การพัฒนาระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกควบคุมโดยไมโครคอมพิวเตอร์สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

โดย

รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวธีรานนท์

M. Eng. (Kyoto Univ.)

โครงการวิจัย เลขที่ 80-IR-2526

ทุนส่งเสริมการวิจัยวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุงเทพฯ

มีนาคม 2528

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จศ
วศ 15
003023

สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์ไม่รับผิดชอบต่อผลเสียใด ๆ อันอาจเกิดจากการนำความคิดเห็นในเอกสารฉบับนี้ไปใช้ ความคิดเห็นที่ปรากฏในเอกสารเป็นความคิดเห็นของผู้เขียนซึ่งไม่จำเป็นต้องเป็นความคิดเห็นของสถาบัน ฯ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การพัฒนาระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกควบคุมโดยไมโครคอมพิวเตอร์

สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม

โดย

รองศาสตราจารย์ กฤษดา วิศวธีรานนท์

M.Eng. (Kyoto Univ.)

โครงการวิจัยเลขที่ 80-IR-2526

ทุนส่งเสริมการวิจัยวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิจัยและพัฒนาของคณะวิศวกรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กรุงเทพ ฯ

มีนาคม 2528

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศ

ระบบที่พัฒนาขึ้นมานี้สามารถนำไปต่อเข้ากับเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกชนิดกลไกซึ่งมีใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศ ทำให้เป็นระบบเครื่องชั่งน้ำหนักชนิดกึ่งกลไกและกึ่งอิเล็กทรอนิกส์ได้ หรือจะต่อเข้ากับเครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งจะทำให้ความสามารถของระบบเครื่องชั่งน้ำหนักสูงขึ้นมาก

ระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่ได้พัฒนาขึ้น ประกอบด้วย โหลดเซล ซึ่งจะใช้เชื่อมต่อกับเครื่องชั่งน้ำหนักชนิดกลไก เครื่องแสดงน้ำหนักด้วยตัวเลขควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์ และชุดไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีขายอยู่ภายในประเทศ การวิจัยเน้นหนักในการพัฒนาระบบเครื่องชั่งน้ำหนัก ซึ่งได้แก่การออกแบบระบบที่มีประสิทธิภาพสูงและราคาถูก การพัฒนาเครื่องแสดงค่าน้ำหนักที่มีความแม่นยำสูง และสามารถสื่อสารกับไมโครคอมพิวเตอร์ได้ การพัฒนาซอฟท์แวร์ของระบบเครื่องชั่งน้ำหนัก สำหรับใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมภายในประเทศ และการนำระบบเครื่องชั่งน้ำหนักไปทดลองติดตั้งเพื่อใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมจริง

ระบบเครื่องชั่งน้ำหนักนี้มีความแม่นยำในการชั่งน้ำหนักดีกว่า 0.1 % ของค่าแสดง ซึ่งกระทรวงพาณิชย์ได้กำหนดไว้ ระบบสามารถบันทึกและโปรเซสข้อมูลการชั่งน้ำหนักของรถบรรทุกสินค้าหรือวัตถุดิบที่ส่งเข้าหรือออกจากโรงงาน สามารถพิมพ์ ใบรับสินค้า ใบส่งสินค้า ทำบัญชีรายงานการรับส่งสินค้า ตลอดจนการจดจำข้อมูลของสินค้า วัตถุดิบ รายชื่อลูกค้า และบริษัทขนส่ง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ABSTRACT

The research is the development of a truck scale system which is appropriate for local industries.

The proposed truck scale system can be easily connected to any existing mechanical truck scale which will convert to an semi-mechanic and semi-electronic system. The fully electronic truck scale can also be applied in order to enhance system performance.

The system composes of a load cell which will be connected to the existing mechanical truck scale, a microprocessor controlled scale indicator and a microcomputer which is locally available. The main points of the research are to develop the truck scale in system design level; i.e. design of high efficient and low cost system, design of high accuracy scale indicator which has a capability of data communication with microcomputer, design of truck scale control software package which is suitable for local industries, and the installation of the proposed system in actual factory for testing.

The system has an accuracy of better than 0.1 % reading value which is specified by the Ministry of Commerce. It can record and process all weight information concerning incoming and outgoing goods and raw material. It can print receiving notes, delivery notes, summarized reports and memorize all of the information concerning goods, raw material, customer's name and transportation service company's name.

กิตติกรรมประกาศ

ในการวิจัยและพัฒนาระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณ นายไพฑูรย์ วิเศษการ นายฉัตรชัย วิษณุรังสรรค์ นายสุรส เพ็ชรกิจ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการช่วยสร้างเครื่องต้นแบบและพัฒนาโปรแกรมไมโครโปรเซสเซอร์

ขอขอบคุณบริษัท เบทาโกรภาคเหนือ ที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี ในการนำระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกไปทดลองใช้ในโรงงานเพื่อการประเมินผลระบบ และขอขอบคุณ คุณจารุณีย์ แซ่มซ้อย ที่ช่วยพิมพ์ต้นฉบับรายงานการวิจัยให้อย่างสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ได้สนับสนุนการวิจัยนี้ด้วยเงินทุนคณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ตารางเวลาของแต่ละขั้นตอนการวิจัย	4
2.1	การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกทั้งสองแบบ	10
4.1	รหัสสัญญาณการติดต่อข้อมูลระหว่างเครื่องแสดงค่าน้ำหนักกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์	35

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	โครงสร้างของเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกแบบกลไก	7
2.2	โครงสร้างของเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกแบบอิเล็กทรอนิกส์	7
2.3	หลักการทำงานของโหลดเซล	12
2.4	รูปร่างภายนอกของโหลดเซล	12
2.5	โครงสร้างภายในของโหลดเซล	13
2.6	ความไม่เป็นเชิงเส้นและฮิสเทริซิส	13
2.7	ระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศ	16
3.1	ตำแหน่งการต่อโหลดเซลเข้ากับเครื่องชั่งแบบกลไก	19
3.2	ชุดทดลองโหลดเซลและเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก	21
3.3	บล็อกไดอะแกรมของเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก	22
3.4	วงจรภาคจ่ายไฟให้โหลดเซล	24
3.5	วงจรขยายและวงจรกรองย่านความถี่ต่ำ	25
3.6	เครื่องแสดงค่าน้ำหนักด้วยตัวเลขที่สร้างขึ้น	26
3.7	บล็อกไดอะแกรมของเครื่องแสดงค่าน้ำหนักควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์	27
3.8	วงจรไมโครโปรเซสเซอร์ที่ควบคุมการทำงานของเครื่อง	29
3.9	รูปถ่ายของเครื่องแสดงค่าน้ำหนักควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์ที่ได้สร้างขึ้น	30
3.10	รูปแผงวงจรต่าง ๆ ภายในเครื่อง	30
3.11	ผังงานของโปรแกรมควบคุมระบบ	32
4.1	อนุสัญญาณการรับส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์กับเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก	35
4.2	ผังงานของโปรแกรมส่วนที่รับส่งข้อมูล	37

รูปที่ หน้า

5.1 ขบวนการในการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกของโรงงานอาหารสัตว์ 40

5.2 ผังงานการทำงานของโปรแกรม Transaction 43

5.3 ผังงานของโปรแกรม Transaction ส่วนที่เป็นการรับสินค้า 44

5.4 ผังงานของโปรแกรม Transaction ส่วนที่เป็นการส่งสินค้า 45

5.5 แสดง Main menu ของโปรแกรมต่าง ๆ บนจอภาพ 46

5.6 แสดงขั้นตอนการชั่งในโปรแกรม Transaction 46

5.7 แสดงข้อมูลของรถบรรทุกและสินค้า บนจอภาพในขั้นตอนการชั่งรถเข้า 47

5.8 แสดงข้อมูลบนจอภาพในขั้นตอนการชั่งรถออก 47

5.9 ตัวอย่างของใบรับสินค้าซึ่งไมโครคอมพิวเตอร์พิมพ์ออกมา 48

6.1 การติดตั้งโหลดเซลเข้ากับเครื่องชั่งเดิมพร้อมกับคานทดน้ำหนักที่ต้องทำเพิ่มเติม 51

6.2 ใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานในการสอบเทียบและปรับเทียบเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก 51

6.3 รูปถ่ายระบบเครื่องชั่งน้ำหนักพร้อมกับไมโครคอมพิวเตอร์ในขณะใช้งาน 53

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ข
กิตติกรรมประกาศ		ค
รายการตาราง		ง
รายการรูปประกอบ		จ
บทที่ 1	คำนำ	1
	1.1 ความเป็นมา	1
	1.2 เป้าหมายของการวิจัย	2
	1.3 ขั้นตอนการวิจัย	3
บทที่ 2	เครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุก	5
	2.1 ชนิดของเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุก	5
	2.2 โหลดเซล	9
	2.3 ระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกชนิดใหม่ที่เหมาะสมกับโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศ	11
	2.4 ข้อกำหนดของระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุก	15
บทที่ 3	เครื่องแสดงค่าน้ำหนักด้วยตัวเลข	18
	3.1 การติดตั้งโหลดเซลในเครื่องชั่งแบบกลไก	18
	3.2 ปัญหาของเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก	19
	3.3 ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสำหรับการพัฒนาเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก	20
	3.4 เครื่องแสดงค่าน้ำหนักด้วยตัวเลขชนิดอ่านโดยตรง	21
	3.5 เครื่องแสดงค่าน้ำหนักชนิดควบคุมการทำงานด้วยไมโครโปรเซสเซอร์	26
	3.6 ฮาร์ดแวร์ของเครื่อง	28
	3.7 โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง	29

หน้า

บทที่ 4 การสื่อสารข้อมูลกับไมโครคอมพิวเตอร์ 33

4.1 แนวความคิดการสื่อสารข้อมูล 33

4.2 อนุสัญญาณการรับส่งข้อมูล 33

4.3 ชุดไมโครคอมพิวเตอร์ 36

บทที่ 5 ซอฟท์แวร์สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศ 38

5.1 ขบวนการในการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกในโรงงานอุตสาหกรรม 38

5.2 ตัวอย่างซอฟท์แวร์ของโรงงานอาหารสัตว์ 38

5.3 โครงสร้างของซอฟท์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้น 39

บทที่ 6 การทดลองระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกกับโรงงานอุตสาหกรรม 49

6.1 ขั้นตอนการทดลองระบบ 49

6.2 การติดตั้งโหลดเซลและเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก 49

6.3 การติดตั้งซอฟท์แวร์ 50

6.4 การประเมินผลระบบ 52

6.5 ปัญหา 52

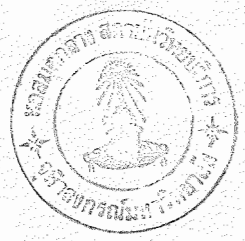
บทที่ 7 สรุปผลการวิจัย 54

เอกสารอ้างอิง 56

ภาคผนวก ก รายละเอียดวงจร

ภาคผนวก ข โปรแกรมควบคุม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



บทที่ 1 คำนำ

1.1 ความเป็นมา

โรงงานอุตสาหกรรมการเกษตร เช่น โรงงานน้ำตาล โรงงานแป้งมัน โรงงานอาหารสัตว์ และโรงงานอุตสาหกรรมสิ่งก่อสร้าง ดังเช่น โรงงานปูนซีเมนต์ มักจะต้องมีเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกอยู่ภายในโรงงานเพื่อชั่งน้ำหนักวัตถุดิบที่นำส่งเข้ามาในโรงงาน และชั่งผลิตภัณฑ์ที่ส่งออกจากโรงงาน เครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกจึงเป็นอุปกรณ์ที่สำคัญในการรับวัตถุดิบและส่งสินค้าซึ่งจะผูกพันไปถึงต้นทุนการผลิตและกำไรของโรงงาน เพื่อความเป็นธรรมทั้งผู้ซื้อและผู้ขายสินค้า กระทรวงพาณิชย์ได้ออกพระราชบัญญัติมาตราชั่งตวงวัด[1] เพื่อควบคุมให้เครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกมีความแม่นยำ 0.1 % ของค่าแสดง และตีทะเบียนเครื่องชั่งน้ำหนักทุกเครื่องที่ใช้ในประเทศ

ปัจจุบันเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่มีใช้กันในประเทศ ส่วนใหญ่จะเป็นเครื่องชั่งแบบกลไก ซึ่งใช้คานทดน้ำหนักรถบรรทุกบนลานชั่ง และอ่านค่าน้ำหนักด้วยเครื่องวัดซึ่งใช้เข็มในการแสดงค่า เครื่องชั่งชนิดนี้มีราคาถูก ใช้งานได้ทนทาน และใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน เครื่องชั่งชนิดนี้มีข้อเสียตรงที่ความแม่นยำในการวัดจำกัดและต้องการการบำรุงรักษาอย่างใกล้ชิด ต้องมีการปรับเทียบค่าวัดอย่างสม่ำเสมอ ข้อสำคัญคือไม่สามารถขยายขีดความสามารถของระบบให้สามารถโปรเซสข้อมูลการชั่งได้ เช่น การพิมพ์ใบรับสินค้า ในส่งสินค้า ควบคุมขั้นตอนการชั่งน้ำหนักให้ถูกต้องและแม่นยำ[2]

