมื่อผู้ซื้อทำการหยอดเหรียญ ลงไปในช่องที่เรากำหนดไว้ เครื่องจะทำการแสดงจำนวนเงินที่เราหยอดลงไป จากนั้นเงินที่หยอดลงไป จะผ่านส่วนตรวจเช็คริลทะ ซึ่งจะทำการตรวจวัดการนำไฟฟ้าของเหรียญ ถ้าเหรียญที่หยอดลงมามีวัสดุแปลกปลอมผ่านเข้ามา เช่น เหรียญปลอม (ที่ไม่มีการนำไฟฟ้า), กระดาษ, ไม้, พลาสติค ฯลฯ เครื่องก็จะไม่ทำงานต่อไป และจะมีสัญญาณเตือนให้ผู้ซื้อรับเงินคืนไป ถ้าหากผู้ซื้อไม่รับเงินไปก่อน เครื่องก็จะไม่สามารถทำงานใด ๆ ได้ แม้จะมีการหยอดเงินเข้ามาใหม่ก็ตาม ดังนั้นผู้ซื้อจะต้องรับเงินคืนไปเสียก่อน เครื่องจึงจะสามารถทำงานต่อไปได้ และถ้าหากว่าเงินที่ผ่านเข้ามาเป็นเหรียญจริงทุกเหรียญ (มีการนำไฟฟ้าทุกเหรียญ) เครื่องก็จะรอรับการเลือกสถานี ของผู้ซื้อต่อไป ถ้าผู้ซื้อ หยอดเงินลงมาไม่ครบกับราคาตั๋ว เครื่องก็จะไม่ทำงานต่อ และจะมีสัญญานเตือนให้ผู้ซื้อนำเงินคืนออกไป แต่ถ้าผู้ซื้อหยอดเงินลงมาถูกต้อง (มากกว่า หรือ เท่ากับราคาตั๋วที่ต้องการซื้อ) เครื่องก็จะยอมรับ และทำการเก็บเงินนั้นเข้าสู่เครื่อง และจะทอนเงินออกมา (ถ้ามีเงินทอน) รวมทั้งแสดงจำนวนเงินทอนให้ผู้ซื้อดูด้วย หลังจากนั้นเครื่องก็จะให้ตั๋ว ณ. สถานีที่ผู้ซื้อต้องการออกมา ก็เป็นอันว่าจบสิ้นการทำงาน และเครื่องก็จะรอรับการซื้อตั๋วของผู้ซื้อคนต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

หน้าที่และการทำงานของอุปกรณ์ที่สำคัญในระบบ

ในบทนี้จะได้กล่าวถึง อุปกรณ์ที่สำคัญในระบบซึ่งสามารถแบ่งได้เป็นสองลักษณะ คือ ทางด้านอีเลคทรอนิคส์ และทางด้านกลศาสตร์

2.1 ทางด้านอีเลคทรอนิคส์ สามารถแบ่งหน้าที่และการทำงานของไอซีที่สำคัญแต่ละตัว ได้ดังต่อไปนี้

Z-80 (U1)

ทำหน้าที่เป็นหน่วยประมวลผลกลาง เป็นตัวควบคุมการทำงานทุกอย่างของระบบ ส่วนรายละเอียดต่างๆที่จำเป็นจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

8255 PIA (PROGRAMMABLE INTERFACE ADAPTER) (U3,U26)

ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยในการติดต่อระหว่างระบบภายนอกกับ ซีพียู ส่วนรายละเอียดต่างๆที่จำเป็นจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

6116 (STATIC RAM) (U4)

เป็นหน่วยความจำขนาด 2 กิโลไบท์ ทำหน้าที่เป็นตัวเก็บมอนิเตอร์โปรแกรม (Monitor Program)

74245 (OCTAL BUS TRANSCEIVER 3-STATE) (U2)

ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์ (Buffer) ช่วยขับกระแส ซึ่งไอซีตัวนี้มีขา DIR กับ ขา ENABLE ทำหน้าที่ร่วมกันในการโอนย้ายข้อมูลไปมา 2 ทิศทางระหว่างบัสทั้งสองชุด โดยมีเอาท์พุทในลักษณะความต้านทานสูง

74138 (3-LINE TO 8-LINE DECODER) (U18,U23,U25)

U18 เป็นไอซีที่ทำหน้าที่ถอดรหัสเพื่อไปขับสเตปปิ้งมอเตอร์ 4 เฟส

U23 และ U25 เป็นไอซีที่ทำหน้าถอดรหัสเลือกเบอร์พอร์ทของ8255 และเลือกแอดเดรส ของหน่วยความจำ

ไอซีเบอร์นี้มีลักษณะเป็นอินพุท 3 บิทแอดเดรสแต่ละชุดจะขับเอาท์พุท 1 ตัวเป็นสภาวะ "0" นอกนั้นจะเป็นสภาวะ "1" ไอซี นี้มีขาอินพุทเอนาเบิ้ล (Input Enable) ถึง 3 ขา (ขา 4 ขา 5 และขา 6) เมื่อขา 4 ขา 5 มีสภาวะ "1" เอาท์พุททั้งหมดจะมีสภาวะ "1" เมื่อขา 6 เป็นสภาวะ "0" เอาท์พุททั้งหมดจะมีสภาวะ "1" เมื่อจะเอนาเบิ้ลไอซี ให้ขา4 ขา5 มีสภาวะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็น "0" ส่วน ขา6 มีสภาวะเป็น "1"

7447 (BCD-TO-7 SEGMENT DECODER/DRIVER) (U13)

เป็นไอซีที่เปลี่ยนข้อมูลแบบ BCD ไปเป็นข้อมูลที่จะขับตัวเลข 7 ส่วน แบบแอนโนดร่วม (COMMON ANNODE) โดยในวงจรนี้ใช้เป็นตัวขับ 7 SEGMENT เพื่อแสดงเงินทอน

7448 (BCD TO 7 SEGMENT DECODER/DRIVER) (U11,U12)

การทำงานเป็นในลักษณะเดียวกับ 7447 โดยในวงจรนี้จะใช้เป็นตัวขับ 7 SEGMENT (แบบแคธโธดร่วม(COMMON CATHODE)) เพื่อแสดงจำนวนเงินที่หยอด

7490 (DECADE COUNTER) (U8,U9,U10)

U8,U9 ใช้เป็นตัวนับสิบของจำนวนเงินที่หยอดเพื่อไปแสดงผล

U10 ใช้เป็นตัวนับสิบของจำนวนเงินทอนเพื่อไปแสดงผล

7490 เป็นไอซีเคาท์เตอร์ที่ทำงานที่ขอบขาลง ที่ใช้งานเป็นวงจรหาร N(จำนวนเท่าใดก็ได้) สำหรับการนับแบบไบนารีเคาท์เตอร์นี้ เราจะป้อนอิน-พุทเข้าที่ขา 14 (INA)แล้วเอาขา 12 (QA) ต่อเข้ากับขา 1 (INB) และ สำหรับการนับแบบปกติ เราจะต่อขารีเซ็ททั้ง 4 ขากับกราวด์ เมื่อเราต้องการจะรีเซทค่า 0 เราก็นำขา 2 หรือขา 3 หรือทั้งสองขาก็ได้ เข้ากับไฟบวกและเมื่อเราต้องการจะ PRESET ไปที่ 9 เราก็นำขาใดขาหนึ่งหรือทั้งสองขาของขา 6 และขา 7 ต่อเข้ากับไฟบวก

7493 (4 BIT BINARY COUNTER) (U6,U7,U17,U27,U28)

U6,U27 เป็นตัวนับจำนวนเหรียญบาทที่หยอดลงไป โดย U27 จะนับเฉพาะเหรียญที่เป็นโลหะ ซึ่งการนับเป็นแบบไบนารี

U7,U28 เป็นตัวนับจำนวนเหรียญห้าบาทที่หยอดลงไป โดย U28 จะนับเฉพาะเหรียญที่เป็นโลหะ ซึ่งการนับเป็นแบบไบนารี

U17 เป็นตัวนับสัญญาณพัลส์ ที่ถูกผลิตมาจากไทม์เมอร์ 555 (U16) โดยจะต่อเข้ากับไอซีถอดรหัส (U18) เพื่อไปขับสเตปปิ้งมอเตอร์

7493 นี้จะเริ่มนับที่ขอบขาลงของพัลส์ สำหรับการนับแบบปกติแล้วขาเซ็ททั้งสองจะต้องต่อกราวด์ไว้ และเมื่อเราต้องการรีเซ็ท เราจะทำได้โดยการนำขาใดขาหนึ่ง หรือ ทั้งสองขาเข้ากับไฟบวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

555 (TIMER) (U16,U29,U30)

U16 ทำหน้าที่เป็นวงจรอะสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ (Astable Multivibrator) โดยจะผลิตสัญญาณพัลส์ความถี่ต่ำเพื่อใช้ในการขับสเตปปิ้งมอเตอร์

U29,U30 ทำหน้าที่เป็นวงจรโมโนสเตเบิ้ลมัลติไวเบรเตอร์ (Monostable Multivibrator) โดยจะได้รับสัญญาณทริกมาจากเงินที่หยอด โดย U29 ได้รับสัญญาณทริกมาจากเหรียญห้า และ U30 ได้รับสัญญาณทริกมาจากเหรียญบาท (โดยจะต้องเป็นเหรียญโลหะ)

74122 (MONOSTABLE MUTIVIBRATOR) (U19)

ไอซีตัวนี้ทำหน้าที่เป็นวงจรโมโนสเตเบิ้ล มัลติไวเบรเตอร์ โดยได้รับสัญญาณทริกมาจากส่วนเซนเซอร์ของเหรียญห้าบาท โดยทำหน้าที่ในการทวีคูณจำนวนพัลส์ ในที่นี้เราจะกำหนดให้มีการทวีคูณ 5 พัลส์จากจำนวนทริก 1 พัลส์

74148 (8 TO 3 LINE PRIORITY ENCODER) (U14)

ทำหน้าที่เข้ารหัสในการเลือกสถานี โดยในที่นี้กำหนดให้มี 8 สถานี

2.2 ทางด้านกลศาสตร์ (Mechanics) จะมีอุปกรณ์ที่สำคัญดังต่อไปนี้

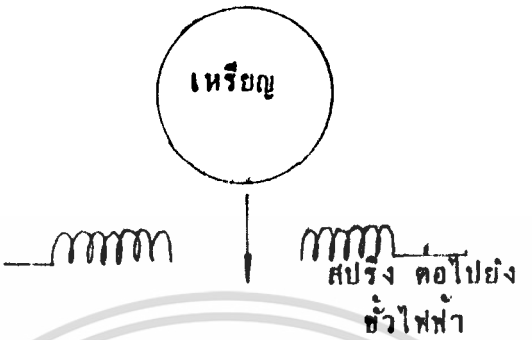
สปริง (Spring)

จะใช้สปริง สำหรับเป็นตัวตรวจเช็คเหรียญ โดยจะอาศัย สัญญาณที่ได้จาก การนำไฟฟ้าของเหรียญ โดยเมื่อ เหรียญตกลงมา จะไปชนกับขั้วสปริงทั้งสอง และจะทำให้เกิด การลัดวงจรไฟฟ้าขึ้น และจะเกิดสัญญาณนำไปประมวลผลอีกครั้งหนึ่ง

สาเหตุที่เราใช้สปริง เป็นตัวนำไฟฟ้า ก็เพราะว่า สปริงมีความยืดหยุ่น และอ่อนตัว จะไม่ทำให้เหรียญที่ตกลงมาเกิดการค้างขึ้น สามารถที่จะแสดงลักษณะการตกของเหรียญได้ดังภาพต่อไปนี้

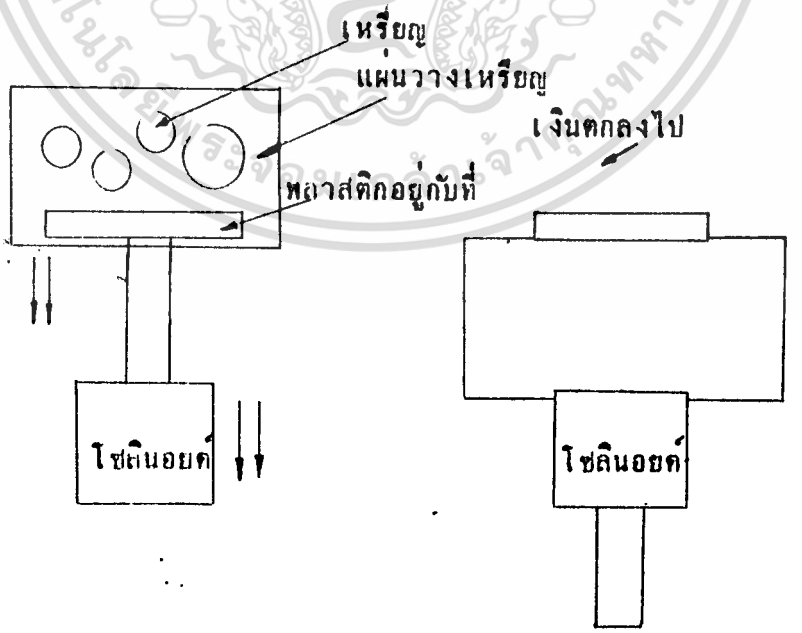
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพแสดงเหรียญ
ตกลงมายังสปริง



โซลินอยด์ (Solinoid)

โซลินอยด์ที่ใช้จะเป็น แกนเหล็กแกนหนึ่งที่อยู่ในสนามแม่เหล็ก เมื่อมีกระแสเข้าไป จะเหนี่ยวนำให้แกนเหล็กสามารถเคลื่อนที่ได้ เราจึงนำหลักการนี้ไปใช้เป็นส่วนเก็บเงินเข้าเครื่องได้ คือ เมื่อมีสัญญาณไฟฟ้ามาจากเครื่องก็จะทำให้แกนเหล็กเคลื่อนที่ และทำให้ เหรียญที่วางอยู่บน แผ่นราบซึ่งต่ออยู่กับแขนของแกนเหล็ก ชนพลาสติกที่อยู่กับที่ และตกลงไปในช่องเก็บเงินได้



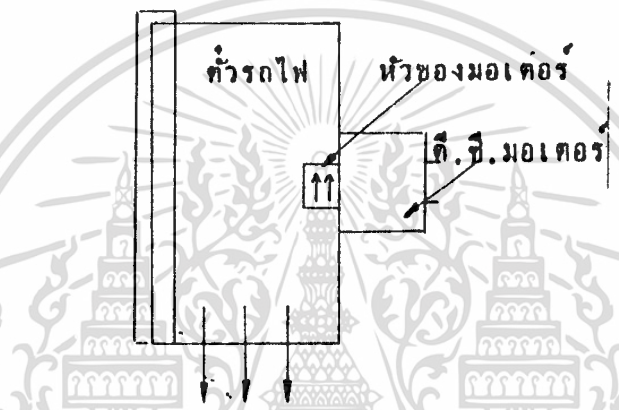
ภาพที่มองจากด้านบน
แสดงถึงการทำงานของโซลินอยด์ เพื่อให้เหรียญ ตกลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

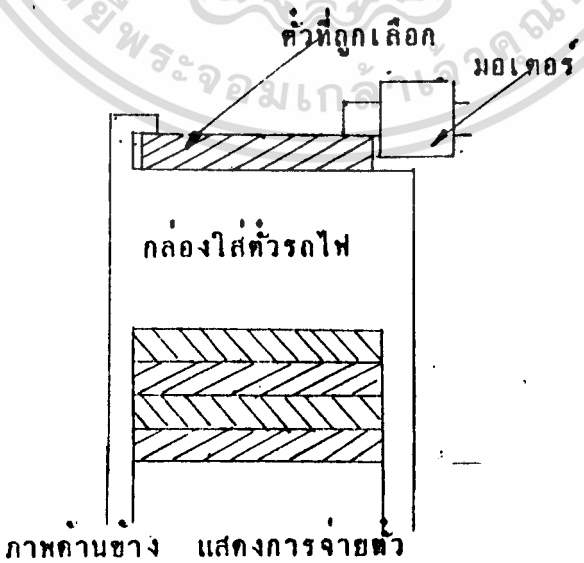
ดี.ซี.มอเตอร์ (D.C.Motor)

เราจะใช้ ดี.ซี.มอเตอร์ ที่ได้ใส่ลูกยางไว้ที่ หัวหมุนของมอเตอร์ ไปใช้ในการจ่ายตั๋วของเครื่อง โดยเมื่อมีสัญญาณไฟตรง (ไฟ ดี.ซี.) มาจากเครื่อง ก็จะทำให้มอเตอร์หมุน และรีดตั๋วออกมาได้

ที่สำคัญคือ ที่ทางออกของตั๋ว จะต้องมีรูกว้างเท่ากับความหนาของตั๋ว จึงจะให้ตั๋วออกมาได้อย่างถูกต้อง



ภาพด้านบน แสดงการจ่ายตั๋ว



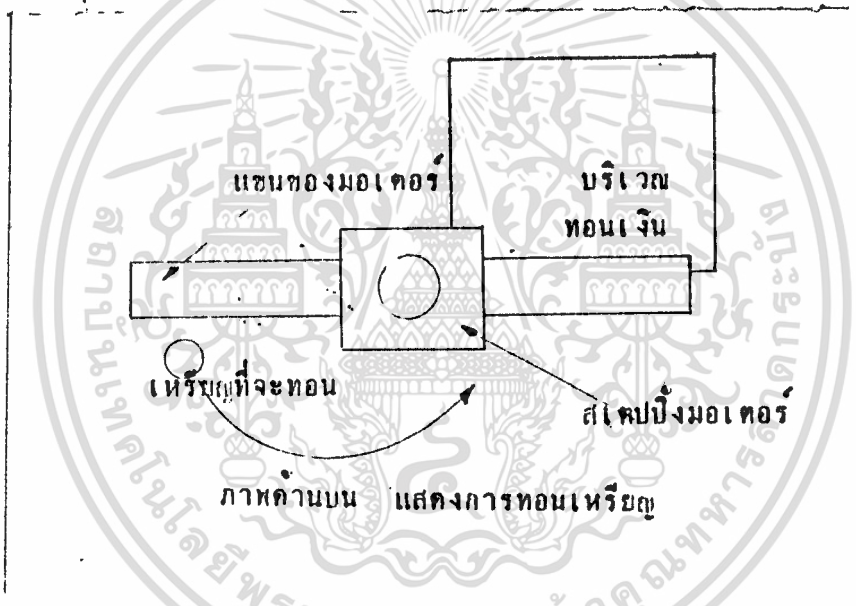
ภาพด้านข้าง แสดงการจ่ายตั๋ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

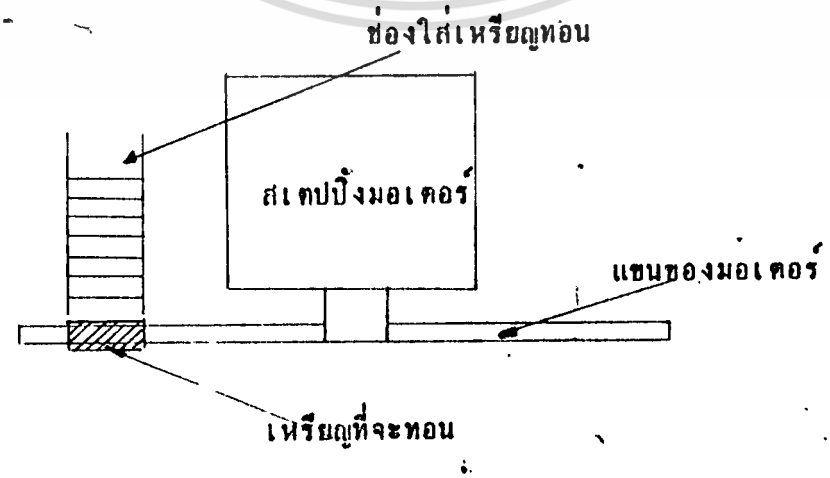
สเตปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Mo

เนื่องจาก สเตปปิ้งมอเตอร์ จะมีการหมุนที่แน่นอน คือมีสเตปการเคลื่อนที่ (Step) เป็นองศาที่ค่าแน่นอนค่าหนึ่ง (เช่น 1.8 หรือ 3.6 องศา ต่อ 1 สเตป) เราจึงอาศัยคุณสมบัติดังกล่าวไปใช้ในการทอนเงิน โดยจะต่อแขนของมอเตอร์ ไปใช้ในการกวาดเงินทอน ให้กับผู้ซื้อ โดยจะควบคุมให้มอเตอร์หมุนครบ 180 องศา ต่อการทอนเงิน 1 เหรียญ ดังภาพ

ที่สำคัญคือ แขนของมอเตอร์ ต้องมีความหนา ไม่มากไปกว่า ความหนาของเหรียญ และช่องใส่เหรียญทอน ต้องถูกยก ให้สูงจากพื้นเล็กน้อย (ประมาณความหนาของเหรียญ)



