สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถืออัตโนมัติ

AUTOMATIC SALE REFILL - PHONE CARD MACHINE

นายฉมยา สุวรรณกิจ
นายสิทธิพร หีตอักษร
นายโสภณ ชั้นสกุล

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 61367
วัน,เดือน,ปี.....

.b.....
.i.....

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม
ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2547

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AUTOMATIC SALE REFILL - PHONE CARD MACHINE

THOMYA SUWANNAKIT

SITTHIPORN HITAUKSORN

SOBHON CHUNSAKOON

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING

DEPARTMENT OF INSTRUMENTATION ENGINEERING

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITITE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ ตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถืออัตโนมัติ

AUTOMATIC SALE REFILL - PHONE CARD MACHINE

นักศึกษาผู้จัดทำ

นายถมยา	สุวรรณกิจ	รหัสประจำตัว	45015597
นายสิทธิพร	หีตอักษร	รหัสประจำตัว	45015622
นายโสภณ	ชั้นสกุล	รหัสประจำตัว	45015627

ปริญญา วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมการวัดคุม

ปีการศึกษา 2547

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ. เกษตร ศิริสันติสัมฤทธิ์	

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ วันที่ 20 เมษายน พ.ศ. 2548

สถานที่สอบ ณ ห้องสอบปริญญานิพนธ์ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

ภาควิชารับรองแล้ว

(รศ. ประสิทธ์ จุลเสรีวงศ์)

หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	**ตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถืออัตโนมัติ**	
	AUTOMATIC SALE REFILL - PHONE CARD MACHINE	
นักศึกษาผู้จัดทำ	**นายถมยา**	**สุวรรณกิจ**
	นายสิทธิพร	**หีตอักษร**
	นายโสภณ	**ชั้นสกุล**
อาจารย์ที่ปรึกษา	**รศ. เกษตร์**	**ศิริสันติสัมฤทธิ์**
ปีการศึกษา	2547	

บทคัดย่อ

ปัจจุบันโทรศัพท์มือถือแบบเติมเงิน เป็นที่นิยมใช้กันอย่างกว้างขวาง การซื้อบัตรเติมเงินจะต้องหาซื้อตามร้านค้า ถ้าเป็นเวลากลางคืนหรือร้านปิดก็ไม่สามารถหาซื้อได้ ดังนั้นตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถืออัตโนมัติจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยอำนวยความสะดวกในการซื้อบัตรเติมเงินได้เป็นอย่างดี

ตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถืออัตโนมัติใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์ เบอร์ AT89C51 เป็นหน่วยประมวลผลเพื่อควบคุมการทำงาน จำนวน 2 ตัว ซึ่งอาศัยหลักการติดต่อสื่อสารผ่านทางพอร์ตอนุกรม ดังนั้นจึงทำให้มีหน่วยความจำข้อมูลกับหน่วยความจำโปรแกรมเพิ่มขึ้นและได้ขยายพอร์ตเพิ่มเติมโดยใช้ ไอซี 8255 จึงทำให้มีพอร์ตใช้งานเพิ่มขึ้นด้วย คุณสมบัติที่พิเศษ คือ สามารถแยกแยะธนบัตรและเหรียญของจริงกับของปลอม ทอนเงินได้ทั้งธนบัตรและเหรียญ ตู้ขายบัตรเติมเงินมีโหมดการทำงาน 4 โหมด คือ โหมดที่ 1 เพิ่มเติมหรือแก้ไขจำนวนบัตรที่มีภายในตู้ โหมดที่ 2 เพิ่มเติมหรือเปลี่ยนแปลงจำนวนเหรียญและธนบัตร โหมดที่ 3 เป็นการขายบัตรเติมเงินแก่ผู้ใช้บริการและโหมดที่ 4 ตรวจสอบการทำงาน ตั้งแต่เปิดบริการมานั้นตู้รับธนบัตรเข้าไปรวมกี่ฉบับและรับเหรียญรวมกี่เหรียญ ซึ่งวิธีการต่างๆ สามารถทำได้ง่ายตามคู่มือที่แนบมา ขณะนี้ตู้สามารถขายบัตรเติมเงินจำนวน 3 ราคา คือ 50 บาท 100 บาท และ 300 บาท ผู้ใช้สามารถเลือกซื้อราคาใดก็ได้ โดยรับเงินทั้งธนบัตรตั้งแต่ 20 บาท , 100 บาท , 500 บาท ,1,000 บาทและเหรียญ 5 บาท ,10 บาท ภายในมีชุดตรวจสอบธนบัตรและเหรียญ จากการทดลองตู้ขายบัตรเติมเงินอัตโนมัติสามารถขายบัตรเติมเงินได้ แต่การตรวจสอบธนบัตรจริงหรือปลอมยังต้องมีการเพิ่มวิธีการตรวจสอบให้ละเอียดขึ้น จึงจะตรวจสอบได้ร้อยเปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Automatic Sale Refill-Phone Card Machine
Authors	Thomya Suwannakit
	Sitthiporn Hitauksorn
	Sobhon Chunsakoon
Thesis Advisor	Asst.Prof. Kaset Sirisantisamrid
Year	2004

ABSTRACT

Nowadays, a mobile phone of refill-phone card type is a very popular. However, it is uncomfortable and difficult buy a refill-phone card on night, holiday and after the store closed. Therefore, the automatic sale refill-phone card machine is an alternative for buyer to buy the phone card.

The machine consists of two AT89C51 micro-controllers for control the operation of machine. The communication between them is pass through series port. The operation of this machine consists of four modes as follow. Mode 1 (refill mode) is refilling the phone cards into the machine. Mode 2 (memorize and load money) is memorize and load the bank notes and coins to the machine. Mode 3 (sale mode) is sale the phone card. Then, confirm the operation of machine, checking the number of incoming the bank notes and coins are a checking mode (mode 4). The proposed machine can sale the refill-phone cards in three rates, that is 50 bath, 100 bath, and 300 bath. It can receive the bank notes from 20 bath to 1,000 bath and 5 bath to 10 bath for coins. The experimental results shown that the proposed machine can sale the refill-phone cards for any buyers. However, the recognizing process of bank notes is incomplete in all of case. So that, it is a research theme in the future.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเพราะ รศ. เกษตร์ ศิริสันติสัมฤทธิ์ ที่ได้ให้ความเมตตาและคำแนะนำแก่ผู้วิจัยตลอดมา อีกทั้งยังเอื้อเฟื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำปริญญานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำและช่วยเหลืออันเป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ที่ลืมเสียมิได้ขอกราบพระคุณของคุณพ่อ และคุณแม่ อันเป็นที่รักและเคารพอย่างยิ่งที่สนับสนุนเป็นแรงบันดาลใจในการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้จัดทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VIII
สารบัญภาพ	IX
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 แนวความคิดของโครงงาน	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน	1
1.3 ขอบเขตของโครงงาน	1
1.4 การทำงานเบื้องต้น	1
1.4.1 ส่วนของการเลือกบัตร	2
1.4.2 ส่วนของการรับและทอนเงิน	2
1.4.3 ส่วนจ่ายบัตรเติมเงิน	2
1.4.4 ส่วนประมวลผลกลาง	3
1.5 ขั้นตอนการศึกษา	3
บทที่ 2 ความรู้เบื้องต้นและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8051	4
2.1.1 โครงสร้างภายในของ Microcontroller MCS-51	4
2.1.2 SFR รีจีสเตอร์ชนิดพิเศษ	6
2.2 การเชื่อมโยง 8255 กับ MCS-51	8
2.2.1 ขาสัญญาณต่างๆของ 8255	8
2.2.2 โหมดการทำงาน	10
2.2.3 การถอดรหัสตำแหน่งพอร์ตของ 8255	11
2.2.4 การเชื่อมโยง 8255 เข้ากับ CPU	12
2.2.5 การโปรแกรม 8255	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.2.6 The Bit Set / Reset Mode	15
2.3 การอินเตอร์รัพต์	15
2.3.1 IE (Interrupt Enable Register)	16
2.3.2 รายละเอียดของ IP	17
2.4 ไทม์เมอร์/เคาน์เตอร์	18
2.4.1 Timer 0 and Timer 1	18
2.5 การใช้งานพอร์ทสื่อสารอนุกรมแบบ Single Processor	20
2.5.1 การเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART)	22
2.5.1.1 Single Processor Mode	22
2.5.1.2 Multi Processor Mode	22
2.6 การแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล	23
2.6.1 โครงสร้างของ A/D	23
2.6.2 การต่อ MCS –51 เข้ากับ A/D	25
2.7 ออปแอมป์	26
2.7.1 วงจรเปรียบเทียบ	26
2.7.2 วงจรบัฟเฟอร์	27
2.7.3 วงจรขยายแบบกลับเฟส(Inverting Amplifier)	27
2.7.4 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Noninverting Amplifiter)	28
บทที่ 3 หลักการออกแบบโครงสร้างและวงจร	29
3.1 ธนบัตร	29
3.1.1 ธนบัตรราคา 20 บาท	29
3.1.1.1 สำหรับรุ่น 14	29
3.2.1.2 สำหรับรุ่น 15	30
3.1.2 ธนบัตรราคา 100 บาท	30
3.1.3 ธนบัตรราคา 500 บาท	31
3.1.3.1 สำหรับรุ่น 14	31
3.1.3.2 สำหรับรุ่น 15	32
3.1.4 ธนบัตรราคา 1,000 บาท	32

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2 วิธีสังเกตธนบัตรปลอม	33
3.2.1 ธนบัตรราคา 500 บาท	33
3.2.1.1 สำหรับรุ่น 14	33
3.2.1.2 สำหรับรุ่น 15	35
3.2.2 ธนบัตรราคา 1,000 บาท	38
3.2.3 ธนบัตรปลอมที่พบบ่อย	40
3.3 เหรียญ	41
3.4 บัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถือ	43
3.4.1 ชนิดของโทรศัพท์มือถือแบบเติมเงินโทรศัพท์	43
3.4.2 ลักษณะของบัตรเติมเงินโทรศัพท์	43
บทที่ 4 การทำงานและวงจรของตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถือ	44
4.1 หน่วยความจำและประมวลผล	44
4.1.1 หน่วยประมวลผลหลัก	45
4.1.2 หน่วยประมวลผลรอง	46
4.2 ภาคติดต่อกับผู้ใช้งาน	47
4.2.1 การติดต่อกับผู้ซื้อ	48
4.2.2 การติดต่อตัวแทนจำหน่าย	48
4.3 ส่วนแสดงผล	48
4.4 ตรวจสอบธนบัตรและเหรียญ	49
4.4.1 ส่วนตรวจธนบัตร	49
4.4.1.1 หลักการออกแบบ	51
4.4.2 ส่วนตรวจเหรียญ	53
4.4.2.1 หลักการออกแบบ	53
4.5 รับ – ทอนธนบัตรและเหรียญ	57
4.5.1 ส่วนทอนธนบัตร	57
4.5.1.1 หลักการออกแบบ	57
4.5.1.2 หลักการทำงานของส่วนทอนธนบัตร	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5.1.3 หลักการทำงานของ ของแต่ละกล่อง	60
4.6 ส่วนเก็บและจ่ายบัตรเติมเงิน	61
4.6.1 หลักการออกแบบ	61
4.7 ภาคจ่ายไฟ	63
บทที่ 5 โหมดการทำงานของตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถือ	65
5.1 โหมดแก้ไขหน่วยความจำธนบัตรและเหรียญ	65
5.2 โหมดแก้ไขหน่วยความจำบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถือ	66
5.3 โหมดซื้อ	68
5.4 โหมดตรวจสอบเงินที่มีในกล่องรับกับในหน่วยความจำ	77
บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง	79
6.1 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล	79
6.2 การแยกขนาดของธนบัตร	81
6.3 การตรวจหาค่าการสะท้อนแสงของหมึกพิมพ์และกระดาษของธนบัตร	85
6.4 การตรวจความถูกต้องของธนบัตร	89
6.5 การตรวจความถูกต้องของเหรียญ	92
6.6 การจ่ายบัตรเติมเงิน	94
6.7 การทอนธนบัตร	95
6.8 การทอนเหรียญ	97
6.9 การส่งข้อมูลผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม (Serial Port)	100
บทที่ 7 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	103
7.1 สรุปผลการทำโครงงาน	103
7.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดลอง	104
7.3 ข้อเสนอแนะ	105
บรรณานุกรม	106
ภาคผนวก	107

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สรุปโหมดต่างๆของ 8255	10
2.2 ตารางความจริงของ 8255	11
2.3 ส่วนของขา RD/,WR/ ของ8255ต่อมาจาก RD/,WR/ ของ MCS-51	13
2.4 แสดงชื่อสัญญาณอินเตอร์รัพต์	16
2.5 แสดงการจัดลำดับความสำคัญสัญญาณอินเตอร์รัพต์	16
2.6 ตารางการใช้ไทม์เมอร์ 1 กำหนดบอดเรท	23
3.1 แสดงเหรียญราตาต่างๆ	42
4.1 ตารางแสดงสภาวะการทำงานของกล่องทอนธนบัตร	60
5.1 การเลือกโหมดการทำงาน	65
6.1 บันทึกผลการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล	81
6.2 ตารางบันทึกผลขนาดของธนบัตร	83
6.3 แสดงขนาดความยาวของธนบัตร	84
6.4 บันทึกผลค่าแสง	87
6.5 ผลต่างของค่าแสง	87
6.6 แสดงช่วงค่าของแสงที่นำมาเปรียบเทียบ	89
6.7 บันทึกผลการตรวจสอบธนบัตร	90
6.8 บันทึกผลการตรวจสอบเหรียญ	93
6.9 ผลการทดลองชุดจ่ายบัตรเติมเงิน	94
6.10 ผลการทดลองส่วนทอนธนบัตร	96
6.11 บันทึกผลการทอนเหรียญ	99
6.12 บันทึกผลการรับ- ส่งข้อมูล	101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนการทำงานตู้ขายบัตรเติมเงิน	2
1.2 ขั้นตอนการเลือกบัตรเติมเงิน	3
1.3 ขั้นตอนการรับและทอนเงิน	3
2.1 โครงสร้างภายในของ Microcontroller MCS-51	4
2.2 การจัดวางขาของ 89C51	5
2.3 รายละเอียดของตำแหน่งข้อมูลต่างๆ ใน SFR	6
2.4 การจัดวางขาของ 8255	9
2.5 โครงสร้างภายในของ 8255	9
2.6 CONNTROL WORDS ทั้ง 2 แบบของ MODE และ BIT DEFINITION FORMAT	10
2.7 การเชื่อมโยง 8255 เข้ากับ CPU	12
2.8 CONTROL WORDS AND CONFIGULATION	13
2.9 CONTROL WORDS AND CONFIGULATION (ต่อ)	14
2.10 โปรแกรมบิตของพอร์ท C (ใช้เป็นเอาท์พุทเท่านั้น)	15
2.11 แสดงแหล่งที่มาของสัญญาณอินเตอร์รัพต์	15
2.12 Interrupt Enable Register (IE)	16
2.13 แสดงรายละเอียดของ IP	18
2.14 รีจีสเตอร์ TMOD	19
2.15 Register TCON	20
2.16 การสื่อสารพอร์ตอนุกรม โหมด 0	21
2.17 การสื่อสารพอร์ตอนุกรม โหมด 1	21
2.18 การสื่อสารพอร์ตอนุกรม โหมด 2	21
2.19 การสื่อสารพอร์ตอนุกรม โหมด 3	22
2.20 โครงสร้างของ ADC0804 และการจัดวางขา	23
2.21 การจัดวางขา ADC 0804	24
2.22 ผังเวลาในการทำงานของ A/D	24
2.23 การปรับค่าความถี่การทำงานแบบ Self – Clocking	24
2.24 การต่อ A/D เข้ากับ MCS 51	25
2.25 สัญลักษณ์ของออปแอมป์	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.26 วงจรเปรียบเทียบ	26
2.27 วงจรบัฟเฟอร์	27
2.28 วงจรขยายแบบกลับเฟส	28
2.29 วงจรขยายไม่แบบกลับเฟส	28
3.1 แสดงธนบัตรชนิดราคา 20 บาท รุ่น14	29
3.2 แสดงชนิดราคา 20 บาท รุ่น15	30
3.3 แสดงธนบัตรชนิดราคา 100 บาท	31
3.4 แสดงงธนบัตรชนิดราคา 500 บาท รุ่น 14	31
3.5 แสดงงธนบัตรชนิดราคา 500 บาท รุ่น 15	32
3.6 แสดงธนบัตรชนิดราคา 1,000 บาท	33
3.7 วิธีสังเกตธนบัตร 500 จริงรุ่น 14	33
3.8 แสดงเส้นนูนธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 14	33
3.9 แสดงลายน้ำและ ลายประจำยาม ธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 14	34
3.10 แสดงเส้นใยธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 14	34
3.11 แสดงเลขบอกราคาธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 14	34
3.12 แสดงตัวเลขแฝง ธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 14	34
3.13แสดงลักษณะพิเศษ ที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วง ธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 14	35
3.14 วิธีสังเกตธนบัตร 500 จริงรุ่น 15	35
3.15 แสดงเส้นนูน ธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 15	35
3.16 แสดงลายน้ำและลายประจำยาม ธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 15	36
3.17 แสดงเส้นใย ธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 15	36
3.18 แสดงภายในเลขบอกราคา ธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 15	36
3.19 แสดงตัวเลขแฝง ธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 15	37
3.20 แสดงแถบฟอยล์สีเงิน ธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 15	37
3.21 แสดงลักษณะพิเศษ ที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วง ธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 15	37
3.22 แสดงวิธีสังเกตลักษณะธนบัตรราคา 1,000 บาท	38
3.23 แสดงเส้นนูน ธนบัตรราคา 1,000 บาท	38
3.24 แสดงลายน้ำและลายประจำยาม ธนบัตรราคา 1,000 บาท	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.25 แสดงเส้นใยฝังในเนื้อกระดาษ ธนบัตรราคา 1,000 บาท	39
3.26 แสดงภายในเลขบอกราคา ธนบัตรราคา 1,000 บาท	39
3.27 แสดงตัวเลขแฝง ธนบัตรราคา 1,000 บาท	39
3.28 แสดงตัวเลขบอกราคา ธนบัตรราคา 1,000 บาท	40
3.29 แสดงลักษณะพิเศษ ที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วง ธนบัตรราคา 1,000 บาท	40
3.30 แสดงธนบัตรราคา 500 บาทปลอม	41
3.31 แสดงธนบัตรราคา 1,000 บาทปลอม	41
3.32 รูปแสดงขนาดของบัตรเติมเงินโทรศัพท์	43
4.1 โครงสร้างของตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถืออัตโนมัติ	44
4.2 แสดงวงจรหน่วยประมวลผลหลัก	45
4.3 แสดงวงจรหน่วยประมวลผลรอง	47
4.4 สวิตซ์เลือกชนิดและราคาบัตรเติมเงิน	48
4.5 ไฟแสดงบัตร	48
4.6 แสดงวงจรแสดงผล	49
4.7 แสดงโครงสร้างชุดตรวจสอบธนบัตร	50
4.8 แสดงการออกแบบวงจร SENSOR การจับตำแหน่งและจับการใส่ธนบัตร	51
4.9 แสดงวงจรตรวจวัดค่าการสะท้อนแสง	52
4.10 วงจรการสลับทางหมุนของมอเตอร์รับธนบัตร	52
4.11 วงจร SENSOR ตรวจสอบธนบัตร	54
4.12 ขั้นตอนการทำงานการตรวจสอบเหรียญ	55
4.13 แสดงโครงสร้างชุดตรวจสอบเหรียญ	55
4.14 แสดงวงจรชุดตรวจสอบเหรียญ	56
4.15 ภาพแสดงด้านต่างๆของกล่องทอนธนบัตร	58
4.16 ภาพส่วนทอนธนบัตร ด้านหน้า	58
4.17 ภาพส่วนทอนธนบัตร ด้านบน	59
4.18 แสดงวงจรควบคุมกล่องทอนธนบัตรทั้ง 3 กล่อง	61
4.19 ส่วนเก็บและจ่ายบัตรเติมเงินโทรศัพท์	62
4.20 แสดงวงจรควบคุมกล่องจ่ายบัตรเติมเงินโทรศัพท์	63

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4.21 แสดงวงจรภาคจ่ายไฟชุดที่ 1 (15 และ 24 โวลต์)	64
4.22 แสดงวงจรภาคจ่ายไฟชุดที่ 2 (5 และ 12 โวลต์)	64
5.1 การทำงานโหมดแก้ไขจำนวนธนบัตรและเหรียญ	66
5.2 การทำงานโหมดแก้ไขหน่วยความจำบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถือ	67
5.3 ขั้นตอนการทำงานตู้ขายบัตรเติมเงิน	68
5.4 แสดงขั้นตอนการเลือกบัตรเติมเงิน	69
5.5 การส่งข้อมูลให้หน่วยความจำรองทำงานและการอินเตอร์รัพต์หน่วยความจำหลัก	71
5.6 โปรแกรมบริการอินเตอร์รัพต์พอร์ตอนุกรม	72
5.7 โปรแกรมการตรวจสอบธนบัตร	73
5.8 โปรแกรมการตรวจสอบ เหรียญ	74
5.9 โปรแกรมคำนวณเงิน	75
5.10 แสดงการจ่ายบัตร	76
5.11 แสดงการทอนธนบัตรและเหรียญ	77
6.1 แสดงการทำงานของการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล	80
6.2 แสดงการใช้งานการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล	81
6.3 แสดงขั้นตอนการทำงานของการตรวจวัดขนาดธนบัตร	82
6.4 ภาพการใส่ธนบัตรเข้าตรวจสอบแบบต่างๆ	83
6.5 แสดงการต่ออุปกรณ์ตรวจวัดขนาดธนบัตร	83
6.6 การต่อชุดการตรวจวัดค่าแสง	85
6.7 แสดงขั้นการอ่านค่าแสง	86
6.8 การต่อชุดการทดลองตรวจสอบธนบัตร	90
6.9 ขั้นตอนการทดลองตรวจสอบธนบัตร	90
6.10 การต่อชุดตรวจสอบเหรียญ	92
6.11 ขั้นตอนการทดลองตรวจสอบเหรียญ	92
6.12 การต่อชุดทอนเหรียญ	98
6.13 ขั้นตอนการทำงานการทดลองทอนเหรียญ	98
6.14 การต่อชุดส่งข้อมูล	100
6.15 ขั้นตอนการทำงานการรับข้อมูล	100

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ(ต่อ)

ภาพที่	หน้า
6.16 ขั้นตอนการทำงานการส่งข้อมูล	101
7.1 แสดงด้านหน้าตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถือ	103

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 แนวความคิดของโครงงาน

เนื่องจากปัจจุบันเป็นยุคของการสื่อสารแบบไร้พรมแดน ซึ่งมีคนใช้โทรศัพท์มือถือกันมากมายหลากหลาย และระบบโทรศัพท์ที่นิยมอีกแบบหนึ่งก็คือ แบบเติมเงินซึ่งมีแพร่หลาย จึงมีแนวความคิดที่จะทำเครื่องมือที่สามารถจำหน่ายบัตรเติมเงินขึ้น เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับผู้ใช้โทรศัพท์ให้สามารถหาซื้อได้ง่าย สะดวก แม้ว่าร้านค้าจะปิดบริการก็ตาม ซึ่งก็คือ "ตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถืออัตโนมัติ"

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1. เพื่อนำความรู้บางส่วนที่ได้เรียนมาใช้ประโยชน์ในการทำชิ้นงาน
2. ศึกษาหาความรู้ใหม่ๆ เพิ่มเติมจากเนื้อหาที่เรียนมา
3. รู้จักการทำงานเป็นกลุ่ม
4. ฝึกความรับผิดชอบ
5. เพื่ออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้โทรศัพท์มือถือ
6. เพื่อเป็นตัวแทนจำหน่ายบัตรเติมเงิน

1.3 ขอบเขตของโครงงาน

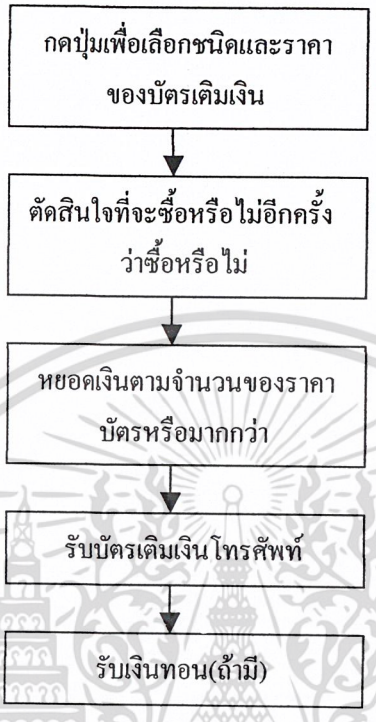
ตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถืออัตโนมัติสามารถขายบัตรเติมเงินออกมาให้แก่ผู้ใช้บริการ โดยสามารถตรวจสอบได้ว่าเงินที่รับมานั้นเป็นของจริงหรือของปลอม และสามารถรู้ได้ว่ามีมูลค่าของเงินที่ใส่เข้าไป เมื่อรู้ได้แล้วสามารถนำมารวมกันเพื่อให้ได้ตรงตามมูลค่าของบัตรเติมเงินที่เลือก และไม่รับเงินเข้ามามากกว่าราคาบัตรจนเกินควร เมื่อขายบัตรไปแล้วสามารถรู้ได้ว่าบัตรเหลืออยู่จำนวนเท่าใดและเมื่อเติมจำนวนบัตรเข้าไปใหม่ สามารถรับรู้ได้ว่ามีจำนวนกี่ใบ และสุดท้ายถ้าเงินที่หยอดเกินราคาบัตรเติมเงิน สามารถรู้ได้ว่าเกินมาเท่าใด แล้วทอนให้ผู้ใช้บริการได้ถูกต้องตามจำนวน

1.4 การทำงานเบื้องต้น

ตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถืออัตโนมัติมีการทำงานเป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งสามารถอธิบายเป็นผังการทำงานดังภาพที่ 1.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการทำงานเริ่มจาก ผู้ซื้อกดเลือกชนิดและราคาบัตรเติมเงินที่มีให้บริการจากนั้นใส่เงินตามจำนวนที่เครื่องแสดงให้ทราบ เมื่อครบจำนวนเงินก็จะจ่ายบัตรเติมเงินให้พร้อมกับเงินที่เหลือ



ภาพที่ 1.1 ขั้นตอนการทำงานตู้ขายบัตรเติมเงิน

ตู้ขายบัตรเติมเงินสามารถแบ่งการทำงานออกเป็นส่วนๆ ตามขั้นตอนการทำงานได้เป็น 4 ส่วนดังต่อไปนี้

1.4.1 ส่วนของการเลือกบัตร

ผู้ใช้จะต้องเลือกรหัสของบัตรโทรศัพท์สองหลัก ซึ่งหลักแรกบ่งบอกถึงชนิดของบัตรเติมเงินว่าเป็นของระบบใด จากนั้นก็กดเลือกหลักที่สองซึ่งเป็นราคาบัตรเติมเงิน ขั้นตอนการทำงานตามแสดงในภาพที่ 1.2

1.4.2 ส่วนของการรับและทอนเงิน

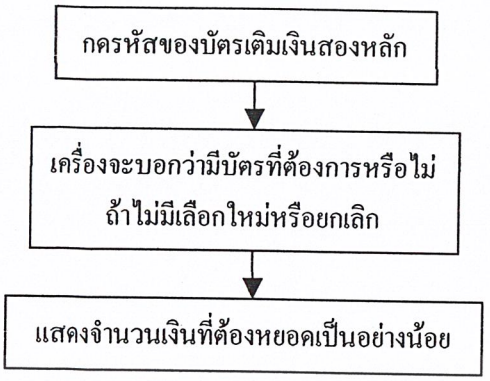
เมื่อแสดงจำนวนเงินแล้ว ก็พร้อมที่จะรับเงินที่จะหยอดเข้ามา ซึ่งมีมูลค่าตั้งแต่ 5 , 10 , 20 , 100 , 500 และ 1,000 บาท เมื่อครบตามจำนวนหรือเกินไปในการหยอดครั้งล่าสุดเครื่องก็จะหยุดรับแล้วจ่ายบัตรเติม พร้อมทอนเงินแก่ผู้ใช้งานเฉพาะ 5 , 10 , 20 , 100 และ 500 บาท เท่านั้น

1.4.3 ส่วนจ่ายบัตรเติมเงิน

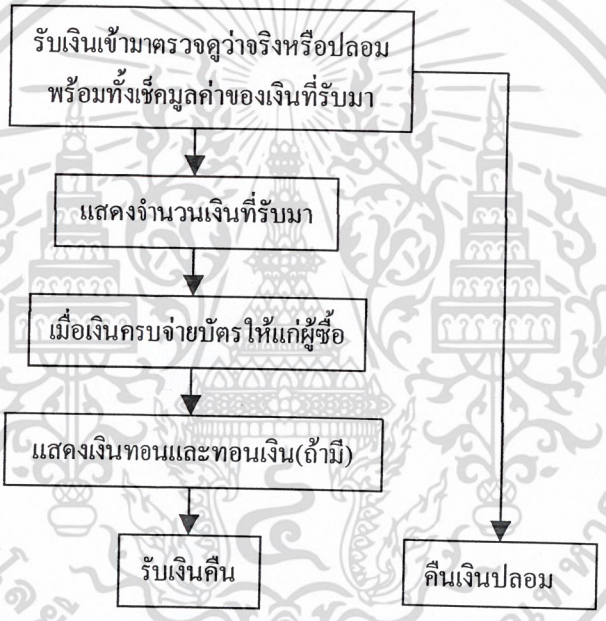
เมื่อเลือกบัตรแล้วเครื่องก็จะจ่ายบัตรให้ต่อเมื่อผู้ใช้กดตกลงซื้อบัตรแล้วดึงบัตรออกมาตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ราคาที่ได้เลือกไว้จากช่องรับบัตร



ภาพที่ 1.2 ขั้นตอนการเลือกบัตรเติมเงิน



ภาพที่ 1.3 ขั้นตอนการรับและทอนเงิน

1.4.4 ส่วนประมวลผลกลาง

ทำหน้าที่ประมวลผลการทำงานของตู้ขายบัตรเติมเงิน และควบคุมให้ทำงานเป็นไปตามลำดับการโปรแกรมที่ได้กำหนดไว้

1.5 ขั้นตอนการศึกษา

การทำโครงงานวิจัยในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ มีขั้นตอนการศึกษาเริ่มจากการศึกษาถึงคุณลักษณะและคุณสมบัติของธนบัตร เหรียญ และ บัตรเติมเงินว่ามีลักษณะเด่นอย่างไรบ้าง แล้วมาคิดหาวิธีที่จะตรวจสอบและจัดกระบวนการสร้างขั้นตอนการทำงานของโครงงานชิ้นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

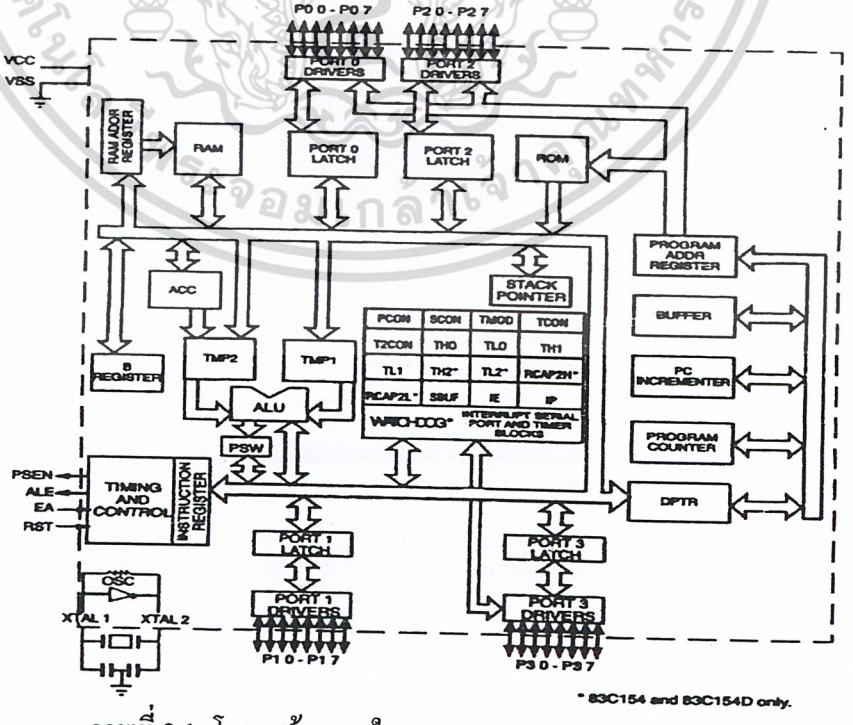
บทที่ 2
ความรู้เบื้องต้นและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS – 51

คุณสมบัติเบื้องต้นของ Microcontroller ในตระกูล MCS-51 จะมีดังนี้

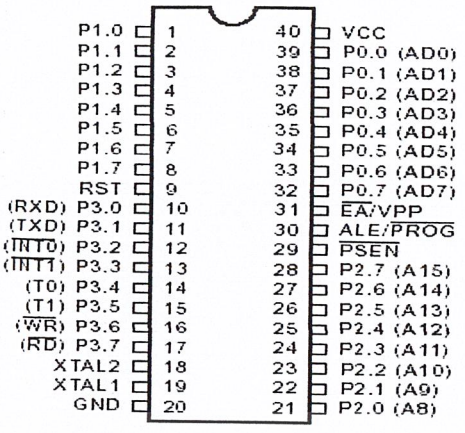
- มี Core CPU ที่เป็น 8-Bit และชุดคำสั่งที่เหมาะในงานควบคุม และสามารถประมวลผลทาง Logic กับข้อมูลในระดับ BIT ได้
- มีหน่วยความจำโปรแกรม 4K และรองรับการใช้งานของหน่วยความจำโปรแกรมได้ถึง 64K
- มีหน่วยความจำ ข้อมูล (RAM) 128 Bytes ภายใน และรองรับการใช้งานของหน่วยความจำข้อมูลได้ถึง 64K
- มี Port ที่เป็นได้ทั้ง I / O ทั้งหมด 4 port และสามารถใช้งานได้ในระดับ BIT
- มีส่วน Timer / Counter ขนาด 16 Bit สองชุด สำหรับใช้ในการจับเวลา หรือนับจำนวน
- มี Full duplex UART สำหรับใช้ รับ/ส่ง ข้อมูลแบบอนุกรม รับ Interrupt ได้จาก 6 แหล่งกำเนิด โดย มี 5 ตำแหน่งของ ISR และการ Interrupt โดยสามารถจัดระดับความสำคัญได้ 2 ระดับ
- มีตัวกำเนิดความถี่ Clock ภายใน

2.1.1 โครงสร้างภายในของ Microcontroller MCS-51



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างภายในของ Microcontroller MCS-51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.2 การจัดวางขาของ 89C51

89C51 มีขาทั้งหมด 40 ขา ซึ่งใช้งานดังนี้

- Vcc (ขา 40) ใช้ไฟเลี้ยง +5 โวลต์
- GND (ขา 20)
- พอร์ต 0 (ขา 32-39) มีขนาด 8 บิต ใช้งาน 2 หน้าที่ คือเป็นได้ทั้งแอดแดรสบัส (A0-A7) และดาต้าบัส (AD0-AD7) เมื่อต้องการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอกหรือเป็นไอโอพอร์ต การใช้งานจำเป็นต้องมีพูลอัพภายนอก
- พอร์ต 1 (ขา 1-8) มีขนาด 8 บิต ใช้เป็นไอโอพอร์ต มีพูลอัพภายใน
- พอร์ต 2 (ขา 21-28) มีขนาด 8 บิต มีพูลอัพภายใน ทำงาน 2 หน้าที่ คือสามารถเป็นแอดแดรสบัส (A8-A15) และเป็นไอโอพอร์ต เมื่อต้องการเป็น อินพุตจะต้องส่งลอจิก "1" ออกไปก่อน
- พอร์ต 3 (ขา 10-17) มีขนาด 8 บิต การใช้งานเหมือน พอร์ต 1 แต่จะสามารถใช้งานเป็นพอร์ตส่งสัญญาณควบคุมและรับสัญญาณเข้าได้

P3.0/RXD เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม

P3.1/TXD เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

P3.2/INT0 เป็นขารับสัญญาณการขัดจังหวะภายนอกเบอร์ 0 ทำงานที่ลอจิก 0

P3.3/INT1 เป็นขารับสัญญาณการขัดจังหวะภายนอกเบอร์ 1 ทำงานที่ลอจิก 0

P3.4/T0 เป็นขารับสัญญาณพัลซ์อินพุตเข้าไปยังวงจร Counter 0

P3.5/T1 เป็นขารับสัญญาณพัลซ์อินพุตเข้าไปยังวงจร Counter 1

P3.6/WR ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลลงหน่วยความจำภายนอก ทำงานที่ลอจิก 0

P3.7/RD ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก ทำงานที่ลอจิก 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ALE (ขา 30) ขาส่งสโตรบออกใช้สำหรับการแลตซ์แอดแดรสไบร์ต่ำที่ส่งออกมาจากพอร์ต 0 จะแอคทีฟทุกๆ 2 ครั้งในหนึ่งแมชชีนไซเคิล
- PSEN (ขา 29) ขาสโตรบใช้อ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมภายนอก
- EA (ขา 31) ใช้เลือกหน่วยความจำโปรแกรม

  ป้อน 0 จะอ่านโปรแกรมจากภายนอกชิพ

  ป้อน 1 จะอ่านโปรแกรมภายในชิพ
- RST (ขา 9) ขารีเซ็ท จะรีเซ็ทเมื่อได้รับลอจิก 1 อย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล
- XTAL1 (ขา 19)ใช่ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิสเลเตอร์
- XTAL2 (ขา 18)ใช่ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นอินพุตเข้าสู่วงจรออสซิสเลเตอร์

2.1.2 SFR รีจีสเตอร์ชนิดพิเศษ

รายละเอียดของตำแหน่งข้อมูลต่างๆ ใน SFR จะเป็นดังนี้

	8 Bytes							
F8	IOCON							FF
F0	B							F7
E8								EF
E0	ACC							E7
D8								DF
D0	PSW							D7
C8	T2CON		RCAP2L	RCAP2H	TL2	TH2		CF
C0								C7
B8	IP							BF
B0	P3							B7
A8	IE							AF
A0	P2							A7
98	SCON	SBUF						9F
90	P1							97
88	TCON	TMOD	TL0	TL1	TH0	TH1		8F
80	P0	SP	DPL	DPH			PCON	87

t_____ bit addressable

ภาพที่ 2.3 รายละเอียดของตำแหน่งข้อมูลต่างๆ ใน SFR

จะเห็นได้ว่าตำแหน่งต่างๆ ใน SFR จะไม่ได้ถูกใช้ทั้งหมด การอ่านข้อมูลจากตำแหน่งที่ยังไม่ได้ กำหนดนี้ จะทำให้ได้ค่าสุ่มออกมา ส่วนการเขียนข้อมูลเข้าไปจะไม่มีผลใดๆ แต่อย่างไรก็ดี เราไม่ควรเขียนข้อมูล '1' เข้าไปในตำแหน่งที่ไม่ได้กำหนดนี้ เนื่องจากมันอาจถูกใช้งานในการควบคุมฟังก์ชันการทำงานที่จะเพิ่มเข้ามาในอนาคต

- Accumulator

ACC จะคือ accumulator ซึ่งจะมีตำแหน่งในหน่วยความจำภายในเท่ากับ 0E0H มีขนาด 8 Bit เป็น Register ที่ใช้กันมาก ในรหัสคำสั่งช่วยจำจะใช้อักษร A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- B Register

จะมีตำแหน่งในหน่วยความจำภายในเท่ากับ 0F0H มีขนาด 8 Bit จะใช้ในการคูณและการหารเท่านั้น หรืออาจใช้ในการเก็บข้อมูลอื่นๆ ที่ต้องการก็ได้

- Program status word (PSW)

จะมีตำแหน่งในหน่วยความจำภายในเท่ากับ D0H มีขนาด 8 Bit แต่ละ Bit จะบอกถึงสภาวะต่างๆ ในการทำงานของ CPU (Flag) ซึ่งแต่ละ Bit ของ PSW สามารถกำหนดให้เป็น 1 หรือ 0 ได้โดยคำสั่ง SETB หรือ CLRB ตามลำดับค่าตำแหน่ง Bit Address 0 ถึง Bit 7 ของ PSW เท่ากับ D0h ถึง D7h

- Stack Pointer

จะมีตำแหน่งในหน่วยความจำภายในเท่ากับ 081H มีขนาด 8 Bit Register นี้ใช้ชี้ตำแหน่งในหน่วยความจำภายใน 8051 ที่จะใช้สร้างเป็น Stack ในการทำงานของ MCS-51 ค่าของ SP นี้จะมีค่าที่เพิ่มขึ้น ก่อนที่จะมีการเก็บข้อมูลเข้าไปด้วยคำสั่ง PUSH หรือ CALL

การกำหนดตำแหน่งของ Memory ที่จะสร้างเป็น Stack นั้นสามารถกำหนดให้เป็นที่ใดก็ได้ใน Internal data memory และเมื่อทำการ Reset ค่าเริ่มต้นของ SP จะค่าเป็น 07h ซึ่งจะทำให้การเก็บข้อมูลในตำแหน่งแรกของ Stack เริ่มที่ Internal data memory ตำแหน่งที่ 08h

- Data Pointer Register

Data Pointer (DPTR) จะอยู่ในตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 82h และ 83h DPTR นี้ประกอบไปด้วย Register ขนาด 8 Bit 2 ตัวคือ DPH และ DPL ซึ่ง DPTR นี้ จะใช้ในการชี้ตำแหน่งของข้อมูลของ External data memory แบบ 16 Bit ในการแก้ไขข้อมูลใน Register DPTR จะทำได้ทีละ 16 Bit หรือกระทำทีละ 8 Bit ก็ได้ (DPH, DPL)

- PORT 0 ถึง 3

จะตำแหน่งในหน่วยความจำภายในเท่ากับ 80h, 90h, 0A0h, 0B0h เป็น Registerขนาด 8 Bit การเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำแต่ละตำแหน่งเป็นการส่งข้อมูลไปยังพอร์ทนั้นๆ ของ MCS-51 ข้อมูลที่เขียนออกไปจะถูก Latch ค้างไว้ที่ Register นี้ และปรากฏแต่ละ Bit ของ Port เช่น ถ้าเขียนข้อมูล 18h ไปที่หน่วยความจำตำแหน่ง 80h ก็จะปรากฏ Logic 0001 1000 ที่ขา 7 ถึง 0 ของ Port 0 ในการอ่านข้อมูลจาก Register แต่ละตัวจะเป็นการอ่านสภาวะ Logic ที่มีปรากฏอยู่แต่ละขาของ Port นั้นๆ

- Serial Data Buffer (SBUF)

จะตำแหน่งหน่วยความจำภายในเท่ากับ 99H มีขนาด 8 Bit แต่จากโครงสร้างภายในแล้วมันคือ Register 2 ตัวที่มีชื่อเดียวกัน ตัวหนึ่งสำหรับเก็บข้อมูลที่จะส่งแบบอนุกรม และอีกตัวหนึ่งสำหรับรับข้อมูลแบบอนุกรมที่เข้ามา ในการเขียนข้อมูลเข้าที่ SBUF มันจะถูกเขียนไปยังที่สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เก็บข้อมูลสำหรับส่ง และเริ่มต้นการส่งข้อมูล ส่วนการอ่านข้อมูลจาก SBUF ก็จะเป็นการอ่านค่าของข้อมูลที่รับเข้ามาได้

- TIMER Register

คู่ของ Register (TH0, TL0) (TH1, TL1) และ (TH2, TL2) ซึ่งอยู่ในตำแหน่งหน่วยความจำภายใน (8Ch, 8Ah) (8Dh, 8Bh) และ (0CDh, 0CCh) ตามลำดับ ซึ่งจะใช้ในการเก็บค่าของการนับแบบ 16 Bit ในการใช้งานเป็น Timer หรือ Counter ใน 80C51 จะมี Timer อยู่ 2 ชุดคือ Timer 0 และ Timer 1 ใน Timer แต่ละชุดจะมี Register ขนาด 8 Bit อยู่ 2 ตัว เพื่อเก็บค่าการนับของ Timer ได้สูงสุดถึง 16 Bit

การกำหนดการทำงานของวงจร Timer ในโหมด Timer หรือ Counter ทำได้โดยการกำหนดใน Register TMOD (Timer/Counter Mode Control Register) การทำงานเป็น Timer จะให้ Register ใน Timer 0 หรือ 1 ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณนาฬิกา ในการให้วงจร Timer ทำงานเป็น Counter คือการใช้ Register THx และ TLx ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่เข้ามาทางขา T0 หรือ T1

- Control Register

และ PCON จะสำหรับกำหนดรูปแบบการใช้พลังงานของตัว CPU เอง SFR ที่ชื่อ IP, IE จะสำหรับกำหนดรูปแบบการทำงาน และสถานะของการ Interrupt TMOD, TCON, T2CON จะสำหรับกำหนดรูปแบบการทำงานของ Timer/Counter และ SCON จะสำหรับกำหนดรูปแบบการทำงานของ Serial port

2.2 การเชื่อมโยง 8255 กับ MCS-51

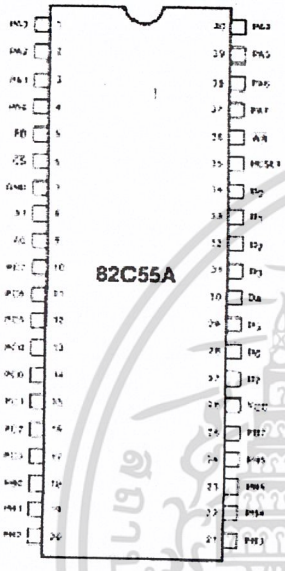
8255 (PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE) เป็นชิพขนาด 40 ขามีอยู่ 3 พอร์ตคือ ABC เป็นพอร์ต 8 บิตที่สามารถโปรแกรมให้เป็นอินพุทหรือเอาท์พุทก็ได้ โดยที่พอร์ท C ยังแบ่งเป็น 4 บิตบน และ 4 บิตล่างโดยมีโครงสร้างตามรูป

2.2.1 ขาสัญญาณต่างๆของ 8255

D0-D7	บัสข้อมูลเชื่อมโยงกับ CPU
A0-A7	ใช้เลือกพอร์ท A, B, C, และพอร์ตควบคุม
RESET	เมื่อขานี้ได้รับสัญญาณกระตุ้นลอจิก 1 จะทำให้ 8255 ถูกรีเซ็ตมีผลทำให้ทุกพอร์ต เป็นอินพุททันที
PA7-PA0	เป็นพอร์ตขนาด 8 บิต
PB7-PB0	เป็นพอร์ตขนาด 8 บิต
PC7-PC0	เป็นพอร์ตขนาด 8 บิต

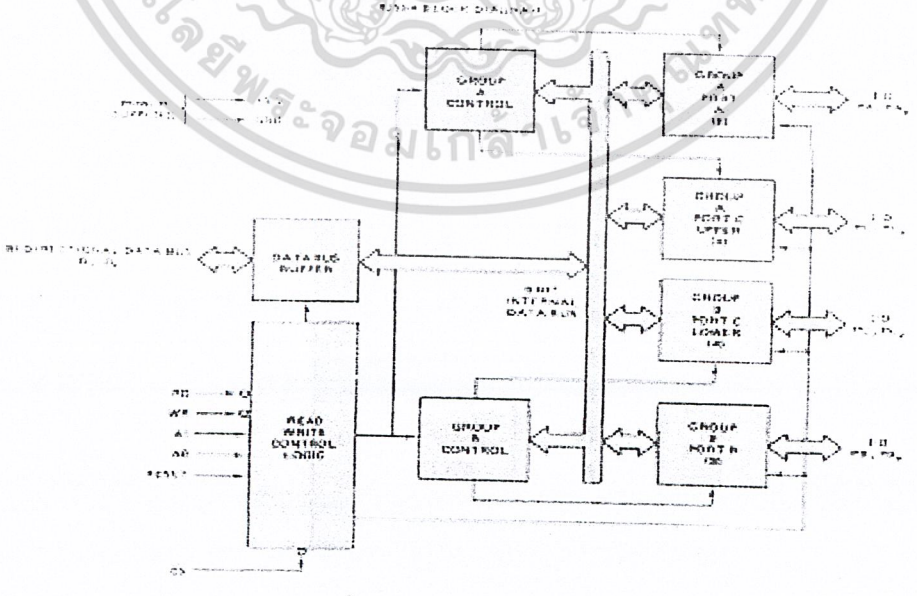
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RD/	ในการอ่านข้อมูลพอร์ตของ 8255 ต้องทำให้ขานี้เป็นลอจิก 0 พร้อมกับCS/
WR/	ในการเขียนข้อมูลหรือโปรแกรมลงบนลงบน 8255 ต้องทำให้ขานี้เป็นลอจิก 0 พร้อมกับCS/
CS/	เป็นขาเลือกชิพ 8255 ได้ขานี้โดยต่อกับ I/O



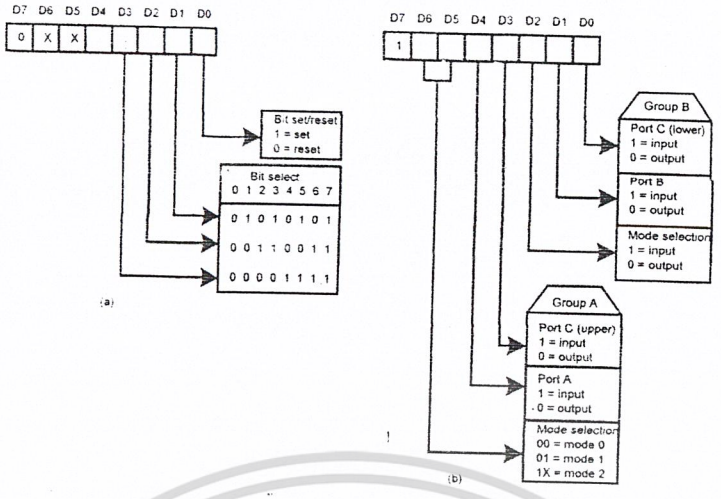
D0-D7	DATA BUS
RESET	RESET INPUT
CS	CHIP SELECT
RD	READ INPUT
WR	WRITE INPUT
A0-A1	PORT ADDRESS
PA0-PA7	PORT A (8BIT)
PB0-PB7	PORT B (8BIT)
PC0-PC7	PORT C (8BIT)
Vcc	+5 Volts
GND	0 Volts

ภาพที่ 2.4 การจัดวางขาของ 8255



ภาพที่ 2.5 โครงสร้างภายในของ 8255

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.6 CONTROL WORDS ทั้ง 2 แบบของ MODE และ BIT DEFINITION FORMAT

ตารางที่ 2.1 สรุปโหมดต่างๆของ 8255

	MODE 0		MODE 1		MODE 2
	IN	OUT	IN	OUT	GROUP A ONLY
PA_0	IN	OUT	IN	OUT	←
PA_1	IN	OUT	IN	OUT	←
PA_2	IN	OUT	IN	OUT	←
PA_3	IN	OUT	IN	OUT	←
PA_4	IN	OUT	IN	OUT	←
PA_5	IN	OUT	IN	OUT	←
PA_6	IN	OUT	IN	OUT	←
PA_7	IN	OUT	IN	OUT	←
PB_0	IN	OUT	IN	OUT	MODE 0 OR MODE 1 ONLY
PB_1	IN	OUT	IN	OUT	MODE 0 OR MODE 1 ONLY
PB_2	IN	OUT	IN	OUT	MODE 0 OR MODE 1 ONLY
PB_3	IN	OUT	IN	OUT	MODE 0 OR MODE 1 ONLY
PB_4	IN	OUT	IN	OUT	MODE 0 OR MODE 1 ONLY
PB_5	IN	OUT	IN	OUT	MODE 0 OR MODE 1 ONLY
PB_6	IN	OUT	IN	OUT	MODE 0 OR MODE 1 ONLY
PB_7	IN	OUT	IN	OUT	MODE 0 OR MODE 1 ONLY
PC_0	IN	OUT	$INTR_B$	$INTR_B$	I/O
PC_1	IN	OUT	IBF_B	$\overline{OBF}_B$	I/O
PC_2	IN	OUT	$\overline{STB}_B$	$\overline{ACK}_B$	I/O
PC_3	IN	OUT	$INTR_A$	$INTR_A$	$INTR_A$
PC_4	IN	OUT	$\overline{STB}_A$	I/O	$\overline{STB}_A$
PC_5	IN	OUT	IBF_A	I/O	IBF_A
PC_6	IN	OUT	I/O	$\overline{ACK}_A$	$\overline{ACK}_A$
PC_7	IN	OUT	I/O	$\overline{OBF}_A$	$\overline{OBF}_A$

2.2.2 โหมดการทำงาน

การทำงานด้วยกัน 3 โหมด ดังตารางที่ 2.1

โหมด 0 มีการทำงานแบบ BASIC I/O ไม่มี handshake

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด 1 โหมดนี้ใช้พอร์ท A, Bในการรับหรือส่งข้อมูล และใช้พอร์ท C ในการตรวจสอบสัญญาณ handshake

โหมด 2 โหมดนี้ใช้พอร์ท A ในการรับส่งข้อมูล 2 ทาง และพอร์ท Bในการรับหรือส่งข้อมูล และใช้พอร์ท C บิต 0, 1, 2 ในการส่งข้อมูลบิตและบิต 3 , 4 , 5 , 6 , 7 เป็นสัญญาณ handshake

เมื่อขา WR/, RD/, A0, A1, CS/ ทำงานทั้ง 5 ขาจะมีฟังก์ชันการทำงานดังตารางที่ 2.2

2.2.3 การถอดรหัสตำแหน่งพอร์ตของ 8255

การถอดรหัสตำแหน่งพอร์ตแสดงในภาพที่ 2.7 ได้เบอร์พอร์ตดังนี้

ตารางที่ 2.2 ตารางความจริงของ 8255

A1	A0	$\overline{RD}$	$\overline{WR}$	$\overline{CS}$	
					Input operation (READ)
0	0	0	1	0	Port A → data bus
0	1	0	1	0	Port B → data bus
1	0	0	1	0	Port C → data bus
					Output operation (WRITE)
0	0	1	0	0	Data bus → port A
0	1	1	0	0	Data bus → port B
1	0	1	0	0	Data bus → port C
1	1	1	0	0	Data bus → control
					Disable function
X	X	X	X	1	Data bus → 3-state
1	1	0	1	0	Illegal condition
X	X	1	1	0	Data bus → 3-state

Source: Courtesy of Intel Corporatioon.