ปัจจุบันในโรงงานอุตสาหกรรมขยายตัวตามการพัฒนาประเทศ โรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งเพิ่มการผลิต ทำให้การรับวัตถุดิบและการส่งสินค้ามีปริมาณมากขึ้น มีโรงงานหลายแห่งเกิดใหม่ ทำให้การแข่งขันในเชิงการค้ามีมากขึ้น โรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งมีความต้องการที่จะเพิ่มความแม่นยำในการชั่งน้ำหนักรถบรรทุก ต้องการให้เครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกมีความสามารถในการโปรเซสข้อมูลในการชั่งเพื่อให้ขบวนการในการรับวัตถุดิบและส่งสินค้าเป็นไปโดยรวดเร็วและถูกต้อง ต้องการให้เครื่องชั่งน้ำหนักสามารถสรุปผลการชั่งประจำวันเพื่อให้รู้ถึงปริมาณวัตถุดิบและสินค้า

คงคลังอย่างรวดเร็ว เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการผลิตและกำหนดต้นทุนสินค้า

ในยุคที่เทคโนโลยีทางอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์พัฒนาไปอย่างรวดเร็วนี้ ได้มีการพัฒนาเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกชนิดอิเล็กทรอนิกส์ขึ้น(3) เครื่องชั่งชนิดนี้ใช้อุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ล้วนไม่มีส่วนที่เป็นกลไก เครื่องชั่งจะใช้โหลดเซล (load cell) ซึ่งเป็นอุปกรณ์แปลงน้ำหนักเป็นสัญญาไฟฟ้ารับน้ำหนักของรถบรรทุกโดยตรง สัญญาณไฟฟ้าจากโหลดเซลจะถูกขยายและนำมาแสดงเป็นค่าน้ำหนักรถบรรทุกอย่างถูกต้อง เครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกชนิดอิเล็กทรอนิกส์นี้มีความแม่นยำในการวัดสูง แต่มีราคาแพงและการติดตั้งพื้นรับน้ำหนักแตกต่างจากเครื่องชั่งชนิดกลไกอย่างสิ้นเชิง ทำให้โรงงานอุตสาหกรรมขนาดเล็กและกลางทั่วไปไม่กล้าลงทุนติดตั้งเครื่องชั่งชนิดใหม่นี้

ด้วยเหตุผลที่กล่าวมานี้ โรงงานอุตสาหกรรมจึงมีแนวโน้มที่ต้องการระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกชนิดที่มีความแม่นยำสูงขึ้น มีความสามารถในการโปรเซสข้อมูลการชั่ง และสามารถต่อเข้ากับเครื่องชั่งชนิดกลไกเดิมได้

1.2 วัตถุประสงค์และเป้าหมายการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ คือการพัฒนาระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่เหมาะสมกับโรงงานอุตสาหกรรมภายในประเทศ ตอบสนองความต้องการของโรงงานอุตสาหกรรมในการเพิ่มขีดความสามารถของเครื่องชั่งน้ำหนักที่มีอยู่ในปัจจุบัน ทั้งในแง่เพิ่มความแม่นยำในการชั่ง ควบคุมขั้นตอนในการชั่งน้ำหนักไม่ให้เกิดการผิดพลาด และให้มีความสามารถในการโปรเซสข้อมูลการชั่งพอกับความต้องการในโรงงาน

เป้าหมายของการวิจัย คือ

1. ออกแบบระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่สามารถต่อเข้าเครื่องชั่งแบบกลไกเดิมได้
2. พัฒนาเครื่องแสดงค่าน้ำหนักชนิดอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความแม่นยำสูงและสื่อสารข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ได้
3. สร้างซอฟท์แวร์ตัวอย่างที่ใช้ควบคุมระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุก

ที่ได้พัฒนาขึ้น

4. ทดลองระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่พัฒนาขึ้นมากับโรงงานอุตสาหกรรมจริง

1.3 ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยนี้แบ่งออกเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. ศึกษาระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกแบบกลไกที่ใช้งานกันในปัจจุบัน
2. ศึกษาและทดลองการต่อโหลดเซลชนิดดึง (tension type load cell) เข้ากับเครื่องชั่งน้ำหนักแบบกลไก
3. ทดลองสร้างเครื่องอ่านค่าน้ำหนักจากโหลดเซล
4. ออกแบบและสร้างเครื่องแสดงค่าน้ำหนักรถบรรทุกควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์
5. ศึกษาและออกแบบวงจรและซอฟท์แวร์สำหรับสื่อสารข้อมูลกับไมโครคอมพิวเตอร์
6. ติดต่อโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อนำเครื่องไปทดลองและศึกษาขบวนการในการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกเพื่อการรับวัสดุและส่งสินค้าออกจากโรงงาน
7. นำโหลดเซลและเครื่องแสดงค่าน้ำหนักไปติดตั้งในโรงงานอุตสาหกรรม
8. เขียนโปรแกรมบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ควบคุมขบวนการชั่งน้ำหนัก รวมทั้งการโปรเซสข้อมูล
9. ติดตั้งโปรแกรมที่ได้พัฒนาขึ้น และฝึกสอนการใช้งาน
10. ติดตามดูแลการใช้งาน บำรุงรักษา ให้คำปรึกษาและประเมินผลการใช้งาน

ตารางเวลาของแต่ละขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยแสดงในตาราง 1.1

ตาราง 1.1 ตารางเวลาของแต่ละขั้นตอนการวิจัย

	ปี 2526				ปี 2527				ปี 2528
เดือน	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3	4-6	7-9	10-12	1-3
	1								
	2								
	3								
		4							
					5				
						6	7		
						8		9	
								10	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2 เครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุก

2.1 ชนิดของเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุก[4]

เครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่ใช้กันในโรงงานอุตสาหกรรมมีโครงสร้างและการทำงานเหมือนกับเครื่องชั่งน้ำหนักทั่วไป เพียงแต่มีขนาดใหญ่ ต้องการความแม่นยำในการชั่งน้ำหนักสูง เป็นเครื่องชั่งแบบแสดงค่าน้ำหนักด้วยตัวเอง (self-indicating weighing machine) ผู้ชั่งสามารถอ่านค่าน้ำหนักของรถบรรทุกได้โดยตรง เครื่องชั่งน้ำหนักจะประกอบด้วย 2 ส่วนที่สำคัญ คือลานชั่ง (weighing platform) และเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก (weight indicator) วิธีการชั่งน้ำหนักคือการนำรถบรรทุกขึ้นจอดบนลานชั่ง ซึ่งจะมีขนาด กว้าง 3 และยาว 5 ถึง 10 เมตร น้ำหนักรถบรรทุกบนลานชั่งจะถูกส่งถ่ายไปที่เครื่องแสดงค่าน้ำหนักเพื่ออ่านค่าโดยตรง เครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกสามารถแบ่งออกเป็น 2 แบบ ตามหลักการการส่งถ่ายน้ำหนักและวิธีการแสดงค่าน้ำหนักคือ แบบกลไก (mechanical type) และแบบอิเล็กทรอนิกส์ (electronic type) แบบกลไก การส่งถ่ายน้ำหนักจะใช้ระบบคานรับน้ำหนักจากรถบรรทุกบนลานชั่ง และทดน้ำหนักทั้งหมดลงมาเพื่อส่งถ่ายไปให้เครื่องแสดงน้ำหนักซึ่งใช้เข็มแสดง (dial indicator) ภายในทำงานด้วยระบบกลไก

แบบอิเล็กทรอนิกส์จะใช้ทรานสดิวเซอร์ (transducer) ชนิดเปลงน้ำหนักกดเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า จำนวน 4 ถึง 6 ตัว รับน้ำหนักของลานชั่งโดยตรง การส่งถ่ายน้ำหนักจะเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ส่งไปให้เครื่องแสดงค่าน้ำหนักชนิดอิเล็กทรอนิกส์ (electronic weight indicator) ซึ่งสามารถแสดงค่าน้ำหนักเป็นตัวเลขซึ่งมีหน่วยเป็นกิโลกรัมหรือปอนด์ได้โดยตรง

2.1.1 เครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกแบบกลไก

เป็นเครื่องชั่งน้ำหนักแบบที่ใช้กันแพร่หลายมากที่สุดในประเทศ มีใช้กันทั้งในโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไป และตามด่านชั่งน้ำหนักของกรมทางหลวงแผ่นดิน รูป 2.1 แสดงโครงสร้างของเครื่องชั่งแบบนี้[2] จะมีระบบคานชั่งซึ่งรองรับน้ำหนักของลานชั่งและส่งถ่ายน้ำหนักทั้งหมดนี้มาที่คานทรานสเวิส (transverse lever) คานทรานส-

เวิสจะตั้งอยู่บนจุดฟัลคัม (fulcum) ซึ่งจะทดน้ำหนักของลานชั่งเป็นแรงดึงทางอีกด้านหนึ่งของคาน แรงดึงนี้จะถ่ายทอดตามแท่งสตีลยาด (steelyard rod) ซึ่งจะต่อเชื่อมกับเครื่องแสดงน้ำหนักชนิดเข็ม เข็มจะหมุนเพื่อชี้ค่าน้ำหนัก ตามแรงดึงนี้ แรงดึงนี้สามารถแยกออกได้เป็น 2 ส่วนคือ

$$F = F_1 + F_2 \qquad (2.1)$$

โดยที่ F คือแรงดึงทั้งหมดของแท่งสตีลยาด

F_1 คือ แรงดึงส่วนที่เป็นน้ำหนักลานชั่งและระบบคาน

F_2 คือ แรงดึงส่วนที่เป็นน้ำหนักรถบรรทุกบนลานชั่ง

F_1 และ F_2 จะเป็นแรงที่ได้จากการทดน้ำหนักของลานชั่งและรถบรรทุก

$$F_1 = KW_1 \quad , \quad F_2 = KW_2 \qquad (2.2)$$

โดยที่ W_1 คือ น้ำหนักของลานชั่งและระบบคาน

W_2 คือ น้ำหนักของรถบรรทุก

K คือ อัตราทดน้ำหนักคิดจากอัตราส่วนของระยะทางทั้งสองปลายจากจุดฟัลคัมของคานทรานสเวิส

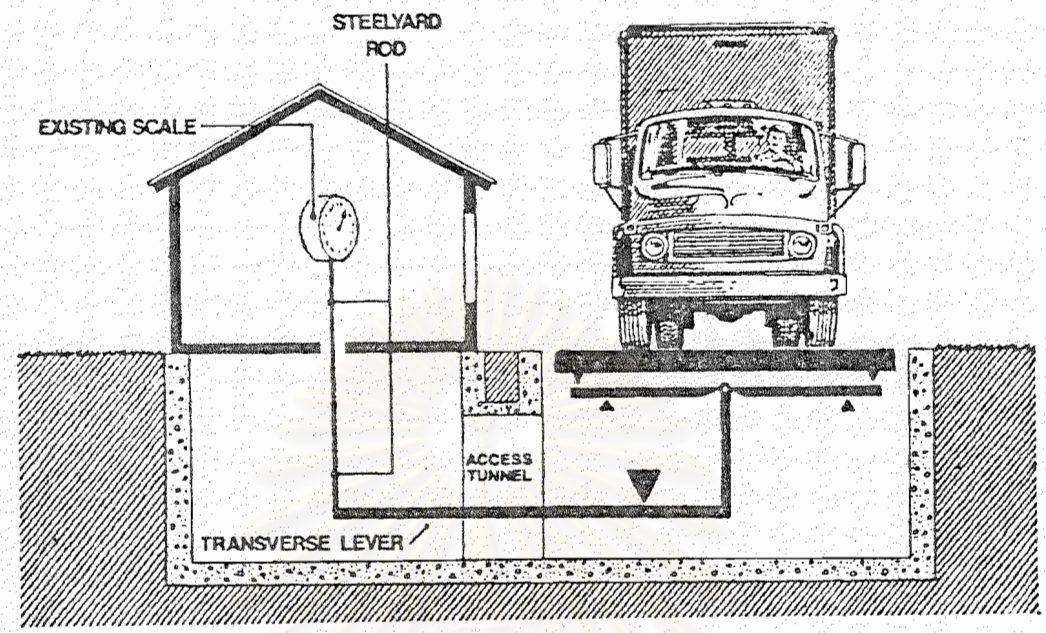
ปรกติ ค่า K จะถูกออกแบบไว้ให้มีค่าประมาณ 200 ~ 300 เท่า

ค่า W_1 จะมีค่าประมาณ 10 ตัน

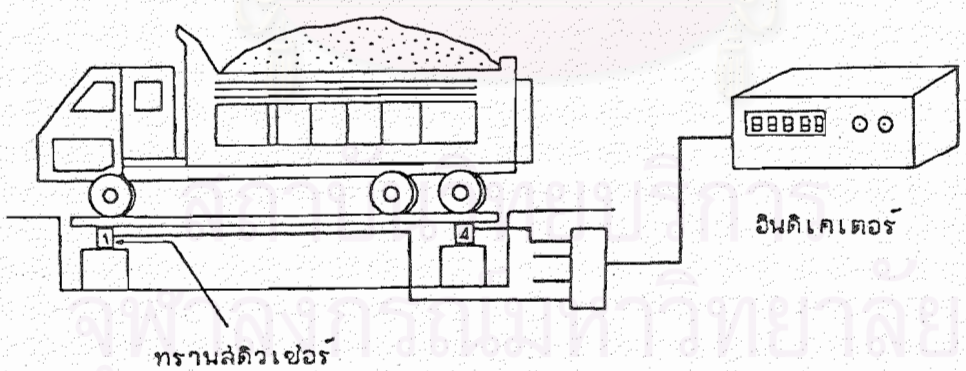
น้ำหนักรถบรรทุก W_2 จะมีค่าสูงสุด 40 ถึง 60 ตัน

ดังนั้น F_1 จะมีค่าประมาณ 35 ถึง 50 กิโลกรัม (โดยคิดเป็นน้ำหนัก) ที่ต้องนำมาใช้ในการปรับ ศูนย์ของเครื่องแสดงน้ำหนักแบบเข็ม ส่วน F_2 จะแปรค่าระหว่าง 0 ถึง 150 กิโลกรัม ซึ่งจะดึงเข็มของเครื่องแสดงน้ำหนักให้แสดงค่าน้ำหนักของรถบรรทุก

เครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกแบบกลไกนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายและใช้กันมานานเริ่มมีเมื่อประมาณ 30 ปีที่แล้ว โครงสร้างและการทำงานของเครื่องชั่งไม่ได้เปลี่ยนแปลงไปแต่อย่างไร ปัจจุบันในประเทศนี้มีโรงงานที่สามารถผลิตและติดตั้งลานชั่งและระบบคานของเครื่องชั่งชนิดนี้อยู่หลายโรง ส่วนเครื่องแสดงค่าน้ำหนักชนิดเข็มยังต้องนำเข้ามา



รูป 2.1 โครงสร้างของเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกแบบกลไก



รูป 2.2 โครงสร้างของเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกแบบอิเล็กทรอนิกส์

จากต่างประเทศ เครื่องชั่งน้ำหนักแบบกลไกนี้ มีข้อดี คือ ราคาถูก ใช้งานได้ทนทาน การซ่อมบำรุงทำได้ง่าย แต่มีข้อเสีย คือ ระบบคานที่ส่งถ่ายน้ำหนักเป็นกลไกซึ่งมีการเคลื่อนไหวเชิงกล เมื่อใช้ไปสักพักหนึ่งจะมีการหลวม การสึกหรอ สกปรกจากฝุ่น จึงจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ และมีการสอบเทียบความแม่นยำอยู่เสมอ เครื่องชั่งแบบกลไกนี้มีลักษณะสมบัติค่าคงตัวเวลาใหญ่ จึงทำให้ผลตอบของการวัดช้า ตามปรกติเมื่อรถบรรทุกขึ้นชั่งบนลานชั่ง เข็มของเครื่องวัดจะค่อย ๆ เคลื่อนไปชี้น้ำหนัก จะใช้เวลานาน 10 ถึง 20 วินาที จนกว่าเข็มจะนิ่ง การอ่านค่าน้ำหนักจากเข็ม มีปัญหาเรื่องความคลาดเคลื่อนในการอ่านได้ง่าย(3)

2.1.2 เครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกแบบอิเล็กทรอนิกส์

เป็นเครื่องชั่งน้ำหนักแบบใหม่ที่ได้รับการพัฒนามาไม่นานมานี้ เนื่องจากวิวัฒนาการทางด้านอิเล็กทรอนิกส์เจริญเร็วมาก อุปกรณ์และชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์มีราคาถูกลง เครื่องชั่งน้ำหนักแบบอิเล็กทรอนิกส์จึงเริ่มมีการนำมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมมากขึ้น รูป 2.2 แสดงโครงสร้างของเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกแบบอิเล็กทรอนิกส์นี้ ลานชั่งจะตั้งอยู่บนทรานสดิวเซอร์จำนวน 4 ถึง 6 ตัว ซึ่งติดตั้งที่แต่ละมุม ทรานสดิวเซอร์จะแปลงน้ำหนักที่กดทับลงมาเป็นสัญญาณไฟฟ้า ทรานสดิวเซอร์ที่ใช้กันมีหลายชนิด(5) เช่นโหลดเซล เพรสดักเตอร์ (pressductor)(6) เป็นต้น ที่นิยมใช้กันมากคือโหลดเซล โหลดเซลจะให้สัญญาณออกขนาดเล็กเพียงประมาณ 10 ถึง 30 mV สัญญาณนี้จะแปรตามน้ำหนักที่กดทับลงบนตัวโหลดเซล ถ้าใช้โหลดเซล 4 ตัวรับน้ำหนักของลานชั่งและรถบรรทุก สัญญาณออกของแต่ละโหลดเซลจะถูกนำมารวมกันเพื่อหาค่าเฉลี่ย ที่กล่องรวมสัญญาณ (summing box) สัญญาณออกรวมนี้จะเป็นสัญญาณที่แสดงน้ำหนักของลานชั่งและรถบรรทุก เครื่องแสดงน้ำหนักแบบอิเล็กทรอนิกส์จะรับสัญญาณนี้ไปขยายและแปลงเป็นตัวเลขเพื่อแสดงค่าของน้ำหนักของรถบรรทุก เครื่องแสดงน้ำหนักเป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีความแม่นยำในการวัดสูง และมีความสามารถในโปรเซสสัญญาณด้วย ในปัจจุบันเครื่องแสดงน้ำหนักแบบอิเล็กทรอนิกส์จะมีไมโครโปรเซสเซอร์เป็นตัวควบคุมกลางอยู่ภายใน ทำให้เครื่องมีความสามารถสูงขึ้นมาก ฟังก์ชั่นที่เพิ่มขึ้นได้แก่ การปรับศูนย์อัตโนมัติ การตรวจ การเคลื่อนไหวของรถบรรทุกหรือวัตถุที่กำลังชั่ง

ส่งข้อมูลออกพิมพ์ที่เครื่องพิมพ์ได้ ส่งข้อมูลการชั่งน้ำหนักออกไปแสดงผลที่บอร์ดแสดงผลใหญ่ได้ สื่อสารข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ได้เป็นต้น แม้ราคาของเครื่องชั่งน้ำหนักแบบอิเล็กทรอนิกส์นี้ยังสูงอยู่เมื่อเทียบกับแบบกลไก แต่มีข้อดีหลายประการ คือ การติดตั้งลานชั่งทำได้ง่ายและรวดเร็ว เครื่องชั่งไม่มีส่วนที่เคลื่อนไหว จึงไม่ต้องมีการบำรุงรักษาประจำ สามารถอ่านค่าน้ำหนักเป็นตัวเลขจึงไม่มีการผิดพลาดในการอ่าน ความแม่นยำในการชั่งน้ำหนักสูงและความแม่นยำจะไม่ลดลงแม้จะใช้งานมานาน ระบบอิเล็กทรอนิกส์สามารถต่อกับอุปกรณ์รายรอบ (Peripheral device) อื่น ๆ ได้อีก

2.1.3 เปรียบเทียบข้อดีข้อเสียของเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกทั้งสองแบบ

เครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกทั้งสองแบบนี้มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกัน เมื่อเปรียบเทียบกันในด้านต่าง ๆ พอสรุปได้ตามตาราง 2.1 จะเห็นว่าเครื่องชั่งแบบอิเล็กทรอนิกส์มีคุณสมบัติที่ดีกว่าหลายประการ เครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่มีใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศ มักเป็นแบบกลไก เพราะได้ติดตั้งมานาน แต่โรงงานอุตสาหกรรมใหม่ที่กำลังจะติดตั้งเครื่องชั่งน้ำหนักก็มีแนวโน้มจะหันมาใช้เครื่องชั่งแบบอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มมากขึ้น

2.2 โหลดเซล

โหลดเซลเป็นทรานสดิวเซอร์ที่จะแปลงน้ำหนักหรือแรงเป็นสัญญาณไฟฟ้า มีทั้งแบบที่รับแรงกด (compression type) และแบบที่รับแรงดึง (tension type) โหลดเซลมีหลายชนิด แบ่งตามหลักการทำงาน[7] ได้แก่ Resistance strain gage load cell Capacitance load cell Reluctance load cell และ Piezoelectric load cell โหลดเซลที่นิยมใช้กันมากในเครื่องชั่งน้ำหนัก ได้แก่ Resistance strain-gage loadcell มีขนาดการรับน้ำหนัก ตั้งแต่ 5 กิโลกรัม ถึง 300 ตัน

โหลดเซลมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ส่วนรับน้ำหนัก (sensing element) และสเตรนเกจแบบความต้านทาน เมื่อมีแรงมากระทำต่อชิ้นส่วนรับน้ำหนักจะเกิดความเค้น (stress) และความเครียด (strain) ขึ้นในเนื้อของวัสดุ สเตรนเกจซึ่งปะติดอยู่ กับผิวของวัสดุจะแปรค่าความต้านทานไปตามความเครียดนั้น รูป 2.3 แสดงหลักการ

ตาราง 2.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกทั้งสองแบบ

	แบบกลไก	แบบอิเล็กทรอนิกส์
1. ราคา	ถูก	แพงกว่า
2. บ่อสำหรับลานชั่ง	ต้องขุดบ่อลึก	บ่อตื้นหรือไม่ต้องมีบ่อก็ได้
3. การใช้ไฟฟ้า	ไม่ต้องใช้ไฟฟ้า	ต้องมีไฟฟ้า
4. ความแม่นยำ	พอใช้	ดีมาก
5. ผลตอบของการวัด	ช้า	เร็ว
6. การบำรุงรักษา	ต้องทำอย่างสม่ำเสมอ	แทบไม่มี
7. การซ่อมบำรุง	ง่าย	ยากเพราะต้องมีความรู้ทางวงจรอิเล็กทรอนิกส์
8. สภาพแวดล้อมการใช้งาน	ทนทานต่ออุณหภูมิ ความชื้น และฝุ่น	อ่อนต่ออุณหภูมิ ความชื้นสูงและต้องไม่มีฝุ่นมาก
9. ความสามารถของเครื่อง	พิมพ์ค่าน้ำหนักได้	มีฟังก์ชั่นมากมาย เช่น ปรับศูนย์โดยอัตโนมัติ ตรวจสอบการเคลื่อนไหว ต่อกับเครื่องพิมพ์ได้ แสดงผลในที่ไกลได้
10. ต่อกับคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลการชั่ง	ต่อไม่ได้โดยตรง	ต่อได้ทันที
11. ต่อกับอุปกรณ์รายรอบต่าง ๆ	ต่ออุปกรณ์ทางกลไกได้บ้าง	ต่ออุปกรณ์ทางอิเล็กทรอนิกส์ได้มากเช่น เครื่องพิมพ์ เครื่องเก็บข้อมูล แผงแสดงผลระยะไกล เป็นต้น

ทำงานของโหลดเซลส่วนรับน้ำหนักเป็นคอลัมภ์ ใช้สเตรนเกจ 4 ตัว ปะติดบนผิวเพื่อวัดความเครียด และต่อสเตรนเกจเป็นวงจรบริดจ์ ขณะที่ไม่มีแรงกดหรือดึง เมื่อป้อนแรงดันเข้าที่บริดจ์ จะไม่มีสัญญาณออกเพราะบริดจ์จะสมดุลย์อยู่ เมื่อมีแรงมากดคอลัมภ์เกิดความเครียดทำให้ค่าความต้านทานของสเตรนเกจเปลี่ยนไป บริดจ์จะไม่สมดุลย์และจะให้สัญญาณออกซึ่งแปรผันกับแรงกดนั้น

รูป 2.4 เป็นรูปร่างภายนอกของโหลดเซลขนาดต่าง ๆ และรูป 2.5 เป็นโครงสร้างภายในของโหลดเซล ปรกติสเตรนเกจบริดจ์ภายในโหลดเซลจะไม่สมดุลย์ จำเป็นต้องมีความต้านทานขนาดเล็กไว้สำหรับชดเชยความไม่สมดุลย์นี้ ค่าความต้านทานขาออกของโหลดเซลจะมีค่าประมาณ 300 โอห์ม ถึง 600 โอห์ม ตามมาตรฐานของประเทศต่าง ๆ ลักษณะสมบัติสำคัญที่ควรพิจารณาของโหลดเซล ได้แก่

(ก) การรับแรงสูงสุด (maximum load) มีหน่วยเป็นกิโลกรัม

(ข) ความไว (sensitivity) มีหน่วยเป็น mV/V หมายถึงแรงดันขาออกของบริดจ์ ขณะรับแรงสูงสุด เมื่อป้อนไฟตรงให้บริดจ์ 1 โวลท์

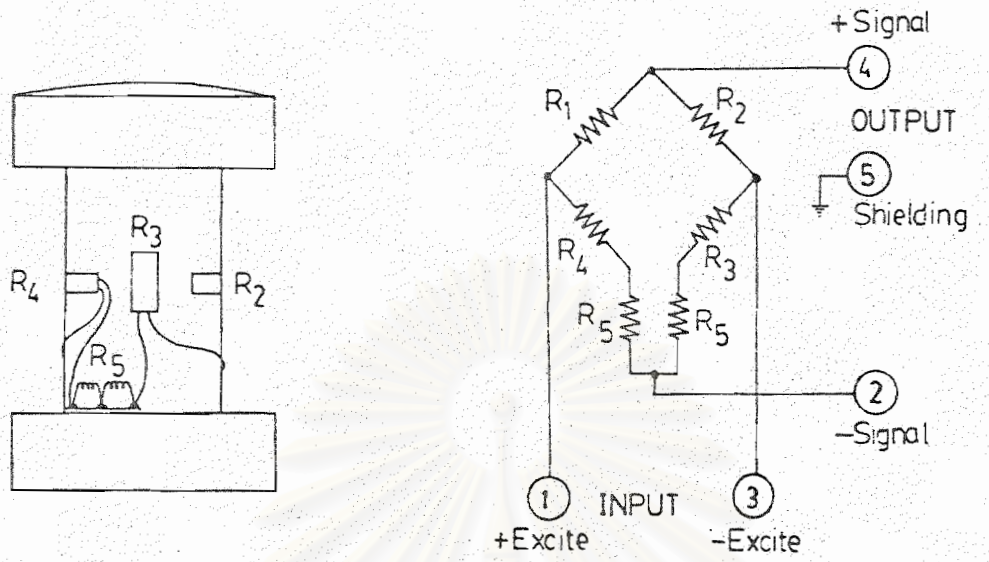
(ค) ความไม่เป็นเชิงเส้น (nonlinearity) มีหน่วยเป็น % ดูรูป 2.6