ภาพด้านบน แสดงการทอนเหรียญ



ภาพด้านข้าง แสดงส่วนทอนเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

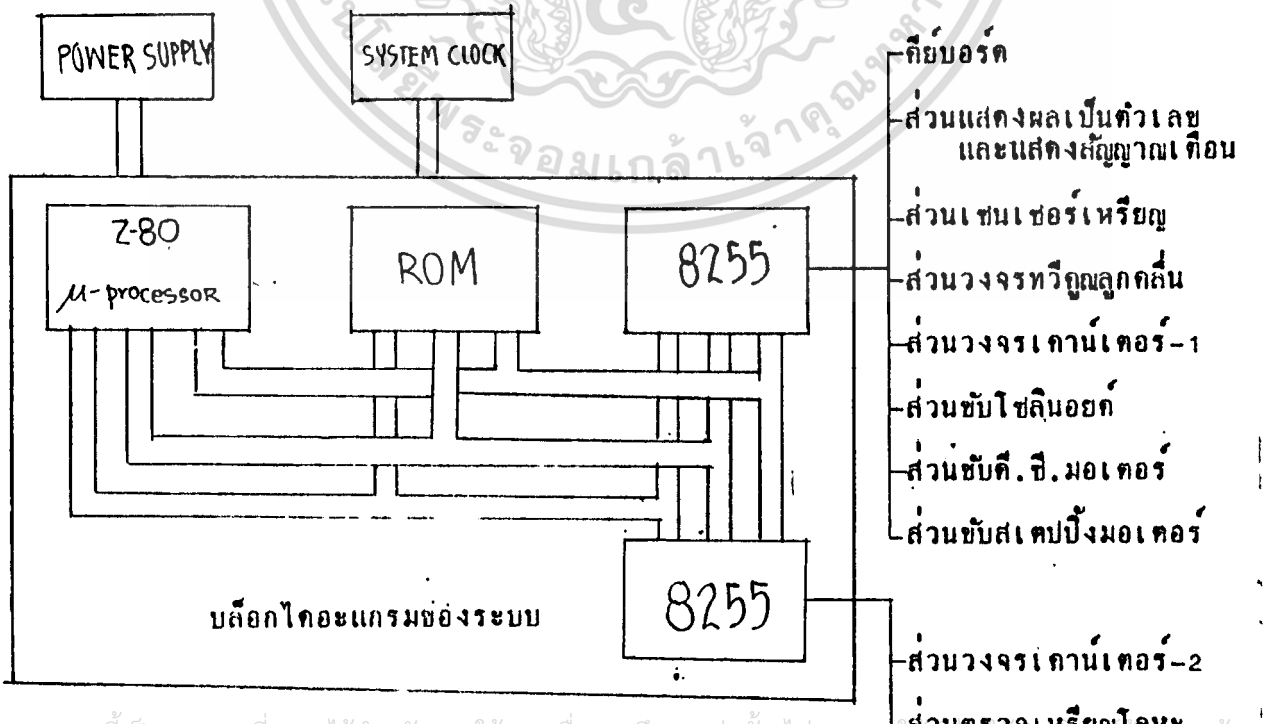
023106

บทที่ 3

การออกแบบ วงจรของระบบ

โครงสร้างของเครื่องขายตั๋ว

เครื่องขายตั๋วที่สร้างขึ้นมานี้ มีส่วนประกอบที่สำคัญต่าง ๆคือ ส่วนการประมวลผล (ซีพียู) โดยใช้ Z-80, ส่วนเก็บข้อมูล ซึ่งเป็นมอนิเตอร์โปรแกรม โดยใช้ สแตติกแรม (หรือ EPROM), ส่วนที่ติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ใช้ 8255 PIA , ส่วนแสดงผลโดยใช้ LED แบบธรรมดา และแบบตัวเลข 7 ส่วน , ส่วนคีย์บอร์ด (Keyboard) , ส่วนเซนเซอร์เหรียญ, ส่วนตรวจจับเหรียญโลหะ, ส่วนของวงจรทวีคูณลูกคลื่น ในการนับเหรียญห้า, ส่วนของวงจรขับสเตปปิ้งมอเตอร์ 4 เฟส, ส่วนของวงจรเคาน์เตอร์ในการนับเหรียญบาทและเหรียญห้าบาท เพื่อป้อนเป็นอินพุทของ 8255, ส่วนของวงจรขับโซลินอยด์ และขับมอเตอร์, ส่วนสัญญาณนาฬิกา ที่ป้อนให้กับระบบควบคุม, และส่วนของแหล่งจ่ายไฟ ที่ป้อนให้กับ ระบบทั้งหมด ซึ่งโครงสร้างของเครื่องขายตั๋วนั้นแสดงเป็น บล็อกไดอะแกรม ได้ดังรูป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตามบล็อกไดอะแกรม สามารถอธิบายได้เป็นส่วนหลัก ๆ ดังนี้

- ส่วนของการประมวลผล ของเครื่องนี้ใช้ ซีพียู เบอร์ Z80 เป็นไมโครโปรเซสเซอร์ ขนาด 8 บิท โดยทำงานที่ความถี่ 4 เมกกะเฮิรท์

- ส่วนเก็บมอนิเตอร์โปรแกรม ใช้ EPROM เบอร์ 2716 ซึ่งเป็นหน่วยความจำขนาด 2 กิโลไบต์ หรือ สแตติกแรม เบอร์ 6116

- ส่วนของการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก จะทำการติดต่อ ผ่านทาง ไอ.ซี. เบอร์ 8255 ซึ่งเป็น Programmable Parallel Input Output ซึ่งจะมีการรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอก ไปยังหน่วยประมวลผลกลาง และจะมีการส่งข้อมูลจาก หน่วยประมวลผลกลาง ไปยังอุปกรณ์ภายนอก เพื่อที่จะคุมการทำงานของระบบ

- ส่วนสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้กับระบบ ใช้คริสตอล 4 เมกกะเฮิรท์

- ส่วนของแหล่งจ่ายไฟ ใช้ 5, 15 และ 24 โวลท์

โดย 5 โวลท์ สำหรับ ส่วนควบคุม

15 โวลท์ สำหรับ ดี.ซี.มอเตอร์

24 โวลท์ สำหรับ สเตปปิ้งมอเตอร์ และ รีซลินอยด์

ซึ่งจะได้กล่าวถึงรายละเอียด ของส่วนต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

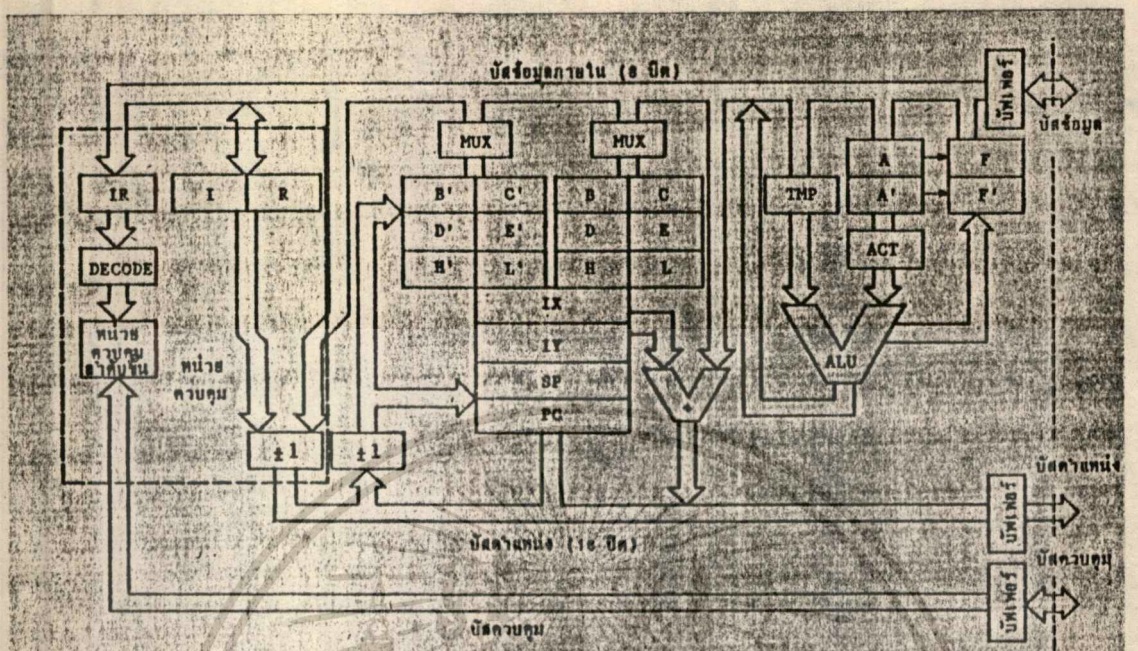
3.1 หน่วยประมวลผลกลาง Z-80 CPU

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างของ ซีพียู Z-80 และรีจิสเตอร์ต่างๆ ที่จำเป็นในการเขียน โปรแกรม เพื่อให้ไมโครโปรเซสเซอร์ ทำงานตามที่ต้องการ โครงสร้างของ ซีพียู แสดงได้ดังรูป ที่หน้าถัดไป

ซึ่งจากรูป จะเห็นได้ว่า ซีพียู มีบัสอยู่ 3 ชนิดคือ บัสตำแหน่ง, บัสข้อมูล, และบัสควบคุม ซึ่งบัสเหล่านี้ ใช้สำหรับทำการเชื่อมต่อ ซีพียูกับอุปกรณ์ภายนอก และภายในไมโครโปรเซสเซอร์จะประกอบด้วยวงจรพื้นฐานต่างๆ คือ ALU, แอคคิวมูเลเตอร์, รีจิสเตอร์ตำแหน่ง และแฟลก นอกจากนี้ยังมีรีจิสเตอร์ใช้งานต่าง ๆ อีกคือ B, C, D, E, H, L, B', C', D', E', H'และ L' ส่วนรีจิสเตอร์ตำแหน่ง ก็คือ PC, SP, IX, IY ส่วนทางด้านซ้ายสุดคือ ส่วนของหน่วยควบคุม ซึ่งส่วนนี้มีหน้าที่ถอดรหัสคำสั่ง แล้วส่งสัญญาณควบคุมไปตามส่วนต่าง ๆ ทั้งภายในซีพียู และภายนอกซีพียู รวมทั้งรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สัญญาณควบคุมจากภายนอก เข้ามาด้วย



โครงสร้างภายในของ ซีพียู

สัญญาณควบคุมของ ซีพียู Z-80 ภายนอกมี 13 สัญญาณ ซึ่งอาจแบ่งได้ 2 อย่างคือ สัญญาณควบคุมต่างซีพียูและสัญญาณควบคุมระบบ บัสข้อมูลเป็นบัสที่มีขนาด 8 บิท ที่ใช้เป็นทางเดินของข้อมูลระหว่าง ไมโครโปรเซสเซอร์กับหน่วยจำ หรืออุปกรณ์อินพุท-เอาท์พุทต่าง ๆ บัสตำแหน่งเป็นบัสที่มีขนาด 16บิท เพื่อใช้ในการอ้างถึงตำแหน่งของหน่วยความจำ ดังนั้นจะทำให้สามารถเข้าถึงหน่วยความจำภายนอกได้ 65536 ตำแหน่งหรือ 64 K คือตั้งแต่ตำแหน่งที่ 0-65535 ในการให้ไมโครโปรเซสเซอร์ทำงานตามที่ต้องการ ทำได้โดยการเขียนโปรแกรมเก็บไว้ในหน่วยความจำ จากนั้นให้ไมโครโปรเซสเซอร์อ่านคำสั่งมาจากหน่วยความจำเพื่อมาปฏิบัติ การปฏิบัติคำสั่งต่าง ๆนั้น เราไม่จำเป็นต้องเข้าถึงส่วนรายละเอียดต่าง ๆ ของไมโครโปรเซสเซอร์ทั้งหมดโดย เราจะสนใจเฉพาะรีจิสเตอร์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเขียนโปรแกรมเท่านั้น รีจิสเตอร์ภายในที่สามารถอ่านหรือเขียนได้มีถึง 208 บิท โดยแยกเป็นกลุ่มรีจิสเตอร์ขนาด 8 บิท 18 รีจิสเตอร์ และรีจิสเตอร์ 16 บิทอีก 4 รีจิสเตอร์ รีจิสเตอร์ต่าง ๆ ภายใน Z80 เป็นลักษณะของสแตติกแรม และแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

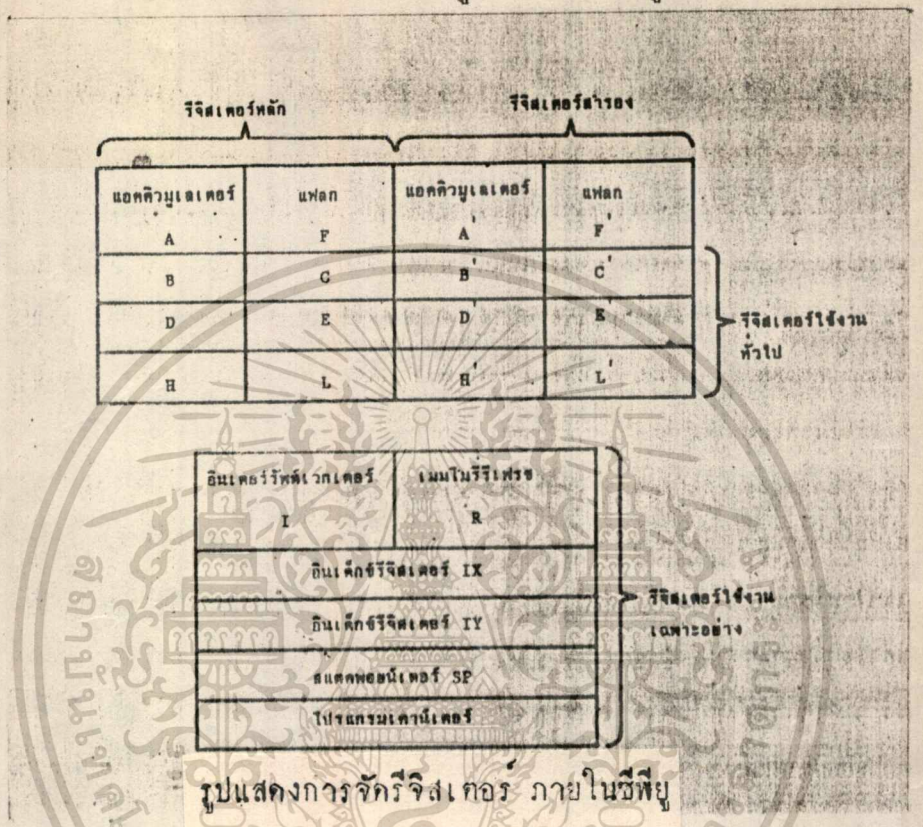
เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. รีจิสเตอร์ใช้งานทั่วไป

2. แอคคิวมูเลเตอร์และรีจิสเตอร์สถานะ

3. รีจิสเตอร์ใช้งานเฉพาะอย่าง

การจัดรีจิสเตอร์ภายในของ ซีพียู แสดงได้ดังรูปข้างล่าง



รูปแสดงการจัดรีจิสเตอร์ ภายในซีพียู

รายละเอียดของขาต่าง ๆ ที่ใช้แสดงได้ดังนี้

-ขา ข้อมูล D0-D7 เป็นขาสัญญาณอินพุท-เอาท์พุท ไตรสะเตรท (Tri-State) แบบ 2 ทิศทาง ซึ่งเป็นทางผ่านของข้อมูลระหว่าง Z-80 กับหน่วยความจำ และอุปกรณ์อินพุทเอาท์พุท

-ขา แอดเดรส A0-A7 แสดงตำแหน่งของพอร์ทที่ Z-80ต้องการติดต่อด้วย

-ขา ① $\overline{IORQ}$ เป็นสายเอาท์พุทแบบ ไตร-สเตรท ซึ่งจะแอคทีฟที่ลอจิก"0" เพื่อเป็นการบ่งบอกว่า Z-80 ต้องการติดต่อกับอุปกรณ์อินพุทเอาท์พุท

-ขา ② $\overline{RD}$ เป็นขาเอาท์พุทแบบ ไตร-สเตรท จะแอคทีฟที่ลอจิก"0" เมื่อ Z-80 ต้องการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำ หรือ อุปกรณ์อินพุทเอาท์พุท และ Z-80 จะรับข้อมูลจากบัสข้อมูลเข้าไป เมื่อสัญญาณนี้เปลี่ยนระดับจากลอจิก"0"เป็น"1"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-ขา ③ $\overline{WR}$ เป็นขาเอาท์พุทแบบ ไตร-สเตรท จะแอคทีฟที่ลอจิก"0" เมื่อ Z-80 ต้องการส่งข้อมูลออกไปให้หน่วยความจำ หรืออุปกรณ์อินพุทเอาท์พุท

-ขา ⑫ $\overline{RESET}$ เป็นขาอินพุทที่แอคทีฟที่ลอจิก"0" สัญญาณนี้จะทำการเริ่มต้น (Initialize) Z-80 CPU โดยการรีเซท Interrupt Flip-Flop และเซ็ทค่าในโปรแกรมเคาน์เตอร์ให้เป็น 0000H และในสภาวะการรีเซ็ทนี้ บัสแอดเดรสและบัสข้อมูลจะอยู่ใน สภาวะ High Impedance และสัญญาณควบคุมต่าง ๆ จะอยู่ในสภาวะ อินแอคทีฟ (Inactive)

ลักษณะการต่อกับหน่วยความจำ และ 8255

การเชื่อมต่อเป็นดังรูปที่ 1 และ 2 ตามลำดับ โดยวงจรในรูปที่2 ใช้ 74245 (U2) มาเป็นบัฟเฟอร์ช่วยขับกระแส ให้กับบัสข้อมูล เพื่อป้อนให้ 8255 (U3,U26) ไม่ว่าจะมีการเรียกใช้งาน 8255 ตัวไหนก็ตาม 74245 (U2) นี้ จะแอคทีฟเสมอ ส่วนข้อมูลจะเข้าหรือออกจาก 8255 ก็ขึ้นอยู่กับขา 1 (DIR) โดยถ้าขา 1 มีสภาวะเป็น"1" ข้อมูลจาก ซีพียู จะเข้า 8255 แต่ถ้าขา 1 มีสภาวะเป็น "0" ข้อมูลจาก 8255 จะเข้า ซีพียู

ส่วนการรีเซ็ท Z-80 นี้ มีลักษณะดังรูปที่ 1 โดยมีความต้านทานและตัวเก็บประจุ ทำหน้าที่ช่วยในการรีเซ็ท ซึ่งเวลาในการรีเซ็ทนี้ ถูกกำหนดโดยค่าความต้านทาน และค่าความจุ ตามสมการข้างล่าง

$$t=RC\ln\frac{1}{(1-⑤\Delta V/E)} \quad ; ⑤\Delta V = VIL(max)\ (แรงดันอินพุทต่ำที่มีค่าสูงสุด)$$

$$E = VCC(5V)$$

โดยที่ ทั้ง ⑤ΔV และ E เป็นค่าในขณะที่แรงดันตอนเริ่มต้นของC=0

นอกจากนี้จะมีไมโครสวิสท์ เป็นตัวรีเซ็ทด้วย ส่วนความถี่ที่ป้อนให้กับ Z-80 นี้ ใช้คริสตรอลเป็นตัวควบคุมโดยมีความถี่ 4 เมกกะเฮิรท์

3.2ส่วนเก็บมอนิเตอร์โปรแกรม

ใช้ สแตติกแรม (Static Ram) เบอร์ 6116 (U4) (อาจใช้ Eprom 2716 ก็ได้) โดยสแตติกแรมนี้ ใช้แบตตารี่สำรอง คือ ถ้าระบบไฟหลักหมดจ่ายไฟ จะมีไฟจากแบตตารี่สำรองจ่ายให้สแตติกแรมนี้แทน ซึ่งมีผลให้ข้อมูลภายในไม่มีการสูญหาย แต่ถ้าใช้ Eprom จะสามารถเก็บข้อมูลได้โดยไม่ต้องมีแบตตารี่สำรอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สแตติกแรมนี้ จะทำงานได้เมื่อ ขา $\overline{OE}$ (9) และขา $\overline{CS}$ (20) แอคทีฟพร้อมกัน ในวงจรนี้เราให้ $\overline{OE}$ (10) ต่อลงดิน ดังนั้น สแตติกแรมนี้จะแอคทีฟ โดยการควบคุมมาจากขา $\overline{CS}$ (11) เพียงอย่างเดียว โดยขา $\overline{CS}$ (11) นี้เอามาจากตัวถอดรหัส74138 (U25) โดยการถอดรหัสเลือก แอดเดรสนี้จะกำหนดให้ถอดรหัสเลือก เบอร์แอดเดรส 0000H-07FFH (เนื่องจาก ซีพียู หลังจากที่มีการรีเซ็ทแล้ว จะทำงานที่แอดเดรส 0000H) โดยแอดเดรสเหล่านี้เป็นของ มอนิเตอร์ โปรแกรม สำหรับ Eprom ก็จะมีการทำงานในลักษณะเดียวกัน

การเชื่อมต่อกับ ซีพียู

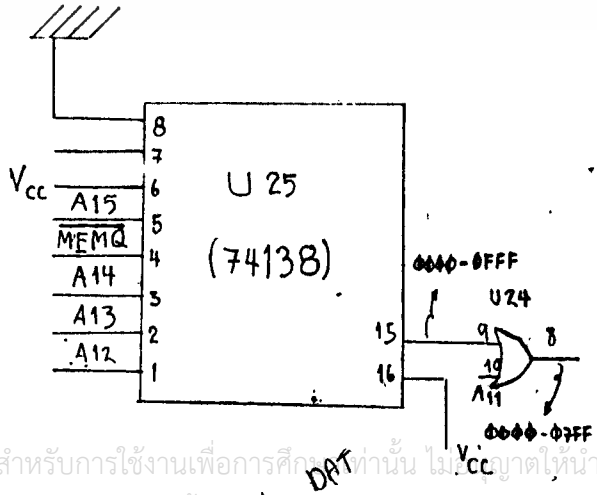
เขียนได้ดังรูปที่ 1 โดยขาข้อมูลต่อกับขาข้อมูล ขาแอดเดรสต่อกับขาแอดเดรส ซึ่งสแตติกแรมนี้ มีแอดเดรส 11 เส้น คือ A0-A10 ดังนั้นจึงมีความจุเท่ากับ 2 กิโลไบต์ ส่วนขาแอดเดรสที่เหลือของ ซีพียู คือ A11-A15 จะนำมาใช้ถอดรหัสเลือกสแตติกแรมนี้

การถอดรหัสเลือกแอดเดรส

การถอดรหัส เราใช้ 74138 (U25) โดย 74138 นี้จะทำงานเมื่อขา 4 และขา 5 มีสภาวะ"0" และขา 6 มีสภาวะ"1" โดยมีขา1, 2, 3 เป็นตัวเลือกว่าจะออกที่เอาท์พุทขาไหน และเพราะว่าเราต้องการให้ได้เบอร์ 0000H-07FFH เราจึงกำหนดแอดเดรสต่าง ๆ ไว้ดังนี้

A15	A14	A13	A12	A11	A10	A9	A8	A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0
0	0	0	0	0	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

ส่วนถอดรหัส เลือกแอดเดรสของแรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนขา 4 ของ 74138 (U25) นี้เราต่อกับ (17) $\overline{\text{MEMRQ}}$ เพื่อให้มีการถอดรหัสเฉพาะในส่วนที่เป็นหน่วยความจำเท่านั้น ส่วน A11 เราเอามา ออร์ (OR) กับเกาท์พุทของ 74LS138 (U25) ภายนอกเพื่อให้ได้ แอดเดรสอยู่ในช่วง 0000H-07FFH เนื่องจากแอดเดรสของ 74138 ที่ถอดรหัสได้มานั้นเป็นแอดเดรส 0000H-0FFFH (ที่ขา 15 ของ 74138) ดังรูปที่แสดงไว้

3.3 ส่วนของการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก

ใช้ 8255 เป็นตัวติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก ซึ่ง 8255 มีคุณสมบัติที่สำคัญคือ เมื่อมีสัญญาณรีเซ็ท พอร์ททุกพอร์ทของ 8255 จะทำให้ทุกพอร์ทของ 8255 เป็นพอร์ทอินพุท คือทุกพอร์ทจะมีสภาวะ"Z"(High Impedance) และหลังจากที่ป้อนคำสั่งควบคุม ให้แก่รีจิสเตอร์ควบคุม พอร์ทที่ถูกกำหนดให้เป็นพอร์ทเอาท์พุท จะมีสภาวะ"0" ส่วนพอร์ทที่ถูกกำหนดให้เป็น พอร์ทอินพุท จะมีสภาวะ"Z"

