



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2532

ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องชั่งน้ำหนัก

ผู้จัดทำ

1. นาย กิจจา นาคใหม่

..... 

อาจารย์ที่ปรึกษา

( อาจารย์ วัชร ฉัตรวิริยะ )



## เครื่องชั่งน้ำหนัก

กิจจา นาคใหม่

อ.วัชร ฉัตรวิริยะ อาจารย์ที่ปรึกษา  
ปีการศึกษา 2532

### บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้เรียบเรียงจากผลงานที่ได้ทำขึ้นคือเครื่องชั่งน้ำหนัก โดยเครื่องชั่งน้ำหนักที่ทำขึ้นนี้มีจุดเด่นตรงที่เป็นเครื่องชั่งน้ำหนักที่มีความถูกต้องของค่าน้ำหนักที่อ่านได้สูงมากเมื่อเทียบกับเครื่องชั่งแบบใช้เข็มชี้ ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบัน โดยสามารถให้ค่าที่แม่นยำถึงทศนิยมตำแหน่งที่สอง ทำงานโดยการใช้อุปกรณ์ในการตรวจสอบน้ำหนัก (LOADCELL) ส่งค่าของแรงดันทางไฟฟ้า (VOLTAGE) ที่สอดคล้องกับค่าน้ำหนักส่งไปยังส่วนแปลงค่าเป็นระบบดิจิทัล (ANALOG TO DIGITAL) เพื่อแปลงค่าแรงดันทางไฟฟ้าไปเป็นตัวเลขฐานสอง (BINARY) ขนาดความละเอียด 12 บิต เพื่อส่งไปยังส่วนประมวลผลซึ่งใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031 จัดการนำค่าที่ได้ส่งไปยังส่วนแสดงผลให้ถูกต้องอีกทีหนึ่ง ที่ส่วนแสดงผลนี้ใช้ส่วนแสดงผลเจ็ดส่วน (SEVEN SEGMENT) จำนวน 16 ตัวเป็นตัวแสดงผลของ ค่าน้ำหนัก ราคาต่อกิโลกรัม และราคารวมของสินค้า นอกจากนี้แล้วยังมีความสามารถในการคิดราคารวมของสิ่งของที่นำมาชั่งได้ โดยการใส่ค่าราคาต่อกิโลกรัมของสิ่งนั้นผ่านเข้ามาทางคีย์บอร์ดเครื่องชั่งก็จะทำการคิดราคารวมให้ทันที อีกทั้งยังสามารถต่อเข้ากับเครื่องพิมพ์ขนาดเล็กเพื่อใช้ในการออกใบเสร็จของการซื้อขายสิ่งของนั้นได้อีกด้วย จากความสามารถต่างๆ ของเครื่องชั่งน้ำหนักที่ได้กล่าวมา จะเห็นได้ชัดว่าสามารถอำนวยความสะดวกให้กับผู้ขายสินค้าที่ต้องการชั่งน้ำหนักสินค้าได้เป็นอย่างดี อันจะส่งผลให้การทำงานมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นจากวิธีเดิมที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

## WEIGHT METER

Mr.Kitchar Nakmai

Mr.Watchara Chartviriya Advisor

1989

### Abstract

This thesis is an application of microcontroller MCS 8031 to control weight meter. The system is a high resolution system. It work by use loadcell to measure the weight of the object then sent the signal to analog to digital part. At this part the signal will be converted to correspond binary number which can be understand by the microcontroller. After that the weight will be display at the display part that use seven-segment display. The user can enter the value of price per kilogram to calculate total price and also the system will use the mini printer to print the receipt

## สารบัญ

บทที่ 1	บทนำ.....	1
บทที่ 2	ทฤษฎี.....	2
	2.1 ส่วนตรวจรับและแปลงสัญญาณ.....	2
	2.2 ส่วนขยายสัญญาณ.....	3
	2.3 การออกแบบวงจรฟิลเตอร์.....	7
	2.4 ส่วนแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล.....	7
บทที่ 3	หลักการทํางาน.....	13
	3.1 ส่วนอนาล็อก.....	13
	3.2 ส่วนดิจิตอล.....	13
	3.2.1 ส่วนแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอล.....	14
	3.2.2 ส่วนประมวลผล.....	14
	3.2.3 ส่วนแสดงผล.....	17
	3.2.4 ส่วนรับข้อมูล.....	17
	3.2.5 ส่วนเครื่องพิมพ์.....	22
บทที่ 4	การทํางานของโปรแกรมควบคุม.....	24
	4.1 โปรแกรมควบคุมส่วนอนาล็อกเป็นดิจิตอล.....	24
	4.2 โปรแกรมส่วนแสดงผลและรับค่าจากคีย์บอร์ด.....	24
	4.3 โปรแกรมส่วนคิดราคารวม.....	25
	4.4 โปรแกรมควบคุมการทํางานของเครื่องพิมพ์.....	25
บทที่ 5	การทดลองและผลการทดลอง.....	31
บทที่ 6	บทวิจารณ์และสรุป.....	38

## สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 2.1	แสดงคานที่ไม่มีแรงมากระทำ.....	4
รูปที่ 2.2	แสดงคานที่มีแรงมากระทำ.....	4
รูปที่ 2.3	แสดงวงจรบริดจ์.....	4
รูปที่ 2.4	แสดงสัญลักษณ์ของออปแอมป์.....	6
รูปที่ 2.5	แสดงวงจรอินเวอร์ตติ้ง.....	6
รูปที่ 2.6	แสดงวงจรมอนอินเวอร์ตติ้ง.....	6
รูปที่ 2.7	แสดงวงจรบัฟเฟอร์แอมป์.....	6
รูปที่ 2.8	แสดงวงจรดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์.....	8
รูปที่ 2.9	วงจรดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์ที่ความต้านทานสูง.....	8
รูปที่ 2.10	วงจรรองความถี่ต่ำผ่าน.....	9
รูปที่ 2.11	วงจร ADC Successive Approximation.....	11
รูปที่ 2.12	วงจร ADC แบบ Parallel.....	11
รูปที่ 3.1	ส่วนต่างๆ ของเครื่องขึ้น.....	15
รูปที่ 3.2	วงจรส่วนอนาล็อก.....	16
รูปที่ 3.3	วงจรแปลงอนาล็อกเป็นดิจิตอล.....	18
รูปที่ 3.4	วงจรส่วนประมวลผล.....	19
รูปที่ 3.5	วงจรส่วนแสดงผลและรับข้อมูล.....	20
รูปที่ 3.6	วงจรส่วนเครื่องพิมพ์.....	23

บทที่ 1

บทนำ

ในทุกวันนี้ มีการนำเทคโนโลยีเข้ามาอำนวยความสะดวกในการใช้ชีวิตในแต่ละวันกันมากขึ้น เครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ก็มีการพัฒนาให้มีขีดความสามารถสูงขึ้น จากอดีตที่เราจะเห็นเครื่องมือที่ทันสมัย เฉพาะในหน่วยงานขนาดใหญ่ เท่านั้น แต่ปัจจุบันเทคโนโลยีของเครื่องมือที่ทันสมัยได้เข้าไปแทรกอยู่เป็นส่วนหนึ่งในการดำเนินชีวิตของบุคคลทุกระดับไปเสียแล้ว

ถ้าเราเดินเข้าไปในซูเปอร์มาเก็ตตามห้างสรรพสินค้าต่างๆ เราจะเห็นว่าที่แผนกขายของสดที่ขายสินค้าประเภท เนื้อสัตว์ ผัก และของชำต่างๆ ที่ในการขายเป็นการขายตามน้ำหนักที่ต้องการ ได้มีการนำเอาเครื่องชั่งน้ำหนักที่เป็นระบบอิเล็กทรอนิกส์เข้ามาใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ซึ่งมีจุดประสงค์หลักก็เพื่อที่จะให้การขายสินค้าทำได้รวดเร็วยิ่งขึ้น และเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานอีกด้วย แต่เครื่องชั่งน้ำหนักที่ใช้กันอยู่ทุกวันนี้ก็ยังขาดความสามารถบางอย่างไป ซึ่งถ้ามีแล้วก็จะทำให้การจำหน่ายสินค้ายังมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น ความสามารถที่ว่ามี เช่น การคิดราคาจากราคาต่อกิโลกรัม การพิมพ์ใบเสร็จรับเงินในการซื้อขายสินค้านั้น จึงได้เกิดมีความคิดที่จะทำเครื่องชั่งน้ำหนักขึ้นมา ประกอบกับปัจจุบันมีอุปกรณ์ที่ใช้ในงานควบคุมออกมาเพิ่มความสะดวกให้กับวิศวกรในการออกแบบระบบ อุปกรณ์ที่กล่าวถึงนี้ก็คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ ซึ่งเป็นส่วนประมวลผลที่มีการใช้งานสะดวกเหมาะสำหรับงานควบคุม จึงได้เลือกนำไมโครคอนโทรลเลอร์มาเป็นส่วนควบคุมของเครื่องชั่งน้ำหนัก ซึ่งเมื่อเครื่องงานเสร็จแล้ว ก็จะเป็นสิ่งอำนวยความสะดวกอีกสิ่งหนึ่งสำหรับมวลมนุษยอีกชิ้นหนึ่ง

## บทที่ 2

### ทฤษฎี

ในหัวข้อนี้จะทำการกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เป็นพื้นฐานสำหรับการทำการศึกษาและการทำความเข้าใจต่อเครื่องชั่งน้ำหนักระบบดิจิทัลที่ได้ประดิษฐ์ขึ้นมา โดยได้แบ่งหัวข้อไว้ดังนี้

2.1 ส่วนตรวจรับและแปลงสัญญาณ(Transducer)

2.2 ส่วนขยายสัญญาณ(Amplifier)

2.3 ส่วนกรองความถี่ของสัญญาณ(Filter)

2.4 ส่วนแปลงสัญญาณที่ต่อเนื่องเป็นสัญญาณที่ไม่ต่อเนื่อง(Analog to Digital Converter)

2.1 ส่วนตรวจรับและแปลงสัญญาณ ส่วนนี้เป็นส่วนที่ทำการแปลงปริมาณทางฟิสิกส์กายภาพให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า สำหรับเครื่องชั่งนี้เราจะใช้อุปกรณ์ตรวจสอบน้ำหนัก(Loadcell) ซึ่งเป็นส่วนตรวจรับและแปลงสัญญาณ ที่มีคุณสมบัติในการเปลี่ยนขนาดของแรงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า

เนื่องจากอุปกรณ์ตรวจสอบน้ำหนัก จะต้องทำการรับแรงที่มากกระทำจึงต้องมีส่วนสำหรับรับแรง รูปร่างของส่วนนี้มีหลายแบบแต่แบบที่งานต่อการเข้าใจคือแบบที่มีลักษณะเป็นคานขาวปลายอีกด้านหนึ่งยึดไว้ ส่วนอีกด้านหนึ่งเป็นปลายอิสระสำหรับแรงที่มากกระทำ

ในขณะที่ไม่มีแรงมากกระทำ คานจะอยู่ในลักษณะปกติดังแสดงด้วยรูป 2.1 คือคานจะวางตัวอยู่ในแนวระดับ แต่เมื่อมีแรงมากกระทำ จะทำให้คานงอตัวลงมาดังแสดงด้วยรูปที่ 2.2 ถ้าหากเรานำตัวความต้านทาน(Resistor) ที่มีลักษณะเป็นแผ่นบางๆ 4 แผ่น มายึดติดไว้ที่ด้านบนสองแผ่นและด้านล่างสองแผ่น หากมีแรงมากกระทำตัวคานก็จะงอ ที่ด้านบนของคานจะยืดออกในขณะที่ด้านล่างของคานจะหดตัว และจากคุณสมบัติของตัวความต้านทานที่ว่า ความต้านทานแปรผันตรงกับค่าความยาว ดังนั้น ความต้านทานสองแผ่นด้านบนจะมีค่ามากขึ้นเนื่องจากมีความยาวสูงขึ้น และความต้านทานสองแผ่นด้านล่างจะมีค่าลดลงเนื่องจากมีความยาวลดลง แต่ในขณะที่ไม่มีแรงมากกระทำ ค่าความต้านทานทั้งสองจะมีค่าเท่ากัน

ถ้าหากเรานำความต้านทานทั้งสองแผ่นมาต่อเป็นวงจรบริดจ์(Bridge) ดังรูปที่ 2.3 โดยให้

Ra เป็น ความต้านทานด้านบน

Rb เป็น ความต้านทานด้านล่าง

ในขณะที่ไม่มีแรงมากระทำคานจะมีรูปร่างปกติ ทำให้

$$R_a = R_b = R$$

และเมื่อมีแรงมากระทำ  $R_a$  จะมีค่าเพิ่มขึ้นให้

$$R_a = R + r$$

ในขณะที่  $R_b$  มีค่าลดลงให้

$$R_b = R - r$$

จากรูปจะได้สมการดังนี้

$$e_1 = V * (R - r) / [(R + r) * (R - r)] = V * (R - r) / 2R$$

$$e_2 = V * (R + r) / [(R + r) * (R - r)] = V * (R + r) / 2R$$

โดยจะได้แรงดันที่จุดออก (Output) =  $e_2 - e_1 = V * r / R$

จากสมการ ขณะที่ไม่มีแรงมากระทำ  $r = 0$  อันจะทำให้  $r = 0$

ได้แรงดันที่จุดออก = 0

เมื่อใดที่มีแรงมากระทำอุปกรณ์ตรวจสอบน้ำหนักก็จะให้สัญญาณทางไฟฟ้าออกมา โดยขนาดของสัญญาณก็จะแปรผันตรงตามแรงที่มากระทำด้วย

2.2 ส่วนขยายสัญญาณ ในหัวข้อนี้จะแบ่งเป็นหัวข้อย่อยคือ

2.2.1 คุณสมบัติของส่วนขยายสัญญาณที่ต้องการ ในที่นี้หมายถึง

ถึงความต้านทานรวม (Impedance) ความเป็นเส้นตรง (Linear) และผลตอบสนองของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ

ในการพิจารณาค่าความต้านทานรวมโดยทั่วไปจะพิจารณาประเภทของสัญญาณทางจุดเข้า (Input) และจุดออก (Output) คือ

ถ้าทางจุดเข้า เป็นแรงดันไฟฟ้า ค่าความต้านทานจะต้องมีค่า สูง

ถ้าทางจุดเข้า เป็นกระแส ค่าความต้านทานจะต้องมีค่า ต่ำ

ถ้าทางจุดออก เป็นแรงดันไฟฟ้า ค่าความต้านทานจะต้องมีค่า ต่ำ

ถ้าทางจุดออก เป็นกระแส ค่าความต้านทานจะต้องมีค่า สูง

ในการพิจารณาความเป็นเส้นตรงนั้น ส่วนขยายสัญญาณนั้นควรมีคุณสมบัติดังนี้

หากป้อน  $f_1$  ที่จุดเข้า ได้  $g_1$  ที่จุดออก และ

ป้อน  $f_2$  ที่จุดเข้า ได้  $g_2$  ที่จุดออกแล้ว

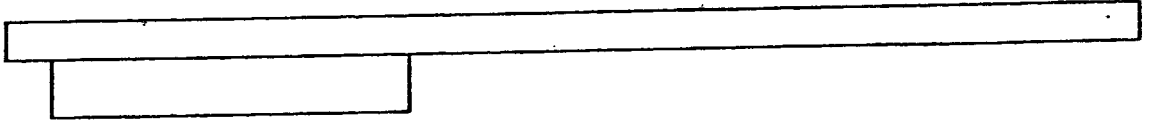
หากป้อน  $f_1 + f_2$  ที่จุดเข้า จะต้องได้  $g_1 + g_2$  ที่จุดออกด้วย

นั่นคือ ลักษณะของสัญญาณหลังจากการทำการขยายจะต้องมีรูปร่างเหมือนเดิมเปลี่ยนที่ขนาดของสัญญาณเท่านั้น

ในการพิจารณาผลตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ส่วนขยายสัญญาณที่ดีจะต้องมีคุณสมบัติที่กล่าวมาแล้วข้างต้นโดยไม่ขึ้นกับการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

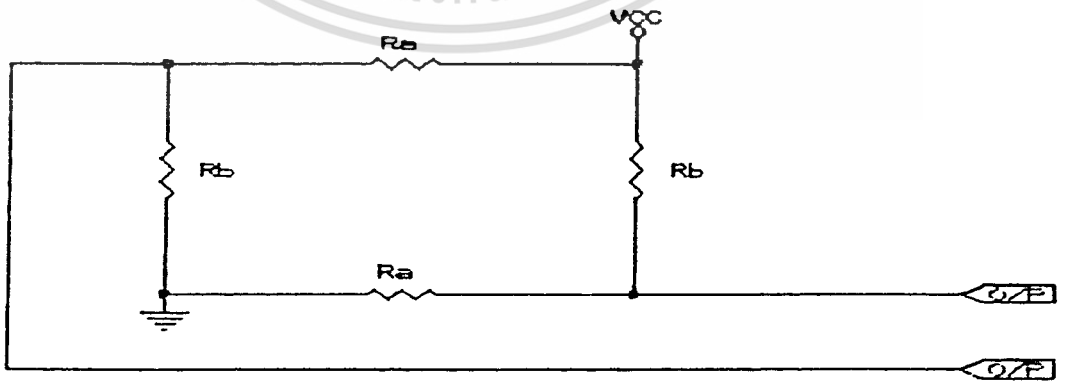
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงคานที่ไม่มีแรงมากระทำ



รูปที่ 2.2 แสดงรูปคานในขณะที่มีแรงมากระทำ



รูปที่ 2.3 แสดงวงจรบริดจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แปลงของอนุกรม ส่วนขยายสัญญาณที่ใช้งานนี้สร้างจากออปแอมป์ (Op-amp) ทั้งหมด เนื่องจากง่ายต่อการออกแบบและทำความเข้าใจ

### 2.2.2 คุณสมบัติพื้นฐานของออปแอมป์

สัญลักษณ์ที่ใช้แทนออปแอมป์แสดงไว้ดังรูป 2.4 รูปร่างจะเป็นสามเหลี่ยมมีขาอินพุต 2 ขาและขาเอาต์พุต 1 ขา ขาอินพุตที่มีเครื่องหมายลบแสดงอยู่เรียกว่าขา อินเวอร์ตติ้ง (Inverting) ส่วนขาอินพุตที่มีเครื่องหมายบวกแสดงอยู่เรียกว่าขา นอนอินเวอร์ตติ้ง (Non-Inverting)

คุณสมบัติพื้นฐานที่ต้องรู้เพื่อนำไปใช้ในการออกแบบและวิเคราะห์เบื้องต้นคือ

1. ความต้านทานอินพุตของออปแอมป์ มีค่าเป็นอนันต์ ดังนั้นจะไม่มีการแสไหลเข้าที่ขาอินพุตทั้งสอง
2. แรงดันที่ขาทั้งสองของอินพุตจะมีค่าเท่ากันเสมอ
3. เอาต์พุตของออปแอมป์สามารถจ่ายกระแสได้ไม่จำกัด

### 2.2.3 การออกแบบวงจรขยายโดยใช้ออปแอมป์

จากคุณสมบัติทั้งสามข้อของออปแอมป์ ทำให้เราสามารถนำออปแอมป์ไปใช้งานได้อย่างกว้างขวาง แต่ในที่นี้จะขอล่าวเฉพาะส่วนที่เกี่ยวกับการใช้งานของเครื่องซึ่งน้ำหนักเท่านั้น