(ง) ฮิสเทริซิส (hyteresis) เมื่อเพิ่มแรงขึ้นไปและลดแรงลงมาโหลดเซลจะให้สัญญาณออกไม่เท่ากัน ค่าสูงสุดของความแตกต่างนี้ คือ ฮิสเทริซิสมีหน่วยเป็น %

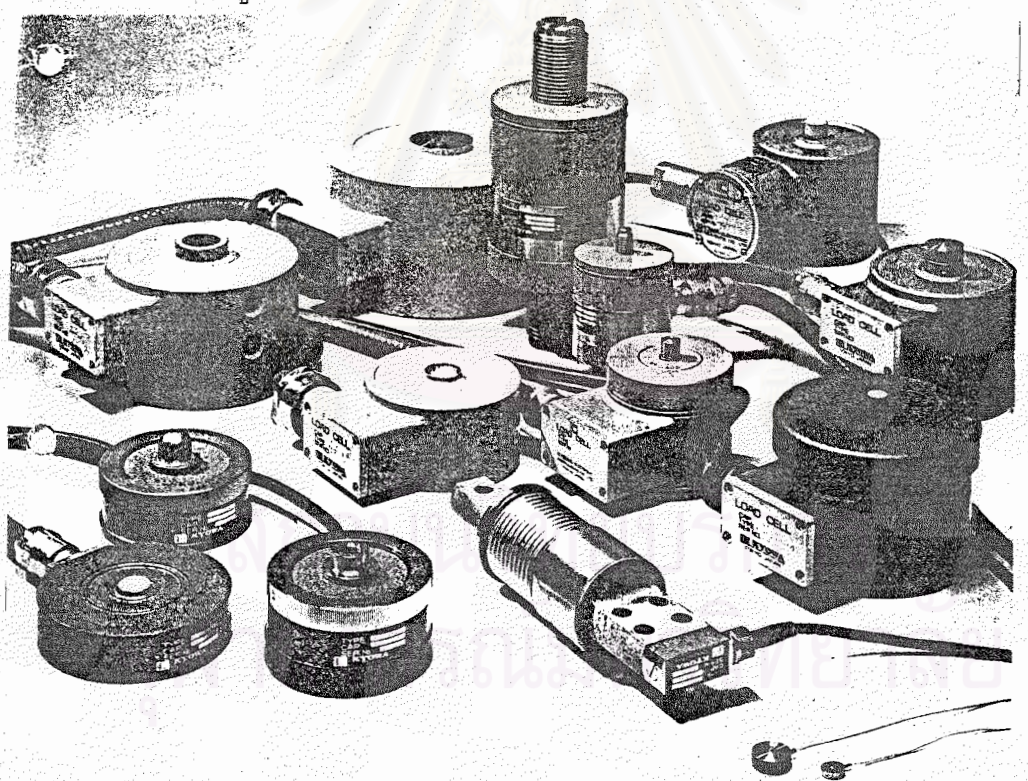
โหลดเซลที่นำมาใช้กับเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุก ต้องมีความไม่เป็นเชิงเส้นต่ำ (น้อยกว่า 0.1 %) และมีฮิสเทริซิสต่ำ (น้อยกว่า 0.1 %) ห้องปฏิบัติการวิจัยเชิงเลข ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ทำการวิจัยเพื่อทดลองสร้างโหลดเซลสำหรับใช้กับ เครื่องชั่งน้ำหนักอิเล็กทรอนิกส์ มีค่าความไม่เป็นเชิงเส้น 0.05 % และฮิสเทริซิส 0.5 %[8]

2.3 ระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกชนิดใหม่ที่เหมาะสมกับโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศ[9]

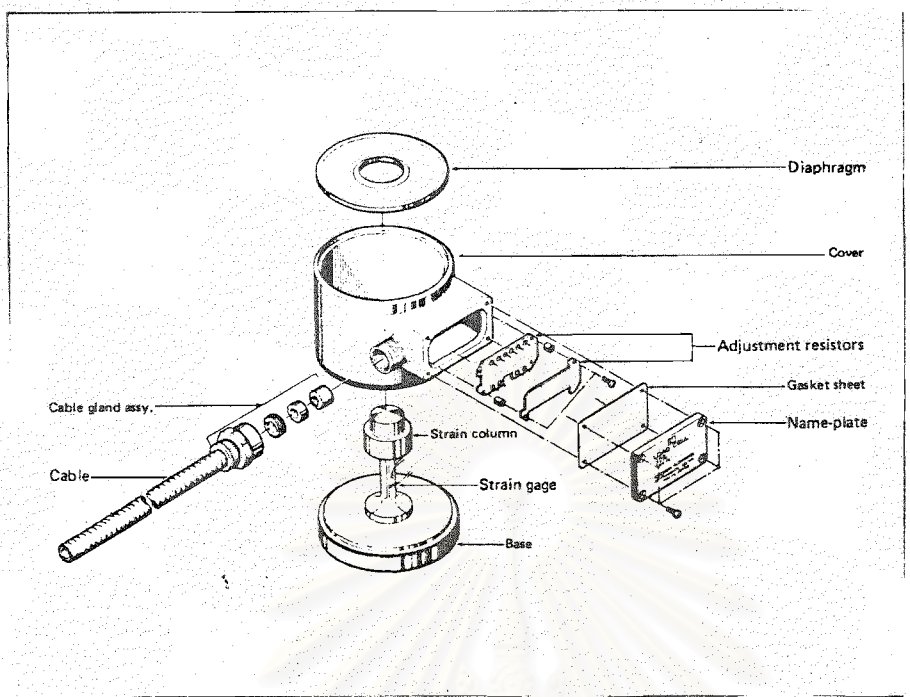
โรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้ผลิตผลทางการเกษตรในประเทศ มีเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกแบบกลไกใช้กันเป็นส่วนมาก มีบางโรงงานที่เพิ่งก่อสร้างมักจะนิยมใช้เครื่องชั่ง



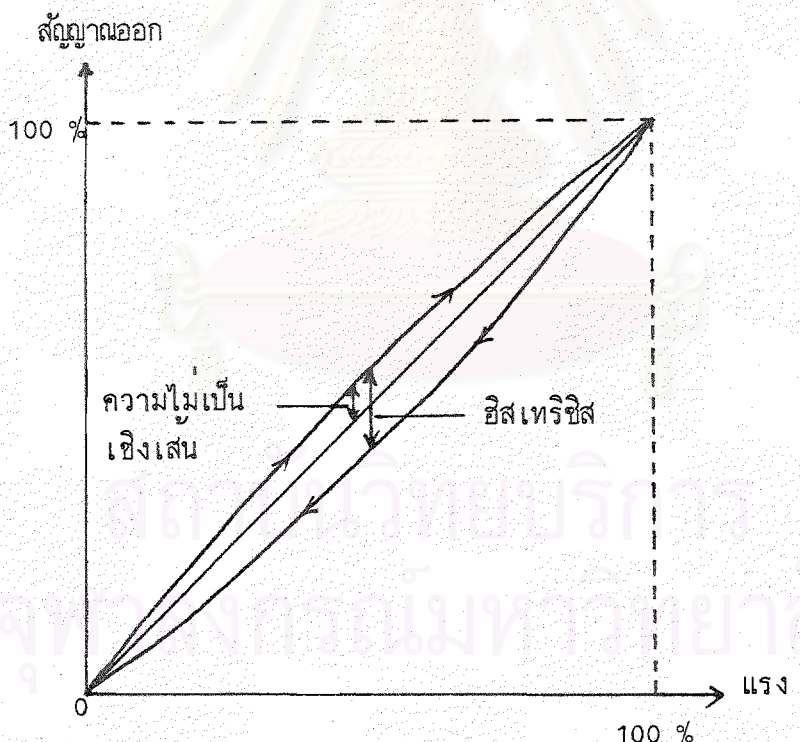
รูป 2.3 หลักการทำงานของโหลดเซล



รูป 2.4 รูปร่างภายนอกของโหลดเซล



รูป 2.5 โครงสร้างภายในของโหลดเซล



รูป 2.6 ความไม่เป็นเชิงเส้นและฮิสเทริซิส

น้ำหนักรถบรรทุกแบบอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีราคาแพงกว่า แต่มีคุณสมบัติที่ดีกว่าแบบกลไกหลายประการ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว โรงงานขนาดเล็กและกลางที่ใช้เครื่องน้ำหนักแบบกลไกอยู่ในปัจจุบันยังไม่อยากลงทุนเปลี่ยนเครื่องชั่งเป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์ เพราะต้องการการลงทุนที่สูง แต่มีความต้องการในการปรับปรุงเครื่องชั่งแบบกลไกที่ใช้อยู่ในปัจจุบันให้มีความสามารถสูงขึ้น ความต้องการสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ต้องการให้ชั่งน้ำหนักได้แม่นยำขึ้น
2. ต้องการให้ชั่งน้ำหนักได้รวดเร็วขึ้น
3. ต้องการไม่ให้เกิดการทุจริตในการชั่งน้ำหนักขึ้นได้
4. ต้องการให้เครื่องชั่งสามารถพิมพ์เอกสารการรับสินค้าได้ทันทีแทนคนเขียน
5. ต้องการให้เครื่องชั่งน้ำหนักสามารถต่อกับคอมพิวเตอร์ได้เพื่อใช้ในการประมวลผลข้อมูลการชั่งได้รวดเร็วขึ้น

จากความต้องการเหล่านี้จะเห็นว่า ส่วนมากจะเป็นคุณสมบัติเด่นของเครื่องชั่งแบบอิเล็กทรอนิกส์ ระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่เหมาะสม จึงควรจะเป็นระบบเครื่องชั่งแบบอิเล็กทรอนิกส์ที่สามารถนำเข้ามาต่อกับเครื่องชั่งแบบกลไกเดิมที่มีอยู่ โดยสามารถตอบสนองความต้องการต่าง ๆ เหล่านี้ได้ ในราคาที่ยอมเยา และมีความเชื่อถือได้สูง

รูป 2.7 เป็นรูปโครงสร้างของระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่น่าจะเหมาะสมสำหรับการใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศปัจจุบัน จากรูประบบจะประกอบด้วย 3 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. การแปลงน้ำหนักรถบรรทุกเป็นสัญญาณไฟฟ้าโดยใช้โหลดเซล
2. เครื่องแสดงค่าน้ำหนัก (weight indicator) ความสามารถสูงควบคุมการทำงานด้วยไมโครโปรเซสเซอร์
3. ชุดไมโครคอมพิวเตอร์ขนาด 8 บิทหรือ 16 บิท มีเครื่องบันทึกข้อมูลจานแม่เหล็ก และเครื่องพิมพ์พร้อม

แนวความคิดของระบบคือ หาวิธีแปลงน้ำหนักรถบรรทุกซึ่งเป็นแรงกลให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า โดยใช้โหลดเซลที่มีความแม่นยำสูงและฮิสเทริซิสต่ำ ขยายสัญญาณไฟฟ้านี้และแสดงผลค่าน้ำหนักรถบรรทุกออกเป็นตัวเลข โดยใช้เครื่องแสดงค่าน้ำหนัก เครื่องแสดง

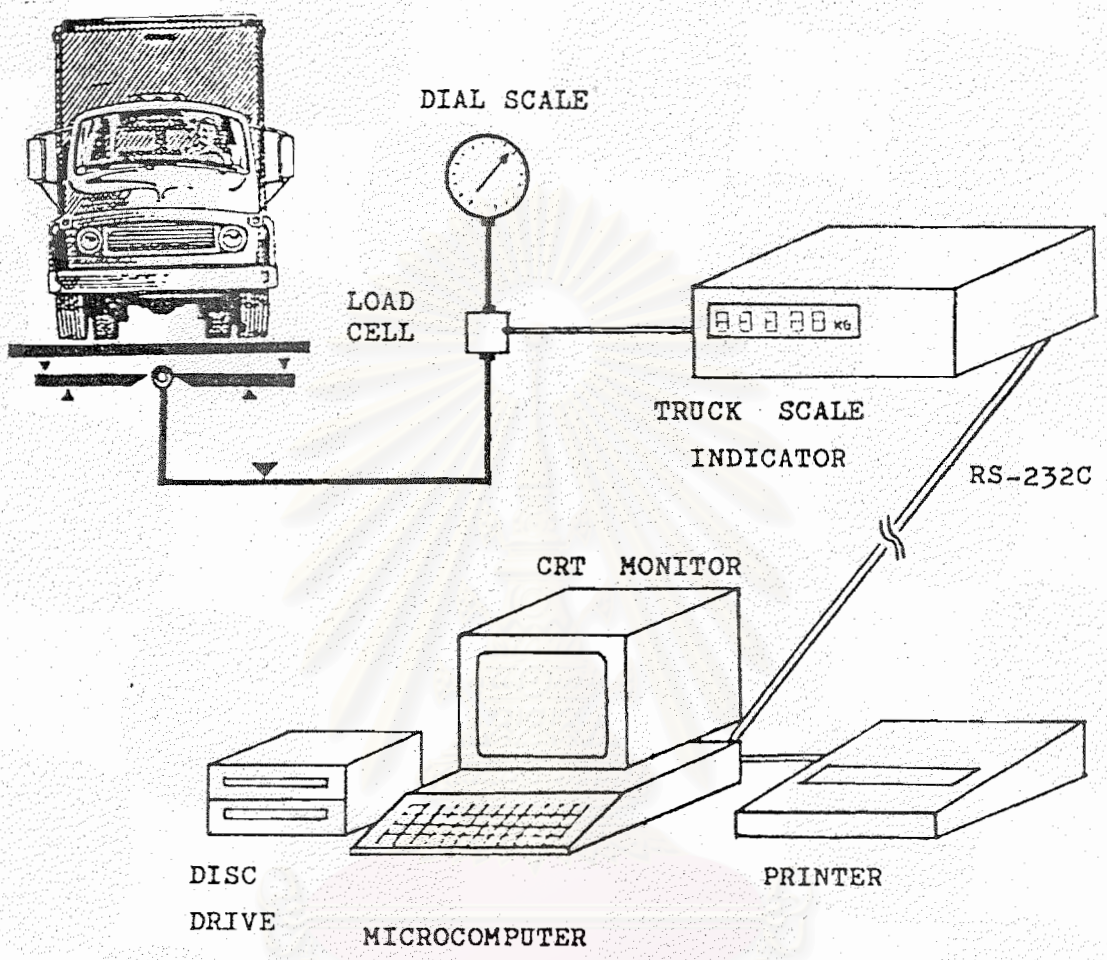
ค่าน้ำหนักมีความสามารถในการสื่อสารข้อมูลกับไมโครคอมพิวเตอร์ สามารถส่งข้อมูลการชั่งน้ำหนักมาให้ไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการประมวลผลข้อมูล เช่น การพิมพ์ การบันทึกการคำนวณ ต่าง ๆ ในขณะเดียวกันไมโครคอมพิวเตอร์สามารถส่งคำสั่งไปควบคุมการทำงานของเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก เช่น การปรับศูนย์ การคงค่าน้ำหนัก เป็นต้น จะมีโปรแกรมควบคุมขบวนการชั่งน้ำหนักและโปรแกรมประมวลผลข้อมูลการชั่ง สำหรับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ โปรแกรมนี้จะทำให้ระบบทั้งระบบ มีความสามารถสูง ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมชนิดต่าง ๆ ได้