การเชื่อมต่อกับ ซีพียู

วงจรเป็นดังรูปที่ 2 และ 3 โดยนำขา A0-A7 จาก Z-80 มาถอดรหัส เพื่อสร้างสัญญาณเลือกพอร์ท แต่เนื่องจาก 8255 มีแอดเดรสอินพุทอยู่แล้ว 2 ขา (A0, A1) ซึ่งโดยปกติแล้ว ขา A0, A1 นี้จะต่อโดยตรงกับขา A0-A1 จากบัสแอดเดรส คือ 8255 หนึ่งตัว จะใช้ค่าพอร์ทแอดเดรสถึง 4 ค่า (2 กำลัง 2) ส่วนสัญญาณอีก 6 เส้น (A2-A7) จะนำไปถอดรหัสเพื่อทำสัญญาณเลือกชิพ (CS) (18) ให้แก่ 8255

การถอดรหัสเลือกเบอร์พอร์ท

การถอดรหัสใช้ 74138 (U23) โดยเราต้องการ เบอร์ 50-53 และ 54-57 สำหรับ 8255 (U3 และ U26 ตามลำดับ) การถอดรหัสเป็นดังรูปข้างล่าง

A7	A6	A5	A4	A3	A2	A1	A0	
0	1	0	1	0	0	X	X	สำหรับ U3
0	1	0	1	0	1	X	X	สำหรับ U26

U3 ถอดรหัสได้เบอร์ 50-53 แอคทีฟที่ขา15 ของ74138 (U23)

U26 ถอดรหัสได้เบอร์ 54-57 แอคทีฟที่ขา10 ของ74138 (U23)

เอกสารนี้เป็นการเผยแพร่เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่ออุปกรณ์ภายนอกกับ 8255

ในวงจรงานนี้เราใช้ 8255 2ตัว คือ U3 และ U26 โดยทั้งสองตัวจะใช้เป็นทั้ง อินพุทและเอาท์พุทพอร์ท โดยกำหนดให้

- พอร์ท A เป็นพอร์ทเอาท์พุท
- พอร์ท B เป็นพอร์ทอินพุท
- พอร์ท C เป็นทั้งอินพุทและเอาท์พุทพอร์ท โดย P(C0-C3) เป็นอินพุท P(C4-C7) เป็นเอาท์พุท

โดยเมื่อเป็นเอาท์พุท จะใช้ในการขับ มอเตอร์ที่ใช้ในการทอนเงินและมอเตอร์ที่ใช้ในการจ่ายตั๋ว, ขับโซลินอยด์ที่ใช้ในการเก็บเงิน, รีเซ็ทเคาท์เตอร์, ขับ LED เพื่อเตือนให้รู้ว่า ยังไม่ได้เอาเงินคืนไป, รวมทั้งผลิตสัญญาณพัลส์ในการขับ ตัวเลข 7 ส่วน เพื่อแสดงจำนวนเงินคืน เมื่อเป็นอินพุท จะใช้ในการนับค่า ต่าง ๆ จากไบนารีเคาท์เตอร์ โดยมาจาก ส่วนเซนเซอร์และส่วนตรวจจับเหรียญโลหะ, สแกนค่าจาก คีย์บอร์ด, อ่านค่าว่า มีการรับเงินคืนหรือเปล่า

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นเอาท์พุทของระบบ

- ส่วนขับ ดี.ซี. มอเตอร์ ไปจ่ายตั๋ว
- ส่วนขับ โซลินอยด์ ในการเก็บเหรียญ
- ส่วนขับ สเตปปิ้งมอเตอร์ ในการทอนเหรียญ
- ส่วนรีเซ็ทเคาท์เตอร์
- ส่วนแสดงผลโดยใช้ LED และตัวเลข 7 ส่วน

อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นอินพุทของระบบ

- ส่วนเซนเซอร์เหรียญ และส่วนเคาท์เตอร์
- ส่วนเช็คเหรียญโลหะ และส่วนเคาท์เตอร์
- ส่วนตรวจสอบว่า มีการเอาเงินคืนหรือไม่
- ส่วนคีย์บอร์ด

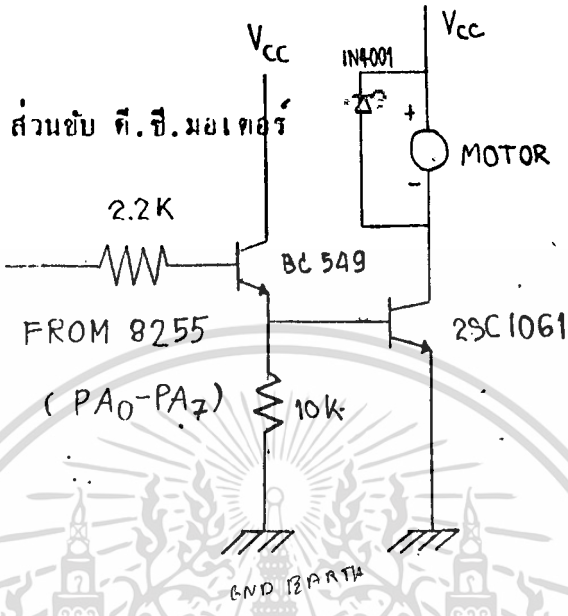
รายละเอียดของส่วนต่าง ๆ ที่เป็นเอาท์พุทของวงจร

ส่วนขับ ดี.ซี. มอเตอร์ไปดีดตั๋ว

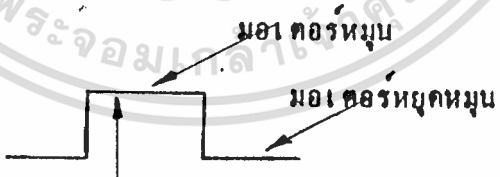
ใช้ 8255 (U3) P(A0-A7) ซึ่งเราให้เป็นเอาท์พุทพอร์ท มีลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การต่อดังรูป



ลักษณะการควบคุมการหมุนของมอเตอร์นี้ ใช้ซอร์ฟแวร์ โดยควบคุมในลักษณะส่งพัลส์มาให้ทรานซิสเตอร์ เพื่อไปขับมอเตอร์ คือเมื่อเอาท์พุทจาก 8255 มีสภาวะ "1" จะทำให้มอเตอร์หมุนได้ แต่ถ้ามีสภาวะเป็น "0" ทำให้มอเตอร์หยุดหมุน ซึ่งเป็นลักษณะดังนี้



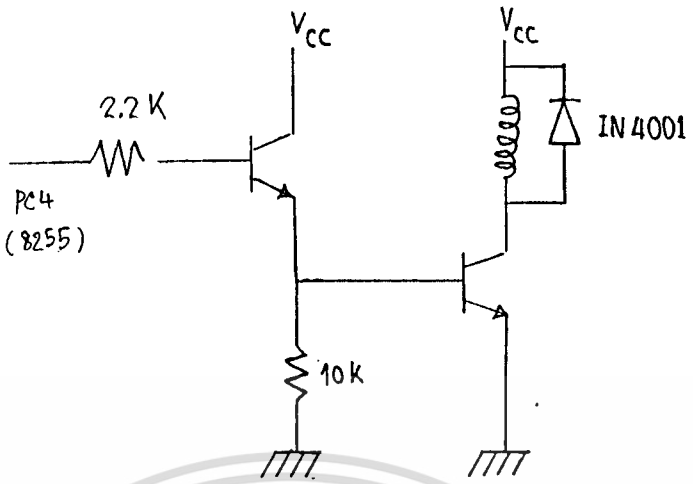
ช่วงนี้ สามารถหน่วงเวลาได้
โดยใช้ซอร์ฟแวร์ควบคุม

เอาท์พุทจาก8255 ที่นำไปขับ ดี.ซี.มอเตอร์

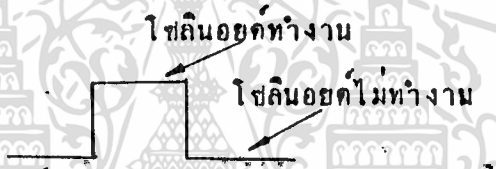
ส่วนขับรีซลินอยด์ ในการเก็บเหรียญ

ใช้ 8255(U4) (PC4) ซึ่งเป็นพอร์ทเอาท์พุท มีลักษณะการต่อดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ส่วนขับโซลินอยด์



เอาท์พุทจาก 8255 ที่นำไปขับโซลินอยด์

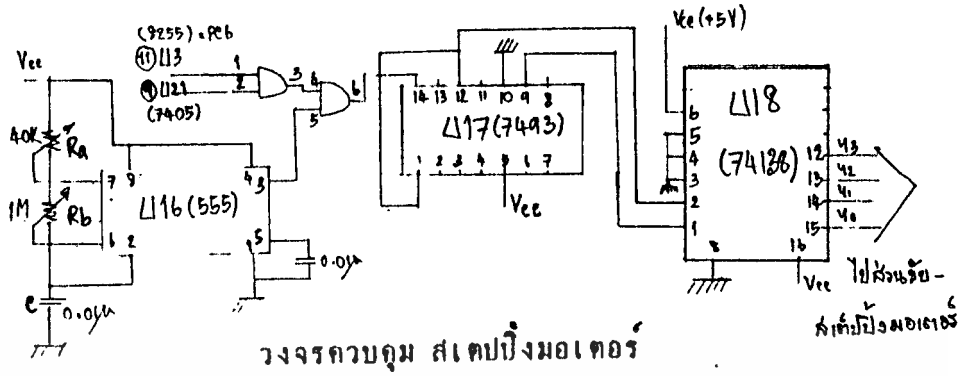
ลักษณะการควบคุม ให้ซอร์ฟแวร์ ควบคุมโดยส่งเป็นลักษณะ พัลส์เป็นตัว เปิด-ปิด (ON-OFF) ทรานซิสเตอร์ ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับ ส่วนขับ ดี.ซี มอเตอร์เพื่อไปจ่ายตั๋ว

ส่วนขับสเตปปิ้งมอเตอร์ในการทอนเหรียญ

ส่วนนี้เราควบคุมการหมุนของ สเตปปิ้งมอเตอร์ โดยใช้(PC6)ของ 8255 (U3) เป็นตัวควบคุมสัญญาณพัลส์ที่ออกมาจาก 555 (U16) ให้ผ่านออกไปได้หรือไม่ได้ โดยพิจารณาดังรูป (หน้าถัดไป)

เราใช้ แอนด์เกท (7408) ต่อลักษณะดังรูป ก็เพื่อไม่ให้ สเตปปิ้งมอเตอร์หมุน ตอนรีเซ็ท 8255 (U3) (เพื่อไม่ให้พัลส์จากไทม์เมอร์ 555ผ่านแอนด์เกทออกไปได้) ตอนรีเซ็ทนี้ พอร์ททุกพอร์ทของ 8255 (U3 หรือ U26) มีสภาวะ"Z" คือ ขา 1 ของ 7408 (U15) มีสภาวะ"Z" ในขณะที่ขา 2ของ 7408 นี้ ยังมีสภาวะเป็น"0"อยู่ เพราะว่ามีตัวเก็บประจุที่มีความจุ เท่ากับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



วงจรควบคุม สเตปปิ้งมอเตอร์

100 ไมโครฟารัดต่ออยู่ ซึ่งมีผลทำให้พัลส์จาก ไทม์เมอร์ 555ไม่สามารถผ่านแอนด์เกทออกไปได้ในช่วงรีเซ็ท โดยขา 2 ของแอนด์เกทนี้ จะต้องมีสภาวะ "0"อยู่นานพอที่จะมีการป้อนคำสั่งควบคุม ไปให้แก่รีจิสเตอร์ควบคุมของ 8255 (U3) โดยในตอนต้นของมดนีเตอร์โปรแกรม เป็นดังนี้

คำสั่ง LD A ,83 : ใช้เวลาประมวลผล 7T*0.25 ไมโครวินาที

คำสั่ง OUT (53), A : ใช้เวลาประมวลผล 12T*0.25 ไมโครวินาที

ดังนั้น จะใช้เวลาทั้งหมดเท่ากับ 19T*0.25=4.75 ไมโครวินาที

ซึ่งก็คือ ขา2 ของแอนด์เกท(7408)นี้ ต้องมีสภาวะ "0" อยู่นานพอกับช่วงเวลา 4.75 ไมโครวินาที ซึ่งจะถูกกำหนดโดยค่าความต้านทานและค่าความจุที่ต่อคยู่กับ ขา 2 ของแอนด์เกทนี้ ตามสมการ

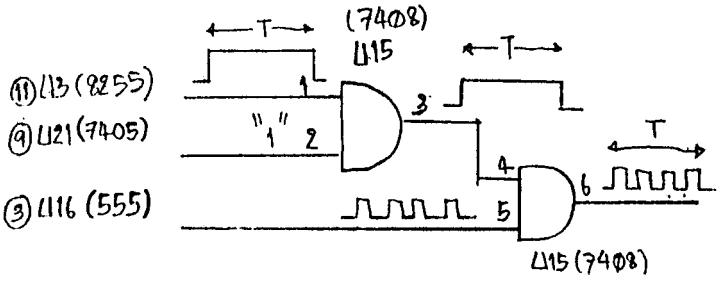
$$t = RC\ln\frac{1}{(1-\Delta V/E)}$$

ΔV = VIL(max)(แรงดันอินพุทต่ำที่มีค่าสูงสุด)

E = VCC(5V) (แรงดันตอนเริ่มต้นของC=0)

โดยหลังจากนี้ ก็สามารถควบคุมการหมุนของ สเตปปิ้งมอเตอร์ ได้โดยวิธีทางซอร์พแวร์ คือการควบคุมทางพอร์ท P(C6) (U3) เพื่อไปบังคับให้สัญญาณพัลส์จาก ไทม์เมอร์ 555 (U16) มีผลออกไปควบคุมการหมุนของสเต็ปปิ้งมอเตอร์ได้หรือไม่ การควบคุมให้สเตปปิ้งมอเตอร์หมุน เป็นเวลานานขนาดใด จะอาศัยการหน่วงเวลาจาก ซอร์พแวร์ ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปแสดงการควบคุมสเต็ปปิ้งมอเตอร์ โดยใช้เอาท์พุทจาก8255
(T คือ เวลาหน่วงที่ควบคุม โดยซอร์ฟแวร์)

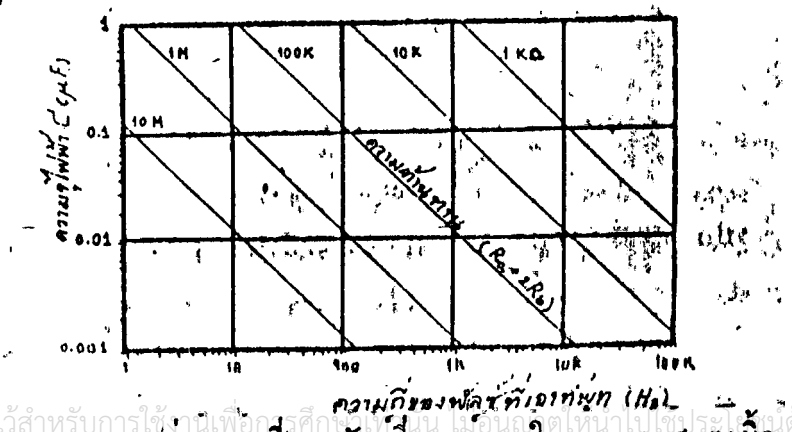
เมื่อต้องการให้ สเต็ปปิ้งมอเตอร์หมุนเป็นเวลานาน เราก็หน่วงเวลา T ให้นานออกไปอีก

ส่วนเรื่องของความเร็วของสเต็ปปิ้งมอเตอร์นี้ จะใช้ ไทม์เมอร์555 (U16) เป็นตัวควบคุม โดยมีความต้านทานแบบปรับค่าได้ 40K และ 1Mเป็นตัวปรับความถี่ โดย 555 นี้ จะต่อในลักษณะ อะสเตเบิ้ล มัลติไวเบ้เตอร์ (Astable Multivibrator) ซึ่งค่าความถี่สามารถคำนวณได้จากสมการ

$$f = 1/T = 1.443 / C(Ra+2Rb) \quad Hz$$

(ตัวเก็บประจุที่ต่ออยู่กับ ขา 5 ของไทม์เมอร์ 555 จะไม่มีผลต่อความถี่แต่จะมีผลช่วยลดสัญญาณรบกวน คือ จะทำหน้าที่ บายพาส (Bypass) สัญญาณรบกวน)

แต่ละค่าของ (Ra+2Rb) และ C จะให้ความถี่ของพัลส์ที่เอาท์พุทค่าต่าง ๆ กัน . ซึ่งกราฟความสัมพันธ์นี้เขียนแสดงได้ดังรูป



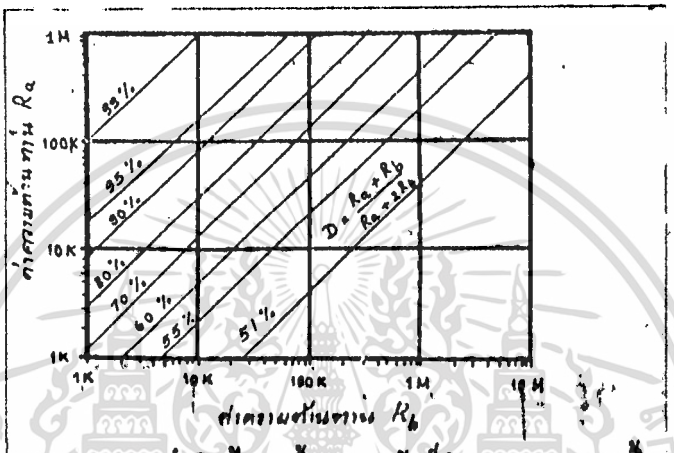
กราฟแสดงค่าความถี่ของพัลส์ที่เอาท์พุท ในวงจรอะสเตเบิ้ล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนค่า ดิวตี้ไซเคิ้ล (Duty Cycle) คำนวณได้จาก

$$D = (Ra+Rb) / (Ra+2Rb)$$

ซึ่งจะเห็นว่า ค่าความต้านทานของ Ra และ Rb จะเป็นตัวกำหนดค่าดิวตี้ไซเคิ้ล และเขียนเป็นกราฟได้ดังรูป



กราฟแสดงค่าดิวตี้ไซเกิล ของพัลซ์ในวงจรอะสเตเบิ้ล ซึ่งขึ้นอยู่กับกับค่า Ra และค่า Rb ในวงจร

จากกราฟนี้ พิจารณาได้ว่า คลื่นสี่เหลี่ยมจตุรัสที่ดี จะเกิดขึ้นได้ในกรณีที่มี ค่า Rb สูงกว่าค่า Ra มาก ๆ กราฟนี้จึงมีประโยชน์มากในการออกแบบวงจร เพราะจะทำให้การกำหนดค่า Ra และ Rb เป็นไปอย่างรวดเร็ว โดยที่เอาท์พุทของวงจร จะให้พัลส์ที่มีลักษณะตามที่ต้องการ

จากวงจรควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ จะเห็นว่า เอาท์พุทของ 555จะผ่านแอนด์เกท (7408) ไปเป็นอินพุทของ 7493 (U17) ซึ่งเป็นไบนารี่เคาท์เตอร์ โดย 7493นี้ จะใช้เอาท์พุท 2 หลักต่ำสุด (LSB) ไปเป็นอินพุทเพื่อส่งต่อไปให้ 74138 (U18) ซึ่งจะทำการถอดรหัสต่อไป เพื่อไปขับ สเตปปิ้งมอเตอร์ โดยเอาท์พุทจาก 74138 นี้ จะไปขับ TR5-TR8 ให้นำกระแสได้เมื่อสภาวะเป็น"0" โดยในที่นี้ จะขับสเตปปิ้งมอเตอร์ทีละ 1 เฟส ซึ่งจะมีลักษณะเป็นดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สเตป	1	2	3	4	1
เฟส 1	1	0	0	0	1
2	0	1	0	0	0
3	0	0	1	0	0
4	0	0	0	1	0

ทวนเข็ม ---------->

ตามเข็ม <----------

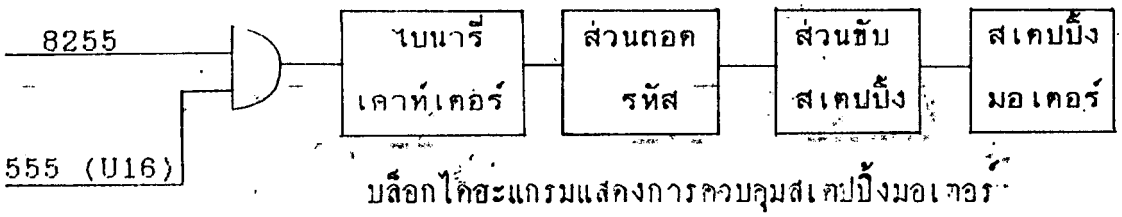
โดยลักษณะนี้จะเป็นแบบ 4-เฟส 1 สภาวะกระตุ้น (4 Phase 1 Excitation) ในกรณีที่เราต้องการเพิ่ม แรงบิด ให้กับสเตปปิ้งมอเตอร์ เราสามารถใช้วิธีการแบบ 4-เฟส 2 สภาวะกระตุ้น หรือ อาจจะใช้สเตปปิ้งมอเตอร์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งมีการแบบ 4-เฟส 2 สภาวะกระตุ้น มีลักษณะดังตาราง

สเตป	1	2	3	4	1
เฟส 1	1	0	0	0	1
2	1	1	0	0	1
3	0	1	1	0	0
4	0	0	1	1	0

ทวนเข็ม ---------->

ตามเข็ม <----------

เราสามารถสรุป การควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์ ได้ดังบล็อกข้างล่าง

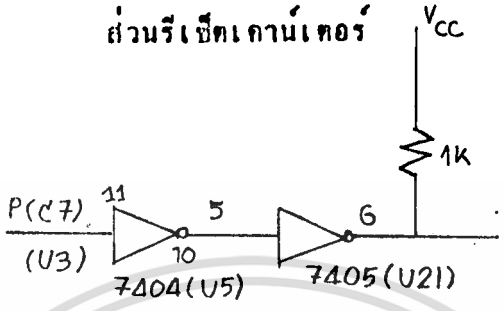


บล็อกไดอะแกรมแสดงการควบคุมสเตปปิ้งมอเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนรีเซ็ทเคาท์เตอร์

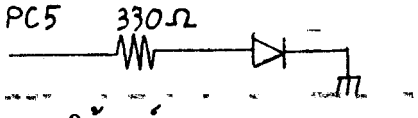
พิจารณาจากรูป



ขารีเซ็ทของเคาท์เตอร์ทุกตัว จะแอคทีฟ ที่สภาวะ "1" ดังนั้นเมื่อมีการรีเซ็ทระบบ ก็จะไปรีเซ็ทเคาท์เตอร์ด้วย เพราะว่า P(C7) จะมีสภาวะ "Z" มีผลทำให้ เคาท์พุทของ 7405 (U21) มีสภาวะ"1" ซึ่งก็คือ เมื่อมีการเปิดเครื่องใหม่ ๆ หรือการกดปุ่มรีเซ็ท ก็จะมีการไปรีเซ็ท Z-80, 8255รวมถึงเคาท์เตอร์ด้วย ส่วนการควบคุมทางซอร์ฟแวร์ ก็ควบคุมได้ด้วยพอร์ทP(C7) โดยเมื่อพอร์ทนี้มีลักษณะเป็น"1" ก็จะไปรีเซ็ทเคาท์เตอร์

ส่วนแสดงผลโดยใช้ LED และตัวเลข7ส่วน

- ส่วนแสดงผลโดยใช้ LED จะใช้ P(C5) ของ 8255 (U3) เป็นตัวควบคุม ในกรณีที่ มีการคืนเหรียญ ถ้าผู้ซื้อไม่เอาเหรียญคืน LED ก็จะติดสว่าง และวงจรจะไม่ทำงานอย่างอื่นอีก แม้จะมีการหยอดเงินครั้งใหม่เข้ามาก็ตาม จนกว่าที่ผู้ซื้อจะเอาเงินคืนออกไป ซึ่งก็จะไปรีเซ็ทระบบ และทำให้หลอด LED ดับ และวงจรก็จะเริ่มทำงานต่อไปอีกครั้ง

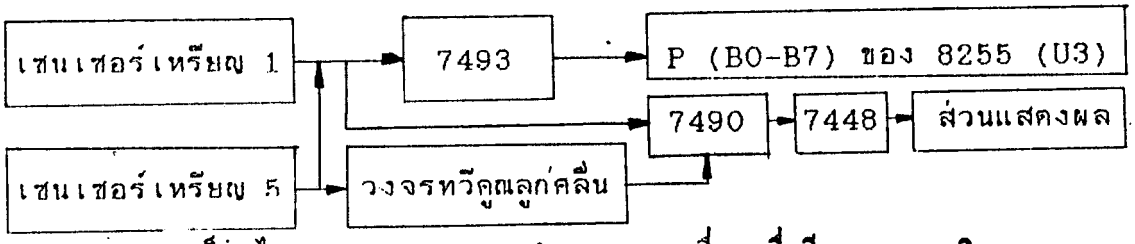


รูปแสดงการใช้พอร์ทจาก 8255ควบคุม LED.