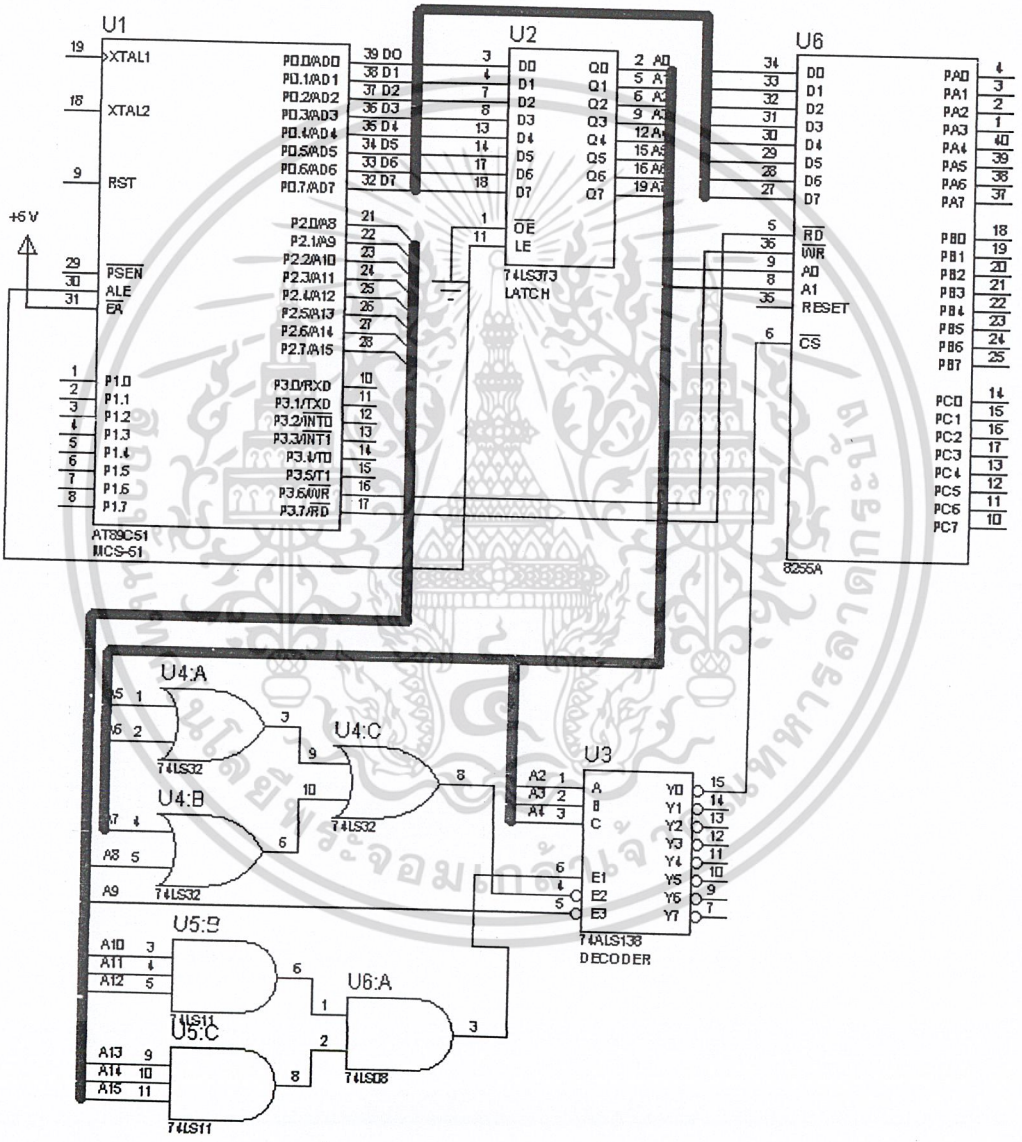
8000H - 8FFFH	C000H - CFFFH
9000H - 9FFFH	D000H - CFFFH
A000H - A000H	E000H - EFFFH
B000H - BFFFH	F000H - FFFFH

และใช้เอาท์พุตที่ตำแหน่ง (F000H-FFFFH) มาถอดรหัสร่วมกับ A8 , A9 , A10 โดยใช้ 74LS138 ได้พอร์ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

F800H-F8FFH	FC00H-FCFFH
F900H-F9FFH	FD00H-FDFFH
FA00H-FAFFH	FE00H-FEFFH
FB00H-FBFFH	FF00H-FFFFH

สัญญาณเลือกชิพ 8255 ใช้เบอร์พอร์ท (FCOOH-FCFFH) และ A0, A1 ต่อเข้า A0 , A1 ของ 8255 จะได้เบอร์พอร์ทของ 8255 ดังตารางที่ 2.2-3



ภาพที่ 2.7 การเชื่อมโยง 8255 เข้ากับ CPU

2.2.4 การเชื่อมโยง 8255 เข้ากับ CPU

ดังแสดงการต่อในภาพที่ 2.7 , I/O จากวงจรการถอดรหัส จะใช้ไอซีถอดรหัสร่วมกับไอซีเลตท์ ซึ่งสามารถถอดรหัสได้ค่าดังตารางที่ 2.2-4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

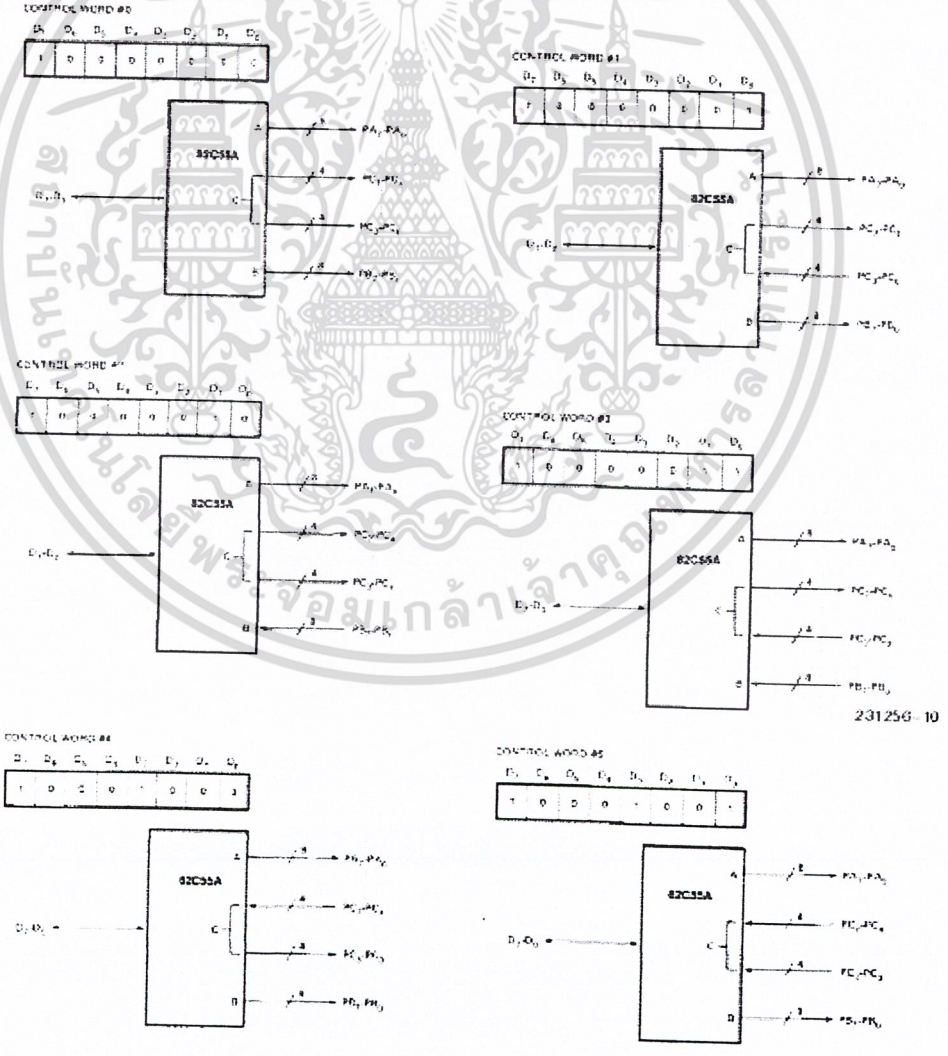
ตารางที่ 2.3 ส่วนของขา RD/ , WR/ ของ8255ต่อมาจาก RD/ , WR/ ของ MCS-51

I/O (ADDRESS)	8255(PORT)
FC00H	A
FC01H	B
FC02H	C
FC03H	CONTROL

2.2.5 การโปรแกรม 8255

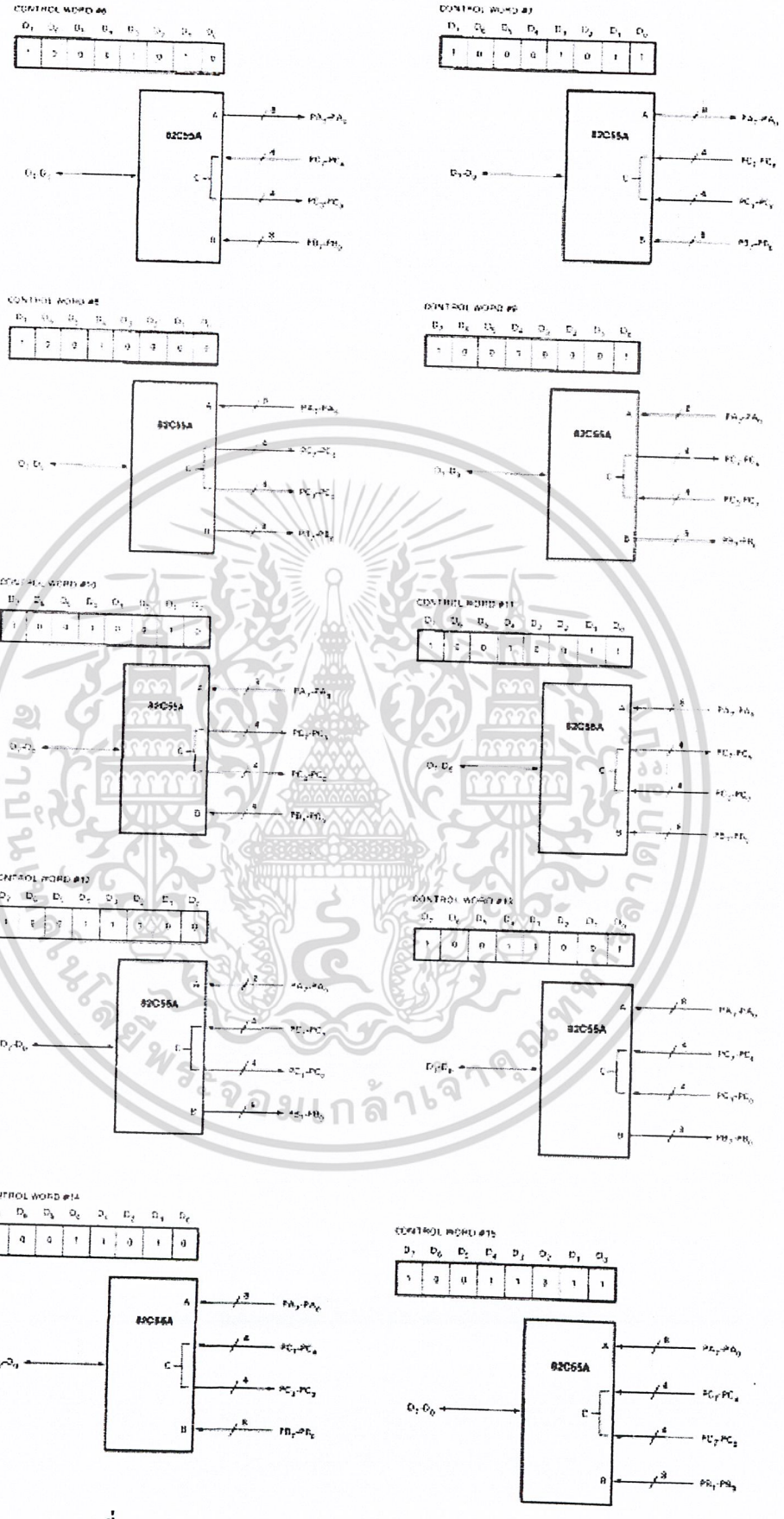
จะใช้ตารางการโปรแกรมดังรูปที่ 2.8

- Mode O Configuration



ภาพที่ 2.8 CONTROL WORDS AND CONFIGULATION

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

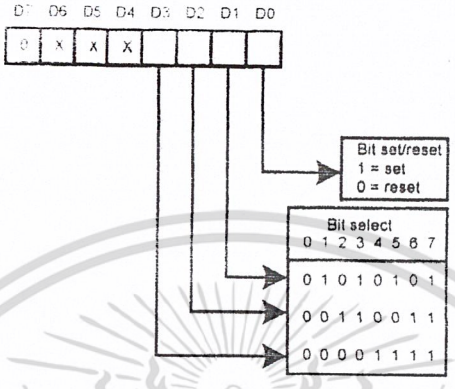


ภาพที่ 2.9 CONTROL WORDS AND CONFIGULATION (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.6 The Bit Set / Reset Mode

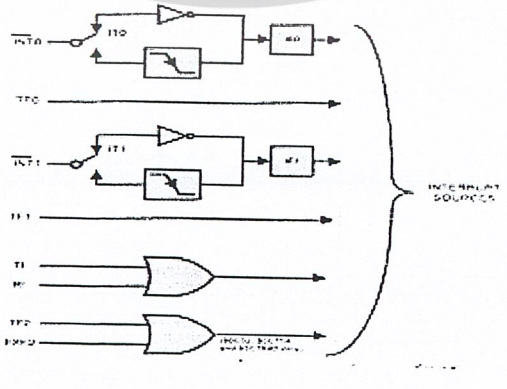
นอกจากเราจะใช้พอร์ท A , B , C ในการโปรแกรมให้เป็นอินพุท/เอาท์พุทแล้วเรายังสามารถที่จะโปรแกรมพอร์ท C บิต PC0-PC7 ให้เป็นลอจิก 0 หรือ 1 (ใช้งานเป็นเอาพุท) เพื่อใช้เป็นสัญญาณ STROBE ได้ วิธีการโปรแกรมพอร์ต C ดังแสดงภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 โปรแกรมบิตของพอร์ต C (ใช้เป็นเอาท์พุทเท่านั้น)

2.3 การอินเตอร์รัพต์

คือ การขัดจังหวะโปรแกรมชั่วขณะแล้วมาทำโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพต์ (Interrupt Service Routine:ISR) การตรวจสัญญาณการร้องขออินเตอร์รัพต์จะตรวจสอบที่ตำแหน่ง S5P2 ของทุกๆ แมชชีนไซเคิลที่ 2 จะเป็นการตรวจสอบว่าเป็นอุปกรณ์ใด แมชชีนไซเคิลที่ 3 จะกระโดดไปทำการบริการอินเตอร์รัพต์ (Interrupt Service Routine:ISR) แสดงค่า Vector ดังตารางที่ 2.4 อินเตอร์รัพต์ของ MCS-51 ได้มาจาก 6 แหล่งและมีเพียง 5 Vector (เพิ่ม Timer/Counter 2 เข้ามา) สำหรับเบอร์ 8031 , 8051 สำหรับเบอร์ 8032 , 8052 ขึ้นไปจะมี 8 แหล่ง 6 Vector (เพิ่ม Timer/Counter 2 เข้ามา) ดังภาพที่ 2.11 ซึ่งแสดงแหล่งที่มาของสัญญาณอินเตอร์รัพต์จากอุปกรณ์ที่มีทั้งภายในและภายนอกชิพ



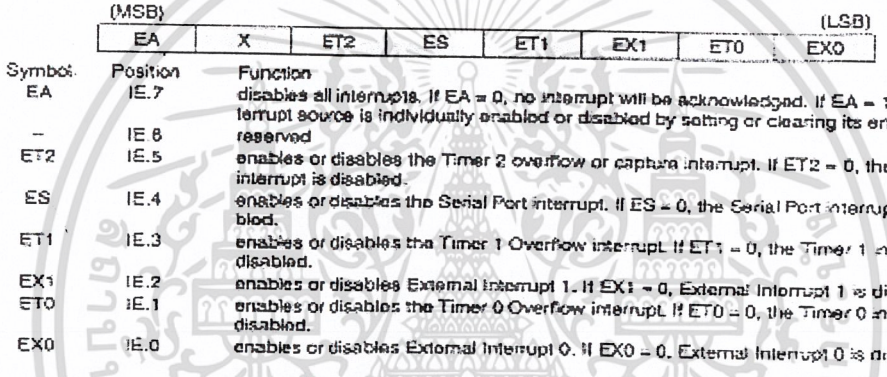
ภาพที่ 2.11 แสดงแหล่งที่มาของสัญญาณอินเตอร์รัพต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.4 แสดงชื่อสัญญาณอินเตอร์รัพต์

ลำดับ	ชื่อสัญญาณอินเตอร์รัพต์	Vector Address	Priority
1	IE0 (จากขา INT0/)	0003H	highest
2	TF0 (Timer/Counter)	000BH	
3	IE1 (จากขา INT1/)	0013H	
4	TF0 (Timer/Counter1)	001BH	
5	TI+Ri (จากSerial Port)	0023H	
6	TF2+EXF2 (จากTimer/Counter2)*	002BH	lowest

* (TF2+EXF2) มีเฉพาะในเบอร์ 8052 ขึ้นไป



(MSB)							(LSB)
EA	X	ET2	ES	ET1	EX1	ET0	EX0

Symbol	Position	Function
EA	IE.7	disables all interrupts. If EA = 0, no interrupt will be acknowledged. If EA = 1, each interrupt source is individually enabled or disabled by setting or clearing its enable bit.
–	IE.6	reserved
ET2	IE.5	enables or disables the Timer 2 overflow or capture interrupt. If ET2 = 0, the Timer 2 interrupt is disabled.
ES	IE.4	enables or disables the Serial Port interrupt. If ES = 0, the Serial Port interrupt is disabled.
ET1	IE.3	enables or disables the Timer 1 Overflow interrupt. If ET1 = 0, the Timer 1 interrupt is disabled.
EX1	IE.2	enables or disables External Interrupt 1. If EX1 = 0, External Interrupt 1 is disabled.
ET0	IE.1	enables or disables the Timer 0 Overflow interrupt. If ET0 = 0, the Timer 0 interrupt is disabled.
EX0	IE.0	enables or disables External Interrupt 0. If EX0 = 0, External Interrupt 0 is disabled.

ภาพที่ 2.12 Interrupt Enable Register (IE)

2.3.1 IE (Interrupt Enable Register)

ใช้ควบคุมอินเตอร์รัพต์ได้ 6 แหล่ง 5 Vector คือจาก (TI , RI) , TF , TF1 , IE0 , IE1 เรา สามารถห้ามหรือไม่ห้ามการอินเตอร์รับได้จากรีจิสเตอร์ชุดนี้ รายละเอียดดังตารางที่2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงการจัดลำดับความสำคัญสัญญาณอินเตอร์รัพต์

บิต	ชื่อบิต	การทำงาน
IE.7	EA/	=1 หมายถึงการยอมให้เลือกการทำอินเตอร์รัพต์จากแหล่งต่างๆได้ =0 หมายถึงไม่ยอมให้ทำการอินเตอร์รัพต์จากแหล่งใดๆทั้งสิ้น
IE.6	X	ไม่ได้ใช้งาน
IE.5	ET2	=1 หมายถึง ยอมให้ทำการอินเตอร์รัพต์เมื่อ TF2 เกิดโอเวอร์โฟลว์ =0 หมายถึง ไม่ยอมให้ทำการอินเตอร์รัพต์เมื่อ TF2 เกิดโอเวอร์โฟลว์
IE.4	ES	=1 หมายถึง ยอมให้ทำการอินเตอร์รัพต์จากพอร์ตอนุกรมได้ =0 หมายถึง ไม่ยอมให้ทำการอินเตอร์รัพต์จากพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

IE.3	ET1	=1 หมายถึง ยอมให้ทำการอินเตอร์รัพต์เมื่อ TF1 เกิดโอเวอร์โฟลว์ =0 หมายถึง ไม่ยอมให้ทำการอินเตอร์รัพต์เมื่อ TF1 เกิดโอเวอร์โฟลว์
IE.2	EX1	=1 หมายถึง ยอมให้ทำการอินเตอร์รัพต์จากสัญญาณภายนอกหมายเลข1 =0 หมายถึง ไม่ยอมให้ทำการอินเตอร์รัพต์จากสัญญาณภายนอกหมายเลข1
IE.1	ET0	=1 หมายถึง ยอมให้ทำการอินเตอร์รัพต์เมื่อ TF0 เกิดโอเวอร์โฟลว์ =0 หมายถึง ไม่ยอมให้ทำการอินเตอร์รัพต์เมื่อ TF0 เกิดโอเวอร์โฟลว์
IE.0	ET0	=1 หมายถึง ยอมให้ทำการอินเตอร์รัพต์จากสัญญาณภายนอกได้ ขาINT0/ =0 หมายถึง ไม่ยอมให้ทำการอินเตอร์รัพต์จากสัญญาณภายนอก ขาINT0/

2.3.2 รายละเอียดของ IP

คำอธิบายความหมายในแต่ละบิต IP

PT2: 0 Timer 2 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด

1 Timer 2 มีลำดับความสำคัญสูงสุด

PS: 0 พอร์ตสื่อสารอนุกรมมีลำดับความสำคัญต่ำสุด

1 พอร์ตสื่อสารอนุกรมมีลำดับความสำคัญต่ำสุด

PT0: 0 Timer1 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด

1 Timer 1 มีลำดับความสำคัญสูงสุด

PT0: 0 Timer 0 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด

1 Timer 0 มีลำดับความสำคัญสูงสุด

PX0: 0 อินเตอร์รัพต์ภายนอกชนิด 0 มีลำดับความสำคัญต่ำสุด

1 อินเตอร์รัพต์ภายนอกชนิด 0 มีลำดับความสำคัญสูงสุด

PCT: (83C154/83C154D Only)

0 ยอมให้มีการจัดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพต์

1 ไม่ยอมให้มีการจัดลำดับความสำคัญของการอินเตอร์รัพต์ การทำหรือไม่ทำอินเตอร์รัพต์ควบคุมจาก IE

การเลือกลักษณะของการทริก(Interrupt Type Control) ไม่ได้อยู่ในรีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการอินเตอร์รัพต์แต่ไปอยู่ในรีจิสเตอร์ TCON แทนรายละเอียดในเรื่องไทม์เมอร์/เคาเตอร์

61367
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(MSB)							(LSB)
PCT	X	PT2	PS	PT1	PX1	PT0	PX0

Symbol	Position	Function
PCT	IP.7	83C154/C154D only. Priority interrupt circuit control bit. The priority register contents are valid and priority assigned interrupts can be processed when this bit is "0". When the bit is "1", the priority interrupt circuit is stopped, and interrupts can only be controlled by the interrupt enable register (IE).
–	IP.6	reserved
PT2	IP.5	defines the Timer 2 interrupt priority level. PT2 = 1 programs it to the higher priority level.
PS	IP.4	defines the Serial Port interrupt priority level. PS = 1 programs it to the higher priority level.
PT1	IP.3	defines the Timer 1 interrupt priority level. PT1 = 1 programs it to the higher priority level.
PX1	IP.2	defines the External Interrupt 1 priority level. PX1 = 1 programs it to the higher priority level.
PT0	IP.1	defines the Timer 0 interrupt priority level. PT0 = 1 programs it to the higher priority level.
PX0	IP.0	defines the External Interrupt 0 priority level. PX0 = 1 programs it to the higher priority level.

ภาพที่ 2.13 แสดงรายละเอียดของ IP

2.4 TIMER และ COUNTER

จากส่วนประกอบภายในของ MSC-51 ซึ่งมี Timer/Counters ให้นั้น สำหรับ 80C51 จะมี 16 bit Timer/Counter register ให้ 2 ชุด (คือ Timer 0 และ Timer 1) และสำหรับ 80C52, 83C154 และ 83C154D จะมีเพิ่มขึ้นอีก 1 ตัว (คือ Timer 2) ซึ่งทั้งหมดนี้สามารถที่จะใช้งานเป็น Timer หรือ Even counter ก็ได้

เมื่อใช้งานเป็น **Timer** ค่าใน Register จะเพิ่มขึ้นเองทุกๆ Machine cycle จากที่ 1 Machinecycle ใช้สัญญาณ Clock 12 ลูก ดังนั้น ค่าของ Timer จะนับขึ้นด้วยความเร็ว 1/12 ของความถี่ Clockที่ใช้

เมื่อใช้งานเป็น **Counter** ค่าใน Register จะมีค่าเพิ่มขึ้นทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงสถานะ 0 – 1 ของสัญญาณจากภายนอกที่ขา Input ที่สัมพันธ์กัน (T0, T1 และ T2) ในการทำงานของ Counter นี้ สัญญาณจากภายนอก จะถูกตรวจสอบในช่วงเวลาของ S5P2 ของทุกๆ Machine cycle เมื่อมันตรวจพบสถานะที่เป็น 1 ใน Cycle ใดๆ แล้วตรวจพบสถานะที่เป็น 0 ใน Cycle ถัดมา ค่าของ Counter ก็จะเพิ่มขึ้น โดยค่าของ Register จะมีการเปลี่ยนแปลงในช่วงเวลาของ S3P1 ของ Cycle ต่อไป จากที่การทำงานของ Counter ที่ตรวจสอบสัญญาณ ใน 2 Cycle ก็จะทำให้ได้ ความถี่สูงสุดที่จะนับได้คือ 1/24 ของสัญญาณ Clock ที่ใช้

2.4.1 Timer 0 and Timer 1

Timer/Counter 0 และ Timer/Counter 1 ที่อยู่ใน MCS-51 จะสามารถกำหนดรูปแบบการใช้งานได้จาก Bit C/~T ของ Register TMOD ใน SFR และ Mode การทำงานจะเลือกได้จาก Bit M0, M1 ซึ่งเลือกได้ทั้งหมด 4 Mode ด้วยกัน การทำงานของ Timer/Counter ใน Mode 0,1และ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ Timer 0 และ Timer 1 จะเหมือนกัน ส่วนการทำงานใน Mode 3 จะแตกต่างกัน โดยสรุปได้ดังนี้

Register TMOD

- GATE BIT

เป็น Bit ที่ใช้ควบคุมให้ Timer ทำงานหรือไม่ ถ้า Bit นี้ของ Timer x ถูกตั้งเป็น 1 (Hardware controlled) จะทำให้ Timer ทำงานก็ต่อเมื่อสัญญาณที่ขา INTx เป็น 1 และ Bit TRx ใน Register TCON เป็น 1 ด้วย 0 (Software controlled) จะทำให้ Timer ทำงานเมื่อ Bit TRx ใน Register TCON เป็น

GATE	C/$\overline{T}$	M1	M0	GATE	C/$\overline{T}$	M1	M0
TIMER 1				TIMER 0			

GATE	When TRx (in TCON) is set and GATE = 1, TIMER/COUNTERx will run only while INTx pin is high (hardware control). When GATE = 0, TIMER/COUNTERx will run only while TRx = 1 (software control).
C/$\overline{T}$	Timer or Counter selector. Cleared for Timer operation (input from internal system clock). Set for Counter operation (input from Tx input pin).
M1	Mode selector bit (NOTE 1).
M0	Mode selector bit (NOTE 1).

NOTE 1 :

M1	M0		OPERATING MODE
0	0	0	13-bit Timer
0	1	1	16-bit Timer/Counter
1	0	2	8-bit Auto-Reload Timer/Counter
1	1	3	(Timer 0) TL0 is an 8-bit Timer/Counter controlled by the standard Timer 0 control bits, TH0 is an 8-bit Timer and is controlled by Timer 1 control bits.
1	1	3	(Timer 1) Timer/Counter 1 stopped.

ภาพที่ 2.14 รีจีสเตอร์ TMOD

- C/T Bit

สำหรับเลือกการทำงานของ Timer/Counter ว่าจะใช้เป็น Timer หรือ Counter ถ้า Bit นี้เป็น1 (Counter) เลือกการทำงานเป็น Counter ซึ่งก็จะทำการนับสัญญาณที่เข้ามาที่ ขา Tx 0 (Timer) เลือกการทำงานเป็น Timer ซึ่งก็จะทำการนับสัญญาณ Clock/1

Register TCON

- TF1 Bit Timer 1 Overflow Flag ซึ่งจะมีสถานะเป็น 1 เมื่อ Timer 1 register นับจนเกิด Overflow สถานะของ TF1 นี้จะถูก Clear ได้เองเมื่อ CPU ทำงานตาม Interrupt นั้นๆ

- TR1 Bit Timer 1 Run Control Bit เป็น Bit ที่สามารถควบคุมได้ด้วย Software สำหรับควบคุมการนับของ Timer 1 Register

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(MSB) (LSB)

TF1	TR1	TF0	TR0	IE1	IT1	IE0	IT0

Symbol	Position	Name and Significance
TF1	TCON.7	Timer 1 overflow Flag. Set by hardware on timer/counter overflow. Cleared by hardware when processor vectors to interrupt routine.
TR1	TCON.6	Timer 1 Run control bit. Set/cleared by software to turn timer/counter on/off.
TF0	TCON.5	Timer 0 overflow Flag. Set by hardware on timer/counter overflow. Cleared by hardware when processor vectors to interrupt routine.
TR0	TCON.4	Timer 0 Run control bit. Set/cleared by software to turn timer/counter on/off.
IE1	TCON.3	Interrupt 1 Edge flag. Set by hardware when external interrupt edge detected. Cleared when interrupt processed.
IT1	TCON.2	Interrupt 1 Type control bit. Set/cleared by software to specify falling edge/low level triggered external interrupts.
IE0	TCON.1	Interrupt 0 Edge flag. Set by hardware when external interrupt edge detected. Cleared when interrupt processed.
IT0	TCON.0	Interrupt 0 Type control bit. Set/cleared by software to specify falling edge/low level triggered external interrupts.

Figure 1.13. TCON : Timer/Counter Control Register.

ภาพที่ 2.15 Register TCON

- **TF0 Bit** Timer 0 Over Flow Flag

- **TR0 Bit** Timer 0 Run Control Bit

- **IE1 Bit** บิตนี้จะเป็น 1 เมื่อมีสัญญาณที่เข้ามาทางขา ~INT1 (โดยมีสภาวะลอจิกของสัญญาณตามกำหนดใน Bit IT1) แล้วจะทำให้เกิดการกระโดดไปทำงานยัง Interrupt Service Routine ของ INT1 และ Bit นี้ จะกลับเป็น 0

- **IT1** Bit เป็น Bit ที่ใช้กำหนดลักษณะของสัญญาณที่จะเข้ามาที่ขา ~INT1 ถ้า IT1 เป็น 1 จะเกิดการ Interrupt ถ้าสภาวะของสัญญาณที่ ขา ~INT1 เปลี่ยนจาก 1 เป็น 0 ถ้า IT1 เป็น 0 จะเกิดการ Interrupt ถ้าสภาวะของสัญญาณที่ ขา ~INT1 เป็น 0

- **IE0 Bit** มีการทำงานเหมือน IE1

- **IT0 Bit** มีการทำงานเหมือน IT1

2.5 การใช้งานพอร์ทสื่อสารอนุกรมแบบ (Single Processor)

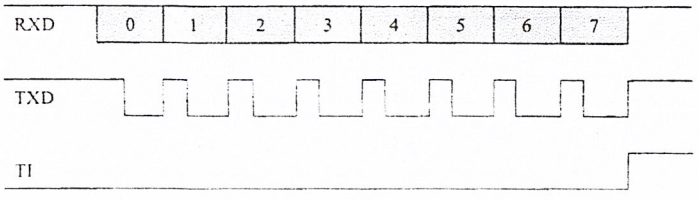
พอร์ทสื่อสารอนุกรมมีโครงสร้างการทำงานในแบบที่เรียกว่าฟูลดูเพล็กซ์ (Full Duplex) ในการรับและส่งข้อมูลอนุกรมได้ในเวลาเดียวกัน โดยส่วนทางด้านส่งใช้ขา TxD (พอร์ท 3.1) ทำงานรับใช้ขา RxD (พอร์ท 3.0) SBUF ใช้เป็นบัฟเฟอร์สำหรับรับและส่งข้อมูลอนุกรม

พอร์ตสื่อสารอนุกรมสามารถโปรแกรมการทำงานได้หลายโหมดด้วยกัน โดยเลือกที่บิต SM1 และSM0 ซึ่งอยู่ในรีจิสเตอร์ควบคุม SCON การทำงานทั้ง 4 โหมด ของพอร์ตสื่อสารอนุกรมมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

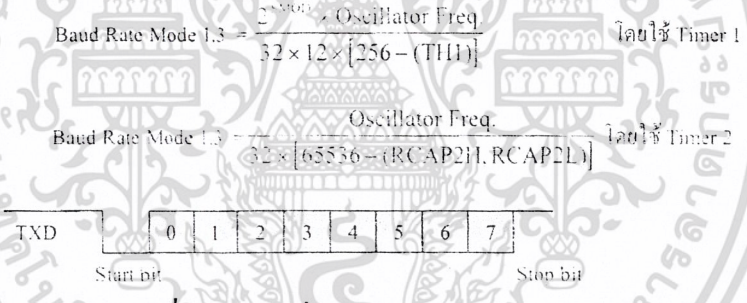
โหมด 0 : พอร์ทสื่อสารอนุกรม 8 บิต โดยการส่งจะเลื่อนออกทีละบิต โดยส่งบิต D0 ออกไปก่อนทางขา RxD แลพะไม่มีการส่ง start bit แต่จะส่ง shift clock ทางขา TxD (ความเร็ว 1/12 เท่าของ CPU Clock)

(ความเร็ว 1/12 เท่าของ CPU Clock)



ภาพที่ 2.16 การสื่อสารพอร์ตอนุกรม โหมด 0

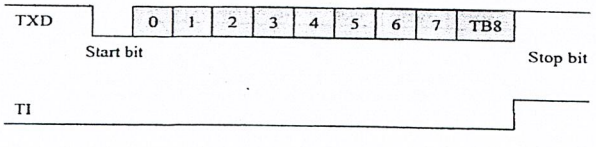
โหมด 1 : พอร์ทสื่อสารอนุกรม 10 บิต ข้อมูล 8 บิต 1 start bit และ 1 stop bit และสารมารถเปลี่ยนแปลง (ความเร็วในการส่งข้อมูลได้ โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON และอัตราโอเวอร์โฟลว์ของ Timer 1)



ภาพที่ 2.17 การสื่อสารพอร์ตอนุกรม โหมด1

โหมด 2 : พอร์ทสื่อสารอนุกรม 11 บิต ข้อมูล 9 บิต 1 start bit และ1 stop bit (TB8 นิยมนำมาใช้ส่ง Parity bit) ความเร็วในการรับส่งข้อมูลเท่ากับ 1/32 และ 1/64 ของ CPU Clock โดยขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON

- Baud Rate Mode 2 = (1/32) (Osc Freq) เมื่อ SMOD = 1
- Baud Rate Mode 2 = (1/64) (Osc Freq) เมื่อ SMOD = 0



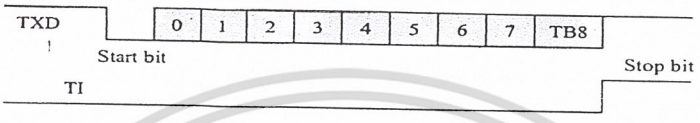
ภาพที่ 2.18 การสื่อสารพอร์ตอนุกรม โหมด 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โหมด 3 : พอร์ตสื่อสารแบบ 11 บิต UART โดยส่งข้อมูล 9 บิต 1 start bit และ1 stop bit เหมือดโหมด 2 ยกเว้นอัตราความเร็วจะขึ้นกับบิต SMOD ใน PCON และอัตราโอเวอร์โฟลว์ของ timer 2 (สำหรับ 80C154D)

$$\text{Baud Rate Mode 3} = \frac{2^{SMOD} \times \text{Oscillator Freq.}}{32 \times 12 \times [256 - (TH1)]}$$ โดยใช้ Timer 1

$$\text{Baud Rate Mode 3} = \frac{\text{Oscillator Freq.}}{32 \times [65536 - (RCAP2H, RCAP2L)]}$$ โดยใช้ Timer 2



ภาพที่ 2.19 การสื่อสารพอร์ตอนุกรม โหมด 3

2.5.1 การเชื่อมต่อไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART)

มีอยู่ 2 โหมดด้วยกันคือ

- Single Processor Mode
- *Single Processor Mode*

2.5.1.1 Single Processor Mode: ในโหมดนี้เราจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 2 ตัว เชื่อมเข้าหากัน

2.5.1.2 Multi Processor Mode: ในโหมดนี้เราจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ 1 ตัว เป็นตัวแม่ (Master) และอีก 0-256 ตัวลูก (Slave) รีจิสเตอร์ที่ใช้ควบคุมการรับส่งข้อมูลอนุกรม

SM 2 บิตเลือกการทำงาน แบบ Single Processor Mode หรือ Multiprocessor Mode

1 : เลือก Multi Processor Mode ใช้กับโหมด 2 , 3

0 : เลือก Single Processor Mode ใช้ได้กับทุกโหมด

เมื่อเลือกการทำงานรับข้อมูลแบบ Multi Processor Mode แล้ว

- ถ้าข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับค่าได้มีค่าเป็น 1 RI จะเซ็ต
- ถ้าข้อมูลบิตที่ 9 ที่รับค่าได้มีค่าเป็น 0 RI จะไม่เซ็ต

REN (Receive Enable) บิตควบคุมให้รับหรือไม่รับข้อมูล

1 : ให้รับข้อมูลได้

0 : ห้ามรับข้อมูล

TB8 (Transmit bit D8) ข้อมูลในบิตที่ 9 ที่จะส่งไปในโหมด 2 ,3ให้ใส่ในบิตนี้ได้เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RD8 (Receive bit D8) ข้อมูลในบิตที่ 9 ที่รับเข้ามาจะมาเก็บไว้ในบิตนี้

TI แฟล็ก TI จะเป็น 1 เมื่อสิ้นสุดการส่งข้อมูล 1 ไบต์

RI แฟล็ก RI จะเป็น 1 เมื่อรับข้อมูลเสร็จ 1 ไบต์

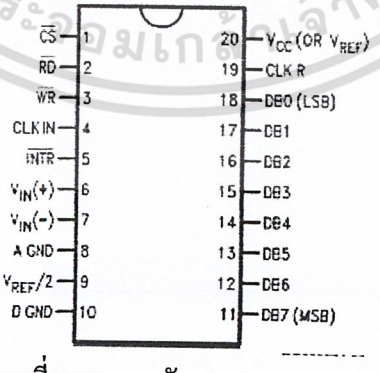
ตารางที่ 2.6 ตารางการใช้ไทม์เมอร์ 1 กำหนดบอดเรท

Baud Rate	Fosc	SMOD ใน PCON	TIMER 1		
			C/T	MODE	Reload Value
(MODE 0) Max : 1 MHz	12 MHz	X	X	X	X
(MODE 2) Max : 375 kHz	12 MHz	1	X	X	X
(MODE2) Min : 187.5 kHz	12 MHz	0	X	X	X
MODE 1, 3 : 62.5 k	12 MHz	1	0	2	FFH
19.2 k	11.059 MHz	1	0	2	FDH
9.6 k	11.059 MHz	0	0	2	FDH
4.8 k	11.059 MHz	0	0	2	FAH
2.4 k	11.059 MHz	0	0	2	F4H
1.2 k	11.059 MHz	0	0	2	E8H
137.5	11.059 MHz	0	0	2	1DH
110	6 MHz	0	0	2	72H
110	12 MHz	0	0	1	FEEBH

2.6 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

2.6.1 โครงสร้างของ A/D

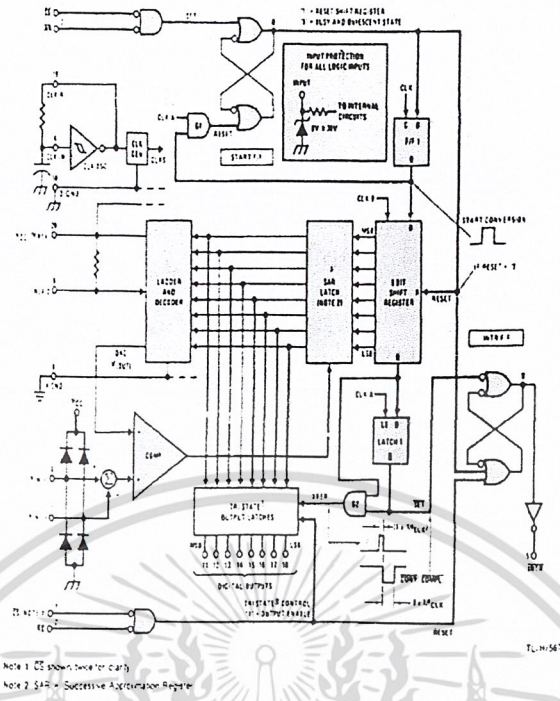
- Dual Slope Type
- Tracking Type



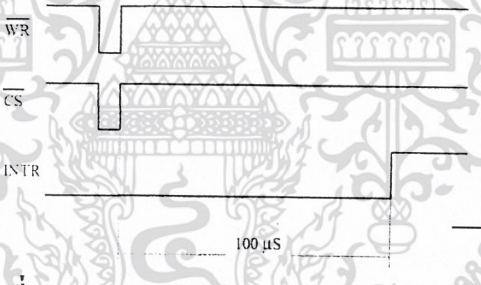
ภาพที่ 2.20 การจัดวางขา ADC0804

การใช้งาน(SAR) เบอร์ ADC0804 ซึ่งมีความเร็วประมาณ 100us ซึ่งมีการต่อเข้ากับ CPU ดังภาพที่ 2.21

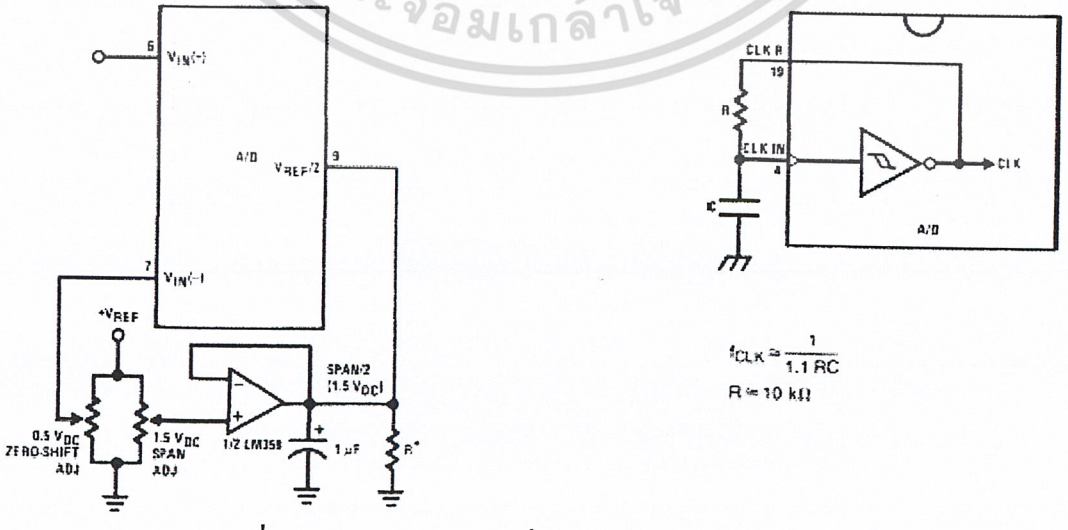
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.21 โครงสร้างของ ADC0804 และการจัดวางขา

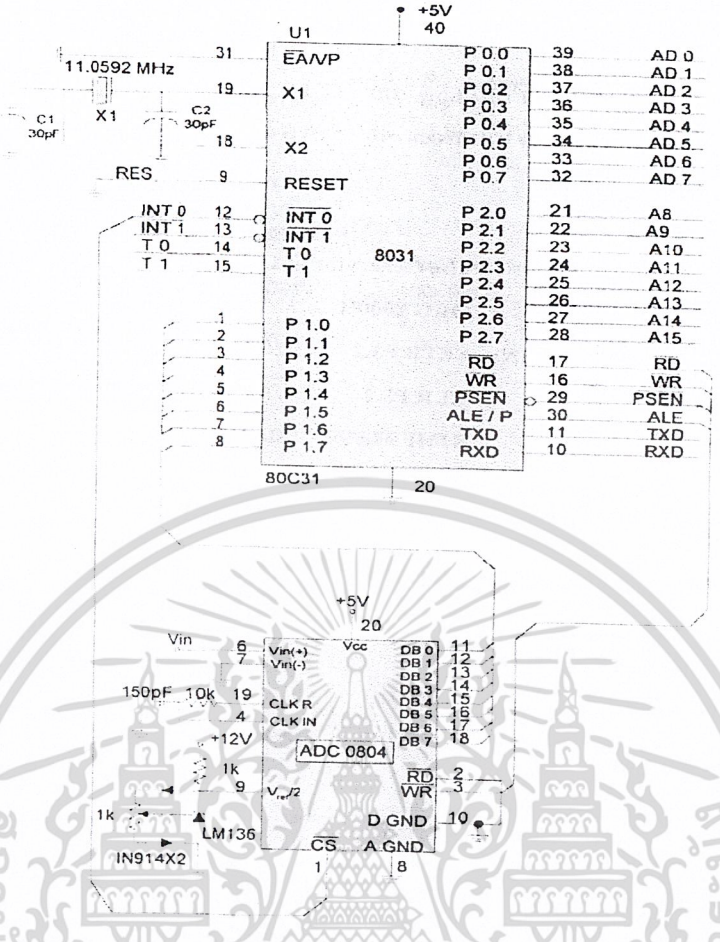


ภาพที่ 2.22 ผังเวลาในการทำงานของ A/D



ภาพที่ 2.23 การปรับค่าความถี่การทำงานแบบ Self -Clocking

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.24 การต่อ A/D เข้ากับ MCS 51

การแปรงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล จำเป็นที่จะต้องเริ่ม start A/D ก่อน โดยทำให้ขา WR เป็น Low ความเร็วในการแปลงสัญญาณเท่าไรขึ้นอยู่กับชนิด A/D นั้นๆ เช่นเบอร์ ACD0804 จะมีค่า Conversion Time ประมาณ 100 uS เมื่อแปลงเสร็จแล้วจะมีสัญญาณอนาลอกออกมาที่ขา INTR เป็น High สัญญาณนี้ A/D บางเบอร์จะเขียนว่า EOC (End of Conversion) ดังนั้น ในการเขียนโปรแกรมต้องทำการเขียน พอร์ต A/D ก่อน (เพื่อทำให้ WR และ CS ของ A/D แอคทีฟ) หลังจากนั้นก็รอขา INTR เป็น High แล้วค่อยอ่านข้อมูลไปเก็บเป็นการสิ้นสุดการทำงาน 1รอบ หรืออีกวิธีหนึ่งเมื่อทำกาก START A/D แล้วให้วนลูปรอจนกว่าจะกินเวลาครบ 100 us แล้วจึงมาอ่านค่า A/D ไปเก็บ

2.6.2 การต่อ MCS –51 เข้ากับ A/D

- ขาข้อมูล DB0-DB7 ของ A/D จะต่อเข้ากับ P0 ซึ่งเป็นดาต้าบัส หรือต่อกับ P1
- ขา CS/ จะต่อเข้ากับ I/O Decoder หรือถ้าขา INT/ หรือ INT1/ ว่างก็ต่อเข้าได้เลย
- การทำให้ขา WR/ เป็น Low ทำได้โดยใช้คำสั่ง MOVX @DPTR, A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- การทำให้ขา RD/ เป็น Low ทำได้โดยใช้คำสั่ง MOVX A, @DPTR
- การทำให้ขา INT0/ เป็น Low ทำได้โดยใช้คำสั่ง CLR P3.2
- การทำให้ขาINT1/เป็นLowทำได้โดยใช้คำสั่ง CLR P3.3

2.7 ออปแอมป์

ออปแอมป์ (Operational Amplifier: Op-Amp) เป็นวงจรอิเล็กทรอนิกส์แบบสำเร็จหรือวงจรรวม (Integrated Circuit : IC) ที่มีการประยุกต์ใช้ในการจัดการสัญญาณเป็นอย่างมากในปัจจุบัน เนื่องจากมีขนาดเล็กและสมรรถนะสูง สัญลักษณ์แสดงดังภาพที่ 2.25

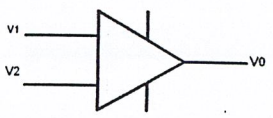
ภาพที่ 2.25 สัญลักษณ์ของออปแอมป์

คุณสมบัติของออปแอม์ จะประกอบด้วย

1. ความต้านทานระหว่างขา (+) และขา (-) จะมีค่าสูงมาก
2. อัตราขยายสัญญาณความแตกต่าง (Ao) จะมีค่าสูงมาก
3. ความต้านทานเอาท์พุตมีค่าต่ำมาก
4. ผลต่างระหว่างแรงที่ขา (+) และขา (-) มีค่าเข้าใกล้ 0
5. อัตราขยายสัญญาณร่วมมีค่าต่ำ

ในการควบคุมระบบหรืออุปกรณ์ต่างๆ จะแบ่งการควบคุมออกได้ 2 แบบ คือ การควบคุมแบบอนาลอกและการควบคุมแบบดิจิตอล การควบคุมแต่ละแบบจะใช้วิธีจัดสัญญาณที่แตกต่างกัน สัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณต่อเนื่อง ส่วนสัญญาณดิจิตอลจะมีเพียง 2 สถานะคือ 0 กับ 1

2.7.1 วงจรเปรียบเทียบ



1 ; v_1 มากกว่า v_2

0 ; v_2มากกว่า v_1

ภาพที่ 2.26 วงจรเปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรเปรียบเทียบ (Comparat0r) เป็นพื้นในในการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล โดยมีสัญลักษณ์ที่เหมือนกับออปแอมป์แต่ไม่มีการป้อนกลับดังในภาพที่ 2.26

- การทำงานของวงจร

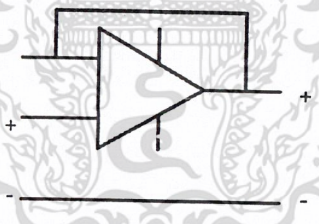
สัญญาณ 2 สัญญาณจะถูกนำมาเปรียบเทียบกันถ้า v_1 มากกว่า v_2 จะได้สัญญาณดิจิตอลเอาท์พุท D_0 เป็น 1 แต่ถ้า ถ้า v_2 มากกว่า v_1จะได้สัญญาณดิจิตอลเอาท์พุท D_0 เป็น 0

- การใช้งานวงจรเปรียบเทียบ

การใช้งานวงจรเปรียบเทียบโดยมากมักใช้ในการส่งสัญญาณเตือน เมื่อสัญญาณจากตัวตรวจวัดสูงเกินจากที่คาดไว้สัญญาณจะส่งไปยังระบบประมวลผล วงจรเปรียบเทียบไม่สามารถนำเอาออปแอมป์มาใช้งานได้โดยตรงเพราะสัญญาณเอาท์พุทของออปแอมป์สูงกว่าระดับมาตรฐาน คือ 5V ทั่วไปสัญญาณเอาท์พุทที่ได้จากออปแอมป์จึงต้องทำการตัดสัญญาณให้ได้ระดับที่ใช้งาน

2.7.2 วงจรบัฟเฟอร์

บัฟเฟอร์ หรือวงจรตามศักดา (Voltage Follower) แสดงดังภาพที่ 2.27 จะเป็นวงจรที่ใช้ในงานกันชน ในกรณีที่อิมพีแดนซ์ระหว่างแหล่งกำเนิดสัญญาณและส่วนที่ต่อด้วยไม่สมนัยกัน วงจรบัฟเฟอร์จะมีอัตราการขยายเท่ากับ 1 มีความต้านทานอินพุทที่สูงเท่ากับความต้านทานอินพุทของออปแอมป์ และมีความต้านทานเอาท์พุทต่ำ



ภาพที่ 2.27 วงจรบัฟเฟอร์

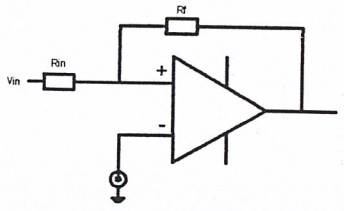
จากวงจรในภาพที่ 2.27 จะได้ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันเอาท์พุท V_O และแรงดันอินพุท V_{in}

$$V_o = V_{in}$$

2.7.3 วงจรขยายแบบกลับเฟส(Inverting Amplifier)

วงจรขยายแบบกลับเฟสดังภาพที่ 2.28 วงจรขยายพื้นของออปแอมป์โดยอาศัยคุณสมบัติของออปแอมป์จะได้ว่าที่ขา (-) แรงดัน V_1จะมีศักย์เท่ากับ 0 เนื่องจากขา (+) ต่อลงกราวนด์หรืออีกนัยหนึ่งก็คือที่ขา (-) จะเป็นกราวนด์เสมือน ส่วนความต้านทานที่ขา (-) มีค่าสูงมากจึงมีกระแสไหลเข้าออปแอมป์น้อยมากในทางปฏิบัติจะถือว่าไม่มีกระแสไหลเข้าออปแอมป์

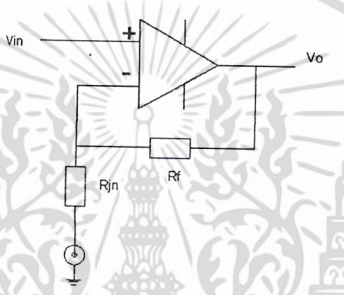
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 2.28 วงจรขยายแบบกลับเฟส

2.7.4 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟส (Noninverting Amplifiter)

วงจรขยายแบบไม่กลับเฟสจากภาพที่ 2.29 วงจรขยายแบบไม่กลับเฟสให้คุณสมบัติแรงดันอินพุท V_{in} และแรงดันเอาท์พุท V_O มีเฟสที่เหมือนกัน



ภาพที่ 2.29 วงจรขยายไม่แบบกลับเฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ธนบัตร เหรียญและบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถือ

ในโครงงานนี้มีส่วนที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินงานในขั้นตอนการออกแบบนั้นก็คือ ธนบัตร เหรียญและบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถือ ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงลักษณะและคุณสมบัติของสิ่งเหล่านี้

3.1 ธนบัตร

ในปัจจุบันธนบัตรที่ใช้ทั่วไปในประเทศไทยนั้นมีหลายขนาด หลายสี และแน่นอนที่มูลค่าของธนบัตรจะต้องไม่เท่ากันด้วย โดยจะแบ่งได้เป็น 6 ราคาคือ 10 บาท 20 บาท 50 บาท 100 บาท 500 บาทและ 1,000 บาท ซึ่งเราสามารถแยกแยะได้ว่าธนบัตรแต่ละแบบนั้นมีลักษณะเป็นอย่างไร และในที่นี้จะขอกล่าวถึงเฉพาะธนบัตรที่ใช้ในโครงงานนี้ คือ ธนบัตร 20 บาท 100 บาท 500 บาท และ 1,000 บาท

3.1.1 ธนบัตรราคา 20 บาท

ปัจจุบันธนบัตรราคา 20 บาทมีใช้หมุนเวียนอยู่ด้วยกันสองรุ่น ซึ่งแต่ละรุ่นแสดงให้เห็นในภาพที่ 3.1 และ 3.2 วิธีสังเกตธนบัตรราคา 20 บาท ทั้งสองรุ่นคือ

3.1.1.1 สำหรับรุ่น 14

- **ภาพประธานด้านหน้า** พระบรมฉายาลักษณ์ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลปัจจุบัน ทรงเครื่องแบบจอมทัพ
- **ภาพประธานด้านหลัง** พระบรมรูปสมเด็จพระเจ้าตากสินมหาราช ได้จำลองมาจากพระบรมราชานุสาวรีย์ ณ สวนสาธารณะทุ่งนาเชย อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี
- **ลายน้ำ** พระบรมฉายาลักษณ์
- **เส้นใยใส** สีเหลือง พิมพ์ตัวอักษรขนาดจิ๋ว คำว่า "ประเทศไทย"
- **ขนาด** กว้าง 7.2 เซนติเมตร ยาว 13.8 เซนติเมตร
- **สีกระดาษ** สีขาว

ภาพที่ 3.1 แสดงธนบัตรชนิดราคา 20 บาท รุ่น14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1.2 สำหรับรุ่น 15

- **ภาพประธานด้านหน้า** พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลปัจจุบัน ทรงเครื่องแบบจอมทัพ ตอนกลางเบื้องซ้ายมีตราอักษรพระปรมาภิไธยย่อ " ภ.ป.ร." สีเขียวเข้มซ้อนทับบนลายพื้นและลายประดิษฐ์

- **ภาพประธานด้านหลัง** ตอนกลางเบื้องขวามีพระบรมฉายาสาทิสลักษณ์ พระบาท-สมเด็จพระปรเมนทรมหาอานันทมหิดล พระอัฐมรามาธิบดินทร พิมพ์ด้วยสีเขียวเข้มซ้อนทับบน ภาพสะพานพระราม ๘ ตอนกลางเบื้องซ้ายเป็นภาพพระราชกรณียกิจเมื่อครั้งเสด็จพระราชดำเนิน เยี่ยมราษฎรที่สำเพ็ง บริเวณมุมบนด้านซ้ายของธนบัตรมีพระราชสัญลักษณ์ประจำพระองค์ พระบาทสมเด็จพระปรเมนทรมหาอานันทมหิดล

- **ลายน้ำ** พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์ มองได้ชัดเจนเมื่อยกธนบัตรส่องดูกับแสงสว่างและรูปลายดอกจอกซึ่งมีความโปร่งแสงเป็นพิเศษ

- **เส้นใยใส** สีโลหะฝังในเนื้อกระดาษตามแนวยืน เมื่อยกธนบัตรส่องดู กับแสงสว่าง จะเห็นตัวเลขและตัวอักษรโปร่งแสง

- **ขนาด** กว้าง 7.2 เซนติเมตร ยาว 13.8 เซนติเมตร

- **สีกระดาษ** พิมพ์ด้วยสีเขียวเข้มบนลายพื้นสีเขียวเข้ม สีน้ำเงินม่วง สีส้ม สีเขียวอ่อน และลายประดิษฐ์

- **ลักษณะพิเศษที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วง (แบล็คไลท์)**

1. ลายพื้นและลายประดิษฐ์สีส้ม เรืองแสงเป็นสีส้ม
2. หมวดอักษรและเลขหมาย เปลี่ยนจากสีแดงเป็นสีส้มเรืองแสง
3. มีเส้นใยเรืองแสงสีน้ำเงิน สีแดง และสีเหลือง ในเนื้อกระดาย

ภาพที่ 3.2 แสดงธนบัตรชนิดราคา 20 บาท รุ่น15

3.1.2 ธนบัตรราคา 100 บาท

ธนบัตรดังแสดงในภาพที่ 3.3 เป็นธนบัตรราคา 100 บาทที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันซึ่งมีวิธีสังเกตดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- **ภาพประธานด้านหน้า** พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์ พระบาทสมเด็จ พระเจ้าอยู่หัว รัชกาลปัจจุบัน และตราอักษรพระปรมาภิไธยย่อ "ภ ป ร"

- **ภาพประธานด้านหลัง** พระบรมราชานุสาวรีย์ พระบาทสมเด็จ พระจุลจอมเกล้า-เจ้าอยู่หัวและพระบาทสมเด็จพระมงกุฎเกล้าเจ้าอยู่หัว ขณะดำรงพระอิสริยยศสยามมกุฎราชกุมาร และตราอักษรพระปรมาภิไธยย่อ "จ ป ร" และ "ว ป ร"