1. อินเวอร์ตติ้ง แบบพื้นฐาน วงจรแสดงดังรูป 2.5 จากรูปที่กำหนดให้และจากคุณสมบัติทั้งสามข้อ จะได้ว่า

: กระแสที่เข้าขาอินพุต มีค่าเท่ากับ 0 ดังนั้นกระแสที่ไหลผ่าน  $R_3$  จะมีค่าเท่ากับ 0 นั่นคือแรงดันที่ขานอนอินเวอร์ตติ้ง จะมีค่าเท่ากับ 0

: เนื่องจากแรงดันที่ขาอินพุตทั้งสองมีค่าเท่ากัน ดังนั้นขา อินเวอร์ตติ้ง จะมีค่าแรงดันเป็น 0 ด้วย

: จากกฎการรวมกระแสของเคอร์ชอฟ ผลรวมของกระแสที่ไหลเข้าสู่จุดใดๆ จะมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อเรานำมาใช้วิเคราะห์ ที่ขาอินเวอร์ตติ้ง จะได้

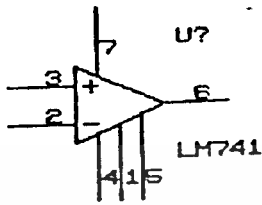
$$(V_i - V_1)/R_1 + (V_o - V_1)/R_2 = 0 \quad \text{โดย } V_1 \text{ เป็นค่าของแรงดันที่ขาอินเวอร์ตติ้ง}$$

เนื่องจาก  $V_1 = 0$  ดังนั้น

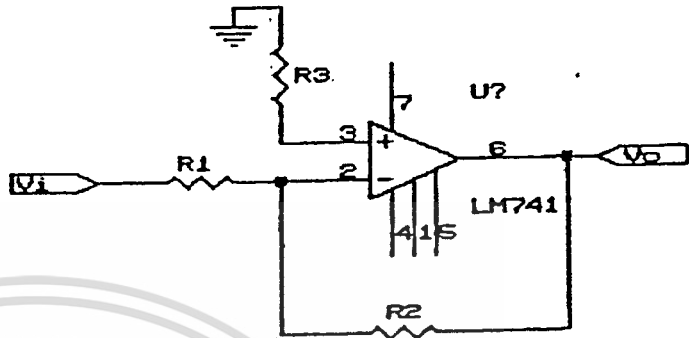
$$V_o = -(V_i * R_2) / R_1$$

นั่นคือ วงจรจะทำการขยายสัญญาณอินพุตโดยมีอัตราขยาย =  $R_2/R_1$  และจะกลับเฟส (Phase) ของสัญญาณ 180 องศา

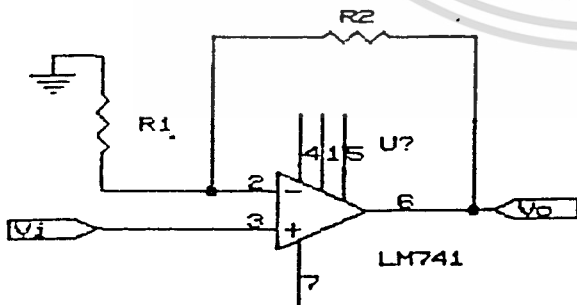
2. นอนอินเวอร์ตติ้ง วงจรแสดงดังรูป 2.6 จะเห็นได้ว่าขาอินพุตทั้งสองมีค่าแรงดันเท่ากับแรงดันที่เข้ามา จากกฎการรวมกระแสของเคอร์ชอฟ ผล



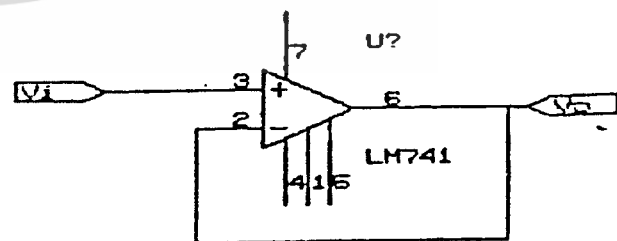
รูปที่ 2.4 แสดงสัญลักษณ์ของออปแอมป์



รูปที่ 2.5 วงจรอินเวอร์ตติง



รูปที่ 2.6 วงจรนอนอินเวอร์ตติง



รูปที่ 2.7 วงจรบัฟเฟอร์แอมป์

รวมของกระแสที่ไหลเข้าสู่จุดใดๆ จะมีค่าเท่ากับ 0 เมื่อพิจารณาที่ขาอินเวอร์ตึงจะได้

$$(0 - V_i)/R_1 + (V_o - V_i)/R_2 = 0$$

$$V_o = V_i * (1 + (R_2/R_1))$$

จากสมการสัญญาณที่เอาต์พุตจะมีเฟสตรงกับสัญญาณอินพุต โดยมีอัตราขยายเท่ากับ  $(1 + R_2/R_1)$

3. บัฟเฟอร์แอมป์ (Buffer Amp) วงจรแสดงดังรูปที่ 2.7 วงจรแบบนี้เป็นวงจรที่มีประโยชน์และมีการใช้งานมาก จากวงจรจะเห็นว่า  $V_o = V_i$  อัตราขยายเท่ากับ 1 เท่านั้น แต่วงจรนี้ข้อดีตรงที่ว่า อินพุตอิมพีแดนซ์ (Input Impedance) มีค่ามาก เพราะเป็นอินพุตที่ขาของออปแอมป์ ดังนั้นเมื่อเราต้องการจะนำบัฟเฟอร์ (Buffer) นี้ไปต่อกับวงจรใดๆ ผลก็คือวงจรนั้นจะไม่ได้รับผลกระทบจากวงจรบัฟเฟอร์เนื่องจากค่าอินพุตอิมพีแดนซ์สูงมาก

4. ดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์ (Differential Amp) วงจรแสดงดังรูปที่ 2.8 โดยจากวงจรจะได้

$$V_o = (V_2 - V_1) * (R_2/R_1)$$

สัญญาณเอาต์พุตจะมีขนาดเป็น  $R_2/R_1$  เท่าของผลต่างของสัญญาณอินพุต แต่เนื่องจากดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์ นี้มีค่าอินพุตอิมพีแดนซ์ไม่มากนัก หากเรานำไปใช้งานจริงกับอุปกรณ์ตรวจสอบน้ำหนักรวมจะทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ง่าย

ดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์ที่มีค่า อินพุตอิมพีแดนซ์สูงมากๆ แสดงอยู่ในรูปที่

2.9 จากรูปถ้าให้

$$R_3 = R_4 = R_5 = R_6$$

$$V_o = (V_2 - V_1) * (1 + 2R_2/R_1)$$

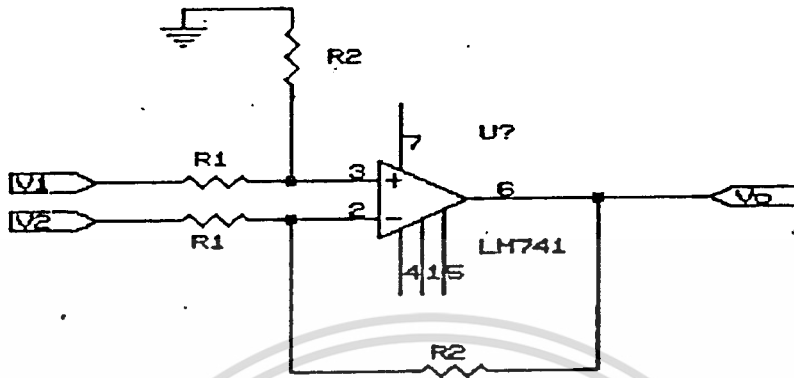
ซึ่งเราจะใช้วงจรนี้เป็นวงจรขยายของเครื่องชั่งน้ำหนัก

2.3 การออกแบบวงจรฟิลเตอร์ (Filter)

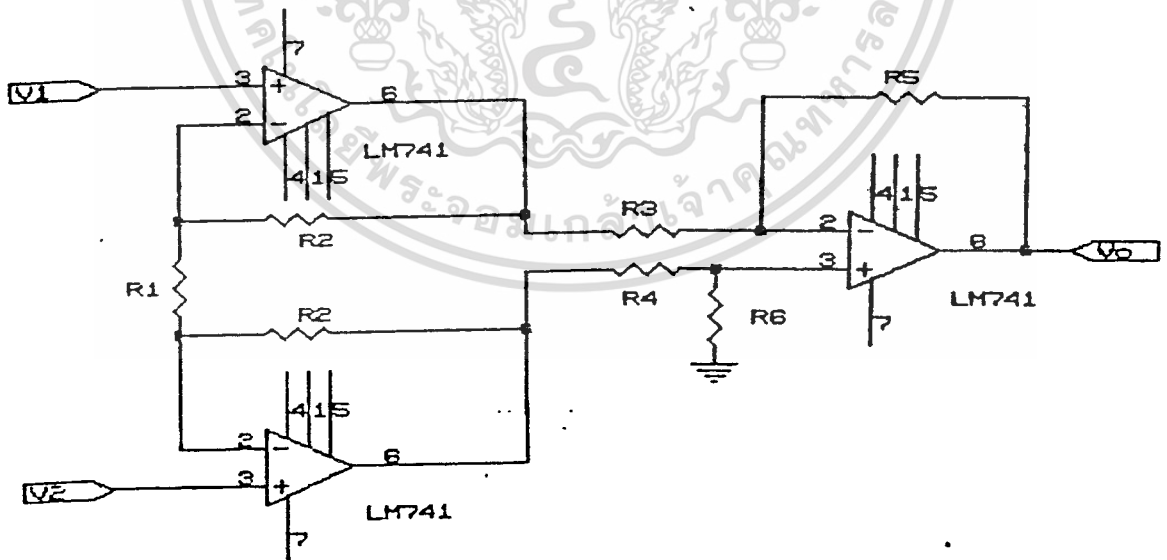
ส่วนของการกรองความถี่แบบความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) นี้เป็นส่วนที่ไม่มีความยุ่งยาก เนื่องจากสัญญาณที่ใช้งานค่อนข้างจะเป็นกระแสตรง (Direct Current) ดังนั้นการกรองความถี่ของสัญญาณรบกวนสามารถใช้วงจรพื้นฐานได้ดังรูปที่ 2.10 โดยที่ค่าความถี่คัทออฟ (Cut Off) มีค่า 20 เฮิรตซ์ (Hz)

2.4 ส่วนแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล

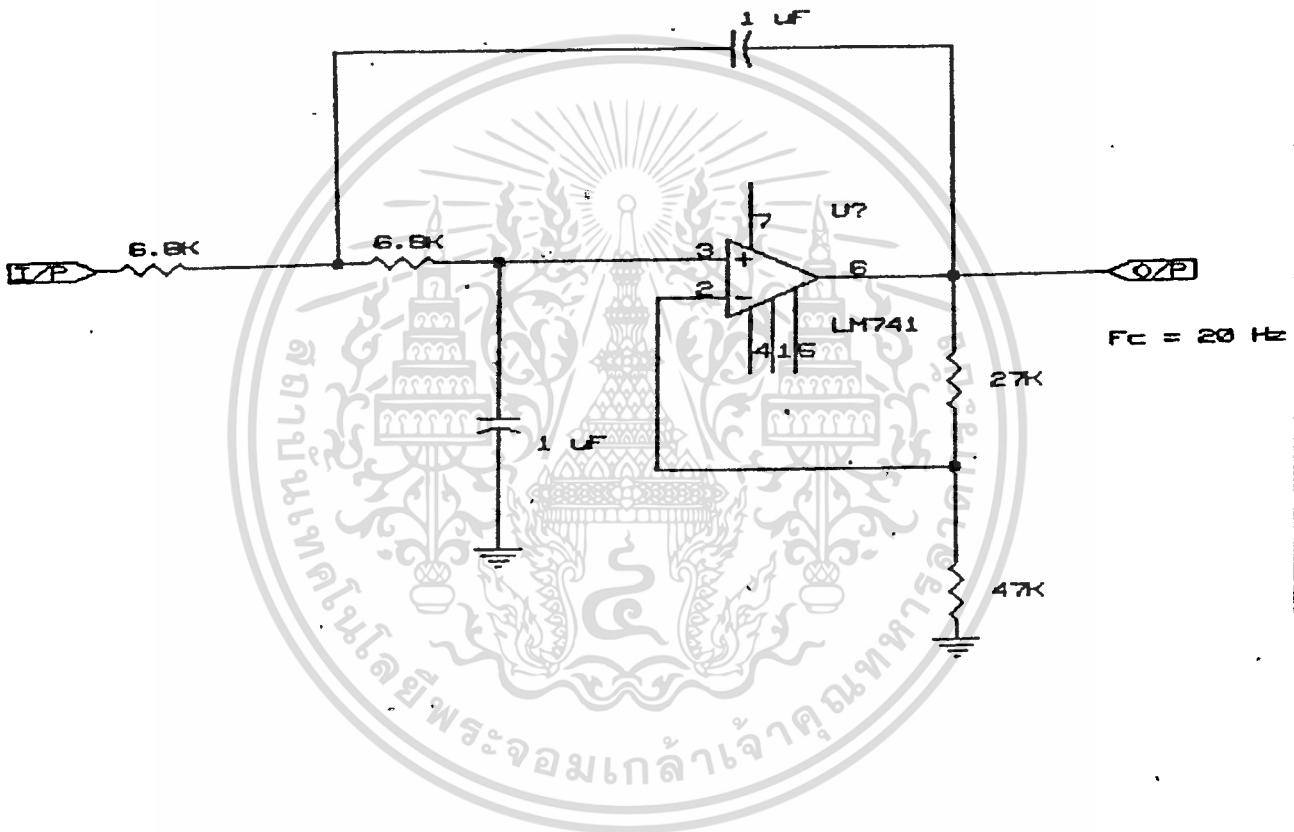
จะขอล่าวถึงเทคนิคต่างๆ ไปในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิตอล



รูปที่ 2.8 วงจรดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์



รูปที่ 2.9 วงจรดิฟเฟอเรนเชียลแอมป์ที่มีความต้านทานอินพุตสูง



รูปที่ 2.10 วงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter)

เทคนิคต่างๆ ไปในการแปลงสัญญาณอนาลอกให้เป็นสัญญาณดิจิตอลนั้นแบ่ง  
ได้เป็น 4 วิธีคือ

1. Successive Approximations
2. Integration (Single, Dual and Quad Slope)
3. Counter Comparator and Servo
4. Parallel

ซึ่งแต่ละแบบก็มีข้อดีข้อเสียต่างๆ กันออกไป แต่สิ่งที่ควรคำนึง  
ในการเลือกใช้งานก็คือ ความเร็ว ราคา ความถูกต้อง และความสะดวก  
ในการใช้งาน

#### 2.4.1 Successive Approximation

การแปลงแบบนี้เป็นเทคนิคที่ใช้กันบ่อยในระบบ ไมโครโปร-  
เซสเซอร์ เพราะว่ามีคุณสมบัติที่ดีคือ มีความเร็วสูง มีความละเอียดสูง  
และราคาไม่แพงนัก

หลักการทำงานของวิธีนี้ก็คือ จะสร้างตัวเลขขึ้นมาหนึ่งค่า  
แล้วแปลงเป็นสัญญาณ อนาลอกเพื่อนำไปเปรียบเทียบกับอินพุท จากผลที่ได้  
จากการเปรียบเทียบจะทำการเพิ่มหรือลดตัวเลขนั้น จนกว่าจะได้ค่าเท่ากับสัญญาณ  
อินพุท ดังแสดงส่วนต่างๆ ของการทำงานวิธีนี้ด้วยรูป 2.11

#### 2.4.2 Integration

ลักษณะของการแปลงแบบนี้ก็คือ ให้ตัวเก็บประจุถูกชาร์จ  
โดยแรงดันอินพุท และวัดเวลาที่ใช้ไปตามส่วน การใช้งานแรงดันอ้างอิงในการ  
เปรียบเทียบนั้นเป็นไปได้ในการหาค่าแรงดันอินพุท วิธีที่สำคัญสำหรับเทคนิคนี้ก็คือ  
Dual หรือ Quad Slope และ Single ramp หรือ V/F

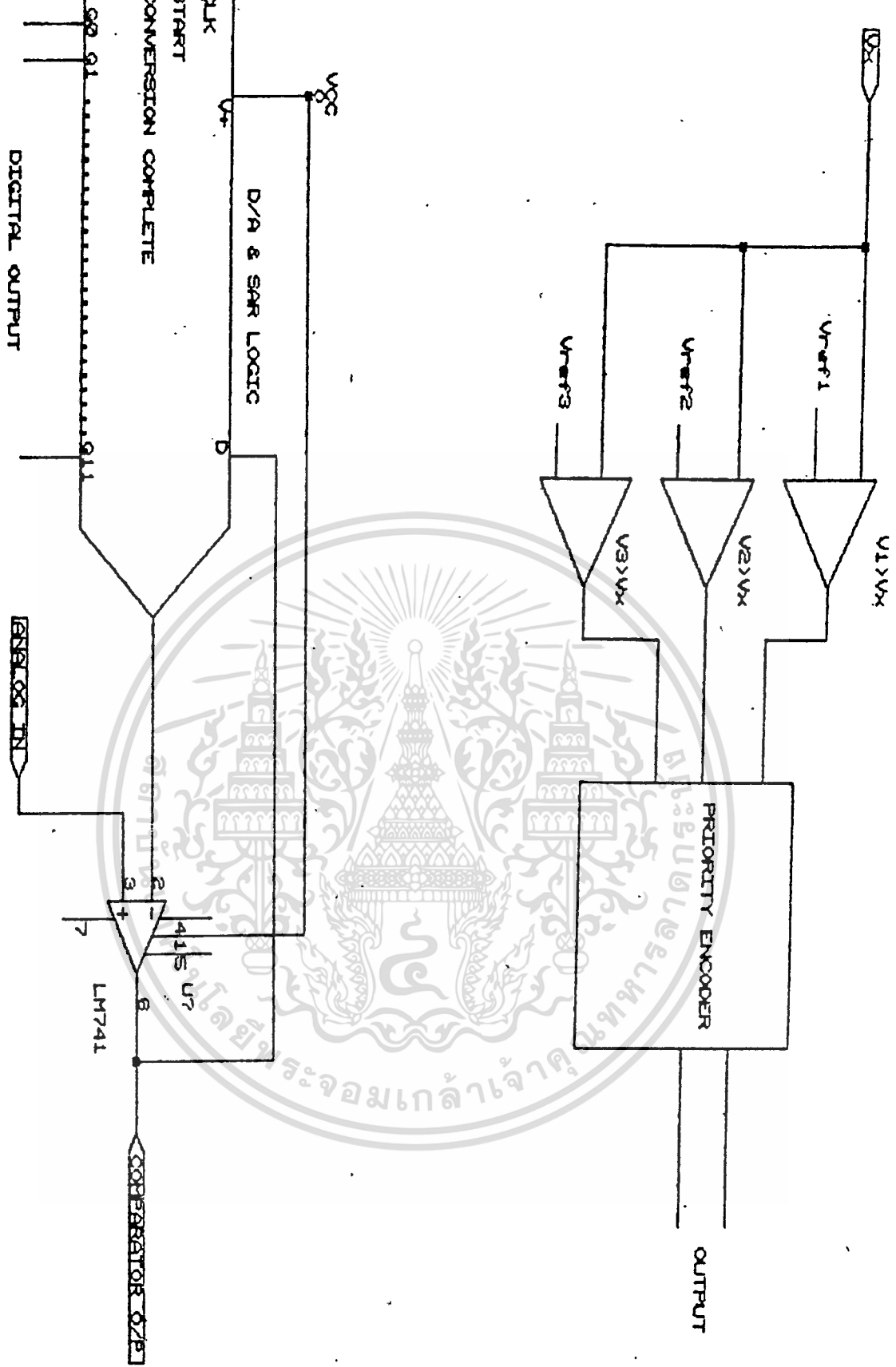
หลักการพื้นฐานคือวัดค่าเวลาที่ใช้สำหรับตัวเก็บประจุที่ชาร์จโดย  
แรงดันที่ไม่ทราบค่าแล้วดิชาร์จโดยแรงดันที่ทราบค่า อัตราส่วนของเวลาที่วัดได้นี้  
จะเท่ากับอัตราส่วนของเวลาที่วัดได้