- ส่วนแสดงผลโดยใช้ ตัวเลข 7 ส่วน ของจำนวนเงินหยอด แสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้ดังบล็อกไดอะแกรมดังต่อไปนี้



บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่องเมื่อมีการหยอดเงิน

โดยที่ 7493 คือ ไบนารี่เคาท์เตอร์ (Binary Counter)

7490 คือ เดคเคดเคาท์เตอร์ (Decade Counter)

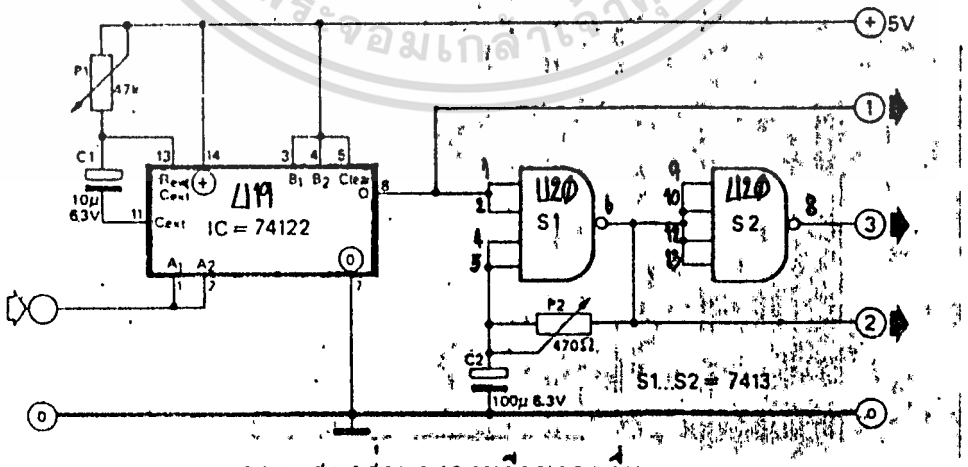
7448 คือ ไอซี เปลี่ยนตัวเลขบีซีดี ไปเป็นรูปแบบ ตัวเลข7ส่วน

และ ส่วนแสดงผล เป็นชนิด LED แบบตัวเลข7ส่วน

– ส่วนแสดงผลจากการหยอดเหรียญบาท เอาสัญญาณอินพุทมาจากเซนเซอร์โดยตรง แต่จะผ่าน ไอซี7405 (U21) เพื่อช่วยจ่ายกระแสให้มากขึ้นแล้วมาเข้า 7490 (U8,U9) ทั้ง 2ตัว เพื่อแสดงผลเป็น LED ตัวเลข7ส่วน

– ส่วนแสดงผลจากการหยอดเหรียญห้าบาท เอาสัญญาณมาจากวงจรทวีคูณลูกคลื่น แล้วไปเข้า 7490 (U8,U9) ทั้ง 2ตัว เพื่อไปแสดงผลเป็น LED ตัวเลข7ส่วน

ส่วนของวงจรทวีคูณลูกคลื่นที่ใช้เป็นดังรูป

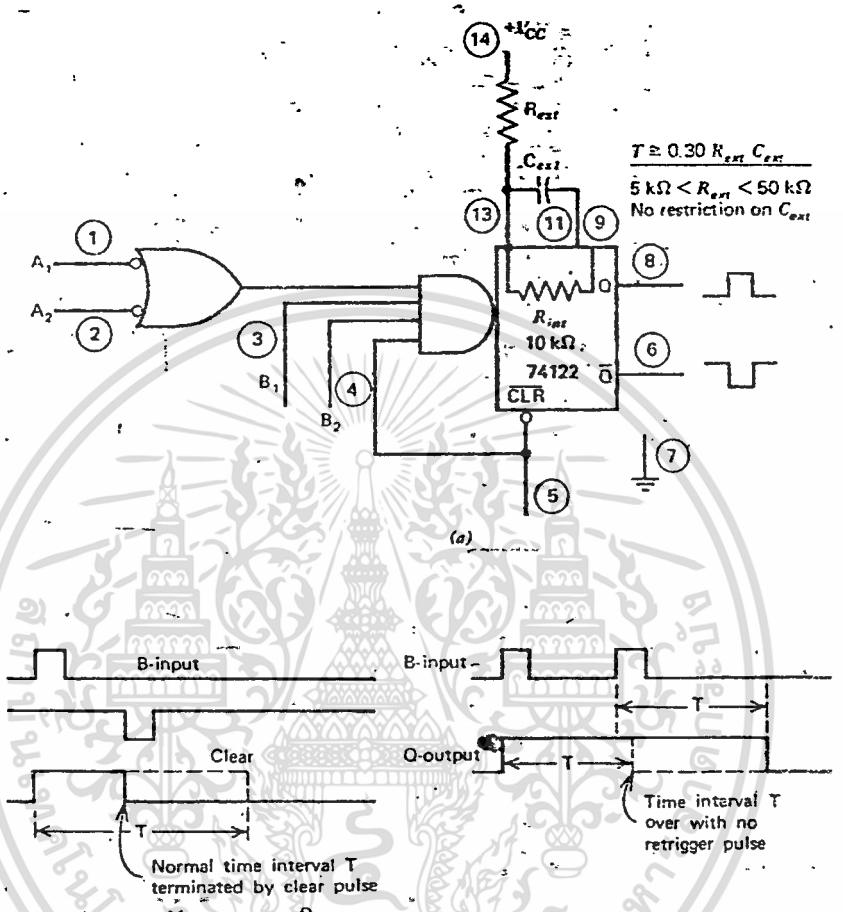


ภาพแสดงส่วนวงจรทวีคูณลูกคลื่น

ซึ่งในที่นี้ เราจะทวีคูณจาก 1 ลูก เป็น 5 ลูกคลื่น โดยใช้ไอ.ซี. เบอร์ 74122 (U19) ซึ่งเป็น ไอ.ซี. โมโนสเตเบิล รีทริกเกเบิ้ล (Mono-

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

stable Retriggerable) โดยใช้งานร่วมกับ ไอ.ซี.ชมิตต์ ทริกเกอร์ (Smitt Trigger IC.) โดยมีลักษณะภายในของ 74122 และสัญญาณการทำงานเป็นดังรูป



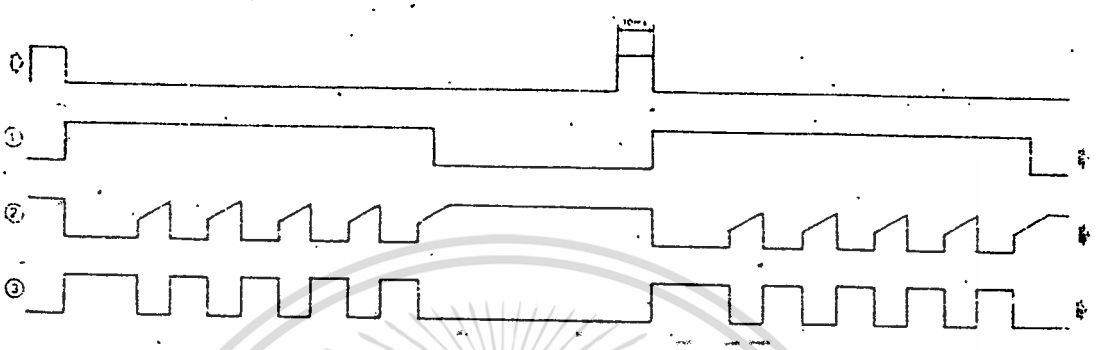
รูปแสดงลักษณะภายในของ74122 และสัญญาณการทำงาน

A1, A2 เป็นขารับสัญญาณทริก ที่ทำงานทริกขอบขาลง เมื่อ B1, B2 ต่อกับ VCC. แต่ถ้า A1, A2 ต่อลงดิน (Ground) B1, B2 จะเป็นตัวรับสัญญาณทริกทำงานที่ขอบขาขึ้น ส่วนขา $\overline{CLR}$ ก็จะริเซ็ท 74122 ทันทีเมื่อได้รับลอจิก"0" ซึ่งในวงจรนี้จะให้ A1, A2 เป็นขารับสัญญาณทริกที่ขอบขาลง โดยต่อ B1, B2 กับ VCC และไม่มีการเคลีย์ (Clear)

การทำงานของวงจรนี้ สามารถควบคุมให้ทำงานและหยุด ด้วยวงจรโมโนสเตเบิล (74122) โดยการจุดชนวนจากขอบขาลงของ สัญญาณที่ป้อนเข้ามา (ดูรูปหน้าถัดไป) เมื่อพิจารณารูปคลื่น หมายเลข 1 ในรูป วิธีนี้ชมิตต์ทริกเกอร์เกต (S1) จะทำงานเฉพาะในเวลาที่กำหนดโดย โมโนสเตเบิลเท่านั้น ค่าเวลานี้ปรับได้ที่ P1 และความถี่จากชมิตต์ทริกเกอร์เกต S1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดโดย P2 ในกรณีเช่นนี้ พัลส์ที่เข้ามาเพียงหนึ่งลูก จะสร้างพัลส์ออกไปได้หลายลูก ชมิตต์ทริกเกอร์เกต S2 อีกตัวหนึ่ง ใช้เป็นเพียงทางผ่าน โดยให้สัญญาณออกมาเป็นลูกคลื่น หมายเลข 3 ตามรูป

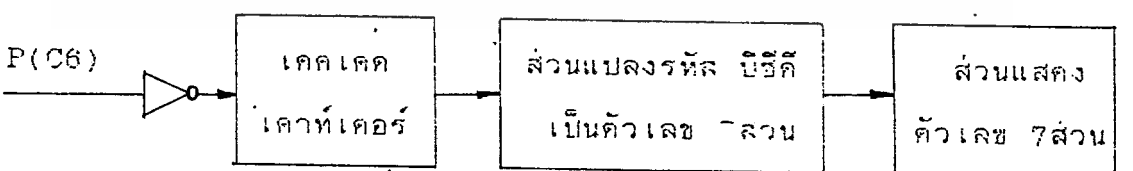


รูปแสดงสัญญาณการทำงานของวงจรทวีคูณลูกคลื่น

ก่อนใช้งาน จะต้องปรับตัวต้านทาน P1 เพื่อให้จำนวนพัลส์สูงสุดที่ผ่านออกมาได้ ยังคงถูกต้องอยู่ หากการทำงานของวงจรมัลติไวเบรเตอร์ เช่น ไอ.ซี. เบอร์ 74122 จะกลายเป็นตัวหารความถี่ไปแทน ซึ่งเราไม่ต้องการ เมื่อตั้ง P1 จนได้ค่าที่ถูกต้องแล้ว ให้ตั้ง P2 ต่อไป เพื่อให้จำนวนเท่าของพัลส์ที่ต้องการถูกต้องด้วย

ส่วนแสดงการทอนเหรียญ

ใช้ลักษณะเดียวกับส่วนหยอดเหรียญ แต่ใช้วิธีพิจูควบคุม โดยผ่านทางพอร์ท (PC6) ของ 8255 (U3) ในลักษณะ ส่งพัลส์ออกมา 1 ลูก ตัวเลข 7 ส่วนก็จะเพิ่มค่าขึ้น 1ค่า ดังแสดงการทำงานด้วยบล็อกข้างล่าง



บล็อกไดอะแกรมของส่วนแสดงการทอนเหรียญ

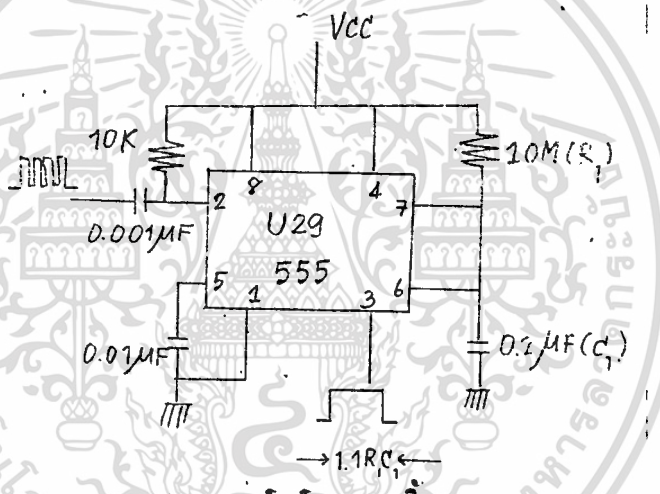
จะเห็นว่า มีอินเวิร์ทเตอร์ ต่ออยู่ระหว่าง (PC6) 8255 (U3) เพราะว่าเราไม่ต้องการให้เคาน์เตอร์นับ ตอนที่ยังไม่สั่งทางซอร์ฟแวร์

ตอนเริ่มเปิดเครื่องครั้งแรก จะมีการรีเซ็ท Z-80 รวมถึง8255ด้วย ซึ่งจะทำให้สภาวะของทุกพอร์ตของ 8255 เป็นสภาวะลอยตัว ("Z") โดยไอซี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนตรวจสอบเหรียญโลหะ และส่วนเคาท์เตอร์

ใช้ 7493(U27,U28) ซึ่งเป็นไบนารี่เคาท์เตอร์ โดย U27 ตรวจนับเหรียญบาท และ U28 ตรวจนับเหรียญห้า ซึ่งอินพุทของ 7493 ทั้งสองตัวนี้ถูกป้อนมาจาก ไทม์เมอร์ 555 (U29,U30) โดยในวงจรนี้จะมีลักษณะการทำงานเป็นแบบ โมโนสะเตเบิลมัลติไวเบเตอร์ ได้สัญญาณทริกมาจากเหรียญโลหะที่กระทบกับตัวตรวจจับ ถ้าไม่ใช่เหรียญโลหะก็จะไม่มีสัญญาณไปทริกไทม์เมอร์ 555 ซึ่งมีผลทำให้ 7493 ไบนารี่เคาท์เตอร์ที่ต่ออยู่กับ ไทม์เมอร์นั้นไม่มีการนับ ซึ่งก็คือ ค่าที่ได้จากการนับของเคาท์เตอร์ที่ต่อกับ 8255 ทั้งสองตัวมีค่าไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงสามารถตรวจสอบเหรียญได้ว่าเป็นโลหะหรือไม่

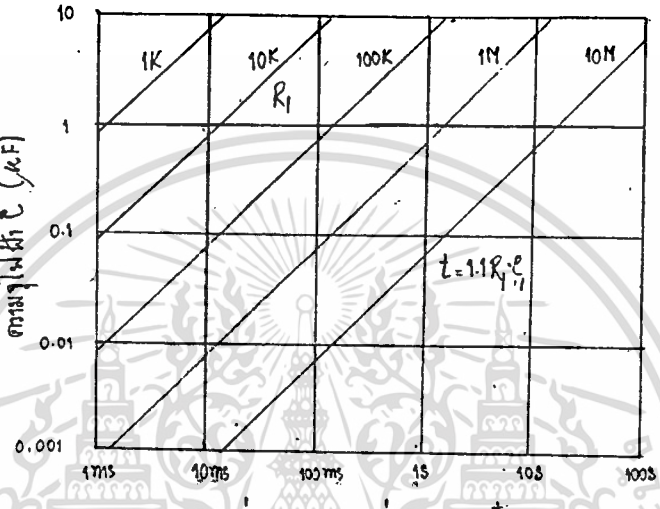


พิจารณาจากรูป ข้างบน ขาเอ้าพุท(ขา3) ของไทม์เมอร์ปกติจะมีสภาวะเป็น "0" แต่เมื่อมีสัญญาณทริกเข้ามาที่ขา 2 (ซึ่งเกิดจากการหยอดเหรียญโลหะมากระทบกับตัวตรวจจับ) จะมีผลทำให้ไทม์เมอร์ 555 ผลิตพัลส์ออกมา 1 ลูก เป็นเวลานานเท่ากับ 1.1(R1)(C1) ดังนั้นไม่ว่าเหรียญจะตกกระทบกับ ตัวตรวจจับกี่ครั้งก็ตาม ถ้าอยู่ในช่วงคาบเวลานี้ ไทม์เมอร์ 555 ก็จะให้เอาท์พุทออกมาเพียง 1 ลูกเท่านั้น

ในวงจรนี้จะเห็นว่า เราต้องต่อ ขา4 กับ VCC เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดสัญญาณทริกใด ๆ เข้ามาที่ขา 4ได้ และสำหรับขา 5 ซึ่งเป็นขา ควบคุมแรงดัน (Control Voltage) การเปลี่ยนแปลงแรงดันที่ขา 5 นี้ จะมีผลทำให้ช่วงเวลาต่าง ๆ เปลี่ยนแปลงไปด้วย และช่วงเวลาหน่วงของวงจรก็จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่เป็นไปตามสมการ $t = 1.1(R1)(C1)$ ดังนั้น ในกรณีที่ไม่จำเป็นต้องใช้ขา 5 นี้ เราจะต่อขา 5 นี้ผ่านตัวเก็บประจุ มีค่าประมาณ 0.01ไมโครฟารัด กับจุดดิน เพื่อเป็นการป้องกัน สัญญาณรบกวนใด ๆ ที่ไม่ต้องการ ผลของการคำนวณค่าความกว้างของพัลส์ ที่เอาท์พุท จึงจะไม่ผิดพลาด หรือผิดพลาดน้อยสุด จากสมการ $t = 1.1(R1)(C1)$ ซึ่งเป็นเวลาหน่วง จะแสดงได้ดังภาพ



กราฟแสดงช่วงเวลาหน่วง เวลา t

ณ. ที่ค่า R1 และ C1 ค่าต่าง ๆ ซึ่งจากกราฟนี้จะเป็นการง่ายที่จะคำนวณค่าความต้านทาน หรือตัวเก็บประจุได้เร็วขึ้น ซึ่งในวงจรนี้จะใช้คาบเวลาประมาณ

$$t = 1.1(R1)(C1)$$
$$= 1.1(10M)(0.2u)$$
$$= 2.2 \text{ sec}$$

สิ่งที่ควรระวังในการใช้งาน ไอซี ไทม์เมอร์ 555 ในงาน รีโมน สเตเบิ้ล ก็คือ จะต้องถูกกระตุ้นด้วย ทริกเกอร์พัลส์ ที่มีขนาดความกว้าง น้อยกว่าความกว้างของพัลส์ที่เอาท์พุท และพยายามหลีกเลี่ยงการใช้ตัวเก็บประจุแบบอิเลคโตรไลค์ ที่มีความจุสูง ๆ ในวงจรนี้ เพราะจะมี การรั่วซึมได้มาก ควรใช้ตัวเก็บประจุแบบ แทนทาลัมหรือ แบบไมล่าร์

ส่วนตรวจสอบว่ามีการเอาเงินคืนหรือไม่

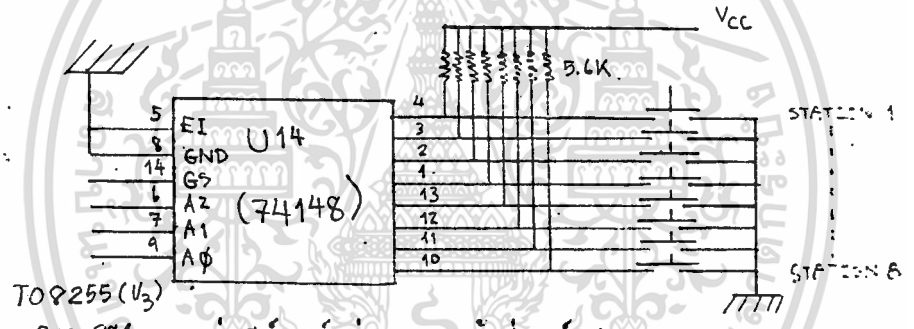
ในส่วนนี้ เราใช้ PCO (U23) มาเป็นบิทที่คอยอ่านข้อมูล จากระดับสัญญาณไฟฟ้า ว่ามีสถานะเป็น"0" หรือไม่ ถ้ายังมีสภาวะเป็น"1"อยู่ ก็ให้ซีพียู คอยอ่านบิทนี้อยู่เรื่อย ๆ โดยไม่ไปทำงานอย่างอื่น ซึ่งแสดงว่าผู้ซื้อยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไม่ได้เอาเงินคืนไป ดังนั้น จะต้องสร้างสัญญาณรีเซ็ทขึ้นมา เมื่อผู้ซื้อได้เอาเงินคืนไปแล้ว สัญญาณรีเซ็ทนี้ ก็จะไปรีเซ็ท Z-80 และ 8255 ให้ระบบเริ่มทำงานใหม่

ส่วนรับข้อมูลจากคีย์บอร์ด

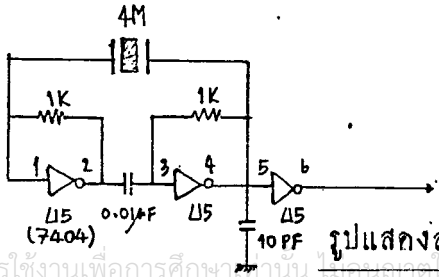
ส่วนนี้เราใช้ ไอซี. เบอร์ 74148 (U14) ต่อดังรูป ซึ่งเป็นไอซีประเภท 8 to 3 Line Priority Encoder ปกติถ้าไม่มีการกดคีย์ใดๆ เอาท์พุท A0, A1, A2 และขา GS จะมีสภาวะเป็น"1" แต่ถ้ามีการ กดคีย์เลือกสถานีใด สถานีหนึ่ง ขา GS จะมีสภาวะเป็น"0" ส่วนค่าอื่นๆก็จะเป็นไปตามตารางในภาคผนวก