- **ขนาด** กว้าง 7.2 เซนติเมตร ยาว 15.0 เซนติเมตร

ภาพที่ 3.3 แสดงธนบัตรชนิดราคา 100 บาท

3.1.3 ธนบัตรราคา 500 บาท

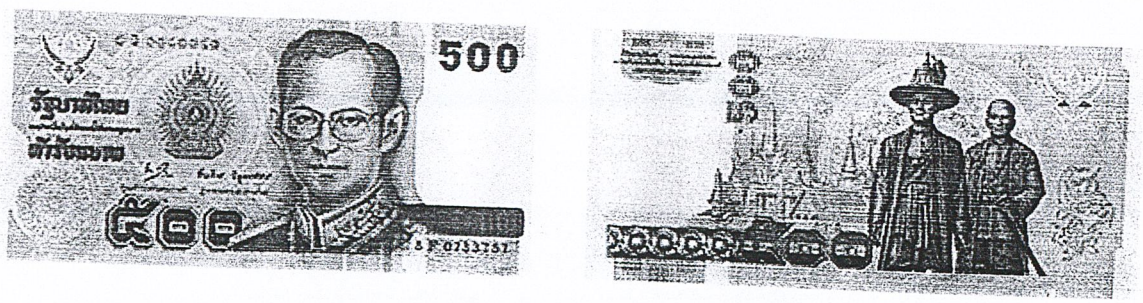
ปัจจุบันธนบัตรราคา 500 บาทมีใช้หมุนเวียนอยู่ด้วยกันสองรุ่น ซึ่งแต่ละรุ่นแสดงให้เห็นในภาพที่ 3.4 และ 3.5 วิธีสังเกตธนบัตรราคา 500 บาท ทั้งสองรุ่นคือ

3.1.3.1 สำหรับรุ่น 14

- **ภาพประธานด้านหน้า** พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลปัจจุบัน และภาพพระราชลัญจกร เป็นภาพประกอบ

- **ภาพประธานด้านหลัง** พระบรมราชานุสาวรีย์พระบาทสมเด็จพระพุทธยอดฟ้าจุฬาโลกมหาราช กับพระบาทสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย และมีภาพวัดพระศรีรัตนศาสดาราม และภาพเรื่องราวในบทพระราชนิพนธ์เรื่องรามเกียรติ์ เป็นภาพประกอบ

- **ขนาด** กว้าง 7.2 เซนติเมตร ยาว 15.6 เซนติเมตร



ภาพที่ 3.4 แสดงธนบัตรชนิดราคา 500 บาท รุ่น 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3.2 สำหรับรุ่น 15

- **ภาพประธานด้านหน้า** ตอนกลางเบื้องขวา เป็นภาพ พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์ พระบาทสมเด็จ พระเจ้าอยู่หัว รัชกาลปัจจุบัน ทรงเครื่องแบบจอมทัพ

- **ภาพประธานด้านหลัง** ตอนกลางเบื้องขวาเป็นภาพพระบรมราชานุสาวรีย์พระบาทสมเด็จพระนั่งเกล้าเจ้าอยู่หัว

- **ลักษณะสี** พิมพ์สอดสีประสานลาย สีโดยรวมออกสีม่วง

- **ขนาด** กว้าง 7.2 เซนติเมตร ยาว 15.6 เซนติเมตร

ภาพที่ 3.5 แสดงด้านธนบัตรชนิดราคา 500 บาท รุ่น 15

3.1.4 ธนบัตรราคา 1,000 บาท

ธนบัตรดังแสดงในภาพที่ 3.6 เป็นธนบัตรราคา 1000 บาทที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันซึ่งมีวิธีสังเกตดังนี้

- **ภาพประธานด้านหน้า** พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว รัชกาลปัจจุบัน ทรงเครื่องแบบจอมทัพ

- **ภาพประธานด้านหลัง** พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว ขณะทรงประกอบพระราชกรณียกิจ ทางซ้ายมีภาพเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์

- **ลายน้ำ** พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์ มองเห็นชัดเจนเมื่อยกส่องดูกับแสงสว่าง และรูปลายพุ่มข้าวบิณฑ์โปร่งแสงเป็นพิเศษ

- **เส้นใยสีโลหะ** ปรากฏให้เห็นเป็นระยะ เฉพาะที่ด้านหลังเมื่อยกส่องดูกับแสงสว่างจะเห็นตัวเลขและตัวอักษรโปร่งแสง

- **ขนาด** กว้าง 7.2 เซนติเมตร ยาว 16.2 เซนติเมตร

- **สีกระดาษ** พิมพ์ด้วยสีน้ำตาลเข้ม บนลายพื้นสีส้ม สีชมพูอมม่วง และลายประดิษฐ์สลับสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.6 แสดงธนบัตรชนิดราคา 1,000 บาท

3.2 วิธีสังเกตธนบัตรปลอม

ปัจจุบันธนบัตรปลอมที่พบเห็น และตกเป็นข่าวมากที่สุดดังนั้นจึงควรสังเกตธนบัตรที่รับมาให้แน่ใจเสียก่อนว่าธนบัตร ที่รับมานั้นเป็นของจริงหรือของปลอม โดยมีวิธีสังเกตธนบัตรที่เป็นของจริงดังนี้

3.2.1 ธนบัตรราคา 500 บาท

3.2.1.1 สำหรับรุ่น 14

จากภาพที่ 3.7 แสดงวิธีสังเกตลักษณะธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 14

ภาพที่ 3.7 วิธีสังเกตธนบัตร 500 จริงรุ่น 14

1. พิมพ์ด้วยระบบเส้นนูน เมื่อใช้ปลายนิ้วมือลูบสัมผัสจะรู้สึกได้ชัดเจน

ภาพที่ 3.8 แสดงเส้นนูนธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ลายน้ำ พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์ และ ลายประจำยาม โปร่งแสงเป็นพิเศษ

ภาพที่ 3.9 แสดงลายน้ำและ ลายประจำยาม ธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 14

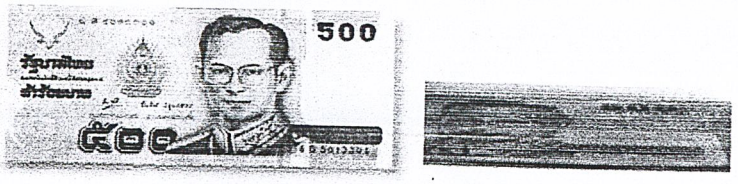
3. เส้นใยที่ฝังอยู่ในเนื้อกระดาษจะมีตัวเลขและตัวอักษร 500 บาท เห็นได้เมื่อยกส่องกับแสงสว่าง

ภาพที่ 3.10 แสดงเส้นใยธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 14

4. ภายในเลขบอกราคา มีตัวเลขและอักษรขนาดจิ๋ว อ่านได้โดยแว่นขยาย

ภาพที่ 3.11 แสดงเลขบอกราคาธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 14

5. ตัวเลขแฝง เมื่อเอียงธนบัตรได้มุมมองที่เหมาะสม จะเห็นเลข "500"



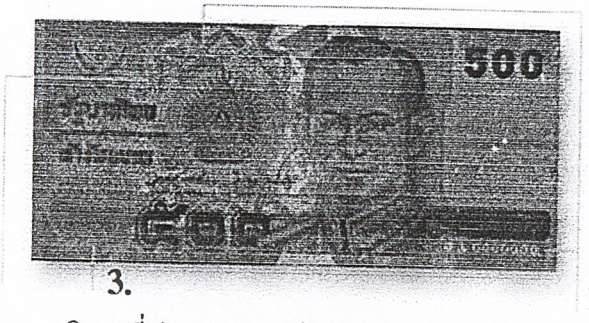
ภาพที่ 3.12 แสดงตัวเลขแฝง ธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 14

6. ลักษณะพิเศษ ที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วง (แบล็คไลท์)

- หมวดอักษรและหมายเลขเรืองแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ลวดลายประดิษฐ์ตอนกลางเรืองแสง
- มีเส้นใยเรืองแสง สีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงิน ในเนื้อกระดาษ



ภาพที่ 3.13 แสดงลักษณะพิเศษ ที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วง ธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 14

3.2.1.2 สำหรับรุ่น 15

จากภาพที่ 3.14 เป็นการแสดงวิธีสังเกตลักษณะธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 15

ภาพที่ 3.14 วิธีสังเกตธนบัตร 500 จริงรุ่น 15

1. พิมพ์ด้วยระบบเส้นนูน ด้านหน้าได้แก่ พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์ เลขอารบิคบอกราคาขวาสุดมุมบน คำว่า "รัฐบาลไทย" "ธนบัตรเป็นเงินที่ชำระหนี้ได้ตามกฎหมาย" และ "ห้าร้อยบาท"

ภาพที่ 3.15 แสดงเส้นนูน ธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 15

2. ลายน้ำ พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์ พระบาทสมเด็จพระจ้าอยู่หัว รัชกาลปัจจุบัน และลายน้ำรูปลายประจำยาม ซึ่งมีความโปร่งแสงเป็นพิเศษ อยู่ในพื้นที่ว่างสีขาวชิดขอบด้านขวา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.16 แสดงลายน้ำและลายประจำยาม ธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 15

3. เส้นใยฝังในเนื้อกระดาษ สีโลหะ (เทา) ซ่อนไว้ตามด้านกว้างของธนบัตร โดยมีบางส่วนของเส้นใยปรากฏให้เห็นเป็นระยะที่ด้านหลังของธนบัตร ภายในมีคำว่า "500บาท BAHT" ขนาดเล็ก สามารถอ่านได้ทั้งสองด้านเมื่อยกธนบัตร ขึ้นส่องดูกับแสงสว่าง

ภาพที่ 3.17 แสดงเส้นใย ธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 15

4. ภายในเลขบอกราคา มีตัวเลขและอักษรขนาดจิ๋ว อ่านได้โดยแว่นขยาย

ภาพที่ 3.18 แสดงภายในเลขบอกราคา ธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 15

5. ตัวเลขแฝง อยู่ด้านหน้าเบื้องซ้ายมุมล่าง โดยซ่อนอยู่ในลายประดิษฐ์รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้ามุมมน เมื่อเอียงธนบัตรเข้าหาแสงสว่าง โดยมองผ่านจากมุมล่างซ้ายเข้าหา กึ่งกลางธนบัตรจะปรากฏตัวเลข "500"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.19 แสดงตัวเลขแฝง ธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 15

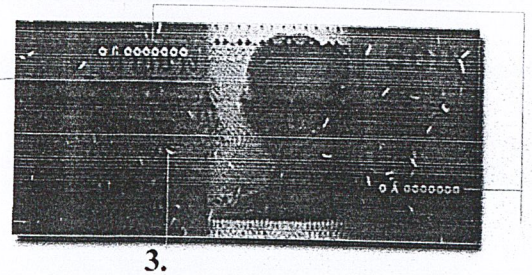
6. แถบฟอยล์สีเงิน ผนึกไว้ตามด้านกว้าง บนด้านหน้าธนบัตร ภายในมีตราอักษรพระปรมาภิไธยย่อ "ภ.ป.ร." และตัวเลขไทย "๕๐๐" โดยตราอักษรพระปรมาภิไธยย่อ "ภ.ป.ร." ตัวเลขไทย "๕๐๐" และองค์ประกอบอื่น ซึ่งอยู่เบื้องหลัง จะเปลี่ยนสีสะท้อนแสงวาววับเมื่อพลิกธนบัตรไปมา มองเห็นเป็นหลายมิติ จะเปลี่ยนสี และสะท้อนแสงแวววับ เมื่อพลิกธนบัตรไปมา

ภาพที่ 3.20 แสดงแถบฟอยล์สีเงิน ธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 15

7. ลักษณะพิเศษ ที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วง (แบล็คไลท์)

- หมวดอักษรและเลขหมายไทยกับหมวดอักษรโรมันและเลขหมายอารบิค พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์พิเศษสีแดง จะเปลี่ยนเป็นสีส้มเรืองแสง สำหรับธนบัตรชนิดราคา ๕๐๐ บาท แบบที่ใช้อยู่ใน

- ลายพื้นสีเขียว พิมพ์ด้วยหมึกพิเศษ จะเปลี่ยนเป็นเขียวเรืองแสง
- เส้นใยเรืองแสงในเนื้อกระดาษ จะเรืองแสงเป็นสีแดง สีเหลือง และสีน้ำเงิน



2. 3. 1.

ภาพที่ 3.21 แสดงลักษณะพิเศษ ที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วง ธนบัตรราคา 500 บาท รุ่น 15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 ธนบัตรราคา 1,000 บาท

จากภาพที่ 3.22 เป็นการแสดงวิธีสังเกตลักษณะธนบัตรราคา 1,000 บาท

ภาพที่ 3.22 แสดงวิธีสังเกตลักษณะธนบัตรราคา 1,000 บาท

1. พิมพ์ด้วยระบบเส้นนูน เมื่อใช้ปลายนิ้วมือลูบสัมผัสจะรู้สึกได้ชัดเจน

ภาพที่ 3.23 แสดงเส้นนูน ธนบัตรราคา 1,000 บาท

2. ลายน้ำ พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์ และ ลายประจำยาม โปร่งแสงเป็นพิเศษ

ภาพที่ 3.24 แสดงลายน้ำและลายประจำยาม ธนบัตรราคา 1,000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เส้นใยฝังในเนื้อกระดาษฝังเส้นใยสีโลหะซ่อนไว้ตามด้านกว้างของธนบัตร โดยมีบางส่วนของเส้นใยปรากฏให้เห็นเป็นระยะที่ด้านหลังของธนบัตร ภายในเส้นใยสีโลหะมีตัวเลขอารบิค "1000" และตัวเลขอารบิคและตัวอักษรโรมันคำว่า "1000 BAHT" ขนาดเล็ก สามารถอ่านได้ทั้งสองด้านเมื่อยกธนบัตรขึ้นส่องดูกับแสงสว่าง

ภาพที่ 3.25 แสดงเส้นใยฝังในเนื้อกระดาษ ธนบัตรราคา 1,000 บาท

4. ภายในเลขบอกราคา มีตัวเลขและอักษรขนาดจิ๋ว อ่านได้โดยแว่นขยาย

ภาพที่ 3.26 แสดงภายในเลขบอกราคา ธนบัตรราคา 1,000 บาท

5. ตัวเลขแฝง เมื่อเอียงธนบัตรได้มุมมองที่เหมาะสม จะเห็นเลข "1000"

ภาพที่ 3.27 แสดงตัวเลขแฝง ธนบัตรราคา 1,000 บาท

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. ตัวเลขบอกราคา 1000 พิมพ์ด้วยหมึกพิเศษ มองเห็นส่วนบนเป็นสีทอง ส่วนล่างเป็นสีเขียวเมื่อพลิกขอบล่างธนบัตรขึ้นจะเห็นเป็นสีเขียวทั้งหมด

ภาพที่ 3.28 แสดงตัวเลขบอกราคา ธนบัตรราคา 1,000 บาท

7. ลักษณะพิเศษ ที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วง (แบล็คไลท์)

- หมวดอักษร และเลขหมายไทย กับหมวดอักษร โรมันและเลขหมายอารบิค พิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์พิเศษสีแดง ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสีส้ม
- ลายประดิษฐ์รูปวงกลม และลายเส้นรัศมีสีเหลือง บนด้านหน้าตอนกลางรวมทั้งลายพื้นสีเหลือง เบื้องหลังพระบรมฉายาสาทิสลักษณ์ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว บนด้านหลังพิมพ์ ด้วยหมึกพิมพ์พิเศษสีเหลือง ซึ่งจะเปลี่ยนเป็นสีเหลือง
- ในเนื้อกระดาษ โรยเส้นใยเรืองแสง ซึ่งมองไม่เห็นด้วยแสงธรรมชาติ แต่จะเห็นเรืองแสงเป็นสีแดง สีน้ำเงิน และสีเหลือง
- เนื้อกระดาษสีฟ้าอ่อน มีลายน้ำพระบรมฉายาสาทิสลักษณ์ พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชกาลปัจจุบัน ประดับด้วยลายน้ำรูปลายพุ่มทรงข้าวบิณฑ์ ซึ่งมีความโปร่งแสงเป็นพิเศษมองเห็นได้ชัดเจนทั้งสองด้านเมื่อยกธนบัตรขึ้นส่องดูกับแสงสว่างภายใต้รังสีเหนือม่วง

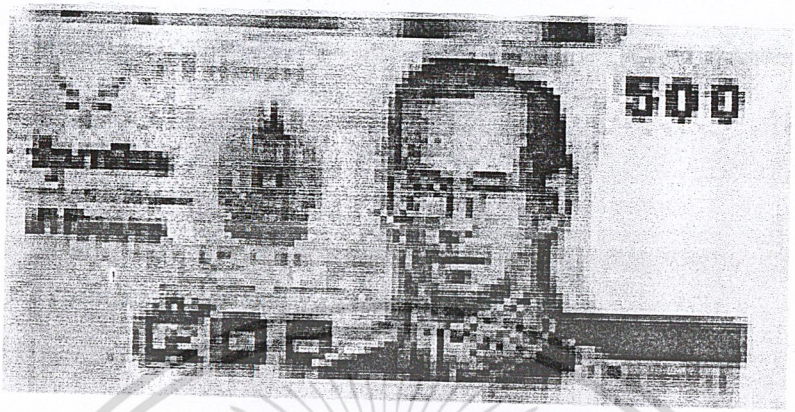
ภาพที่ 3.29 แสดงลักษณะพิเศษ ที่ปรากฏภายใต้รังสีเหนือม่วง ธนบัตรราคา 1,000 บาท

3.2.3 ธนบัตรปลอมที่พบบ่อย

จากภาพที่ 3.30 เป็นธนบัตรราคา 500 บาทปลอมซึ่งจุดที่ปลอม คือ เนื้อกระดาษเคลือบมันเงากว่าของรัฐบาล , ไม่มีเส้นใยใสสีโลหะ หรือสีเทา ในเนื้อกระดาษตามแนวยืน แต่ใช้ดินสอสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดำขีดไว้ด้านหลัง และไม่มีตัวเลข 500 ซ่อนอยู่บนเส้นใยดังเช่นธนบัตรของรัฐบาล , ไม่มีลายน้ำพระบรมฉายาสาทิสลักษณ์พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่ หัวแต่ใช้วิธีการพิมพ์ไว้ด้านหน้าของธนบัตรแทน , ตัวเลข 500 มุมบนขวาใช้เทคนิคที่ทำให้รู้สึกสะดุดมือคล้ายธนบัตรรัฐบาล



ภาพที่ 3.30 แสดงธนบัตรราคา 500 บาทปลอม[1]

และธนบัตรราคา 1,000 บาทที่เป็นธนบัตรปลอมนั้นแสดงในภาพที่ 3.31 จุดที่ปลอมจะเหมือนกับธนบัตรราคา 500 บาทแต่จะมีลักษณะเด่นคือ จะตัดชิ้นส่วนที่เป็นลายน้ำ พระบรมฉายาสาทิสลักษณ์ และ ลายประจำยาม ของธนบัตรจริง มาแปะแทนของปลอมซึ่งสามารถที่จะนำไปใช้กับอุปกรณ์อิเลคทรอนิคส์ได้ แสดงในภาพที่ 3.31

ภาพที่ 3.31 แสดงธนบัตรราคา 1,000 บาทปลอม[2]

3.3 เหรียญ

เหรียญที่มีใช้ในปัจจุบันมีด้วยกัน 5 ราคาคือ 10 บาท 5 บาท 1บาท 50 สตางค์และ 25 สตางค์แต่จะขอยกตัวอย่างเหรียญที่ใช้ในโครงงาน คือ 10 บาท และ 5 บาท ลักษณะและขนาดจะแตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 3.1

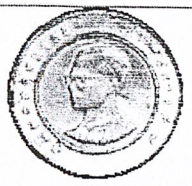
---

[1] อ้างข้อมูลจาก http://www.bot.or.th/ ธนาคารแห่งประเทศไทย

[2] ธนาคารไทยพาณิชย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แสดงเหรียญราคาต่างๆ

 ด้านหลัง : พระปรางค์วัดอรุณราชวราราม กรุงเทพมหานคร	ชนิดราคา	10 บาท
	โลหะ	โลหะสองสี วงใน : อะลูมิเนียมบรอนซ์ (Cu/Al6/Ni2) วงนอก : คิวโปรนิกเกิล (Cu/Ni25)
	น้ำหนัก	8.5 กรัม
	เส้นผ่านศูนย์กลาง	26 ม.ม.
	ขอบ	เฟืองสลับเรียบ
	ผลิตออกใช้ครั้งแรก	พ.ศ. 2531
ด้านหลัง : พระอุโบสถวัดเบญจมบพิตร ดุสิตวนาราม กรุงเทพมหานคร	ชนิดราคา	5 บาท
	โลหะ	คิวโปรนิกเกิลสอดไส้ทองแดง (Cu/Ni25 clad Cu)
	น้ำหนัก	7.5 กรัม
	เส้นผ่านศูนย์กลาง	24 ม.ม.
	ขอบ	เฟือง
	ผลิตออกใช้ครั้งแรก	พ.ศ. 2531

จากตารางที่ 3.1 สามารถที่จะสรุปคุณสมบัติที่แตกกันของเหรียญได้โดยพิจารณาดังนี้

1. คุณสมบัติทางไฟฟ้า คือ เหรียญทุกชนิดราคาทำมาจากโลหะทั้งหมดดังนั้นจึงสามารถนำไฟฟ้าได้

2. คุณสมบัติทางฟิสิกส์ คือ เหรียญทำมาจากโลหะที่ไม่เป็นสารแม่เหล็กหรือกล่าวอีกนัยก็คือจะไม่มีผลต่อการดึงดูดของสนามแม่เหล็ก

3. ขนาดไม่เท่ากัน

4. น้ำหนักไม่เท่ากัน

5. การออกแบบไม่เหมือนกัน

6. สีที่ไม่เหมือนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 บัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถือ

บัตรเติมเงินโทรศัพท์ในปัจจุบันมีหลายแบบเราสามารถแบ่งชนิดของบัตรเติมเงินโทรศัพท์ออกได้เป็นหลายชนิด เช่น แบ่งตามราคา แบ่งตามเครือข่าย ที่มีการใช้โทรศัพท์มือถือ แบบเติมเงินโทรศัพท์

3.4.1 ชนิดของโทรศัพท์มือถือแบบเติมเงินโทรศัพท์

บัตรเติมเงินโทรศัพท์แบ่งตามเครือข่ายโทรศัพท์ได้ 4 แบบใหญ่ๆ คือ เครือข่ายออเร้น, เครือข่ายวันทูคอล, เครือข่ายฮัทและเครือข่ายดีแทค

บัตรเติมเงินโทรศัพท์ทั้ง 4 เครือข่าย ยังสามารถแบ่งตามราคาต่างๆ ได้อีกมากมาย และบางเครือข่ายยังแบ่งเป็นแบบที่เพิ่มเฉพาะวัน หรือเฉพาะจำนวนเงิน หรือเพิ่มทั้งวันและทั้งจำนวนเงินก็ได้ขึ้นอยู่กับความต้องการ ของผู้ซื้อบัตรเติมเงินโทรศัพท์

3.4.2 ลักษณะของบัตรเติมเงินโทรศัพท์

ลักษณะของบัตรเติมเงินโทรศัพท์ โดยทั่วไปทุกเครือข่ายจะมีลักษณะที่คล้ายกันบัตรทุกใบมีขนาดความกว้าง และความยาวที่เท่ากัน แต่วัสดุที่นำมาทำบัตรเติมเงินโทรศัพท์ ไม่เหมือนกันและความหนาของบัตรขึ้นอยู่กับราคาของบัตรและเครือข่ายที่ผลิตออกมา

ภาพที่ 3.32 รูปแสดงบัตรเติมเงินโทรศัพท์ชนิดต่าง

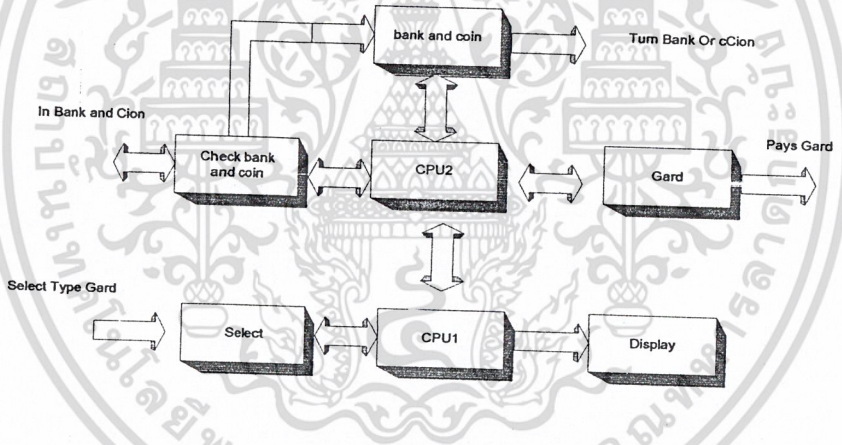
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

วงจรและการทำงาน

ตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถืออัตโนมัติประกอบด้วยโครงสร้างหลัก ๆ ด้วยกัน 7 ส่วนที่สำคัญ คือ

1. หน่วยความจำและประมวลผล
2. ภาคติดต่อกับผู้ใช้งาน
3. ส่วนแสดงผล
4. ตรวจสอบธนบัตรและเหรียญ
5. รับ - ทอนธนบัตรและเหรียญ
6. ส่วนจ่ายบัตรเติมเงิน
7. ภาคจ่ายไฟ



ภาพที่ 4.1 โครงสร้างของตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถืออัตโนมัติ

4.1 หน่วยความจำและประมวลผล

ส่วนประมวลผลนับว่าเป็นส่วนที่สำคัญยิ่งในการควบคุมการทำงานของระบบ และเป็นสมองของโครงงานชิ้นนี้ ซึ่งหน่วยความจำและประมวลผลสามารถแยกออกเป็น 2 ส่วนย่อย คือ

1. หน่วยประมวลผลหลัก
2. หน่วยประมวลผลรอง

ซึ่งการทำงานของทั้งสองนี้จะแบ่งหน้าที่กันทำงานตามความรับผิดชอบ แต่จะมีการติดต่อสื่อสารกันผ่านทางพอร์ตอนุกรมของไมโครคอลโทรลเลอร์ เพื่อควบคุมการทำงานระหว่างกันหรืออาจกล่าวได้ว่าหน่วยประมวลผลหลักจะเป็นตัวควบ คุมให้หน่วยประมวลผลรองทำงานนั้นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

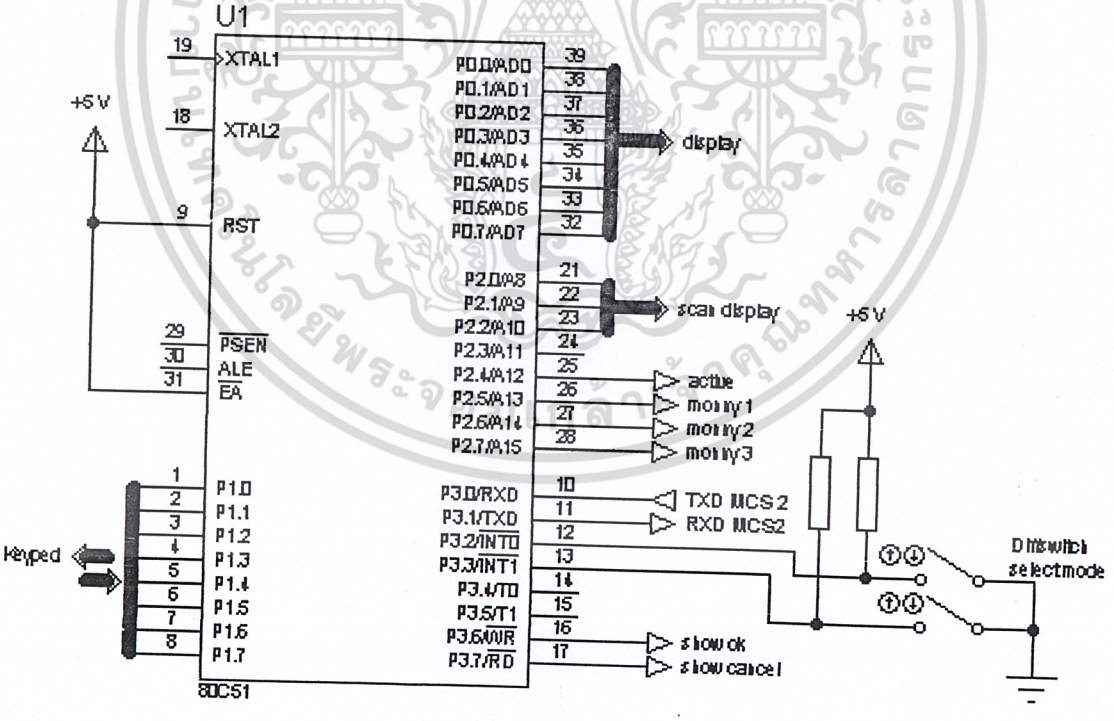
4.1.1 หน่วยประมวลผลหลัก

หน่วยประมวลผลหลักนั้นเปรียบได้ว่าเป็นส่วนที่กำหนดส่วนต่างๆของระบบ ว่าจะให้ทำงานหรือไม่ เนื่องจากถ้าพิจารณาการทำงานเบื้องต้นที่ได้กล่าวไปแล้วในหัวข้อที่ 1.4 นั้นจะต้องมีการเลือกชนิดของธนบัตรเสียก่อนจึงจะทำให้ส่วนการทำงานอื่นๆทำงาน ซึ่งหน่วยประมวลผลหลักทำหน้าที่ต่างๆดังต่อไปนี้

1. ทำหน้าที่ในการติดต่อกับผู้ใช้งานซึ่งแยกเป็นสองจำพวก คือ *ผู้ซื้อ* และ *ตัวแทนจำหน่ายหรือเจ้าของตู้ขายบัตร* โดยการตรวจสอบการกดปุ่มที่ส่วนติดต่อกับผู้ใช้งานแล้วนำค่าปุ่มที่กดมาประมวลผลว่าเป็นคำสั่งชนิดใด การเลือกโหมดใช้งานสามารถปรับสวิตซ์เลือกโหมดใช้งานได้ 3 โหมด คือ โหมดแก้ไขหน่วยความจำธนบัตรและเหรียญ,โหมดแก้ไขหน่วยความจำบัตรและสุดท้ายโหมดซื้อ

2. ตรวจสอบจำนวนบัตร ธนบัตรและเหรียญที่มีภายในระบบ โดยจะดึงข้อมูลจากหน่วยความจำที่เก็บไว้มาใช้งาน

3. รับข้อมูลจากหน่วยประมวลผลรอง เช่น ค่าจำนวนเงิน ข้อมูลควบคุมแล้วนำข้อมูลนั้นไปประมวลผลและส่งข้อมูลความคุมเพื่อให้หน่วยประมวลผลรองทำงานหรือหยุดทำงาน



ภาพที่ 4.2 แสดงวงจรหน่วยประมวลผลหลัก

4. คำนวณเงินที่รับค่ามาจากหน่วยความจำรอง เพื่อนมาเปรียบเทียบกับจำนวนเงินของราคาบัตรและคำนวณเงินทอนที่เหลือจากหารซื้อบัตรเติมเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำข้อมูลที่ต้องการแสดงผลส่งไปยังส่วนแสดงผลให้ผู้ใช้งานให้ทราบค่าข้อมูล

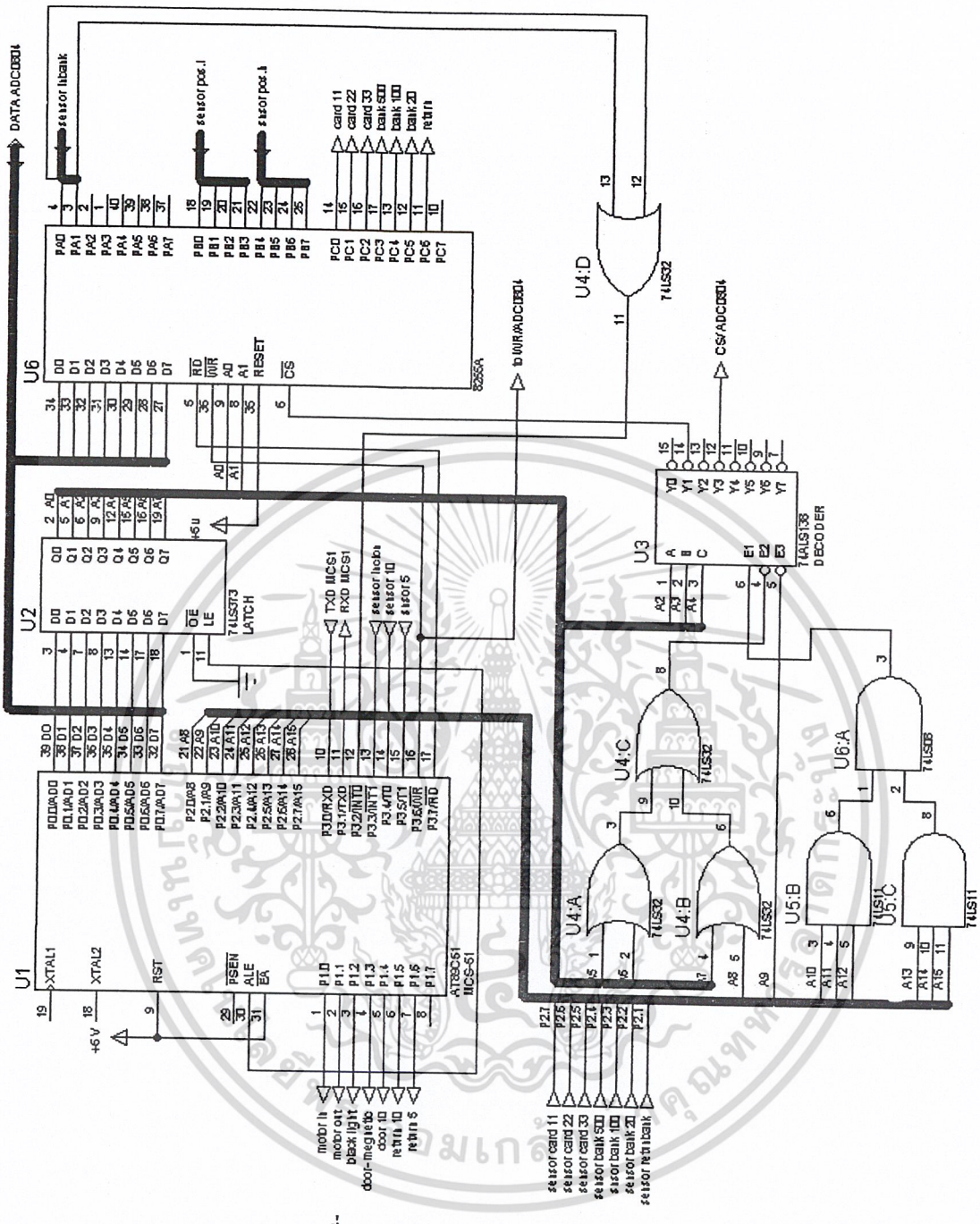
จากจากภาพที่ 4.2 เป็นไมโครคอลโทรลเลอร์ตัวที่หนึ่ง จะเป็นตัวประมวลผลหลักพอร์ต P0 เป็นสัญญาณข้อมูลให้กับภาคแสดงผล พอร์ต P1 ใช้งานร่วมกับวงจรสแกนคีย์ของภาคติดต่อผู้ใช้งาน พอร์ต P2.0-P2.2 เป็นสัญญาณควบคุมการสแกนการแสดงผล พอร์ต2.5-2.7 ส่งสัญญาณการตรวจเช็คบัตรเติมเงินไปยังภาคติดต่อผู้ใช้งาน พอร์ต P3.0 (RXD)-P3.1 (TXD) จะรับ และ ส่งสัญญาณแบบอนุกรม (Single Processor Serial Port) กับหน่วยประมวลรอง และพอร์ต P3.2 (INT0)–P3.3 (INT1) สวิตช์เลือกโหมดการทำงานและ P3.3-P3.7 จะแสดงผลไฟที่จะเลือกตกลงหรือยกเลิก

4.1.2 หน่วยประมวลผลรอง

เป็นหน่วยประมวลผลที่สองที่ใช้ในระบบมีการต่อขยายพอร์ตใช้งานเพิ่มเติม โดยใช้ไอซีขยายพอร์ตเบอร์ 8255 เพื่อให้เพียงพอกับความต้องการพอร์ตใช้งาน ในสภาวะปกติหน่วยประมวลผลรองนี้จะไม่ทำงานจนกว่าจะมีการตกลงเลือกซื้อบัตรเติมเงิน หน่วยประมวลผลหลักจะส่งข้อมูลคำสั่งควบคุมให้ทำงานจึงจะพร้อมทำงาน ซึ่งเมื่อพร้อมที่จะทำงานแล้วหน่วยประมวลผลรองนี้จะทำหน้าที่ตรวจสอบความถูกต้องของธนบัตรและเหรียญ โดยจะรับข้อมูลมาจากส่วนตรวจสอบธนบัตรและเหรียญ ข้อมูลที่รับมานั้นจะต้องผ่านขั้นตอนการตรวจสอบโดยโปรแกรมภายในเสียก่อนแล้วจึงนำมาเปรียบเทียบ ถ้าเป็นของปลอมก็จะคืนกลับแก่ผู้ใช้แต่ถ้าเป็นของจริงก็ส่งข้อมูลที่ตรงกับมูลค่าของเงินที่รับมาไปยังหน่วยประมวลผลหลักต่อไป

จากภาพที่ 4.3 พอร์ต P0 ส่งและรับข้อมูลไบต์ตำจากหน่วยความจำภายนอกซึ่งได้แก่ 8255 และ ADC0804 (แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล) โดยมีวงจรถอดรหัสเพื่อเลือกตำแหน่งข้อมูล พอร์ต P2 จะเป็นพอร์ตส่งตำแหน่งข้อมูลไบต์สูงเพื่อเลือกตำแหน่งข้อมูลภายนอกและตรวจจับสัญญาณจากเซนเซอร์ที่มาจากภาคจ่ายบัตรเติมเงิน (P2.5-P2.7) และภาคทอนธนบัตร (P2.1-P2.4) พอร์ต P1 เป็นพอร์ตส่งสัญญาณควบคุมส่วนตรวจสอบทั้งธนบัตร (P1.0- P1.2) ตรวจสอบเหรียญ (P1.3-P1.4) และทอนเหรียญ (P1.5-P1.6) พอร์ต P3.0 (RXD)-P3.1(TXD) จะรับและส่งสัญญาณแบบอนุกรม (Single Processor Serial Port) กับหน่วยประมวลหลัก P3.1 –P3.2 รับสัญญาณการตรวจจับการใส่ธนบัตรจากส่วนตรวจสอบธนบัตร(P3.2) และการตรวจค่าความนำไฟฟ้าจากส่วนตรวจสอบเหรียญ(P3.3) P3.4-P3.5 จะรับสัญญาณการตรวจวัดขนาดของเหรียญ และ P3.6-P3.7 เป็นสัญญาณควบคุมการอ่าน(READ)และเขียน(WRITE)ข้อมูลจากหน่วยความจำภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.3 แสดงวงจรหน่วยประมวลผลรอง

4.2 ภาคติดต่อกับผู้ใช้งาน

เป็นส่วนที่เชื่อมต่อกับหน่วยประมวลผลหลักโดยตรง และทำหน้าที่ในการติดต่อกับผู้ใช้งาน ซึ่งแบ่งประเภทผู้ใช้งานเป็น 2 ประเภทตามการใช้งานดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น คือ ผู้ซื้อและตัวแทนจำหน่าย โดยจะมีการทำงานที่ไม่เหมือนกันแต่จะใช้อุปกรณ์ตัวเดียวกัน การเลือกโหมดขึ้นอยู่กับการปรับสวิตซ์เลือกโหมดการใช้งานเพื่อเลือกใช้โปรแกรมภายใน ซึ่งวิธีการใช้งานจะขอกล่าวในบทต่อไป

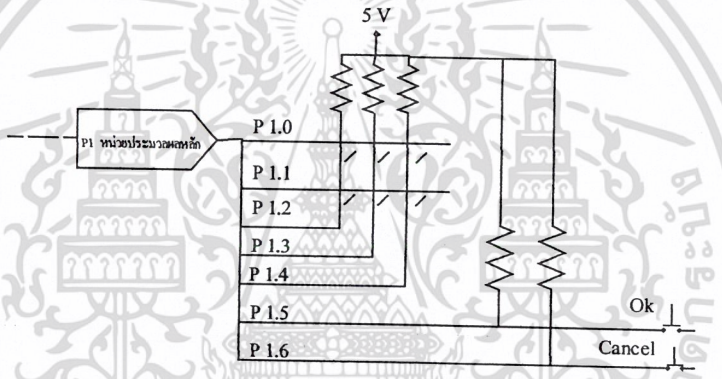
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การติดต่อกับผู้ซื้อ

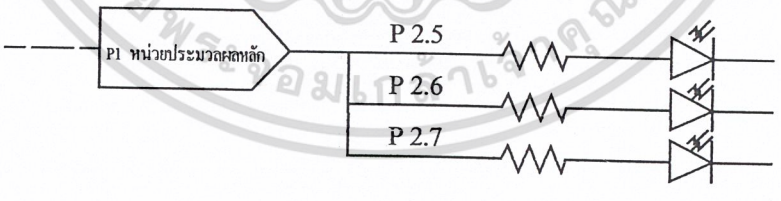
จากที่ได้กล่าวมาแล้วว่าผู้ซื้อจะต้องเลือกบัตรที่จะซื้อก่อนที่จะหยอดเงินเข้ามา โดยการกดปุ่มต่างๆ ที่บริเวณด้านหน้าของตู้ เมื่อกดปุ่มครั้งแรกจะเป็นการเลือกชนิดของบัตรเติมเงิน จากนั้นโปรแกรมก็จะแสดงราคาบัตรเติมเงินที่มีโดย LED และกดครั้งที่สองเพื่อเลือกราคาบัตรเติมเงินถ้าไม่ตรงกับที่ไฟแสดงก็จะต้องเลือกชนิดหรือราคาใหม่ และเลือกครั้งสุดท้ายเพื่อยืนยันการซื้อ

4.2.2 การติดต่อตัวแทนจำหน่าย

โหมดนี้จะมีไว้เฉพาะผู้ที่เป็นเจ้าของตู้ขายบัตรเติมเงินใช้เท่านั้น เนื่องจากเป็นโหมดที่ทำหน้าที่ในการตรวจสอบและแสดงค่าจำนวนบัตรเติมเงิน ธนบัตรและเหรียญที่มีภายในตู้นอกจากนั้นยังสามารถเพิ่มค่าหรือลดค่าต่างๆ ในกรณีที่มีการเพิ่มหรือเอาออกบัตรเติมเงิน ธนบัตร และเหรียญ



ภาพที่ 4.4 สวิตซ์เลือกชนิดและราคาบัตรเติมเงิน

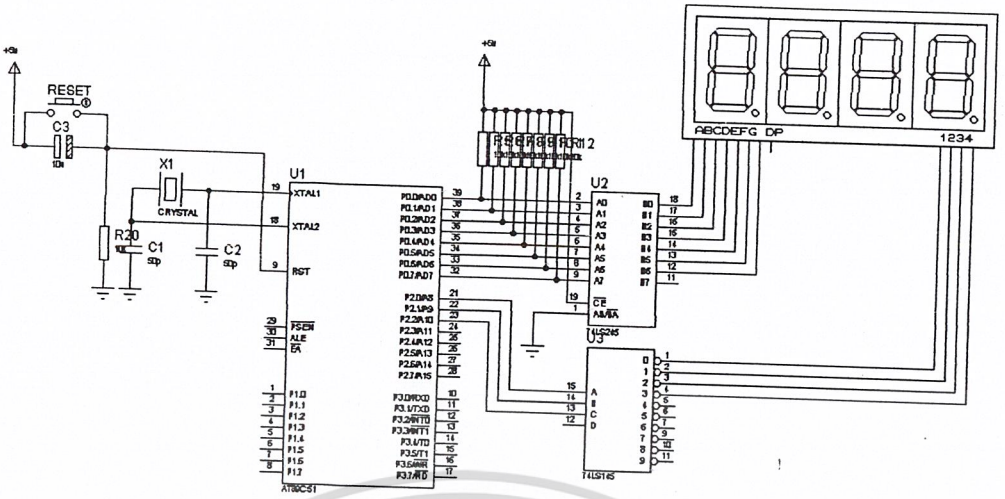


ภาพที่ 4.5 ไฟแสดงบัตร

4.3 ส่วนแสดงผล

ส่วนนี้จะใช้การแสดงผล 7-Segment ที่รับค่ามาจากไมโครคอลโทรลเอลร์ มาขยายที่ไอซีขยายกระแส 74LS373 และเลือกดิจิตโดย 74LS138 ส่วนนี้ทำหน้าที่ในการแสดงผลข้อมูลที่เป็นรหัส 7-Segment ที่รับมาจากหน่วยประมวลผลหลักแสดงเป็นตัวเลข ซึ่งค่าที่แสดงผลได้แก่ จำนวนเงินและจำนวนบัตรเติมเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.6. แสดงวงจรแสดงผล

4.4 ตรวจสอบธนบัตรและเหรียญ

เป็นส่วนที่ติดต่อกับหน่วยประมวลผลรอง ซึ่งจากคุณสมบัติของธนบัตรและเหรียญดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นนั้นจึงได้นำมาใช้ในการตรวจสอบธนบัตรและเหรียญว่าจริงหรือปลอม โดยการนำทฤษฎีเบื้องต้นที่ได้กล่าวมาแล้วมาประกอบการออกแบบและสร้างวงจร

4.4.1 ส่วนตรวจธนบัตร

การออกแบบวงจรที่ใช้สำหรับการตรวจสอบธนบัตรนั้นแบ่งหน้าที่การทำงานออก เป็น 3 ชุดคือ ชุดตรวจสอบการใส่ธนบัตร ชุดตรวจวัดตำแหน่ง และชุดตรวจวัดค่าการสะท้อนของหมึกพิมพ์และกระดาษ

1. ชุดการตรวจวัดการใส่ธนบัตร มีไว้สำหรับตรวจสอบว่าขณะนี้มีธนบัตรเข้ามาหรือไม่ เพื่อให้หน่วยประมวลผลรองนำข้อมูลไปวิเคราะห์ต่อไป ชุดการตรวจสอบนี้จะใช้ โฟโต้ทรานซิสเตอร์ร่วมกับไดโอดเปล่งแสงจำนวน 2 ชุด

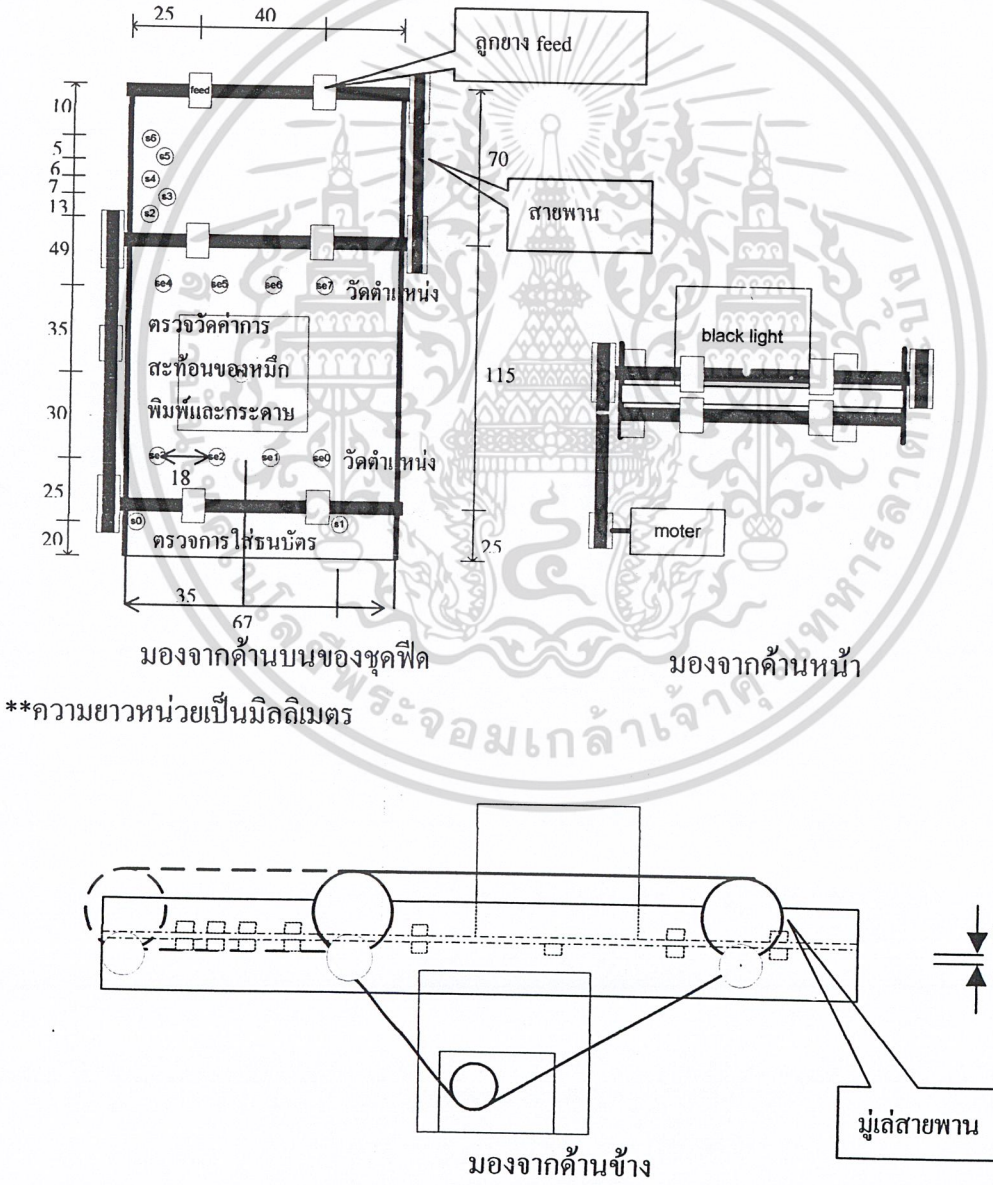
2. ชุดการตรวจวัดตำแหน่งของธนบัตร เป็นการตรวจว่าขณะนี้ธนบัตรเคลื่อนที่ไปถึงยังตำแหน่งที่ต้องการวัดค่าแสงหรือยัง โดยการตรวจสอบค่าที่หน่วยประมวลผลรอง ชุดการตรวจสอบนี้จะใช้ โฟโต้ทรานซิสเตอร์ร่วมกับไดโอดเปล่งแสงจำนวน 8 ชุดโดยแบ่งเป็นแถวๆละ 4 ชุด วางเรียงกันในแนวขนาน ซึ่งเมื่อรวมกันแล้วจะได้เป็นข้อมูลดิจิตอลขนาด 8 บิต

3. การตรวจวัดค่าการสะท้อนของหมึกพิมพ์และกระดาษ เป็นวิธีการตรวจวัดความถูกต้องของธนบัตรโดยใช้หลอดไฟสีม่วง (Black Light) เป็นตัวกำเนิดแสงซึ่งควบคุมการเปิดปิดโดยหน่วยประมวลผลรอง และใช้ตัวความต้านทานเปลี่ยนแปลงตามค่าแสง (LDR) เป็นตัวทำหน้าที่รับแสงที่สะท้อนมาจากธนบัตร แสงที่มาตกกระทบกับ LDR นั้นจะมีค่าต่างๆ กันแล้วแต่ชนิดของกระดาษและน้ำหมึกที่ใช้พิมพ์ธนบัตร ทำให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไปไม่เท่ากันค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แรงดันที่ตกคร่อมก็จะไม่เท่ากันด้วย ค่าแรงดันที่ได้ดังกล่าวจะถูกส่งไปยังวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital Converter) อีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะส่งไปยังหน่วยประมวลผล

ส่วนประกอบทางด้านโครงสร้างในโครงงานนี้ จะใช้แผ่นพลาสติกบางมาทำเป็นช่องทางเดินของธนบัตร ซึ่งจำเป็นจะต้องให้ช่องว่างระหว่างแผ่นพลาสติกสองแผ่นแคบมากแต่จะต้องสามารถให้ธนบัตรเคลื่อนที่ผ่านได้สะดวกด้วยแสดงดังภาพที่ 4.7 วิธีการดึงธนบัตรเข้าหรือออกจะใช้มอเตอร์ทดเฟืองขนาด 24 โวลต์ที่มีสายพานเป็นตัวส่งกำลังไปยังลูกกลิ้งที่ประกบกันทั้งด้านบนและด้าน ล่างของช่องทางเดินธนบัตร ประกอบไปด้วยลูกกลิ้งจำนวน 3 ชุดด้วยกัน ด้านบนและด้านล่างมีไว้เพื่อติดตั้งอุปกรณ์เซ็นเซอร์ต่าง ๆ ตามตำแหน่งที่ได้กล่าวในหัวข้อต่างๆ มาแล้ว



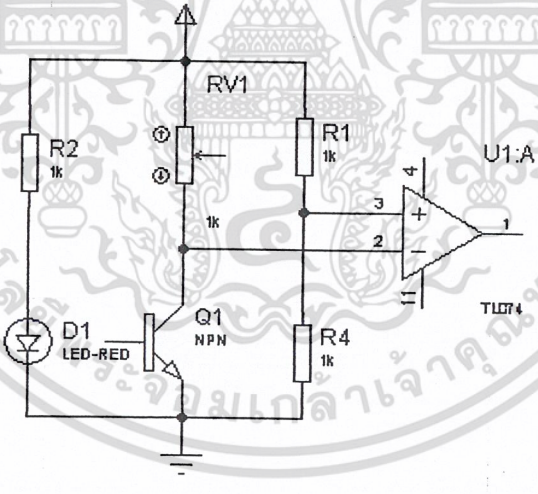
ภาพที่ 4.7 แสดงโครงสร้างชุดตรวจสอบธนบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.1.1 หลักการออกแบบ

การออกแบบวงจรที่ใช้สำหรับการตรวจสอบธนบัตรนั้น แบ่งหน้าที่การทำงานออกเป็น 3 ส่วนคือ ตรวจจับการใส่ธนบัตร ตรวจตำแหน่ง และ ตรวจวัดค่าการสะท้อนของหมึกพิมพ์และกระดาษ

1. การตรวจจับการใส่ธนบัตร มีไว้สำหรับตรวจสอบว่าขณะนี้มีธนบัตรเข้ามาหรือไม่ จะใช้โฟโต้-ทรานซิสเตอร์(Photo-Transistor) ซึ่งติดตั้งทางด้านล่างของทางเดินธนบัตรเป็นตัวรับแสงที่ส่งมาจากไดโอดเปล่งแสง (LED) ติดตั้งอยู่ด้านบนมีจำนวนสองชุดด้วยกัน ติดตั้งอยู่บริเวณขอบด้านหน้าของช่องใส่ธนบัตร ต่อใช้งานร่วมกับวงจรเปรียบเทียบแรงดัน (Dif-Amp) การทำงานในสภาวะปกติ Photo-Transistor จะได้รับแสงจาก LED ทำให้นำกระแสแรงดันที่ขา Non-Inverting มีแรงดันสูงกว่าขา Inverting ลอจิกที่เอาท์พุตของ Op-Amp จึงเป็น "1" แต่เมื่อมีธนบัตรเข้ามาทำให้ลำแสงที่ LED ส่งผ่านไปยัง Photo-Transistor โดนตัดมีผลให้ Photo-Transistor หยุดนำกระแสแรงดันที่ Inverting สูงขึ้นเอาท์พุตที่ Op-Amp จึงเป็น "0" ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการปรับค่า VR2 ด้วย สัญญาณจากการตรวจจับทั้งสองชุดนี้จะถูกนำไปผ่านวงจร AND Gate เพื่อให้แน่ใจว่าวงจรทั้งสองชุดทำงานพร้อมกันแล้วสัญญาณที่ออกจาก AND Gate จึงจะไปเข้ายังขา INT0/ เพื่อเป็นสัญญาณอินเตอร์รัพต์ (Interrupt) ให้กับหน่วยประมวลผลรองเพื่อสั่งให้มอเตอร์ทำงาน