2.4 ข้อกำหนดของระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุก

ระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่จะพัฒนาขึ้นมา ต้องสามารถนำไปใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมได้จริง และต้องมีข้อกำหนดที่สำคัญดังนี้

1. น้ำหนักชั่งสูงสุด (maximum load capacity) 40 ตัน
2. ความแม่นยำ ดีกว่า 0.1 % ของค่าแสดง
3. การแสดงผลเป็นตัวเลขจำนวน 5 หลัก หน่วยเป็นกิโลกรัม มีความละเอียด (resolution) ในการแสดงผล 5 กิโลกรัม
4. การปรับศูนย์มีทั้งปุ่มปรับด้วยมือและปุ่มกดให้ปรับศูนย์โดยอัตโนมัติ
5. การสื่อสารข้อมูลกับไมโครคอมพิวเตอร์ เป็นการส่งข้อมูลแบบอนุกรม ใช้สาย 3 เส้น ระดับสัญญาณตามมาตรฐาน EIA RS-232C อัตราการส่งแปรได้ตั้งแต่ 1200 ถึง 9600 บิทต่อวินาที
6. การควบคุมขบวนการชั่งน้ำหนักรถบรรทุก
   - ตรวจเช็คการปรับศูนย์ก่อนการชั่งทุกครั้ง และเตือนผู้ควบคุมการชั่งให้ปรับศูนย์
   - ไม่บันทึกค่าน้ำหนักในขณะที่ตัวเลขยังไม่หยุดนิ่ง
   - เตือนให้ทำการชั่งน้ำหนักใหม่ เมื่อการชั่งไม่ถูกขั้นตอน
   - ค่าน้ำหนักที่อ่านได้จะถูกบันทึกไว้ จะไม่ลบเลือนและเปลี่ยนแปลงไม่ได้
   - บันทึกวันที่และเวลาทุกครั้งที่ทำการชั่งน้ำหนัก

031646



รูป 2.7 ระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่เหมาะสมสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศ

- คำนวณหาน้ำหนักวัตถุดิบหรือสินค้า โดยการนำน้ำหนักรถมาหักออกอย่างอัตโนมัติและรวดเร็ว

7. ความสามารถในการประมวลผลและการจัดระบบงาน
   - จดจำรหัสและรายชื่อ ที่อยู่ของผู้ส่งวัตถุดิบและสินค้าได้จำนวนมาก
   - จดจำรหัสและรายชื่อ ของวัตถุดิบ สินค้าได้จำนวนมาก

- กำหนดลำดับของเลขหมายของการชั่งน้ำหนักรถบรรทุก แต่ละคันได้โดยอัตโนมัติ
- จดจำข้อมูลการชั่งน้ำหนัก เช่น ลำดับ วันเวลา ค่าน้ำหนักที่ชั่งเมื่อเข้าและออก ชื่อผู้ส่งสินค้า ชื่อสินค้า ทะเบียนรถบรรทุกของการชั่งน้ำหนักทุกครั้งอย่างไม่ผิดพลาด
- สามารถพิมพ์ ใบรับสินค้า หรือ ใบส่งสินค้า ซึ่งแสดงรายละเอียดทั้งหมดได้
- สามารถสรุปผลการชั่ง พิมพ์เป็นรายงานโดยจำแนกตามชื่อผู้ส่งสินค้าชนิดของสินค้าได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3 เครื่องแสดงค่าน้ำหนักด้วยตัวเลข

3.1 การติดตั้งโหลดเซลในเครื่องชั่งแบบกลไก

น้ำหนักสูงสุดของการชั่งรถบรรทุกจะอยู่ระหว่าง 30 ถึง 50 ตัน น้ำหนักนี้พร้อมกับน้ำหนักของลานชั่งจะถูกทดลงมาโดยคานทานสเวิสด้วยอัตรา 150 - 250 เท่า ถ้าติดตั้งโหลดเซลระหว่างแท่งสตีลยาดเพื่อรับแรงดึงนี้ ดังในรูป 3.1 จะมีข้อดี คือ

1. ใช้โหลดเซลขนาดเล็กเพียง 200 kgf ได้
2. เครื่องแสดงค่าน้ำหนักแบบกลไกเดิมยังสามารถใช้งานได้
3. ความแม่นยำของการชั่งจะขึ้นอยู่กับระบบคานทดและตัวโหลดเซล
4. สามารถติดตั้งได้ง่ายและรวดเร็ว

โหลดเซลที่เลือกใช้มีคุณสมบัติดังนี้[10]

ก. โหลดเซลแบบรับแรงดึง (tension type)

ข. ขนาด 200 kgf

ค. โหลดที่ยอมรับได้ (allowable load) 200 %

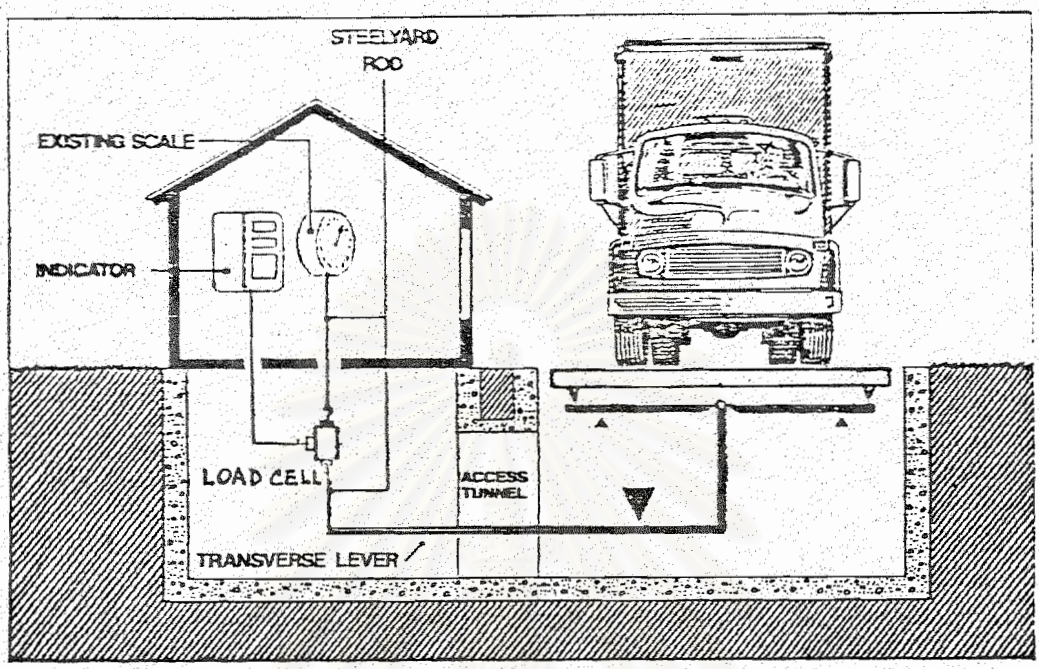
ง. ความไว (sensitivity) 1.5 mV/V ~ 3.0 mV/V

จ. ความไม่เป็นเชิงเส้น น้อยกว่า 0.1 %

ฉ. ฮิสเทริซิส น้อยกว่า 0.1 %

ช. การเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ (thermal zero effect) น้อยกว่า 0.0005 % FS/^{o}C

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูป 3.1 ตำแหน่งการต่อโหลดเซลเข้ากับเครื่องชั่งแบบกลไก

3.2 ปัญหาของเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก

เครื่องแสดงค่าน้ำหนัก (weight indicator) ทำหน้าที่ป้อนแรงดันไฟคงที่ให้วงจรสเตรนเกจบริดจ์ในโหลดเซล และขยายแรงดันขาออกของโหลดเซลให้มีขนาดใหญ่ แปลงแรงดันนี้เป็นสัญญาณเชิงเลขเพื่อแสดงค่าน้ำหนักเป็นตัวเลข ส่วนที่เป็นหัวใจสำคัญของเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก คือภาครับสัญญาณขาเข้าและขยาย (signal conditioner) ความแม่นยำในการวัดจะถูกกำหนดโดยภาคขยายนี้ การวิจัยนี้จะใช้เวลากับการออกแบบและการทดสอบภาคขยายที่ดีที่สุดสำหรับระบบ

เครื่องแสดงค่าน้ำหนักยังมีฟังก์ชั่นที่สำคัญอีก เช่น การปรับศูนย์อัตโนมัติก่อนการชั่งทุกครั้ง การคำนวณค่าน้ำหนักเพื่อการแสดงผลที่ถูกต้อง ซึ่งเกี่ยวพันกับการคูณหาร การตรวจเช็คการเคลื่อนไหวของรถบรรทุกซึ่งกำลังชั่ง และการสื่อสารข้อมูลกับคอมพิวเตอร์ หน้าที่การทำงานเหล่านี้ของเครื่องแสดงค่าน้ำหนักเป็นเรื่องซับซ้อน ไม่สามารถใช้วงจรไอซีธรรมดามาประกอบได้ จำเป็นต้องใช้วงจรไมโครโปรเซสเซอร์มาควบคุมการ

ทำงานภายใน ซึ่งจะทำให้การทำงานของเครื่องสามารถกำหนดได้โดยการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงาน ข้อดีของการนำไมโครโปรเซสเซอร์เข้ามาใช้ในวงจรของเครื่องแสดงค่าน้ำหนักมีดังนี้

ก. ฮาร์ดแวร์ของเครื่องจะเป็นมาตรฐานในขณะที่ซอฟท์แวร์จะกำหนดการทำงานของเครื่อง

ข. สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมให้เครื่องทำงานที่ซับซ้อนได้

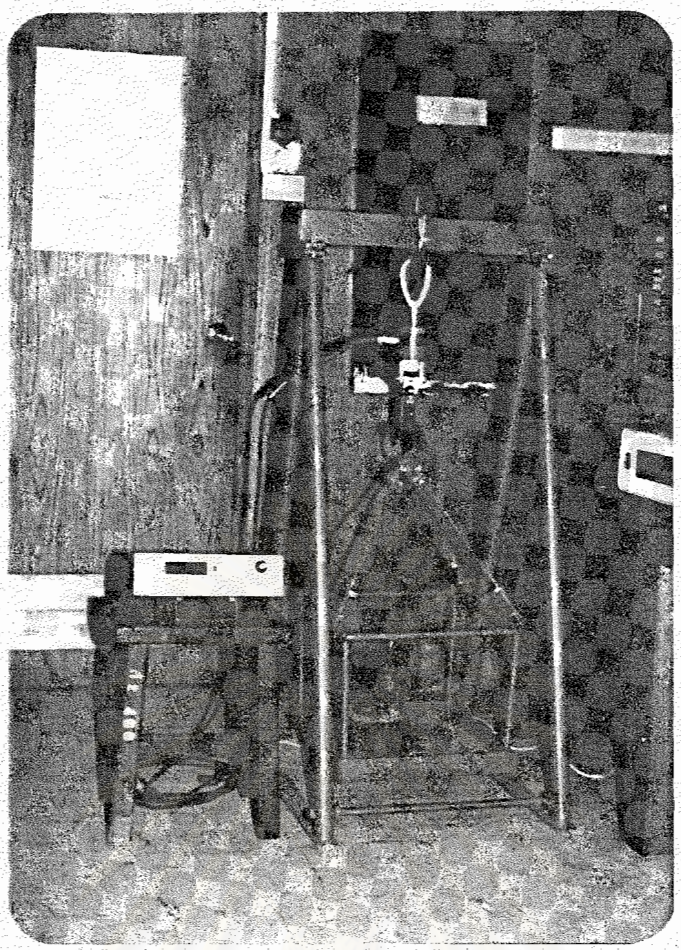
ค. ข้อมูลภายในเป็นดิจิตอล สามารถส่งให้อุปกรณ์รายรอบ เช่นเครื่องพิมพ์ เครื่องสื่อสารข้อมูลได้

ง. เหมาะสำหรับการศึกษาพัฒนาที่มีการเปลี่ยนแปลงข้อกำหนดและการทำงานอยู่เสมอ

การพัฒนาเครื่องแสดงค่าน้ำหนักจะมีอยู่ 2 ขั้นตอน คือการออกแบบเครื่องแสดงค่าน้ำหนักที่แสดงผลเป็นตัวเลขโดยไม่มีหน้าที่การทำงานอย่างอื่น ได้แก่การศึกษาเรื่องวงจรขยายที่เหมาะสมและวงจรแปลงสัญญาณเป็นเชิงเลข เครื่องแสดงค่าน้ำหนักที่สร้างขึ้นนี้จะใช้เป็นเครื่องมือในการติดตั้งระบบ และพัฒนาเครื่องแสดงค่าน้ำหนักที่มีไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมต่อไปอีกทีหนึ่ง