การต่อคีย์บอร์ดต่างๆ เข้าที่พอร์ตซี

3.4 ส่วนสัญญาณนาฬิกาที่ป้อนให้กับระบบ

จะต่อในลักษณะอะสเตเบิ้ล โดยมีคริสตอล 4 เมกกะเฮิรซ์ เพราะว่าความเสถียรของความถี่ขึ้นอยู่กับ ค่าความต้านทาน และค่าเก็บประจุ เราจึงใช้คริสตอล มาช่วยในการกำหนดและควบคุมความถี่ ซึ่งวงจรจะออสซิลเลท (Oscillate) ที่อัตราที่ถูกกำหนดโดย คริสตอล วงจรแสดงดังรูป



รูปแสดงส่วนผลิตสัญญาณนาฬิกา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

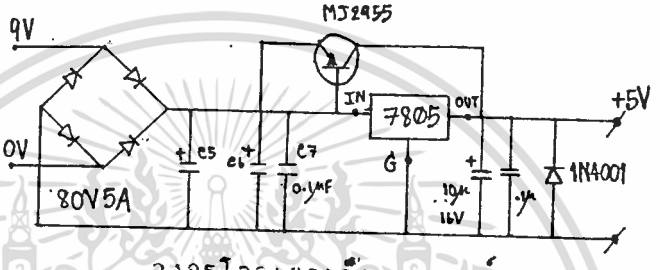
3.5 ภาคจ่ายไฟให้กับระบบ

แหล่งจ่ายไฟที่ป้อนให้กับระบบจะมีระดับแรงดันไฟฟ้า ที่ต่างกันอยู่ 3 ระดับ คือ +5V สำหรับ วงจรควบคุม

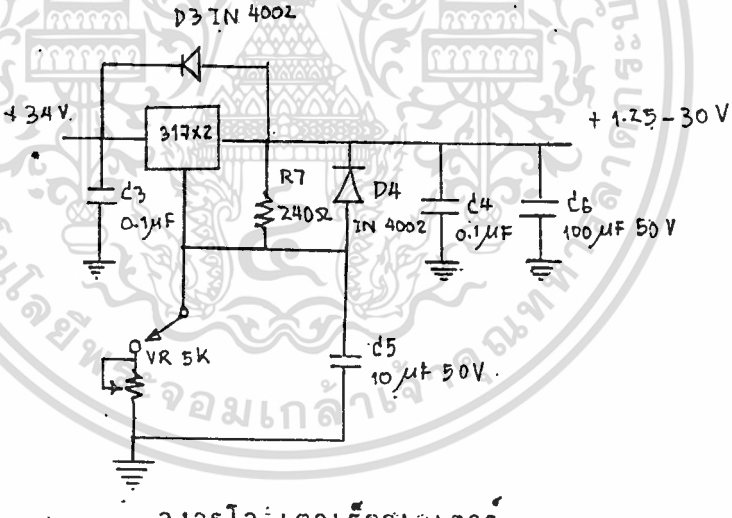
+15V สำหรับ ขับดี.ซี.มอเตอร์

+24V สำหรับ ขับสเตปปิ้งมอเตอร์และรีเลย์

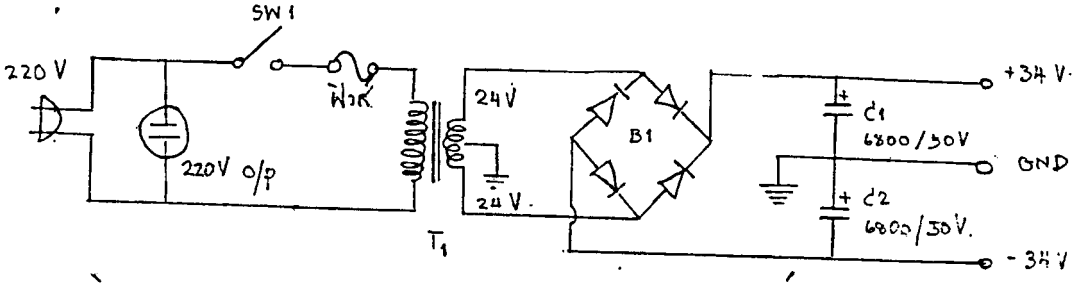
แหล่งจ่ายไฟที่ใช้นี้ เราจะใช้ไอซี.เร็คกูเลเตอร์(IC.Regulator) เป็นตัวควบคุมแรงดันให้คงที่ ดังมีลักษณะวงจรดังรูปข้างล่าง



วงจรโวลเตจเร็คกูเรเตอร์



วงจรโวลเตจเร็คกูเลเตอร์

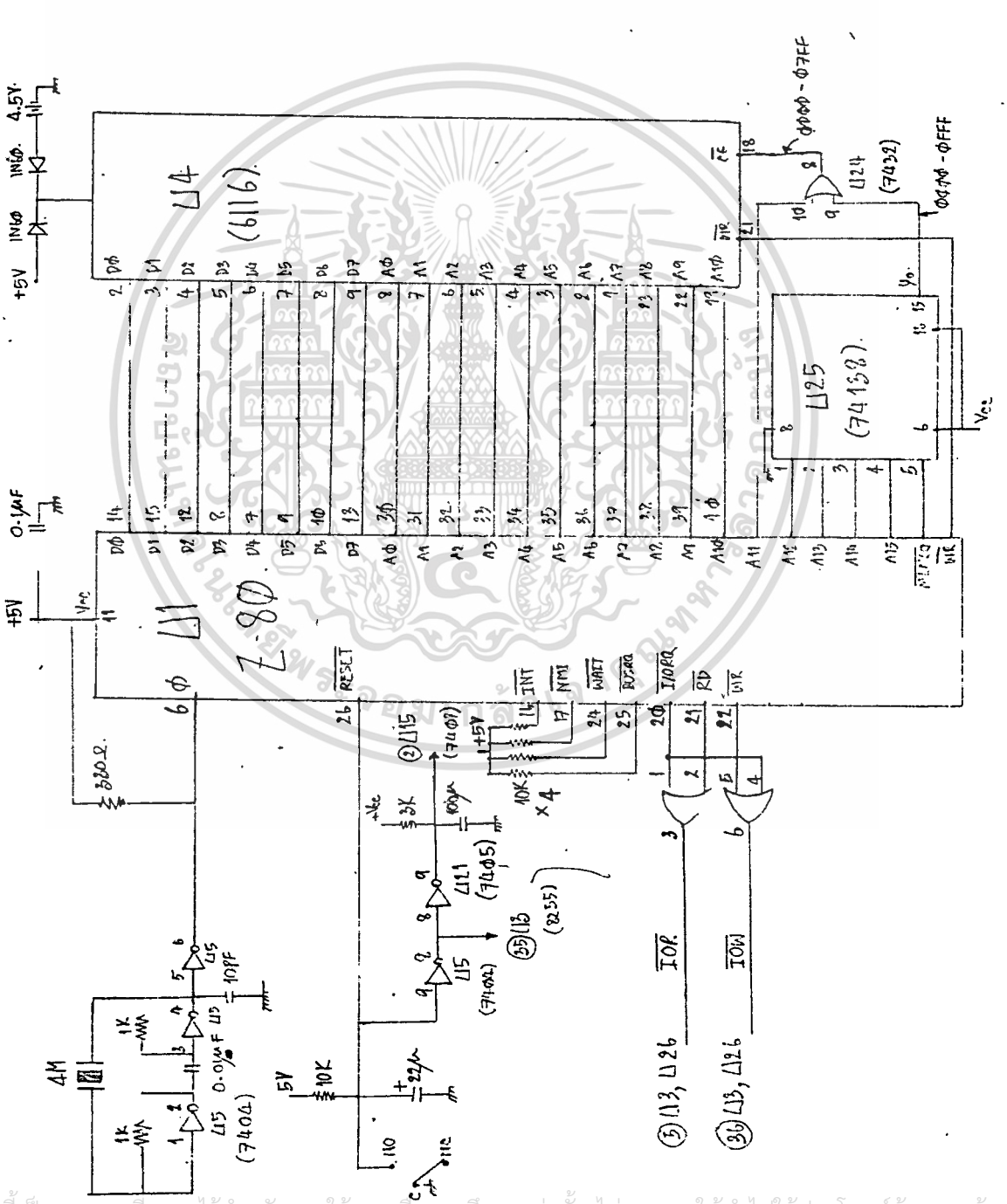


แสดงภาคเร็คติฟายร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

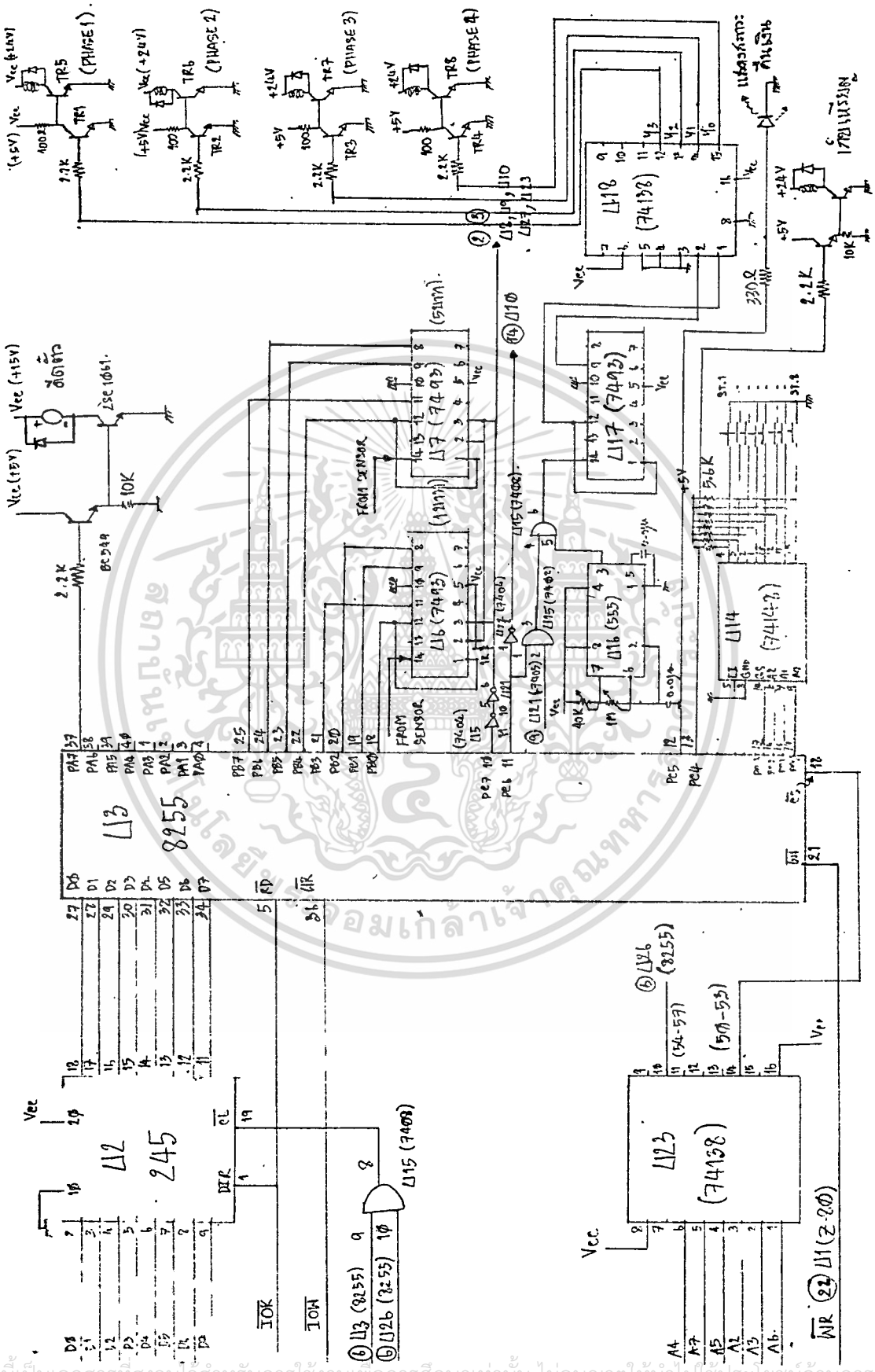
รูปที่ 1

วงจรเชื่อมต่อ ซีพียู กับ หน่วยความจำ



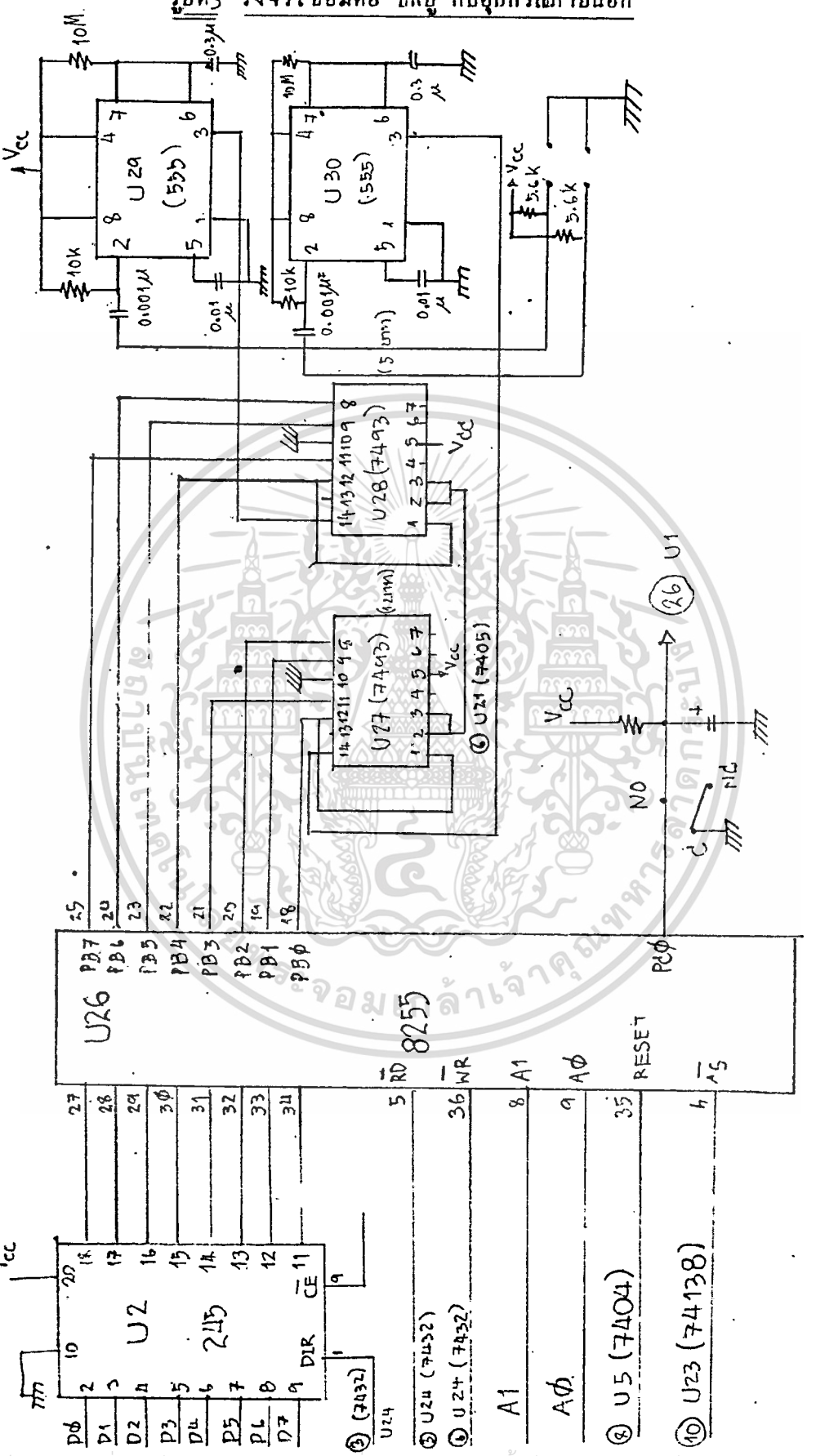
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่2 วงจรเชื่อมต่อ ซีพียู กับอุปกรณ์ภายนอก



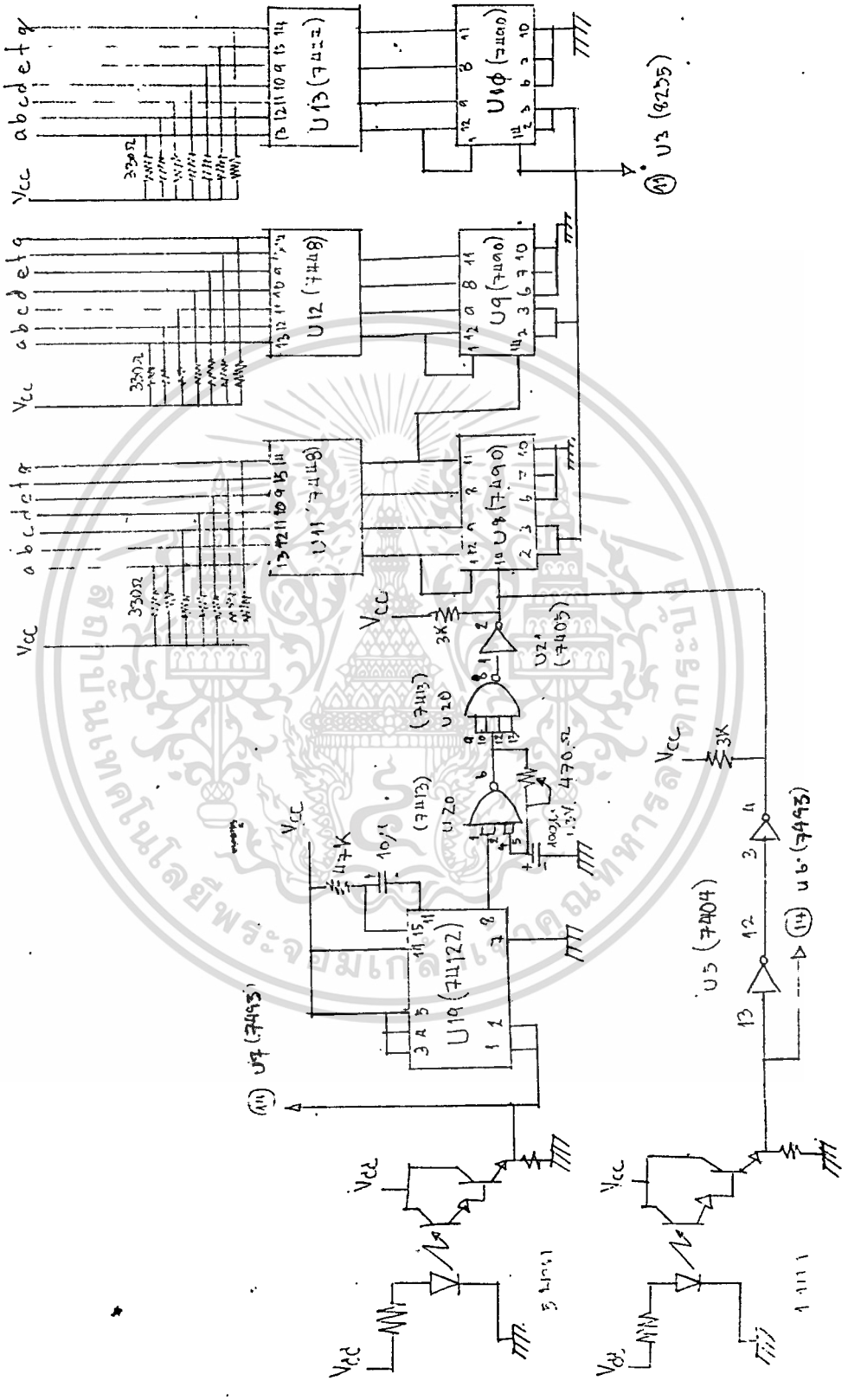
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3 วงจรเชื่อมต่อ ซีพียู กับอุปกรณ์ภายนอก



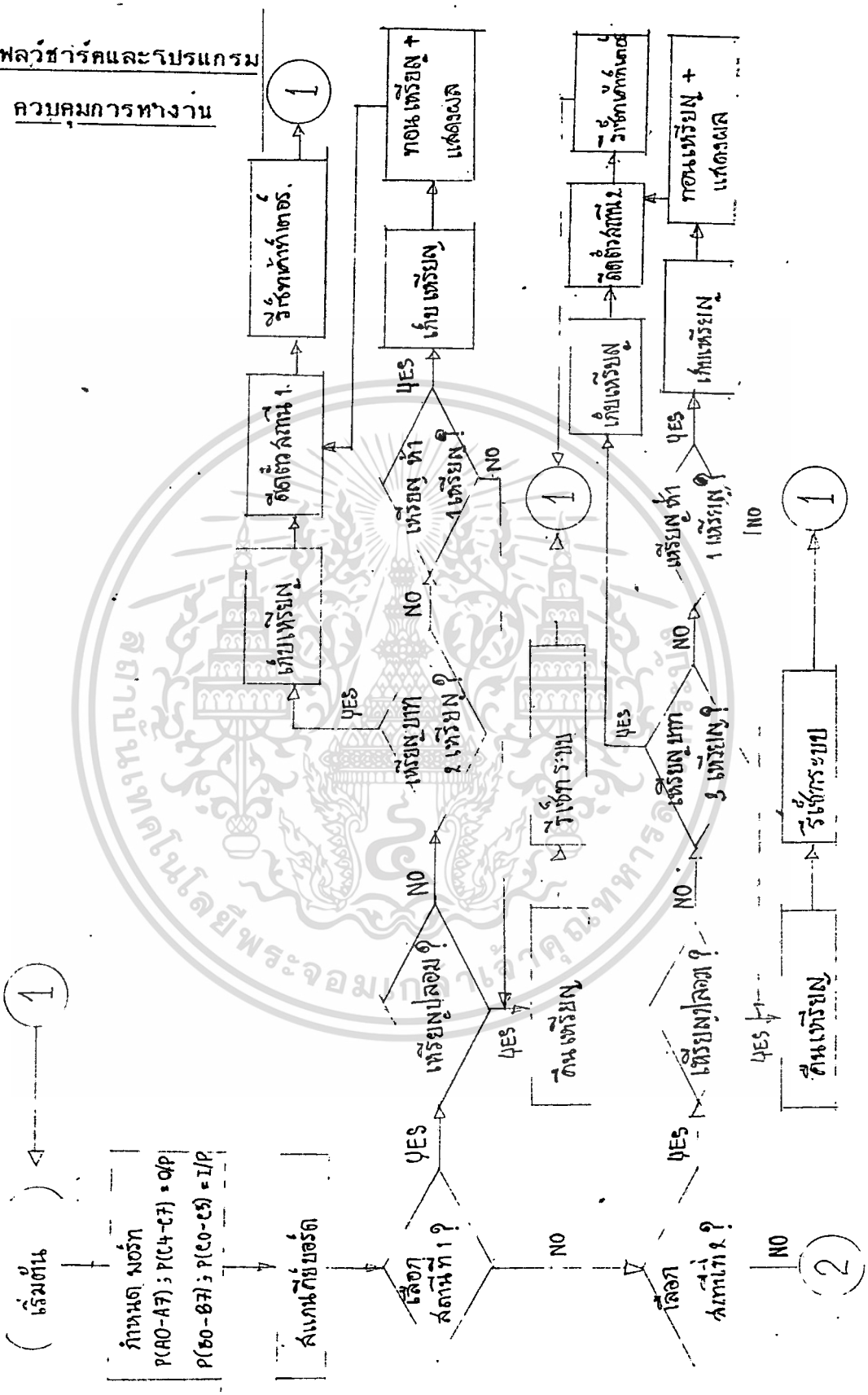
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่4 วงจรแสดงผล การหยอดเหรียญและเงินทอน