#### 2.4.3 Quad Slope

เทคนิคนี้จะต่อเนื่องจากวิธี Dual Slope โดยตรง การ  
ชาร์จและดิชาร์จแบบ นิเศษจะถูกกระทำตั้งแต่เริ่มเพื่อเป็นการลดความผิดพลาด  
ของโพเทนเชียล (Potential Errors) เทคนิคนี้จะรวมความผิดพลาดที่เกิด  
จาก ออฟเซต (Offset) และความผิดพลาดจากกราวด์ (Ground Error)

#### 2.4.4 Single ramp and V/F

เทคนิคของ Single ramp นั้นจะใช้แรงดันอ้างอิงที่มีขั้วต่าง  
จากแรงดันอินพุทจากนั้นจะทำการ Integrate จนกระทั่งเท่ากับแรงดันอินพุท



รูปที่ 2.11 วงจร ADC แบบ Successive Approximation

รูปที่ 2.12 วงจร ADC แบบ Parallel

เช่นเดียวกับเทคนิคก่อนหน้านี้ จะมีการจับเวลาเอาไว้ ความถูกต้องของวิธีนี้ จะขึ้นกับตัวเก็บประจุ และจะขึ้นกับความถี่ของสัญญาณนาฬิกา

ส่วนวิธี V/F แรงดันอินพุตจะถูกแปลงเป็นความถี่และใช้ตัวนับ (Counter) นับเอาาก็จะได้ค่าเป็นดิจิตอลออกมา

#### 2.4.5 Counter และ Comparator

สัญญาณอินพุตจะถูกเปรียบเทียบกับเอาต์พุตของตัวแปลง และ ตัวนับก็จะนับขึ้นจนกระทั่งค่าที่ประมาณไว้เริ่มมากกว่าค่าอินพุต

วิธีนี้เป็นวิธีที่ง่ายแต่มีความเร็วจำกัด ปกติจะใช้เวลา  $N/2$  ครั้งในการแปลงโดย  $N$  คือค่าสูงสุดของตัวนับ

#### 2.4.6 Servo Technique

วิธีนี้จะคล้าย Counter Comparator แต่จะใช้ วงจรนับที่ นับได้ทั้งขึ้นและลง ดังนั้นจึงสามารถติดตามอินพุตที่เปลี่ยนแปลงได้ดี

#### 2.4.7 Parallel

สามารถแสดงวงจรของการแปลงวิธีนี้ได้ดังรูปที่ 2.12 จาก วงจรจะเห็นว่าเป็นการแปลงขนาด 2 บิต อินพุตจึงแบ่งได้เป็น 4 ระดับ โดย ตัวเปรียบเทียบ (Comparator) แต่ละตัวจะบอกได้ว่าสัญญาณอินพุตนั้นสูงกว่าแรงดันอ้างอิงของตัวมันหรือไม่ ตัวอย่างเช่น ถ้าตัวที่ 2 และ 3 ให้เอาต์พุตเป็นไฮ (Hi) แต่ตัวที่ 1 ให้เอาต์พุตเป็นโลว์ (Low) หมายความว่าอินพุตจะมีค่าเป็น  $10_2$

### บทที่ 3

#### หลักการทํางาน

ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องซึ่งนำหนักนั้นแสดงได้ดังรูปที่ 3.1 โดยโพลเดเซลจะทำหน้าที่แปลงน้ำหนักที่ตกลงบนตัวมัน ให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า จากนั้นจะนำเข้าสู่วงจรขยายให้มีความแรงของสัญญาณที่เหมาะสม เพื่อให้ส่วนแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอลทำหน้าที่แปลงสัญญาณไฟฟ้า ให้เป็นเลขฐานสอง เพื่อให้ไมโครโปรเซสเซอร์สามารถอ่านค่าได้ และนำไปแสดงผลกับทั้งคำนวณราคาได้ ส่วนภาคจ่ายไปนั้นจะทำหน้าที่ป้อนพลังงานให้กับส่วนต่างๆ ของวงจร ส่วนในรายละเอียดนั้นเราพอจะแบ่งได้เป็นสองส่วนคือ ส่วนอนาลอก และส่วนดิจิตอล

#### 3.1 ส่วนอนาลอก

วงจรแสดงได้ดังรูปที่ 3.2 จากรูปนั้นเมื่อน้ำหนักวางลงบนตัวของโพลเดเซล ก็จะถูกเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณไฟฟ้าออกมาค่าหนึ่งซึ่งเป็นสัญญาณกระแสตรง โดยขนาดของสัญญาณตรงนี้จะมี หน่วยเป็นมิลลิโวลต์ สัญญาณจะถูกผ่านเข้าไปในส่วนขยายสัญญาณเพื่อทำการขยายสัญญาณ โพลเดเซลที่ใช้งานนี้จะให้สัญญาณออกมา 1 มิลลิโวลต์/โวลต์ หมายถึงเมื่อเราทำการจ่ายไปเลี้ยงขนาด 12 โวลต์ เมื่อเราทำการชั่งน้ำหนักขนาด 30 กก. โพลเดเซลจะให้สัญญาณออกมาขนาด 12 มิลลิโวลต์ และวงจรที่แสดงอยู่เป็นวงจรขยายขนาด 250 เท่าของสัญญาณอินพุต ดังนั้นหากเราทำการชั่งน้ำหนักขนาด 30 กก. เอาท์พุทของวงจรขยายจะมีขนาด 3 โวลต์ นั่นคือสัญญาณที่ส่งให้ส่วนแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล จะอยู่ในช่วง 0-3 โวลต์ สัญญาณที่ผ่านการขยายเรียบร้อยแล้วจะนำไปผ่านส่วนของวงจรรองความถี่ต่ำผ่าน เพื่อทำการกรองสัญญาณให้เรียบขึ้น โดยจุดตัดออฟอยู่ที่ 20 Hz จากนั้นจึงนำสัญญาณไปส่งให้ส่วนแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล ในการติดตั้งภาคที่ใช้รองวัสดุที่เราใช้ติดตั้งไว้บนโพลเดเซลจะทำให้เอาท์พุทในขณะที่ไม่มีการชั่งน้ำหนักมีค่ามากกว่าค่าออฟเซตเล็กน้อย เนื่องจากน้ำหนักของภาค เมื่อเรานำสัญญาณนี้ไปขยายจึงกลายเป็นว่าในขณะที่ไม่มีการชั่งน้ำหนักเอาท์พุทของวงจรขยายมีค่าสูงกว่าปกติเล็กน้อย การแก้ไขที่จุดนี้สามารถแก้ไขได้โดยการปรับ VR1 ให้เอาท์พุทของวงจรขยายมีค่าเป็น 0 ในขณะที่ไม่มีการชั่ง การปรับนี้เรียกว่าการปรับออฟเซต นัล(Offset Null) เมื่อเราทำการปรับค่าเรียบร้อยแล้ว ขนาดสัญญาณที่ส่งให้ส่วนแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอลก็จะอยู่ในช่วงที่เราต้องการ

#### 3.2 ส่วนดิจิตอล

ในส่วนนี้ประกอบไปด้วยส่วนแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล วงจรส่วน

ประมวลผล วงจรเชื่อมต่อกับส่วนประมวลผลของอุปกรณ์ภายนอกต่างๆ โดยใน ส่วนประมวลผลนี้ได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031 เป็นส่วนประมวลผล

### 3.2.1 ส่วนแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล

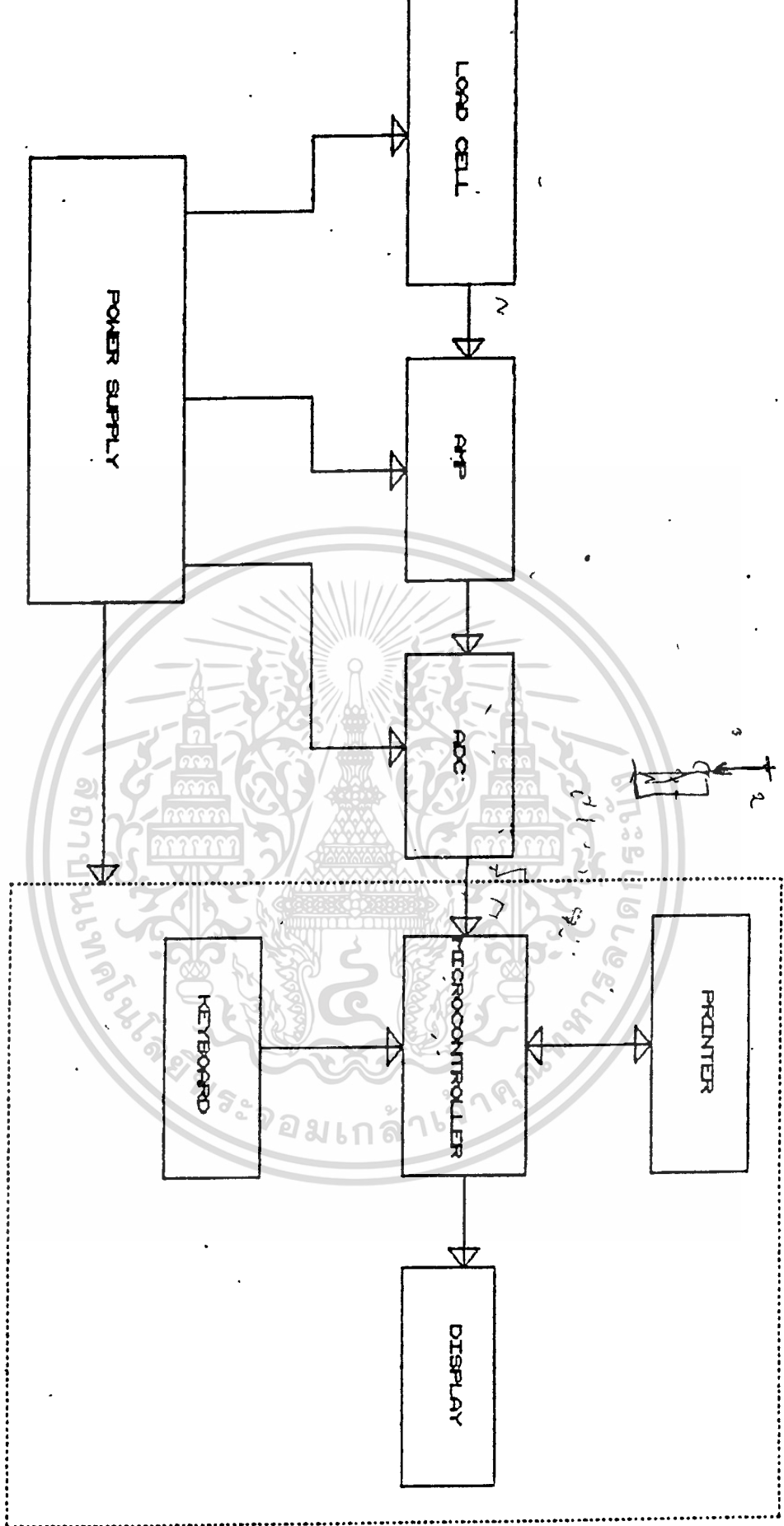
จากรูปที่ 3.3 นั้นจะเห็นว่าวงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอลนั้น มีความ ละเอียดในการแปลงสูงถึง 12 บิต ส่วนแรงดันอ้างอิงนั้นตั้งไว้ที่ 10.24 โวลต์ ซึ่งจะได้ว่าแรงดันอินพุตต้องไม่เกินค่านี้ ส่วนโพลเดเซลที่ใช้รับน้ำหนักได้สูงสุด 30 กก. ซึ่งจะได้ว่าวงจรของเรามี ความละเอียด  $30 \times 10^3 / 2^{12}$  หรือประมาณ 7.32 กรัม แต่เครื่องซึ่งนี้ จะออกแบบให้มีความละเอียด 10 กรัม และค่าสูงสุดที่ยังได้คือ 30 กิโลกรัม วงจรนี้จะทำการแปลงสัญญาณ เมื่อสัญญาณที่ขา SC(Start Conversion) เป็นโลว์ เมื่อแปลงเสร็จแล้วจะส่ง สัญญาณที่เป็น 0 ออกมาที่ขาCC(Conversion Complete)

ส่วนไอซีที่ใช้ในการแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอลนั้นเลือกใช้ ADC1210 ซึ่งเป็นไอซีสำหรับการแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล ที่ใช้หลักการ Successive Approximation ส่วนวงจรเชื่อมต่อกับส่วนประมวลผลนั้นใช้พอร์ท 1 ของ ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นทางเข้าของข้อมูล แต่เนื่องจากสัญญาณที่ได้จากส่วน แปลงอนาลอกเป็นดิจิตอลนั้นมีระดับของสัญญาณเป็นของซีมอส(CMOS) จึงต้องมีการ เปลี่ยนระดับของสัญญาณให้อยู่ในช่วงของระดับของทีทีแอล(TTL) เสียก่อนโดยใช้ ไอซีที่ใช้สำหรับการแปลงระดับแรงดันเบอร์ 4050 CMOS-TTL เป็นตัวจัดการ จากนั้นจึงส่งค่าไปยังพอร์ทที่ใช้รับค่าจากส่วนแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล ซึ่งใช้ ไอซีเบอร์ 74LS245 เป็นตัวจัดการส่วนนี้อีกทีหนึ่ง

### 3.2.2 ส่วนประมวลผล

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าได้ใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุมเครื่อง ชั่งน้ำหนัก จึงทำให้วงจรในส่วนประมวลผลนี้มีจำนวนของอุปกรณ์น้อยมาก เนื่องจากวงจรส่วนต่างๆ มีพร้อมอยู่แล้วภายในตัวไมโครคอนโทรลเลอร์เอง เหลือเพียงส่วนค้าง(Latch) ค่าแอดเดรสของส่วนประมวลผล และส่วนหน่วย ความจำเท่านั้น ที่ต้องมีส่วนค้างค่าแอดเดรสไว้เนื่องมาจากที่พอร์ท 0 ของ 8031 นั้นใช้แสดงทั้งค่าแอดเดรสและค่าข้อมูลที่เข้าไปภายใน โดยใช้การทำการ แบ่งทางเวลา(Time Multiplex) โดยมีสัญญาณ PSE เป็นตัว กำหนดเวลาที่ถูกต้องในการค้างค่าแอดเดรส

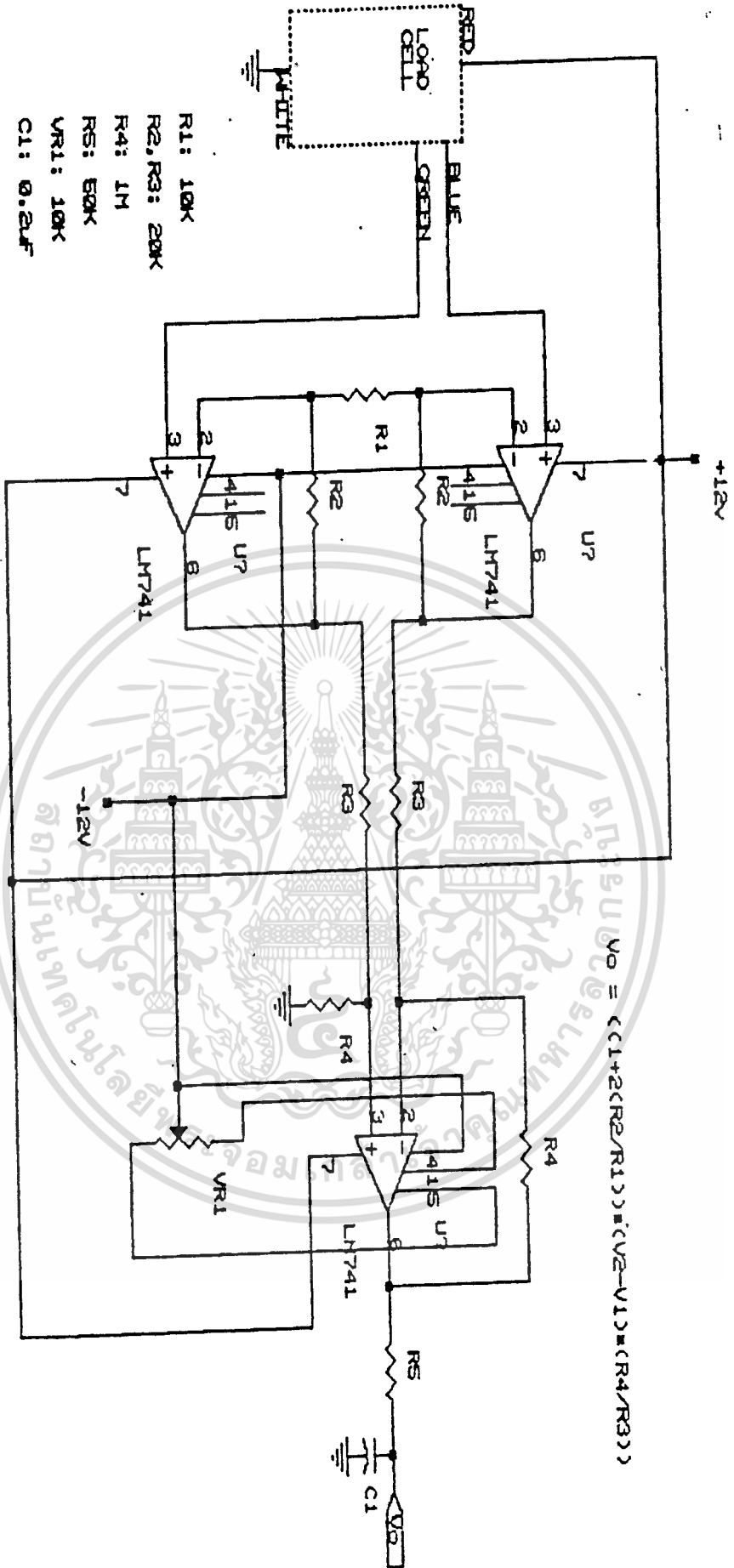
ในส่วนของส่วนประมวลผลนี้ใช้พอร์ท 1 เป็นทางเข้าออกของข้อมูลในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกทั้งหมด และใช้พอร์ท 3 เป็นตัวสร้างสัญญาณ CS (Chip Select) ให้กับอุปกรณ์ภายนอกทั้งหมด โดยวงจรในส่วนประมวลผลนี้ แสดงไว้ในรูป 3.4