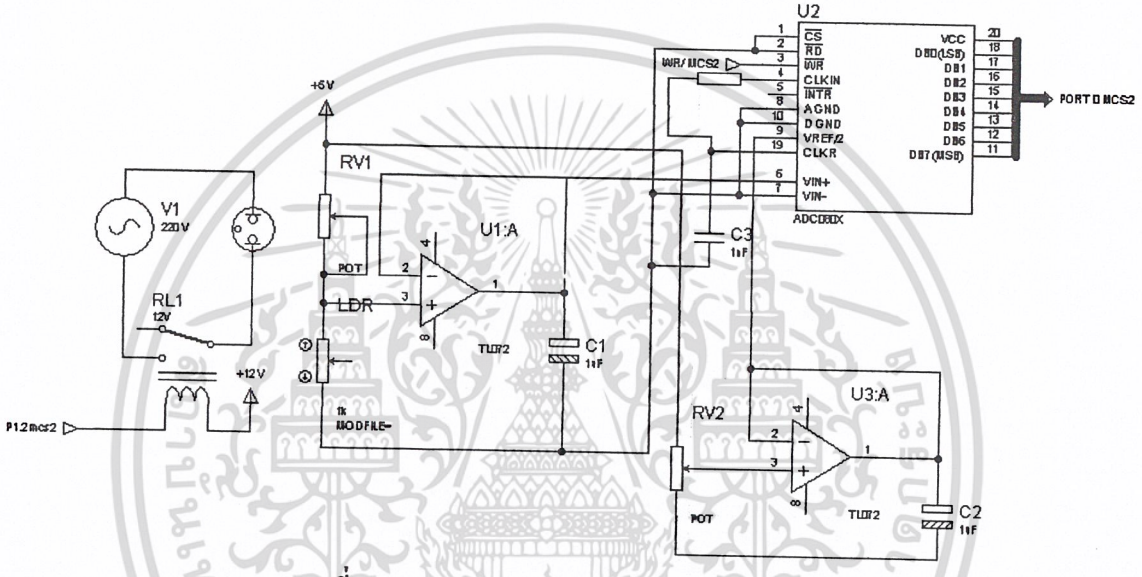


ภาพที่ 4.8 แสดงการออกแบบวงจร SENSOR การจับตำแหน่งและจับการใส่ธนบัตร

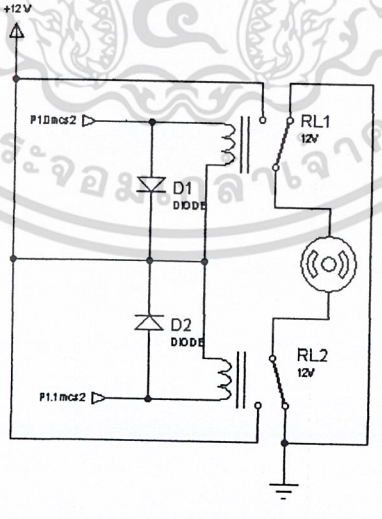
2. การตรวจวัดตำแหน่งของธนบัตร เป็นการตรวจว่าขณะนี้ธนบัตรเคลื่อนที่ไปถึงยังตำแหน่งที่ต้องการวัดค่าแสงหรือยัง โดยการตรวจสอบค่าที่หน่วยประมวลผลรอง ถ้าถึงแล้วก็จะสั่งให้มอเตอร์หยุดทำงาน วงจรการใช้งานนั้นจะเหมือนกับการตรวจจับการใส่ธนบัตรทุกประการ เพียงแต่ตำแหน่งการติดตั้งนั้น จะอยู่บริเวณด้านหน้าและด้านหลังแยกกันเป็นสองแถว โดยแต่ละแถวจะมีชุดตรวจจับแสงจำนวน 4 ชุด วางเรียงกันในแนวขนาน ซึ่งเมื่อรวมกันแล้วจะได้เป็นข้อมูลดิจิตอลขนาด 8 บิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การตรวจวัดค่าการสะท้อนของหมึกพิมพ์และกระดาษ เป็นวิธีการตรวจวัดความถูกต้องของธนบัตรโดยใช้หลอดไฟสีม่วง (Black Light) เป็นตัวกำเนิดแสงซึ่งควบคุมการเปิด-ปิดโดยหน่วยประมวลผลรอง และใช้ตัวความต้านทานเปลี่ยนแปลงตามค่าแสง (LDR) เป็นตัวทำหน้าที่รับแสงที่สะท้อนมาจากธนบัตร ซึ่งอุปกรณ์ทั้งหมดนี้จะติดตั้งอยู่ตรงกลางด้านบนของช่อง ทางเดินธนบัตร แสงที่มาตกกระทบกับ LDR นั้นจะมีค่าต่างๆ กันแล้วแต่ชนิดของกระดาษและน้ำหมึกที่ใช้พิมพ์ธนบัตร ทำให้ค่าความต้านทานเปลี่ยนแปลงไปไม่เท่ากันค่าแรงดันที่ตกคร่อมก็จะไม่เท่ากันด้วย ค่าแรงดันที่ได้ดังกล่าวจะถูกส่งไปยังวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล (Analog to Digital Converter) อีกครั้งหนึ่งก่อนที่จะส่งไปยังหน่วยประมวลผล



ภาพที่ 4.9 แสดงวงจรตรวจวัดค่าการสะท้อนแสง



ภาพที่ 4.10 วงจรการสลับทางหมุนของมอเตอร์รับธนบัตร

จากภาพที่ 4.10 เป็นวงจรกลับทิศทางหมุนของมอเตอร์ซึ่งประกอบไปด้วย รีเลย์จำนวน 2 ตัวสลับกันทำงาน เมื่อได้รับสัญญาณจากหน่วยประมวลผลรองเพื่อให้มอเตอร์หมุนเข้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกหรือหยุดทำงาน ที่ขารีเลย์แต่ละตัวจะมีไดโอดที่ทำหน้าที่เป็นตัวป้องกันแรงดันย้อนกลับจากขดลวดของรีเลย์

4.4.2 ส่วนตรวจเหรียญ

จากคุณสมบัติการนำไฟฟ้า ไม่เป็นสารแม่เหล็กและขนาดที่ไม่เท่ากันของเหรียญเราสามารถแบ่งชุดตรวจสอบเหรียญได้โดยสามารถแบ่งขั้นตอนการตรวจสอบโดยคุณสมบัติได้เป็น 3 ชุดคือ

1. ชุดการตรวจวัดการนำไฟฟ้า ทำหน้าที่ตรวจวัดว่าเหรียญที่หยอดเข้ามานั้น มีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าหรือไม่ ถ้าใช่ก็จะส่งข้อมูลให้หน่วยประมวลผลรองรับทราบ เพื่อตรวจสอบต่อไป ชุดนี้จะเชื่อมต่อเข้ากับหน่วยประมวลผลรอง ให้สัญญาณเข้าที่ขา INT1/ เพื่อเป็นสัญญาณอินเตอร์รัพต์ (Interrupt) ให้หน่วยประมวลผลรอง

2. ชุดการตรวจความเป็นสนามแม่เหล็ก จะตรวจสอบเหรียญที่หยอดเข้ามาว่า มีคุณสมบัติเป็นสารแม่เหล็กหรือไม่ โดยใช้ขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กเป็นอุปกรณ์ตรวจวัด

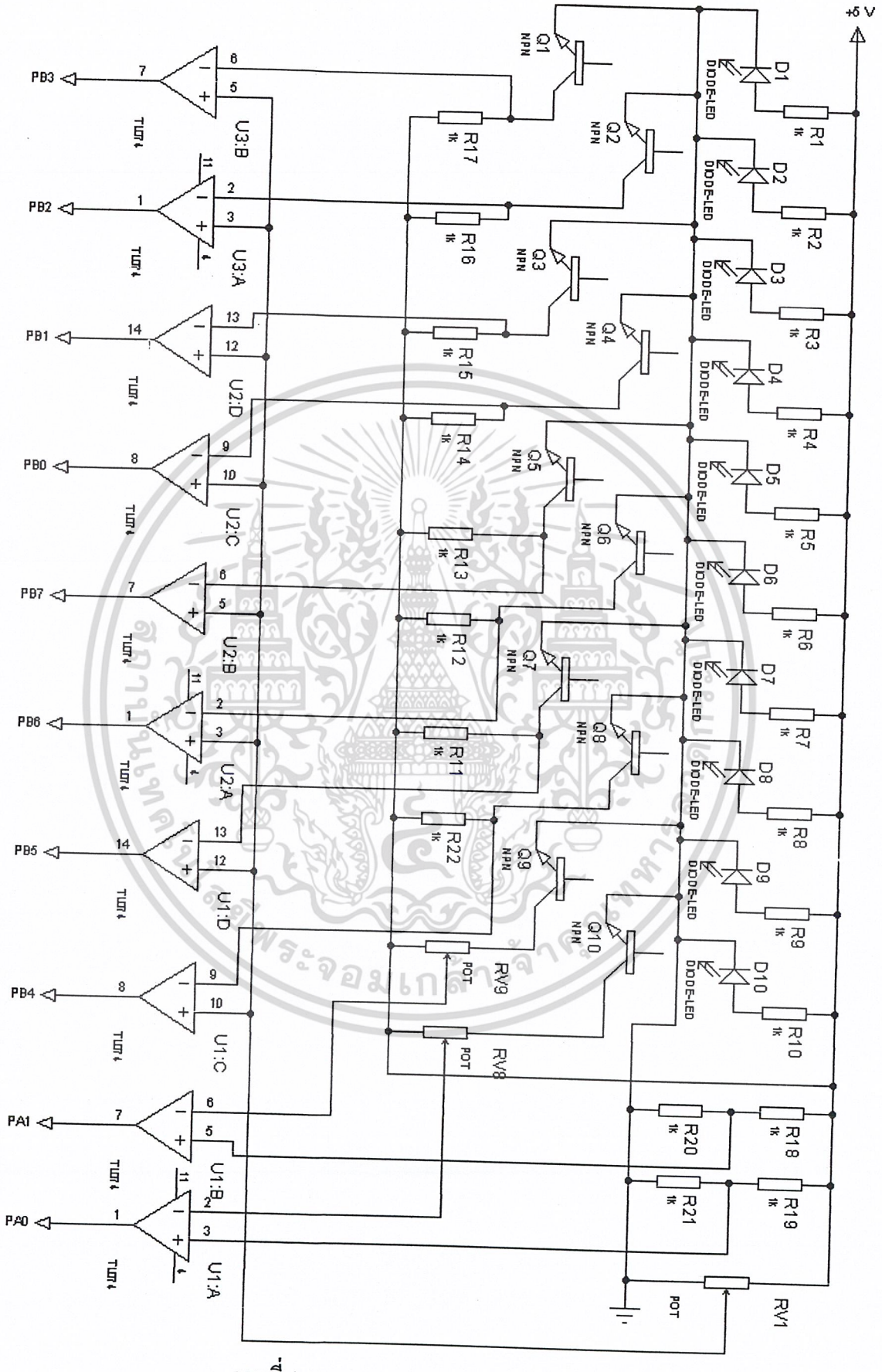
3. ชุดการตรวจวัดขนาดของเหรียญ จะตรวจสอบ 2 แบบ คือ แบบแรกจะวัดขนาดของเหรียญที่จะให้ผ่านชุดตรวจวัดได้เฉพาะเหรียญที่มีขนาดตั้งแต่เหรียญห้า (รัศมี 24 มิลลิเมตร) จนถึงขนาดไม่เกินเหรียญสิบ(รัศมี 26 มิลลิเมตร) ถ้าขนาดเล็กกว่าหรือโตกว่าจะไม่สามารถผ่านชุดตรวจสอบได้ โดยใช้โครงสร้างของช่องรับเหรียญตรวจสอบ แบบที่สองจะตรวจสอบเมื่อเหรียญที่ผ่านมานั้นเป็นเหรียญจริงก็จะทำการแยกประเภทว่าเป็นเหรียญชนิดห้าบาทหรือสิบบาท โดยใช้โฟโต้เซ็นเซอร์(Photo) เพื่อวัดขนาดและแยกเก็บ

4.4.2.1 หลักการออกแบบ

จากคุณสมบัติการนำไฟฟ้า ไม่เป็นสารแม่เหล็กและขนาดที่ไม่เท่ากันของเหรียญเราสามารถสร้างชุดตรวจสอบเหรียญได้ โดยสามารถแบ่งขั้นตอนการตรวจสอบโดยคุณสมบัติได้เป็น 3 ขั้นตอน

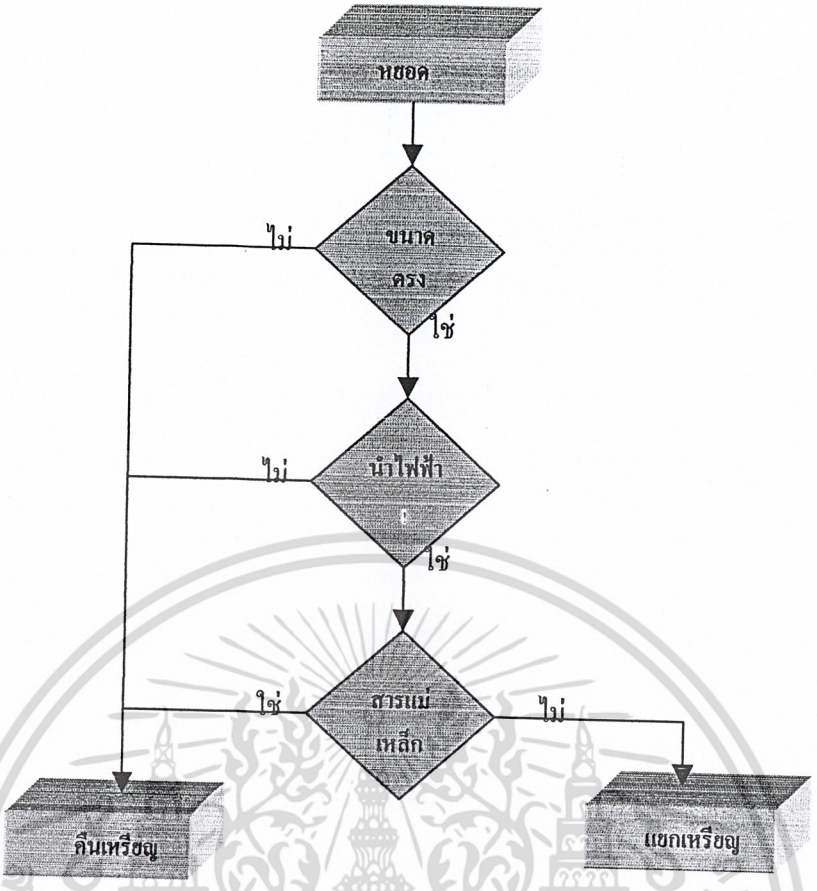
1. การตรวจวัดการนำไฟฟ้า โดยใช้ขั้วอิเลคโทรด 2 ขั้ว ติดตั้งที่โครงสร้างของส่วนรับเหรียญทั้งสองข้าง ขั้วแรกจะต่ออยู่กับกราวด์ของแหล่งจ่ายส่วนอีกขั้วหนึ่งจะต่อเข้ากับหน่วยประมวลผลให้สัญญาณเข้าที่ขา INT1/ ดังนั้นเมื่อมีการหยอดเหรียญเข้ามาเหรียญจะทำหน้าที่เปรียบเสมือนเป็นสวิตซ์ตัดต่อวงจรให้ครบลูปทำให้มีลอจิก “0” ไปยังขา INT1/ เพื่อเป็นสัญญาณอินเตอร์รัปพต์ (Interup) ให้หน่วยประมวลผลรับทราบและหน่วยประมวลผลก็จะจ่ายกระแสให้กับโซลินอล์ยตัวแรกเพื่อเปิดประตูให้เหรียญสามารถผ่านไปได้และจะปิดกลับเมื่อถึงเวลาค่าๆหนึ่ง ในทางกลับกันถ้าเหรียญปลอมที่เป็นพลาสติก จะไม่นำไฟฟ้าทำให้หน่วยประมวลผลไม่รับทราบระบบจะไม่ทำงานเหรียญก็ไม่สามารถผ่านไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

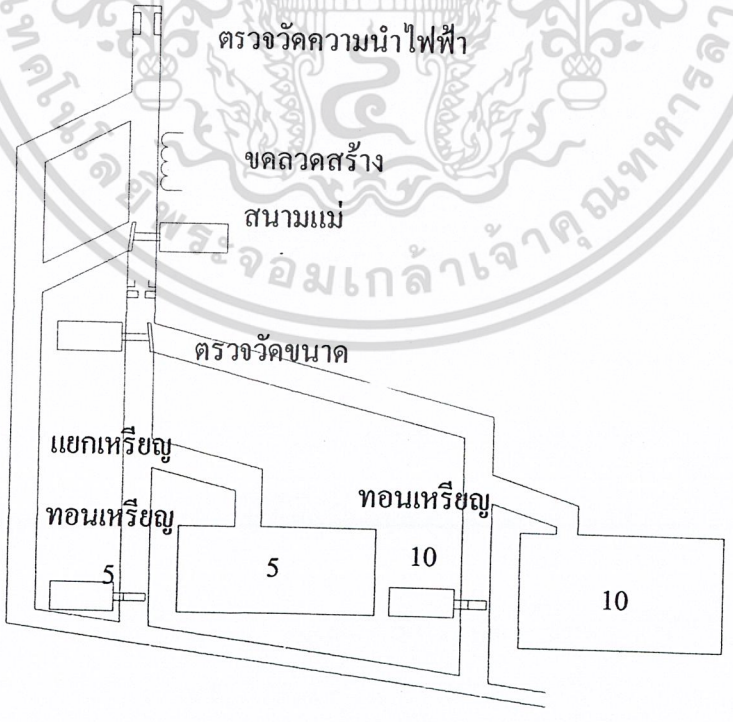


ภาพที่ 4.11 วงจร SENSOR ตรวจสอบธนบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



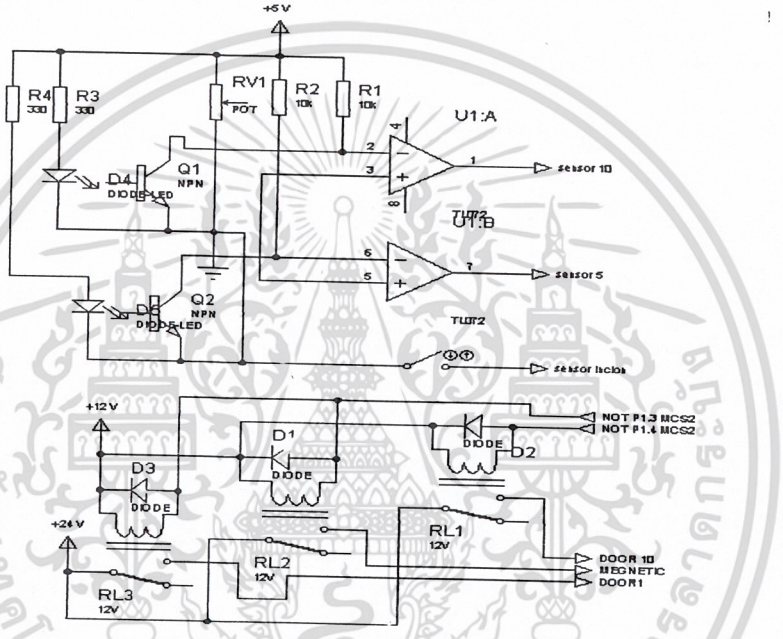
ภาพที่ 4.12 ขั้นตอนการทำงานการตรวจสอบเหรียญ



ภาพที่ 4.13 แสดงโครงสร้างชุดตรวจสอบเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การตรวจความเป็นสนามแม่เหล็ก จะมีขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กติดตั้งไว้ด้านข้างของโครงสร้างส่วนรับเหรียญซึ่งการทำงานจะขึ้นอยู่กับขั้นตอนแรกคือ ถ้าโซลินอล์ยตัวแรกทำงานขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กก็จะทำงาน และ ถ้าโซลินอล์ยตัวแรกหยุดทำงาน ขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กก็จะหยุดทำงานเช่นกัน ซึ่งถ้าเหรียญที่นำไฟฟ้าจะทำให้มีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นบริเวณขดลวด วิธีการตรวจสอบก็คือถ้าเป็นเหรียญจริงก็จะผ่านไปได้ภายในเวลาที่กำหนด แต่ถ้าเป็นเหรียญปลอมที่นำกระแส แต่ทำด้วยโลหะหรือเป็นสารแม่เหล็ก ก็จะติดอยู่กับขดลวดสร้างสนามแม่ เหล็กและจะหลุดเมื่อตัดกระแสที่จ่ายให้ขดลวดซึ่งพอดีกับการปิดของประตูทำให้เหรียญตกลงมายังช่องคืนเหรียญ



ภาพที่ 4.14 สดงวงจรชุดตรวจสอบเหรียญ

3. การตรวจสอบขนาด จะตรวจสอบ 2 แบบ คือ แบบแรกจะวัดขนาดของเหรียญให้ผ่านชุดตรวจวัดได้เฉพาะเหรียญที่มีขนาดตั้งแต่เหรียญห้า (รัศมี 24 มิลลิเมตร) จนถึงขนาดไม่เกินเหรียญสิบ (รัศมี 26 มิลลิเมตร) ถ้าขนาดเล็กกว่าหรือโตกว่าจะไม่สามารถผ่านชุดตรวจสอบได้ แบบที่สอง จะตรวจสอบเมื่อเหรียญที่ได้เป็นเหรียญจริงนั้นคือสามารถผ่านประตูแรกมาได้ก็จะทำการแยกประเภทว่าเป็นเหรียญชนิดห้าบาทหรือสิบบาท โดยใช้โฟโต้เซ็นเซอร์ (Photo Sensor) ติดตั้งที่ระดับต่างกันเพื่อวัดขนาด ถ้าเป็นเหรียญสิบบาทก็จะเปิดประตูที่สอง โดยโซลินอล์ยตัวที่สองให้เหรียญลงในช่องสำหรับเหรียญสิบ ทั้งนี้ได้รับการควบคุมจากหน่วยประมวลผลรองอีกทีหนึ่ง แต่ถ้าเป็นเหรียญห้าบาทก็จะลงในช่องสำหรับเหรียญห้า

วงจรที่ใช้ในการควบคุมโซลินอล์ยและขดลวดสร้างสนามแม่เหล็กนั้น จะใช้รีเลย์ควบ คุมการจ่ายกระแสจากสัญญาณควบคุมของหน่วยประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนของโครงสร้างรับเหรียญ ทำจากแผ่นพลาสติกบางที่มีช่องให้เหรียญสามารถวิ่งผ่านได้สะดวกและติดตั้งเป็นมุมเอียงประมาณ 70 -80 องศาและมีความชันประมาณ 25-30 องศา ทั้งนี้เพื่อให้เหรียญสามรถตกได้เมื่อมีขนาดไม่ถึงที่กำหนดไว้ และเพื่อให้เหรียญสามารถใช้ความชันในการเพิ่มแรงวิ่งผ่านชุดตรวจวัดได้

4.5 รับ – ทอนธนบัตรและเหรียญ

เป็นส่วนที่รับสัญญาณมาจากหน่วยประมวลผล คือ เมื่อการซื้อบัตรเติมเงินแล้วมีการจ่ายเงินเกินราคาบัตรเครื่องจะประมวลผลออกมาว่าเกินไปเท่าไหร่แล้วก็จะทอนเงินออกมาตามจริง

4.5.1 ส่วนทอนธนบัตร

ส่วนของการทอนธนบัตร เป็นส่วนประกอบหนึ่งในตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์ โดยส่วนการทอนธนบัตรนี้จะทอนเงินเมื่อผู้ซื้อจ่ายเงินมาเกินโดยส่วนนี้จะเริ่มทำงานก็ต่อเมื่อได้รับคำสั่งให้ทอนเงินจาก MCS โดยที่ MCS จะเป็นตัวสั่งว่าต้องการที่จะทอนธนบัตรจำนวนเท่าใด เช่น ต้องการทอนเงิน 700 บาท MCS จะสั่งให้ทอนใบละ 500 บาท 1 ใบ และในละ 100 บาท 2ใบ โดยส่วนการทอนธนบัตรนี้จะประกอบด้วย กล่องเก็บเงินทอนซึ่งทำเป็นกล่องเก็บแยกตามชนิดของธนบัตร ในที่นี้ทำเป็นกล่องเก็บเงิน จำนวน 3 กล่อง มีธนบัตร 500 , 100 และ 20 บาท มีถาดรับเงินทอนที่ Feed ออกมาจากแต่ละกล่อง ถาดรับเงินนี้จะคอยรับเงินจากแต่ละกล่อง เมื่อครบตามจำนวนตามที่ MCS สั่งมาแล้วก็จะเลื่อนออกไปยังช่องรับเงิน เพื่อทอนเงินให้กับผู้ใช้

4.5.1.1 หลักการออกแบบ

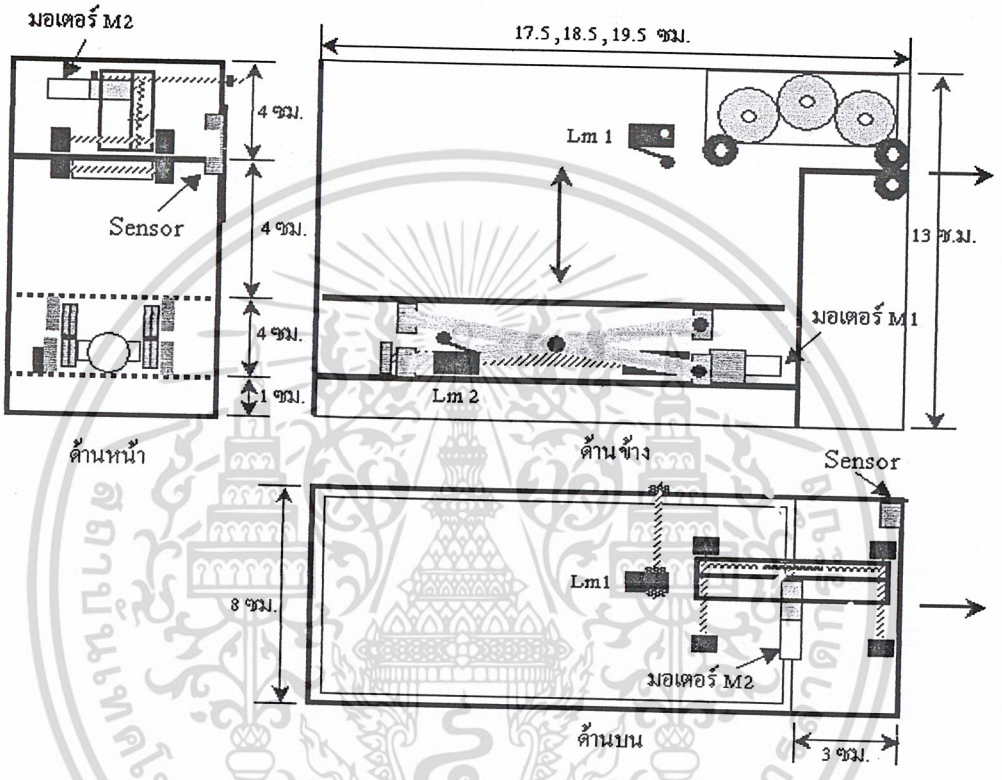
การออกแบบส่วนการทอนธนบัตร จะทอนเงินทั้งหมดออกให้ผู้ใช้ในครั้งเดียวกันแต่การฟีดธนบัตรฟีดออกได้ครั้งละ 1 กล่อง ดังนั้นถาดรับเงินจึงต้องเลื่อนเพื่อไปรับเงินจากแต่ละกล่อง เมื่อครบตามจำนวนแล้วจึงค่อยเลื่อนถาดรับเงินไปให้ผู้ใช้ ส่วนกล่องใส่ธนบัตรจะออกแบบให้มีความยาวที่ไม่เท่ากันเพราะ ลักษณะของธนบัตรแต่ละชนิดที่มีขนาดไม่เท่ากันโดยธนบัตรใบละ 500 บาท จะมีขนาดยาวกว่าธนบัตรใบละ100บาท และธนบัตรในละ 20 บาทจะมีขนาดที่สั้นที่สุด ส่วนการฟีด(Feed) ธนบัตรออกจากกล่องนั้นจะใช้ลูกยางเป็นตัวฟีด (Feed) ออกมาจากกล่องจากการออกแบบและทดลองทำจึงได้กล่องที่ เป็นรูปแบบตามปัจจุบัน

4.5.1.2 หลักการทำงานของส่วนทอนธนบัตร

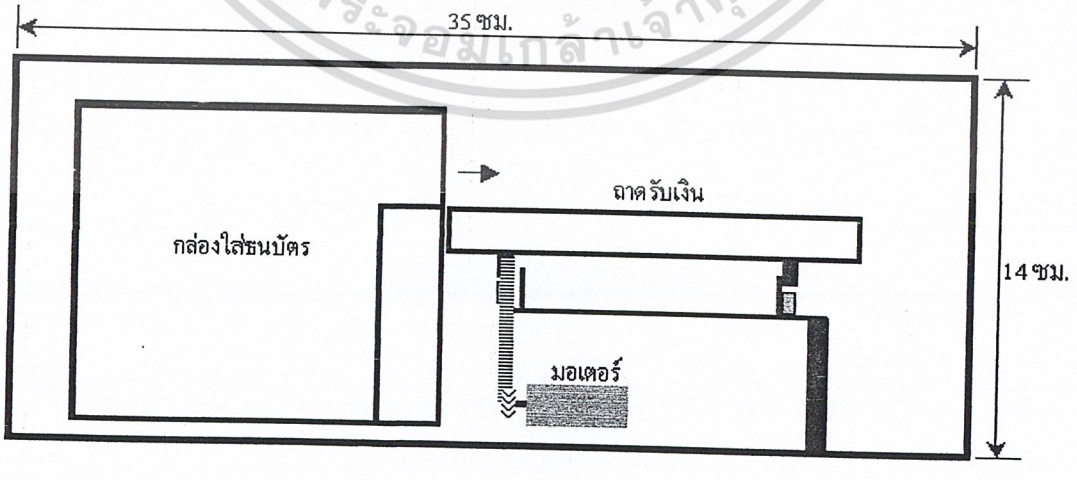
เมื่ออยู่ในสภาวะที่พร้อมจะทำงาน ส่วนทอนธนบัตรต้องได้รับสัญญาณทริก (Trig Signal) จาก MCS เป็นตัวกำหนดให้ว่าให้กล่องไหนทำงาน โดย MCS จะเลือกจ่ายสัญญาณทริก(Trig Signal) Trig A1, Trig A2, Trig A3 เพื่อเลือกแต่ละกล่อง โดยเมื่อรับคำสั่งมา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จาก MCS แล้วถ้าเป็นสัญญาณ Trig A1 ถาดรับเงินก็จะเลื่อนไปยังกล่องที่ 1 ธนบัตรใบละ 500 และกล่องที่ 1จะทำการฟีด (Feed) ธนบัตรออกมาใส่ถาดรับเงิน เมื่อกล่องแรกเสร็จแล้ว จะดูว่าถ้ามีคำสั่งให้ไปรับที่กล่องอื่นอีกหรือไม่ ถ้ามี ก็จะเลื่อนถาดรับเงินไปหน้ากล่องนั้นๆ (Trig A2 กล่องที่ 2 ธนบัตรใบละ100 บาท, Trig A3 กล่องที่ 3 ธนบัตรใบละ 20 บาท) ถ้าไม่มีก็จะได้คำสั่ง Trig A4 เพื่อเลื่อนถาดรับเงินไปยังช่องรับเงินเพื่อทอนเงินให้กับผู้ใช้

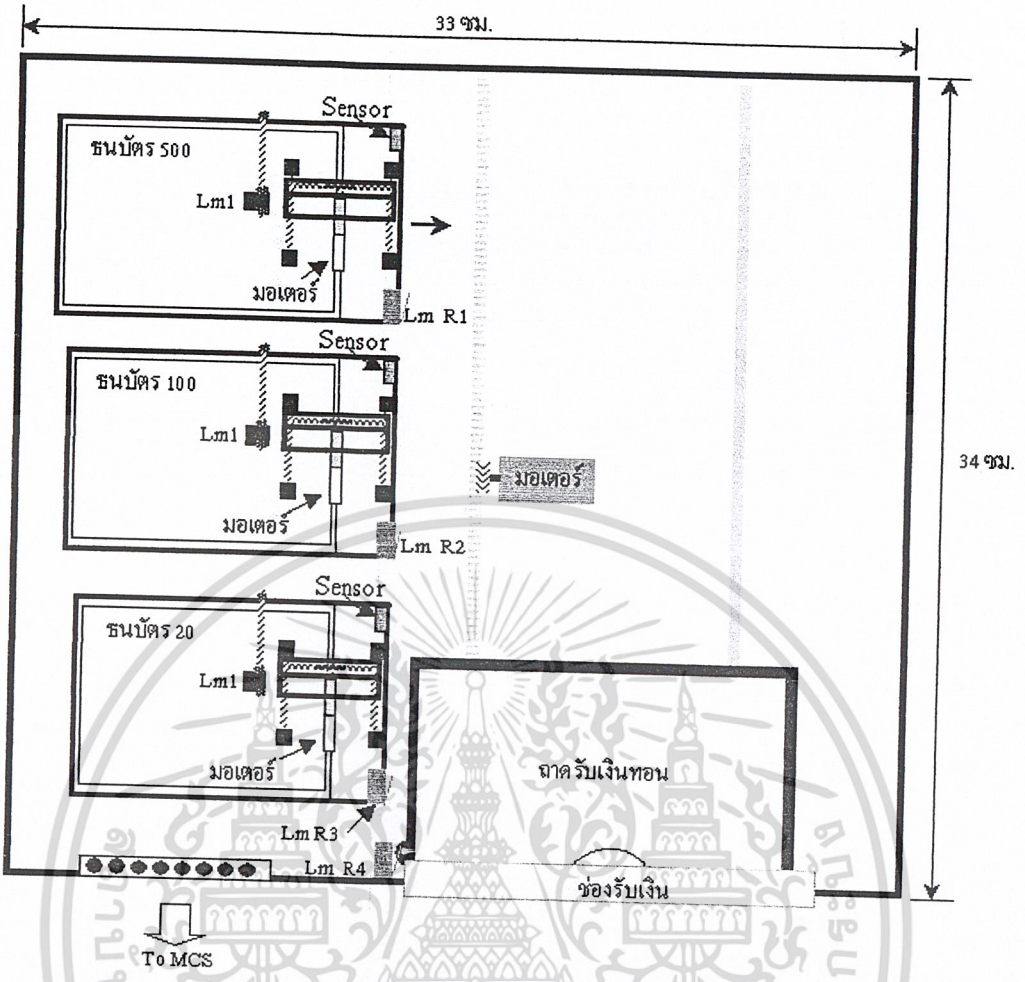


ภาพที่ 4.15 ภาพแสดงด้านต่างๆของกล่องทอนธนบัตร



ภาพที่ 4.16 ภาพส่วนทอนธนบัตร ด้านหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.17 ภาพส่วนทอนธนบัตร ด้านบน

สมการควบคุมการทำงานของ Motor แต่ละตัวของแต่ละกล่อง คือ

Motor M1 $RL3 = A\,\underline{C}$

$RL4 = \underline{A\,B}$

Motor M2 $RL5 = D + AC$

Signal to MCS $Sn = \underline{D}$

จากสมการควบคุมการทำงานของ Motor แต่ละตัวของแต่ละกล่องจะได้ผลตามตารางที่ 4.5-1 และสามารถออกแบบวงจรได้ดังภาพที่ 4.18

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

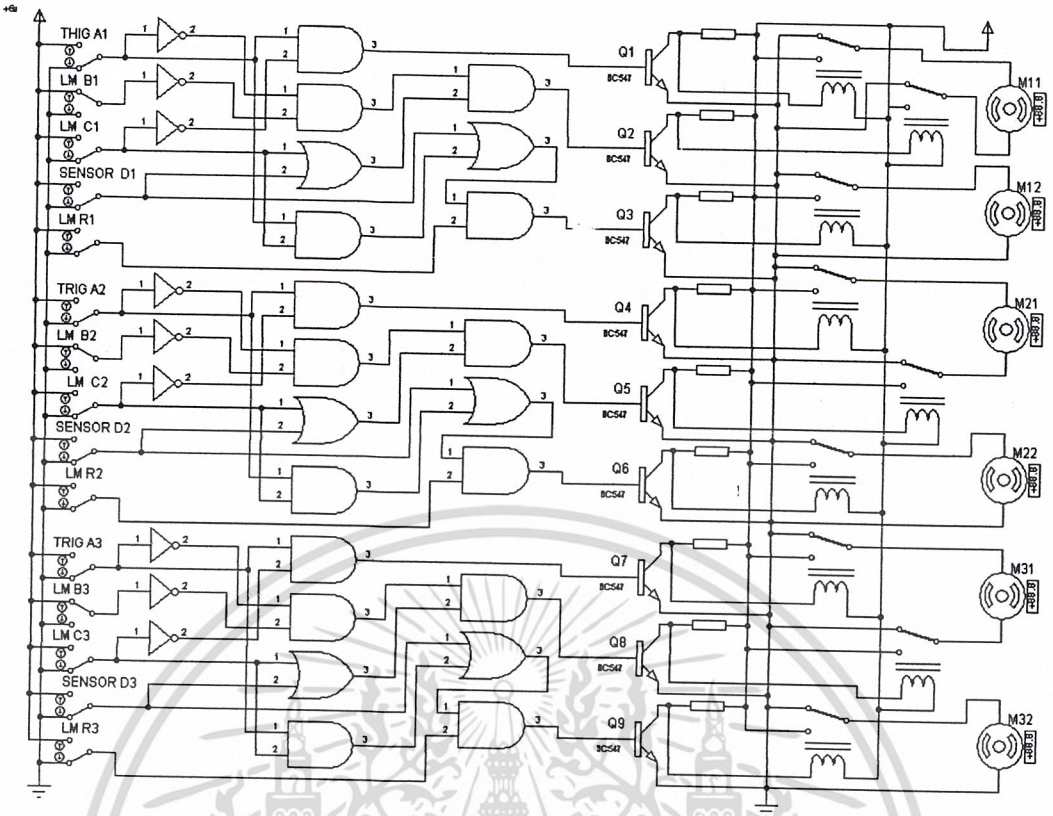
ตารางที่ 4.5-1 ตารางแสดงสภาวะการทำงานของกล่องทอนธนบัตร

Input				Output			
Thig A	LM 1 B	LM 2 C	Sensor D	Motor M1		Moto M2	Signal to MCS
				RL 3	RL 4	RL 5	
0	1	0	0	0	0	0	1
1	1	0	0	1	0	0	1
1	0	0	0	1	0	0	1
1	0	1	0	0	0	1	1
1	0	1	1	0	1	1	0
d	d	d	0	d	d	0	1
0	0	1	d	0	1	d	d
0	0	0	d	0	1	d	d
0	1	0	d	0	0	d	d

4.5.1.3 หลักการทำงานของ ของแต่ละกล่อง

กล่องทอนธนบัตรเมื่ออยู่ในสภาวะที่พร้อมจะทำงาน ต้องได้รับสัญญาณทริก (Trig Signal) จาก MCS เป็นตัวกำหนดให้ว่าให้กล่องไหนทำงาน โดย MCS จะเลือกจ่ายสัญญาณทริก(Trig Signal) Trig A1, Trig A2, Trig A3 โดยจะมีสภาวะเริ่มแรกของแต่ละกล่อง คือ ลิมิตสวิตช์ 1 (Limit Switch 1) B ถูกกดโดยที่ มอเตอร์ (Motor) M1 และ มอเตอร์ (Motor) M2 ยังไม่ทำงาน จนกว่าจะได้รับสัญญาณทริก (Trig Signal) จาก MCS ทำให้สภาวะของ A เป็น 1 ทำให้รีเลย์ 3 (Relay3) RL3 => ON เป็นผลให้ มอเตอร์ M1 ทำงาน เลื่อนแผ่นรองธนบัตรขึ้น จนกระทั่งเลื่อนขึ้นจนไปกดลิมิตสวิตช์ 2 (Limit Switch 2) C จะทำให้ รีเลย์ 3 (Relay3) RL3 => OFF มอเตอร์ M1 หยุดทำงาน พร้อมกับทำให้รีเลย์5 (Relay 5) RL5 => ON มอเตอร์ (Motor) M2 เริ่มทำงาน ฟีดธนบัตร (Feed Bank) ออก จนธนบัตรเลื่อนมาถึง Sensor ที่อยู่ปากทางออกทำให้ D = 1 รีเลย์ 4 (Relay 4) RL4 => ON มอเตอร์(Motor) M1 ทำงานเลื่อนแผ่นรองธนบัตรลง จนกระทั่งแผ่นรองธนบัตรเลื่อนลงมากด ลิมิตช์ สวิตช์ 1 (Limit Switch 1) ทำให้รีเลย์4 (Relay 4) RL4 => OFF มอเตอร์ (Motor) M1 หยุดหมุน ส่วนมอเตอร์ (Motor) M2 จะหยุด ฟีดธนบัตรออก ก็ต่อเมื่อธนบัตรเลื่อนเลย Sensor ไป ทำให้ รีเลย์ 5 (Relay5) RL3 => OFF ทำให้กล่องกลับมาพร้อมที่จะรับคำสั่ง จ่ายธนบัตรในรอบการทำงานต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.18 แสดงวงจรควบคุมกล่องทอนธนบัตรทั้ง 3 กล่อง

4.6 ส่วนเก็บและจ่ายบัตรเติมเงิน

ทำหน้าที่ในการเก็บบัตรเติมเงินโทรศัพท์ที่มีภายในตู้ และจ่ายบัตรเติมเงินโทรศัพท์ให้แก่ผู้ซื้อตามแบบที่ได้เลือกไว้ซึ่งในโครงงานนี้มีทั้งหมด 3 ชุดด้วยกัน แต่ละชุดจะเก็บบัตรเติมเงินโทรศัพท์ในแต่ละแบบที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดและราคาของบัตรเติมเงินโทรศัพท์

4.6.1 หลักการออกแบบ

จากการศึกษาลักษณะของบัตรเติมเงินโทรศัพท์ในข้างต้นที่ได้กล่าวมาแล้วทำการออกแบบกล่องจ่ายบัตรในข้างต้น ในส่วนของการออกแบบแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ

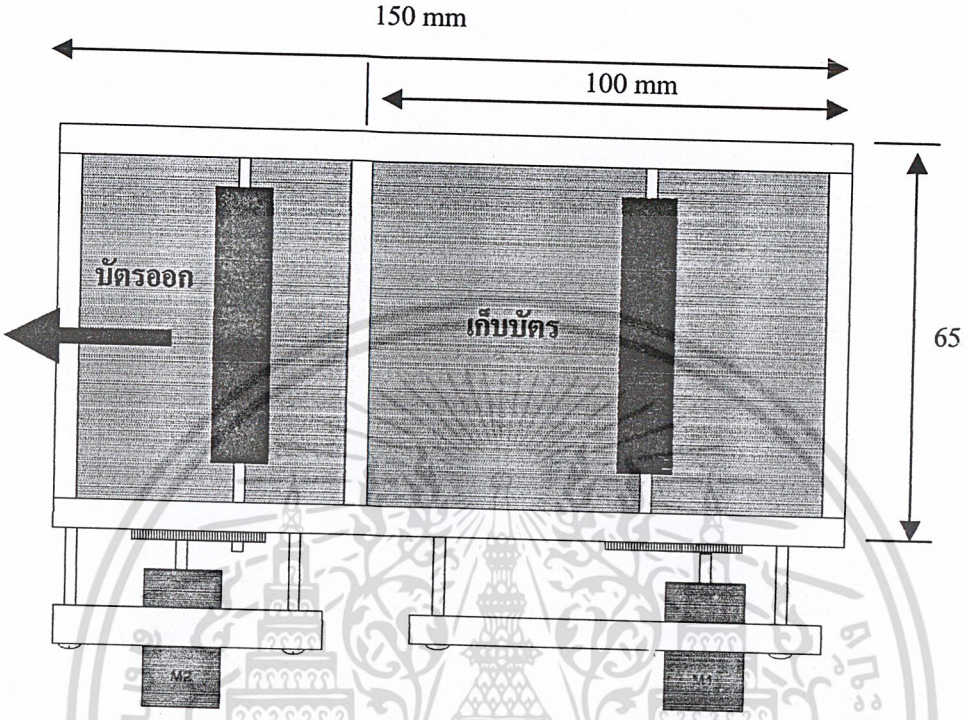
1. ส่วนกล่องสำหรับเก็บและจ่ายบัตรเติมเงินโทรศัพท์
2. ส่วนวงจรควบคุมการทำงาน

ในส่วนควบคุมโดยใช้คอนโทรลเลอร์ควบคุมมอเตอร์ เพื่อให้ทำการฝืดบัตรออกจากกล่องโดยไม่ให้บัตรใบที่ 2 ออกตามมาด้วย แบ่งการควบคุมเป็น 2 ช่วง คือ ในช่วงแรก มอเตอร์เริ่มต้นทำงานพร้อมกันแต่จะมีโหลดเฉพาะมอเตอร์ที่ทำหน้าที่ฝืดบัตรเท่านั้นเมื่อบัตรเลื่อนมาถึงลูกยางที่ทำหน้าที่รีดบัตรออกก็จะทำหน้าที่รีดบัตรออกจากกล่องไปจากกล่องดังภาพที่ 4.19

จากภาพที่ 4.19 การออกแบบในส่วนนี้ออกแบบตามลักษณะของบัตรเติมเงินโทรศัพท์ จากขนาด และ วัสดุที่นำมาทำบัตรเติมเงินโทรศัพท์ดังรูปลูกยางสำหรับฝืดบัตรออกตามรูปที่แสดงเอาไว้นั้นต้องมีความหนืดเพียงพอที่จะสามารถฝืดบัตรออกได้ และ ที่ทางบัตรออกจะต้องมีของช่องที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัตรออกต้องเท่ากับความหนาของบัตร 1 ใบพอดี โดยไม่ทำให้บัตรออกมา 2 ใบและ บัตรไม่ออกมาติดค้างอยู่ที่ช่องบัตรออก



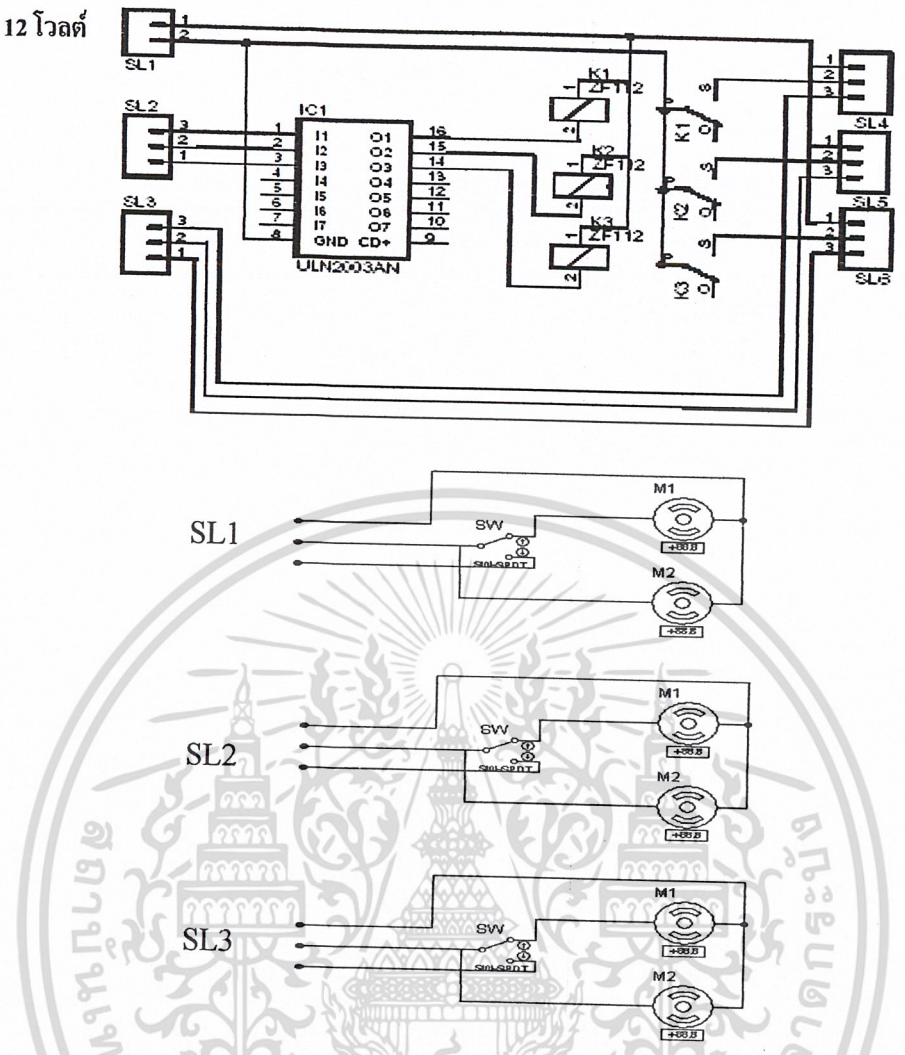
ภาพที่ 4.19 ส่วนเก็บและจ่ายบัตรเติมเงินโทรศัพท์

ในส่วนควบคุมโดยใช้คอนโทรลเลอร์ควบคุมมอเตอร์ เพื่อให้ทำการฝืดบัตรออกจากกล่องโดยไม่ให้บัตรใบที่ 2 ออกตามมาด้วย แบ่งการควบคุมเป็น 2 ช่วง คือ ในช่วงแรก มอเตอร์เริ่มต้นทำงานพร้อมกัน แต่จะมีโหลดเฉพาะมอเตอร์ที่ทำหน้าที่ฝืดบัตรเท่านั้น เมื่อบัตรเลื่อนมาถึงลูกยางที่ทำหน้าที่รีดบัตรออกก็จะทำหน้าที่รีดบัตรออกจากกล่องไปจากกล่องดังรูป

การทำงานของวงจรควบคุม ในส่วนนี้การทำงานต้องรอการทำงานของส่วนเลือกชนิดบัตรและจ่ายเงินเรียบร้อยแล้วจึงจะเริ่มทำงานดังรูปวงจร

หลักการทำงานของวงจรคือ เมื่อการทำงานในส่วนเลือกบัตรและรับเงินเรียบร้อยแล้วก็จะเริ่มการทำงานโดยเริ่มจากคอนโทรลเลอร์ส่งสัญญาณมาที่ ULN 2003 ทำหน้าที่ขยายแรงดันให้ได้ 12 โวลต์ แล้วเอาแรงดันนี้มาทริกให้ รีเลย์ทำงานทำให้มอเตอร์ทำงานพร้อมกันทั้ง 2 ตัว M1 ทำการฟีด(Feed) บัตรออกมาจนผ่านลูกยางที่ทำหน้าที่รีดบัตรออกจากกล่องมาแตะสวิตช์ มอเตอร์M1จะหยุดการทำงานส่วน M2 ยังคงทำงานอยู่เพื่อรีดบัตรออกจากกล่อง เมื่อบัตรผ่านสวิตช์ออกไปแล้วก็จะส่งสัญญาณไปยังคอนโทรลเลอร์ให้หยุดการทำงานทันที ในหนึ่งรอบการทำงานของส่วนควบคุมการทำงานจะเริ่มการทำงานใหม่อีกครั้งเมื่อมีการเลือกบัตรและจ่ายเงินครบตามจำนวนทุกครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 4.20 แสดงวงจรควบคุมกล่องจ่ายบัตรเติมเงินโทรศัพท์

4.7 ภาคจ่ายไฟ

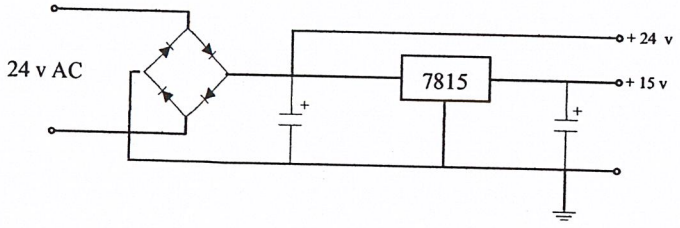
ทำหน้าที่เป็นแหล่งจ่ายกระแสให้กับอุปกรณ์ทั้งหมดในระบบ เพื่อให้ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งมีสองแหล่งจ่าย คือ 12 โวลต์และ24 โวลต์ และแต่ละแหล่งจ่ายแยกย่อยเป็น 5 และ 12 โวลต์ สำหรับแหล่งจ่ายไฟ 12 โวลต์ 12, 15 และ 24โวลต์ สำหรับแหล่งจ่ายแรงดัน 24 โวลต์

จากภาพที่ 4.21 เป็นแหล่งจ่ายไฟ ขนาดแหล่งจ่าย 24 โวลต์เพื่อจ่ายให้กับมอเตอร์ในวงจรตรวจสอบธนบัตรและโซลินอร์ยในการทอนเหรียญและ แหล่งจ่าย15 โวลต์ จ่ายให้กับโซลินอร์ยตรวจในส่วนตรวจสอบเหรียญ โดยผ่านไอซี เร็กกูเลต LM7815 ได้แรงดัน 15โวลต์

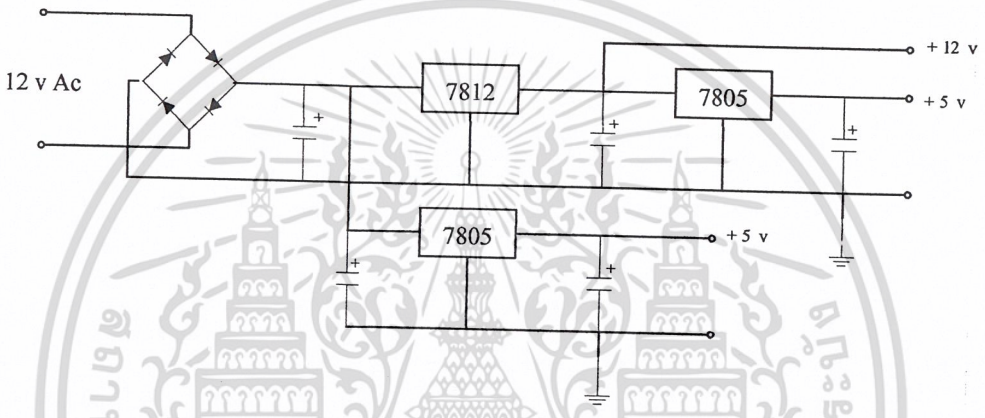
ส่วนแรงดัน 12 โวลต์ที่จ่ายให้กับรีเลย์และไอซีบัปพ์เฟอร์ ULN 2003 และแรงดัน 5 โวลต์ที่เป็นไฟเลี้ยงวงจรทั้งหมดนั้นมาจากวงจรในภาพที่ 4.22 โดยมี ไอซีเร็กกูเลต LM7812 เพื่อให้ได้แหล่งจ่ายแรงดัน 12 โวลต์และLM7805 เพื่อให้ได้แหล่งจ่ายแรงดัน 5 โวลต์ ซึ่งมีสองชุดด้วยกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชุดแรกเป็นแหล่งจ่ายให้กับชุดตรวจสอบธนบัตรทั้งหมด และ ชุดที่สองเป็นแหล่งจ่ายให้กับหน่วยประมวลผลทั้งสองชุด



ภาพที่ 4.21 แสดงวงจรภาคจ่ายไฟชุดที่ 1 (15 และ 24 โวลต์)



ภาพที่ 4.22 แสดงวงจรภาคจ่ายไฟชุดที่ 2 (5 และ 12 โวลต์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
โหมดการทำงานของตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถือ

การทำงานของตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถืออัตโนมัตินั้น จะเริ่มพิจารณาจากหน่วยประมวลผลหลักซึ่งมีการทำงานอยู่ 4 โหมดด้วยกัน คือโหมดแก้ไขหน่วยความจำธนบัตรและเหรียญ โหมดแก้ไขหน่วยความจำบัตรและสุดท้ายโหมดซื้อ ซึ่งขึ้นอยู่กับการเลือกสวิตซ์เลือกโหมดการทำงาน (Diffswitch Select mode ในภาพที่ 4.2) ดังแสดงในตาราง

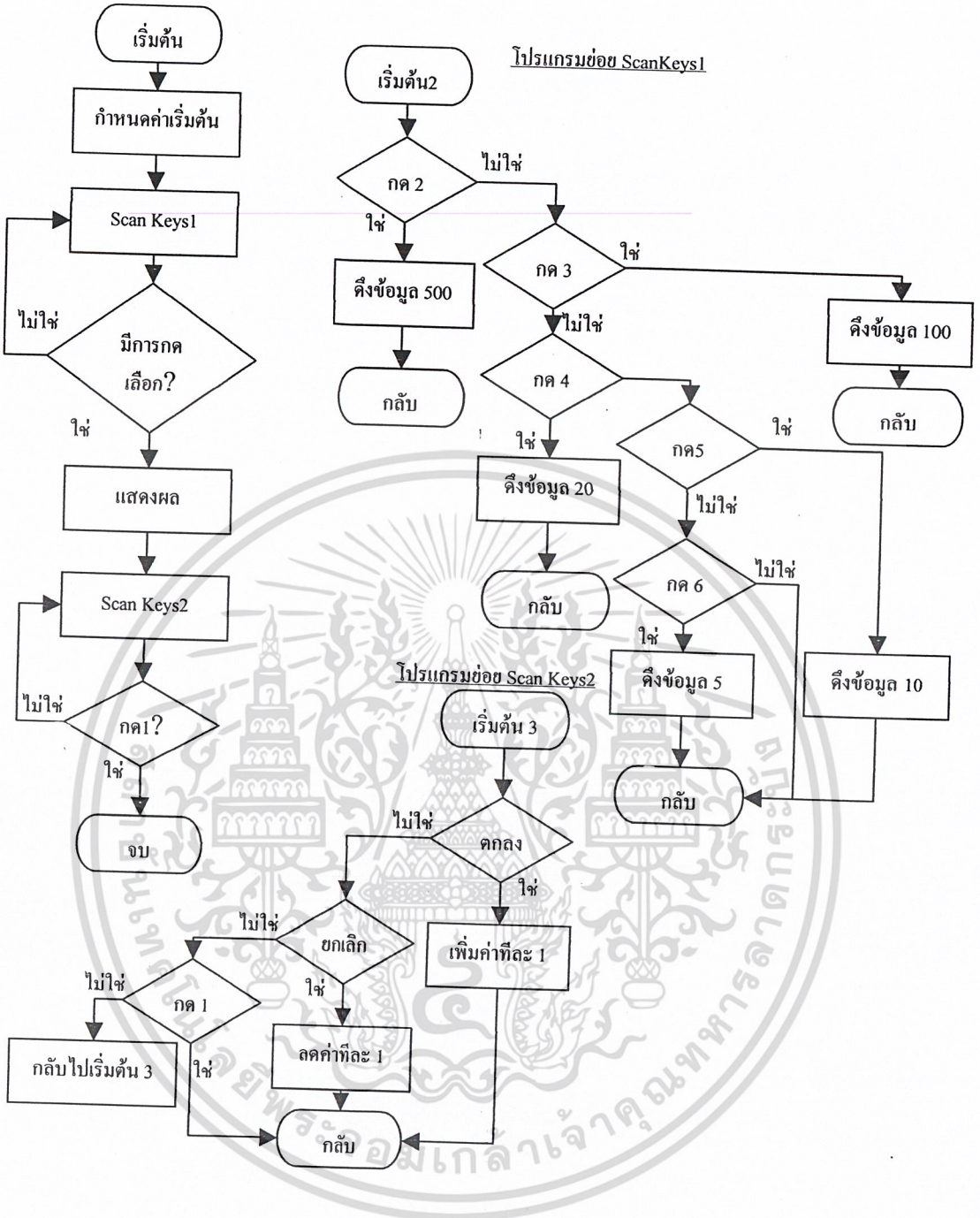
ตารางที่ 5.1 การเลือกโหมดการทำงาน

รหัสสวิตซ์	โหมดการทำงาน
00	โหมดซื้อ
01	โหมดแก้ไขหน่วยความจำบัตร
10	โหมดแก้ไขหน่วยความจำธนบัตรและเหรียญ
11	โหมดตรวจสอบเงินที่มีในกล่องรับกับในหน่วยความจำ