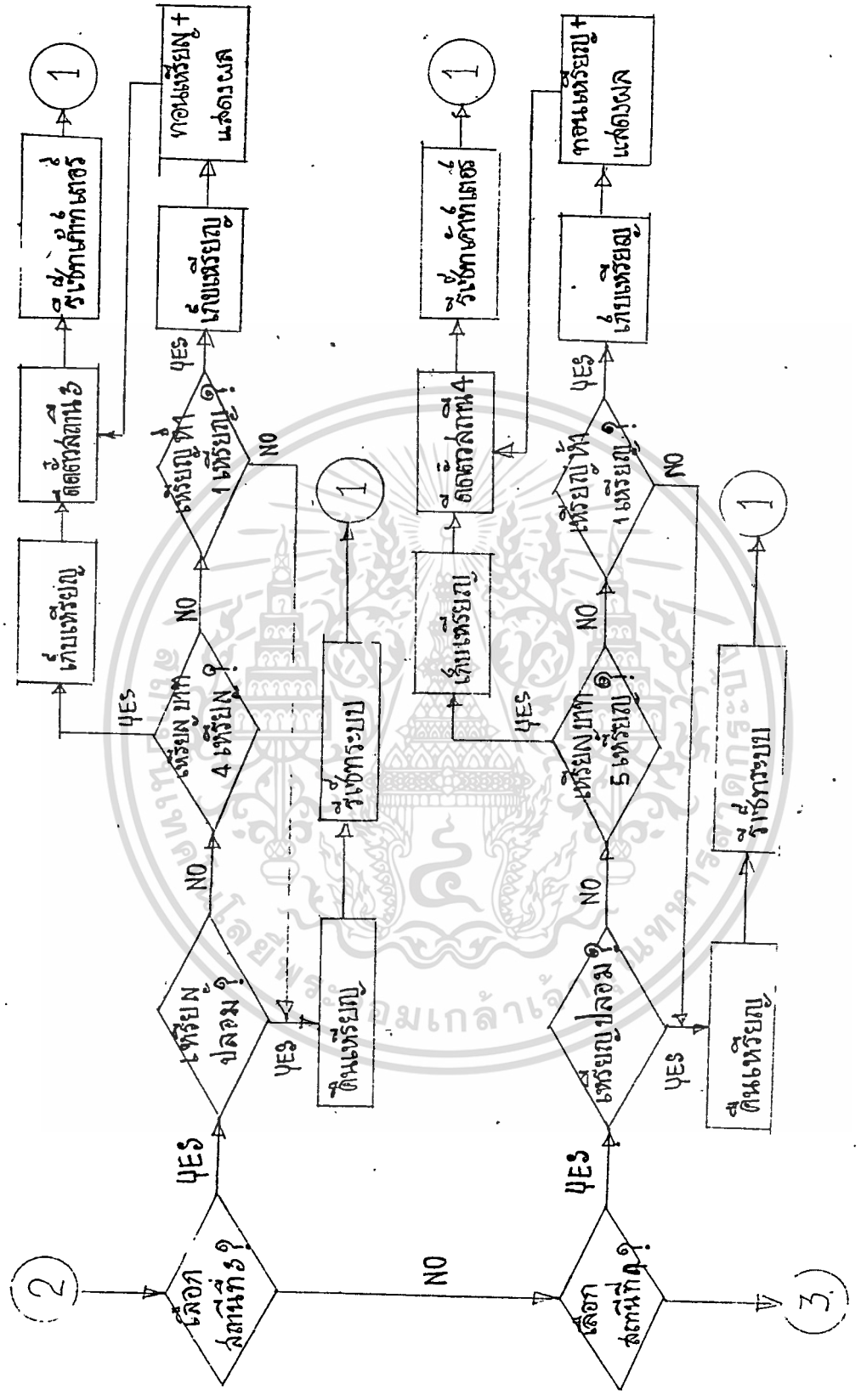


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

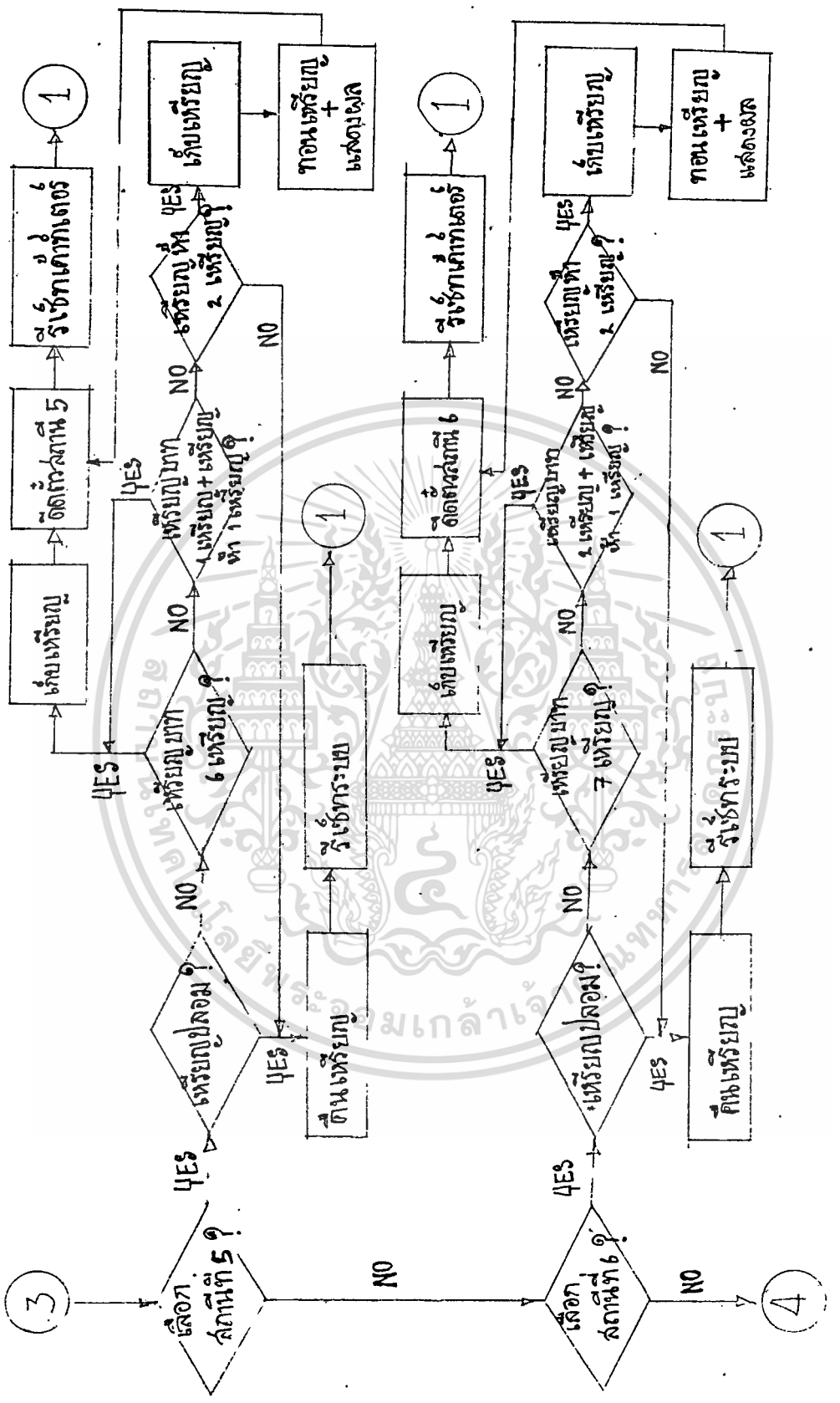
3.6 โฟลว์ชาร์ตและโปรแกรมควบคุมการทำงาน



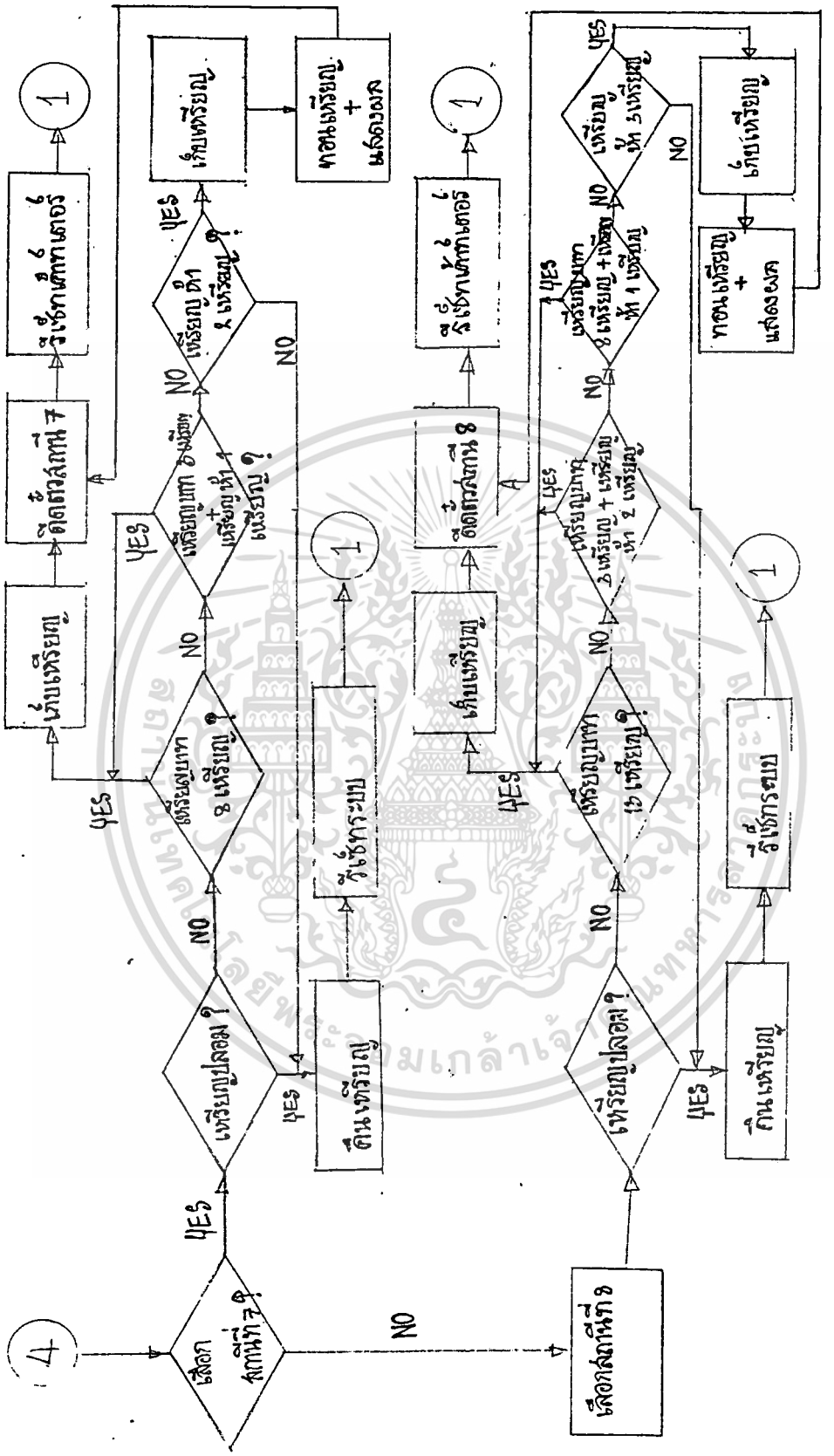
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        ;*****************************
                        ;TRAIN TICKET SELLER PROGRAM
                        ;*****************************
                        ;-----------------------------
                        ;ROUTINE FOR SET PORTS OF 8255
                        ;AND SCAN KEYBOARD-FOR CHOSEN ST.
                        ;-----------------------------
0000  3E 83             LD A,83          ;SET P(A)+P(C4-C7)
0002  D3 53             OUT (53),A       ;=OUTPUT,P(B)+P(CO
0004  D3 57             OUT (57),A       ;-C3)=INPUT
0006  DB 52       ON:   IN A,(52)        ;READ DATA-P(B)
0008  E6 0F             AND 0F           ;NEGLECT 4 MSB
000A  FE 0F             CP 0F            ;TEST KEY PRESSED
000C  CA 06 00          JP Z,ON
000F  DD 21 E0 01       LD IX,01E0H      ;SET SP.
0013  DD F9             LD SP,IX
0015  FE 00             CP 00H           ;TEST ST.1 CHOSEN
0017  CA 3D 00          JP Z,S1
001A  FE 01             CP 01H           ;TEST ST.2 CHOSEN
001C  CA 53 00          JP Z,S2
001F  FE 01             CP 02H           ;TEST ST.3 CHOSEN
0021  CA 69 00          JP Z,S3
0024  FE 03             CP 03H           ;TEST ST.4 CHOSEN
0026  CA 7F 00          JP Z,S4
0029  FE 04             CP 04H           ;TEST ST.5 CHOSEN
002B  CA 95 00          JP Z,S5
002E  FE 05             CP 05H           ;TEST ST.6 CHOSEN
0030  CA B0 00          JP Z,S6
0033  FE 06             CP 06H           ;TEST ST.7 CHOSEN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0035  CA CB 00          JP Z,S7
0038  FE 07             CP 07H          ;TEST ST.8 CHOSEN
003A  CA E6 00          JP Z,S8
003D   DB 51      S1:   IN A,(51)       ;READ NO. OF COIN
                                        ;FROM U3(8255)
003F  47                LD B,A
0040  DB 55             IN A,(55)       ;READ NO. OF COIN
                                        ;FROM U26(8255)
0042  B8                CP B            ;COMPARE TO CHECK
                                        ;METAL COIN
0043  C2 AB 01          JP NZ,RESET1    ;UNMETAL-GO RESET1
0046  FE 02             CP 02H          ;TEST 2 COINS?
0048  CA 06 01          JP Z,T1         ;YES-EJECT TICKET
004B  FE 10             CP 10H          ;NO-5 BAHT COIN?
004D  C2 AB 01          JP NZ,RESET1    ;NO-GO RESET1
0050  C3 2E 01          JP K1           ,YES-GO K1
0053  DB 51      S2:   IN A,(51)       ;TEST METAL COIN
0055  47                LD B,A
0056  DB 55             IN A,(55)
0058  B8                CP B
0059  C2 AB 01          JP NZ,RESET1    ;UNMETAL-GO RESET1
005C  FE 03             CP 03H          ;TEST 3 COINS ?
005E  CA 0B 01          JP Z,T2         ;YES-EJECT TICKET
0061  FE 10             CP 10H          ;NO-5 BAHT COIN?
0063  C2 AB 01          JP NZ,RESET1    ;NO-GO RESET1
0066  C3 34 01          JP K2           ;YES-GO K2
0069  DB 51      S3:   IN A,(51)       ;TEST METAL COIN
006B  47                LD B,A
006C  DB 55             IN A,(55)
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
006E  B8              CP B
006F  C2 AB 01        JP NZ,EESET1     ;UNMETAL-GO RESET1
0072  FE 04           CP 04H           ;TEST 4 COINS?
0074  CA 10 01        JP Z,T3          ;YES-EJECT TICKET
0077  FE 10           CP 10H           ;NO-5 BAHT COIN?
0079  C2 AB 01        JP NZ,RESET1     ;NO-GO RESET1
007C  C3 3A 01        JP K3            ;YES-GO K3
007F  DB 51     S4:   IN A,(51)        ;TEST METAL COIN
0081  47              LD B,A
0082  DB 55           IN A,(55)
0084  B8              CP B
0085  C2 AB 01        JP NZ,RESET1     ;UNMETAL-GO RESET1
0088  FE 05           CP 05H           ;TEST 5 COINS?
008A  CA 15 01        JP Z,T4          ;YES-EJECT TICKET
008D  FE 10           CP 10H           ;NO-5 BAHT COIN?
008F  C2 AB 01        JP NZ,RESET1     ;NO-GO RESET1
0092  C3 15 01        JP T4            ;YES-EJECT TICKET
0095  DB 51     S5:   IN A,(51)        ;TEST METAL COIN
0097  47              LD B,A
0098  DB 55           IN A,(55)
009A  B8              CP B
009B  C2 AB 01        JP NZ,RESET1     ;UNMETAL-GO RESET1
009E  FE 06           CP 06H           ;TEST 6 COINS?
00A0  CA 1A 01        JP Z,T5          ;YES-EJECT TICKET
00A3  FE 11           CP 11H           ;NO- 5 BAHT AND 1
                                       ;BAHT COIN?
00A5  CA 1A 01        JP Z,T5          ;YES-EJECT TICKET
00A8  FE 20           CP 20H           ;NO-TWO  5 BAHT
                                       ;COIN?
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
00AA  C2 AB 01          JP NZ,RESET1.     ;NO-GO RESET1
00AD  C3 40 01          JP K4             ;YES-GO K4
00B0  DB 51       S6:   IN A,(51)         ;TEST METAL COIN
00B2  47                LD B,A
00B3  DB 55             IN A,(55)
00B5  B8                CP B
00B6  C2 AB 01          JP NZ,RESET1      ;UNMETAL-GO RESET1
00B9  FE 07             CP 07H            ;TEST 7 COINS?
00BB  CA 1F 01          JP Z,T6           ;YES-EJECT TICKET
00BE  FE 12             CP 12H            ;NO-5 BAHT AND 2
                                          ;COINS?
00C0  CA 1F 01          JP Z,T6           ;YES-EJECT TICKET
00C3  FE 20             CP 20H            ;NO-TWO 5 BAHT
                                          ;COINS?
00C5  C2 AB 01          JP NZ,RESET1      ;NO-GO RESET1
00C8  C3 46 01          JP K5             ;YES-GO K5
00CB  DB 51       S7:   IN A,(51)         ;TEST METAL COIN
00CD  47                LD B,A
00CE  DB 55             IN A,(55)
00D0  B8                CP B
00D1  C2 AB 01          JP NZ,RESET1      ;UNMETAL-GO RESET1
00D4  FE 08             CP 08H            ;TEST 8 COINS?
00D6  CA 24 01          JP Z,T7           ;YES-EJECT TICKET
00D9  FE 13             CP 13H            ;NO-5 BAHT AND 3
                                          ;COINS?
00DB  CA 24 01          JP Z,T7           ;YES-EJECT TICKET
00DE  FE 20             CP 20H            ;NO-TWO 5 BAHT
                                          ;COIN?
00E0  C2 AB 01          JP NZ,RESET1      ;NO-GO RESET1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
00E3  C3 4C 01          JP K6             ;YES-GO K6
00E6  DB 51       S8:   IN A,(51)         ;TEST METAL COIN
N00E8  47               LD B;A
00E9  DB 55             IN A,(55)
00EB  B8                CP B
00EC  C2 AB 01          JP NZ,RESET1      ;UNMETAL-GO RESET1
00EF  FE 0D             CP 0DH            ;TEST 13 COINS?
00F1  CA 29 01          JP Z,T8           ;YES-EJECT TICKET
00F4  FE 23             CP 23H            ;NQ-TWO 5 BAHT AND
                                          ;3 COINS?
00F6  CA 29 01          JP Z,T8           ;YES-EJECT TICKET
00F9   FE  18           CP 18H            ;NO-5  BAHT AND
                                          ;8 COINS?
00FB  CA 29 01          JP Z,T8           ;YES-EJECT TICKET
00FE  FE 30             CP 30H            ;NO-THREE 5 BAHT
                                          ;COINS?
0100  C2 AB 01          JP NZ,RESET1      ;NO-GO RESET1
0103  C3 52 01          JP K7             ;YES-GO K7
                        ;-----------------------------------
                        ;RUOTINE  FOR  EJECT TICKET AT ANY
                        ;STATION
                        ;-----------------------------------
0106  3E 01       T1:   LD A,01H          ;EJECT TICKET ST.1
0108  C3 58 01          JP P
010B  3E 02       T2:   LD A,02H          ;EJECT TICKET ST.2
010D  C3 58 01          JP P
0110  3E 04        T3:  LD A,04H          ;EJECT TICKET ST.3
0112  C3 58 01          JP P
0115  3E 08       T4:   LD A,08H          ;EJECT TICKET ST.4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
0117  C3 58 01          JP P
011A  3E 10       T5:   LD A,10H          ;EJECT TICKET ST.5
011C  C3 58 01          JP P.
011F  3E 20       T6:   LD A,20H          ;EJECT TICKET ST.6
0121  C3 58 01          JP P
0124  3E 40       T7:   LD A,40H          ;EJECT TICKET ST.7
0126  C3 58 01          JP P
0129  3E 80       T8:   LD A,80H          ;EJECT TICKET ST.8
012B  C3 58 01          JP P
                        ;-------------------------------
                        ;ROUTINE TO GIVE THE CHANGE AND
                        ;EJECT TICKET
                        ;-------------------------------
012E  CD 6E 01    K1:   CALL C3           ;3 COIN CHANGE
0131  C3 06 01          JP T1             ;EJECT TICKET ST.1
0134  CD 78 01    K2:   CALL C2           ;2 COIN CHANGE
0137  C3 0B 01          JP T2             ;EJECT TICKET ST.2
013A  CD 82 01    K3:   CALL C1           ;1 COIN CHANGE
013D  C3 10 01          JP T3             ;EJECT TICKET ST.3
0140  CD 64 01    K4:   CALL C4           ;4 COIN CHANGE
0143  C3 1A 01          JP T5             ;EJECT TICKET ST.5
0146  CD 6E 01    K5:   CALL C3           ;3 COIN CHANGE
0149  C3 1F 01          JP T6             ;EJECT TICKET ST.6
014C  CD 78 01    K6:   CALL C2           ;2 COIN CHANGE
014F  C3 24 01          JP T7             ;EJECT TICKET ST.7
0152  CD 78 01    K7:   CALL C2           ;2 COIN CHANGE
0155  C3 29 01          JP T8             ;EJECT TICKET ST.8
                        ;-------------------------------
                        ;ROUTINE TO PRODUCE PULSE FOR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                        ;EJECTING TICKET
                        ;-------------------------------
0158  D3 50       P:    OUT (50),A        ;PRODUCE PULSE FOR
015A  CD 9F 01          CALL DELAY        ;ANY BIT OF P(A)
015D  3E 00             LD A,00H
015F  D3 50             OUT (50),A
0161  C3 B9 01          JP RESET
                        ;-----------------------------
                        ;ROUTINE TO GIVE ANY CHANGE
                        ;-----------------------------
0164  E6 0F       C4:   AND 0FH           ;GIVING 4 COIN-
0166  D3 52             OUT (52),A        ;CHANGE
0168  16 04             LD,04H
016A  CD 8C 01          CALL HLP1
016D  C9                RET
016E  E6 0F       C3:   AND 0FH           ;GIVING 3 COIN-
0170  D3 52             OUT (52),A        ;CHANGE
0172  16 03             LD D,03H
0174  CD 8C 01          CALL HLP1
0177  C9                RET
0178  E6 0F       C2:   AND 0FH           ;GIVING 2 COIN-
017A  D3 52             OUT (52),A        ;CHANGE
017C  16 02             LD D,02H
017E  CD 8C 01          CALL HLP1
0181  C9                RET
0182  E6 0F       C1:   AND 0FH           ;GIVING 1 COIN-
0184  D3 52             OUT (52),A        ;CHANGE
0186  16 01             LD D,01H
0188  CD 8C 01          CALL HLP1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
018B  C9                  RET
                          ;SUBROUTINE FOR CHANGING COIN
018C  00          HLP1 :  NOP               ;USE BIT 6 OF
018D  3E 4F       LOOP1:  LD A,4FH          ;8255 (U3)TO GIVE
018F  D3 52               OUT (52),A        ;COIN CHANGE
0191  CD 9F 01            CALL DELAY
0194  3E OF               LD A,OFH
0196  D3 52               OUT (52),A
0198  CD 9F 01            CALL DELAY
019B  15                  DEC D
019C  20 EF               JR NZ,LOOP1
019E  C9                  RET
                          ;-------------------------
                          ;ROUTINE TO DELAY PULSE
                          ;-------------------------
019F  C5          DELAY:  PUSH BC
01A0  01 FFFF             LD BC,OFFFFH
01A3  OD          LOOP2:  DEC C
01A4  20 FD               JR NZ,LOOP2
01A6  05                  DEC B
01A7  20 FA               JR NZ,LOOP2
01A9  C1                  POP BC
01AA  C9                  RET
                          ;-----------------------------
                          ;ROUTINE TO RESET COUNTER AND
                          ;RETURN COIN
                          ;-----------------------------
01AB  3E AF     RESET1:   LD A,AFH          ;BIT 7 TO RESET
01AD  D3 52               OUT (52),A        ;COUNTER
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
01AF  CD 9F 01          CALL DELAY
01B2  3E 07             LD A,07H
01B4  D3 52             OUT (52),A
01B6  C3 C7 01          JP TEST
                        ;-----------------------------------
                        ;ROUTINE TO KEEP USER COIN AND
                        ;RESET COUNTER
                        ;-----------------------------------
01B9  3E 9F    RESET:   LD A,9FH          ;BIT 7 TO RESET
01BB   D3  52           OUT  (52),A       ;BIT 4 TO KEEP
01BD  CD 9F 01          CALL DELAY        ;USER COIN
01C0  3E 0F             LD A,0FH
01C2  D3 52             OUT (52),A
01C4  C3 00 00          JP 0000H
                        ;-----------------------------------
                        ;ROUTINE TEST FOR RETURNED COIN
                        ;-----------------------------------
01C7  DB 56    TEST:    IN A,(56)         ;CHECK RETURNED
                        ;COIN
01C9  CB 47             BIT 0,A           ;USE BIT 0(U26)
                        ;TO CHECK
01CB  C2 C7 01          JP NZ,TEST
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