รูปที่ 3.1 แสดงส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องชั่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



$$V_o = ((1 + 2(R2/R1)) * (V2 - V1)) * (R4/R3)$$

รูปที่ 3.2 วงจรส่วนอนาล็อก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

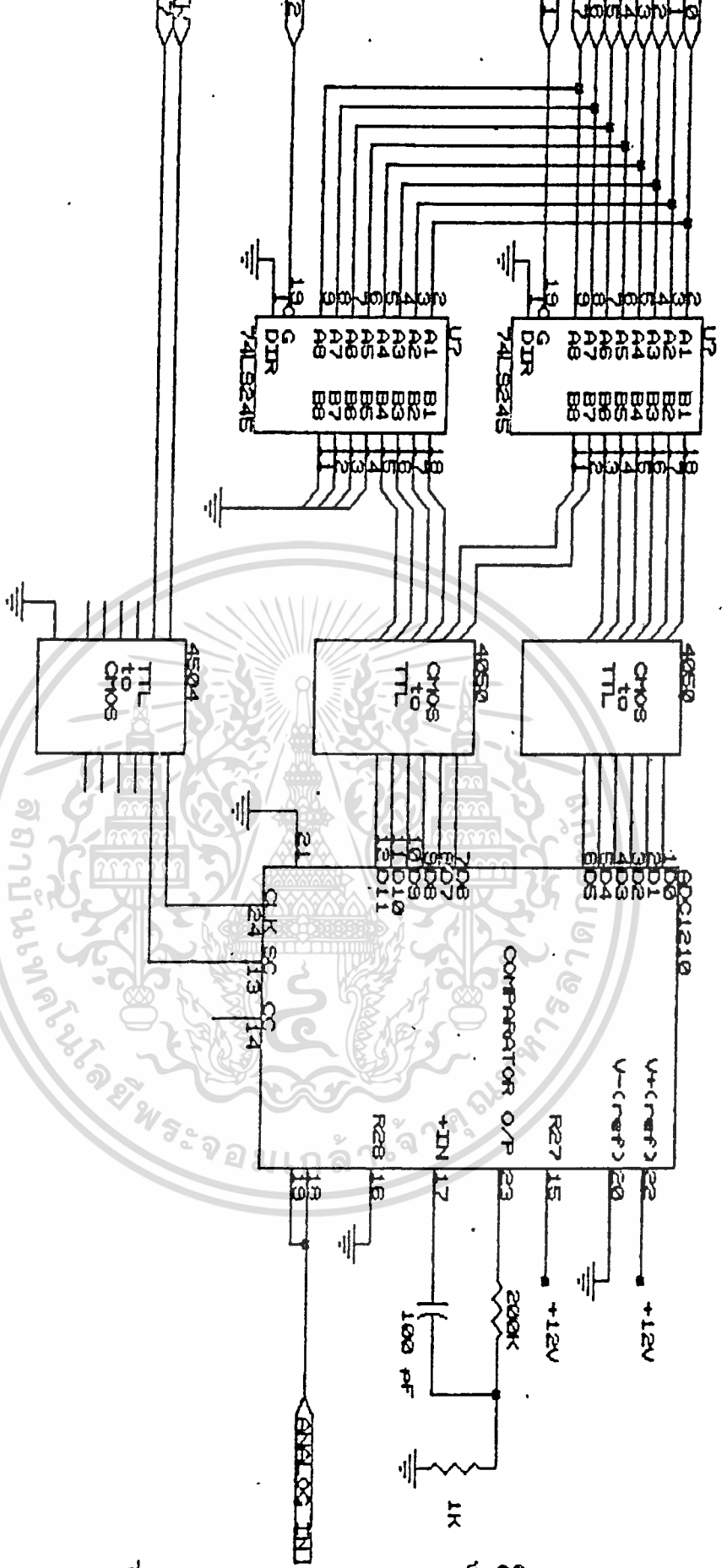
### 3.3.3 ส่วนแสดงผล

ในส่วนของการแสดงผลนี้ใช้ภาคแสดงผลเจ็ดส่วน (Seven Segment) จำนวน 16 หลักในการแสดงผลของน้ำหนัก ราคาต่อหน่วย และราคารวม โดยค่าน้ำหนักใช้การแสดงผล 4 หลัก คือแสดงผลของน้ำหนักในหลักหน่วย หลักสิบ และ ทศนิยมอีกสองตำแหน่ง และการใส่ค่าราคาต่อ กิโลกรัมอีก 5 ตำแหน่ง คือ หลักร้อย หลักหน่วย หลักสิบ และทศนิยมอีกสองตำแหน่ง สุดท้ายเป็นการแสดงผลคณูระหว่างราคากับน้ำหนัก ซึ่งจะเป็นราคารวมนั่นเอง โดยใช้การแสดงผล 7 หลัก คือ หลักหมื่น หลักพัน หลักร้อย หลักสิบ หลักหน่วย และทศนิยมอีกสองตำแหน่ง ซึ่งการสร้างตัวเลขที่จะแสดงในแต่ละหลักนั้นแสดงไว้ในรูป 3.5 และในการสแกนการแสดงผลนั้นใช้ไอซีเบอร์ 74LS154 ซึ่งเป็น 4-16 ดีโคดเดอร์ (Decoder) โดยรับข้อมูลจากพอร์ท 1 ของส่วนประมวลผลแต่จะใช้แค่ 4 บิตล่างเท่านั้น เพื่อเป็นตัวกำหนดคอลัมน์ที่จะทำการแสดงผล โดยจะส่งค่า 0 ไปยังคอลัมน์ที่ต้องการทำการแสดงผล ส่วนในคอลัมน์อื่นๆ ก็จะส่งค่า 1 ออกไป ซึ่งจะทำให้มีการแสดงผลที่คอลัมน์ที่ต้องการเท่านั้น ส่วนข้อมูลสำหรับการแสดงผลนั้นก็จะถูกส่งผ่านมาจากพอร์ท 1 โดยมีตัวค้างข้อมูล 74LS373 คอยทำการค้างข้อมูลไว้ โดยในส่วนของหน่วยความจำ จะทำการจองเนื้อที่ส่วนหนึ่งไว้จำนวน 16 ไบต์ สำหรับคอลัมน์ในการแสดงผลทั้ง 16 คอลัมน์นั่นเอง ในการทำงานจริงก็จะเริ่มทำการแสดงผลจากคอลัมน์ที่ 0 คือ คอลัมน์แรกสุดแล้วเลื่อนไปที่คอลัมน์ถัดไปทางขวาจนถึงคอลัมน์ที่ 15 คือคอลัมน์สุดท้าย แต่ด้วยการทำงานที่รวดเร็วของส่วนประมวลผล จึงทำให้เราเห็นการแสดงผลเป็นไปอย่างต่อเนื่องทุกคอลัมน์ติดพร้อมกันหมด และในขณะที่ทำการแสดงผลที่คอลัมน์ใดนั้น ก็จะมีการตรวจสอบ การกดคีย์ไปพร้อมกันด้วยเนื่องจากเป็นการใช้การสแกนร่วมกัน ดังจะกล่าวในหัวข้อของส่วนรับข้อมูลต่อไป

### 3.3.4 ส่วนรับข้อมูล

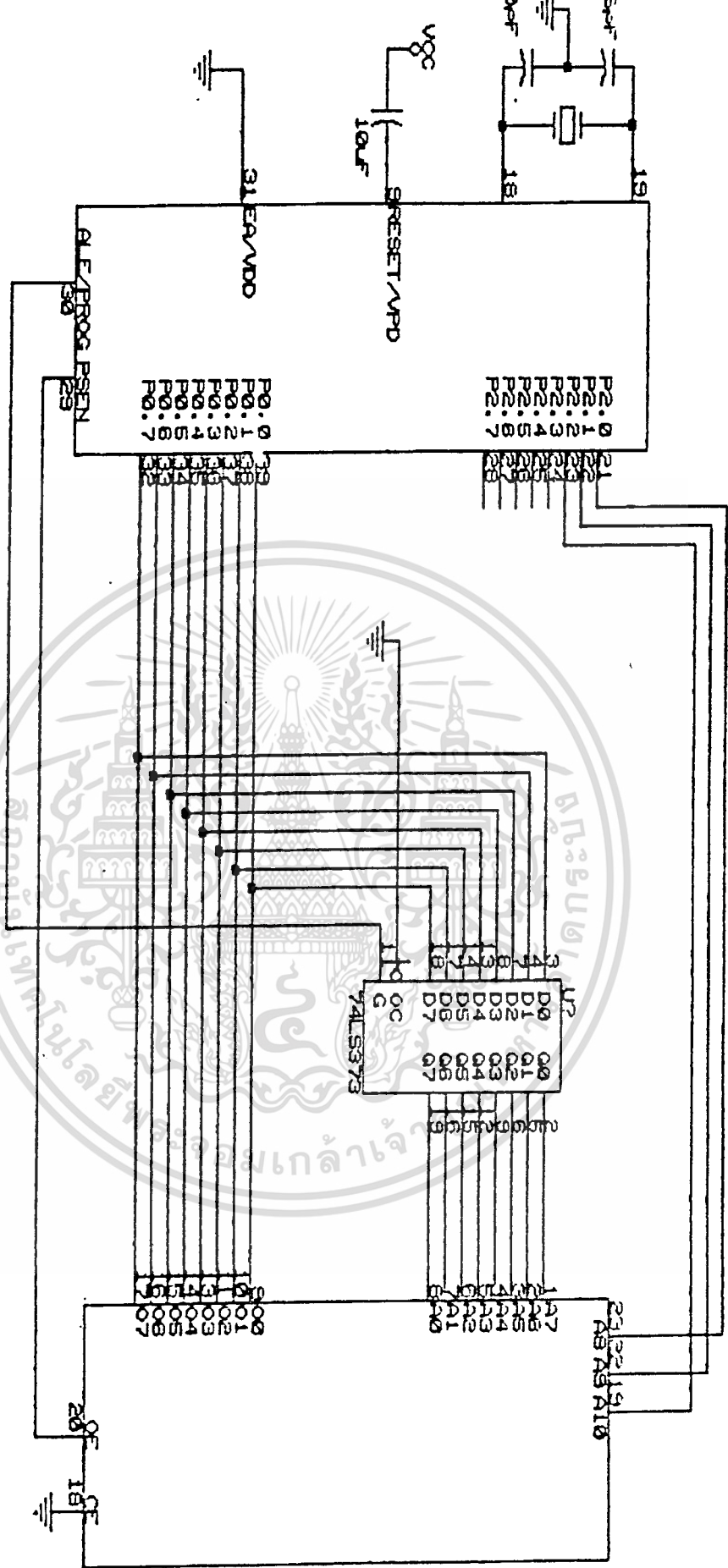
ส่วนนี้ใช้คีย์บอร์ดเมตริกจำนวน 32 คีย์ เป็นตัวรับข้อมูลเข้ามา โดยแบ่งเป็นสองกลุ่มคือ กลุ่มของคีย์บอร์ดที่เป็นตัวเลข กลุ่มนี้ใช้สำหรับการใส่ค่าราคาของสินค้าให้เครื่องทำการคิดราคา ซึ่งรวมถึงฟังก์ชันคีย์ต่างๆ เป็นต้นว่า คีย์สำหรับการสั่ง เครื่องพิมพ์ให้ทำการพิมพ์ คีย์ในการลบส่วนแสดงผล โดยในการทำงานนั้น เครื่องจะรอรับค่าราคาของสินค้าที่เป็นตัวเลขสามหลักกับทศนิยมสองตำแหน่ง แต่ในการใช้งานจริงผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องใส่ค่าให้ครบ เป็นต้นว่าไม่จำเป็นต้องใส่เลขทศนิยมให้ครบ เพียงกดคีย์เอนเทอร์ (Enter) เท่านั้น เครื่องก็จะจัดการใส่ค่าทศนิยมเป็น 0 ให้โดยอัตโนมัติ หรือถ้าเป็นการใส่ค่าทศนิยม .50 นั้นผู้ใช้ก็ไม่จำเป็นต้องกดทั้งเลข 5 และเลข 0 เพียงแต่กดเลข 5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า



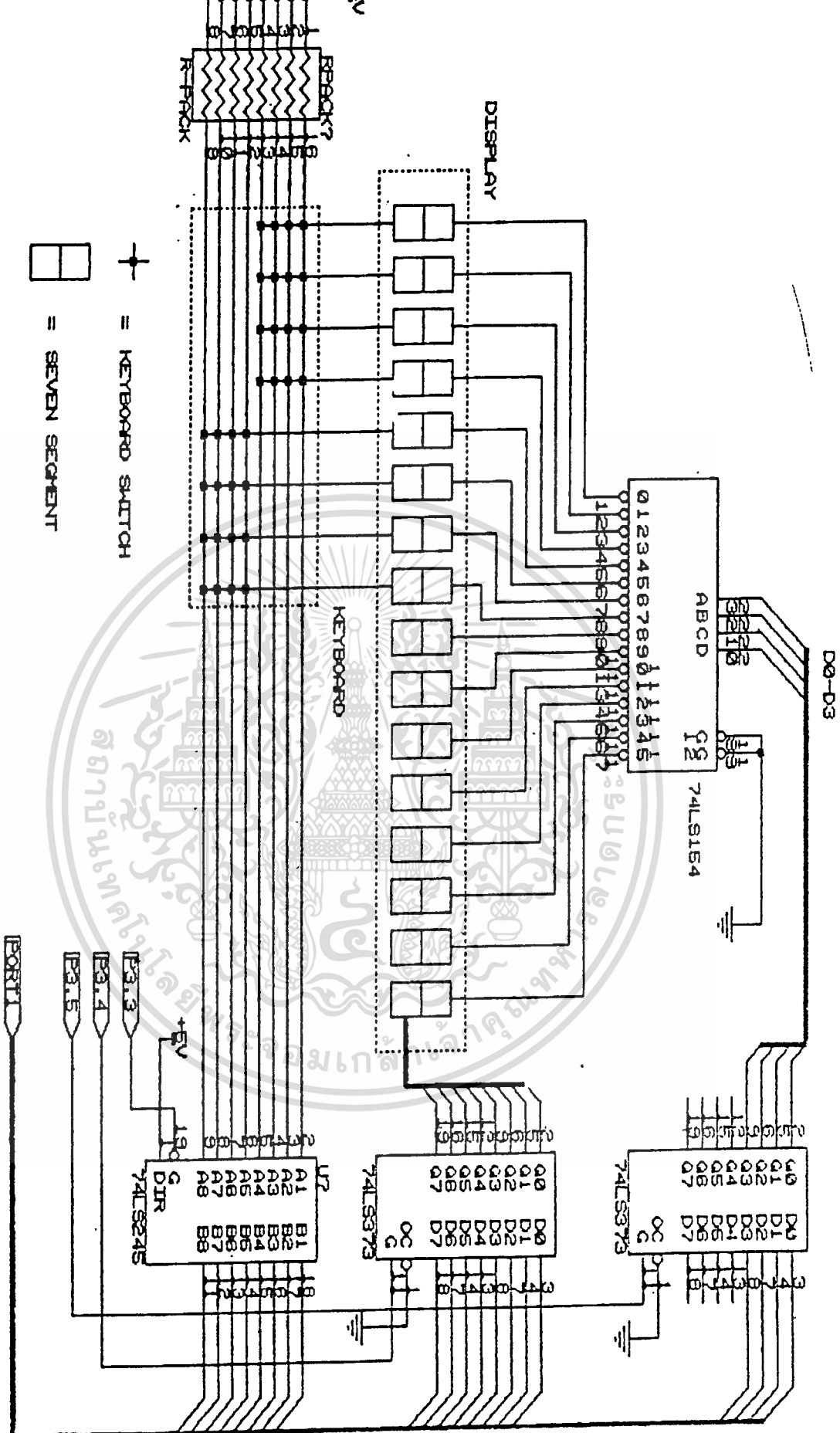
รูปที่ 3.3 วงจรแปลงอนาลอกเป็นดิจิทัล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น. ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 วงจรส่วนประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 วงจรส่วนแสดงผลและส่วนคีย์บอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าการณีใดทงสิ้น อีกทงห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แล้วตามด้วยการกดคีย์เอนเตอร์ เครื่องก็จะทำการใส่ค่า 0 ในทศนิยมตำแหน่งที่ เหลือให้เอง อีกทั้งการกดคีย์ผิด เช่นใส่ราคาที่เป็นตัวเลขเกิน 3 หลัก ซึ่งกรณีนี้ เครื่องจะทำการลบราคาเดิมทิ้งเพื่อรอรับค่าราคาที่ถูกต้องใหม่ ทั้งนี้เพื่ออำนวยความสะดวกในการใช้งานให้แก่ผู้ใช้งาน

ส่วนคีย์บอร์ดอีกกลุ่มหนึ่งนั้นเป็นกลุ่มของการโปรแกรมราคาสินค้า คือ เป็นกลุ่มของคีย์ที่ทำไว้สำหรับกลุ่มของสินค้าที่ต้องมีการจำหน่ายบ่อยๆ โดยการ โปรแกรมราคาต่อกิโลกรัมของสินค้าในกลุ่มนี้เอาไว้ ในเวลาใช้งานก็เพียงแค่นำสินค้าขึ้นชั่งจากนั้นก็กดที่คีย์ของสินค้าชนิดนั้น ก็จะเป็นการใส่ค่าราคาต่อหน่วย กิโลกรัม แล้วเครื่องก็จะทำการคิดราคารวมให้ทันที

ส่วนคีย์บอร์ดที่ใช้ นั้น เลือกใช้คีย์บอร์ดแบบเมตริกที่เป็นแผ่นบางแทนที่ คีย์บอร์ดที่เป็นสวิทช์กด เนื่องจากต้องการความกระชับรัดของตัวอุปกรณ์ อีกทั้ง แบบที่เป็นแผ่นบางๆ นี้มีการต่อใช้งานที่สะดวกกว่ามาก ซึ่งการรับข้อมูลจากคีย์บอร์ดนี้จะรับผ่านทางพอร์ตที่ 1 ร่วมกับสัญญาณเริ่มการทำงานจากพอร์ตที่ 3 และในการแอสกนคีย์บอร์ดนั้นจะทำการแอสกนร่วมกับการแสดงผล คีย์บอร์ดจะ พ่วงอยู่กับคอลัมน์ของการแสดงผลคอลัมน์ที่ 0 คือคอลัมน์แรก จนถึงคอลัมน์ที่ 7 รวมทั้งหมด 8 คอลัมน์ด้วยกัน หลังจากนั้นข้อมูลของการกดคีย์จำนวน 8 บิตก็จะ ถูกส่งผ่านทาง ไอซี 74LS245 ซึ่งเป็นตัวควบคุมการผ่านของข้อมูลจากคีย์บอร์ด โดยในขณะที่ยังไม่มีมีการกดคีย์ ทุกๆ คีย์จะส่งค่า 1 ไปยังส่วนประมวลผล เนื่องจากในภาวะปกติได้ทำการต่อกับตัวต้านทาน पुल-อัพ(Pull-up) เข้าไว้ ค่าที่ รับเข้า ไปจึงเป็นค่าในเลขฐานสิบหกเท่ากับ OFFh จนกว่าที่เมื่อใดก็ตามที่มีการกดคีย์บอร์ดจะทำให้บิตหนึ่งบิตใดของข้อมูลส่วนนี้มีค่าเป็น 0 แทน อันเนื่อง มาจากการกดคีย์บอร์ดนั้นจะทำให้กระแสที่จุดนั้นไหลลงกราวด์ทำให้ได้ค่าเป็น 0 ค่าที่ได้นี้ก็จะมีค่าที่เป็นไปได้ทั้งหมดดังนี้คือ

#### ในกลุ่มของคีย์ตัวเลข

ถ้ากดคีย์ในแถวที่ 0 คือแถวล่างสุด	จะอ่านค่าจากคีย์บอร์ดเป็น	OFEh
ถ้ากดคีย์ในแถวที่ 1	จะอ่านค่าจากคีย์บอร์ดเป็น	OFDh
ถ้ากดคีย์ในแถวที่ 2	จะอ่านค่าจากคีย์บอร์ดเป็น	OFBh
ถ้ากดคีย์ในแถวที่ 3	จะอ่านค่าจากคีย์บอร์ดเป็น	OF7h