5.1 โหมดแก้ไขหน่วยความจำธนบัตรและเหรียญ

เมื่อเลือกโหมดการทำงานนี้ จะมีการทำงานเฉพาะในส่วนของหน่วยประมวลผลหลักส่วนติดต่อผู้ใช้และหน่วยแสดงผลเท่านั้น โดยปกติแล้วข้อมูลของแต่ละมูลค่าเงินจะถูกเก็บในหน่วยความจำของหน่วยประมวลผลหลักและแยกออกจากกันแต่ละราคา ลำดับขั้นการทำงานโปรแกรมแสดงในภาพที่ 5.1 การทำงานจะเริ่มจากการเคลียร์ข้อมูลที่ค้างภายในหน่วยความจำที่เกี่ยวข้องแล้วเรียกโปรแกรมย่อย ScanKey1 เพื่อตรวจสอบการกดสวิตซ์ที่จะเลือกแก้ไขข้อมูลโดยตรวจสอบดังนี้ ถ้ากดสวิตช์ หมายเลข 2 ก็จะดึงข้อมูลจากหน่วยความจำของธนบัตร 500 บาท กดสวิตซ์หมายเลข 3 จะดึงข้อมูลจากหน่วยความจำของธนบัตร 100 บาท กดสวิตซ์หมายเลข 4 ก็จะดึงข้อมูลจากหน่วยความจำของธนบัตร 20 บาท กดสวิตซ์หมายเลข 5 จะดึงข้อมูลจากหน่วยความจำของเหรียญ 10 บาท และกดสวิตซ์หมายเลข 6 จะดึงข้อมูลจากหน่วยความจำของเหรียญ 5 บาท แต่ถ้ายังไม่มีการกดสวิตซ์ใดๆ ก็จะวนลูปรอจนกว่าจะมีการกด เมื่อมีการกดเลือกสวิตซ์แล้วจะนำข้อมูลที่ดึงมานั้นไปแสดงผลออกเป็นจำนวนข้อมูลเดิมที่มีอยู่ จากนั้นก็จะเรียกโปรแกรมย่อย Scankey2 เพื่อตรวจสอบว่าจะเลือกเพิ่มค่า (กดสวิตซ์ตกลง) หรือลดค่า (กดสวิตซ์ยกเลิก) ถ้ากดเพิ่มค่าหนึ่งครั้งก็จะเพิ่มค่าในหน่วยความจำขึ้นหนึ่งค่าแต่ถ้ากดสวิตซ์ลดค่าหนึ่งครั้งก็จะลดค่าในหน่วยความจำลงไปหนึ่งค่า และถ้ากดสวิตซ์หมายเลข1 ก็จะเป็นการเสร็จสิ้นการแก้ไขข้อมูลนั้นๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



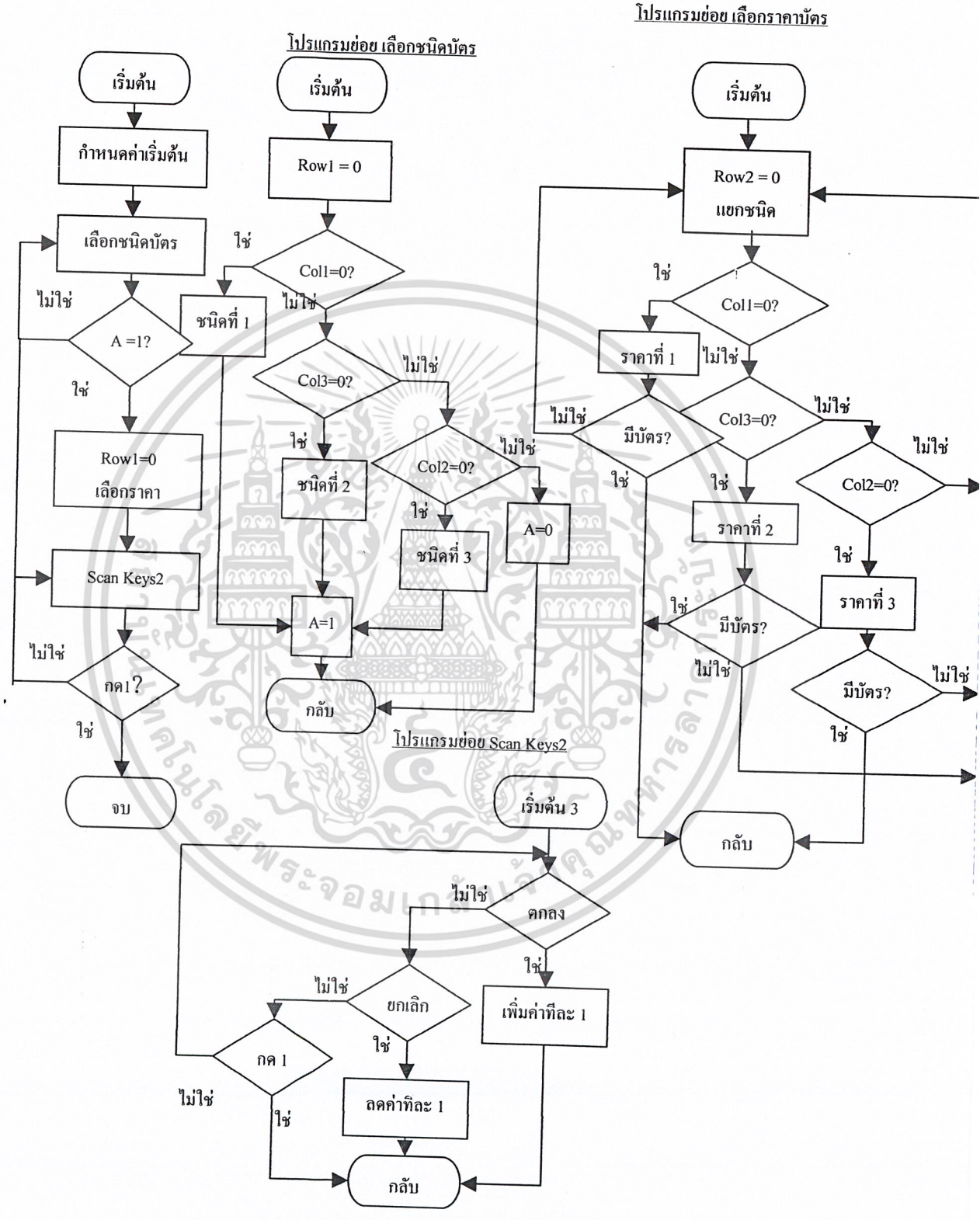
ภาพที่ 5.1 การทำงานโหมดแก้ไขจำนวนธนบัตรและเหรียญ

5.2 โหมดแก้ไขหน่วยความจำบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถือ

เช่นกันในโหมดการทำงานนี้ จะมีการทำงานเฉพาะในส่วนของหน่วยประมวลผลหลักส่วนติดต่อผู้ใช้และหน่วยแสดงผลเท่านั้น และค่าจำนวนของบัตรแต่ละราคาจะถูกเก็บแยกหน่วยความจำเช่นกัน ขั้นตอนการทำงานจะเริ่มจากการตรวจสอบการกดปุ่มเลือกชนิดของบัตรว่าเป็นชนิดใด แล้วรอตรวจสอบการกดปุ่มอีกครั้งว่าเลือกราคาเท่าใด จากนั้นโปรแกรมก็จะดึงข้อมูลของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัตรที่เก็บไว้ในหน่วยความจำมาแสดงที่ส่วนแสดงผลจากนั้นก็จะรอตรวจการกดปุ่มว่ามีการเพิ่มค่า ลดค่าหรือเสร็จสิ้นการแก้ไข



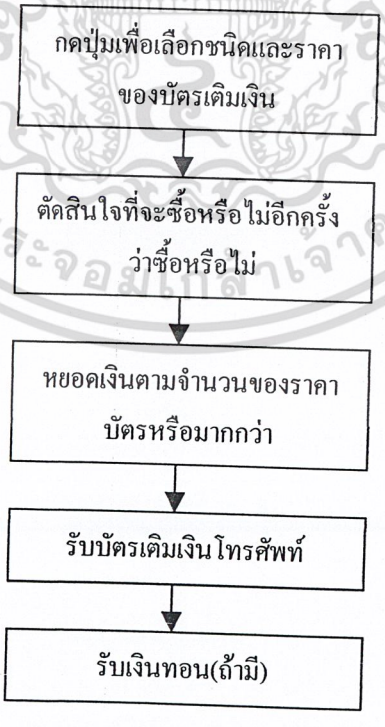
ภาพที่ 5.2 การทำงานโหมดแก้ไขหน่วยความจำบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในภาพที่ 5.2 แสดงลำดับขั้นการทำงานของโปรแกรม โดยเริ่มจากกำหนดให้รีจีสเตอร์ A มีค่าเท่ากับ 0 แล้วเรียกใช้โปรแกรมย่อยเลือกชนิดบัตรถ้ามีการกดสวิตซ์ใดๆแล้วจะมีสัญญาณลอจิกเป็น 0 ที่สวิตซ์นั้นๆโดยจะกำหนดให้แถวที่หนึ่ง (Row1) ของสวิตซ์เป็นสัญญาณลอจิก 0 เมื่อกดสวิตซ์หมายเลข 1 หลักที่หนึ่ง(Col1) จะเป็น 0 โปรแกรมก็จะทราบว่าเลือกชนิดบัตรที่หนึ่ง กดสวิตซ์หมายเลข 2 หลักที่สอง(Col2) จะเป็น 0 โปรแกรมก็จะทราบว่าเลือกชนิดที่ 2 และกดหมายเลข 3 หลักที่ 3(Col3) จะเป็น 0 โปรแกรมก็จะทราบว่าเลือกชนิดที่ 3 เมื่อมีการกดสวิตซ์ใดๆแล้วจะเซตค่าให้รีจิสเตอร์ A เป็น 1 เพื่อนำมาตรวจสอบอีกครั้งว่ามีการกดสวิตซ์จริง จากนั้นจะเรียกโปรแกรมย่อยเลือกราคาบัตรเช่นกันจะให้แถวที่ 2 เป็น 0 เมื่อกดสวิตซ์หมายเลขใดจะมีสัญญาณลอจิก 0 ที่หลักประจำสวิตซ์นั้นๆ ถ้ากดสวิตซ์หมายเลข 4 จะเป็นหลักที่ 1 จะหมายถึงเลือกราคาที่ 1 ถ้ากดสวิตซ์หมายเลข 5 จะเป็นหลักที่ 2 หมายถึงเลือกราคาที่ 2 และกดสวิตซ์หมายเลข 6 จะเป็นหลักที่ 3 หมายถึงราคาที่ 3 จากนั้นก็จะตรวจสอบว่ามีการลดค่าหรือเพิ่มค่า โดยถ้ากดสวิตซ์ตกลงก็จะเพิ่มค่าหน่วยความจำหนึ่งค่าแต่ถ้ากดสวิตซ์ยกเลิกจะลดค่าหน่วยความจำลงหนึ่งค่า และถ้ากดสวิตซ์หมายเลข 1 ก็จะเป็นการสิ้นสุดการแก้ไข

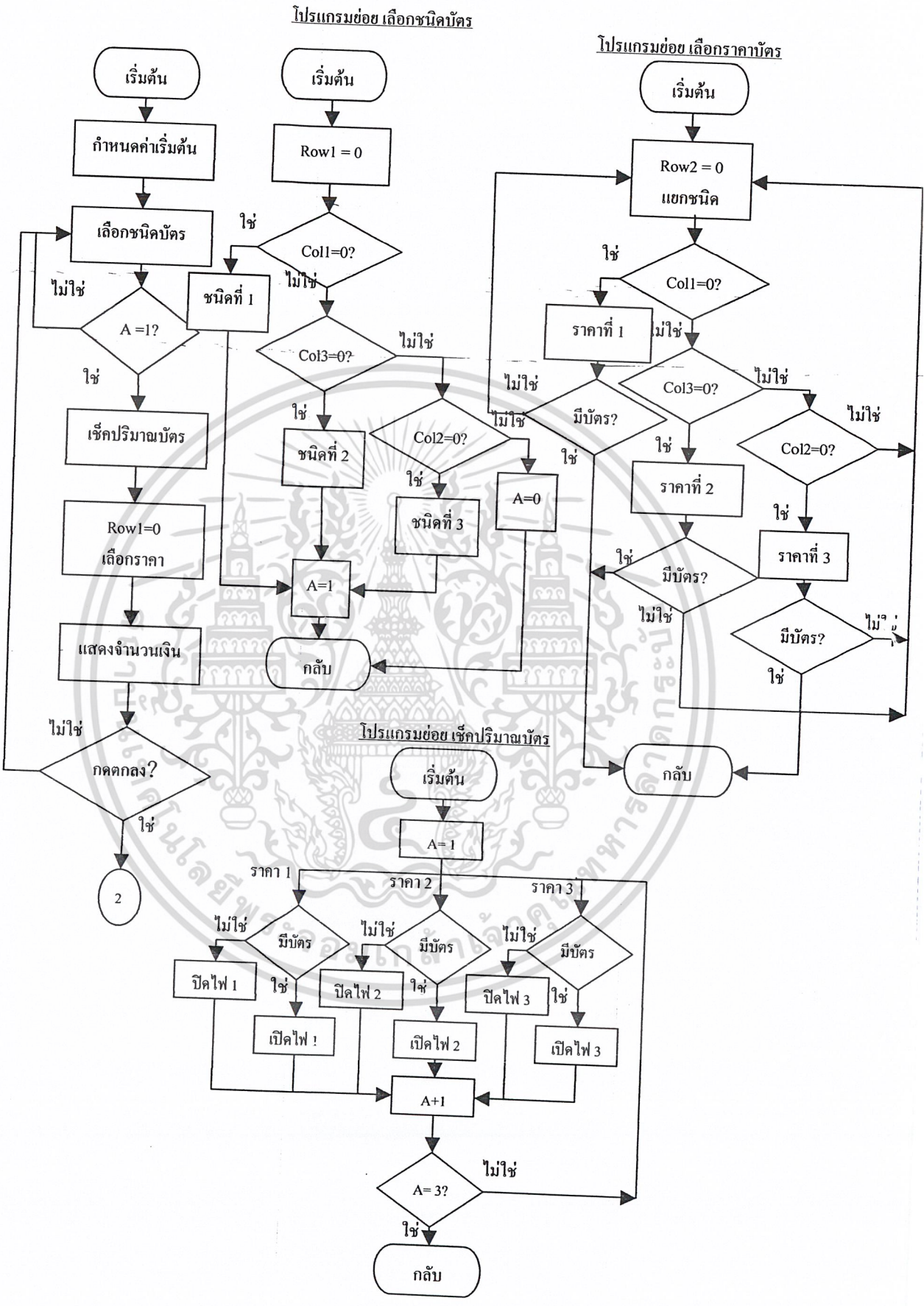
5.3 โหมดซื้อ

จากการทำงานเบื้องต้นในหัวข้อ 1.4 นั้นสามารถนำมาอธิบายการทำงานที่ละเอียดยิ่งขึ้นโดยแบ่งขั้นเป็นขั้นตอนได้ดังนี้



ภาพที่ 5.3 ขั้นตอนการทำงานตู้ขายบัตรเติมเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.4 แสดงขั้นตอนการเลือกบัตรเติมเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่1: ทำการเลือกชนิดและราคาบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถือ การทำงานที่แสดงในภาพที่ 5.3 โดยเริ่มจากการเรียกโปรแกรมย่อยเลือกชนิดบัตรซึ่งการทำงานจะเหมือนกับในหัวข้อ 5.2 เพื่อตรวจ สอบการเลือกชนิดบัตรเติมเงินซึ่ง มี 3 ชนิด ได้แก่ วันทูคอล ออเร้น และฮัท ซึ่งโปรแกรมจะทำการตรวจสอบสวิตซ์จนกว่าจะมีการกดโดยดูว่าค่าในรีจีสเตอร์ A เป็น 1 หรือไม่ถ้าไม่ใช่แสดงว่ายังไม่การกดสวิตซ์เลือก และเมื่อเลือกชนิดของบัตรเติมเงินแล้วจะไปตรวจสอบว่าบัตรเติมเงินชนิดที่เลือกนั้นมีราคาใดบ้างที่มีในตู้ หลังจากตรวจสอบค่าภายในหน่วยความจำแล้วราคาบัตรเติมเงินใดที่มีอยู่ จะมีไฟ LED ประจำตำแหน่งติดสว่าง และราคาใดไม่มีบัตรเติมเงิน LED ก็จะดับเมื่อตรวจสอบครบสามราคาแล้ว (A = 3) จากนั้นจะเรียกโปรแกรมย่อยเลือกราคาบัตรเติมเงินเช่นกันการทำงานจะเหมือนกับหัวข้อที่ 5.2.1 เมื่อเลือกได้แล้ว โปรแกรมจะแจ้งจำนวนเงินให้ทราบ และรอการกดยืนยัน ถ้ากดตกลง ก็จะรอรับการหยอดเงิน แต่ถ้ากดยกเลิกโปรแกรมก็จะกลับไปรอเลือกชนิดบัตรเติมเงินใหม่อีกครั้ง

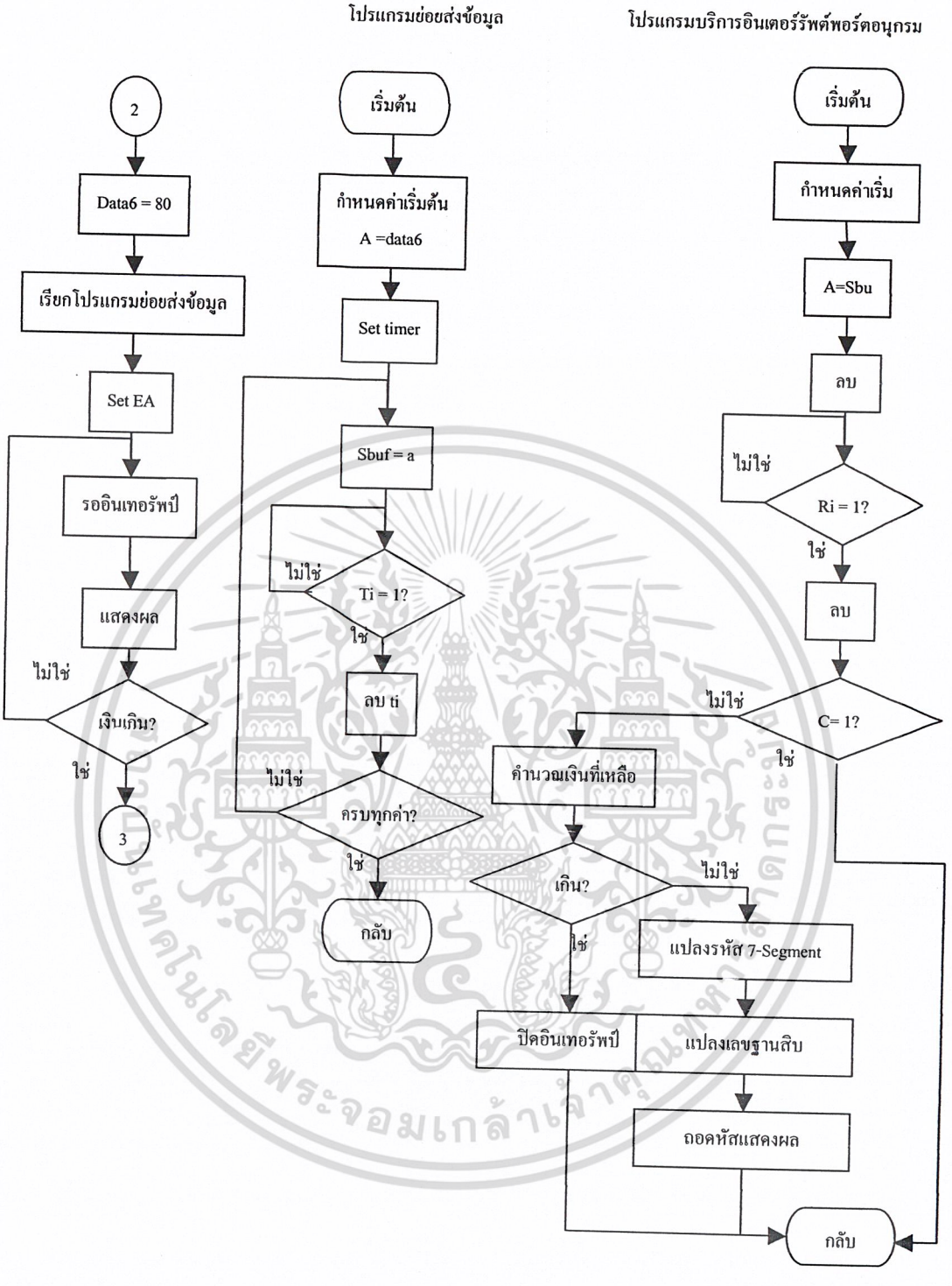
ขั้นตอนที่2: เมื่อผู้ซื้อกดยืนยันตกลงซื้อแล้ว หน่วยความหลักก็จะส่งข้อมูลค่า 80 ในไบต์ที่หก (Data6) ไปให้เพื่อให้หน่วยประมวลผลรองตรวจสอบข้อมูลค่า 1ในบิตที่ 7 ว่าเป็นสัญญาณให้พร้อมที่จะรับธนบัตรหรือเหรียญและพร้อมที่จะรับเงินที่จะหยอดเข้ามา และรอรับค่าเงินที่หน่วยความจำรองส่งกลับมา แสดงในภาพที่5.4

โปรแกรมย่อยการส่งข้อมูลของหน่วยประมวลหลักเป็นแบบ Single Processes โดยข้อมูลที่ส่งไปมีขนาด 6 ไบต์ โดยส่งผ่านหน่วยความจำรีจีสเตอร์ชนิดพิเศษ SBUF ซึ่งทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์สำหรับหรือส่งข้อมูลอนุกรม เมื่อส่งข้อมูลชุดแรกไปบิต TI ในหน่วยความจำรีจีสเตอร์ SCON (Serial Control Port Register) ก็จะถูกเซตค่าเป็น 1 โดยอัตโนมัติ แล้วจากนั้นก็จะวนส่งข้อมูลไบต์ถัดไปจนครบทั้งหมดหกไบต์

ขั้นตอนที่3: เมื่อหน่วยประมวลผลหลักส่งข้อมูลมา จะเกิดการอินเตอร์รัพต์พอร์ตอนุกรมที่หน่วยประมวลผลรองทำให้ บิต RI ในหน่วยความจำ SCON มีค่าเป็น 1 และกำหนดให้ค่าใน A เริ่มต้นเป็น 00 ไมโครคอลโทรลเลอร์จะไปเรียกโปรแกรมบริการอินเตอร์รัพต์พอร์ตอนุกรม (ดังในภาพที่ 5.5) แล้ววนรับค่าข้อมูลที่ส่งมาจนครบ 6 ไบต์ ในรีจีสเตอร์ SBUF และจะตรวจสอบข้อมูลที่ได้รับในบิตที่ 7 ไบต์ที่ 6 ถ้าเป็น 1 ก็จะกำหนดให้รีจีสเตอร์ A เป็น 1 เพื่อใช้ในการควบคุมการเรียกใช้โปรแกรมย่อยรับธนบัตรและรับเหรียญ

เงื่อนไขของข้อมูลที่รับในบิตที่ 7 ของไบต์ 6 ว่าเป็นหนึ่งหรือเป็น 0 ถ้าเป็นหนึ่งก็จะเซ็ตให้รีจีสเตอร์ A เป็น 1 แต่ถ้าเป็น 0 แสดงว่ามีการส่งข้อมูลที่จะจ่ายบัตรหรือทอนเงินตามจำนวนที่ส่งมาและให้ รีจีสเตอร์ A เป็น 0

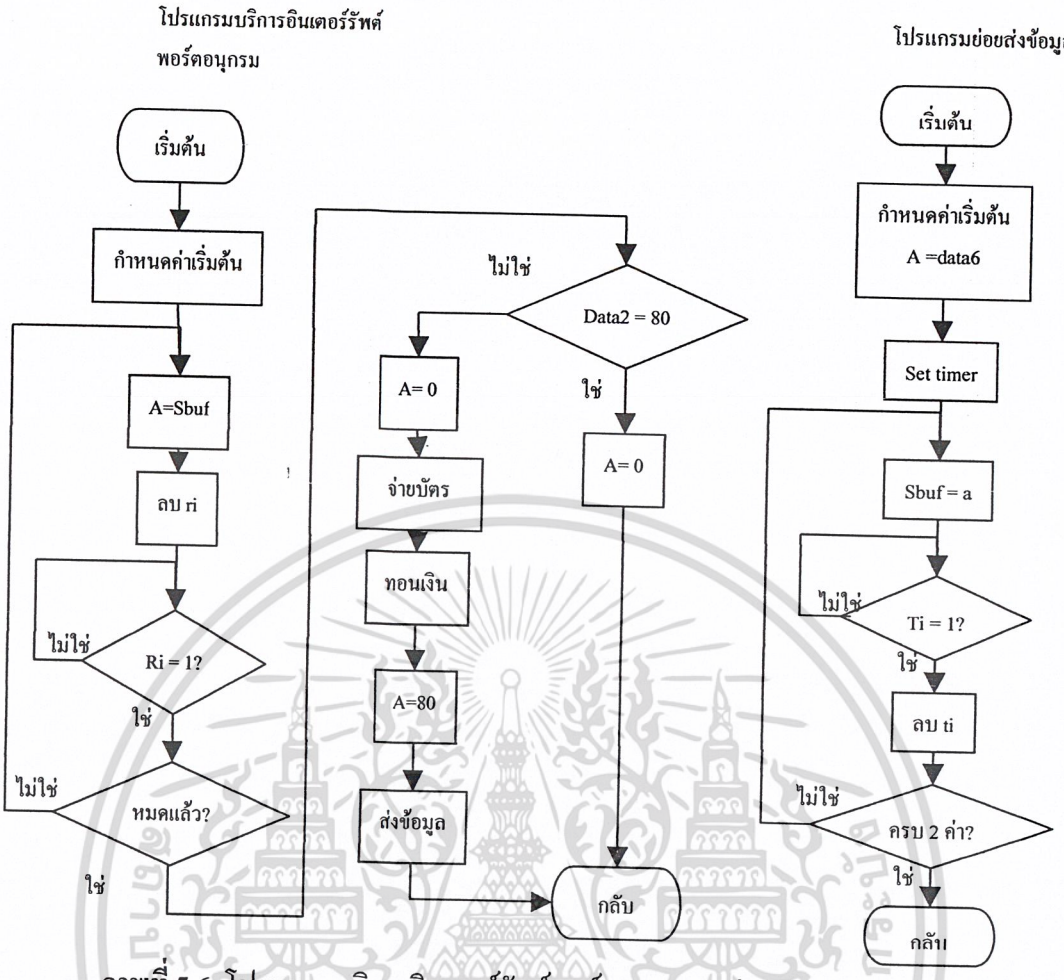
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 5.5 การส่งข้อมูลให้หน่วยความจำรองทำงานและการอินเตอร์รัพต์หน่วยความจำหลัก

ขั้นตอนที่4: การตรวจสอบธนบัตรและเหรียญ เมื่อรีจีสเตอร์ A เป็น 1 โปรแกรมจะกระโดดไปตรวจสอบสัญญาณ 0 ที่ขาสัญญาณ P3.2 และ P3.3 โดยถ้าพอร์ตขา P3.2 เป็น 0 แสดงว่ามีการใส่ธนบัตร ก็จะเรียกใช้โปรแกรมย่อยการตรวจสอบธนบัตรแต่ถ้าพอร์ตขา P3.3 เป็น 0 แสดงว่ามีการใส่เหรียญก็จะเรียกใช้โปรแกรมย่อยการตรวจสอบเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



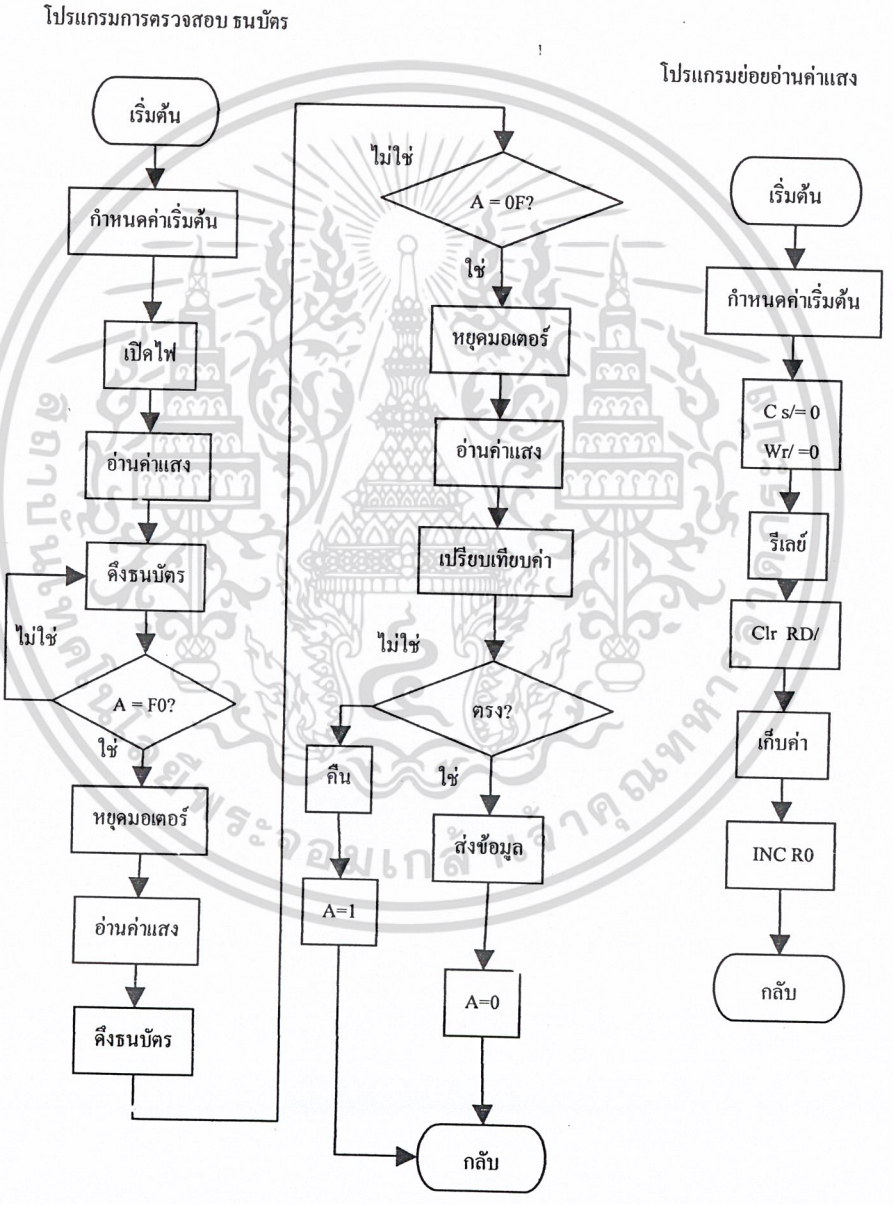
ภาพที่ 5.6 โปรแกรมบริการอินเตอร์รัพต์พอร์ตอนุกรมหน่วยประมวลผลรอง

การตรวจสอบธนบัตร

ขั้นตอนการทำงาน(ดูภาพที่ 5.6 ประกอบ)คือ จะตรวจสอบว่ามีการใส่ธนบัตรจะมีสัญญาณลอจิก 0 เข้ามาที่ P3.2 ก็จะกระโดดไปทำโปรแกรมย่อยตรวจสอบธนบัตร โดยเริ่มจากการสั่งเปิดไฟเหนือม่วง(BLACK LIGHT) จากนั้นจะให้มอเตอร์ทำงานหมุนนำธนบัตรเข้าจนถึงจุดตรวจวัดที่ 1 (A = F0) โดยการตรวจสอบจากชุดตรวจสอบตำแหน่ง ก็จะสั่งให้มอเตอร์หยุดแล้วตรวจวัดค่าแสงนำมาเก็บไว้ และจะสั่งให้มอเตอร์นำธนบัตรเข้าอีก พร้อมกันนั้นก็จะจับจำนวนช่วงเวลากว่าที่ธนบัตรจะไปถึงจุดตรวจวัดที่ 2 (A = 0F) ก็จะหยุดมอเตอร์อีกครั้งแล้วตรวจวัดค่าแสงเก็บไว้เป็นค่าที่สอง จากนั้นก็จะนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลในโปรแกรมทั้งขนาดและค่าการสะท้อนแสง ถ้าตรงกับข้อมูลที่กำหนดไว้ในโปรแกรมก็จะนำธนบัตรไปเก็บพร้อมกับส่งข้อมูลที่เป็นมูลค่าของธนบัตรให้หน่วยประมวลผลหลักและเคลียร์รีจีสเตอร์ A เป็น 0 เพื่อหยุดการรับธนบัตรและเหรียญแล้วกลับไปรอรับการส่งข้อมูลมาใหม่จากหน่วยประมวลผลหลัก แต่ถ้าเปรียบเทียบแล้วไม่ตรงกับข้อมูลที่กำหนดไว้ในโปรแกรมก็จะสั่งให้มอเตอร์นำธนบัตรออกและ เซ็ตค่ารีจีสเตอร์ A ให้เป็น 1 เพื่อให้โปรแกรมรอรับธนบัตรที่จะเข้ามาใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมย่อยการอ่านค่าแสงจะรับข้อมูลจากการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอลโดยการให้ขา CS/ (Chip Select) และขา WR/ (Write) ของ ไอซี ADC 0804 เป็น 0 เพื่อให้ทำการอ่านค่าแรงดันจากทางอินพุต (ขา 6 ADC 0804) มาแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 บิต จากนั้นจะหน่วงเวลา 100 us เพื่อรอการประมวลผลให้เสร็จ จากนั้นจะให้ขา RD/ (Read) เป็น 0 เพื่อทำการอ่านค่าจากหน่ายความจำของ ADC 0804 มาเก็บไว้ในหน่วยความจำรีจีสเตอร์ ค่าของ R0 ของไมโครคอลโทรลเลอร์ แล้วเพิ่มค่าใน R0 ขึ้นหนึ่งค่าเพื่อเก็บค่าถัดไป

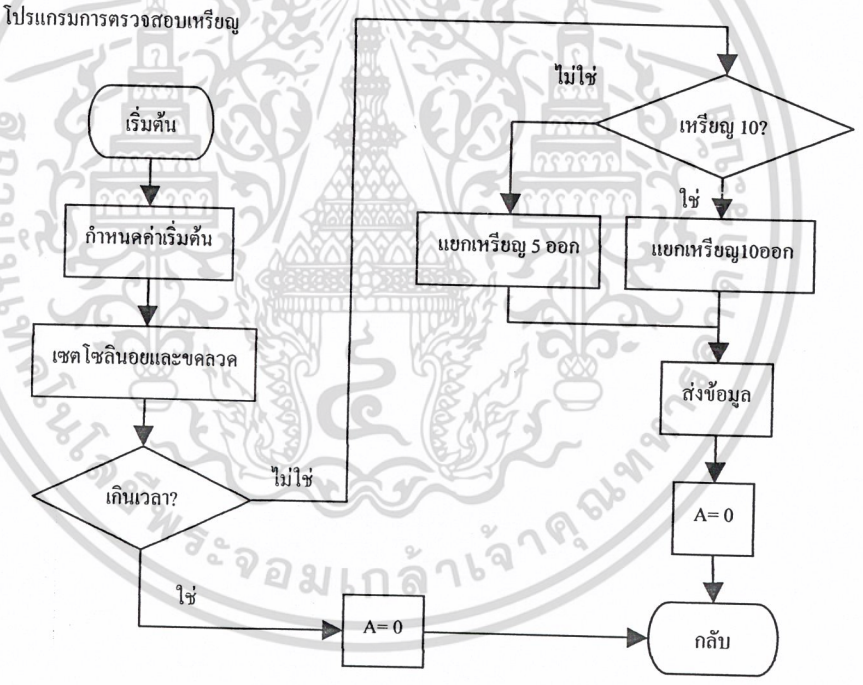


ภาพที่ 5.7 โปรแกรมการตรวจสอบธนบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การตรวจสอบเหรียญ

(ดูภาพที่ 5.7) เมื่อมีการหยอดเหรียญเข้ามาชุดตรวจวัดค่าความนำไฟฟ้าจะส่งสัญญาณลอจิก ให้กับหน่วยประมวลผลรองรับทราบ คือถ้าเหรียญนำไฟฟ้าจะส่งลอจิก 0 แต่ถ้าไม่นำไฟฟ้าจะส่งลอจิก 1 เมื่อเป็นลอจิก 0 ไมโครคอลโทรลเลอร์ก็จะกระโดดไปใช้โปรแกรมย่อยตรวจสอบเหรียญ โดยเริ่มจากส่งสัญญาณให้โซลินอยและขดลวดสนามแม่เหล็กทำงานแล้วหน่วงเวลารอการตรวจวัดขนาดถ้าตรวจวัดเป็นเหรียญสิบ ก็จะเปิดประตูแยกเหรียญออกไปเก็บในช่องเหรียญสิบ ถ้าเป็นเหรียญห้าก็จะเก็บในช่องเหรียญห้า จากนั้นก็จะส่งข้อมูลราคาเหรียญไปให้หน่วยประมวลผลหลักแล้วเคลียร์ค่า A ให้เป็น 0 เพื่อหยุดรับเหรียญหรือธนบัตร แล้วกลับไปรอการส่งข้อมูลจากหน่วยประมวลหลัก แต่ถ้าเกินเวลาที่กำหนดไว้ซึ่งก็หมายความว่าเหรียญที่หยอดมานั้นขนาดเล็กกว่าเหรียญห้าเลยตกช่องคืนเหรียญไปหรือเหรียญนั้นมีคุณสมบัติเป็นสารแม่เหล็กโดนดูดติดอยู่กับแม่เหล็กโปรแกรมส่งสัญญาณให้โซลินอร์ยและขดลวดสร้างสนามแม่เด็ก หยุดทำงานและให้ A เป็น 1 เพื่อรอรับเหรียญใหม่แล้วกลับไปรอการตรวจสอบใหม่อีกครั้ง



ภาพที่ 5.8 โปรแกรมการตรวจสอบเหรียญ

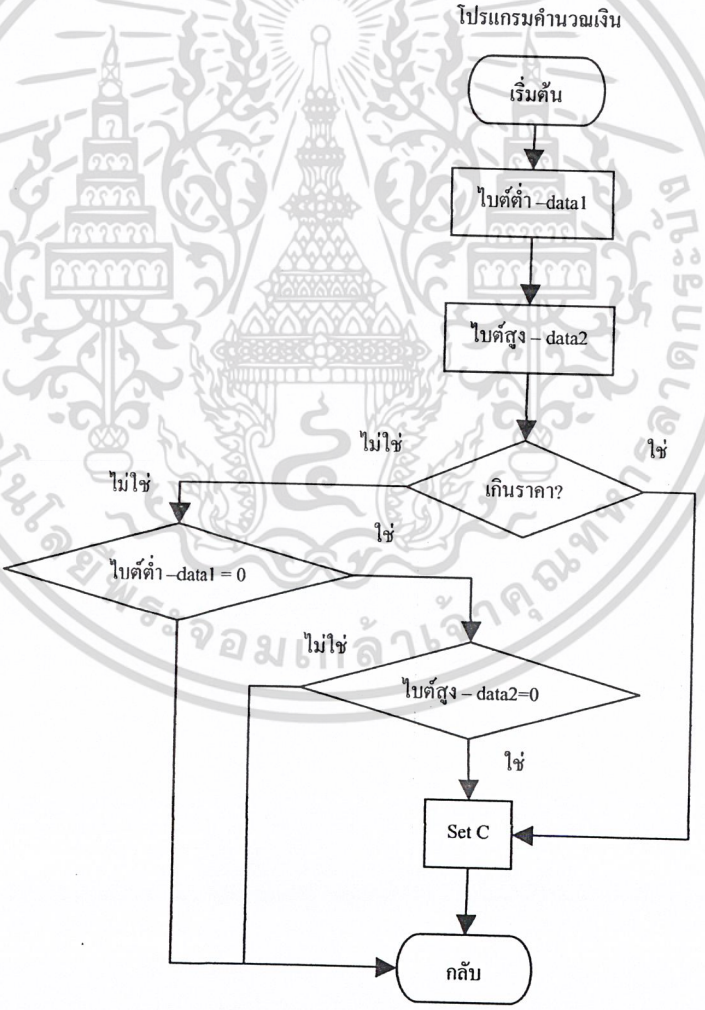
โปรแกรมย่อยการส่งข้อมูลของหน่วยประมวลผลรอง(ดูในภาพที่ 5.5 ประกอบ) จะส่งข้อมูลขนาด 2 ไบต์ โดยผ่านรีจีสเตอร์ SBUF เริ่มจากส่งไบต์แรกก่อน แล้วรอเช็คบิต TI เมื่อเป็น 1 ก็จะส่งข้อมูลไบต์ต่อไป เมื่อครบทั้ง 2 ไบต์และก็จกลับจากโปรแกรมย่อย

ขั้นตอนที่5: จากภาพที่ 5.4 เมื่อหน่วยประมวลผลรองส่งข้อมูลมาให้หน่วยประมวล-ผลหลักจะนำค่าข้อมูลไบต์ที่สองมาเปรียบเทียบว่าเป็นข้อมูลจบการทำงาน หรือข้อมูลจำนวนเงินถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นข้อมูลจบการทำงานก็จะกลับไปเริ่มใหม่ แต่ถ้าเป็นจำนวนเงินก็จะนำไปคำนวณเปรียบเทียบกับจำนวนเงินที่ต้องการ ถ้าจำนวนเงินยังขาดอยู่ก็จะก็ส่งข้อมูลต้องการรับเงินอีกให้กับหน่วยประมวลผลรอง จากนั้นก็นำข้อมูลแปลงเป็นเลขฐานสิบ แล้วคำนวณเงินทีเหลือ เพื่อแสดงผลแสดงผลแล้วส่งข้อมูล 80 ไบต์ที่ 6 ไปให้หน่วยประมวลผลรับทราบ แต่ถ้าเมื่อคำนวณแล้วจำนวนเงินที่รับมาเกินจำนวนเงินที่ต้องการก็จะนำข้อมูลมาคำนวณเงินทอน และจำนวนของธนบัตรและเหรียญที่จะต้องทอนแล้วส่งชนิดของบัตรเติมเงินและเงินที่ต้องทอนไปให้หน่วยประมวลผลรอง

การคำนวณเงินที่เหลือ(ดูภาพที่ 5.8) ทำได้โดยนำข้อมูลที่รับมาซึ่งมีจำนวน 2 ไบต์มาเปรียบเทียบเริ่มจากนำไบต์ต่ำหรือไบต์ที่หนึ่งมาลบกับจำนวนเงินที่ต้องการไบต์ต่ำ และที่สองลบกับจำนวนเงินที่ต้องการไบต์สูงแล้วเช็คว่าเกินหรือไม่โดยดูค่าที่บิตทด (C) ถ้าเกินหรือพอดีก็จะนำค่าไปคำนวณเงินทอนแต่ถ้าไม่เกินก็จะนำค่าไปแสดงเงินที่เหลือ

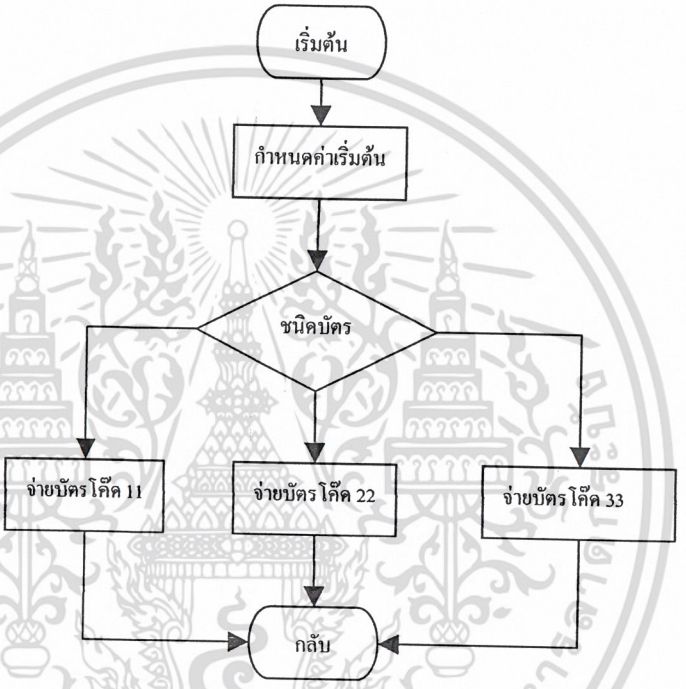


ภาพที่ 5.9 โปรแกรมคำนวณเงิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่6: หน่วยประมวลผลรองจะรับข้องมูลมาตรวจสอบถ้าบิต 7 ไบต์ 6 เป็น 0 ก็จะเรียกโปรแกรมย่อยการจ่ายบัตรและโปรแกรมย่อยการทอนเงินเมื่อทอนเงินเสร็จก็จะเป็นการเสร็จสิ้นการซื้อบัตรเติมเงินจำนวน 1 ใบ

โปรแกรมย่อยการจ่ายบัตรเติมเงินจะนำข้อไบต์แรกมาตรวจสอบว่าเป็นบัตรเติมเงินชนิดใด ซึ่งมีด้วยกัน 3 กล่อง แล้วจึงจ่ายบัตรเติมเงินที่ตรงกันออกให้ผู้ซื้อ โดยการทำงานจะเริ่มจากส่งค่าลอจิก 1 ให้กล่องเก็บบัตรรับทราบเพื่อให้มอเตอร์ทำงาน จากนั้นจะรอรับสัญญาณลอจิก 0 ที่ส่งมาจากกล่องเก็บซึ่งเป็นการบ่งบอกว่ามีบัตรออกมาและจะรอสัญญาณลอจิกเปลี่ยนกลับเป็น 1 อีกครั้งบัตรก็จออกมาสุดพอดีจากนั้นก็จะตัดสัญญาณควบคุมเป็นการจบการจ่ายบัตรเติมเงิน หนึ่งใบ



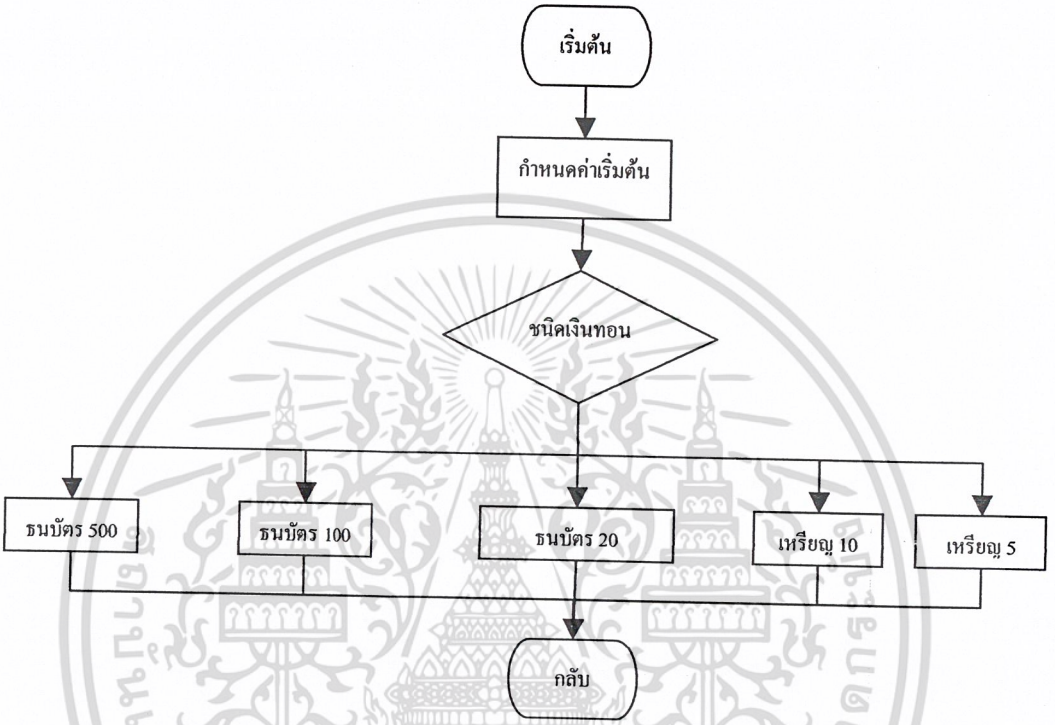
ภาพที่ 5.10 แสดงการจ่ายบัตร

โปรแกรมทอนเงินจะตรวจสอบจำนวนที่จะต้องทอนที่เป็นธนบัตร ราคา 500 บาท 100 บาท และเหรียญ 10 บาท 5 บาท ที่ข้อมูลไบต์ที่ 2 – 6 ตามลำดับแล้วจึงจ่ายเงินทอนตามจำนวนที่รับข้อมูลมา โดยจะเริ่มจากเหรียญ 10 บาท 5 บาทธนบัตรราคา 500 บาท 100 บาทและ 20 บาท การทอนเหรียญจะเริ่มจากรับจำนวนเหรียญที่จะทอน แล้วสั่งให้ชุดทอนเหรียญทอนเหรียญออกจากกล่องเก็บเหรียญโดยจะส่งสัญญาณลอจิก 1 สลับกับ ลอจิก 0 เป็นสัญญาณพัลล์โดยมีคาบเวลาประมาณ 200 ms จำนวนของลูกคลื่นจะเท่ากับจำนวนเหรียญที่จะทอน

การทอนธนบัตรจะเริ่มจากส่งสัญญาณลอจิก 1 ไปยังกล่องเก็บที่จะทอน จากนั้นถาดรับก็จะได้รับสัญญาณเช่นกัน ก็จะวิ่งมารอที่กล่องเก็บเงินที่จะทอน และรอให้กล่องเก็บธนบัตรนำธนบัตรออกมา ในครั้งแรกกล่องเก็บธนบัตรจะส่งสัญญาณลอจิก 0 มาให้โปรแกรมรับทราบว่ามี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ธนบัตรออกมาแล้วจากนั้นโปรแกรมก็จะเปลี่ยนสัญญาณให้เป็น ลอจิก 0 แล้วรอสัญญาณที่ส่งกลับมาเปลี่ยนเป็นลอจิก 1 ก็จะเป็นการเสร็จสิ้นการทอนธนบัตร 1 ใบ แต่ถ้ามีหลายๆใบก็จะทำซ้ำเช่นเดิมจนหมดแล้วไปตรวจสอบธนบัตรอื่นต่อไปเมื่อครบทุกกล่องแล้ว ก็จะสั่งให้ถาดรับวิ่งออกมายังช่องทอนธนบัตรแล้วรอให้ผู้ซื้อหยิบเงินออกไป ถาดรับก็จะวิ่งกลับมายังจุดเริ่มต้นพร้อมกับกดสวิตซ์เพื่อส่งลอจิก 0 ไปให้โปรแกรมรับทราบเพื่อจบการทำงานการทอนเงิน



ภาพที่ 5.11 แสดงการทอนธนบัตรและเหรียญ

5.4 โหมดตรวจสอบเงินที่มีในกล่องรับกับในหน่วยความจำ

โหมดนี้ใช้ตรวจสอบว่า ที่ผ่านมาตู้ขายบัตรเติมเงินได้รับเงินเข้ามาในแต่ละชนิดจำนวนเท่าใด เช่น เมื่อมีการซื้อบัตรเติมเงินโดยใช้ธนบัตร 500 บาทจำนวน 1 ฉบับ ก็จะทราบว่ามีธนบัตร 500 เข้ามาในตู้ และจะบันทึกไว้ว่า 1 ฉบับ แล้วถ้าครั้งต่อๆไปมีธนบัตรเข้ามาอีกก็จะเพิ่มค่าขึ้นอีก โหมดนี้เจ้าของตู้ขายบัตรสามารถที่จะตรวจสอบได้ว่า ธนบัตรและเหรียญที่มีในกล่องเก็บนั้นเท่ากับที่โปรแกรมนับไว้หรือไม่ เพื่อจะได้ปรับปรุงหากเกิดข้อผิดพลาดหรือจำนวนไม่ตรงกัน ซึ่งขั้นตอนการตรวจสอบจะเริ่มจากการตรวจสอบการกดสวิตซ์ที่ 1 – 6 โดยเรียงลำดับดังนี้ สวิตซ์ที่ 1 จะเป็นจำนวนธนบัตร 1,000 บาท ที่ได้รับมาทั้งหมด สวิตซ์ที่ 2 จะเป็นจำนวนธนบัตร 500 บาท สวิตซ์ที่ 3 จะเป็นจำนวนธนบัตร 100 บาท สวิตซ์ที่ 4 จะเป็นจำนวนธนบัตร 20 บาท สวิตซ์ที่ 5 จะเป็นจำนวนเหรียญ 10 บาท และสวิตซ์ที่ 6 จะเป็นจำนวนเหรียญ 5 บาทตามลำดับ แล้วเมื่อทราบการกดสวิตซ์แล้วก็จะนำค่าที่เลือกมาแสดงให้รับทราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปภาพแสดงการทำงานต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นนั้นเป็นแนวทางในการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมให้ไมโครคอลโทรลเลอร์สามารถทำงาน และ ควบคุมให้อุปกรณ์ทำงานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยอาจจะเพิ่มการหน่วงเวลาให้กับโปรแกรมเพื่อให้ง่ายต่อการควบคุมอุปกรณ์ทางด้านเมคคานิค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การทดลองและผลการทดลอง

จากการออกแบบวงจรและการทำงานของตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถืออัตโนมัตินั้นได้มีการทดลองโดยแยกการทดลองออกเป็นส่วนๆได้ 10 การทอลอง คือ

1. การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล
2. การแยกขนาดของธนบัตร
3. การตรวจหาค่าการ่สะท้อนแสงของหมึกพิมพ์และกระดาษของธนบัตร
4. การตรวจความถูกต้องของธนบัตร
5. การตรวจความถูกต้องของเหรียญ
6. การจ่ายบัตรเติมเงิน
7. การทอนธนบัตร
8. การทอนเหรียญ
9. การส่งข้อมูลผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม (Serial Port)
10. การซื้อบัตรเติมเงิน

6.1 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

จุดประสงค์การทดลอง

เพื่อให้สามารถแปลงระดับแรงดันสัญญาณทางอินพุตที่เป็นสัญญาณอนาล็อกที่ระดับแรงดันต่างๆให้เป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 บิตได้