ในโครงงานนี้ เราจะกำหนดให้ จำนวนเงินที่ใช้สำหรับการซื้อตั๋วในแต่ละสถานีเป็นดังนี้

สถานีที่	1	ตั๋วราคา	2 บาท
	2		3
	3		4
	4		5
	5		6
	6		7
	7		8
	8		13

(สมมุติราคาตามสถานีเดินรถไฟ สายตะวันออก ซึ่งผ่านสถานีพระจอมเกล้า)

รูปแบบต่าง ๆ ของการทอนเหรียญในการซื้อตั๋ว

เราจะทดลองการเลือกซื้อตั๋ว ณ สถานีที่2(3บาท) เพียงสถานีเดียว โดยมีการทอนเหรียญในลักษณะต่าง ๆ

1. รูปแบบปกติ มีลักษณะคือ

1.1 ทอนเหรียญบาท 3 เหรียญ จะมีผลทดลองดังต่อไปนี้

-ส่วนแสดงจำนวนเงินทอน แสดงเป็นตัวเลข "3"

-โซลินอยด์ดึงเงินเข้าเก็บไว้ในเครื่อง

-ส่วนแสดงจำนวนเงินทอน แสดงเป็นตัวเลข"0" เหมือนเดิม

-ไม่มีการทอนเงินใด ๆ

-เครื่องจะจ่ายตั๋ว ณ สถานีที่ 2(3บาท) ออกมา

-ส่วนแสดงจำนวนเงินทอนเปลี่ยนกลับไปเป็น"0" เหมือนเดิม

1.2 ทอนเหรียญห้า 1 เหรียญ จะมีผลทดลองดังต่อไปนี้

-ส่วนแสดงจำนวนเงินทอน แสดงเป็นตัวเลข "5"

-โซลินอยด์ดึงเงินเข้าเก็บไว้ในเครื่อง

-ส่วนแสดงจำนวนเงินทอน แสดงเป็นตัวเลข"2"

-มีการทอนเหรียญบาทออกมา 2 เหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

-เครื่องจะจ่ายตั๋ว ณ.สถานีที่ 2(3บาท) ออกมา

-ส่วนแสดงจำนวนเงินหยอดเปลี่ยนกลับไปเป็น"0"เหมือนเดิม

-ส่วนแสดงจำนวนเงินทอน เปลี่ยนกลับไปเป็น"0"เหมือนเดิม

2. <u>รูปแบบผิดปกติ</u> มีลักษณะคือ

2.1 หยอดเงินน้อยกว่าปกติ (เช่นหยอด2บาท)

-ส่วนแสดงจำนวนเงินหยอด แสดงเป็นตัวเลข "2"

-หลอดLED จะสว่างเตือนให้มีการเอาเงินคืนออกไป

-ส่วนเก็บเงิน, ส่วนทอนเงิน และส่วนจ่ายตั๋วไม่ทำงาน

-ส่วนแสดงจำนวนเงินหยอดเปลี่ยนกลับไปเป็น"0"เหมือนเดิม

-เครื่องจะไม่ทำงานใดๆทั้งสิ้น จนกว่าจะมีการเอาเงินคืน

2.2 หยอดเงินผิดปกติ (เช่นหยอด4บาท)

-ส่วนแสดงจำนวนเงินหยอด แสดงเป็นตัวเลข "4"

-หลอดLED จะสว่างเตือนให้มีการเอาเงินคืนออกไป

-ส่วนเก็บเงิน, ส่วนทอนเงิน และส่วนจ่ายตั๋วไม่ทำงาน

-ส่วนแสดงจำนวนเงินหยอดเปลี่ยนกลับไปเป็น"0"เหมือนเดิม

-เครื่องจะไม่ทำงานใดๆทั้งสิ้น จนกว่าจะมีการเอาเงินคืน

จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่า ส่วนต่าง ๆ ของวงจร และส่วนทางด้านกลศาสตร์ที่ประกอบกันขึ้นเป็นเครื่องขายตั๋ว สามารถทำงานได้ถูกต้องตามที่ต้องการ คือ สามารถแสดงจำนวนเงินหยอด, แสดงจำนวนเงินทอน, เก็บเงิน, ทอนเงิน, คืนเงิน, และจ่ายตั๋ว ได้อย่างถูกต้องและ สอดคล้องกับความเป็นจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์

เราสามารถที่จะนำ เครื่องขายตั๋วรถไฟที่สร้างขึ้นมานี้ ไปประยุกต์ใช้กับงานขายได้จริง นอกจากจะสามารถขายตั๋วรถไฟได้แล้ว ยังสามารถนำไปใช้ ขายบัตรผ่านประตูต่าง ๆ รวมทั้ง นำไปประยุกต์ใช้กับ การขายตั๋วรถไฟฟ้า ซึ่งจะเป็นระบบการคมนาคมขนส่ง ที่จะเกิดขึ้นในอนาคตอันใกล้นี้ได้เป็นอย่างดีด้วย

อนึ่ง เราสามารถนำเครื่องขายตั๋วนี้ ไปขายได้กับรถไฟ ทุกสถานี, ทุกขบวนและทุกสาย โดยการเปลี่ยนตัวเลขในโปรแกรม ให้สอดคล้องกับราคาตั๋วในแต่ละสถานี และการใช้งานขายดังกล่าว ถ้าหากมีการนำไปใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ

1. ส่วนปั๊มวันที่และขบวน
2. ส่วนเคือนบัตรหมด
3. ส่วนตรวจเช็คเหรียญปลอม
4. เครื่องแลกเงิน (สามารถแลกแบงค์เป็นเหรียญได้) แล้ว

ก็จะทำให้ เครื่องขายตั๋วที่สร้างขึ้นมานี้ มีความถูกต้อง, สะดวก, ประหยัด, แม่นยำและมีประสิทธิภาพมาก สามารถใช้แทนการขายโดยพนักงานขายได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

คุณลักษณะทางไฟฟ้าของซีพียู Z-80

Absolute Maximum Ratings

Temperature Under Bias	Specified operating range.
Storage Temperature	-65°C to +150°C
Voltage On Any Pin with Respect to Ground	-0.3V to +7V
Power Dissipation	1.5W

*Comment

Stresses above those listed under "Absolute Maximum Rating" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other condition above those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

Note. For Z80-CPU all AC and DC characteristics remain the same for the military grade parts except I_{CC}

I_{CC} = 200 mA

Z80-CPU D.C. Characteristics

T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = 5V ± 5% unless otherwise specified

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Test Condition
V_{ILC}	Clock Input Low Voltage	-0.3		0.45	V	
V_{IHC}	Clock Input High Voltage	V_{CC} -.6		V_{CC}+.3	V	
V_{IL}	Input Low Voltage	-0.3		0.8	V	
V_{IH}	Input High Voltage	2.0		V_{CC}	V	
V_{OL}	Output Low Voltage			0.4	V	I_{OL}=1.8mA
V_{OH}	Output High Voltage	2.4			V	I_{OH} = -250μA
I_{CC}	Power Supply Current			150	mA	
I_{LI}	Input Leakage Current			10	μA	V_{IN}=0 to V_{CC}
I_{LOH}	Tri-State Output Leakage Current in Float			10	μA	V_{OUT}=2.4 to V_{CC}
I_{LOL}	Tri-State Output Leakage Current in Float			-10	μA	V_{OUT}=0.4V
I_{LD}	Data Bus Leakage Current in Input Mode			±10	μA	$0 \leq V_{IN} \leq V_{CC}$

Capacitance

T_A = 25°C, f = 1 MHz,
unmeasured pins returned to ground

Symbol	Parameter	Max.	Unit
C_ϕ	Clock Capacitance	35	pF
C_{IN}	Input Capacitance	5	pF
C_{OUT}	Output Capacitance	10	pF

Z80-CPU Ordering Information

C – Ceramic
P – Plastic
S – Standard 5V ±5% 0° to 70°C
E – Extended 5V ±5% -40° to 85°C
M – Military 5V ±10% -55° to 125°C

Z80A-CPU D.C. Characteristics

T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = 5V ± 5%, unless otherwise specified

Symbol	Parameter	Min.	Typ.	Max.	Unit	Test Condition
V_{ILC}	Clock Input Low Voltage	-0.3		0.45	V	
V_{IHC}	Clock Input High Voltage	V_{CC} -.6		V_{CC}+.3	V	
V_{IL}	Input Low Voltage	-0.3		0.8	V	
V_{IH}	Input High Voltage	2.0		V_{CC}	V	
V_{OL}	Output Low Voltage			0.4	V	I_{OL}=1.8mA
V_{OH}	Output High Voltage	2.4			V	I_{OH} = -250μA
I_{CC}	Power Supply Current		90	200	mA	
I_{LI}	Input Leakage Current			10	μA	V_{IN}=0 to V_{CC}
I_{LOH}	Tri-State Output Leakage Current in Float			10	μA	V_{OUT}=2.4 to V_{CC}
I_{LOL}	Tri-State Output Leakage Current in Float			-10	μA	V_{OUT}=0.4V
I_{LD}	Data Bus Leakage Current in Input Mode			±10	μA	$0 \leq V_{IN} \leq V_{CC}$

Capacitance

T_A = 25°C, f = 1 MHz,
unmeasured pins returned to ground

Symbol	Parameter	Max.	Unit
C_ϕ	Clock Capacitance	35	pF
C_{IN}	Input Capacitance	5	pF
C_{OUT}	Output Capacitance	10	pF

Z80A-CPU Ordering Information

C – Ceramic
P – Plastic
S – Standard 5V ±5% 0° to 70°C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T_A = 0°C to 70°C, V_{CC} = +5V ± 5%, Unless Otherwise Noted.

Signal	Symbol	Parameter	Min	Max	Unit	Test Condition	
Φ	t_c	Clock Period	4	[12]	μsec		[12] $t_c = t_{w(\Phi H)} + t_{w(\Phi L)} + t_r + t_f$
	$t_{w(\Phi H)}$	Clock Pulse Width, Clock High	180	[2]	nsec		
	$t_{w(\Phi L)}$	Clock Pulse Width, Clock Low	180	2000	nsec		
	t_r, t_f	Clock Rise and Fall Time		30	nsec		
A_{0-15}	$t_{D(AD)}$	Address Output Delay		145	nsec	C_L = 50pF	
	$t_{F(AD)}$	Delay to Float		110	nsec		
	t_{acm}	Address Stable Prior to MREQ (Memory Cycle)	[1]		nsec		[1] $t_{acm} = t_{w(\Phi H)} + t_f - 75$
	t_{ani}	Address Stable Prior to IORQ, RD or WR (I/O Cycle)	[2]		nsec		[2] $t_{ani} = t_c - 60$
	t_{ca}	Address Stable from RD, WR, IORQ or MREQ	[3]		nsec		[3] $t_{ca} = t_{w(\Phi L)} + t_r - 40$
	t_{caf}	Address Stable From RD or WR During Float	[4]		nsec		[4] $t_{caf} = t_{w(\Phi L)} + t_r - 60$
D_{0-7}	$t_{D(D)}$	Data Output Delay		230	nsec	C_L = 50pF	[5] $t_{dcm} = t_c - 210$
	$t_{F(D)}$	Delay to Float During Write Cycle		90	nsec		[6] $t_{dci} = t_{w(\Phi L)} + t_r - 210$
	$t_{sD(D)}$	Data Setup Time to Rising Edge of Clock During M1 Cycle	50		nsec		[7] $t_{cdf} = t_{w(\Phi L)} + t_r - 60$
	$t_{sD(D)}$	Data Setup Time to Falling Edge of Clock During M2 to M5	60		nsec		
	t_{dcm}	Data Stable Prior to WR (Memory Cycle)	[5]		nsec		[8] $t_{w(MRL)} = t_c - 40$
	t_{dci}	Data Stable Prior to WR (I/O Cycle)	[6]		nsec		[9] $t_{w(MRH)} = t_{w(\Phi H)} + t_r - 30$
	t_{cdf}	Data Stable From WR	[7]		nsec		
	t_{ht}	Any Hold Time for Setup Time	0		nsec		
MREQ	$t_{D(L\downarrow)(MR)}$	MREQ Delay From Falling Edge of Clock, MREQ Low		100	nsec	C_L = 50pF	
	$t_{D(H)(MR)}$	MREQ Delay From Rising Edge of Clock, MREQ High		100	nsec		
	$t_{D(H)(MR)}$	MREQ Delay From Falling Edge of Clock, MREQ High		100	nsec		
	t_w (MRL)	Pulse Width, MREQ Low	[8]		nsec		
	t_w (MRH)	Pulse Width, MREQ High	[9]		nsec		
IORQ	$t_{D(L)(IR)}$	IORQ Delay From Rising Edge of Clock, IORQ Low		90	nsec	C_L = 50pF	
	$t_{D(L\downarrow)(IR)}$	IORQ Delay From Falling Edge of Clock, IORQ Low		110	nsec		
	$t_{D(H)(IR)}$	IORQ Delay From Rising Edge of Clock, IORQ High		100	nsec		
	$t_{D(H\downarrow)(IR)}$	IORQ Delay From Falling Edge of Clock, IORQ High		110	nsec		
RD	$t_{D(L)(RD)}$	RD Delay From Rising Edge of Clock, RD Low		100	nsec	C_L = 50pF	
	$t_{D(L\downarrow)(RD)}$	RD Delay From Falling Edge of Clock, RD Low		130	nsec		
	$t_{D(H)(RD)}$	RD Delay From Rising Edge of Clock, RD High		100	nsec		
	$t_{D(H\downarrow)(RD)}$	RD Delay From Falling Edge of Clock, RD High		110	nsec		
WR	$t_{D(L)(WR)}$	WR Delay From Rising Edge of Clock, WR Low		80	nsec	C_L = 50pF	
	$t_{D(L\downarrow)(WR)}$	WR Delay From Falling Edge of Clock, WR Low		90	nsec		
	$t_{D(H)(WR)}$	WR Delay From Falling Edge of Clock, WR High		100	nsec		
	t_w (WRL)	Pulse Width, WR Low	[10]		nsec		[10] $t_{w(WRL)} = t_c - 40$
M1	$t_{D(L)(M1)}$	M1 Delay From Rising Edge of Clock, M1 Low		130	nsec	C_L = 50pF	
	$t_{D(H)(M1)}$	M1 Delay From Rising Edge of Clock, M1 High		130	nsec		
RFSH	$t_{D(L)(RF)}$	RFSH Delay From Rising Edge of Clock, RFSH Low		180	nsec	C_L = 50pF	
	$t_{D(H)(RF)}$	RFSH Delay From Rising Edge of Clock, RFSH High		150	nsec		
WAIT	t_s (WT)	WAIT Setup Time to Falling Edge of Clock	70		nsec		
WAIT	$t_{D(WT)}$	WAIT Delay Time From Falling Edge of Clock		300	nsec	C_L = 50pF	
INT	t_s (IT)	INT Setup Time to Rising Edge of Clock	80		nsec		
NMI	$t_{w(NML)}$	Pulse Width, NMI Low	80		nsec		
BUSRQ	t_s (BQ)	BUSRQ Setup Time to Rising Edge of Clock	80		nsec		
HALT	$t_{DL(HA)}$	HALT Delay From Rising Edge of Clock, HALT Low		120	nsec	C_L = 50pF	
	$t_{DH(HA)}$	HALT Delay From Falling Edge of Clock, HALT High		110	nsec		
RESET	t_s (RS)	RESET Setup Time to Rising Edge of Clock	90		nsec		
	$t_{F(C)}$	Delay to Float (MREQ, IORQ, RD and WR)		100	nsec		
	t_{mr}	M1 Stable Prior to IORQ (Interrupt Ack.)	[11]		nsec		[11] $t_{mr} = 3t_c + t_{w(\Phi H)} + t_f - 80$

NOTES:

A. Data should be enabled onto the CPU data bus when RD is active. During interrupt acknowledge data should be enabled when M1 and IORQ are both active.

B. All control signals are internally synchronized, so they may be totally asynchronous with respect to the clock.

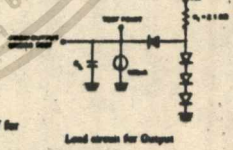
C. The RESET signal must be active for a minimum of 3 clock cycles.

D. Output Delay vs. Loaded Capacitance

T_A = 70°C V_{CC} = +5V ±5%

Add 10nsec delay for each 50pf increase in load up to a maximum of 200pf for the data bus & 100pf for address & control lines

E. Although static by design, testing guarantees $t_{w(\Phi H)}$ of 200 μsec maximum



Load circuit for Output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

T_A = 0°C to 70°C, Vcc = +5V ± 5%, Unless Otherwise Noted.