3.3 ชุดทดลองที่สร้างขึ้นสำหรับการพัฒนาเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก

การทดสอบโหลดเซลและเครื่องแสดงค่าน้ำหนักนั้น เราไม่สามารถนำไปทดลองกับเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกจริงได้ตลอดเวลา จำเป็นต้องสร้างชุดทดลองขึ้นมาเองโดยให้มีคุณสมบัติของแรงดึงเช่นเดียวกับเครื่องชั่งน้ำหนักจริง ชุดทดลองที่ได้ออกแบบสร้างขึ้นมาเป็นแบบง่าย ๆ ใช้กระเช้าแขวนกับโหลดเซลซึ่งยึดบนโครงเหล็ก ใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานที่กระทรวงพาณิชย์รับรอง ขนาด 5, 10, 20 กิโลกรัม วางบนกระเช้า เพื่อผลิตแรงดึงให้กับโหลดเซล รูป 3.2 เป็นรูปชุดทดลองที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น ชุดทดลองนี้จะใช้ในการทดสอบโหลดเซล ทดสอบวงจรของเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก ปรับเทียบการแสดงผลของเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก และใช้ทดสอบตลอดงานวิจัยนี้



รูป 3.2 ชุดทดลองโหลดเซลและเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก

3.4 เครื่องแสดงค่าน้ำหนักด้วยตัวเลขชนิดอ่านโดยตรง[8]

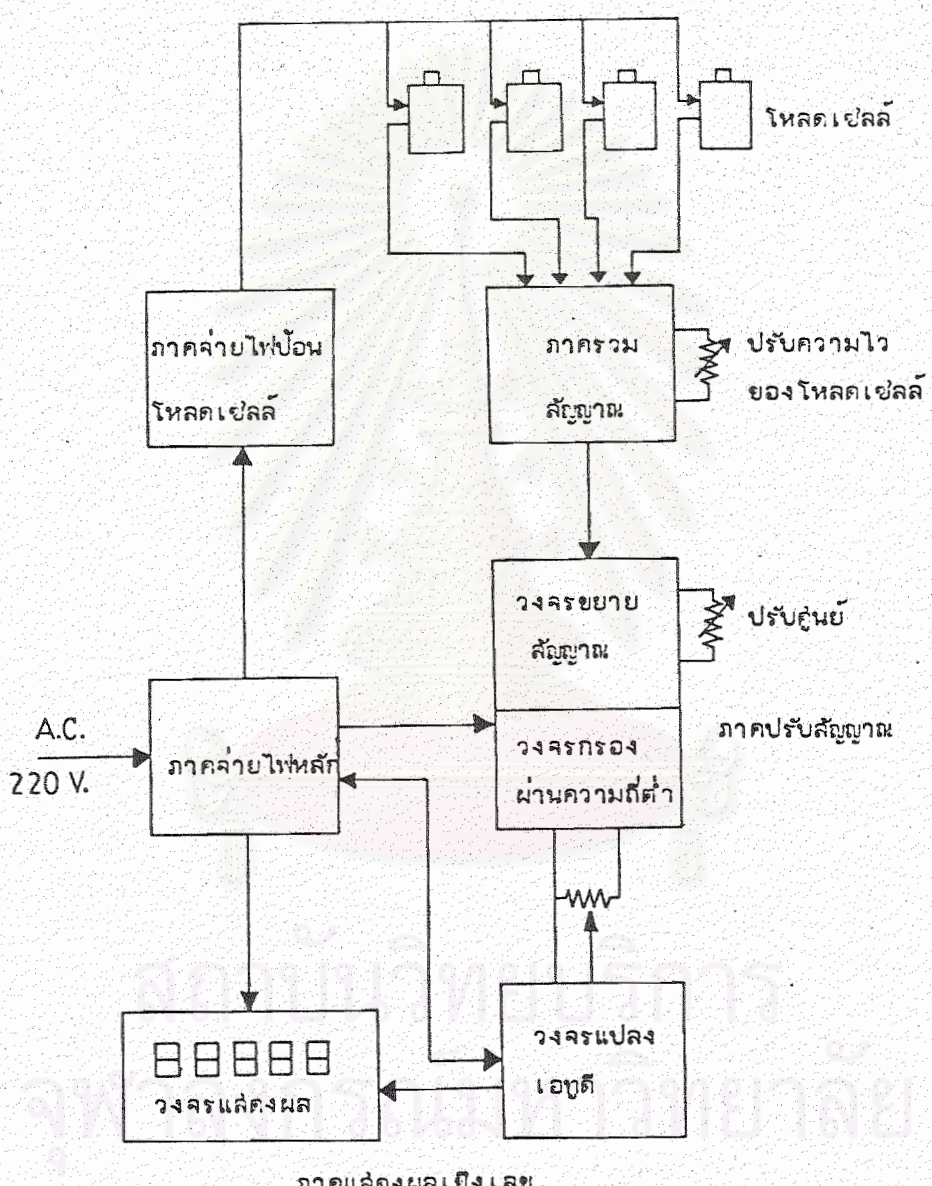
เครื่องแสดงค่าน้ำหนักตัวแรกที่สร้างขึ้นนี้มีจุดประสงค์เพื่อใช้ในการทดสอบและพัฒนาวงจรภาคขยายสัญญาณเข้าจากโหลดเซลที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในระบบ รูป 3.2 เป็นบล็อกไดอะแกรมของเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก ภายในประกอบด้วย

ก. ภาคจ่ายไฟป้อนโหลดเซล ผลิตแรงดันไฟตรงขนาด $\pm$ 6 v มีเสถียรภาพสูง และสัมประสิทธิ์อุณหภูมิต่ำ เพื่อป้อนเข้าโหลดเซล

ข. ภาครวมสัญญาณ ใช้รวมสัญญาณจากโหลดเซลหลายตัวเพื่อหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักในกรณีที่ใช้โหลดเซลเพียงตัวเดียว ก็ไม่จำเป็นต้องมีภาคนี้

ค. วงจรขยายสัญญาณ ขยายสัญญาณจากโหลดเซลซึ่งมีขนาดเพียง 10 mV ถึง 30 mV ให้มีขนาด 5 v วงจรต้องมีเสถียรภาพสูงและสัมประสิทธิอุณหภูมิต่ำ มีวงจรที่ใช้ปรับศูนย์และอัตราขยายที่ดี

ง. วงจรแปลงเอทูดี แปลงสัญญาณที่ขยายได้ซึ่งเป็นสัญญาณอานาลอกให้เป็นสัญญาณเชิงเลข เพื่อใช้ในการแสดงผลค่าน้ำหนักเป็นตัวเลขที่วงจรแสดงผล



รูป 3.3 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก

จ. วงจรกรองผ่านความถี่ต่ำ ใช้กรองสัญญาณรบกวนที่เข้ามาจากสายสัญญาณของโหลดเซลและกรองการสั่นสะเทือนของวัตถุที่กำลังชั่ง ออกแบบให้มีความถี่คัทออฟ (cutoff frequency) ที่ 2 Hz

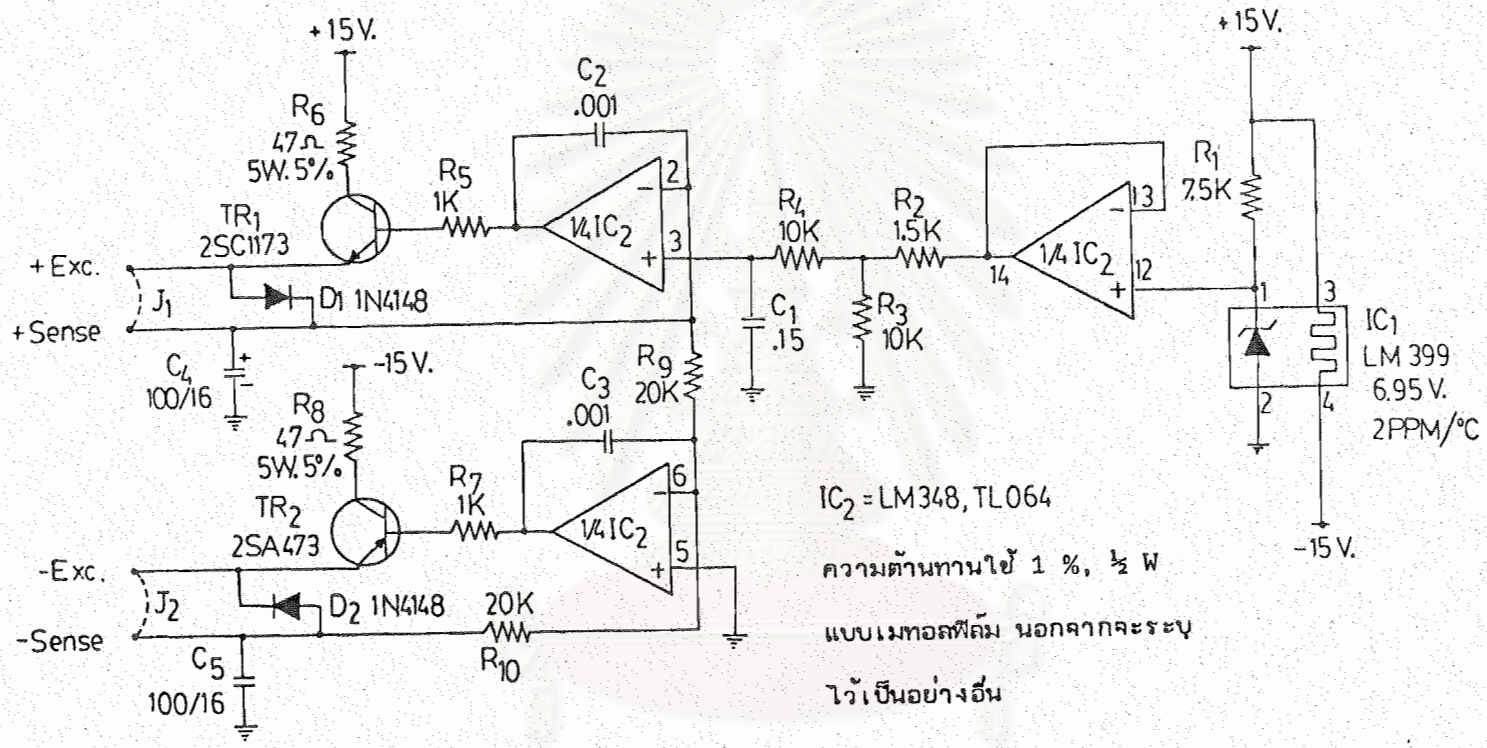
เครื่องแสดงค่าน้ำหนักที่สร้างขึ้นนี้ สามารถแสดงผลค่าน้ำหนักสูงสุดได้ 4 หลักครึ่ง มีความละเอียด 1 ใน 20000 รับสัญญาณได้ทั้งแบบสี่โหลดเซลและหนึ่งโหลดเซล มีความแม่นยำ 0.025 % ของค่าเต็มพิกัด ค่าสัมประสิทธิอุณหภูมิน้อยกว่า $\pm$ 50 ppm/^{o}C และความไม่เป็นเชิงเส้นน้อยกว่า 0.005 % ของค่าเต็มพิกัด

รูป 3.4 แสดงรายละเอียดวงจรของภาคจ่ายไฟแรงดันคงที่ เสถียรภาพสูง ให้กับโหลดเซลวงจรนี้ใช้ซีเนอร์ไดโอดที่มีสัมประสิทธิอุณหภูมิต่ำ ถึง 2 ppm/^{o}C ผลิตแรงดันมาตรฐานและใช้ออฟแอมป์สัมประสิทธิอุณหภูมิต่ำเป็นบัฟเฟอร์ ในการขยายกระแสเพื่อจ่ายให้โหลดเซลแรงดันที่จ่ายออกมาเป็นแรงดัน $\pm$ 6 v มีสายตรวจวัด (Sense) แรงดันจากขั้วบริดจ์ของโหลดเซลโดยตรง

รูป 3.5 แสดงรายละเอียดของวงจรขยายและวงจรกรองผ่านความถี่ต่ำ ใช้ออฟแอมป์ เบอร์ LH0038 ซึ่งเป็นวงจรขยายอินสตูรเมนเตชั่น[11] มีอัตราขยาย 100 - 2000 เท่า ค่าสัมประสิทธิ์อุณหภูมิของแรงดันอินพุทออฟเซท เท่ากับ 0.2 V/^{o}C วงจรขยายมีปุ่มปรับศูนย์และปรับอัตราขยาย วงจรกรองผ่านความถี่ต่ำเป็นวงจรบัตเตอร์เวิทความถี่คัทออฟประมาณ 2 Hz และมีอัตราลดระดับ -40 เดซิเบลต่อดีเขต

จากการทดสอบคุณสมบัติของวงจรภาคขยายชนิดต่าง ๆ พบว่าวงจรขยายที่สามารถใช้ในเครื่องแสดงค่าน้ำหนักของเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกควรมีคุณสมบัติต่อไปนี้