เครื่องมือและอุปกรณ์

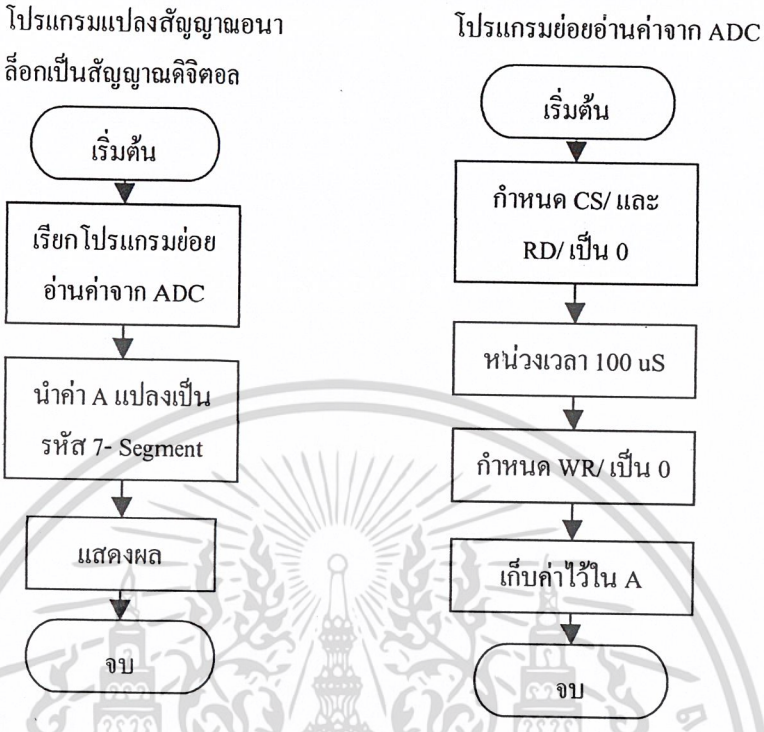
1. ไอซีเบอร์ ADC 0804
2. ไมโครคอลโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51
3. ชุดแสดงผล 7-Segment
4. มัลติมิเตอร์
5. แหล่งจ่ายไฟ

การออกแบบการทดลอง

ศึกษาการทำงานของไอซีเบอร์ ADC 0804 จากนั้นมาเขียนขั้นตอนการตอนการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลซึ่งแสดงให้เห็นในภาพที่ 6.1 จากภาพที่เห็นนั้นอธิบายการทำงานโดยเริ่มจากแรงดันที่ป้อนเข้า ขา +Vin อยู่ระดับต่าง ตั้งแต่ 0 – 5 โวลต์ เมื่อได้รับสัญญาณ CS/ และ RD/ ADC ก็จะรับค่าแรงดันเข้ามาแปลงเป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 บิต จากนั้นก็จะรอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รับสัญญาณ WR/ ก็จะส่งข้อมูลออกที่ DB0-DB7 แล้วไมโครคอลโทรลเลอร์ก็จะรับค่าเพื่อนำไปเปลี่ยนเป็นรหัส 7- Segment แสดงออกหน่วยแสดงผล



ภาพที่ 6.1 แสดงการทำงานของการเปลี่ยนสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อวงจรดังภาพที่ 6.2
2. ทำการปรับระดับแรงดัน VRef/2 ให้ได้แรงดันเท่ากับ 2.5 โวลต์
3. ปรับแรงดันที่ขา Vin ให้ได้ 0 โวลต์ แล้วสังเกตค่าที่แสดงผล บันทึกค่าลงในตารางบันทึกผลที่ 6.1
4. ทดลองเปลี่ยนระดับแรงดันตามค่าในตารางจนครบทุกค่า และสรุปผลการทดลอง

คำนวณระดับแรงดันทางด้านอินพุตที่เป็นสัญญาณอนาล็อก ตั้งแต่ 0- 5 โวลต์ ให้เป็นสัญญาณดิจิตอลเลขฐานสิบหกตั้งแต่ข้อมูล 00- FF ทั้งหมด 256 ค่า โดยใช้สมการ

$$\text{Decimal} = [\text{Vin}(+) / (\text{Vmax} - \text{Vin}(-))] * 256$$

เช่น ระดับแรงดันอินพุต 3 โวลต์ แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ และ ขา Vin(-) ต่อลงกราวด์ จะได้เป็นเลข Binary = $[3 / (5 - 0)]*256$

$= 153.6 \approx 153$ (ถ้ามีเศษจะปัดทิ้ง)เมื่อแปลงเป็น เลขฐานสิบหก จะได้เท่ากับ 99

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 6.2 แสดงการต่อใช้งาน แปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

ตารางที่ 6.1 บันทึกผลการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล

	รหัสดิจิตอลหลังจากแปลงผ่าน ADC0804			
ระดับแรงดัน(โวลต์)	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	จากการคำนวณ
0	00	01	00	00
0.5	17	1F	18	19
1.0	38	34	30	33
1.5	4A	4D	50	4C
2.0	69	60	65	66
2.5	88	8F	85	80
3.0	9B	98	9C	99
3.5	AF	B1	B5	B3
4.0	CD	CF	C9	CC
4.5	E1	E0	E5	E6
5.0	F8	F5	F0	FF

สรุปผลการทดลอง

ค่าที่ได้จากการทดลองเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากการคำนวณนั้นจะมีค่าไม่เท่ากัน ซึ่งเป็นผลมาจากระดับแรงดันที่ต้องการจะแปลงและระดับแรงดันที่เป็นแรงดันอ้างอิงไม่คงที่ทำให้เกิดการแกว่งทำให้ค่าดิจิตอลที่ได้มีความผิดพลาดไปเล็กน้อย

6.2 การแยกขนาดของธนบัตร

จุดประสงค์ของการทดลอง

1. เพื่อให้สามารถแยกได้ว่าธนบัตรจริงแต่ละมูลค่าที่รับเข้ามานั้นมีขนาดเท่าใด เมื่อใช้โปรแกรมภายในอ่านค่า เพื่อจะได้นำค่าที่ได้นี้ไปใช้ในการตรวจสอบว่าเป็นธนบัตรจริงหรือปลอม
2. เพื่อทดสอบสมมติฐานที่ว่าธนบัตรแต่ละมูลค่าจะมีขนาดไม่เท่ากัน

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดตรวจสอบธนบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ไมโครคอลโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51

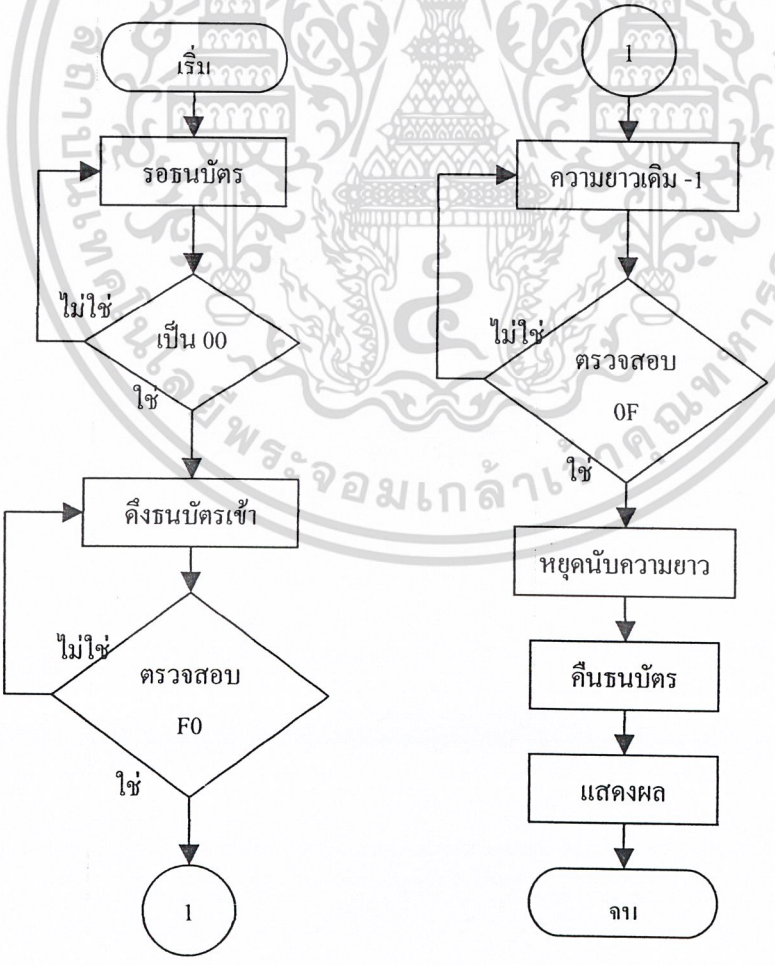
3. ชุดแสดงผล 7-Segment

4. แหล่งจ่ายไฟ

5. ธนบัตรมูลค่า 20 บาท, 100 บาท 500 บาทและ1,000 บาท

การออกแบบการทดลอง

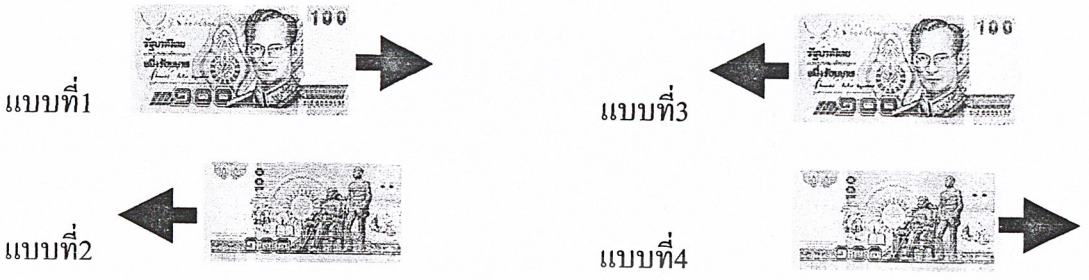
เริ่มจากตรวจสอบว่ามีการใส่ธนบัตรค่าที่อ่านเข้ามาจาก Port 3 ของไมโครคอลโทรลเลอร์จะเป็น 00 การหาขนาดของธนบัตรที่เข้ามานั้นจะใช้วิธีการวัดช่วงเวลาตั้งแต่ธนบัตรเคลื่อนที่ถึงยังตำแหน่งจุดเริ่มตรวจจับซึ่งค่าที่อ่านมาจากเซ็นเซอร์จะเป็นค่า F0 เพื่อให้โปรแกรมรับทราบว่าธนบัตรได้เข้ามาถึงจุดตรวจวัดค่าแสงตำแหน่งแรก จะกำหนดค่าเริ่มต้นในการนับค่าสูงสุดเท่ากับ 70 แล้วลดค่าลงทีละ 1 เรื่อยๆจนกว่าจะธนบัตรจะเคลื่อนที่ไปถึงจุดตรวจวัดค่าแสงตำแหน่งที่สองที่อ่านจากเซ็นเซอร์จะเป็น 0F เพื่อให้ทราบว่าธนบัตรถึงจุดตรวจวัดค่าแสงตำแหน่งที่สองแล้ว แต่ถ้าลดค่าจากค่า 70 ลงแล้วมีค่าเป็น 0 ก็จะแสดงว่าธนบัตรมีความยาวเกินกว่าธนบัตร 1,000 บาท ก็จะคืนธนบัตร ถ้าไม่เป็น 0 ก็จะนำค่าที่อ่านได้แปลงเป็นสัญญาณ 7- Segment เพื่อแสดงผล พิจารณาจากขั้นตอนการทำงานตามภาพที่ 6.3



ภาพที่ 6.3 แสดงขั้นตอนการทำงานของการตรวจวัดขนาดธนบัตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

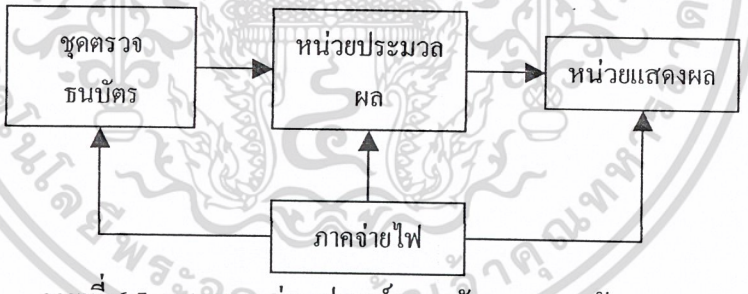
การใส่ธนบัตรเข้าตรวจสอบแบบต่างๆ ทิศทางหัวลูกศรจะเป็นส่วนที่ใส่เข้าเครื่องตรวจสอบก่อน



ภาพที่ 6.4 ภาพการใส่ธนบัตรเข้าตรวจสอบแบบต่างๆ

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อชุดทดลองต่างๆ เข้าด้วยกันดังภาพที่ 6.5
2. ทำการเขียนโปรแกรมให้เป็นไปตามเงื่อนไขและขั้นตอนการทำงาน
3. เขียนโปรแกรมที่ได้ลงในไมโครคอลโทรลเลอร์ AT89C51
4. ใส่ธนบัตรในช่องรับธนบัตร
5. บันทึกค่าที่7-Segmentแสดงผลออกมาในรูปแบบของเลขฐานสิบหกลงในตารางที่ 6.2
6. ทดลองใส่ธนบัตรราคาอื่นๆเข้าไปใหม่



ภาพที่ 6.5 แสดงการต่ออุปกรณ์ตรวจวัดขนาดธนบัตร

ตารางที่ 6.2 ตารางบันทึกผลขนาดของธนบัตร

		ขนาดธนบัตร(รอบการทำงานของโปรแกรม)				
แบบที่ใส่	ครั้งที่	20 บาท	100 บาท รุ่นเก่า	100 บาทรุ่นใหม่	500 บาท	1,000 บาท
1	1	27	1A	19	14	0D
1	2	29	1C	1A	14	0D
1	3	28	1A	1B	14	0C
1	4	2A	1A	1B	14	0E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

		ขนาดธนบัตร(รอบการทำงานของโปรแกรม)				
แบบที่ใส่	ครั้งที่	20 บาท	100 บาท รุ่นเก่า	100 บาทรุ่นใหม่	500 บาท	1,000 บาท
1	5	28	1B	19	15	0F
2	1	27	1C	19	12	0D
2	2	28	1A	1C	14	0E
2	3	28	1C	1A	12	0E
2	4	28	19	1B	13	0D
2	5	26	17	19	14	0C
3	1	28	1D	1A	13	0C
3	2	2A	1D	1B	13	0B
3	3	28	1A	1A	12	0E
3	4	29	1C	17	13	0D
3	5	28	1C	1A	15	0E
4	1	28	1B	19	14	0C
4	2	28	1C	1B	12	0E
4	3	28	1A	1C	12	0C
4	4	28	1D	1B	14	0E
4	5	27	1C	16	15	0D

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองหาขนาดของธนบัตรจริงโดยจะนับลงจากค่า 70 ลงทีละ 1 ทุกๆ เวลา 15 ms ดังนั้นเมื่อนำค่าที่ได้จากการทดลอง คูณกับเวลา 15 ms ก็จะได้ระยะเวลาที่ธนบัตรเคลื่อนที่ผ่านเครื่องตรวจสอบซึ่งแต่ละธนบัตรจะใช้เวลาไม่เท่า ดังแสดงในตารางที่ 6.3 ซึ่งปรากฏว่าธนบัตรแต่ละมูลค่าจะมีความยาวไม่เท่ากันอย่างเห็นได้ชัด

ตารางที่ 6.3 แสดงขนาดความยาวของธนบัตร

ราคาธนบัตร	เวลาในการเคลื่อนที่ผ่านเครื่องตรวจสอบ(ms)
20 บาท	1,035 - 1,095
100 บาทรุ่นเก่า	1,245 – 1,335
100 บาทรุ่นใหม่	1,245 – 1,350
500 บาท	1,365 -1,410
1,000 บาท	1,455 – 1,500

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.3 การตรวจหาค่าการสะท้อนแสงของหมึกพิมพ์และกระดาษของธนบัตร

จุดประสงค์การทดลอง

1. เพื่อศึกษาลักษณะพิเศษของธนบัตรจริงกับธนบัตรปลอมเมื่อโดนแสงสีม่วง

2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของธนบัตรจริง ว่ามีการสะท้อนแสงไฟสีม่วงมากน้อยเพียงใดและสามารถนำค่าจากการสะท้อนแสงมาวิเคราะห์เปรียบเทียบถึงความแตกต่างกับธนบัตรปลอมได้

เครื่องมือและอุปกรณ์การทดลอง

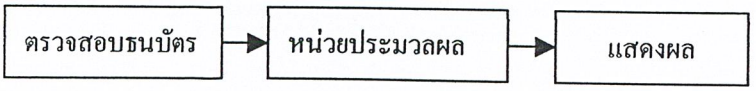
1. ชุดตรวจสอบธนบัตรที่ประกอบด้วยวงจร ADC อยู่ด้วย
2. ไมโครคอลโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51
3. ชุดแสดงผล 7-Segment
4. แหล่งจ่ายไฟ
5. ธนบัตรมูลค่า 20 บาท, 100 บาท 500 บาทและ1,000 บาท
6. มัลติมิเตอร์

การออกแบบการทดลอง

วิธีการวัดการสะท้อนแสงนั้นทำได้ โดยนำธนบัตรให้เคลื่อนที่ผ่านชุดวงจรตรวจวัดค่าแสงแล้วเปิดไฟเพื่อให้ธนบัตรสะท้อนแสงและวัดค่าความเข้มของแสงโดยใช้ LDR เป็นตัวรับแสงสองค่าคือ ตอนหัวของธนบัตรจะเก็บในหน่วยความจำรีจีสเตอร์ 40H โดยมีรีจีสเตอร์ R0 ชี้ค่าอยู่ (@R0) และท้ายธนบัตรเก็บในหน่วยความจำรีจีสเตอร์ 41H หลังจากเพิ่มค่าของรีจีสเตอร์ R0 ของไมโครคอลโทรลเลอร์ โดยนำค่าแรงดันเพื่อเป็นสัญญาณอินพุตให้กับวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอลเลขฐานสิบหกซึ่งกระบวนการต่างๆ นั้นจะใช้ไมโครคอลโทรลเลอร์ควบคุมการทำงานโดยโปรแกรมและหน่วงเวลาไว้ 100 us เพื่อให้หน่วยความจำของ ADC 0804 ประมวลผลค่า เมื่อได้ค่าข้อมูลที่เป็นสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 บิต แล้วก็จะแสดงผลออกมาที่หน่วยแสดงผล กระบวนการทำงานของโปรแกรมสามารถแสดงให้เห็นดังภาพที่ 6.3-1

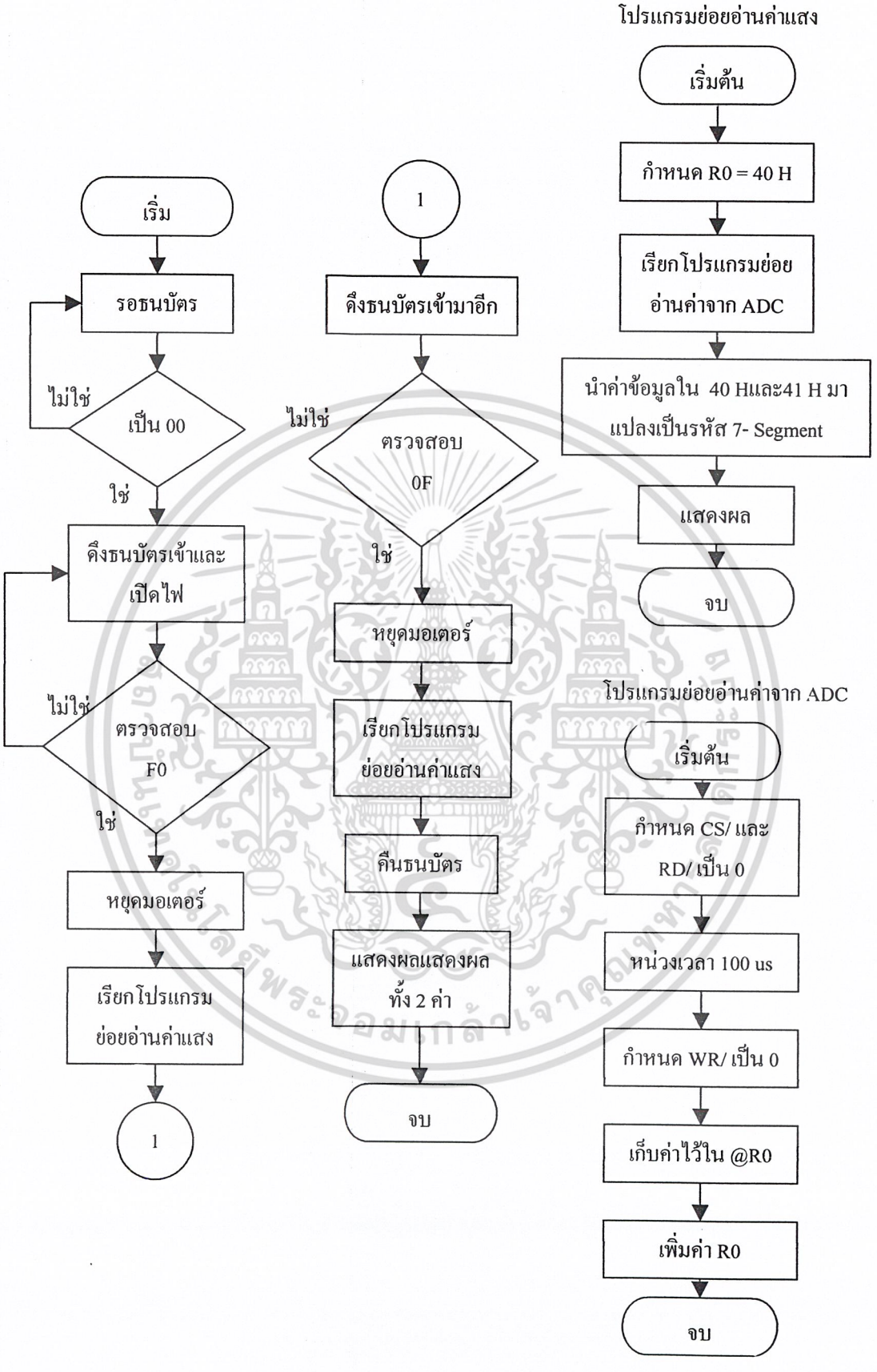
ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อชุดการทดลองตามภาพที่ 6.6
2. เขียนโปรแกรมการทดลองตามขั้นตอนที่แสดงในภาพที่ 6.7
3. นำธนบัตรใส่ในช่องรับธนบัตร
4. สังเกตค่าที่แสดงผลและบันทึกผล
5. ทดลองทำซ้ำหลายๆครั้งจนครบทุกราคา
6. สรุปผลการทดลอง



ภาพที่ 6.6 การต่อชุดการตรวจวัดค่าแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6.7 แสดงขั้นการอ่านค่าแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.4 บันทึกผลค่าแสง

		ค่าแสงหลังจากแปลงเป็นดิจิตอล(เลขฐานสิบหก)									
		20 บาท		100 บาทรุ่นเก่า		100 บาทรุ่นใหม่		500 บาท		1,000 บาท	
แบบ	ครั้งที่	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย	หัว	ท้าย
1	1	86	A0	89	96	97	A0	98	A7	6C	77
1	2	82	9A	6A	7A	95	A1	88	A0	62	78
1	3	93	A1	8B	94	91	A3	90	A0	62	75
1	4	8A	A0	87	95	A0	AA	98	A9	62	75
1	5	88	95	79	87	98	A0	8D	A1	6B	76
2	1	85	A3	88	95	97	A1	99	A6	6B	72
2	2	82	A0	6A	7C	95	A2	86	A0	60	70
2	3	93	A9	8B	95	90	A1	90	A0	62	6D
2	4	8D	A4	86	92	A0	A7	A0	A7	62	75
2	5	89	A3	76	89	97	A1	90	A0	64	74
3	1	A0	7D	91	83	9A	94	A2	91	72	60
3	2	97	7A	7A	65	9A	92	A0	82	70	5A
3	3	A0	90	92	88	9A	8A	A0	89	67	5C
3	4	97	85	93	85	A0	A0	A6	94	70	5B
3	5	9B	84	87	74	A0	95	9B	87	70	5B
4	1	A0	81	99	84	A1	95	A8	95	74	62
4	2	9A	7A	81	65	A1	92	A0	82	72	5B
4	3	A5	91	97	87	A2	8D	A0	8D	6D	60
4	4	A2	89	94	84	A9	9A	AA	97	72	5C
4	5	96	7D	8D	76	A2	96	A1	90	7B	5C

ตารางที่ 6.5 ผลต่างของค่าแสง

การใส่ธนบัตร		ค่าแสงที่หนึ่ง(หัว) – ค่าแสงที่สอง(ท้าย)				
แบบ	ครั้งที่	20 บาท	100 บาทรุ่นเก่า	100 บาทรุ่นใหม่	500 บาท	1,000 บาท
1	1	-1A	-0D	-09	-0F	-0B
1	2	-18	-10	-0C	-18	-16
1	3	-0E	-09	-12	-10	-13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใส่ธนบัตร		ค่าแสงที่หนึ่ง(หัว) – ค่าแสงที่สอง(ท้าย)				
แบบ	ครั้งที่	20 บาท	100 บาทรุ่นเก่า	100 บาทรุ่นใหม่	500 บาท	1,000 บาท
1	4	-16	-0E	-0A	-11	-13
1	5	-0D	-0E	-08	-14	-0B
2	1	-1E	-0D	-0A	-0D	-07
2	2	-1E	-12	-0D	-1A	-10
2	3	-16	-0A	-11	-10	-0B
2	4	-17	-0C	-07	-07	-13
2	5	-1A	-13	-0A	-10	-10
3	1	23	0E	06	11	12
3	2	1D	15	08	1E	16
3	3	10	0A	10	17	0B
3	4	12	0E	0	12	15
3	5	17	13	0B	14	15
4	1	1F	15	0C	13	12
4	2	20	1C	08	1E	17
4	3	14	10	15	13	0D
4	4	19	10	0F	13	16
4	5	19	17	0C	11	1F

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ธนบัตรแต่ละชนิดมีการสะท้อนแสงที่ไม่เหมือนกัน โดยสามารถดูจากตารางที่ 6.5 อธิบายได้ว่าธนบัตรส่วนที่มีลายน้ำพระเจ้าอยู่หัวจะมีการสะท้อนแสงน้อยกว่าส่วนที่มีลวดลาย ซึ่งจะสังเกตได้ว่าค่าแสงที่อ่านมาได้นั้นมีค่าไม่เท่ากันแต่จะมีค่าที่ใกล้เคียงกันเป็นเพราะธนบัตรที่นำมาทดสอบนั้นมีความเก่าใหม่ไม่เหมือนกัน โดยที่ธนบัตรใหม่จะมีค่าแสงมากกว่าธนบัตรเก่า เมื่อมาพิจารณาตารางที่ 6.5 ได้แสดงผลต่างของการตรวจสอบด้านหัวและด้านท้ายของธนบัตร จะมีผลต่างของค่าแสงที่ไม่เหมือนกันโดยที่ค่าแสงจากการใส่ธนบัตรแบบที่หนึ่งและสองจะมีค่าเป็นลบ เนื่องจากใส่ส่วนที่มีลายน้ำพระเจ้าอยู่หัวเข้าไปจึงอ่านค่าแสงส่วนนี้ก่อน ค่าแสงของส่วนที่มีลายน้ำพระเจ้าอยู่หัวมีค่าน้อยกว่าส่วนที่มีลวดลายเมื่อนำมาหาผลต่างก็จะได้ค่าเป็นค่าลบ แต่การใส่ธนบัตรแบบที่ 3 และ 4 นั้นใส่ส่วนที่มีลวดลายเข้าไปก่อนจึงอ่านค่าแสงส่วนนี้มาก่อน เมื่อนำไปหาผลต่างค่าแสงแล้วจะมีค่าเป็นบวก ดังนั้นเมื่อใช้โปรแกรมวิเคราะห์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถนำผลการทดลองนี้ไปใช้ตรวจสอบได้ว่าธนบัตรที่ใส่มานั้นเป็นธนบัตรจริงหรือปลอมโดยเปรียบเทียบจากข้อมูลค่าแสงที่มีอยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ดังตารางที่ 6.6 และขนาดของธนบัตรตามการทดลองที่ 1 ถ้าค่าที่ได้จากการเปรียบเทียบไม่อยู่ในช่วงที่แสดงในตารางอย่างน้อยหนึ่งค่าก็จะไม่รับธนบัตรนั้น

ตารางที่ 6.6 แสดงช่วงค่าของแสงที่นำมาเปรียบเทียบ

ราคาธนบัตร (บาท)	ช่วงของความแตกต่างแสง	ค่าความแตกต่างแสงที่เป็นบวก		ค่าความแตกต่างแสงที่เป็นลบ	
		ค่าแสงที่สอง(ท้าย)	ค่าแสงที่หนึ่ง(หัว)	ค่าแสงที่สอง(ท้าย)	ค่าแสงที่หนึ่ง(หัว)
20	-0D ถึง -22 และ 10 ถึง 24	7A ถึง 91	96 ถึง A5	95 ถึง A9	82 ถึง 93
100 รุ่นเก่า	-06 ถึง -13 และ 0A ถึง 19	65 ถึง 96	7A ถึง A2	7A ถึง A0	6A ถึง 9A
100 รุ่นใหม่	-07 ถึง -12 และ 06 ถึง 18	8A ถึง A0	9A ถึง A9	A0 ถึงAA	91 ถึง A0
500	-07 ถึง -1A และ 11 ถึง 1E	82 ถึง 97	9B ถึง AA	A0 ถึง A9	86 ถึง A0
1,000	-05 ถึง -16 และ 0B ถึง 1F	5A ถึง 62	67 ถึง 7B	6D ถึง 78	60 ถึง 6D

6.4 การตรวจความถูกต้องของธนบัตร

จุดประสงค์ของการทดลอง

1. นำข้อมูลจากการทดลองที่ 6.3 มาประยุกต์ใช้ในการทดลองได้
2. เพื่อตรวจสอบว่าธนบัตรเป็นของจริงหรือของปลอม

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดตรวจสอบธนบัตร
2. ไมโครคอลโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51
3. ธนบัตรใบละ1000 , 500 บาท ,100 บาท ,20 บาท
4. แหล่งจ่ายไฟ

ขั้นตอนการทดลอง

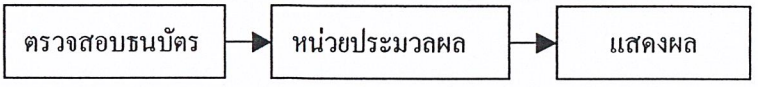
1. ต่ออุปกรณ์ตามภาพที่ 6.8

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

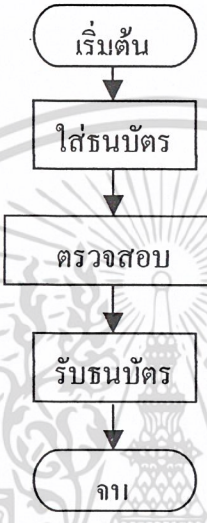
2. เขียนโปรแกรมการทดลองโดยใช้ขั้นตอนการทำงานในภาพที่ 6.9

3. ทดลองนำธนบัตรแต่ละราคาใส่ในช่องรับธนบัตรแล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผล

4. ทดลองทำซ้ำหลายๆครั้งจนครบทุกราคา สรุปผลการทดลอง



ภาพที่ 6.8 การต่อชุดการทดลองตรวจสอบธนบัตร



ภาพที่ 6.9 ขั้นตอนการทดลองตรวจสอบธนบัตร

ตารางที่ 6.7 บันทึกผลการตรวจสอบธนบัตร

ครั้งที่	ชนิดธนบัตรและผลการตรวจสอบ				
	1,000	500	100รุ่นเก่า	100รุ่นใหม่	20
1	/	/	/	X	/
2	/	X	/	/	/
3	X	/	X	/	/
4	/	/	/	X	/
5	X	X	X	/	/
6	/	/	/	/	/
7	/	/	/	/	X
8	/	/	/	/	/
9	/	/	/	X	/
10	/	/	/	X	/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่	ชนิดธนบัตรและผลการตรวจสอบ				
	1,000	500	100รุ่นเก่า	100รุ่นใหม่	20
11	X	/	/	/	/
12	/	/	/	/	/
13	/	X	/	/	/
14	/	/	X	/	X
15	/	/	/	/	/
16	X	X	/	/	/
17	X	X	X	X	/
18	/	/	/	/	/
19	X	/	/	/	/
20	/	/	/	/	/
21	X	X	X	/	X
22	/	/	/	X	/
23	/	/	/	/	/
24	/	/	/	/	/
25	X	/	X	/	/
26	/	/	/	/	/
27	/	/	/	/	/
28	X	X	/	X	/
29	/	/	/	/	/
30	/	/	/	/	/
ความถูกต้อง(%)	70	76.7	80	76.7	90

/ หมายถึง ตรวจสอบว่าเป็นธนบัตรจริงและแยกร เคาได้ถูก

X หมายถึง ตรวจสอบว่าเป็นธนบัตรปลอม

สรุปผลการทดลอง

จาการทดลองใส่ธนบัตรเข้าไปจำนวน 30 ครั้งซึ่งธนบัตรที่ใช้ตรวจสอบนั้นอย่างละ 5 ฉบับ ซึ่งมีความใหม่เก่าไม่เท่ากัน แล้วสลับกันใส่ให้เครื่องตรวจสอบ ปรากฏว่าธนบัตรแต่ละฉบับที่ใส่ให้เครื่องตรวจสอบนั้นเครื่องสามารถตรวจสอบได้ว่า เป็นธนบัตรจริงและแยกราคาธนบัตรได้ถูกต้อง แต่บางครั้งที่ใส่ธนบัตรเข้าไปนั้นเครื่องตรวจสอบว่าเป็นธนบัตรปลอมเนื่องจากธนบัตรบาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฉบับอยู่ในสภาพที่ค่อนข้างยับและพับอยู่จึงมีผลให้ขนาดและค่าแสงที่ตรวจสอบมาผิดพลาดไปจากของจริงและลักษณะการใส่ธนบัตรอาจจะไม่ถูกต้องตามวิธีการใส่ธนบัตรทำให้ธนบัตรเอียง และธนบัตรบางฉบับเก่ามากทำให้ไม่สามารถตรวจสอบผ่านได้

6.5 การตรวจความถูกต้องของเหรียญ

จุดประสงค์ของการทดลอง

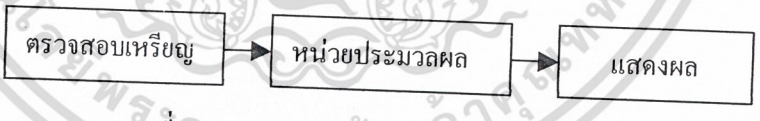
เพื่อตรวจสอบว่าเหรียญที่รับมาเป็นของจริงหรือของปลอมและตรงกับราคาที่ต้องการ

เครื่องมือและอุปกรณ์

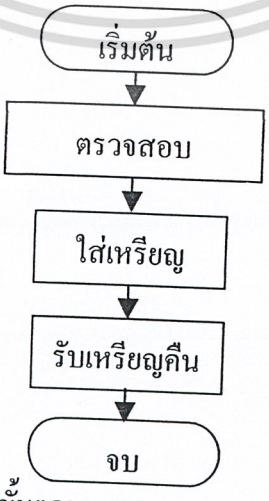
1. ชุดตรวจสอบเหรียญ
2. ไมโครคอลโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51
3. เหรียญ 1 บาท 5 บาท 10 บาท
4. แหล่งจ่ายไฟ

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่ออุปกรณ์ตามภาพที่ 6.10
2. เขียนโปรแกรมการทดลองโดยใช้ขั้นตอนการทำงานในภาพที่ 6.11
3. ทดลองนำเหรียญแต่ละราคาใส่ในช่องรับเหรียญแล้วสังเกตว่ารับเหรียญหรือไม่และบันทึกค่าเหรียญที่แสดง
4. ทดลองทำซ้ำหลายๆครั้งจนครบทุกราคา
5. สรุปผลการทดลอง



ภาพที่ 6.10 การต่อชุดตรวจสอบเหรียญ



ภาพที่ 6.11 ขั้นตอนการทดลองตรวจสอบเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.8 บันทึกผลการตรวจสอบธนบัตร

ครั้งที่	ชนิดเหรียญและผลการตรวจสอบ			
	10	5	1	เหรียญต่างประเทศ
1	/	/	X	X
2	/	/	X	X
3	/	/	X	X
4	/	/	X	X
5	/	/	X	X
6	/	/	X	X
7	/	/	X	X
8	/	/	X	X
9	/	/	X	X
10	/	/	X	X
11	/	/	X	X
12	/	/	X	X
13	/	/	X	X
14	/	/	X	X
15	/	/	X	X
16	/	/	X	X
17	/	/	X	X
18	/	/	X	X
19	/	/	X	X
20	/	/	X	X
21	/	/	X	X
22	/	/	X	X
23	/	/	X	X
24	/	/	X	X
25	/	/	X	X
ความถูกต้อง(%)	100	100	0	0

/ หมายถึง ตรวจสอบว่าเป็นเหรียญจริงและแยกราคาได้ถูก

X หมายถึง ตรวจสอบว่าเป็นเหรียญปลอม หรือ เหรียญที่ไม่รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองชุดตรวจสอบสามารถตรวจสอบว่าเป็นเหรียญจริงหรือปลอมได้ถูกต้องและสามารถแยกได้ว่าเหรียญที่ใส่ไปนั้นเป็นราคาเท่าไหร่และสรุปได้ว่าชุดรับและตรวจสอบเหรียญไม่รับเหรียญบาทและเหรียญต่างประเทศ

6.6 การจ่ายบัตรเติมเงิน

จุดประสงค์ของการทดลอง

1. เพื่อรู้การทำงานของขุดจ่ายบัตรเติมเงินว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด

2.นำผลการทดลองมาแก้ไขและปรับปรุงให้มีคุณภาพตามที่ต้องการ

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดจ่ายบัตรเติมเงิน

2. ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51

3. บัตรเติมเงิน

4. แหล่งจ่ายไฟ

การออกแบบการทดลอง

วิธีการจ่ายบัตรออกจากกล่องนั้นทำได้โดยการใช้ลูกยางผีดบัตรออกแล้วก็รีดบัตรเติมเงินออกจากกล่องแล้วใช้สวิตช์เป็นตัวตรวจเช็คว่าบัตรออกไปแล้วหรือยังถ้าบัตรออกไปแล้วให้หยุดการทำงานทันทีโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อชุดจ่าบัตรเติมเงินกับแหล่งจ่ายไฟ

2. เลือกบัตรที่จะออกจากกล่องที่ 1 (จำนวนบัตร)บันทึกผลการทดลองลงในตาราง

3. เลือกบัตรที่จะออกจากกล่องที่ 2 (จำนวนบัตร)บันทึกผลการทดลองลงในตาราง

4. เลือกบัตรที่จะออกจากกล่องที่ 3 (จำนวนบัตร)บันทึกผลการทดลองลงในตาราง

5. ทำการทดลองซ้ำข้อ 2 ถึงข้อ 4 จำนวน 20 ครั้ง

ตารางที่ 6.9 ผลการทดลองชุดจ่าบัตรเติมเงิน

ครั้งที่ทดลอง	จำนวนบัตรที่ออกจากกล่อง(ใบ)		
	กล่องที่ 1	กล่องที่ 2	กล่องที่3
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ครั้งที่ทดลอง	จำนวนบัตรที่ออกจากกล่อง(ใบ)		
	กล่องที่ 1	กล่องที่ 2	กล่องที่3
4	1	1	1
5	1	1	1
6	1	1	1
7	1	1	1
8	1	1	1
9	1	1	1
10	1	1	1
11	1	1	1
12	1	1	1
13	1	1	1
14	1	1	1
15	1	1	1
16	1	1	1
17	1	1	1
18	1	1	1
19	1	1	1
20	1	1	1

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองการจ่ายบัตรเติมเงินความถูกต้องของบัตรมีค่าสูงถึง 100 % แต่บางครั้งบัตรอาจจะออกมาช้าทั้งนี้เพราะผลของการฟีดบัตรออกทุกครั้งบัตรไม่ได้อยู่ในตำแหน่งเดียวกันจึงจะมีช่วงหนึ่งที่ตัวฟีดทำการจัดบัตรให้เข้าที่ก่อนจึงทำการฟีดบัตรออกจากกล่อง

6.7 การทอนธนบัตร

จุดประสงค์ของการทดลอง

1. เพื่อรู้การทำงานของส่วนทอนธนบัตรว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด

2 .เพื่อนำผลที่ได้จากการทดลองมาหาเปอร์เซ็นต์ (%) การฟีดออก เพื่อหาความน่าเชื่อถือ

3 นำผลที่ได้จากการทดลองมาปรับปรุงแก้ไขให้ส่วนทอนธนบัตรทำงานได้ตามที่ต้องการและถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดส่วนทอนธนบัตร
2. สัญญาณควบคุมจากไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51
   - -สัญญาณทริก A1 (Trig A1) เป็นสัญญาณการฟีดธนบัตรใบละ 500 บาท
   - -สัญญาณทริก A2 (Trig A2) เป็นสัญญาณการฟีดธนบัตรใบละ 100 บาท
   - -สัญญาณทริก A3 (Trig A3) เป็นสัญญาณการฟีดธนบัตรใบละ 20 บาท
3. ธนบัตรใบละ 500 บาท ,100 บาท และ 20 บาท อย่างน้อยชนิดละ 5 ใบ
4. แหล่งจ่ายไฟ

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่อส่วนทอนธนบัตรเข้ากับแหล่งจ่ายไฟและสัญญาณควบคุม
2. เลือกสัญญาณควบคุมที่จะทอนธนบัตร

- สัญญาณทริก A1 (Trig A1) สัญญาณฟีดธนบัตรใบละ 500 บาทเพื่อฟีดธนบัตรจากกล่องที่ 1 ใบละ500 บาทโดยจ่ายสัญญาณทริก A1 จำนวน 5 ครั้ง / 1รอบ บันทึกผลการทดลอง
- สัญญาณทริก A2 (Trig A2) สัญญาณฟีดธนบัตรใบละ 100 บาทเพื่อฟีดธนบัตรจากกล่องที่ 2 ใบละ100 บาทโดยจ่ายสัญญาณทริก A2 จำนวน 5 ครั้ง / 1รอบ บันทึกผลการทดลอง
- สัญญาณทริก A3 (Trig A3) สัญญาณฟีดธนบัตรใบละ 20 บาทเพื่อฟีดธนบัตรจากกล่องที่ 3ใบละ20 บาทโดยจ่ายสัญญาณทริก A3 จำนวน 5 ครั้ง / 1รอบ บันทึกผลการทดลอง

3. เลือกสัญญาณควบคุม Trig A4 เพื่อเป็นการเลื่อนถาดรับเงินไปยังช่องรับเงิน
4. ทำการทดลองซ้ำข้อ 2 จำนวน 20 ครั้ง

ตารางที่ 6.10 ผลการทดลองส่วนทอนธนบัตร

จำนวนครั้งที่ทดลอง	กล่องที่ 1 (ใบละ500)					กล่องที่ 2 (ใบละ100)					กล่องที่ 3 (ใบละ20)				
ครั้งที่ / รอบที่	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	/	/	//	/	/	/	/	/	/	/	/	/	X	X	/
2	/	//	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
3	/	/	/	//	/	/	/	/	X	/	/	/	/	/	/
4	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	X	X
5	/	X	X	/	/	/	/	X	/	///	/	/	///	/	/
6	//	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	X	/	/	/

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จำนวนครั้งที่ทดลอง	กล่องที่ 1 (ใบละ500)					กล่องที่ 2 (ใบละ100)					กล่องที่ 3 (ใบละ20)				
ครั้งที่ / รอบที่	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
7	/	/	X	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
8	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
9	/	/	/	X	X	/	/	/	/	/	/	X	/	/	/
10	//	/	/	/	/	/	/	X	X	X	/	/	/	/	///
11	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
12	/	//	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	X	X	/
13	/	/	/	//	/	/	/	/	X	/	/	/	/	/	X
14	//	/	X	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	X	/
15	/	/	/	/	X	/	//	X	/	X	/	/	/	/	/
16	/	/	/	/	/	/	/	X	/	/	/	/	/	/	//
17	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	//	/
18	/	X	//	/	/	/	/	/	/	///	/	/	//	/	/
19	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20	X	/	/	//	/	/	/	/	//	/	/	/	/	/	/
ความถูกต้อง(%)	80	80	75	80	85	100	95	80	80	80	100	85	80	75	80

หมายเหตุ : / = ฟีด(Feed)ออกไม่มีปัญหา // = ฟีด(Feed)ออก 2 ใบ /// = ฟีด(Feed)ออก 3 ใบ

X = มีปัญหาในการฟีด(Feed)

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลอง จะเห็นในส่วนของการทอนธนบัตรสามารถที่จะทอนธนบัตรได้ดีในระดับหนึ่ง ซึ่งมีความถูกต้องประมาณ 80 % ซึ่งความผิดพลาดส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้น เกิดจากการฟีด (Feed) ธนบัตรออก 2 – 3 ใบ และการฟีด (Feed) ธนบัตรไม่ออกติดขัดอยู่บริเวณปากกล่อง

6.8 การทอนเหรียญ

จุดประสงค์ของการทดลอง

เพื่อทดสอบว่าเครื่องสามารถทอนเหรียญได้ถูกต้อง

เครื่องมือและอุปกรณ์

1. ชุดทอนเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ไมโครคอลโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51

3. เหรียญ 5 บาท 10 บาท

4. แหล่งจ่ายไฟ

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่ออุปกรณ์ตามภาพที่ 6.12

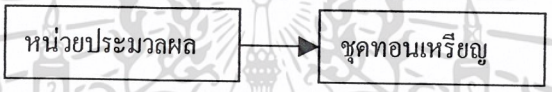
2. เขียนโปรแกรมการทดลองโดยใช้ขั้นตอนการทำงานในภาพที่ 6.13

3. ทดลองนำเหรียญแต่ละราคาใส่ในช่องเก็บเหรียญแต่ละช่อง

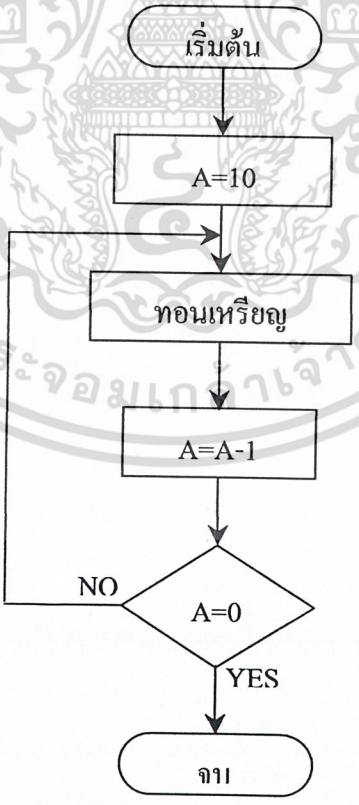
4. ทำการรันโปรแกรมแล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผล

5. ทดลองทำซ้ำหลายๆครั้ง

6. สรุปผลการทดลอง



ภาพที่ 6.12 การต่อชุดทอนเหรียญ



ภาพที่ 6.13 ขั้นตอนการทำงานการทดลองทอนเหรียญ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 6.11 บันทึกผลการทอนเหรียญ

จำนวนเหรียญที่ทอน(เหรียญ)			
ครั้งที่	จำนวนเหรียญที่ให้ทอน	เหรียญ 10	เหรียญ 5
1	1	1	1
2	1	1	1
3	1	1	1
4	2	2	2
5	2	2	2
6	2	2	2
7	3	3	3
8	3	3	3
9	3	3	3
10	4	4	4
11	4	4	4
12	4	4	4
13	5	5	5
14	5	5	5
15	5	5	5
16	6	6	6
17	6	6	6
18	6	6	6
19	7	7	7
20	7	7	7
21	7	7	7
22	8	8	8
23	8	8	8
24	8	7	8
25	9	9	9
%เฉลี่ย		98.8%	99.3%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ชุดทอนเหรียญสามารถที่จะทอนเหรียญได้ค่อนข้างจะถูกต้องเกือบร้อยเปอร์เซ็นต์ ส่วนความผิดพลาดที่เกินนั้นเกิดมาจากเหรียญติดคาอยู่ที่ช่องทางออกของเหรียญที่กล่องเก็บเหรียญซึ่งเมื่อแก้ไขแล้วปรากฏว่าดีขึ้น

6.9 การส่งข้อมูลผ่านพอร์ตสื่อสารอนุกรม (Serial Port)

จุดประสงค์ของการทดลอง

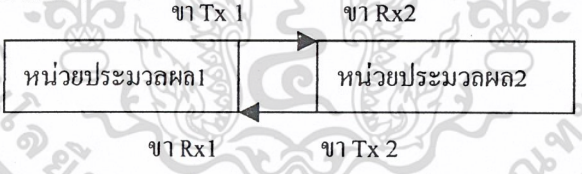
เพื่อทดสอบว่าสามารถส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรมได้ถูกต้อง

เครื่องมือและอุปกรณ์

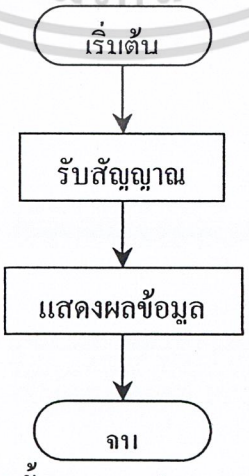
1. ไมโครคอลโทรลเลอร์ MCS-51 เบอร์ AT89C51 2 ชุด
2. แหล่งจ่ายไฟ

ขั้นตอนการทดลอง

1. ต่ออุปกรณ์ตามภาพที่ 6.14
2. เขียนโปรแกรมการทดลองโดยใช้ขั้นตอนการทำงานในภาพที่ 6.15 ให้กับตัวรับและภาพที่ 6.16 ให้กับตัวส่ง
3. ทำการรันโปรแกรมแล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงและบันทึกผล
4. ทดลองทำซ้ำหลายๆครั้ง
5. สรุปผลการทดลอง

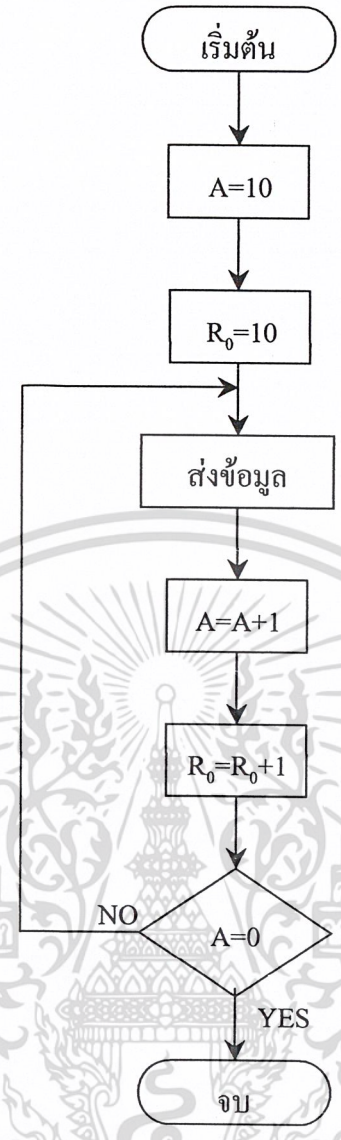


ภาพที่ 6.14 การต่อชุดส่งข้อมูล



ภาพที่ 6.15 ขั้นตอนการทำงานการรับข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ 6.16 ขั้นตอนการทำงานการส่งข้อมูล

ตารางที่ 6.12 บันทึกผลการรับ- ส่งข้อมูล

	ครั้งที่/ข้อมูลที่ได้รับ(เลขฐานสิบหก)									
ข้อมูลที่ส่ง(เลขฐานสิบหก)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	18
1F	1F	1F	1F	1F	1F	1F	1F	1F	1F	1F
25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A	2A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	ครั้งที่/ข้อมูลที่ได้รับ(เลขฐานสิบหก)									
ข้อมูลที่ส่ง(เลขฐานสิบหก)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
32	32	32	32	32	32	32	32	32	32	32
39	39	39	39	39	39	39	39	39	39	39
3D	3D	3D	3D	3D	3D	3D	3D	3D	3D	3D
4B	4B	4B	4B	4B	4B	4B	4B	4B	4B	4B
57	57	57	57	57	57	57	57	57	57	57
AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA	AA

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสรุปได้ว่า ไมโครคอลโทรลเลอร์สามารถทำการส่งและรับข้อมูลได้ถูกต้องตามตารางที่กำหนดให้ซึ่งสามารถนำการทดลองนี้ไปประยุกต์ใช้ในการรับ – ส่งข้อมูลในโครงงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

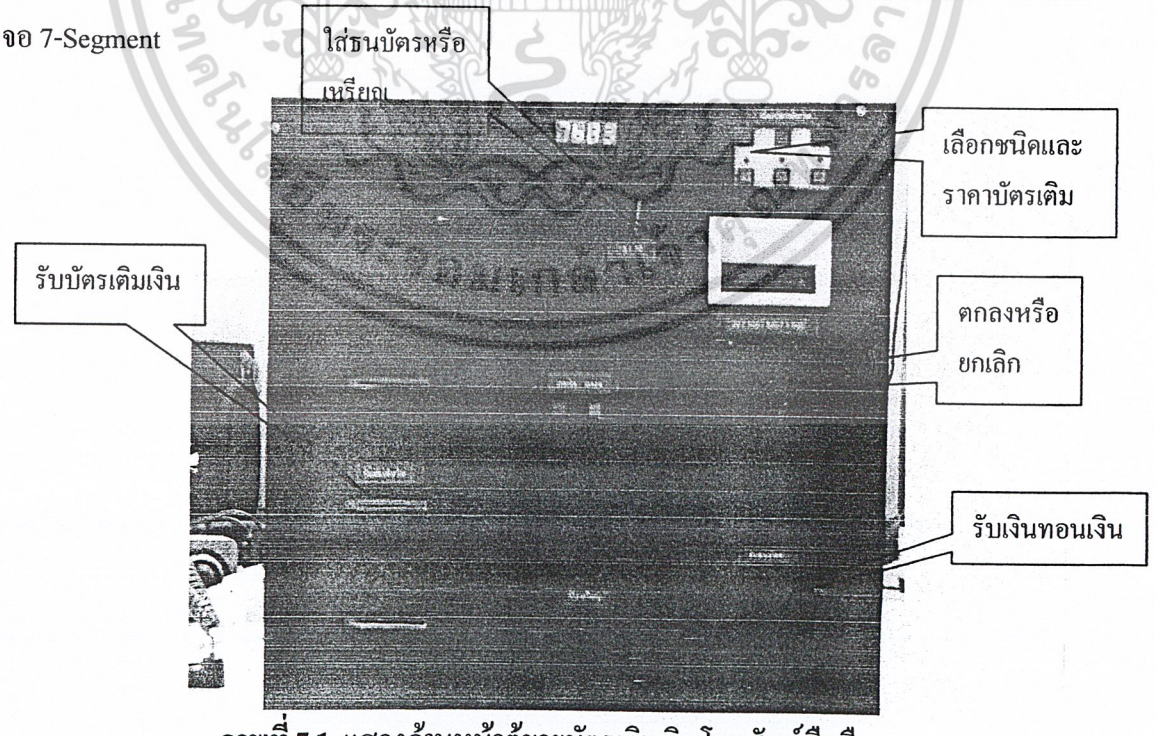
บทที่ 7
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผลการทำโครงงาน

จากการศึกษาและทำการทดลองสร้างต้นแบบ ตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถืออัตโนมัติ ซึ่งขณะนี้ตู้ขายบัตรเติมเงินสามารถที่จะรับรู้ความต้องการของผู้ซื้อ และ ตรวจสอบธนบัตรหรือเหรียญที่เข้ามาในตู้ได้ ซึ่งแยกแยะออกได้ว่าเป็นของจริงหรือของปลอม ราคาเท่าไหร่ และเมื่อผู้ซื้อใส่เงินจนครบจำนวนราคาบัตรเติมเงินแล้วก็สามารถจ่ายบัตรเติมเงินที่ได้เลือกไว้นั้นออกมาให้ผู้ซื้อได้ถูกต้อง และถ้ามีเงินเหลือจากการซื้อบัตรแล้วเครื่องสามารถทอนเงินจำนวนที่เหลือออกมาคืนให้กับผู้ซื้อทั้งที่เป็นเหรียญและธนบัตร นอกจากนี้ยังมีการใช้งานพิเศษสำหรับเจ้าของตู้ขายบัตรเติมเงินนี้ คือ สามารถที่จะทำการโปรแกรมราคาบัตรเติมเงินเองได้ รวมทั้งยังสามารถเพิ่มจำนวนธนบัตร เหรียญและบัตรเติมเงินลงไปในโปรแกรมเพื่อให้ตู้นี้รับทราบว่ามีการเพิ่มจำนวนเข้าไป

จากภาพที่ 7.1 แสดงด้านหน้าของตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถืออัตโนมัติ ซึ่งสรุปวิธีการใช้งานตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถืออัตโนมัติแบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้

1. กดเลือกชนิดบัตรเติมเงินว่าเป็นของระบบโทรศัพท์อะไรโดยใช้ปุ่มสีน้ำเงิน
2. กดเลือกราคาบัตรเติมเงินสีเขียวเฉพาะที่มีไปแสดงเนื่องจากถ้าไฟไม่แสดงนั้นหมายความว่าบัตรเติมเงินราคานั้นหมดไม่สามารถเลือกได้จากนั้นเครื่องก็จะแสดงจำนวนเงินให้ทราบที่จอ 7-Segment



ภาพที่ 7.1 แสดงด้านหน้าตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. กดตกลงถ้าต้องการซื้อบัตรเติมเงินหรือกดยกเลิกถ้าไม่ต้องซื้อ