Signal	Symbol	Parameter	Min	Max	Unit	Test Condition	
Φ	t_c	Clock Period	.25	1121	μsec		[12] $t_c = t_{w(\Phi H)} + t_{w(\Phi L)} + t_r + t_f$
	$t_{w(\Phi H)}$	Clock Pulse Width, Clock High	110	121	nsec		
	$t_{w(\Phi L)}$	Clock Pulse Width, Clock Low	110	5000	nsec		
	t_r, t_f	Clock Rise and Fall Time		10	nsec		
A_{0-15}	$t_{D(AD)}$	Address Output Delay		110	nsec	C_L = 50pf	
	$t_{F(AD)}$	Delay to Float		90	nsec		
	t_{acm}	Address Stable Prior to MREQ (Memory Cycle)	[1]		nsec		[1] $t_{acm} = t_{w(\Phi H)} + t_f - 65$
	t_{aci}	Address Stable Prior to IORQ, RD or WR (I/O Cycle)	[2]		nsec		[2] $t_{aci} = t_c - 70$
	t_{ca}	Address Stable from RD, WR, IORQ or MREQ	[3]		nsec		[3] $t_{ca} = t_{w(\Phi L)} + t_f - 50$
	t_{caf}	Address Stable From RD or WR During Float	[4]		nsec		[4] $t_{caf} = t_{w(\Phi L)} + t_f - 45$
D_{0-7}	$t_{D(D)}$	Data Output Delay		150	nsec	C_L = 50pf	[5] $t_{dcm} = t_c - 170$
	$t_{F(D)}$	Delay to Float During Write Cycle		90	nsec		[6] $t_{dci} = t_{w(\Phi L)} + t_f - 170$
	$t_{S\Phi(D)}$	Data Setup Time to Rising Edge of Clock During M1 Cycle	35		nsec		[7] $t_{cdf} = t_{w(\Phi L)} + t_f - 70$
	$t_{S\overline{\Phi}(D)}$	Data Setup Time to Falling Edge of Clock During M2 to M5	50		nsec		
	t_{dcm}	Data Stable Prior to WR (Memory Cycle)	[5]		nsec		
	t_{dci}	Data Stable Prior to WR (I/O Cycle)	[6]		nsec		
	t_{cdf}	Data Stable From WR	[7]		nsec		
	t_H	Any Hold Time for Setup Time		0	nsec		
MREQ	$t_{DL\overline{\Phi}(MR)}$	MREQ Delay From Falling Edge of Clock, MREQ Low		85	nsec	C_L = 50pF	
	$t_{DH\Phi(MR)}$	MREQ Delay From Rising Edge of Clock, MREQ High		85	nsec		
	$t_{D\overline{H}\overline{\Phi}(MR)}$	MREQ Delay From Falling Edge of Clock, MREQ High		85	nsec		
	$t_w(\overline{MRL})$	Pulse Width, MREQ Low	[8]		nsec		[8] $t_{w(\overline{MRL})} = t_c - 30$
	$t_w(\overline{MRH})$	Pulse Width, MREQ High	[9]		nsec		[9] $t_{w(\overline{MRH})} = t_{w(\Phi H)} + t_f - 20$
IORQ	$t_{DL\Phi(IR)}$	IORQ Delay From Rising Edge of Clock, IORQ Low		75	nsec	C_L = 50pF	
	$t_{DL\overline{\Phi}(IR)}$	IORQ Delay From Falling Edge of Clock, IORQ Low		85	nsec		
	$t_{DH\Phi(IR)}$	IORQ Delay From Rising Edge of Clock, IORQ High		85	nsec		
	$t_{D\overline{H}\overline{\Phi}(IR)}$	IORQ Delay From Falling Edge of Clock, IORQ High		85	nsec		
RD	$t_{DL\Phi(RD)}$	RD Delay From Rising Edge of Clock, RD Low		85	nsec	C_L = 50pF	
	$t_{DL\overline{\Phi}(RD)}$	RD Delay From Falling Edge of Clock, RD Low		95	nsec		
	$t_{DH\Phi(RD)}$	RD Delay From Rising Edge of Clock, RD High		85	nsec		
	$t_{D\overline{H}\overline{\Phi}(RD)}$	RD Delay From Falling Edge of Clock, RD High		85	nsec		
WR	$t_{DL\Phi(WR)}$	WR Delay From Rising Edge of Clock, WR Low		65	nsec	C_L = 50pF	
	$t_{DL\overline{\Phi}(WR)}$	WR Delay From Falling Edge of Clock, WR Low		80	nsec		
	$t_{DH\overline{\Phi}(WR)}$	WR Delay From Falling Edge of Clock, WR High		80	nsec		
	$t_w(\overline{WRL})$	Pulse Width, WR Low	[10]		nsec		[10] $t_{w(\overline{WRL})} = t_c - 30$
M1	$t_{DL(M1)}$	M1 Delay From Rising Edge of Clock, M1 Low		100	nsec	C_L = 50pF	
	$t_{DH(M1)}$	M1 Delay From Rising Edge of Clock, M1 High		100	nsec		
RFSH	$t_{DL(RF)}$	RFSH Delay From Rising Edge of Clock, RFSH Low		130	nsec	C_L = 50pF	
	$t_{DH(RF)}$	RFSH Delay From Rising Edge of Clock, RFSH High		120	nsec		
WAIT	$t_s(WT)$	WAIT Setup Time to Falling Edge of Clock	70		nsec		
HALT	$t_{D(HT)}$	HALT Delay Time From Falling Edge of Clock		300	nsec	C_L = 50pF	
INT	$t_s(IT)$	INT Setup Time to Rising Edge of Clock	80		nsec		
NMI	$t_w(\overline{NML})$	Pulse Width, NMI Low	80		nsec		
BUSRQ	$t_s(BQ)$	BUSRQ Setup Time to Rising Edge of Clock	50		nsec		
BUSAK	$t_{DL(BA)}$	BUSAK Delay From Rising Edge of Clock, BUSAK Low		100	nsec	C_L = 50pF	
	$t_{DH(BA)}$	BUSAK Delay From Falling Edge of Clock, BUSAK High		100	nsec		
RESET	$t_s(RS)$	RESET Setup Time to Rising Edge of Clock	60		nsec		
	$t_{F(C)}$	Delay to Float (MREQ, IORQ, RD and WR)		80	nsec		
	t_{ir}	M1 Stable Prior to IORQ (Interrupt Ack.)	[11]		nsec		[11] $t_{ir} = 2t_c + t_{w(\Phi H)} + t_f - 65$

NOTES

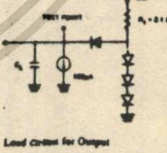
A. Data should be enabled onto the CPU data bus when RD is active. During interrupt acknowledge data should be enabled when M1 and IORQ are both active.

B. All control signals are internally synchronized, so they may be totally asynchronous with respect to the clock.

C. The RESET signal must be active for a minimum of 3 clock cycles.

D. Output Delay vs. Loaded Capacitance
TA = 70°C Vcc = +5V ±5%
Add 10nsec delay for each 50pf increase in load up to maximum of 200pf for data bus and 100pf for address & control lines.

E. Although static by design, testing guarantees $t_{w(\Phi H)}$ of 200 μsec maximum



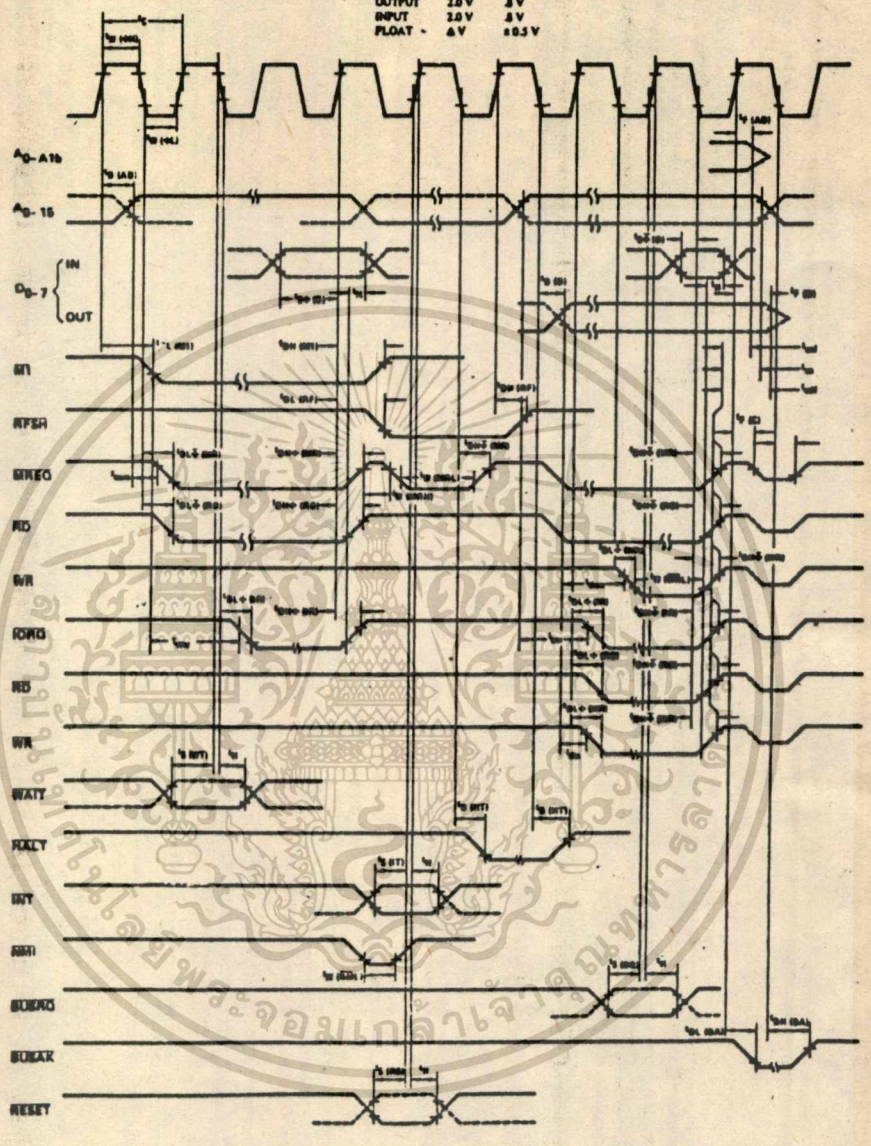
Load circuit for Output

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A.C. Timing Diagram

Timing measurements are made at the following voltages, unless otherwise specified:

	"1"	"0"
CLOCK	V_{cc} -.6V	.45V
OUTPUT	2.0 V	.8 V
INPUT	2.0 V	.8 V
FLOAT	.6 V	±0.5 V



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MOTOROLA

MCM6116

16K BIT STATIC RANDOM ACCESS MEMORY

The MCM6116 is a 16,384-bit Static Random Access Memory organized as 2048 words by 8 bits, fabricated using Motorola's high-performance silicon-gate CMOS (HCMOS) technology. It uses a design approach which provides the simple timing features associated with fully static memories and the reduced power associated with CMOS memories. This means low standby power without the need for clocks, nor reduced data rates due to cycle times that exceed access time.

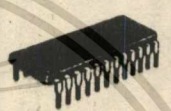
Chip Enable ($\overline{E}$) controls the power-down feature. It is not a clock but rather a chip control that affects power consumption. In less than a cycle time after Chip Enable ($\overline{E}$) goes high, the part automatically reduces its power requirements and remains in this low-power standby as long as the Chip Enable ($\overline{E}$) remains high. The automatic power-down feature causes no performance degradation.

The MCM6116 is in a 24-pin dual-in-line package with the industry standard JEDEC approved pinout and is pinout compatible with the industry standard 16K EPROM/ROM.

- Single +5 V Supply
- 2048 Words by 8-Bit Operation
- HCMOS Technology
- Fully Static: No Clock or Timing Strobe Required
- Maximum Access Time: MCM6116-12 – 120 ns
  MCM6116-15 – 150 ns
  MCM6116-20 – 200 ns
- Power Dissipation: 70 mA Maximum (Active)
  15 mA Maximum (Standby-TTL Levels)
  2 mA Maximum (Standby)
- Low Power Version Also Available – MCM61L16
- Low Voltage Data Retention (MCM61L16 Only): 50 µA Maximum

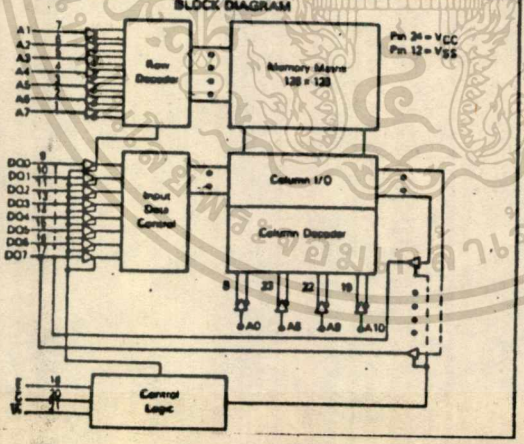
HCMOS
(COMPLEMENTARY MOS)

2,048 × 8 BIT STATIC RANDOM ACCESS MEMORY

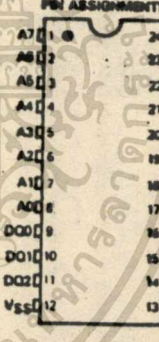


P SUFFIX
PLASTIC PACKAGE
CASE 709

BLOCK DIAGRAM



PIN ASSIGNMENTS



PIN NAMES	
A0-A10	Address Input
DQ0-DQ7	Data Input/Output
$\overline{W}$	Write Enable
$\overline{G}$	Output Enable
$\overline{E}$	Chip Enable
V_{CC}	Power (+5 V)
V_{SS}	Ground

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54148/74148 8 Data Line to 3-Line Binary (Octal) Priority Encoder

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF	Device Type	Package C	P	M	CF
T.I.																SN54148		J①		W①					
											SN74LS148		N①			SN74148		J①	N①						
FAIRCHILD																									
MOTOROLA																									
N. S. C.																DM54148									
																DM74148									
PHILIPS																									
SIGNETICS																N74148		①							
																54148									
																74148									
SIEMENS																									
FUJITSU																									
HITACHI																									
											HD74LS148		P①			HD74148		①	P①						
MITSUBISHI																									
											M74LS148					M74148			P①						
NEC																									
TOSHIBA																									

Electrical Characteristics SN54LS148/SN74LS148

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to	125°C
Input voltage	7V		SN74LS	0°C to	70°C
		Storage temperature range		−65°C to	150°C

recommended operating conditions

	SN54LS148 MIN	NOM	MAX	SN74LS148 MIN	NOM	MAX	UNIT
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−400			−400	μA
Low-level output current, I_{OL}			4			8	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER*		TEST CONDITIONS†		MIN	TYP‡	MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_I	Input clamp voltage	V_{CC} = MIN, I_I = −18 mA				−1.5	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, V_{IL} = 0.8V, I_{OH} = −400 μA		2.7	3.4		V
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, V_{IL} = 0.8V, I_{OL} = 8 mA			0.35	0.5	V
I_I	Input current at maximum input voltage	V_{CC} = MAX, V_I = 7V				0.2	mA
I_{IH}	High-level input current: 0 input	V_{CC} = MAX, V_I = 2.7V				20	μA
	Any input except 0					20	
I_{IL}	Low-level input current: 0 input	V_{CC} = MAX, V_I = 0.4V				−0.4	mA
	Any input except 0					−0.8	
I_{OS}	Short-circuit output current*	V_{CC} = MAX		−20		−100	mA
I_{CC}	Supply current	V_{CC} = MAX, See Note 2	Condition 1		12	20	mA
			Condition 2		10	17	mA
t_{PLH}	from 0 thru 7 to output A0, A1, or A2	WAVEFORM	In-phase output	V_{CC} = 5V, T_A = 25°C, C_L = 15pF, R_L = 2kΩ	14	18	ns
t_{PHL}					15	25	
t_{PLH}	from 0 thru 7 to output A0, A1, or A2		Out-of-phase output		20	26	ns
t_{PHL}					16	29	
t_{PLH}	from 0 thru 7 to output EO		Out-of-phase output		7	18	ns
t_{PHL}					25	40	
t_{PLH}	from 0 thru 7 to output GS		In-phase output		35	56	ns
t_{PHL}					9	21	
t_{PLH}	from EI to output A0, A1, or A2		In-phase output		16	25	ns
t_{PHL}					12	25	
t_{PLH}	from EI to output GS		In-phase output		12	17	ns
t_{PHL}					14	36	
t_{PLH}	from EI to output EO		In-phase output		12	21	ns
t_{PHL}					23	35	

NOTES: 1. This is the voltage between two emitters of a multiple-emitter transistor. For SN54148/SN74148 circuits, this rating applies between any two of the eight data lines, 0 through 7.

2. I_{CC} (condition 1) is measured with inputs 7 and EI grounded, other inputs and outputs open; I_{CC} (condition 2) is measured with all inputs and outputs open.

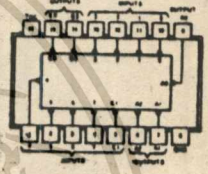
† For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions for the applicable device type.

‡ All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.

* Not more than one output should be shorted at a time.

■ t_{PLH} = propagation delay time, low-to-high-level output; t_{PHL} = propagation delay time, high-to-low-level output

Pin Assignment (Top View)



positive logic: see function table

NC-No internal connection

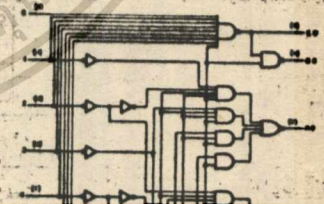
Function Table

'148

INPUTS									OUTPUTS				
EI	0	1	2	3	4	5	6	7	A2	A1	A0	GS	EO
H	X	X	X	X	X	X	X	X	H	H	H	H	H
L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L
L	X	X	X	X	X	X	X	L	L	L	L	L	H
L	X	X	X	X	X	X	L	H	L	L	H	L	H
L	X	X	X	X	X	L	H	H	L	H	L	L	H
L	X	X	X	X	L	H	H	H	L	H	H	L	H
L	X	X	X	L	H	H	H	H	H	L	L	L	H
L	X	X	L	H	H	H	H	H	H	L	H	L	H
L	X	L	H	H	H	H	H	H	H	H	L	L	H
L	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L	H

H = high logic level, L = low logic level, X = irrelevant

Functional Block Diagram



'148 8-LINE-TO-3LINE PRIORITY ENCODER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

54245/74245 Octal Bus Transceivers with 3-state Outputs

	Schottky TTL					High-Speed TTL					Low-Power Schottky TTL					Standard TTL					Low-Power TTL				
	Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package				Device Type	Package			
		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF		C	P	M	CF
T. I.											SN54LS245	J		W	W										
											SN74LS245	J	N												
FAIRCHILD																									
MOTOROLA																									
N. S. C.																									
PHILIPS																									
SIGNETICS																									
SIEMENS																									
FUJITSU																									
HITACHI																									
MITSUBISHI																									
NEC																									
TOSHIBA																									

Electrical Characteristics SN54LS245/SN74LS245

absolute maximum ratings over operating free-air temperature range

Supply voltage, V_{CC}	7 V	Operating free-air temperature range	SN54LS	−55°C to 125°C
Input voltage	7 V		SN74LS	0°C to 70°C
		Storage temperature range		−65°C to 150°C

recommended operating conditions

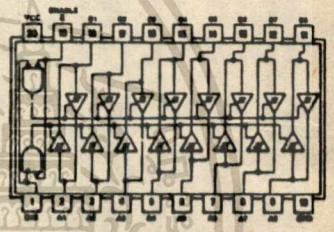
	SN54LS245			SN74LS245			UNIT
	MIN	NOM	MAX	MIN	NOM	MAX	
Supply voltage, V_{CC}	4.5	5	5.5	4.75	5	5.25	V
High-level output current, I_{OH}			−12			−15	mA
Low-level output current, I_{OL}			12			24	mA
Operating free-air temperature, T_A	−55		125	0		70	°C

electrical characteristics over recommended operating free-air temperature range

PARAMETER		TEST CONDITIONS†		SN74LS245 MIN	SN74LS245 TYP‡	SN74LS245 MAX	UNIT
V_{IH}	High-level input voltage			2			V
V_{IL}	Low-level input voltage					0.8	V
V_{IK}	Input clamp voltage	V_{CC} = MIN,	I_I = −18mA			−1.5	V
	Hysteresis ($V_{T+} - V_{T-}$) A or B input	V_{CC} = MIN			0.2	0.4	V
V_{OH}	High-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, V_{IL} = V_{IL} max	I_{OH} = −3mA	2.4	3.4		V
			I_{OH} = MAX	2			
V_{OL}	Low-level output voltage	V_{CC} = MIN, V_{IH} = 2V, V_{IL} = V_{IL} max	I_{OL} = 12mA			0.4	V
			I_{OL} = 24mA			0.5	
I_{OZH}	Off-state output current, high-level voltage applied	V_{CC} = MAX, G at 2V	V_O = 2.7 V			10	μA
I_{OZL}	Off-state output current, low-level voltage applied		V_O = 0.4V			−200	
I_I	Input current at maximum input voltage, A or B	V_{CC} = MAX,	V_I = 5.5V			0.1	mA
	DIR or $\overline{G}$		V_I = 7V			0.1	
I_{IH}	High-level input current	V_{CC} = MAX, V_{IH} = 2.7V				20	μA
I_{IL}	Low-level input current	V_{CC} = MAX, V_{IL} = 0.4V				−0.2	mA
I_{OS}	Short-circuit output current	V_{CC} = MAX		−40		−225	mA
I_{CC}	Supply current, Total, outputs high	V_{CC} = MAX, Outputs open			48	70	mA
	Total, outputs low				62	90	
	Outputs at Hi-Z				64	95	

switching characteristics, V_{CC} = 5V, T_A = 25°C

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	C_L = 45pF, R_L = 667Ω, See Note 2		8	12	ns
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output			8	12	ns
t_{PZL}	Output enable time to low level			27	40	ns
t_{PZL}	Output enable time to high level			25	40	ns
t_{PLZ}	Output disable time from low level	C_L = 5pF, R_L = 667Ω, See Note 2		15	25	ns
t_{PHZ}	Output disable time from high level			15	25	ns



SN54LS245 (J) SN74LS245 (J, N)

†For conditions shown as MIN or MAX, use the appropriate value specified under recommended operating conditions.
‡All typical values are at V_{CC} = 5V, T_A = 25°C.
§Not more than one output should be shorted at a time, and duration of the short-short should not not exceed one second.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โปรเจคเรื่องเครื่องชายคั่วกาแฟที่สร้างขึ้นนี้ จะเป็นการผสมผสานกันอย่างกลมกลืน ระหว่างความรู้ทางด้าน อิเลคทรอนิคส์, คอมพิวเตอร์, การออกแบบ และกลศาสตร์ ซึ่งความรู้ทางด้านอิเลคทรอนิคส์ และคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในโปรเจคนี้ จะเป็นความรู้ที่ได้จากการศึกษาที่ผ่านมา ตลอด4ปี รวมทั้งจากการเสนอแนะของเพื่อน ๆ ด้วยกัน ส่วนความรู้ทางด้านกลศาสตร์และการออกแบบนั้น จะเป็นความรู้ที่ได้มาจาก การทดลอง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ดีที่สุดในการนำมาประยุกต์ใช้ ตามคำเสนอแนะของผู้ที่เกี่ยวข้องทุกคน ซึ่งโปรเจคชิ้นนี้ จะไม่สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ หากปราศจากบุคคลเหล่านี้

ดังนั้น คณะผู้จัดทำ จึงขอขอบพระคุณ ผู้ที่ให้คำแนะนำและเสนอแนวความคิดต่าง ๆ ซึ่งได้แก่ อจ. พลพฤง ผดุงกุล, เพื่อน ๆ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มา ณ. ที่นี้ด้วย

ท้ายที่สุด คณะผู้จัดทำ จะขอขอบพระคุณอย่างสูงต่อ อาจารย์ที่ปรึกษา (อจ. ขนิษฐา แซ่ตั้ง) ซึ่งเป็นผู้มอบหมายงานโครงการนี้ให้ รวมทั้งคอยสั่งสอนเสนอแนะความรู้ต่าง ๆ ตลอดมา

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. ก้องเกียรติ ณ.สีมา, "ทฤษฎีและการใช้งาน ไทม์เมอร์ไอซี 555", นาอักษรการพิมพ์, 65 หน้า, 2528.
2. วิบูลย์ ชื่นแขก, "ไมโครโปรเซสเซอร์", สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 361 หน้า, 2531.
3. ชาญวิทย์ อิทธิพงษ์, "การควบคุมการทำงานของสเตปเปอร์ ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์", วารสารคอมพิวเตอร์อิเลคทรอนิคส์เวิลด์, ฉบับที่ 121, 2532, หน้า 78-85.
4. กฤษดา ณ.ตะกั่วทุ่ง, "300 วงจร", ซีเอ็ด ยูเคชั่น, 333 หน้า, 2531.
5. ธวัชชัย เอกเสถียร, "โวลเตจเร็คกูเลเตอร์ปรับค่าได้พร้อมระบบป้องกัน", วารสารคอมพิวเตอร์ อิเลคทรอนิคส์เวิลด์, ปีที่ 9, ฉบับที่ 98, 2528, หน้า 30-34.
6. Rodnay Zaks, "Programming the Z-80", Sybex Inc., 1980.
7. James W.Coffron, "Z-80 Application", Sybex Inc., 1983.
8. Barry B.Brey, "The Z-80 Microprocessor", Prentice-Hall International Inc., 372 p.
9. Louis Nashelsky, "Introduction to Digital Technology", Queensborough Community College of New York, 536 p.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้