#### ในกลุ่มของคีย์โปรแกรมราคา

ถ้ากดคีย์ในแถวที่ 0 คือแถวล่างสุด	จะอ่านค่าจากคีย์บอร์ดเป็น	OEFh
ถ้ากดคีย์ในแถวที่ 1	จะอ่านค่าจากคีย์บอร์ดเป็น	ODFh
ถ้ากดคีย์ในแถวที่ 2	จะอ่านค่าจากคีย์บอร์ดเป็น	OBFh
ถ้ากดคีย์ในแถวที่ 3	จะอ่านค่าจากคีย์บอร์ดเป็น	O7Fh

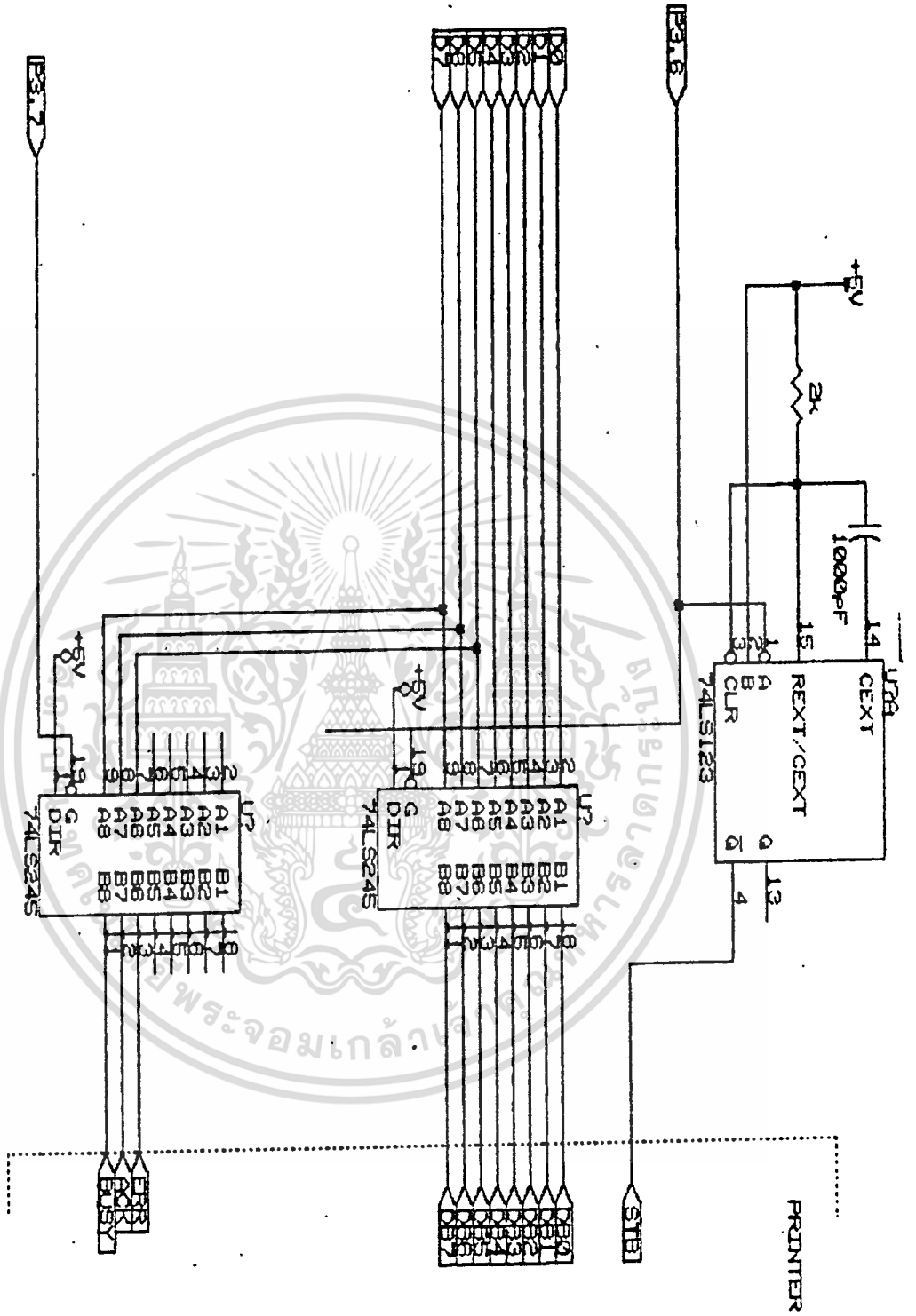
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งในการทำงานจริงนั้นเมื่อเราได้ค่าของข้อมูลที่รับเข้ามาได้ มาพิจารณาพร้อมกับคอลัมน์ที่ทำการแสดงอยู่ในขณะนั้น ก็จะทำให้เราทราบได้ว่าศิษย์ใดที่ถูกกดเพื่อทำงานให้สอดคล้องกับศิษย์นั้นๆ ต่อไป ส่วนรูปวงจรในส่วนนี้ก็ได้แสดงไว้ร่วมกับส่วนแสดงผลคือรูปที่ 3.5

### 3.3.5 ส่วนเครื่องพิมพ์

ในส่วนนี้ได้ใช้เครื่องพิมพ์ขนาดเล็กเป็นอุปกรณ์ในการพิมพ์ โดยสร้างส่วนวงจรเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์เข้าไปส่วนพิมพ์นี้จะทำการพิมพ์ใบเสร็จรับเงินให้กับผู้ซื้อสินค้านั้น โดยข้อมูลที่จะส่งไปยังเครื่องพิมพ์นั้นจะส่งผ่านทางพอร์ต 1 ของส่วนประมวลผลโดยมีสัญญาณควบคุมจากพอร์ต 3 โดยข้อมูลที่ส่งไปยังเครื่องพิมพ์นั้นประกอบไปด้วยข้อมูลที่จะพิมพ์ และคำสั่งควบคุมการพิมพ์อื่นๆ อีก นอกจากนี้ยังมีข้อมูลที่บอกสถานะของเครื่องพิมพ์เองอีกด้วย สถานะที่ต้องทำการตรวจสอบก็คือสัญญาณบีซี (Busy) ซึ่งหมายถึงการที่เครื่องพิมพ์ยังไม่พร้อมที่จะทำการติดต่อกับส่วนประมวลผลเนื่องจากกำลังจัดการภายในอยู่ ก่อนที่เราจะส่งข้อมูลให้เครื่องพิมพ์เราจะต้องรอให้สัญญาณนี้เป็น 0 เสียก่อน ซึ่งหมายถึงการที่เครื่องพิมพ์พร้อมที่จะติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกแล้ว ซึ่งในหน่วยความจำนั้นจะมีส่วนที่เป็นส่วนที่เก็บข้อมูลที่จะส่งออกมาทางเครื่องพิมพ์ ซึ่งข้อมูลตรงนี้ก็จะเป็นข้อมูลของค่าน้ำหนัก ราคาต่อกิโลกรัม และค่าราคารวมของสินค้า เมื่อจะทำการพิมพ์ก็จะทำการส่งข้อมูลในส่วนนี้ออกไปทำการพิมพ์โดยวงจรในส่วนนี้แสดงด้วยรูป 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรส่วนเชื่อมต่อกับเครื่องพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### การทำงานของโปรแกรมควบคุม

ในส่วนของโปรแกรมควบคุมนี้ ถูกเขียนขึ้นด้วยภาษาแอสเซมบลีของ ไมโครคอนโทรลเลอร์ 8031 โดยได้แบ่งโปรแกรมเป็นส่วนย่อยๆ ต่างๆ ซึ่งจะมีส่วนโปรแกรมหลักควบคุมอีกทีหนึ่ง ซึ่งประกอบไปด้วยส่วนสำคัญดังนี้คือ

4.1 โปรแกรมส่วนควบคุมการทำงานของส่วนแปลงอนาลอกเป็นดิจิตอล โปรแกรมส่วนนี้มีหน้าที่ในการสั่งให้เริ่มการแปลงได้โดยการส่งค่า 0 ไปที่ขา SC(Strat Conversion) ของ ADC1210 การส่งก็จะทำการส่งไปทาง P3.0 ของส่วนประมวลผล จากนั้นก็จะทำการหน่วงเวลาเพื่อรอให้การแปลงเสร็จสิ้น ซึ่งในความเป็นจริงแล้วเมื่อ ADC1210 แปลงสัญญาณเสร็จแล้วจะส่งค่า 0 ออกมาที่ขา CC(Conversion Complete) แต่เราจะไม่ใช้การตรวจสอบที่สัญญาณนี้ เนื่องจากถ้าใช้วิธีนี้จะเสียพอร์ตไป 1 บิต เพื่อใช้ในการตรวจสอบ แต่ยังมีโปรแกรมในส่วนอื่นที่ต้องการใช้พอร์ตอีก จึงเลือกวิธีใช้การหน่วงเวลาแทน เมื่อทำการหน่วงเวลาตามที่กำหนดแล้วก็จะทำการอ่านค่าที่ทำการแปลงได้ โดยจะอ่านค่าไบต์ต่ำก่อน แล้วจึงค่อยอ่านค่าไบต์สูง ซึ่งเมื่ออ่านค่ามาแล้วก็จะนำไปเก็บไว้ในชื่อตัวแปร HEX\_LO และ HEX\_HI ตามลำดับโฟลว์ชาร์ท(Flowchart) ของโปรแกรมในส่วนนี้แสดงไว้ในรูปที่ 4.1 หลังจากที่ได้ค่าแล้วจะต้องทำการแปลงค่าที่ได้ซึ่งเป็นเลขฐานสิบหกอยู่ ให้ไปอยู่ในรูปของโคดบีซีดี(BCD) เสียก่อน เพื่อให้สะดวกในการทำการคำนวณต่างๆ โดยใช้โปรแกรมย่อย BIN2BCD เป็นตัวแปลงค่า เป็นโคดบีซีดีขนาด 4 ไบต์เก็บไว้ในชื่อตัวแปร MUL หรือก็คือค่าน้ำหนักนั่นเอง

### 4.2 โปรแกรมส่วนแสดงผลและรับค่าจากคีย์บอร์ด

หน้าที่ของโปรแกรมในส่วนนี้คือ นำค่าจากหน่วยความจำในส่วนของการแสดงผลออกมาแสดงผลโดยการนำค่าน้ำหนัก ราคาต่อกิโลกรัม และราคารวม ซึ่งเป็นโคดบีซีดีมาทำการแปลงค่าให้เป็นโคดของการแสดงผลของส่วนแสดงผลเจ็ดส่วน ซึ่งในส่วนนี้จัดการโดยโปรแกรมย่อย TO\_DSP\_CODE แต่มีข้อที่ต้องคำนึงคือที่คอลัมน์ที่ 1,6 และ 13 จะเป็นคอลัมน์ที่ต้องมีการแสดงจุดทศนิยมด้วยซึ่งก็ทำได้ด้วยการทำให้ค่าโคดการแสดงผลเป็นโคดที่มีการแสดงจุดทศนิยมด้วย คือบวก 080h เข้าไปนั่นเอง ซึ่งโฟลว์ชาร์ทของโปรแกรมในส่วนนี้แสดงได้ด้วยรูป 4.2

และในการแสดงผลนั้น โปรแกรมก็จะทำการตรวจสอบการกดคีย์บอร์ดไปด้วย ถ้าตรวจสอบว่ามีการกดก็จะจัดการตรวจสอบว่าคีย์ใดที่ถูกกด โดยในส่วนนี้โปรแกรมย่อย KBD\_RECOG จะเป็นตัวจัดการให้ หลังจากนั้นแล้วก็จะเป็นการทำงานตามหน้าที่ของคีย์ที่มีการกดนั้น ถ้าเป็นคีย์ตัวเลขก็จะจัดการนำค่าตัวเลข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

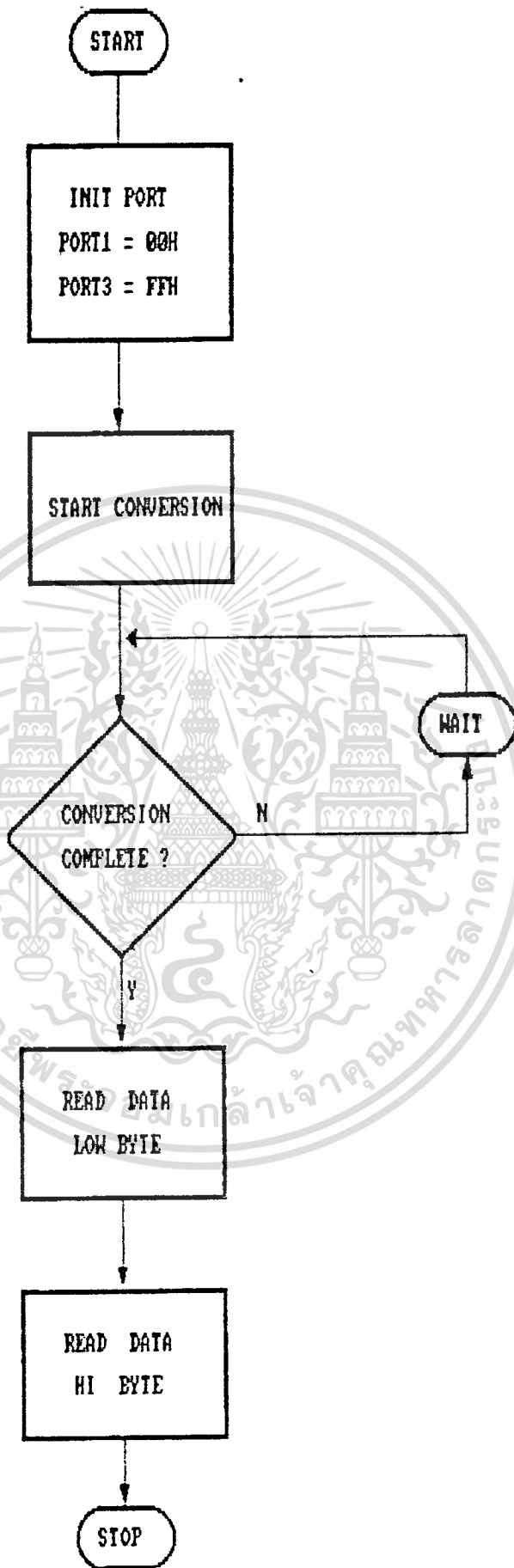
นั้นไปใส่ที่ค่าราคาต่อกิโลกรัม ถ้าเป็นคีย์ลบข้อมูลก็จะทำการลบค่าราคาเดิมเสีย ถ้าเป็นคีย์เอนเตอร์ก็จะทำการคิดราคารวมให้ และถ้าเป็นการสั่งพิมพ์ก็จะทำการพิมพ์ใบเสร็จรับเงินของการซื้อสินค้าให้ โดยในส่วนของโปรแกรมย่อย KBD จะเป็นตัวจัดการ ซึ่งฟลิวชาร์ทของโปรแกรมในส่วนนี้ได้แสดงไว้ด้วยรูป 4.3

#### 4.3 โปรแกรมส่วนการคิดราคารวม

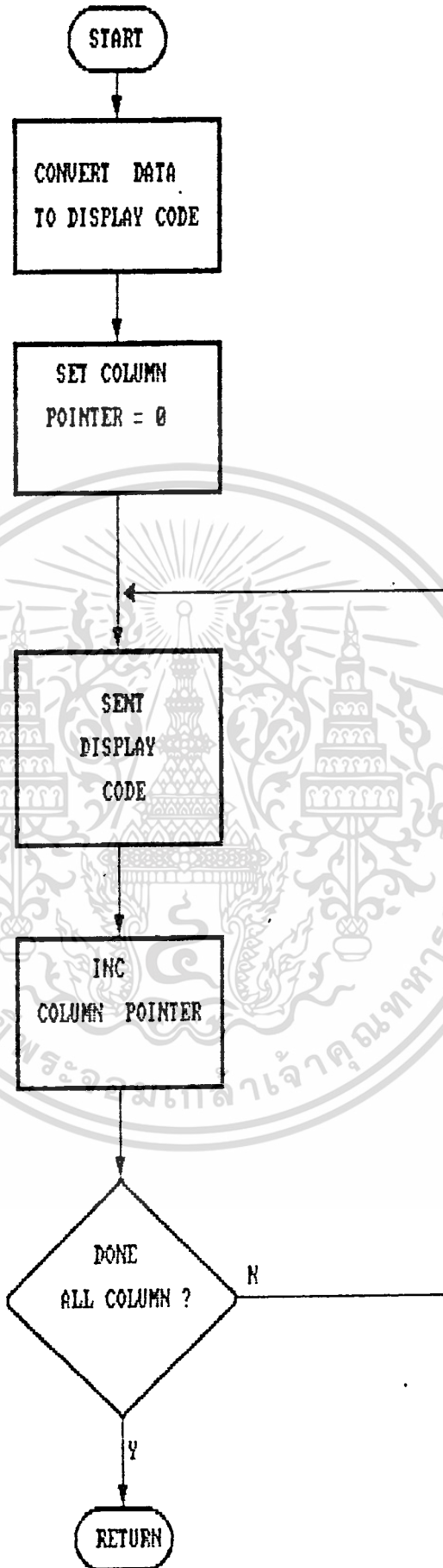
หน้าที่ของโปรแกรมในส่วนนี้ก็คือการนำค่าน้ำหนักที่อ่านได้ มาคูณกับค่าราคาต่อกิโลกรัมที่รับมาจากคีย์บอร์ด แล้วแสดงผลราคารวมทางส่วนแสดงผล โดยโปรแกรมย่อย TOTAL\_PRICE จะเป็นตัวจัดการในเรื่องนี้ โดยโปรแกรมย่อยนี้จะถูกเรียกใช้งานก็ต่อเมื่อ มีการกดคีย์เอนเตอร์เพื่อทำการคิดราคารวม หรือเมื่อเสร็จสิ้นการใส่ค่าราคาต่อกิโลกรัม ในโปรแกรมย่อย TOTAL\_PRICE นี้ยังประกอบไปด้วยโปรแกรมย่อยส่วนอื่นๆ อีก คือ โปรแกรม MUL\_BCD ซึ่งเป็นโปรแกรมที่จัดการคูณเลขบีซีดีให้ ซึ่งการคูณนี้เราจะไม่คำนึงถึงจุดทศนิยม คือจะทำการคูณเสมือนเป็นเลขจำนวนเต็มธรรมดา ก่อน แล้วจึงค่อยมาจัดการวางจุดทศนิยมภายหลัง การคูณนี้จะนำค่าน้ำหนักซึ่งเป็นเลขบีซีดี 4 หลัก คูณกับราคาต่อกิโลกรัม ซึ่งเป็นเลขบีซีดี 5 หลัก มาคูณกัน ผลของการคูณนี้เราจะได้ว่าราคารวมเป็นเลข บีซีดีขนาด 9 หลัก แต่เราจะตัด 2 หลักสุดท้ายทิ้งเนื่องจากสองหลักสุดท้ายเป็นทศนิยมตำแหน่งที่ 3 และ 4 ของผลจากการคูณ ซึ่งเราไม่ต้องการใช้งาน จึงเหลือเพียงบีซีดีขนาด 7 หลักแทน จากนั้นก็จะทำการเอาค่าน้ำหนักไปเก็บในชื่อตัวแปร RESULT ซึ่งเป็นค่าราคารวมนั่นเอง ฟลิวชาร์ทของโปรแกรมในส่วนนี้แสดงได้ด้วยรูป 4.4