4. ใส่เงินในช่องใส่ธนบัตรหรือเหรียญให้ครบจำนวนแล้วรอรับบัตรที่ช่องรับบัตรเติมเงินและรับเงินทอนที่ช่องรับเงินคืน

7.2 ปัญหาที่เกิดขึ้นในการทดลอง

จากการทดลองสร้างต้นแบบนั้น เกิดปัญหาในการทดลองเป็นอย่างมากเนื่องจากการออกแบบทางด้านส่วนประกอบภายนอกจะเป็นระบบกลไกเป็นส่วนมาก ดังนั้นจึงต้องใช้เวลาและประสบการณ์ในการออกแบบเพื่อให้สามารถทำงานได้ตามที่กำหนด ซึ่งสามารถแยกปัญหาและวิธีแก้ออกเป็นดังนี้

- การออกแบบชุดรับและตรวจสอบธนบัตร เมื่อใส่ธนบัตรไปแล้วธนบัตรจะติดภายในธนบัตรไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านไปได้เนื่องจากทางเดินแคบจนเกินไป วิธีแก้ปัญหาก็คือได้ทำการขยายช่องทางเดินให้มีขนาดใหญ่ขึ้นกว่าเดิมเล็กน้อยทำให้ธนบัตรเคลื่อนที่ได้สะดวกขึ้น

- การตรวจสอบธนบัตรตอนแรกมีความผิดพลาดอยู่มากเนื่องจากธนบัตรมีความใหม่ เก่าไม่เหมือนกัน วิธีแก้ปัญหา คือ ทำการทดลองเก็บค่าข้อมูลจากธนบัตรหลายๆฉบับเพื่อให้ได้ค่าที่หลากหลาย

- การออกแบบชุดรับเหรียญคือเหรียญเคลื่อนที่ไปได้ช้าและบางเหรียญไม่สามารถผ่านไปได้เนื่องจากมีรอยบุบและแหว่ง แก้โดยการขยายช่องรับเหรียญให้โตขึ้นและวางทางเดินเหรียญให้เอียงมากกว่าเดิม

- การออกแบบชุดฝืดธนบัตรและบัตรเติมเงินค่อนข้างทำได้ยากเนื่องจากลูกยางที่นำมาใช้มีความแข็งมากจนเกินไปให้ไม่สามารถดึงธนบัตรหรือบัตรเติมเงินได้ แก้โดยการหาลูกยางฝืดที่มีความเหนียวและอ่อนกว่ามาทำลูกยางฝืด

- อุปกรณ์ในการออกแบบและสร้างไม่มีความสามารถในการที่จะทำชิ้นส่วนบางอย่าง ทำให้ผลที่ได้ออกมาไม่ค่อยจะสวยงาม แก้โดยการนำชิ้นส่วยบางชิ้นมาใช้ตะไบหรือกระดาษทรายถูให้เรียบและบางชิ้นก็จะส่งร้านให้ร้านใช้เครื่องมือช่วยในการสร้าง

- การออกแบบทางด้านโปรแกรมควบคุม เนื่องจากมีขั้นตอนในการทำงานและอุปกรณ์อินพุต - เอาว์พุต มีมากทำให้มีพอร์ตใช้งานและหน่วยความจำโปรแกรมไม่เพียงพอ แก้โดยการขยายพอร์ตให้เพิ่มขึ้นโดยใช้ไอซีขยายพอร์ต 8255 และเพิ่มหน่วยประมวลผลอีกหนึ่งชุด

- การหาธนบัตรปลอมมาทดสอบหาได้ยาก เนื่องจากเป็นของผิดกฎหมายดังนั้นจึงหามาได้แค่ฉบับเดียว

- การรบกวนสัญญาณที่หน่วยประมวลผลอันเนื่องมาจากอุปกรณ์ที่มีขดลวด เช่นมอเตอร์ทำให้โปรแกรมทำงานผิดพลาด แก้โดยใช้วงจรกรองสัญญาณความถี่ที่รบกวนเพิ่มในวงจร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.3 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากขณะนี้ระบบการทำงานของตู้ขายบัตรเติมเงินนี้ค่อนข้างจะสมบูรณ์คือ สามารถเลือกได้หลายราคาและชนิดและรับทั้งธนบัตรและเหรียญ นอกเหนือจากนั้นยังสามารถทอนเงินส่วนที่เกินออกมาได้ แต่มีข้อจำกัดคือ เมื่อตกลงเลือกที่จะซื้อแล้วไม่สามารถที่จะยกเลิกได้จะต้องทำตามขั้นตอนจนจบและจะไม่คืนเงินถ้ายกเลิกกลางคัน

ดังนั้นจึงขอเสนอแนะให้เพิ่มการทำงานในส่วนนี้ ทางด้านการทำงานของโปรแกรมเข้าไปควบคุม ส่วนข้อเสนอแนะทางด้านการออกแบบชุดโครงสร้างสามารถดูได้จากวิธีการแก้ปัญหาที่กล่าวมาแล้ว

สุดท้ายนี้ทีมงานผู้ออกแบบและสร้างหวังเป็นอย่างยิ่งว่า ตู้ขายบัตรเติมเงินโทรศัพท์มือถืออัตโนมัตินี้สามารถนำไปใช้อำนวยความสะดวกแก่สังคมและเป็นแนวทางในการศึกษา และพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

วรพจน์ กรแก้ววัฒนกุล ชัยวัฒน์ ลิ้มพรจิตรวิไล **เรียนรู้และปฏิบัติไมโครคอนโทรลเลอร์** พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพ: บริษัทอินโนเวตีฟ เอ็กพอริเมนต์ จำกัด

รองศาสตราจารย์ สมยศ จุณณะปิยะ **การประยุกต์ใช้งานไมโครคอลโทรลเลอร์ ตระกูล MCS – 51** พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ธนาคารแห่งประเทศไทย http://www.bot.or.th/

กรมธนารักษ์ http://www.treasury.go.th

ธนาคารไทยพาณิชย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 4 Kbytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
  - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-Level Program Memory Lock
- 128 x 8-Bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Two 16-Bit Timer/Counters
- Six Interrupt Sources
- Programmable Serial Channel
- Low Power Idle and Power Down Modes

8-Bit Microcontroller with 4 Kbytes Flash

Description

The AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4 Kbytes of Flash Programmable and Erasable Read Only Memory (PEROM). The device is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology and is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set and pinout. The on-chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

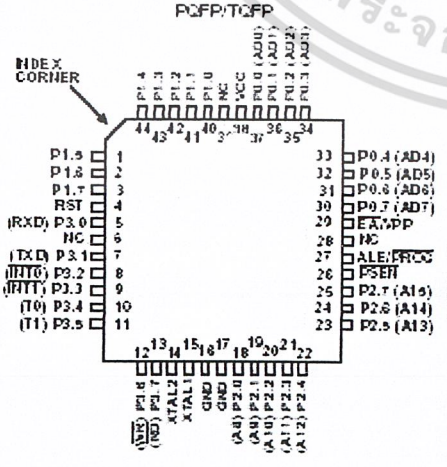
The AT89C51 provides the following standard features: 4 Kbytes of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit timer/counters, a five vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator and clock circuitry. In addition, the AT89C51 is

(continued)

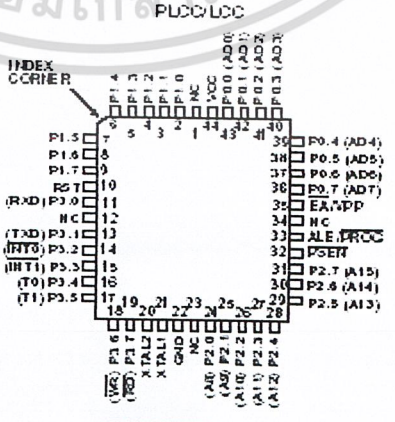
Pin Configurations

PDIP/CerDIP

PQFP/TQFP



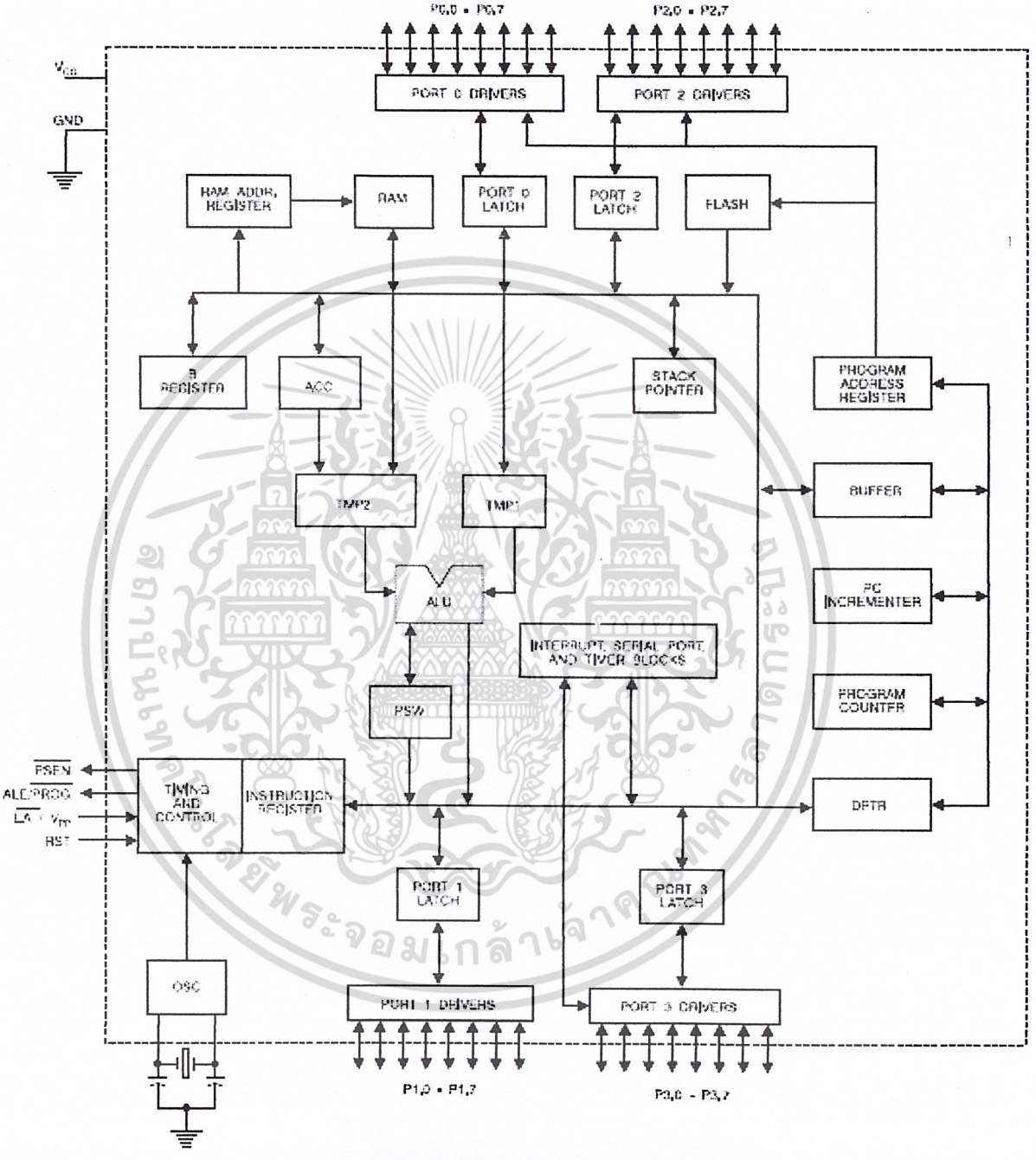
PLCC/LCC



0062E

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Block Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Description (Continued)

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier and input to the internal clock operating circuit

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

Oscillator Characteristics

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. To drive the device from an external clock source, XTAL2 should be left unconnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum voltage high and low time specifications must be observed.

Idle Mode

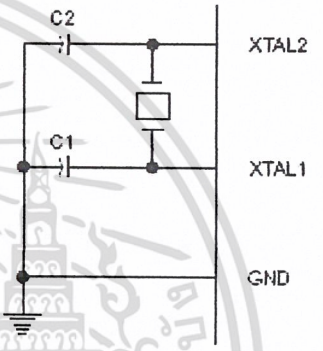
In idle mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-chip peripherals remain active. The mode is invoked by software. The content of the on-chip RAM and all the special functions registers remain unchanged during this mode. The idle mode can be terminated by any enabled interrupt or by a hardware reset.

It should be noted that when idle is terminated by a hardware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

Power Down Mode

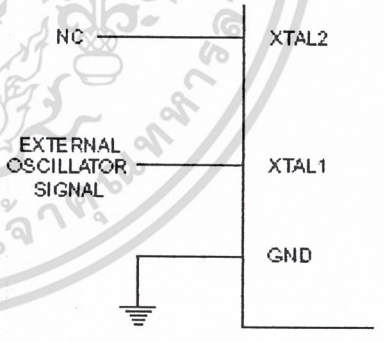
In the power down mode the oscillator is stopped, and the instruction that invokes power down is the last instruction executed. The on-chip RAM and Special Function Registers retain their values until the power down mode is terminated. The only exit from power down is a hardware reset. Reset redefines the SFRs but does not change the on-chip RAM. The reset should not be activated before V_{CC} is restored to its normal operating level and must be held active long enough to allow the oscillator to restart and stabilize.

Figure 1. Oscillator Connections



Notes: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 2. External Clock Drive Configuration



Status of External Pins During Idle and Power Down

Mode	Program Memory	ALE	$\overline{PSEN}$	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
Idle	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
Idle	External	1	1	Float	Data	Address	Data
Power Down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
Power Down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Figure 3. Programming the Flash

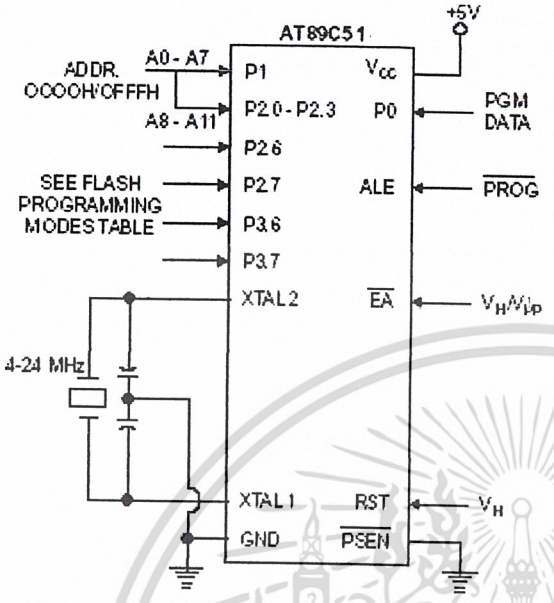
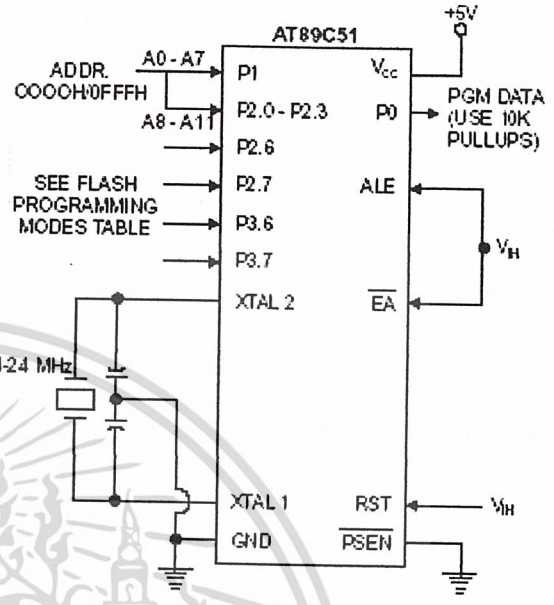


Figure 4. Verifying the Flash



Flash Programming and Verification Characteristics

T_A = 21°C to 27°C, V_{CC} = 5.0 ± 10%

Symbol	Parameter	Min	Max	Units
V_{PP}[1]	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
I_{PP}[1]	Programming Enable Current		1.0	mA
$1/t_{CLCL}$	Oscillator Frequency	4	24	MHz
t_{AVGL}	Address Setup to $\overline{PROG}$ Low	48t_{CLCL}		
t_{GHAX}	Address Hold After $\overline{PROG}$	48t_{CLCL}		
t_{DVGL}	Data Setup to $\overline{PROG}$ Low	48t_{CLCL}		
t_{GHDX}	Data Hold After $\overline{PROG}$	48t_{CLCL}		
t_{EHSH}	P2.7 ($\overline{ENABLE}$) High to V_{PP}	48tCLCL		
t_{SHGL}	V_{PP} Setup to $\overline{PROG}$ Low	10		µs
t_{GHSL}[1]	V_{PP} Hold After $\overline{PROG}$	10		µs
t_{GLGH}	$\overline{PROG}$ Width	1	110	µs
t_{AVQV}	Address to Data Valid		48tCLCL	
t_{ELQV}	$\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid		48t_{CLCL}	
t_{EHQV}	Data Float After $\overline{ENABLE}$	0	48t_{CLCL}	
t_{GHBL}	$\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low		1.0	µs
t_{WC}	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

Note: 1. Only used in 12-volt programming mode.

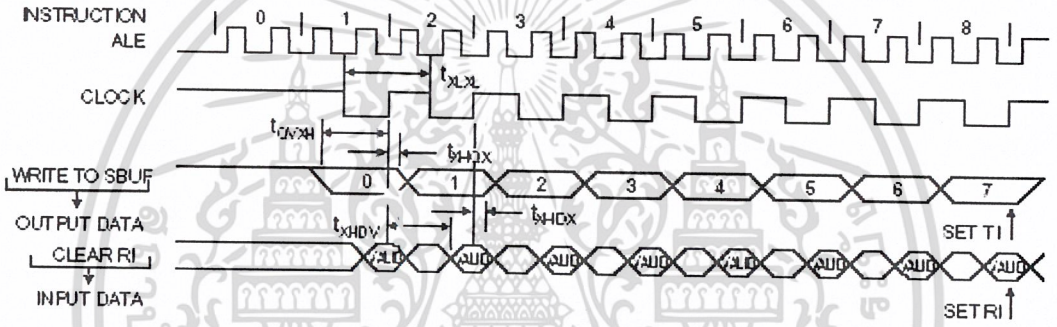
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Serial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

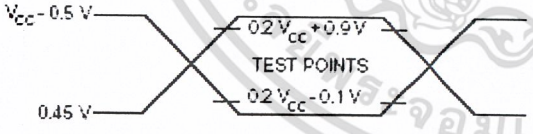
(V_{CC} = 5.0 V ± 20%; Load Capacitance = 80 pF)

Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		µs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}$-133		ns
t_{XHQX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}$-33		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}$-133	ns

Shift Register Mode Timing Waveforms

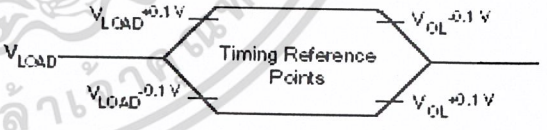


AC Testing Input/Output Waveforms[1]



Note: 1. AC Inputs during testing are driven at V_{CC} - 0.5 V for a logic 1 and 0.45 V for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

Float Waveforms[1]



Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when a 100 mV change from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

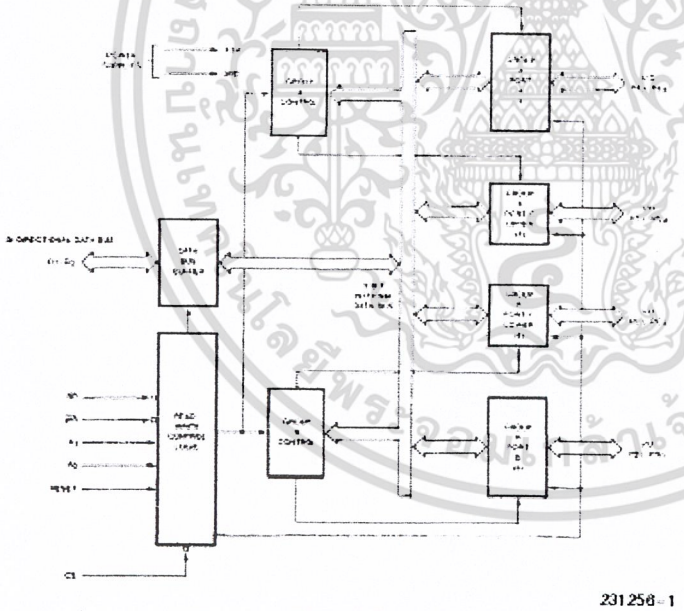
82C55A
CHMOS PROGRAMMABLE PERIPHERAL INTERFACE

- Compatible with all Intel and Most Other Microprocessors
- High Speed, "Zero Wait State" Operation with 8 MHz 8086/88 and 80186/188
- 24 Programmable I/O Pins
- Low Power CHMOS
- Completely TTL Compatible
- Control Word Read-Back Capability
- Direct Bit Set/Reset Capability
- 2.5 mA DC Drive Capability on all I/O Port Outputs
- Available in 40-Pin DIP and 44-Pin PLCC
- Available in EXPRESS
  - — Standard Temperature Range
  - — Extended Temperature Range

The Intel 82C55A is a high-performance, CHMOS version of the industry standard 8255A general purpose programmable I/O device which is designed for use with all Intel and most other microprocessors. It provides 24 I/O pins which may be individually programmed in 2 groups of 12 and used in 3 major modes of operation. The 82C55A is pin compatible with the NMOS 8255A and 8255A-5.

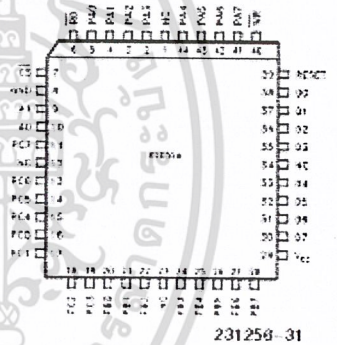
In MODE 0, each group of 12 I/O pins may be programmed in sets of 4 and 8 to be inputs or outputs. In MODE 1, each group may be programmed to have 8 lines of input or output. 3 of the remaining 4 pins are used for handshaking and interrupt control signals. MODE 2 is a strobed bi-directional bus configuration.

The 82C55A is fabricated on Intel's advanced CHMOS III technology which provides low power consumption with performance equal to or greater than the equivalent NMOS product. The 82C55A is available in 40-pin DIP and 44-pin plastic leaded chip carrier (PLCC) packages.

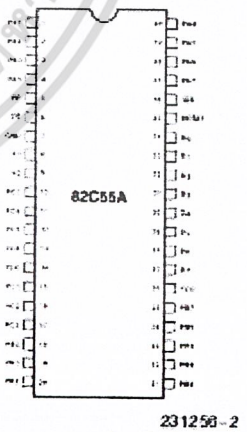


231256-1

Figure 1. 82C55A Block Diagram



231256-31



231256-2

Figure 2. 82C55A Pinout

Diagrams are for pin reference only. Package sizes are not to scale.

October 1995

Order Number: 231256-004

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1. Pin Description

Symbol	Pin Number Dip	Pin Number PLCC	Type	Name and Function
PA_{3-0}	1–4	2–5	I/O	**PORT A, PINS 0–3:** Lower nibble of an 8-bit data output latch/ buffer and an 8-bit data input latch.
$\overline{RD}$	5	6	I	**READ CONTROL:** This input is low during CPU read operations.
$\overline{CS}$	6	7	I	**CHIP SELECT:** A low on this input enables the 82C55A to respond to $\overline{RD}$ and $\overline{WR}$ signals. $\overline{RD}$ and WR are ignored otherwise.
GND	7	8		**System Ground**
A_{1-0}	8–9	9–10	I	**ADDRESS:** These input signals, in conjunction $\overline{RD}$ and $\overline{WR}$, control the selection of one of the three ports or the control word registers.

A_1	A_0	$\overline{RD}$	$\overline{WR}$	$\overline{CS}$	Input Operation (Read)
0	0	0	1	0	Port A - Data Bus
0	1	0	1	0	Port B - Data Bus
1	0	0	1	0	Port C - Data Bus
1	1	0	1	0	Control Word - Data Bus
					Output Operation (Write)
0	0	1	0	0	Data Bus - Port A
0	1	1	0	0	Data Bus - Port B
1	0	1	0	0	Data Bus - Port C
1	1	1	0	0	Data Bus - Control
					Disable Function
X	X	X	X	1	Data Bus - 3 - State
X	X	1	1	0	Data Bus - 3 - State

PC_{7-4}	10–13	11,13–15	I/O	**PORT C, PINS 4–7:** Upper nibble of an 8-bit data output latch/ buffer and an 8-bit data input buffer (no latch for input). This port can be divided into two 4-bit ports under the mode control. Each 4-bit port contains a 4-bit latch and it can be used for the control signal outputs and status signal inputs in conjunction with ports A and B.
PC_{0-3}	14–17	16–19	I/O	**PORT C, PINS 0–3:** Lower nibble of Port C.
PB_{0-7}	18–25	20–22, 24–28	I/O	**PORT B, PINS 0–7:** An 8-bit data output latch/ buffer and an 8-bit data input buffer.
V_{CC}	26	29		**SYSTEM POWER:** + 5V Power Supply.
D_{7-0}	27–34	30–33, 35–38	I/O	**DATA BUS:** Bi-directional, tri-state data bus lines, connected to system data bus.
RESET	35	39	I	**RESET:** A high on this input clears the control register and all ports are set to the input mode.
$\overline{WR}$	36	40	I	**WRITE CONTROL:** This input is low during CPU write operations.
PA_{7-4}	37–40	41–44	I/O	**PORT A, PINS 4–7:** Upper nibble of an 8-bit data output latch/ buffer and an 8-bit data input latch.
NC		1, 12, 23, 34		No Connect

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

82C55A FUNCTIONAL DESCRIPTION

General

The 82C55A is a programmable peripheral interface device designed for use in Intel microcomputer systems. Its function is that of a general purpose I/O component to interface peripheral equipment to the microcomputer system bus. The functional configuration of the 82C55A is programmed by the system software so that normally no external logic is necessary to interface peripheral devices or structures.

Data Bus Buffer

This 3-state bidirectional 8-bit buffer is used to interface the 82C55A to the system data bus. Data is transmitted or received by the buffer upon execution of input or output instructions by the CPU. Control words and status information are also transferred through the data bus buffer.

Read/Write and Control Logic

The function of this block is to manage all of the internal and external transfers of both Data and Control or Status words. It accepts inputs from the CPU Address and Control busses and in turn, issues commands to both of the Control Groups.

Group A and Group B Controls

The functional configuration of each port is programmed by the systems software. In essence, the CPU "outputs" a control word to the 82C55A. The control word contains information such as "mode", "bit set", "bit reset", etc., that initializes the functional configuration of the 82C55A.

Each of the Control blocks (Group A and Group B) accepts "commands" from the Read/Write Control Logic, receives "control words" from the internal data bus and issues the proper commands to its associated ports.

Control Group A - Port A and Port C upper (C7–C4)
Control Group B - Port B and Port C lower (C3–C0)

The control word register can be both written and read as shown in the address decode table in the pin descriptions. Figure 6 shows the control word format for both Read and Write operations. When the control word is read, bit D7 will always be a logic "1", as this implies control word mode information.

Ports A, B, and C

The 82C55A contains three 8-bit ports (A, B, and C). All can be configured in a wide variety of functional characteristics by the system software but each has its own special features or "personality" to further enhance the power and flexibility of the 82C55A.

Port A. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit input latch buffer. Both "pull-up" and "pull-down" bus hold devices are present on Port A.

Port B. One 8-bit data input/output latch/buffer. Only "pull-up" bus hold devices are present on Port B.

Port C. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit data input buffer (no latch for input). This port can be divided into two 4-bit ports under the mode control. Each 4-bit port contains a 4-bit latch and it can be used for the control signal outputs and status signal inputs in conjunction with ports A and B. Only "pull-up" bus hold devices are present on Port C.

See Figure 4 for the bus-hold circuit configuration for Port A, B, and C.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

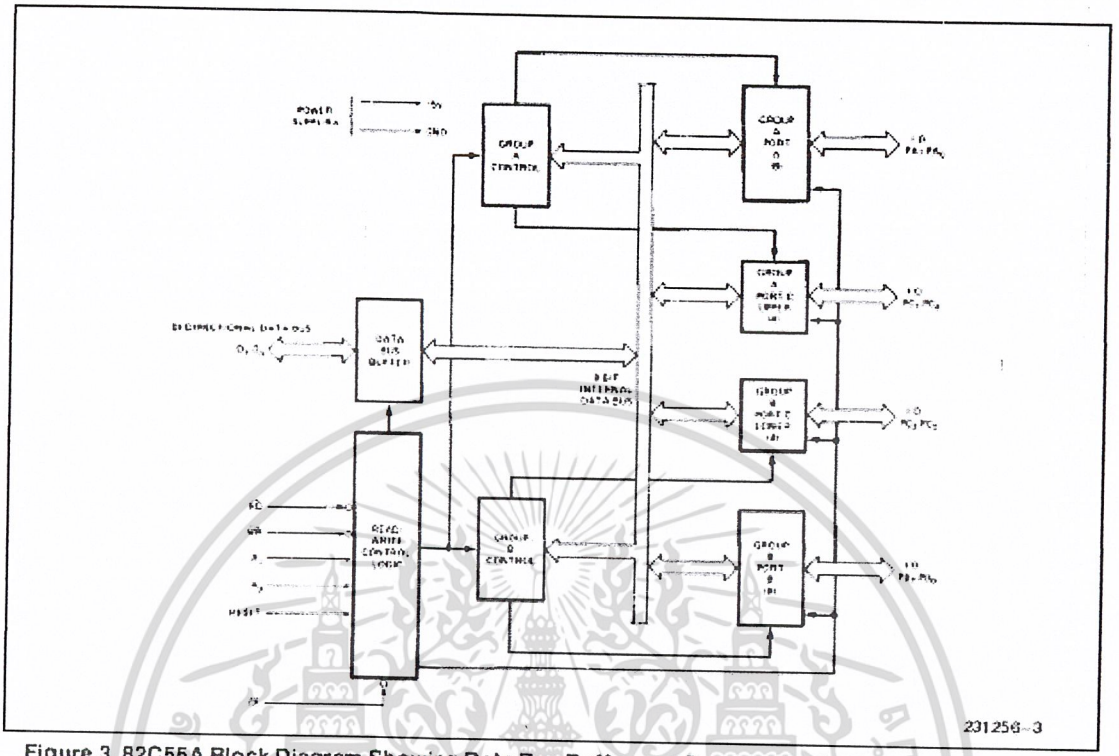
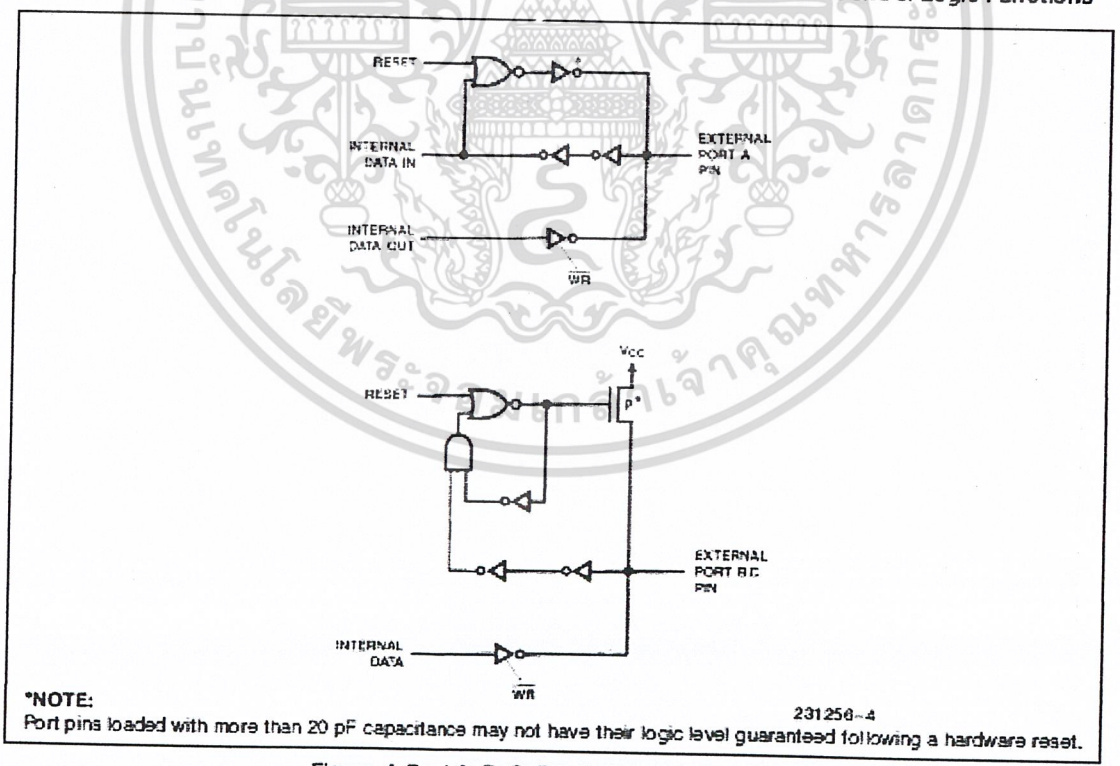


Figure 3. 82C55A Block Diagram Showing Data Bus Buffer and Read/Write Control Logic Functions



*NOTE:
Port pins loaded with more than 20 pF capacitance may not have their logic level guaranteed following a hardware reset.

Figure 4. Port A, B, C, Bus-hold Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

82C55A OPERATIONAL DESCRIPTION

Mode Selection

There are three basic modes of operation that can be selected by the system software:

Mode 0 — Basic input/output
Mode 1 — Strobed Input/output
Mode 2 — Bi-directional Bus

When the reset input goes "high" all ports will be set to the input mode with all 24 port lines held at a logic "one" level by the internal bus hold devices (see Figure 4 Note). After the reset is removed the 82C55A can remain in the input mode with no additional initialization required. This eliminates the need for pullup or pulldown devices in "all CMOS" designs. During the execution of the system program, any of the other modes may be selected by using a single output instruction. This allows a single 82C55A to service a variety of peripheral devices with a simple software maintenance routine.

The modes for Port A and Port B can be separately defined, while Port C is divided into two portions as required by the Port A and Port B definitions. All of the output registers, including the status flip-flops, will be reset whenever the mode is changed. Modes may be combined so that their functional definition can be "tailored" to almost any I/O structure. For instance; Group B can be programmed in Mode 0 to monitor simple switch closings or display computational results, Group A could be programmed in Mode 1 to monitor a keyboard or tape reader on an interrupt-driven basis.

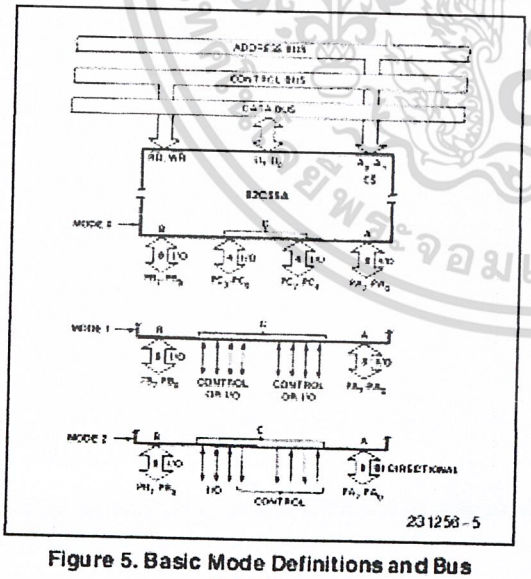


Figure 5. Basic Mode Definitions and Bus Interface

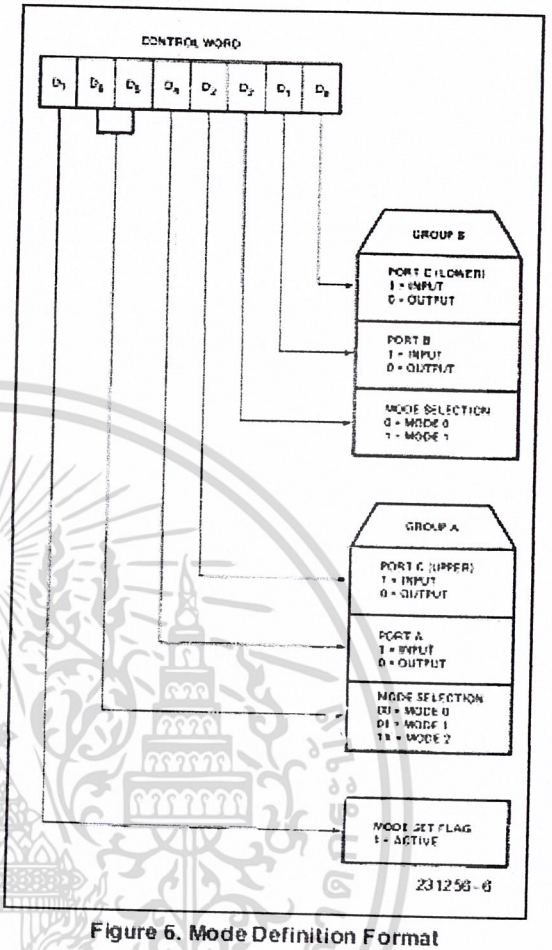


Figure 6. Mode Definition Format

The mode definitions and possible mode combinations may seem confusing at first but after a cursory review of the complete device operation a simple, logical I/O approach will surface. The design of the 82C55A has taken into account things such as efficient PC board layout, control signal definition vs PC layout and complete functional flexibility to support almost any peripheral device with no external logic. Such design represents the maximum use of the available pins.

Single Bit Set/Reset Feature

Any of the eight bits of Port C can be Set or Reset using a single OUTput instruction. This feature reduces software requirements in Control-based applications.

When Port C is being used as status/control for Port A or B, these bits can be set or reset by using the Bit Set/Reset operation just as if they were data output ports.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

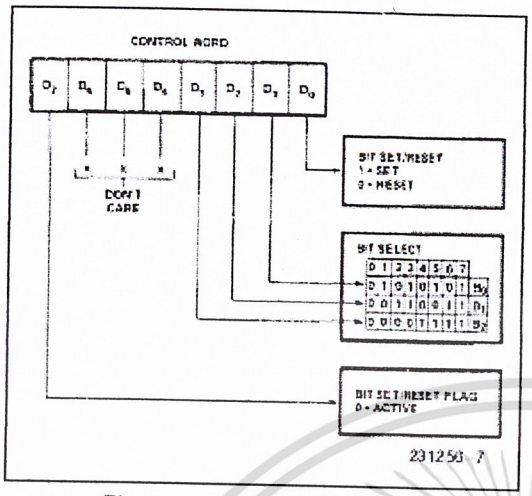


Figure 7. Bit Set/Reset Format

Interrupt Control Functions

When the 82C55A is programmed to operate in mode 1 or mode 2, control signals are provided that can be used as interrupt request inputs to the CPU. The interrupt request signals, generated from port C, can be inhibited or enabled by setting or resetting the associated INTE flip-flop, using the bit set/reset function of port C.

This function allows the Programmer to disallow or allow a specific I/O device to interrupt the CPU without affecting any other device in the interrupt structure.

INTE flip-flop definition:

(BIT-SET)—INTE is SET—Interrupt enable
(BIT-RESET)—INTE is RESET—Interrupt disable

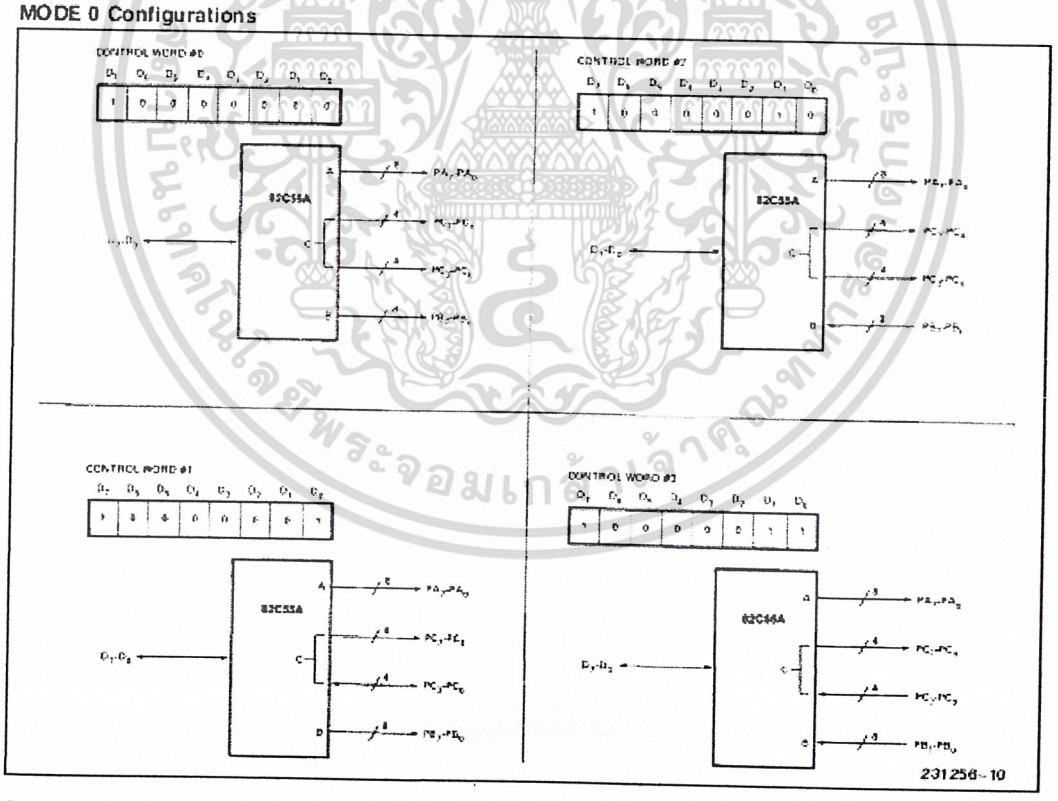
Note:
All Mask flip-flops are automatically reset during mode selection and device Reset.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODE 0 Port Definition

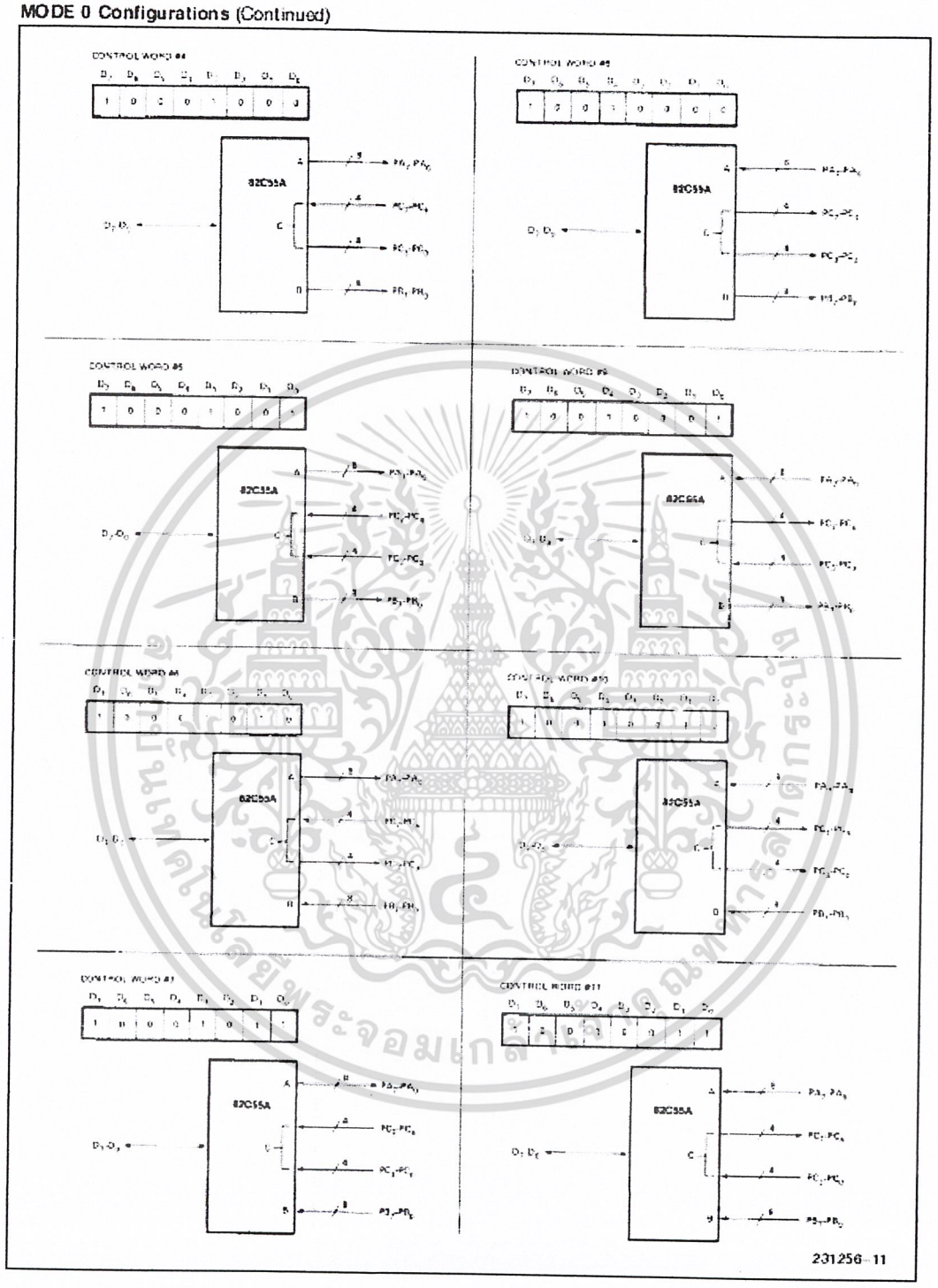
A		B		GROUP A			GROUP B	
D_4	D_3	D_1	D_0	PORT A	PORT C (UPPER)	#	PORT B	PORT C (LOWER)
0	0	0	0	OUTPUT	OUTPUT	0	OUTPUT	OUTPUT
0	0	0	1	OUTPUT	OUTPUT	1	OUTPUT	INPUT
0	0	1	0	OUTPUT	OUTPUT	2	INPUT	OUTPUT
0	0	1	1	OUTPUT	OUTPUT	3	INPUT	INPUT
0	1	0	0	OUTPUT	INPUT	4	OUTPUT	OUTPUT
0	1	0	1	OUTPUT	INPUT	5	OUTPUT	INPUT
0	1	1	0	OUTPUT	INPUT	6	INPUT	OUTPUT
0	1	1	1	OUTPUT	INPUT	7	INPUT	INPUT
1	0	0	0	INPUT	OUTPUT	8	OUTPUT	OUTPUT
1	0	0	1	INPUT	OUTPUT	9	OUTPUT	INPUT
1	0	1	0	INPUT	OUTPUT	10	INPUT	OUTPUT
1	0	1	1	INPUT	OUTPUT	11	INPUT	INPUT
1	1	0	0	INPUT	INPUT	12	OUTPUT	OUTPUT
1	1	0	1	INPUT	INPUT	13	OUTPUT	INPUT
1	1	1	0	INPUT	INPUT	14	INPUT	OUTPUT
1	1	1	1	INPUT	INPUT	15	INPUT	INPUT

MODE 0 Configurations



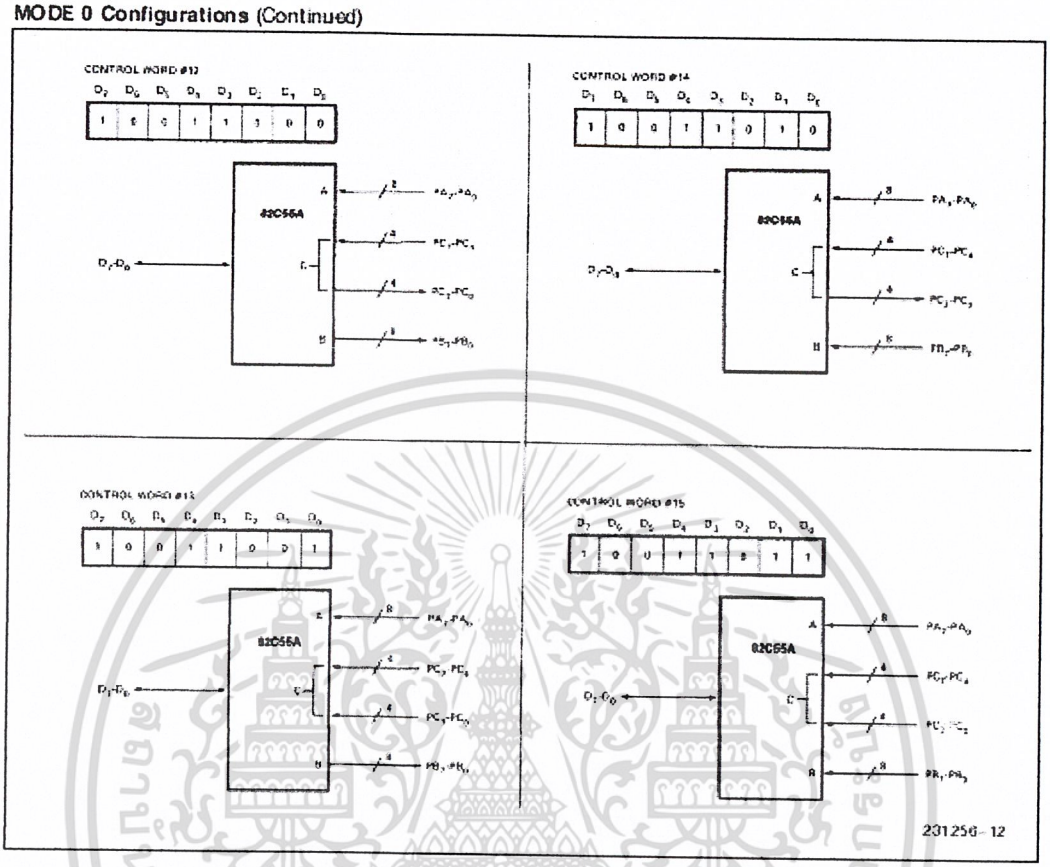
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODE 0 Configurations (Continued)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODE 0 Configurations (Continued)



Operating Modes

MODE 1 (Strobed Input/Output). This functional configuration provides a means for transferring I/O data to or from a specified port in conjunction with strobes or "handshaking" signals. In mode 1, Port A and Port B use the lines on Port C to generate or accept these "handshaking" signals.

Mode 1 Basic functional Definitions:

- Two Groups (Group A and Group B).
- Each group contains one 8-bit data port and one 4-bit control/data port.
- The 8-bit data port can be either input or output Both inputs and outputs are latched.
- The 4-bit port is used for control and status of the 8-bit data port.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mode Definition Summary

	MODE 0		MODE 1		MODE 2
	IN	OUT	IN	OUT	GROUP A ONLY
PA_0	IN	OUT	IN	OUT	⟷
PA_1	IN	OUT	IN	OUT	⟷
PA_2	IN	OUT	IN	OUT	⟷
PA_3	IN	OUT	IN	OUT	⟷
PA_4	IN	OUT	IN	OUT	⟷
PA_5	IN	OUT	IN	OUT	⟷
PA_6	IN	OUT	IN	OUT	⟷
PA_7	IN	OUT	IN	OUT	⟷
PB_0	IN	OUT	IN	OUT	—
PB_1	IN	OUT	IN	OUT	—
PB_2	IN	OUT	IN	OUT	—
PB_3	IN	OUT	IN	OUT	—
PB_4	IN	OUT	IN	OUT	—
PB_5	IN	OUT	IN	OUT	—
PB_6	IN	OUT	IN	OUT	—
PB_7	IN	OUT	IN	OUT	—
PC_0	IN	OUT	$INTR_B$	$INTR_B$	I/O
PC_1	IN	OUT	$\overline{IBF_B}$	$\overline{OBF_B}$	I/O
PC_2	IN	OUT	$\overline{STB_B}$	$\overline{ACK_B}$	I/O
PC_3	IN	OUT	$INTR_A$	$INTR_A$	$INTR_A$
PC_4	IN	OUT	$\overline{STB_A}$	I/O	$\overline{STB_A}$
PC_5	IN	OUT	IBF_A	I/O	IBF_A
PC_6	IN	OUT	I/O	$\overline{ACK_A}$	$\overline{ACK_A}$
PC_7	IN	OUT	I/O	$\overline{OBF_A}$	$\overline{OBF_A}$

MODE 0 OR MODE 1 ONLY

Special Mode Combination Considerations

There are several combinations of modes possible. For any combination, some or all of the Port C lines are used for control or status. The remaining bits are either inputs or outputs as defined by a "Set Mode" command.

During a read of Port C, the state of all the Port C lines, except the $\overline{ACK}$ and $\overline{STB}$ lines, will be placed on the data bus. In place of the $\overline{ACK}$ and $\overline{STB}$ line states, flag status will appear on the data bus in the PC2, PC4, and PC6 bit positions as illustrated by Figure 18.

Through a "Write Port C" command, only the Port C pins programmed as outputs in a Mode 0 group can be written. No other pins can be affected by a "Write Port C" command, nor can the interrupt enable flags be accessed. To write to any Port C output programmed as an output in a Mode 1 group or to change an interrupt enable flag, the "Set/Reset Port C Bit" command must be used.

With a "Set/Reset Port C Bit" command, any Port C line programmed as an output (including INTR, IBF and $\overline{OBF}$) can be written, or an interrupt enable flag can be either set or reset. Port C lines programmed as inputs, including $\overline{ACK}$ and $\overline{STB}$ lines, associated with Port C are not affected by a "Set/Reset Port C Bit" command. Writing to the corresponding Port C bit positions of the $\overline{ACK}$ and $\overline{STB}$ lines with the "Set/Reset Port C Bit" command will affect the Group A and Group B interrupt enable flags, as illustrated in Figure 18.

Current Drive Capability

Any output on Port A, B or C can sink or source 2.5 mA. This feature allows the 82C55A to directly drive Darlington type drivers and high-voltage displays that require such sink or source current.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Reading Port C Status

In Mode 0, Port C transfers data to or from the peripheral device. When the 82C55A is programmed to function in Modes 1 or 2, Port C generates or accepts "hand-shaking" signals with the peripheral device. Reading the contents of Port C allows the programmer to test or verify the "status" of each peripheral device and change the program flow accordingly.

There is no special instruction to read the status information from Port C. A normal read operation of Port C is executed to perform this function.

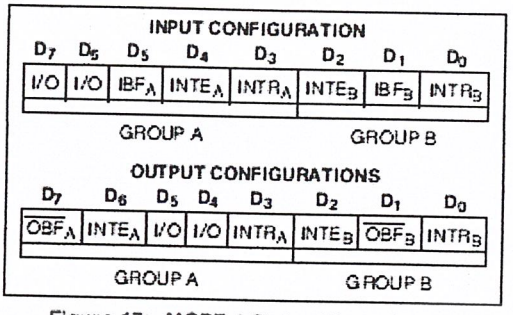


Figure 17a. MODE 1 Status Word Format

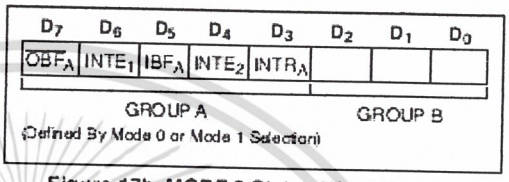


Figure 17b. MODE 2 Status Word Format

Interrupt Enable Flag	Position	Alternate Port C Pin Signal (Mode)
INTE B	PC2	$\overline{ACK}_B$ (Output Mode 1) or $\overline{STB}_B$ (Input Mode 1)
INTE A2	PC4	$\overline{STB}_A$ (Input Mode 1 or Mode 2)
INTE A1	PC6	$\overline{ACK}_A$ (Output Mode 1 or Mode 2

Figure 18. Interrupt Enable Flags in Modes 1 and 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor

November 1999

ADC0801/ADC0802/ADC0803/ADC0804/ADC0805
8-Bit µP Compatible A/D Converters

General Description

The ADC0801, ADC0802, ADC0803, ADC0804 and ADC0805 are CMOS 8-bit successive approximation A/D converters that use a differential potentiometric ladder—similar to the 256R products. These converters are designed to allow operation with the NSC800 and INS8080A derivative control bus with TRI-STATE output latches directly driving the data bus. These A/Ds appear like memory locations or I/O ports to the microprocessor and no interfacing logic is needed.