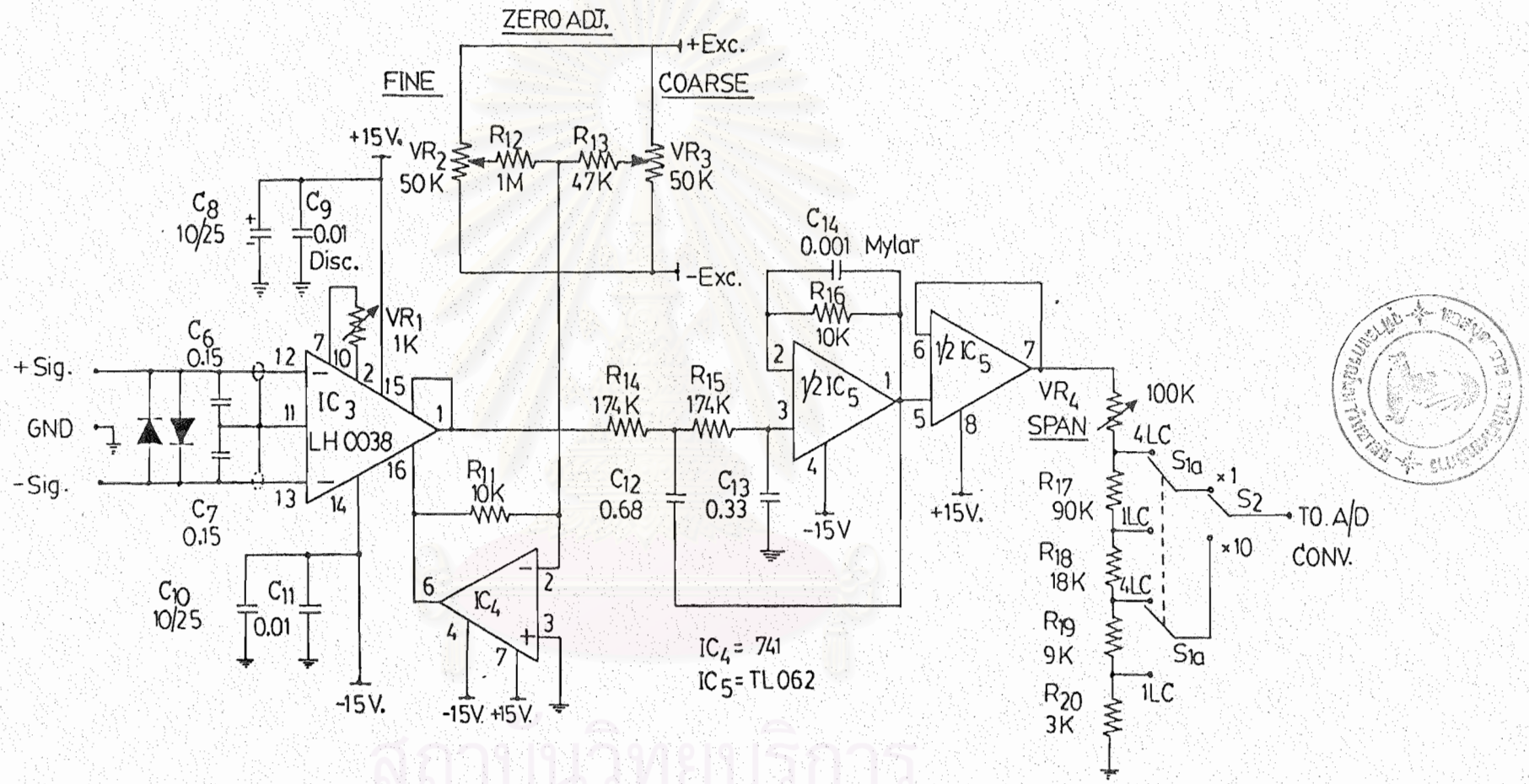
1. ปรับอัตราขยายได้ 100 - 1000 เท่า
2. Gain nonlinearity 0.01 %
3. Gain drift 20 ppm/^{o}C
4. Voltage offset drift 0.2 V/^{o}C
5. Common mode rejection ratio 100 db
6. Input noise 0.2 V_{p-p}
7. องค์ประกอบวงจรเช่น ตัวต้านทาน ตัวต้านทานแปรค่า ต้องมีสัมประสิทธิอุณหภูมิน้อยกว่า 50 ppm/^{o}C



รูป 3.4 วงจรของภาคจ่ายไฟป้อนโหลดเซลล์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 3.5 แผนภาพวงจรของเครื่องมือวัดที่สร้างขึ้น



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูป 3.6 แสดงรูปถ่ายภายนอกของเครื่องแสดงค่าน้ำหนักที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้น ได้ทดสอบเครื่องกับชุดทดลองและเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกแบบกลไกของโรงงานอุตสาหกรรมจริง

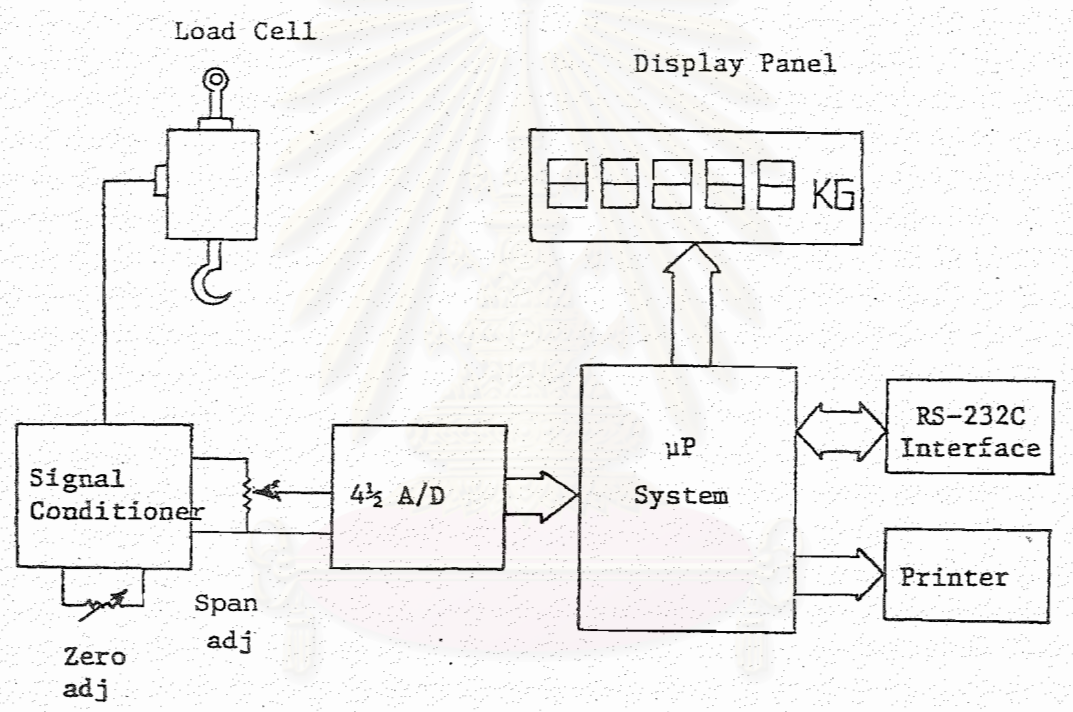
รูป 3.6 เครื่องแสดงค่าน้ำหนักด้วยตัวเลขที่สร้างขึ้น

3.5 เครื่องแสดงค่าน้ำหนักชนิดควบคุมการทำงานโดยไมโครโปรเซสเซอร์[12]

เพื่อให้เครื่องแสดงค่าน้ำหนักมีความสามารถในการควบคุมขบวนการชั่งน้ำหนักรถบรรทุก และมีความสามารถในการประมวลผลข้อมูลการชั่งตามข้อกำหนดที่ได้กล่าวไป ได้นำวงจรไมโครโปรเซสเซอร์เข้ามาประยุกต์ในเครื่องแสดงค่าน้ำหนักเพื่อรับภาระหน้าที่การควบคุมและการประมวลผลนี้ บล็อกไดอะแกรมของเครื่องแสดงค่าน้ำหนักแสดงในรูป 3.7

วงจร Signal conditioner หมายถึง วงจรจ่ายไฟตรงให้โหลดเซล วงจรขยาย วงจรกรองผ่านความถี่ต่ำ เหมือนกับเครื่องแสดงค่าน้ำหนักตัวแรกที่ได้ทดลองสร้างขึ้น ในวงจรจะมีปุ่มสำหรับปรับศูนย์และปรับสแปน (span adjust)

วงจร $4\frac{1}{2}$ A/D[13] หมายถึง วงจรแปลงสัญญาณอานาลอก เป็นสัญญาณเชิงเลขเช่นเดียวกับเครื่องแสดงค่าน้ำหนักตัวแรก เพียงแต่ไม่นำผลของการแปลงแสดงผลเป็นตัวเลขโดยตรง แต่จะป้อนเข้าวงจรไมโครโปรเซสเซอร์เพื่อใช้ในการประมวลผลค่าน้ำหนักอีกทีหนึ่ง ความละเอียดของการแปลงสัญญาณในภาคนี้เป็นสิ่งสำคัญอันหนึ่งในการกำหนด ความแม่นยำ และความละเอียดในการวัดของระบบ



รูป 3.7 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องแสดงค่าน้ำหนักควบคุมโดยไมโครโปรเซสเซอร์

ระบบไมโครโปรเซสเซอร์ เป็นภาคที่ใช้โปรเซสข้อมูลที่ได้มาในรูปของสัญญาณดิจิตอล การควบคุมการทำงานของเครื่องและฟังก์ชั่นต่าง ๆ ของเครื่องกำหนดโดยโปรแกรม ซึ่งอยู่ภายในระบบนี้

แผงแสดงผล เป็นแผงแสดงผลการวัดด้วยไดโอดเปล่งแสงเจ็ดขีดขนาดใหญ่ ระบบไมโครโปรเซสเซอร์ จะส่งข้อมูลมาให้แสดงผล และควบคุมการแสดงผลด้วย

ภาค RS-232C interface เป็นภาคที่ใช้ในการควบคุมการติดต่อข้อมูลกับไมโครคอมพิวเตอร์ภายนอก ภาคนี้นำข้อมูลจากระบบไมโครโปรเซสเซอร์แปลงเป็นข้อมูลอนุกรมส่งออกไป ในขณะเดียวกันจะรับสัญญาณอนุกรมเข้ามาจากไมโครคอมพิวเตอร์ภายนอกและส่งต่อเข้ายังไมโครโปรเซสเซอร์ในรูปของข้อมูลแบบขนาน

3.6 ฮาร์ดแวร์ของเครื่อง

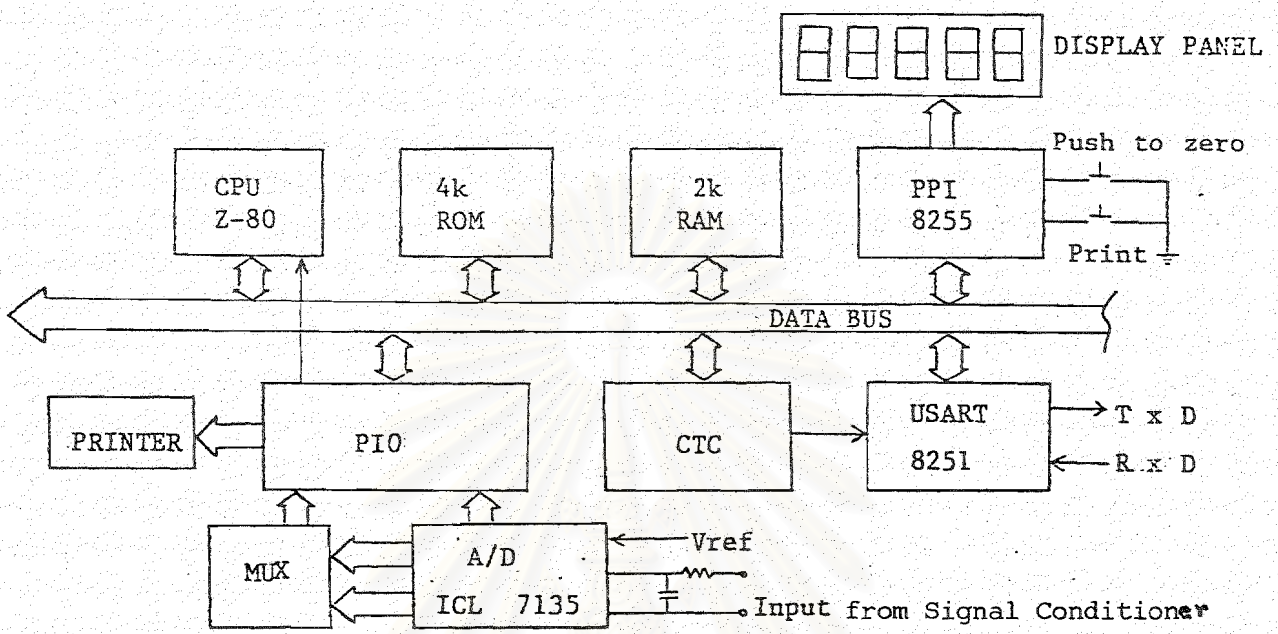
รูป 3.8 เป็นวงจรไมโครโปรเซสเซอร์ที่ใช้ในการควบคุมเครื่อง ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ เบอร์ Z-80 มีหน่วยความจำที่เป็น ROM ขนาด 4K ไบท์ และ RAM 2K ไบท์ ใน ROM จะเก็บโปรแกรมควบคุมระบบทั้งหมด องค์ประกอบวงจรรายรอบระบบที่สำคัญ ได้แก่ PIO, CTC, USART และ PPI