#### 4.4 โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่องพิมพ์

หน้าที่ของโปรแกรมในส่วนนี้คือนำค่าน้ำหนัก ราคาต่อกิโลกรัมและค่าราคารวมของสินค้า ออกไปพิมพ์ทางเครื่องพิมพ์ขนาดเล็ก โดยข้อมูลของสิ่งที่จะพิมพ์นี้จะถูกเก็บไว้ในรูปของไคต์ของการพิมพ์ ซึ่งหมายถึงแอสกีไคต์นั่นเอง โดยมีโปรแกรมย่อย TO\_LPT\_CODE เป็นตัวจัดการอ่านค่าต่างๆ มาแปลงเป็นไคต์ที่สอดคล้องกับการพิมพ์นั้น จากนั้นจะทำการตรวจสอบสถานะของเครื่องพิมพ์โดยอ่านค่าของสถานะผ่านเข้ามาทางพอร์ท 1 ซึ่งใช้สัญญาณควบคุมจากพอร์ท 3 มาอีกที ในกรณีที่สถานะของเครื่องพิมพ์ยังไม่พร้อมที่จะรับข้อมูลนั้น สัญญาณบีชีจากเครื่องพิมพ์ก็จะมีค่าเป็น 1 ในกรณีนี้โปรแกรมก็จะทำการตรวจสอบสถานะต่อไปจนกว่าสัญญาณที่อ่านได้มีค่าเป็น 0 เมื่อใดหมายถึงว่าขณะนั้นเครื่องพิมพ์พร้อมที่จะทำการติดต่อกับส่วนประมวลผลแล้ว จึงทำการส่งข้อมูลตัวถัดไปให้กับเครื่องพิมพ์ เมื่อพิมพ์เรียบร้อยแล้วก็ป็นอันสิ้นสุดการทำงานของโปรแกรม โดยฟลิวชาร์ทของการทำงานในส่วนนี้อยู่ในรูปที่ 4.5



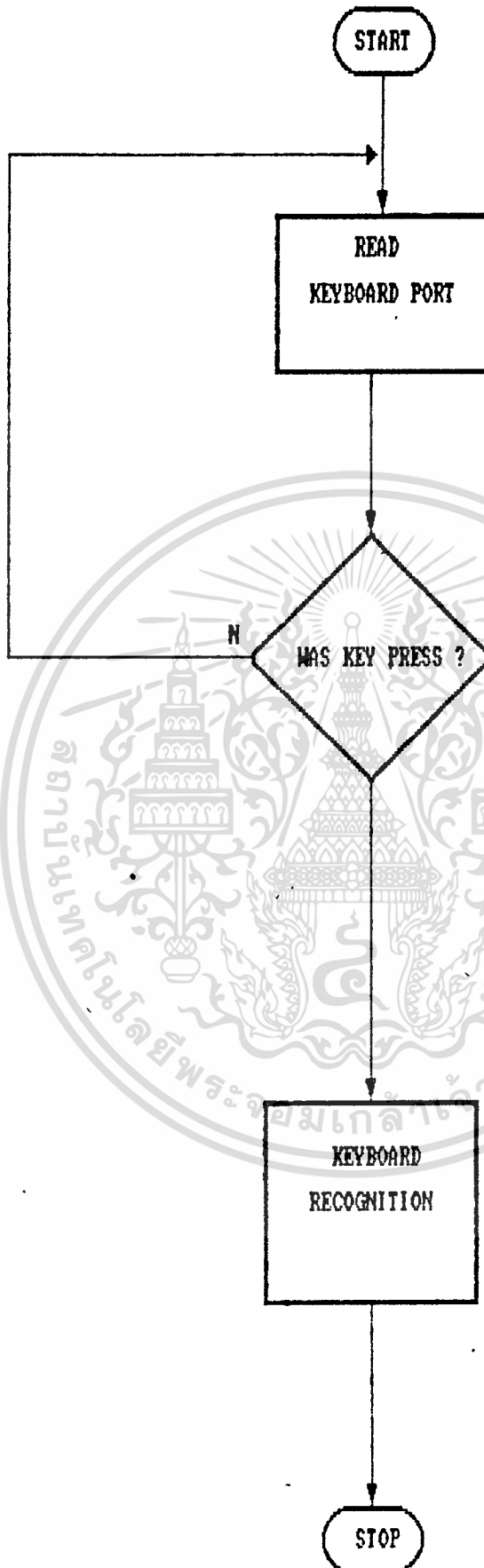
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ารูปที่ 4.1 นั้น แสดงไพลวชาร์ทของโปรแกรมควบคุมส่วนแปลงอนาลอกเป็นดิจิทัล



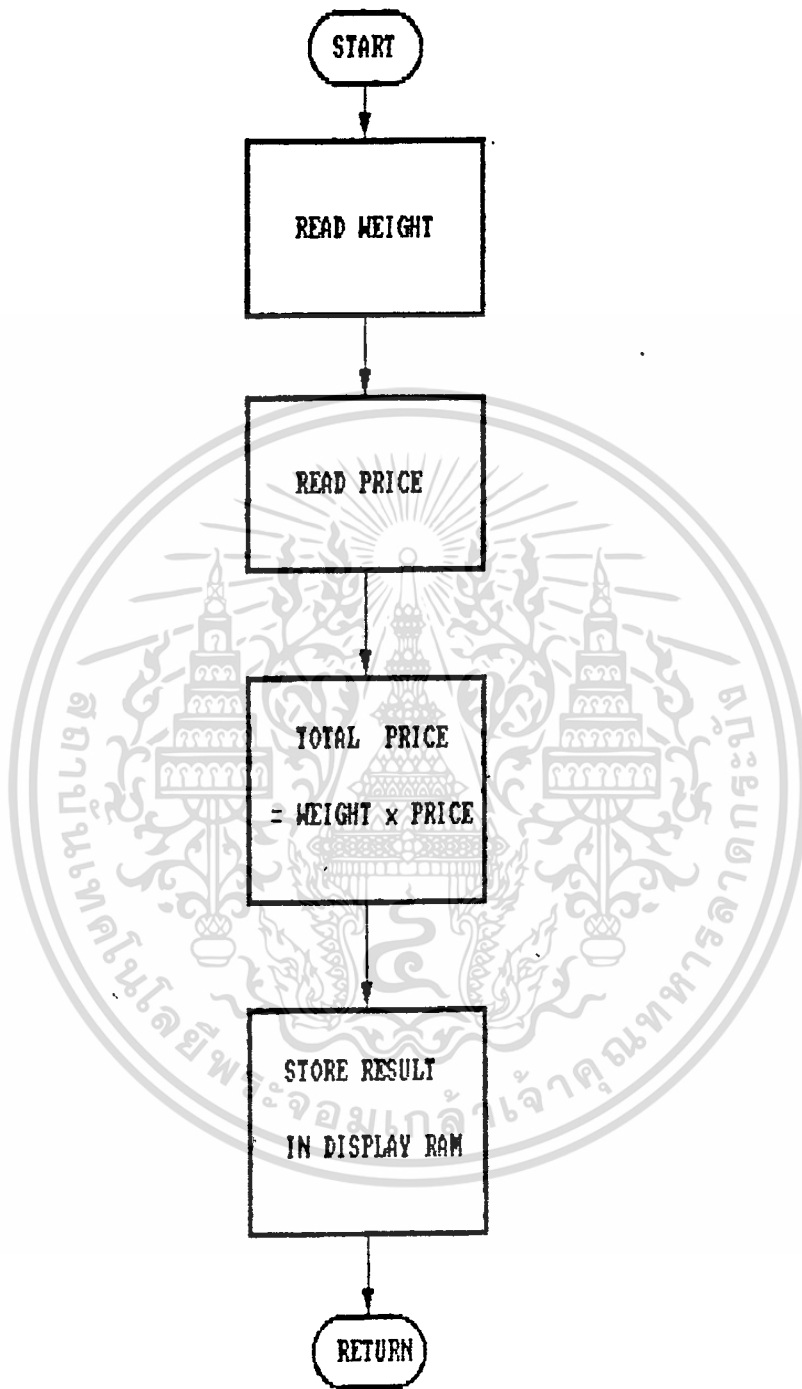
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ถ้าทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและตัดอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 แสดงโปรแกรมควบคุมส่วนแสดงผล



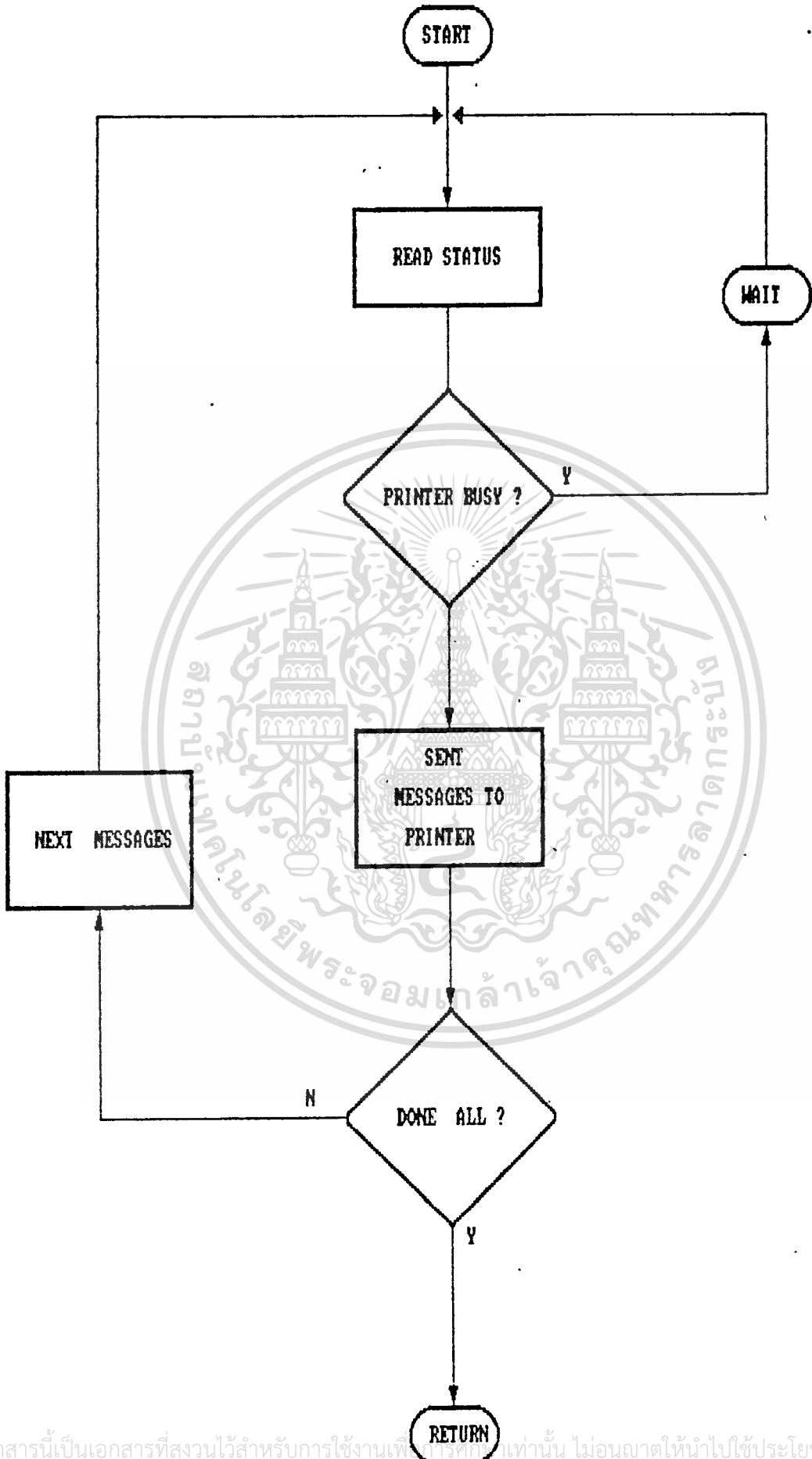
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะในรูปแบบที่ 4.3 ที่แสดงโฟลชาร์ทของโปรแกรมควบคุมการทำงานของคีย์บอร์ด



รูปที่ 4.4 แสดงโฟลวชาร์ทของโปรแกรมคำนวณราคารวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าจะวิธีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรรม  
 รูปที่ 4.4 แสดงไพลวชาร์ทของโปรแกรมควบคุมการทำงานเครื่องพิมพ์

## บทที่ 5

### การทดลองและผลการทดลอง

เพื่อเป็นการทดสอบการทำงานของเครื่องซึ่งน้ำหนักกว่ามีความเที่ยงตรงเพียงใดจึงได้จัดการทำการทดสอบการใช้งานขึ้น โดยในการทดสอบจะทำการนำก้อนน้ำหนักที่ทราบค่าแน่นอนมาทำการชั่งแล้วอ่านค่าจากเครื่องซึ่ง โดยชั่งเป็นจำนวน 10 ครั้งเพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่องซึ่ง ซึ่งจากการทดลองได้ผลการทดลองออกมาดังนี้

#### การทดลองครั้งที่ 1

สภาพแวดล้อมที่ทำการทดลอง : ทดลองในห้องโถงมีลมพัดผ่านเล็กน้อย

อุณหภูมิขณะทำการทดลอง :  $35^{\circ}\text{C}$

น้ำหนักที่ใช้ในการทดลอง : 1 กก.

นิกัดของเครื่องซึ่ง : 0.00 - 40.96 กก.

#### ผลการทดลอง

ชั่งครั้งที่	น้ำหนักที่อ่านได้จากเครื่องซึ่ง
1	3.25
2	2.59
3	1.72
4	2.18
5	1.20
6	1.08
7	1.04
8	1.16
9	1.09
10	2.40

จากผลการทดลองข้างต้นจะเห็นว่าผลการทดลอง ไม่อยู่ในเกณฑ์ที่น่าพอใจนัก จึงได้ทำการทดลองใหม่อีกครั้ง โดยได้ทำการเปลี่ยนนิกัดของเครื่องซึ่งใหม่ คือจากเดิม 00.00 - 40.96 กก. เป็น 00.00 - 10.00 กก.

#### การทดลองครั้งที่ 2

สภาพแวดล้อมที่ทำการทดลอง : ทดลองในห้องโถงมีลมพัดผ่านเล็กน้อย

อุณหภูมิขณะทำการทดลอง :  $35^{\circ}\text{C}$

น้ำหนักที่ใช้ในการทดลอง : 1 กก.

นิกัดของเครื่องซึ่ง : 0.00 - 10.00 กก.

#### ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งครั้งที่	น้ำหนักที่อ่านได้จากเครื่องซึ่ง
1	1.05
2	1.06
3	1.01
4	1.00
5	1.02
6	1.07
7	1.01
8	1.10
9	1.08
10	1.02

ซึ่งผลจากการทดลองเห็นว่าได้ประสิทธิภาพดีขึ้นมา จึงได้ทำการ  
เปลี่ยนค่าน้ำหนักที่ใช้ซึ่ง เป็น 2 กก. จากนั้นทำการทดลองใหม่อีกครั้งหนึ่ง

การทดลองครั้งที่ 3

สภาพแวดล้อมที่ทำการทดลอง : ทดลองในห้องโถงมีลมพัดผ่านเล็กน้อย  
อุณหภูมิขณะทำการทดลอง : 35 °C  
น้ำหนักที่ใช้ในการทดลอง : 2 กก.  
พิกัดของเครื่องซึ่ง : 0.00 - 10.00 กก.  
ผลการทดลอง

ซึ่งครั้งที่	น้ำหนักที่อ่านได้จากเครื่องซึ่ง
1	2.08
2	2.05
3	2.10
4	2.02
5	2.01
6	2.00
7	2.01
8	2.01
9	2.04
10	2.01

#### การทดลองครั้งที่ 4

สภาพแวดล้อมที่ทำการทดลอง : ทดลองในห้องโถงมีลมพัดผ่านเล็กน้อย

อุณหภูมิขณะทำการทดลอง : 35 ° C

น้ำหนักที่ใช้ในการทดลอง : 3 กก.

นิกัตของเครื่องชั่ง : 0.00 - 10.00 กก.

ผลการทดลอง

ชั่งครั้งที่	น้ำหนักที่อ่านได้จากเครื่องชั่ง
1	3.10
2	3.04
3	3.01
4	3.04
5	3.08
6	3.10
7	3.01
8	3.02
9	3.03
10	3.04

#### การทดลองครั้งที่ 5

สภาพแวดล้อมที่ทำการทดลอง : ทดลองในห้องโถงมีลมพัดผ่านเล็กน้อย

อุณหภูมิขณะทำการทดลอง : 35 ° C

น้ำหนักที่ใช้ในการทดลอง : 4 กก.

นิกัตของเครื่องชั่ง : 0.00 - 10.00 กก.

ผลการทดลอง

ชั่งครั้งที่	น้ำหนักที่อ่านได้จากเครื่องชั่ง
1	4.02
2	4.01
3	4.15
4	4.09
5	4.04
6	4.01

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7	4.05
8	4.02
9	4.06
10	4.00

**การทดลองครั้งที่ 6**

สภาพแวดล้อมที่ทำการทดลอง : ทดลองในห้องโถงมีลมพัดผ่านเล็กน้อย

อุณหภูมิขณะทำการทดลอง : 35 ° C

น้ำหนักที่ใช้ในการทดลอง : 5 กก.

พิกัดของเครื่องชั่ง : 0.00 - 10.00 กก.

ผลการทดลอง

ชั่งครั้งที่	น้ำหนักที่อ่านได้จากเครื่องชั่ง
1	5.01
2	5.06
3	5.02
4	5.09
5	5.05
6	5.23
7	5.23
8	5.14
9	5.07
10	5.02

**การทดลองครั้งที่ 7**

สภาพแวดล้อมที่ทำการทดลอง : ทดลองในห้องโถงมีลมพัดผ่านเล็กน้อย

อุณหภูมิขณะทำการทดลอง : 35 ° C

น้ำหนักที่ใช้ในการทดลอง : 6 กก.

พิกัดของเครื่องชั่ง : 0.00 - 10.00 กก.