Differential analog voltage inputs allow increasing the common-mode rejection and offsetting the analog zero input voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

Features

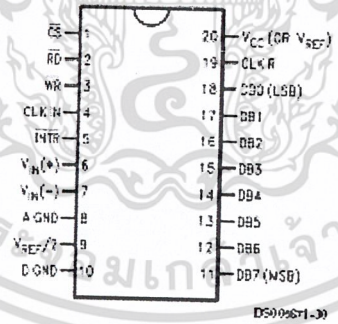
- Compatible with 8080 µP derivatives—no interfacing logic needed - access time - 135 ns
- Easy interface to all microprocessors, or operates "stand alone"
- Differential analog voltage inputs
- Logic inputs and outputs meet both MOS and TTL voltage level specifications
- Works with 2.5V (LM336) voltage reference
- On-chip clock generator
- 0V to 5V analog input voltage range with single 5V supply
- No zero adjust required
- 0.3" standard width 20-pin DIP package
- 20-pin molded chip carrier or small outline package
- Operates ratiometrically or with 5 V_{DC}, 2.5 V_{DC}, or analog span adjusted voltage reference

Key Specifications

■ Resolution	8 bits
■ Total error	±¼ LSB, ±½ LSB and ±1 LSB
■ Conversion time	100 µs

Connection Diagram

ADC080X
Dual-In-Line and Small Outline (SO) Packages



DS005671-30

See Ordering Information

Ordering Information

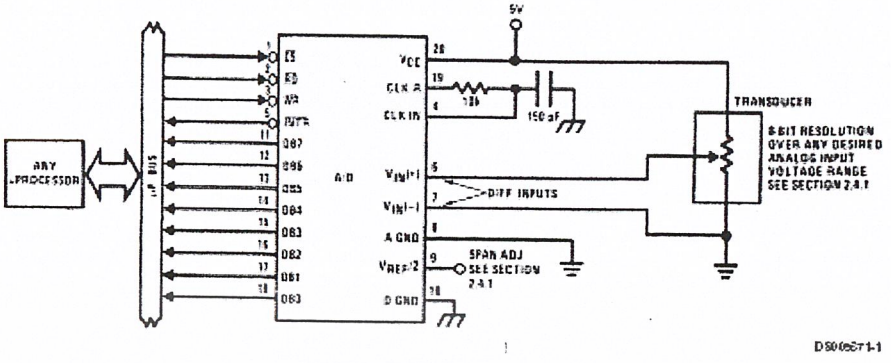
TEMP RANGE		0°C TO 70°C	0°C TO 70°C	−40°C TO +85°C
ERROR	±¼ Bit Adjusted			ADC0801LCN
	±½ Bit Unadjusted	ADC0802LCWM		ADC0802LCN
	±½ Bit Adjusted			ADC0803LCN
	±1Bit Unadjusted	ADC0804LCWM	ADC0804LCN	ADC0805LCN/ADC0804LCJ
PACKAGE OUTLINE		M20B—Small Outline	N20A—Molded DIP	

Z-80® is a registered trademark of Zilog Corp.

© 2001 National Semiconductor Corporation

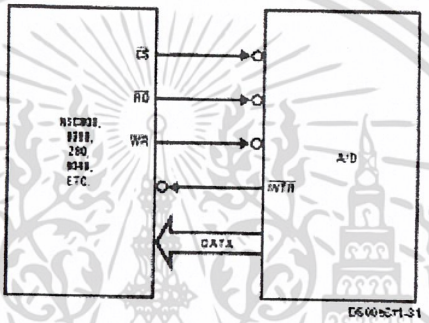
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Typical Applications



DS006571-1

8080 Interface



DS006571-31

Error Specification (Includes Full-Scale, Zero Error, and Non-Linearity)			
Part Number	Full-Scale Adjusted	$V_{REF}/2$=2.500 V_{DC} (No Adjustments)	$V_{REF}/2$=No Connection (No Adjustments)
ADC0801	±¼ LSB		
ADC0802		±½ LSB	
ADC0803	±½ LSB		
ADC0804		±1 LSB	
ADC0805			±1 LSB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

AC Electrical Characteristics (Continued)

Note 7: The $\overline{CS}$ input is assumed to bracket the $\overline{WR}$ strobe input and therefore timing is dependent on the $\overline{WR}$ pulse width. An arbitrarily wide pulse width will hold the converter in a reset mode and the start of conversion is initiated by the low to high transition of the $\overline{WR}$ pulse (see timing diagrams).

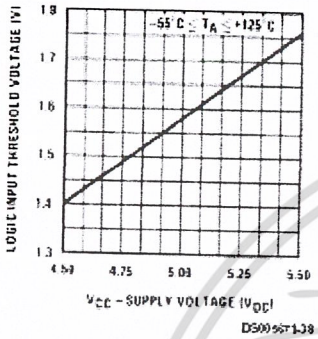
Note 8: None of these A/Ds requires a zero adjust (see section 2.5.1). To obtain zero code at other analog input voltages see section 2.5 and Figure 7.

Note 9: The $V_{REF}/2$ pin is the center point of a two-resistor divider connected from V_{CC} to ground. In all versions of the ADC0801, ADC0802, ADC0803, and ADC0805, and in the ADC0804LCJ, each resistor is typically 16 kΩ. In all versions of the ADC0804 except the ADC0804LCJ, each resistor is typically 2.2 kΩ.

Note 10: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

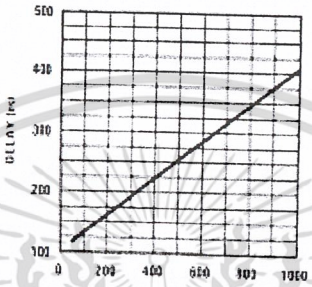
Typical Performance Characteristics

Logic Input Threshold Voltage vs. Supply Voltage



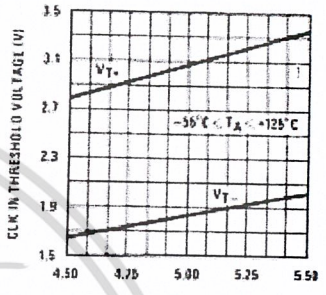
DS006671-38

Delay From Falling Edge of RD to Output Data Valid vs. Load Capacitance



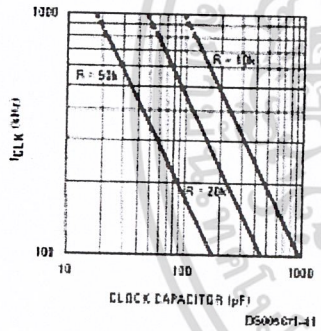
DS006671-39

CLK IN Schmitt Trip Levels vs. Supply Voltage



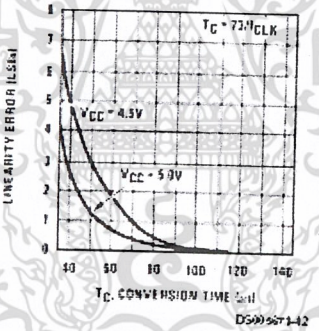
DS006671-40

f_{CLK} vs. Clock Capacitor



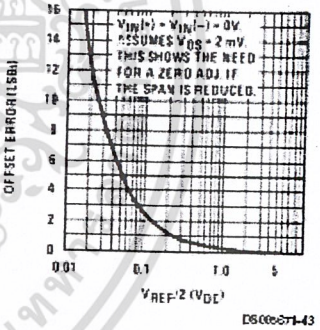
DS006671-41

Full-Scale Error vs Conversion Time



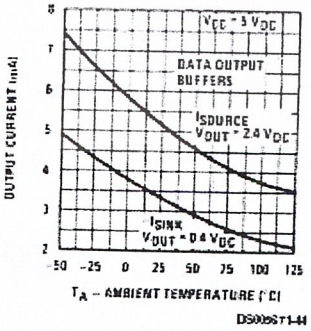
DS006671-42

Effect of Unadjusted Offset Error vs. $V_{REF}/2$ Voltage



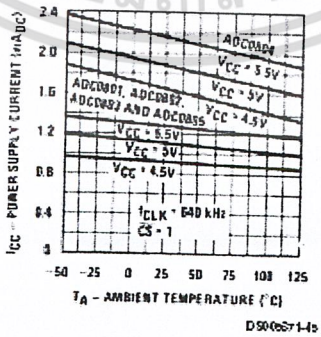
DS006671-43

Output Current vs Temperature



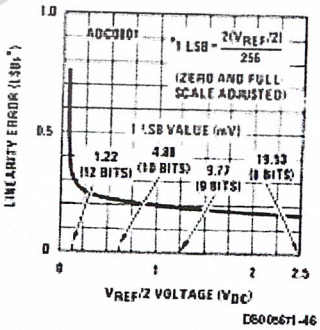
DS006671-44

Power Supply Current vs Temperature (Note 9)



DS006671-45

Linearity Error at Low $V_{REF}/2$ Voltages

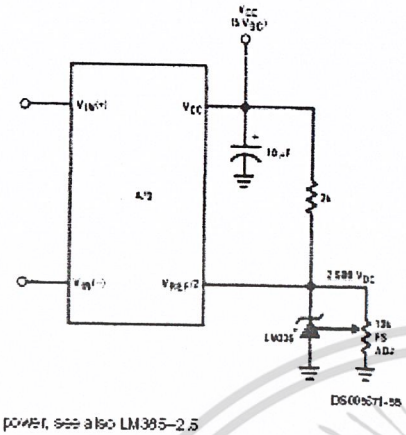


DS006671-46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

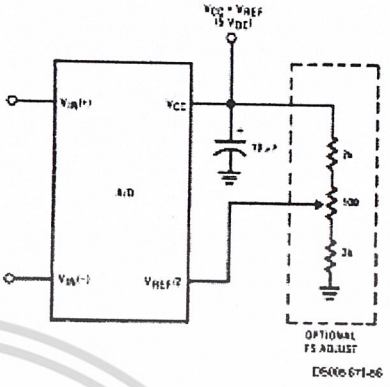
Typical Applications (Continued)

Absolute with a 2.500V Reference

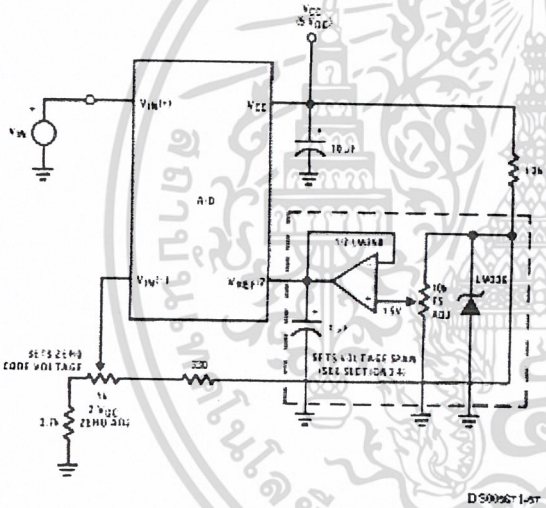


*For low power, see also LM385–2.5

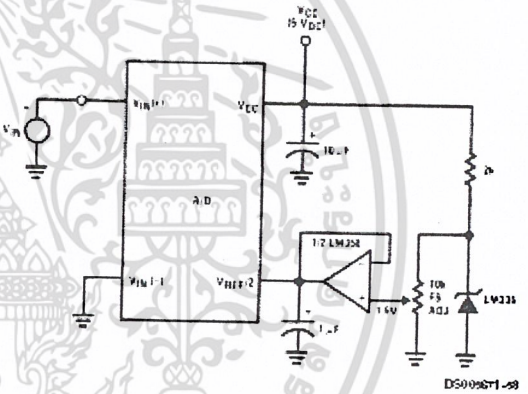
Absolute with a 5V Reference



Zero-Shift and Span Adjust: $2V \leq V_{IN} \leq 5V$



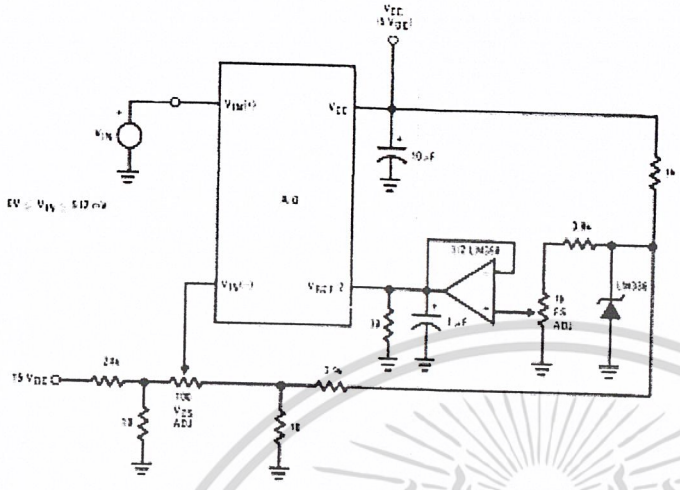
Span Adjust: $0V \leq V_{IN} \leq 3V$



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

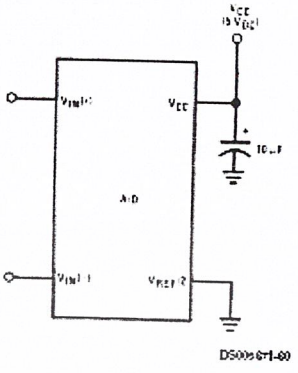
Typical Applications (Continued)

Directly Converting a Low-Level Signal



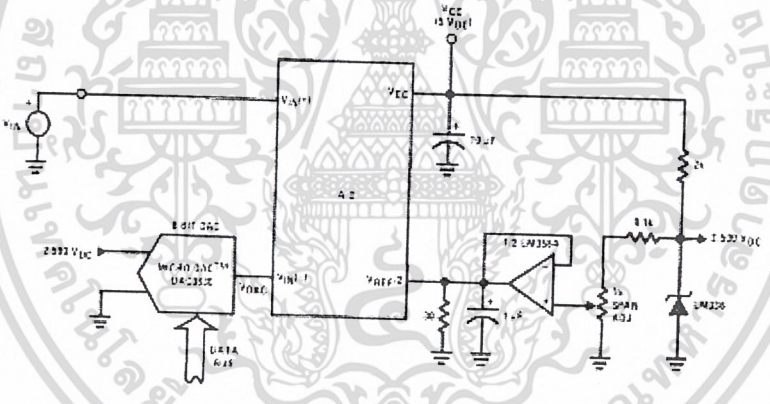
$V_{REF}/2 = 256$ mV

A µP Interfaced Comparator



For:
$V_{IN}(+) > V_{IN}(-)$
Output = FF_{HEX}
For:
$V_{IN}(+) < V_{IN}(-)$
Output = 00_{HEX}

1 mV Resolution with µP Controlled Range

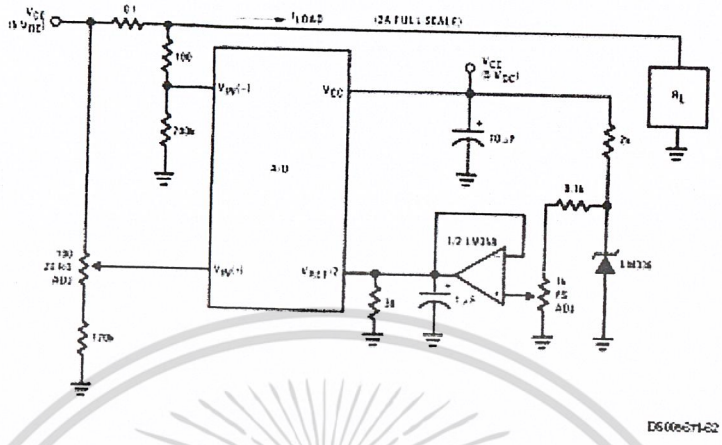


$V_{REF}/2 = 128$ mV
1 LSB = 1 mV
$V_{DAC} \leq V_{IN} \leq (V_{DAC} + 256$ mV)
$0 \leq V_{DAC} \leq 2.5$V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

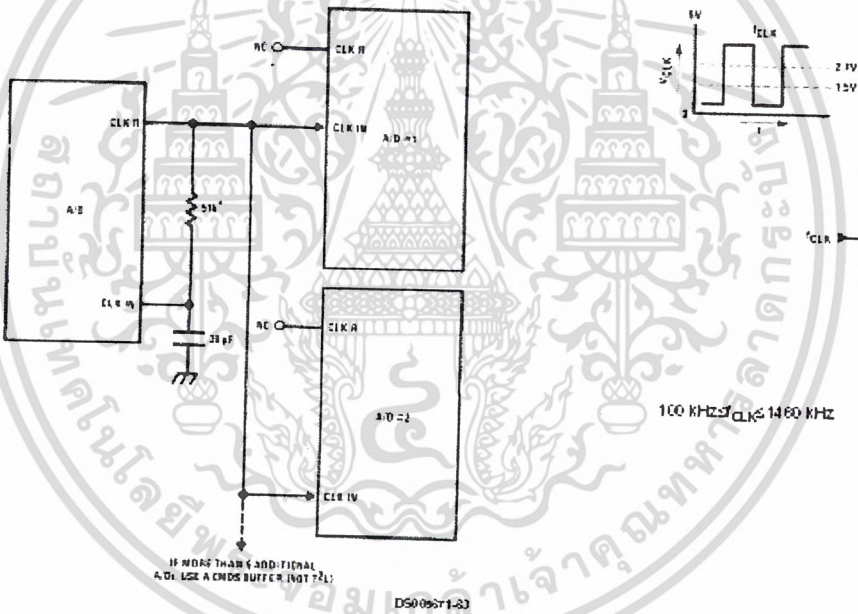
Typical Applications (Continued)

Digitizing a Current Flow



DS006671-62

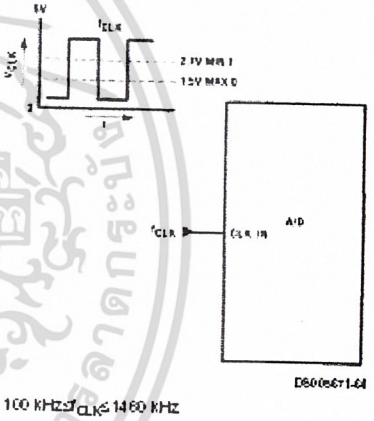
Self-Clocking Multiple A/Ds



DS006671-63

* Use a large R value to reduce loading at CLK R output.

External Clocking



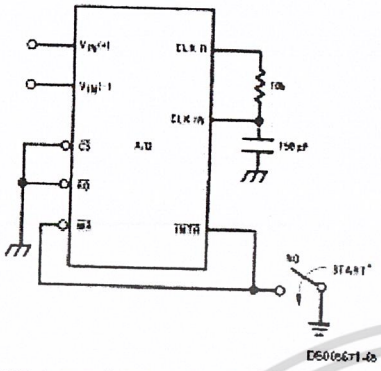
100 kHz ≤ f_{CLK} ≤ 1460 kHz

DS006671-64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

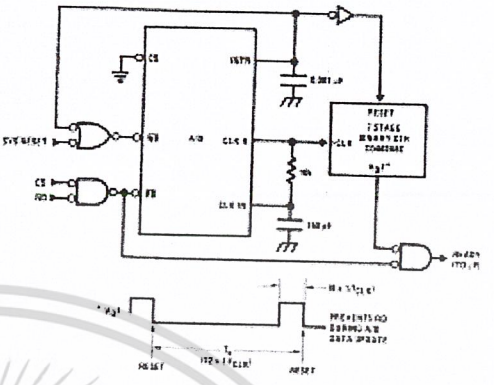
Typical Applications (Continued)

Self-Clocking in Free-Running Mode



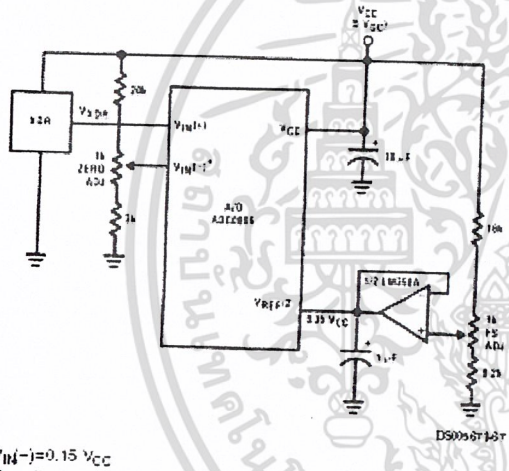
*After power-up, a momentary grounding of the $\overline{WR}$ input is needed to guarantee operation.

µP Interface for Free-Running A/D



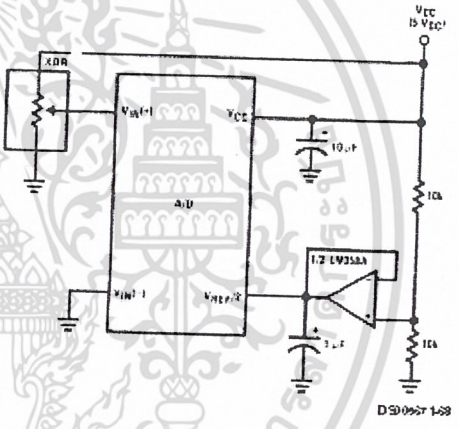
DS005671-66

Operating with "Automotive" Ratiometric Transducers



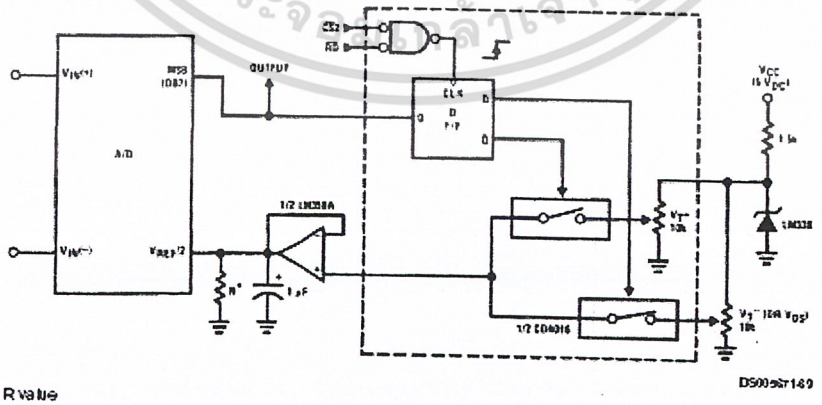
*$V_{IN}(-)=0.15\ V_{CC}$
15% of $V_{CC} \leq V_{XDR} \leq 85\%$ of V_{CC}

Ratiometric with $V_{REF}/2$ Forced



DS005671-68

µP Compatible Differential-Input Comparator with Pre-Set V_{OS} (with or without Hysteresis)

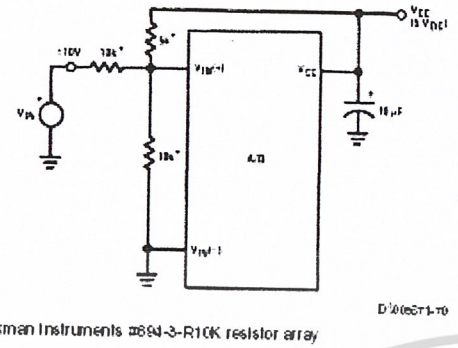


*See Figure 5 to select R value
DB7="1" for $V_{IN}(+) > V_{IN}(-)+(V_{REF}/2)$
Omit circuitry within the dotted area if hysteresis is not needed

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

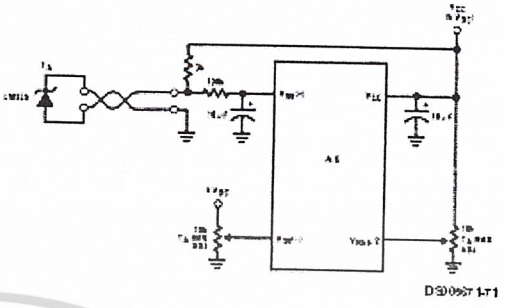
Typical Applications (Continued)

Handling ±10V Analog Inputs

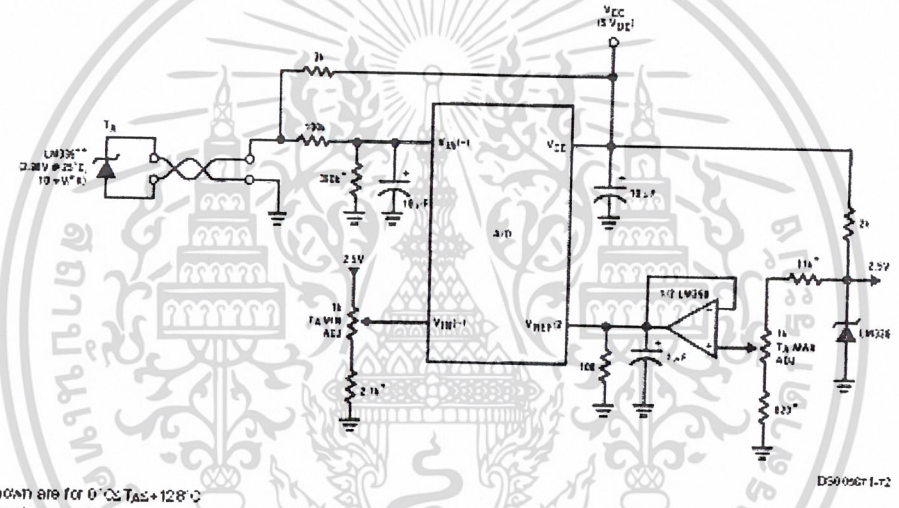


*Beckman Instruments #694-3-R10K resistor array

Low-Cost, µP Interfaced, Temperature-to-Digital Converter



µP Interfaced Temperature-to-Digital Converter

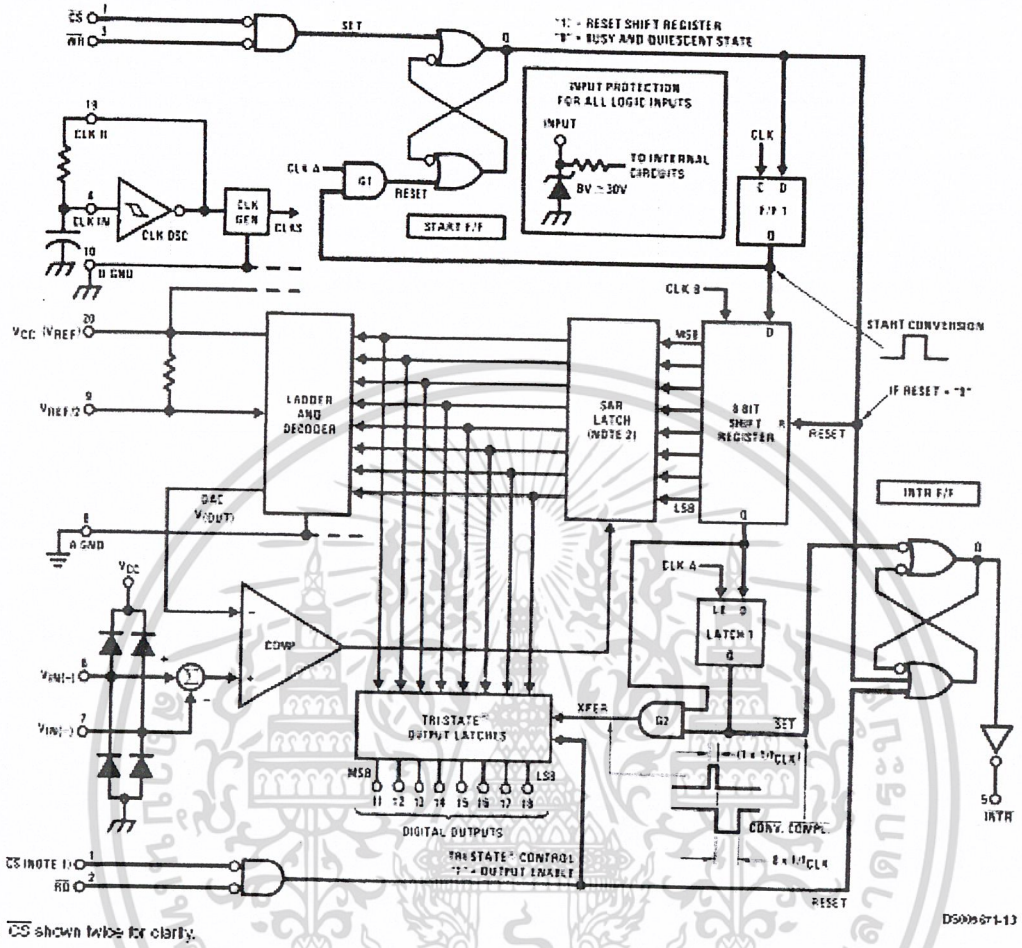


*Circuit values shown are for 0°C≤TA≤+128°C

** Can calibrate each sensor to allow easy replacement, then A/D can be calibrated with a pre-set input voltage.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)



Note 13: $\overline{CS}$ shown twice for clarity.

Note 14: SAR = Successive Approximation Register.

FIGURE 4. Block Diagram

After the "1" is clocked through the 8-bit shift register (which completes the SAR search) it appears as the input to the D-type latch, LATCH 1. As soon as this "1" is output from the shift register, the AND gate, G2, causes the new digital word to transfer to the TRI-STATE output latches. When LATCH 1 is subsequently enabled, the Q output makes a high-to-low transition which causes the INTR F/F to set. An inverting buffer then supplies the $\overline{INTR}$ input signal.

Note that this $\overline{SET}$ control of the INTR F/F remains low for 8 of the external clock periods (as the internal clocks run at 1/8 of the frequency of the external clock). If the data output is continuously enabled ($\overline{CS}$ and $\overline{RD}$ both held low), the $\overline{INTR}$ output will still signal the end of conversion (by a high-to-low transition), because the $\overline{SET}$ input can control the Q output of the INTR F/F even though the RESET input is constantly at a "1" level in this operating mode. This $\overline{INTR}$ output will therefore stay low for the duration of the $\overline{SET}$ signal, which is 8 periods of the external clock frequency (assuming the A/D is not started during this interval).

When operating in the free-running or continuous conversion mode ($\overline{INTR}$ pin tied to $\overline{WR}$ and $\overline{CS}$ wired low—see also section 2.8), the START F/F is SET by the high-to-low transition of the $\overline{INTR}$ signal. This resets the SHIFT REGISTER which causes the input to the D-type latch, LATCH 1, to go low. As the latch enable input is still present, the $\overline{Q}$ output will go high, which then allows the INTR F/F to be RESET. This reduces the width of the resulting $\overline{INTR}$ output pulse to only a few propagation delays (approximately 300 ns).

When data is to be read, the combination of both $\overline{CS}$ and $\overline{RD}$ being low will cause the INTR F/F to be reset and the TRI-STATE output latches will be enabled to provide the 8-bit digital outputs.

2.1 Digital Control Inputs

The digital control inputs ($\overline{CS}$, $\overline{RD}$, and $\overline{WR}$) meet standard T^2L logic voltage levels. These signals have been renamed when compared to the standard A/D Start and Output Enable labels. In addition, these inputs are active low to allow an easy interface to microprocessor control busses. For non-microprocessor based applications, the $\overline{CS}$ input (pin 1) can be grounded and the standard A/D Start function is obtained by an active low pulse applied at the $\overline{WR}$ input (pin 3) and the Output Enable function is caused by an active low pulse at the $\overline{RD}$ input (pin 2).

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)

2.2 Analog Differential Voltage Inputs and Common-Mode Rejection

This A/D has additional applications flexibility due to the analog differential voltage input. The $V_{IN}(-)$ input (pin 7) can be used to automatically subtract a fixed voltage value from the input reading (tare correction). This is also useful in 4 mA–20 mA current loop conversion. In addition, common-mode noise can be reduced by use of the differential input.

The time interval between sampling $V_{IN}(+)$ and $V_{IN}(-)$ is 4-½ clock periods. The maximum error voltage due to this slight time difference between the input voltage samples is given by:

$$\Delta V_e(MAX) = (V_P)(2\pi f_{cm})\left(\frac{4.5}{f_{CLK}}\right)$$

where:

ΔV_e is the error voltage due to sampling delay

V_P is the peak value of the common-mode voltage

f_{cm} is the common-mode frequency

As an example, to keep this error to ¼ LSB (~5 mV) when operating with a 60 Hz common-mode frequency, f_{cm}, and using a 640 kHz A/D clock, f_{CLK}, would allow a peak value of the common-mode voltage, V_P, which is given by:

$$V_P = \frac{[\Delta V_{e(MAX)}(f_{CLK})]}{(2\pi f_{cm})(4.5)}$$

or

$$V_P = \frac{(5 \times 10^{-3})(640 \times 10^3)}{(6.28)(60)(4.5)}$$

which gives

$V_P = 1.9V$.

The allowed range of analog input voltages usually places more severe restrictions on input common-mode noise levels.

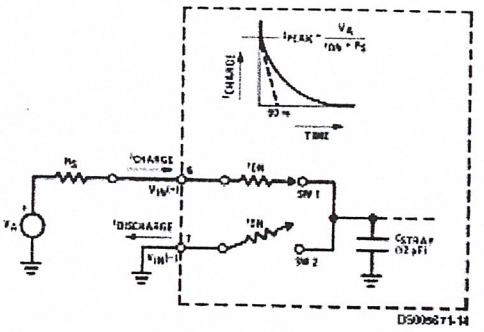
An analog input voltage with a reduced span and a relatively large zero offset can be handled easily by making use of the differential input (see section 2.4 Reference Voltage).

2.3 Analog Inputs

2.3 1 Input Current

Normal Mode

Due to the internal switching action, displacement currents will flow at the analog inputs. This is due to on-chip stray capacitance to ground as shown in *Figure 5*.



r_{ON} of SW 1 and SW 2 ≈ 5 kΩ

$\tau = r_{ON} C_{STRAY} \approx 5\ k\Omega \times 12\ pF = 60\ ns$

FIGURE 5. Analog Input Impedance

The voltage on this capacitance is switched and will result in currents entering the $V_{IN}(+)$ input pin and leaving the $V_{IN}(-)$ input which will depend on the analog differential input voltage levels. These current transients occur at the leading edge of the internal clocks. They rapidly decay and *do not cause errors* as the on-chip comparator is strobed at the end of the clock period.

Fault Mode

If the voltage source applied to the $V_{IN}(+)$ or $V_{IN}(-)$ pin exceeds the allowed operating range of V_{CC}+50 mV, large input currents can flow through a parasitic diode to the V_{CC} pin. If these currents can exceed the 1 mA max allowed spec, an external diode (1N914) should be added to bypass this current to the V_{CC} pin (with the current bypassed with this diode, the voltage at the $V_{IN}(+)$ pin can exceed the V_{CC} voltage by the forward voltage of this diode).

2.3.2 Input Bypass Capacitors

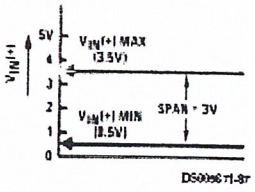
Bypass capacitors at the inputs will average these charges and cause a DC current to flow through the output resistances of the analog signal sources. This charge pumping action is worse for continuous conversions with the $V_{IN}(+)$ input voltage at full-scale. For continuous conversions with a 640 kHz clock frequency with the $V_{IN}(+)$ input at 5V, this DC current is at a maximum of approximately 5 µA. Therefore, *bypass capacitors should not be used at the analog inputs or the $V_{REF}/2$ pin* for high resistance sources (> 1 kΩ). If input bypass capacitors are necessary for noise filtering and high source resistance is desirable to minimize capacitor size, the detrimental effects of the voltage drop across this input resistance, which is due to the average value of the input current, can be eliminated with a full-scale adjustment while the given source resistor and input bypass capacitor are both in place. This is possible because the average value of the input current is a precise linear function of the differential input voltage.

2.3.3 Input Source Resistance

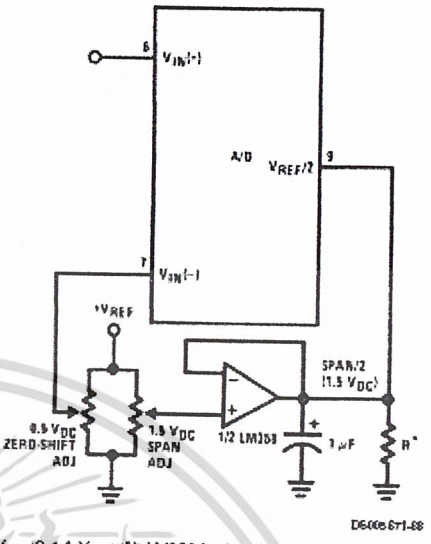
Large values of source resistance where an input bypass capacitor is not used, *will not cause errors* as the input currents settle out prior to the comparison time. If a low pass filter is required in the system, use a low valued series resistor (≤ 1 kΩ) for a passive RC section or add an op amp RC active low pass filter. For low source resistance applications, (≤ 1 kΩ), a 0.1 µF bypass capacitor at the inputs will prevent noise pickup due to series lead inductance of a long

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)



a) Analog Input Signal Example



*Add if $V_{REF}/2 \leq 1\ V_{DC}$ with LM358 to draw 3 mA to ground.

b) Accommodating an Analog Input from 0.5V (Digital Out = 00_{HEX}) to 3.5V (Digital Out=FF_{HEX})

FIGURE 7. Adapting the A/D Analog Input Voltages to Match an Arbitrary Input Signal Range

2.5 Errors and Reference Voltage Adjustments

2.5.1 Zero Error

The zero of the A/D does not require adjustment. If the minimum analog input voltage value, $V_{IN(MIN)}$, is not ground, a zero offset can be done. The converter can be made to output 0000 0000 digital code for this minimum input voltage by biasing the A/D $V_{IN}(-)$ input at this $V_{IN(MIN)}$ value (see Applications section). This utilizes the differential mode operation of the A/D.

The zero error of the A/D converter relates to the location of the first riser of the transfer function and can be measured by grounding the $V_{IN}(-)$ input and applying a small magnitude positive voltage to the $V_{IN}(+)$ input. Zero error is the difference between the actual DC input voltage that is necessary to just cause an output digital code transition from 0000 0000 to 0000 0001 and the ideal ½ LSB value (½ LSB = 9.8 mV for $V_{REF}/2 = 2.500\ V_{DC}$).

2.5.2 Full-Scale

The full-scale adjustment can be made by applying a differential input voltage that is 1½ LSB less than the desired analog full-scale voltage range and then adjusting the magnitude of the $V_{REF}/2$ input (pin 9 or the V_{CC} supply if pin 9 is not used) for a digital output code that is just changing from 1111 1110 to 1111 1111.

2.5.3 Adjusting for an Arbitrary Analog Input Voltage Range

If the analog zero voltage of the A/D is shifted away from ground (for example, to accommodate an analog input signal that does not go to ground) this new zero reference should be properly adjusted first. A $V_{IN}(+)$ voltage that equals this desired zero reference plus ½ LSB (where the LSB is calculated for the desired analog span, 1 LSB=analog span/256) is applied to pin 6 and the zero reference voltage at pin 7 should then be adjusted to just obtain the 00_{HEX} to 01_{HEX} code transition.

The full-scale adjustment should then be made (with the proper $V_{IN}(-)$ voltage applied) by forcing a voltage to the $V_{IN}(+)$ input which is given by:

$$V_{IN}(+)\text{fs adj} = V_{MAX} - 1.5\left[\frac{(V_{MAX} - V_{MIN})}{256}\right]$$

where:

V_{MAX}=The high end of the analog input range

and

V_{MIN}=the low end (the offset zero) of the analog range. (Both are ground referenced.)

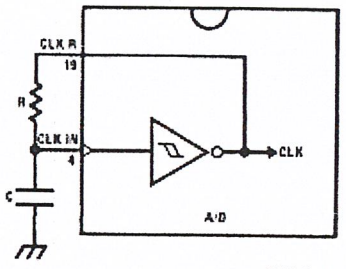
The $V_{REF}/2$ (or V_{CC}) voltage is then adjusted to provide a code change from FE_{HEX} to FF_{HEX}. This completes the adjustment procedure.

2.6 Clocking Option

The clock for the A/D can be derived from the CPU clock or an external RC can be added to provide self-clocking. The CLK IN (pin 4) makes use of a Schmitt trigger as shown in *Figure 8*.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Functional Description (Continued)



DS005671-17

$$f_{CLK} \cong \frac{1}{1.1\,RC}$$

$R \cong 10\ k\Omega$

FIGURE 8. Self-Clocking the A/D

Heavy capacitive or DC loading of the clock R pin should be avoided as this will disturb normal converter operation. Loads less than 50 pF, such as driving up to 7 A/D converter clock inputs from a single clock R pin of 1 converter, are allowed. For larger clock line loading, a CMOS or low power TTL buffer or PNP input logic should be used to minimize the loading on the clock R pin (do not use a standard TTL buffer).

2.7 Restart During a Conversion

If the A/D is restarted ($\overline{CS}$ and $\overline{WR}$ go low and return high) during a conversion, the converter is reset and a new conversion is started. The output data latch is not updated if the conversion in process is not allowed to be completed, therefore the data of the previous conversion remains in this latch. The $\overline{INTR}$ output simply remains at the "1" level.

2.8 Continuous Conversions

For operation in the free-running mode an initializing pulse should be used, following power-up, to ensure circuit operation. In this application, the $\overline{CS}$ input is grounded and the $\overline{WR}$ input is tied to the $\overline{INTR}$ output. This $\overline{WR}$ and $\overline{INTR}$ node should be momentarily forced to logic low following a power-up cycle to guarantee operation.

2.9 Driving the Data Bus

This MOS A/D, like MOS microprocessors and memories, will require a bus driver when the total capacitance of the data bus gets large. Other circuitry, which is tied to the data bus, will add to the total capacitive loading, even in TRI-STATE (high impedance mode). Backplane bussing also greatly adds to the stray capacitance of the data bus.

There are some alternatives available to the designer to handle this problem. Basically, the capacitive loading of the data bus slows down the response time, even though DC specifications are still met. For systems operating with a relatively slow CPU clock frequency, more time is available in which to establish proper logic levels on the bus and therefore higher capacitive loads can be driven (see typical characteristics curves).

At higher CPU clock frequencies time can be extended for I/O reads (and/or writes) by inserting wait states (8080) or using clock extending circuits (6800).

Finally, if time is short and capacitive loading is high, external bus drivers must be used. These can be TRI-STATE buffers (low power Schottky such as the DM74LS240 series is recommended) or special higher drive current products which are designed as bus drivers. High current bipolar bus drivers with PNP inputs are recommended.

2.10 Power Supplies

Noise spikes on the V_{CC} supply line can cause conversion errors as the comparator will respond to this noise. A low inductance tantalum filter capacitor should be used close to the converter V_{CC} pin and values of 1 µF or greater are recommended. If an unregulated voltage is available in the system, a separate LM340LAZ-5.0, TO-92, 5V voltage regulator for the converter (and other analog circuitry) will greatly reduce digital noise on the V_{CC} supply.

2.11 Wiring and Hook-Up Precautions

Standard digital wire wrap sockets are not satisfactory for breadboarding this A/D converter. Sockets on PC boards can be used and all logic signal wires and leads should be grouped and kept as far away as possible from the analog signal leads. Exposed leads to the analog inputs can cause undesired digital noise and hum pickup, therefore shielded leads may be necessary in many applications.

A single point analog ground that is separate from the logic ground points should be used. The power supply bypass capacitor and the self-clocking capacitor (if used) should both be returned to digital ground. Any $V_{REF}/2$ bypass capacitors, analog input filter capacitors, or input signal shielding should be returned to the analog ground point. A test for proper grounding is to measure the zero error of the A/D converter. Zero errors in excess of ¼ LSB can usually be traced to improper board layout and wiring (see section 2.5.1 for measuring the zero error).

3.0 TESTING THE A/D CONVERTER

There are many degrees of complexity associated with testing an A/D converter. One of the simplest tests is to apply a known analog input voltage to the converter and use LEDs to display the resulting digital output code as shown in *Figure 9*.

For ease of testing, the $V_{REF}/2$ (pin 9) should be supplied with 2.560 V_{DC} and a V_{CC} supply voltage of 5.12 V_{DC} should be used. This provides an LSB value of 20 mV.

If a full-scale adjustment is to be made, an analog input voltage of 5.090 V_{DC} (5.120–1½ LSB) should be applied to the $V_{IN}(+)$ pin with the $V_{IN}(-)$ pin grounded. The value of the $V_{REF}/2$ input voltage should then be adjusted until the digital output code is just changing from 1111 1110 to 1111 1111. This value of $V_{REF}/2$ should then be used for all the tests.

The digital output LED display can be decoded by dividing the 8 bits into 2 hex characters, the 4 most significant (MS) and the 4 least significant (LS). *Table 1* shows the fractional binary equivalent of these two 4-bit groups. By adding the voltages obtained from the "VMS" and "VLS" columns in *Table 1*, the nominal value of the digital display (when $V_{REF}/2$ = 2.560V) can be determined. For example, for an output LED display of 1011 0110 or B6 (in hex), the voltage values from the table are 3.520 + 0.120 or 3.640 V_{DC}. These voltage values represent the center-values of a perfect A/D converter. The effects of quantization error have to be accounted for in the interpretation of the test results.

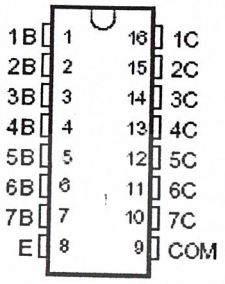
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SLRS027 – D2624, DECEMBER 1976 – REVISED APRIL 1993

HIGH-VOLTAGE HIGH-CURRENT DARLINGTON TRANSISTOR ARRAYS

- 500-mA Rated Collector Current (Single Output)
- High-Voltage Outputs . . . 50 V
- Output Clamp Diodes
- Inputs Compatible With Various Types of Logic
- Relay Driver Applications
- Designed to Be Interchangeable With Sprague ULN2001A Series

D OR N PACKAGE
(TOP VIEW)

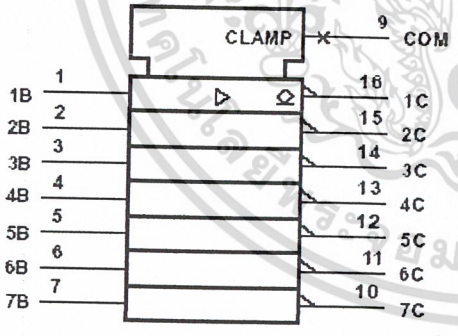


description

The ULN2001A, ULN2002A, ULN2003A, and ULN2004A are monolithic high-voltage, high-current Darlington transistor arrays. Each consists of seven npn Darlington pairs that feature high-voltage outputs with common-cathode clamp diodes for switching inductive loads. The collector-current rating of a single Darlington pair is 500 mA. The Darlington pairs may be paralleled for higher current capability. Applications include relay drivers, hammer drivers, lamp drivers, display drivers (LED and gas discharge), line drivers, and logic buffers. For 100-V (otherwise interchangeable) versions, see the SN75465 through SN75469.

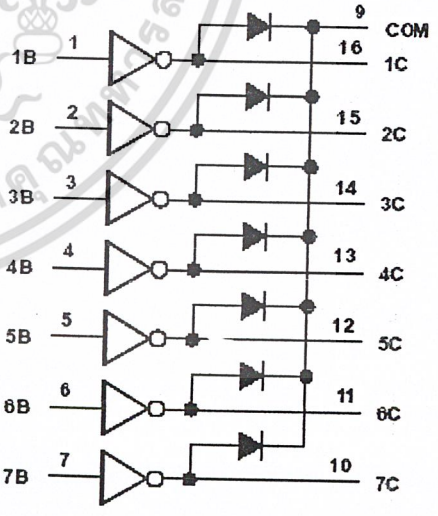
The ULN2001A is a general-purpose array and can be used with TTL, P-MOS, CMOS, and other MOS technologies. The ULN2002A is specifically designed for use with 14- to 25-V P-MOS devices. Each input of this device has a zener diode and resistor in series to control the input current to a safe limit. The ULN2003A has a 2.7-kΩ series base resistor for each Darlington pair for operation directly with TTL or 5-V CMOS devices. The ULN2004A has a 10.5-kΩ series base resistor to allow its operation directly from CMOS or P-MOS devices that use supply voltages of 6 to 15 V. The required input current of the ULN2004A is below that of the ULN2003A, and the required voltage is less than that required by the ULN2002A.

logic symbol†



† This symbol is in accordance with ANSI/IEEE Std 91-1984 and IEC Publication 617-12.

logic diagram

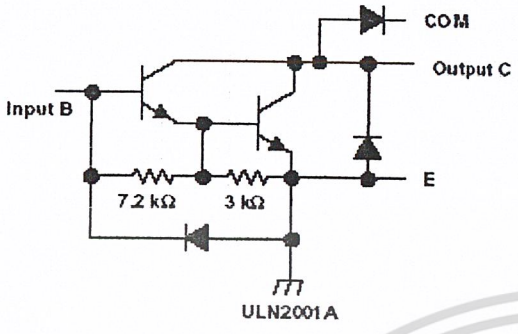


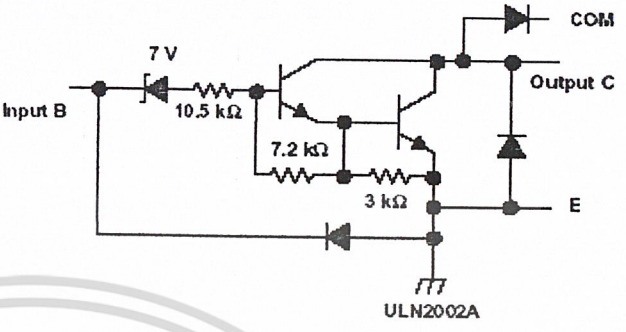
PRODUCTION DATA information is current as of publication date. Products conform to specifications per the terms of Texas Instruments standard warranty. Production processing does not necessarily include testing of all parameters.

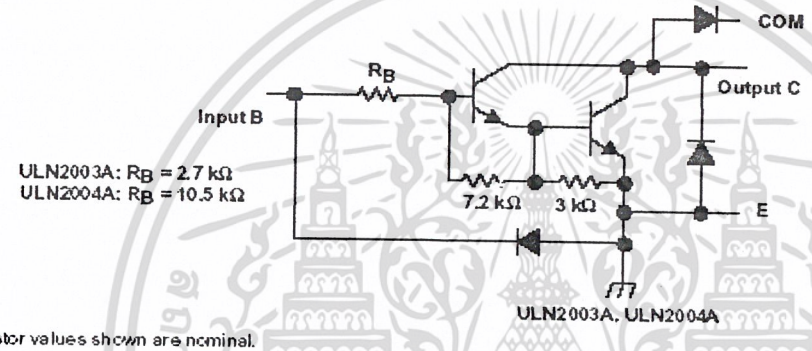
Copyright © 1998, Texas Instruments Incorporated

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

schematics (each Darlington pair)







All resistor values shown are nominal.

absolute maximum ratings at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)

Collector-emitter voltage	50 V
Input voltage, V_I (see Note 1)	30 V
Peak collector current (see Figures 14 and 15)	500 mA
Output clamp current, I_{OK}	500 mA
Total emitter-terminal current	–2.5 A
Continuous total power dissipation	See Dissipation Rating Table
Operating free-air temperature range	–20°C to 85°C
Storage temperature range	–65°C to 150°C
Lead temperature 1,6 mm (1/16 inch) from case for 10 seconds	260°C

NOTE 1: All voltage values are with respect to the emitter/substrate terminal E, unless otherwise noted.

DISSIPATION RATING TABLE

PACKAGE	T_A = 25°C POWER RATING	DERATING FACTOR ABOVE T_A = 25°C	T_A = 85°C POWER RATING
D	950 mW	7.6 mW/°C	494 mW
N	1150 mW	9.2 mW/°C	598 mW

TEXAS INSTRUMENTS
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

electrical characteristics, T_A = 25°C (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST FIGURE	TEST CONDITIONS	ULN2001A			ULN2002A			UNIT
				MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$V_{I(on)}$	On-state input voltage	6	V_{CE} = 2 V, I_C = 300 mA						13	V
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter saturation voltage	5	I_I = 250 µA, I_C = 100 mA		0.9	1.1		0.9	1.1	V
			I_I = 350 µA, I_C = 200 mA		1	1.3		1	1.3	
			I_I = 500 µA, I_C = 350 mA		1.2	1.6		1.2	1.6	
V_F	Clamp forward voltage	8	I_F = 350 mA		1.7	2		1.7	2	V
I_{CEX}	Collector cutoff current	1	V_{CE} = 50 V, I_I = 0			50			50	µA
		1	V_{CE} = 50 V, I_I = 0			100			100	
		2	T_A = 70°C, V_I = 6 V						500	
$I_{I(off)}$	Off-state input current	3	V_{CE} = 50 V, I_C = 500 µA, T_A = 70°C	50	65		50	65		µA
I_I	Input current	4	V_I = 17 V					0.82	1.25	mA
I_R	Clamp reverse current	7	V_R = 50 V, T_A = 70°C			100			100	µA
h_{FE}	Static forward current transfer ratio	5	V_{CE} = 2 V, I_C = 350 mA	1000						
I_R	Clamp reverse current	7	V_R = 50 V			50			50	µA
C_i	Input capacitance		V_I = 0, f = 1 MHz		15	25		15	25	pF

electrical characteristics, T_A = 25°C (unless otherwise noted)

PARAMETER		TEST FIGURE	TEST CONDITIONS	ULN2003A			ULN2004A			UNIT
				MIN	TYP	MAX	MIN	TYP	MAX	
$V_{I(on)}$	On-state input voltage	6	V_{CE} = 2 V, I_C = 125 mA						5	V
			V_{CE} = 2 V, I_C = 200 mA			2.4			6	
			V_{CE} = 2 V, I_C = 250 mA			2.7				
			V_{CE} = 2 V, I_C = 275 mA						7	
			V_{CE} = 2 V, I_C = 300 mA			3				
			V_{CE} = 2 V, I_C = 350 mA						8	
$V_{CE(sat)}$	Collector-emitter saturation voltage	5	I_I = 250 µA, I_C = 100 mA		0.9	1.1		0.9	1.1	V
			I_I = 350 µA, I_C = 200 mA		1	1.3		1	1.3	
			I_I = 500 µA, I_C = 350 mA		1.2	1.6		1.2	1.6	
I_{CEX}	Collector cutoff current	1	V_{CE} = 50 V, I_I = 0			50			50	µA
		1	V_{CE} = 50 V, I_I = 0			100			100	
		2	T_A = 70°C, V_I = 1 V						500	
V_F	Clamp forward voltage	8	I_F = 350 mA		1.7	2		1.7	2	V
$I_{I(off)}$	Off-state input current	3	V_{CE} = 50 V, I_C = 500 µA, T_A = 70°C	50	65		50	65		µA
I_I	Input current	4	V_I = 3.85 V		0.93	1.35				mA
			V_I = 5 V					0.35	0.5	
			V_I = 12 V					1	1.45	
I_R	Clamp reverse current	7	V_R = 50 V			50			50	µA
			V_R = 50 V, T_A = 70°C			100			100	
C_i	Input capacitance		V_I = 0, f = 1 MHz		15	25		15	25	pF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

switching characteristics, T_A = 25°C

PARAMETER		TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNIT
t_{PLH}	Propagation delay time, low-to-high-level output	See Figure 9		0.25	1	µs
t_{PHL}	Propagation delay time, high-to-low-level output			0.25	1	µs
V_{OH}	High-level output voltage after switching	V_S = 50 V, I_O = 300 mA, See Figure 10	V_S – 20			mV

PARAMETER MEASUREMENT INFORMATION

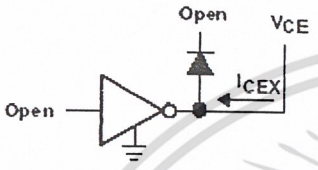


Figure 1. I_{CEX} Test Circuit

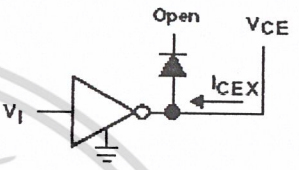


Figure 2. I_{CEX} Test Circuit

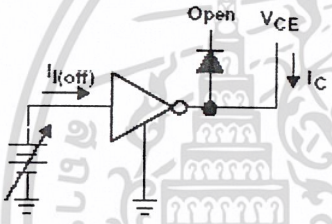


Figure 3. $I_{I(off)}$ Test Circuit

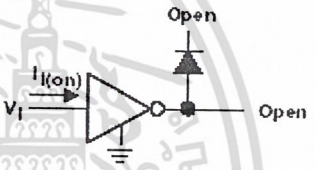
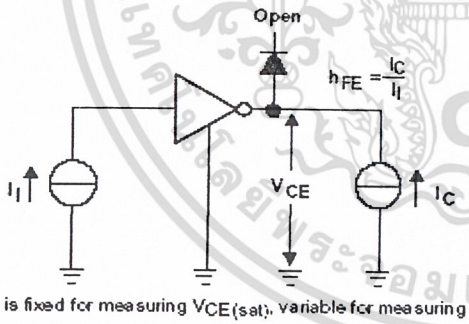


Figure 4. I_I Test Circuit



NOTE: I_I is fixed for measuring $V_{CE(sat)}$, variable for measuring h_{FE}.

Figure 5. h_{FE}, $V_{CE(sat)}$ Test Circuit

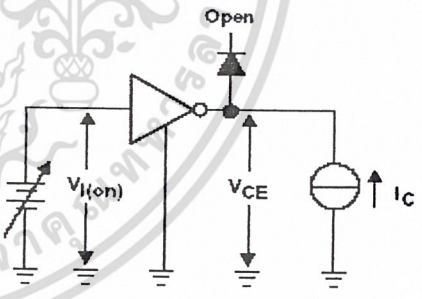


Figure 6. $V_{I(on)}$ Test Circuit

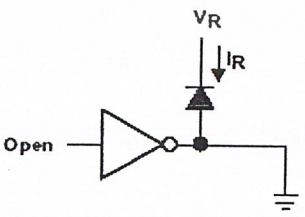


Figure 7. I_R Test Circuit

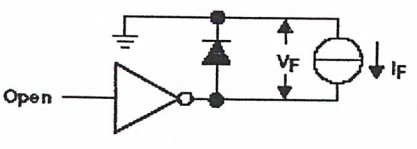


Figure 8. V_F Test Circuit

TEXAS INSTRUMENTS
POST OFFICE BOX 655303 • DALLAS, TEXAS 75265

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้