ผลการทดลอง

ชั่งครั้งที่	น้ำหนักที่อ่านได้จากเครื่องชั่ง
1	6.02
2	6.00
3	6.01

4	6.02
5	6.06
6	6.01
7	6.02
8	6.00
9	6.01
10	6.01

**การทดลองครั้งที่ 8**

สภาพแวดล้อมที่ทำการทดลอง : ทดลองในห้องโถงมีลมพัดผ่านเล็กน้อย  
อุณหภูมิขณะทำการทดลอง : 35 ° C  
น้ำหนักที่ใช้ในการทดลอง : 7 กก.  
นิกิตของเครื่องชั่ง : 0.00 - 10.00 กก.  
ผลการทดลอง

ชั่งครั้งที่	น้ำหนักที่อ่านได้จากเครื่องชั่ง
1	7.02
2	7.05
3	7.01
4	7.02
5	7.02
6	7.03
7	7.02
8	7.05
9	7.01
10	7.02

**การทดลองครั้งที่ 9**

สภาพแวดล้อมที่ทำการทดลอง : ทดลองในห้องโถงมีลมพัดผ่านเล็กน้อย  
อุณหภูมิขณะทำการทดลอง : 35 ° C  
น้ำหนักที่ใช้ในการทดลอง : 8 กก.  
นิกิตของเครื่องชั่ง : 0.00 - 10.00 กก.  
ผลการทดลอง

ชั่งครั้งที่	น้ำหนักที่อ่านได้จากเครื่องชั่ง
--------------	---------------------------------

1	8.02
2	8.02
3	8.03
4	8.06
5	8.01
6	8.04
7	8.02
8	8.06
9	8.05
10	8.05

**การทดลองครั้งที่ 10**

สภาพแวดล้อมที่ทำการทดลอง : ทดลองในห้องโถงมีลมพัดผ่านเล็กน้อย  
อุณหภูมิขณะทำการทดลอง : 35 °C  
น้ำหนักที่ใช้ในการทดลอง : 9 กก.  
นิกัตของเครื่องชั่ง : 0.00 - 10.00 กก.  
ผลการทดลอง

ชั่งครั้งที่	น้ำหนักที่อ่านได้จากเครื่องชั่ง
1	9.01
2	9.04
3	9.04
4	9.03
5	9.00
6	9.07
7	9.05
8	9.00
9	9.05
10	9.03

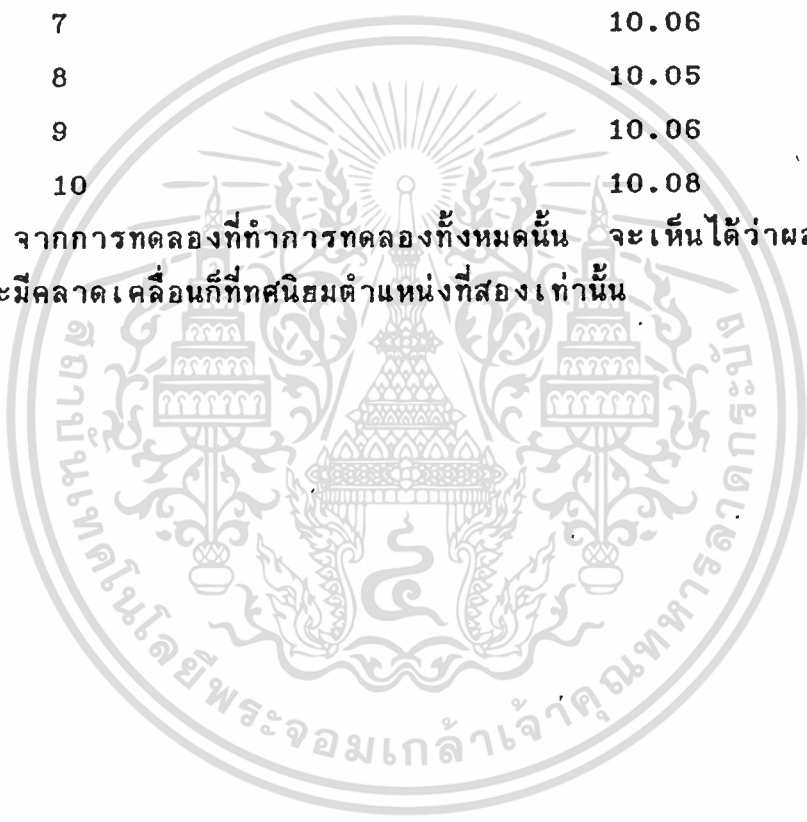
**การทดลองครั้งที่ 11**

สภาพแวดล้อมที่ทำการทดลอง : ทดลองในห้องโถงมีลมพัดผ่านเล็กน้อย  
อุณหภูมิขณะทำการทดลอง : 35 °C  
น้ำหนักที่ใช้ในการทดลอง : 10 กก.  
นิกัตของเครื่องชั่ง : 0.00 - 10.00 กก.

## ผลการทดลอง

ซึ่งครั้งที่	น้ำหนักที่อ่านได้จากเครื่องซึ่ง
1	10.01
2	10.02
3	10.03
4	10.08
5	10.05
6	10.04
7	10.06
8	10.05
9	10.06
10	10.08

จากการทดลองที่ทำการทดลองทั้งหมดนั้น จะเห็นได้ว่าผลการซึ่งอยู่ใน  
เกณฑ์ที่ดีจะมีคลาดเคลื่อนก็ที่ทศนิยมตำแหน่งที่สองเท่านั้น



## บทวิจารณ์และสรุป

ในการใช้งานเครื่องชั่งน้ำหนักนั้น ประเด็นแรกที่ต้องคำนึงถึงอย่างหลักเล็งไม่ได้เลยคือ เรื่องของความถูกต้องแม่นยำของค่าน้ำหนักที่ชั่งได้ ซึ่งเป็นหน้าที่หลักของเครื่องชั่งอยู่แล้ว คงจะไม่มีประโยชน์อะไรเลยที่จะใช้งานเครื่องชั่งน้ำหนักที่ให้ค่าไม่ตรงกับความเป็นจริง ประเด็นต่อไปก็คงจะเป็นเรื่องของสิ่งอำนวยความสะดวกในการใช้งานต่างๆ ที่เครื่องมีให้ ซึ่งนอกจากจะชั่งน้ำหนักได้อย่างเดี๋ยวล้วแล้วควรมีความสามารถในด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานจริงด้วย

เครื่องชั่งน้ำหนักที่ได้ประดิษฐ์ขึ้นมาชิ้นนี้คงจะเป็นคำตอบสำหรับปัญหาต่างๆ ในการใช้งานเครื่องชั่งได้เป็นอย่างดี เนื่องจากเป็นการรวมเอาข้อดีของเครื่องชั่งที่ควรจะเป็นทั้งในเรื่องของความถูกต้องแม่นยำ และความสามารถในการอำนวยความสะดวกไม่ว่าจะเป็นการคิดราคา และการพิมพ์ใบเสร็จรับเงิน มารวมอยู่ในเครื่องชั่งเครื่องเดียว ซึ่งแน่นอนว่าจะเป็นอีกสิ่งหนึ่งที่ช่วยสนับสนุนการทำงานของธุรกิจที่เกี่ยวข้องกับการซื้อขายสินค้าตามน้ำหนักได้เป็นอย่างดี อีกทั้งยังเป็นสัญลักษณ์ในการนำเอาเทคโนโลยีเข้ามาอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันได้อีกทางหนึ่ง ซึ่งจะส่งผลรวมไปยังการเข้าสู่สังคมแห่งเทคโนโลยีต่อไปในอนาคต



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ในฐานะผู้จัดทำโครงการเครื่องชั่งน้ำหนัก ต้องขอขอบคุณบุคคลต่อไปนี้ซึ่งเป็นผู้ที่ช่วยสนับสนุนให้โครงการดำเนินมาจนสำเร็จลุล่วงด้วยดี อันได้แก่ อาจารย์ที่ปรึกษา และเพื่อนๆ อีกทั้งน้องๆ ทุกคนที่คอยช่วยเหลือในทุกๆ ด้าน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หนังสืออ้างอิง

1. Intel, "Microcontroller User's Manual", Intel, 521 p., 1982.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# ADC1210, ADC1211 12-Bit CMOS A/D Converters

## General Description

The ADC1210, ADC1211 are low power, medium speed, 12-bit successive approximation, analog-to-digital converters. The devices are complete converters requiring only the application of a reference voltage and a clock for operation. Included within the device are the successive approximation logic, CMOS analog switches, precision laser trimmed thin film R-2R ladder network and FET input comparator.

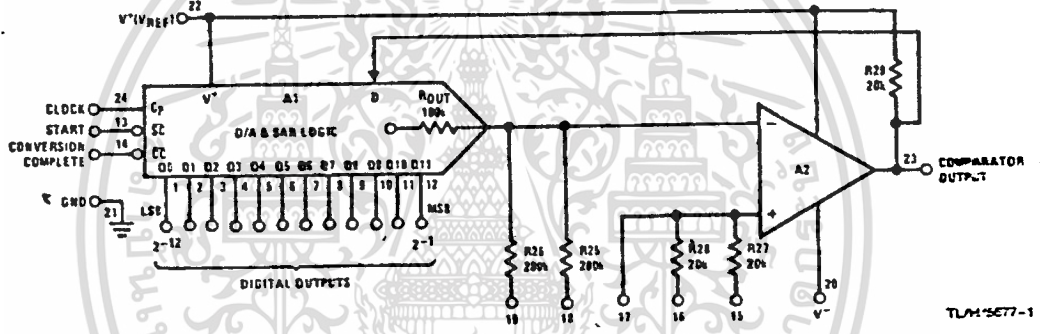
The ADC1210 offers 12-bit resolution and 12-bit accuracy, and the ADC1211 offers 12-bit resolution with 10-bit accuracy. The inverted binary outputs are directly compatible with CMOS logic. The ADC1210, ADC1211 will operate over a wide supply range, convert both bipolar and unipolar analog inputs, and operate in either a continuous conversion mode or logic-controlled START-STOP conversion mode. The devices are capable of making a 12-bit conversion in 100  $\mu$ s typ, and can be connected to convert 40 bits in 30  $\mu$ s.

Both devices are available in military and industrial temperature ranges.

## Features

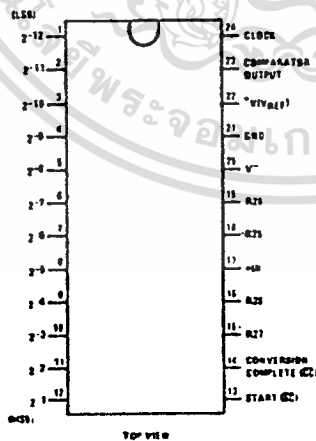
- 12-bit resolution
- $\pm 1/4$  LSB or  $\pm 2$  LSB nonlinearity
- Single +5V to  $\pm 15$ V supply range
- 100  $\mu$ s 12-bit, 30  $\mu$ s 10-bit conversion rate
- CMOS compatible outputs
- Bipolar or unipolar analog inputs
- 200 k $\Omega$  analog input impedance

## Block Diagram



## Connection Diagram

Dual-In-Line Package



Order Number ADC1210HD,  
ADC1210HCD, ADC1211HD,  
ADC1211HCD  
See NS Package D24D

## Absolute Maximum Ratings

If Military/Aerospace specified devices are required, contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Maximum Reference Supply Voltage (V <sup>+</sup> )	16V
Maximum Negative Supply Voltage (V <sup>-</sup> )	-20V
Voltage At Any Logic Pin	V <sup>+</sup> + 0.3V
Analog Input Voltage	±15V
Maximum Digital Output Current	±10 mA
Maximum Comparator Output Current	50 mA

Comparator Output Short-Circuit Duration	5 Seconds
Power Dissipation	See Curves
Operating Temperature Range	
ADC1210HD, ADC1211HD	-55°C to +125°C
ADC1210HCD, ADC1211HCD	-25°C to +85°C
Storage Temperature Range	-65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 10 seconds)	300°C
ESD Susceptibility (Note 4)	TBD V

## DC Electrical Characteristics (Notes 1 and 2)

Parameter	Conditions	ADC1210			ADC1211			Units
		Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
Resolution		12			12			Bits
Linearity Error	(Note 3) f <sub>CLK</sub> = 65 kHz, T <sub>A</sub> = 25°C f <sub>CLK</sub> = 65 kHz			±0.0183 ±0.0366			±0.0488	% FS % FS
Full Scale Error	T <sub>A</sub> = 25°C, Unadjusted			0.20			0.50	% FS
Zero Scale Error	T <sub>A</sub> = 25°C, Unadjusted			0.20			0.50	% FS
Quantization Error				±1/2			±1/2	LSB
Input Resistor Values	R27, R28		20		20			kΩ
Input Resistor Values	R25, R26		200		200			kΩ
Input Resistor Ratios	R25/R26, R27/R28			0.8			0.8	%
Logic "1" Input Voltage		8		/	8			V
Logic "0" Input Voltage				2			2	V
Logic "1" Input Current	V <sub>IN</sub> = 10.24V			1			1	μA
Logic "0" Input Current	V <sub>IN</sub> = 0V			-1			-1	μA
Logic "1" Output Voltage	I <sub>OUT</sub> ≤ -1 μA	9.2			9.2			V
Logic "0" Output Voltage	I <sub>OUT</sub> ≤ 1 μA			0.5			0.5	V
Positive Supply Current	V <sup>+</sup> = 15V, f <sub>CLK</sub> = 65 kHz, T <sub>A</sub> = 25°C		5	8	5	8		mA
Negative Supply Current	V <sup>-</sup> = -15V, T <sub>A</sub> = 25°C		4	6	4	6		mA

## AC Electrical Characteristics T<sub>A</sub> = 25°C, (Notes 1 and 2)

Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
Conversion Time			100	200	μs
Maximum Clock Frequency			130	65	kHz
Clock Pulse Width		100	50		ns
Propagation Delay From Clock to Data Output (Q0 to Q11)	t <sub>r</sub> ≤ t <sub>f</sub> ≤ 10 ns		60	150	ns
Propagation Delay from Clock to Conversion Complete	t <sub>r</sub> ≤ t <sub>f</sub> ≤ 10 ns		60	150	ns
Clock Rise and Fall Time				5	μs
Input Capacitance			10		pF
Start Conversion Set-Up Time		30			ns

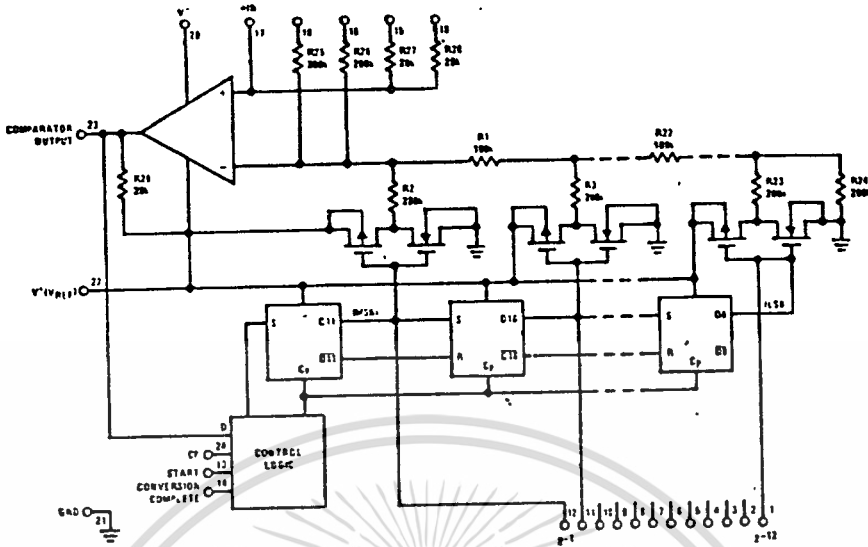
Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply for V<sup>+</sup> = 10.240V, V<sup>-</sup> = -15V, over the temperature range -55°C to +125°C for the ADC1210HD, ADC1211HD and -25°C to +85°C for the ADC1210HCD, ADC1211HCD.

Note 2: All typical values are for T<sub>A</sub> = 25°C.

Note 3: Unless otherwise noted, this specification applies over the temperature range -25°C to +85°C. Provision is made to adjust the scale error to 0V and 1.5 scale to 10.2375V during testing. Standard linearity test circuit is shown in Figure 5a.

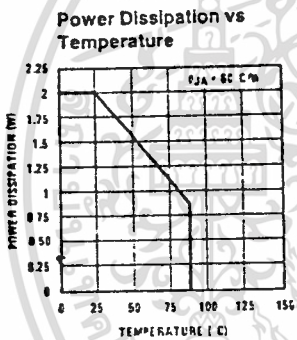
Note 4: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 kΩ resistor.

Schematic Diagram

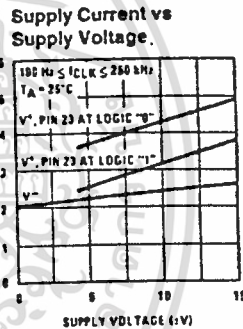


TL/H/5677-3

Note: 3 bits shown for clarity



TL/H/5677-4



TL/H/5677-5

1.0 THEORY OF OPERATION

The ADC1210, ADC1211 are successive approximation analog-to-digital converters, i.e., the conversion takes place 1 bit at a time by comparing the output of the internal D/A to the (unknown) input voltage. The START input (pin 13), when taken low, causes the register to reset synchronously on the next CLOCK low-to-high transition. The MSB, Q11 is set to the low state, and the remaining bits, Q0 through Q10, will be set to the high state. The register will remain in this state until the SC input is taken high. When START goes high, the conversion will begin on the low-to-high transition of the CLOCK pulse. Q11 will then assume the state of pin 23. If pin 23 is high, Q11 will be high; if pin 23 is low, Q11 will remain low. At the same time, the next bit, Q10 is set low. All remaining bits, Q0-Q9 will remain unchanged (high). This process will continue until the LSB (Q0) is found. When

the conversion process is completed, it is indicated by CONVERSION COMPLETE (CC) (pin 14) going low. The logic levels at the data output pins (pins 1-12) are the complemented-binary representation of the converted analog signal with Q11 being the MSB and Q0 being the LSB. The register will remain in the above state until the SC is again taken low.

An application example is shown in Figure 1. In this case, a 0 to -10.2375V input is being converted using the ADC1210 with V<sup>+</sup> = 10.240V, V<sup>-</sup> = -15V. Figure 1b is the timing diagram for full scale input. Figure 1c is the timing diagram for zero scale input, Figure 1d is the timing diagram for -3.4125V input (0101010101 = output).

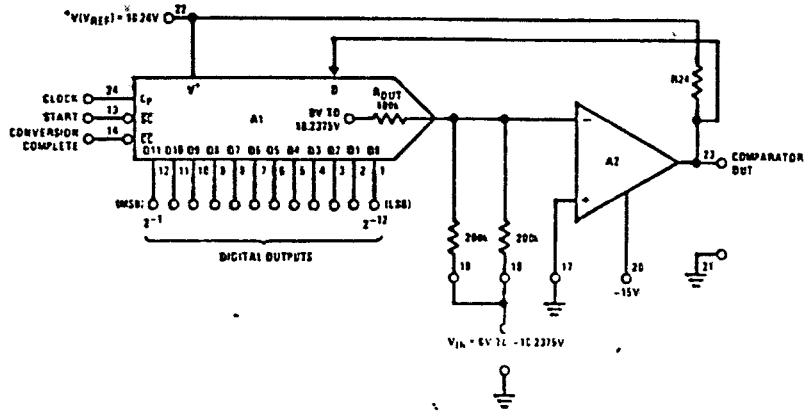


FIGURE 1a. ADC1210 Connected for 0V to -10.2375V (Natural Binary Output)

TLH/5677-6

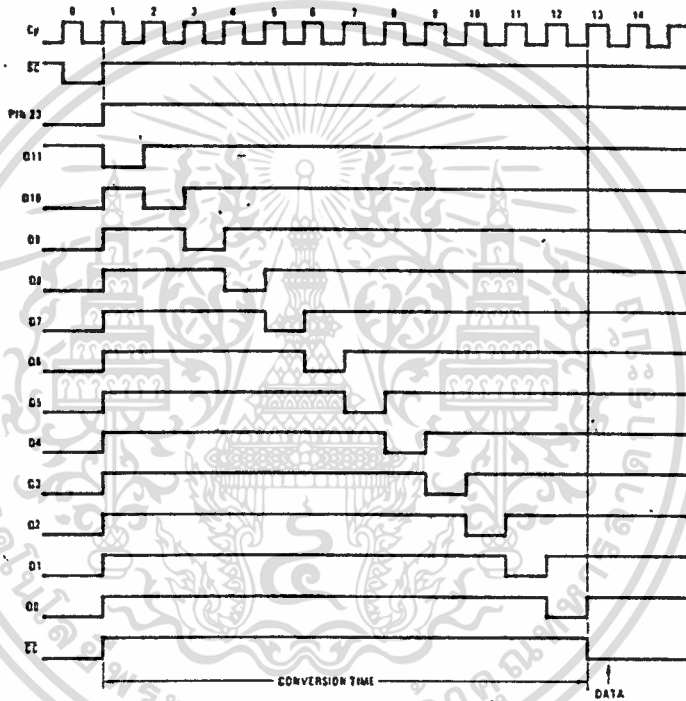


FIGURE 1b. Timing Diagram for  $V_{IN}$  = Full Scale Input

TLH/5677-7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

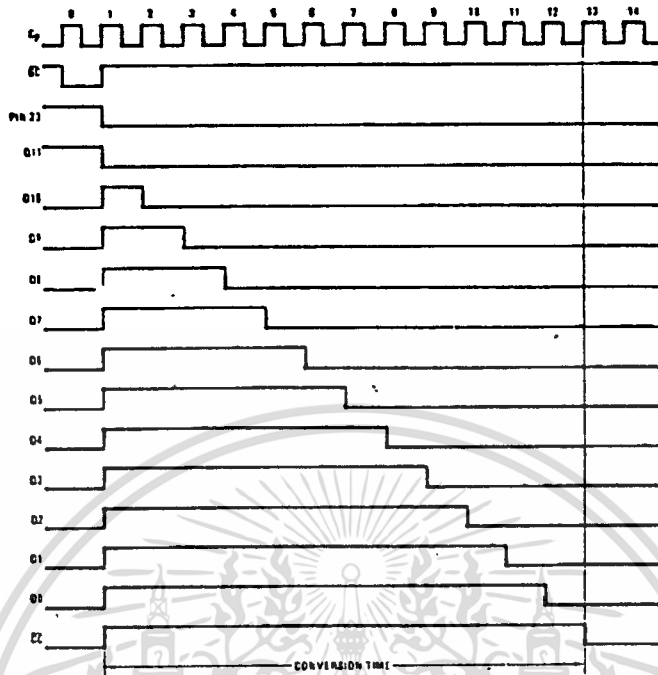


FIGURE 1c. Timing Diagram for VIN = Zero Scale

TL/H/5677-8

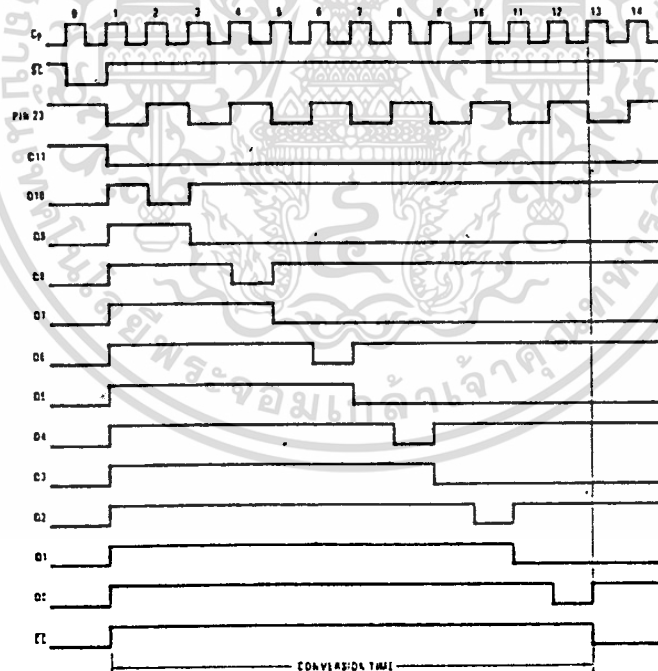


FIGURE 1d. Timing Diagram for VIN = -3.4125V (010101010101)

TL/H/5677-9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 1. Pin Assignments and Explanations

Pin Number	Mnemonic	Function
1-12	Q11-Q0	Digital (data) output pins. This information is a parallel 12-bit complemented binary representation of the converted analog signal. All data is valid when "Conversion Complete" goes low. Logic levels are ground and $V^+$ .
13	$\overline{SC}$	Start Conversion is a logic input which causes synchronous reset of the successive approximation register and initiates conversion. Logic levels are ground and $V^+$ .
14	$\overline{CC}$	"Conversion Complete" is a digital output signal which indicates the status of the converter. When $\overline{CC}$ is high, conversion is taking place, when low conversion is completed. Logic levels are ground and $V^+$ .
15, 16	R27, R28	R27 and R28 are two application resistors connected to the comparator non-inverting input. The resistors may be used in various modes of operation. Their nominal values are 20 k $\Omega$ each. See Applications section.
17	+ IN	Non-inverting input of the analog comparator. This node is used in various configurations and for compensation of the loop. See Applications section.
18, 19	R25, R26	R25 and R26 are two application resistors that are tied internally to the inverting input of the comparator. Their nominal values are 200 k $\Omega$ each. See Applications section. The R-2R ladder network will have the same temperature coefficient as these resistors.
20	$V^-$	Negative supply voltage for bias of the analog comparator. Optionally may be grounded or operated with voltages to -20V.
21	GND	Ground for both digital and analog signals.
22	$V^+$ ( $V_{REF}$ )	$V^+$ sets both maximum full scale and input and output logic levels.
23	CO	Comparator output.
24	$C_P$	Clock is an input which causes the successive approximation (shift) register to advance through the conversion sequence. Logic levels are ground and $V^+$ .

## 2.0 APPLICATIONS

### 2.1 Power Supply Considerations and Decoupling

Pin 22 is both the positive supply and voltage reference input to the ADC1210, ADC1211. The magnitude of  $V^+$  determines the input logic "1" threshold and the output voltage from the CMOS SAR. The device will operate over a range of  $V^+$  from 5V to 15V. However, in order to preserve 12-bit accuracy,  $V^+$  should be well regulated (0.01%) and isolated from external switching transients. It is therefore recommended that pin 22 be decoupled with a 4.7  $\mu$ F tantalum capacitor in parallel with a 0.1  $\mu$ F ceramic disc capacitor.

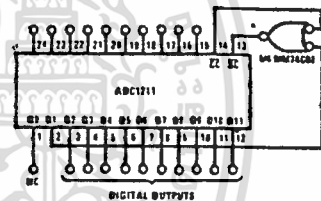
The  $V^-$  supply (pin 20) provides negative bias for the FET comparator. Although pin 20 may be grounded in some applications, it must be at least 2V more negative than the most negative analog input signal. When a negative supply is used, pin 20 should also be bypassed with 4.7  $\mu$ F in parallel with 0.1  $\mu$ F.

Grounding and circuit layout are extremely important in preserving 12-bit accuracy. The user is advised to employ separate digital and analog returns, and to make these PC board traces as "heavy" as practical.

### 2.2 Short Cycle for Improved Conversion Time (Figure 2)

The ADC1210, ADC1211 counting sequence may be truncated to decrease conversion time. For example, when using the ADC1211, 2 clock intervals may be "saved" if

10-bit conversion accuracy is taking place. The Q2 output should be "OR'd" with CONVERSION COMPLETE ( $\overline{CC}$ ) in order to ensure that the register does not lock-up upon power turn-on.



TLH/5677-10

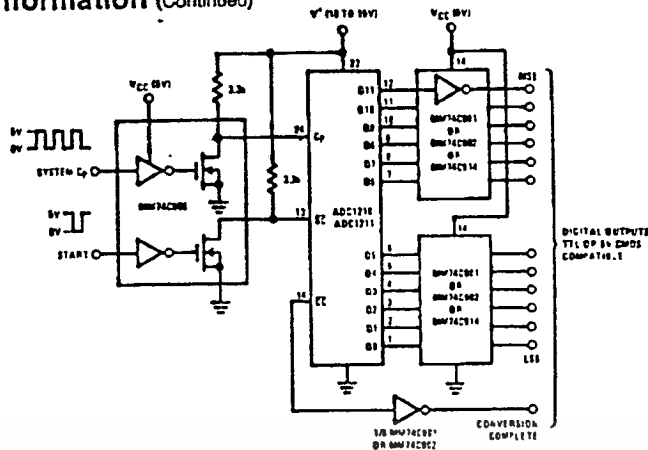
FIGURE 2. Short Cycling the ADC1211 to Improve 10-Bit Conversion Time (Continuous Conversion)

### 2.3 Logic Compatibility

The ADC1210, ADC1211 is intended to interface with CMOS logic levels; i.e., the logic inputs and outputs are directly compatible with series 54C/74C and CD4000 family of logic components. The outputs of the ADC1210, ADC1211 will not drive LPTTL, TTL or PMOS logic directly without degrading accuracy. Various recommended interface techniques are shown in Figures 3 and 4.

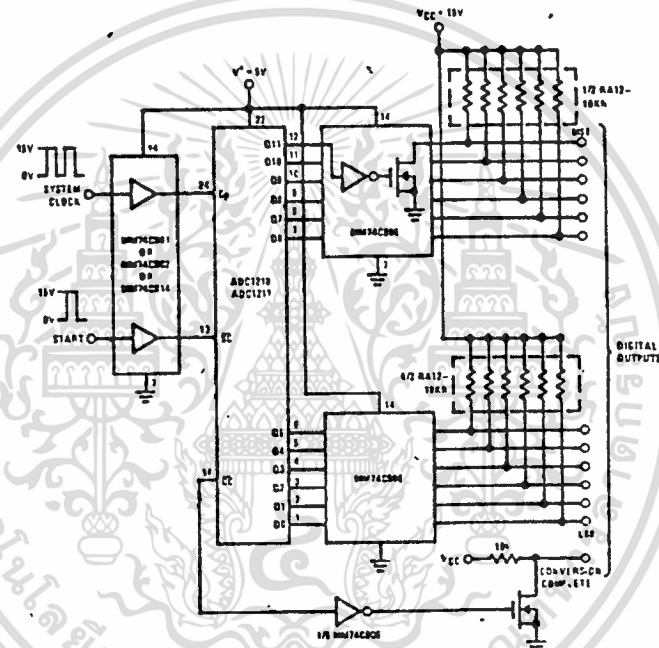
### 2.4 Operating Configurations

Several recommended operating configurations are shown in Figure 5.



TL/H/5677-11

FIGURE 3. Interfacing an ADC1210, ADC1211 Running on  $V^+ > V_{CC}$ . Example:  $V^+ = 10.24V$ , System  $V_{CC} = 5V$



TL/H/5677-11

FIGURE 4. Interfacing an ADC1210, ADC1211 Running on  $V^+ < V_{CC}$ . Example:  $V^+ = 5V$ ,  $V_{CC} = 15V$

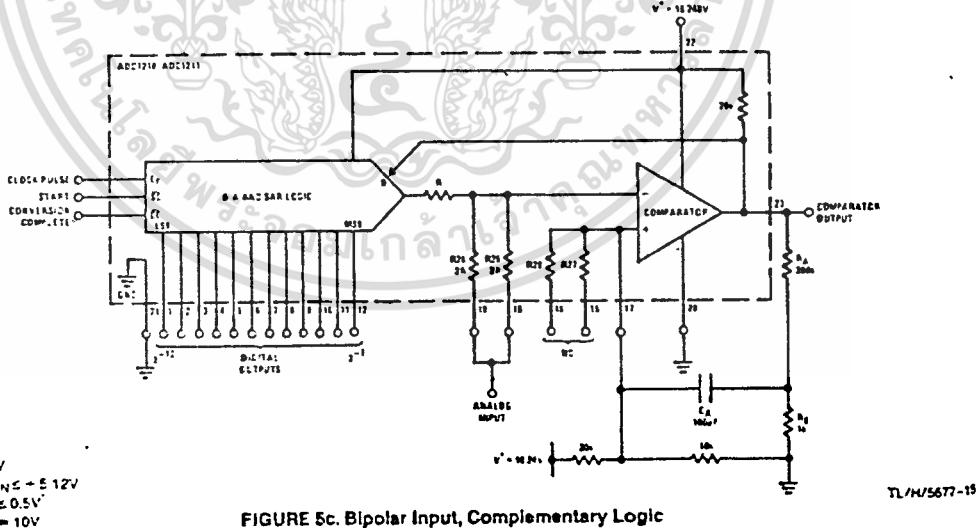
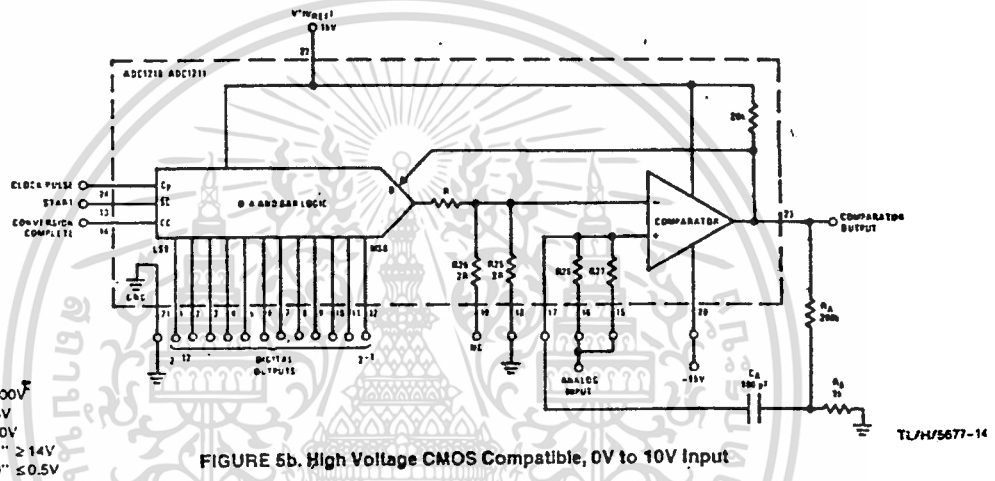
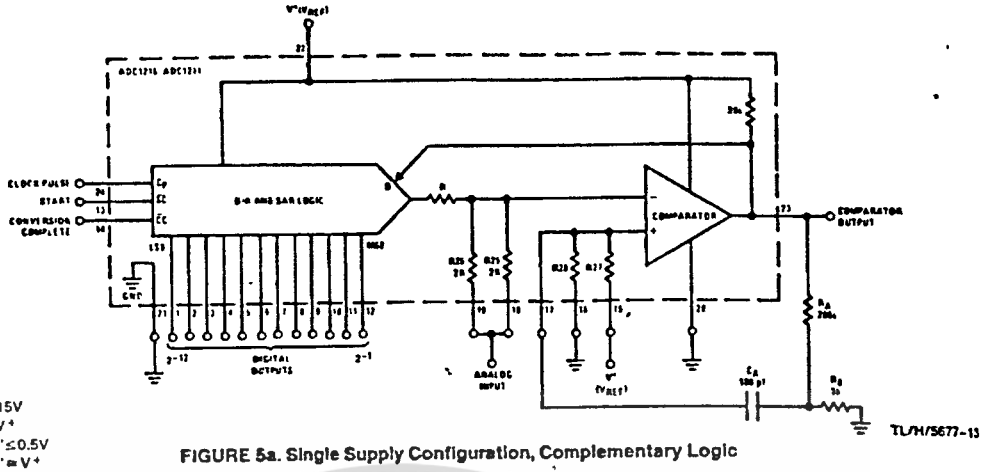
2.5 Offset and Full Scale Adjust

A variety of techniques may be employed to adjust Offset and Full Scale on the ADC1210, ADC1211. A straight-forward Full Scale Adjust is to incrementally vary  $V^+$  ( $V_{REF}$ ) to match the analog input voltage. A recommended technique is shown in Figure 6. An LM189 and low drift op amp (e.g., the LH0044) are used to provide the precision reference. The ADC1210, ADC1211 is put in the continuous convert mode by shorting pins 13 and 14. An analog voltage equal to  $V_{REF}$  minus  $1\frac{1}{2}$  LSB (10.23625V) is applied to pins 18 and 19, and R1 is adjusted until the LSB flickers equally between logic "1" and logic "0" (all other out-

puts must be stable logic "0"). Offset Null is accomplished by then applying an analog input voltage equal to  $\frac{1}{2}$  LSB at pins 18 and 19. R2 is adjusted until the LSB cannot flicker equally between logic "1" and logic "0" (all other bits are stable). In the circuit of Figure 6, the ADC1210, ADC1211 is configured for Complementary Binary logic and the values shown are for  $V^+ = 10.240V$ ,  $V_{FS} = 10.2375V$ ,  $LSB = 2.5 mV$ .

An alternate technique is shown in Figure 7. In this instance, an LH0071 is used to provide the reference voltage. An analog input voltage equal to  $V_{REF}$  minus  $1\frac{1}{2}$  LSB (10.23525V) is applied to pins 18 and 19.

Applications Information (Continued)

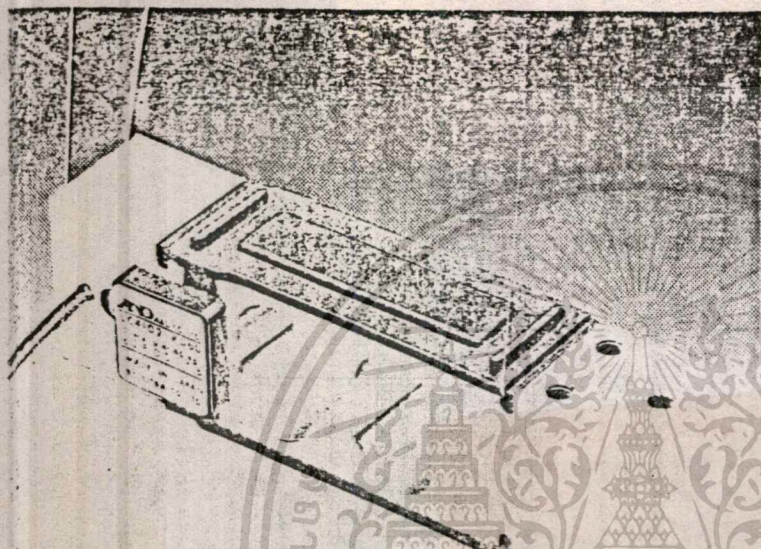


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าการณีใดที่ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Single Point Load Cell 10kg ~ 150kg

For small and medium capacity weighing systems

# C-4102 Series



Capacity	Model No.
10kg	LC4102-K010
15kg	LC4102-K015
30kg	LC4102-K030
60kg	LC4102-K060
150kg	LC4102-K150

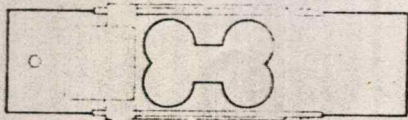
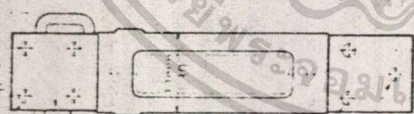
### Features

- Parallelogram-type construction
- Both zero and span are maintained throughout the rated temperature range
- Deadweight up to 80 percent of capacity. Load weight and deadweight up to 180% of capacity
- Moisture proof
- Compact and lightweight
- Meets HB44 (1986 SCALE CODE CLASS III 3000D)

### Specifications

Capacities	10kg, 15kg, 30kg, 60kg
Maximum deadload	80% of rated capacity
Rated output	1mV/V
Maximum load	300% of rated capacity
Hysteresis	±0.015% of rated output
Creep	±0.05% of rated output per hour
Zero balance	±0.02 ± 5% of rated output
Temperature range	-10 ~ +40 C / +14 ~ +104 F
Recommended excitation voltage	12V
Maximum excitation voltage	15V
Input resistance	Approximately 400Ω
Output resistance	350Ω ± 5Ω
Insulation resistance	500MΩ at greater than 50% RH
Temperature coefficient	
- Zero	±0.004% of rated output
- Span	±0.0014% of rated output
Platform size	400 × 400mm 15.7 × 15.7 inches
Cable length	1.5m 59 inches

ABLE COLOR CODE



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่าการณีใดทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้