PIO จะเป็นหน่วยรับข้อมูลเข้าจาก $4\frac{1}{2}$ digit A/D และเป็นหน่วยส่งข้อมูลออกไปสู่เครื่องพิมพ์ การส่งข้อมูลจาก A/D เข้าสู่ระบบไมโครโปรเซสเซอร์ เป็นแบบมัลติเพลกสัญญาณ เพราะข้อมูลมีขนาดมากกว่า 8 บิท A/D จะทยอยส่งข้อมูลที่เป็นตัวเลขในรูปรหัส BCD เข้าสู่ระบบทีละตัว หลังจากจบการแปลงสัญญาณทุกครั้ง A/D จะแปลงสัญญาณอยู่ตลอดเวลา เมื่อแปลงสัญญาณเสร็จจะส่งสัญญาณเข้าอินเตอร์รัพ CPU เพื่อให้ CPU มาอ่านข้อมูลเข้าไปในระบบ

CTC เป็นตัวหารความถี่เพื่อป้อนให้ USART สัญญาณความถี่นี้จะเป็นการกำหนดความเร็ว ในการรับส่งข้อมูลกับไมโครคอมพิวเตอร์ภายนอก ความเร็วในการส่งข้อมูลแปรได้ระหว่าง 1200 ถึง 9600 band โดยใช้วิธีการโปรแกรมค่าให้ CTC USART เป็นตัวควบคุมการรับส่งข้อมูลกับไมโครคอมพิวเตอร์

สำหรับ PPI เป็นหน่วยรับและส่งข้อมูลออกจากระบบ ใช้เป็นตัวส่งข้อมูลออกไปแสดงผลที่แผงแสดงผล การแสดงผลใช้วิธีมัลติเพลกซึ่งไมโครโปรเซสเซอร์จะควบคุมการแสดงผลนี้โดยตรง บางส่วนของ PPI จะใช้รับสัญญาณเข้าจากการกดปุ่มกด เช่น push to zero และ print

รายละเอียดวงจรให้ดูในภาคผนวก ก

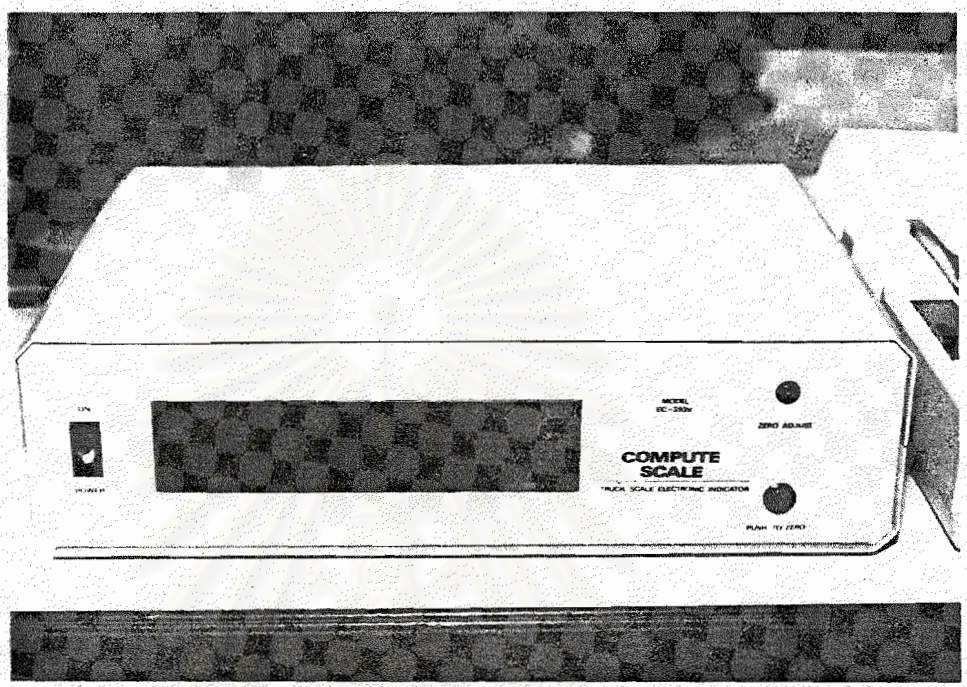


รูป 3.8 วงจรไมโครโปรเซสเซอร์ที่ควบคุมการทำงานของเครื่อง

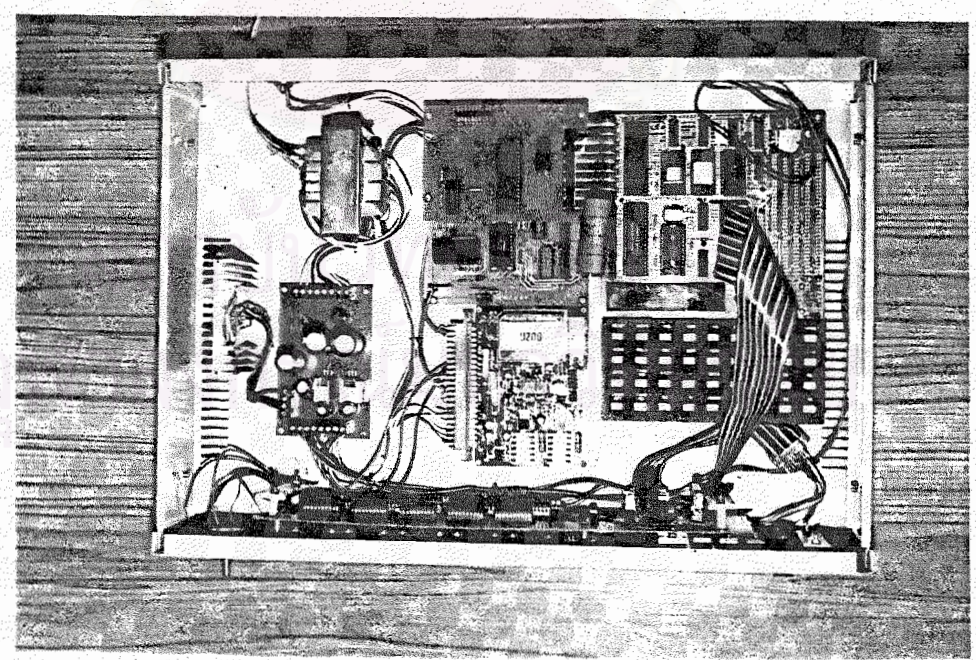
รูป 3.9 เป็นรูปถ่ายของเครื่องแสดงค่าน้ำหนักที่เป็นเครื่องต้นแบบ เครื่องนี้จะนำไปทดลองใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมจริง จึงสร้างตัวกล่องให้มีความแข็งแรงและมีรูปร่างสวย ส่วนรูป 3.10 เป็นรูปแสดงอุปกรณ์ภายในตัวกล่อง ประกอบด้วย แผงวงจรไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งเป็นไมโครคอมพิวเตอร์ แผ่นพิมพ์เดี่ยว MPF-I ของบริษัท Multi-tech[14] แผงวงจร A/D แผงวงจร signal conditioner แผงวงจรแสดงผล และแหล่งจ่ายไฟตรง

3.7 โปรแกรมควบคุมการทำงานของเครื่อง

โปรแกรมควบคุม เป็นโปรแกรมที่เขียนขึ้นมาสำหรับวงจรไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อให้เครื่องมีฟังก์ชั่นการทำงานตามที่ต้องการ โปรแกรมนี้เขียนด้วยภาษาแอสเซมบลี (assembly language) และแปลงเป็นรหัสภาษาเครื่องของไมโครโปรเซสเซอร์ Z-80 (Z-80 machine code) อัดเก็บไว้ใน EPROM ขนาด 4KB การพัฒนาโปรแกรมพัฒนาบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ Apple II โดยใช้ SC-Macro ซึ่งเป็นครอสแอสเซมเบอร์ (cross assembler) ของบริษัท SC Software Corparation และเครื่องรอมอิมู-



รูป 3.9 รูปถ่ายของเครื่องแสดงค่าน้ำหนักควบคุมด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ที่ได้สร้างขึ้น



รูป 3.10 รูปแผงวงจรต่าง ๆ ภายในเครื่อง

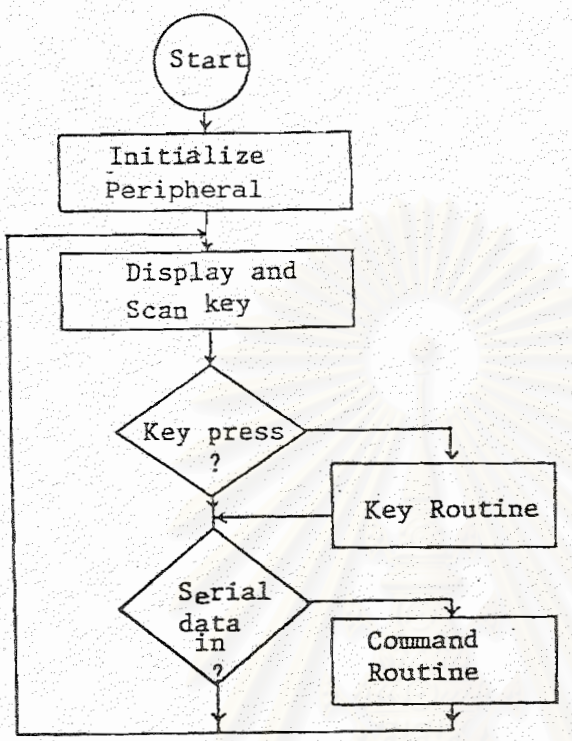
เลเตอร์ (ROM emulator) ซึ่งพัฒนาขึ้นมาเองสำหรับใช้ในห้องปฏิบัติการวิจัย

โปรแกรมควบคุมจะมีหน้าที่การทำงานที่สำคัญ ดังนี้

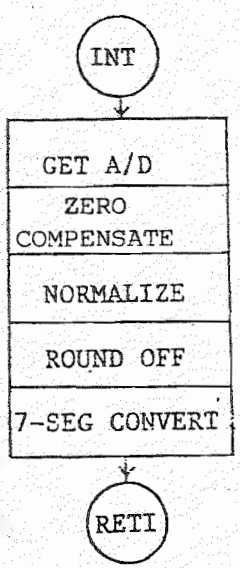
1. Get A/D คือการอ่านข้อมูลจาก $4\frac{1}{2}$ A/D ข้อมูลนี้เป็นข้อมูลดิบที่จะมาใช้ในการคำนวณหาค่าน้ำหนัก ข้อมูลนี้จะเป็นเลขรหัส BCD 5 หลัก จะต้องอ่านเข้ามาทีละหลัก โดยใช้วิธีการทางการอินเตอร์รัพท์
2. Zero compensate คือการนำเอาข้อมูลดิบมาหักลบออกจากข้อมูลที่ใช้ชดเชยศูนย์ ข้อมูลที่ใช้ชดเชยศูนย์นี้จะถูกเก็บเข้าหน่วยความจำทุกครั้งเมื่อกดปุ่ม push to zero
3. Round off คือการปรับตัวเลขตัวสุดท้ายของค่าน้ำหนักให้เป็น 0 หรือ 5
4. Display คือการควบคุมการแสดงผลค่าน้ำหนักที่ไดโอดเปล่งแสง 7 ขีด จำนวน 5 ตัว
5. Key routine คือ งานที่ต้องทำเมื่อมีการกดปุ่มด้านหน้า 2 ปุ่ม คือปุ่ม push-to-zero และปุ่ม print ปุ่มแรกจะบังคับให้การแสดงผลเป็นศูนย์ ปุ่มหลังจะเป็นการสั่งงานให้พิมพ์ ข้อมูลรวมทั้งค่าน้ำหนักที่เครื่องพิมพ์
6. Serial data transfer คือการสื่อสารข้อมูลกับไมโครคอมพิวเตอร์ภายนอก ซึ่งจะมีทั้งการส่งข้อมูลค่าน้ำหนักออกไป หรือรับคำสั่งเข้ามาทำงาน

ผังงานของโปรแกรมควบคุมระบบแสดงในรูป 3.11 จะเห็นว่าการทำงานของระบบจะเป็นวงรอบ วนเวียนอยู่ตลอดเวลา งานที่สำคัญในวงรอบได้แก่ การแสดงผลบนแผงแสดงผลการตรวจเช็คว่ามีการกดปุ่มสั่งงานหรือไม่ การตรวจเช็คว่ามีข้อมูลอนุกรมที่เป็นคำสั่งจากไมโครคอมพิวเตอร์ภายนอกเข้ามาหรือไม่ เมื่อมีการกดปุ่มจะแยกตัวออกไปทำงานตามปุ่มที่กด และถ้ามีข้อมูลอนุกรมจากไมโครคอมพิวเตอร์ภายนอกก็จะแยกตัวออกไปทำงานนั้นทันที

สำหรับการอ่านข้อมูลจาก A/D เข้ามาในระบบนั้น ใช้กรรมวิธีอินเตอร์รัพท์ เมื่อ A/D ทำการแปลงสัญญาณเสร็จหนึ่งครั้งจะอินเตอร์รัพท์ไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อส่ง



ก) Main program



ข) Interrupt program

รูป 3.11 ผังงานของโปรแกรมควบคุมระบบ

ข้อมูลเข้าระบบไมโครโปรเซสเซอร์จะอ่านข้อมูลที่เป็นตัวเลขทีละตัว เมื่อครบจะนำข้อมูลนั้นมาทำการคำนวณเพื่อแสดงผลต่อไป กรรมวิธีในการคำนวณที่สำคัญ ได้แก่ zero compensate กรรมวิธีคำนวณค่าให้ตรงกับพิสัยน้ำหนัก (normalization) และตัวเลขหลักสุดท้ายเป็น 0 หรือ 5 (round off process) เมื่อเรียบร้อยแล้วจะแปลงข้อมูลเป็นรหัส 7 ขีด เพื่อเตรียมไปแสดงในโปรแกรมหลักต่อไป

รายละเอียดของโปรแกรมควบคุมดูได้จากภาคผนวก ข[15]

บทที่ 4 การสื่อสารข้อมูลกับไมโครคอมพิวเตอร์

4.1 แนวความคิดการสื่อสารข้อมูล

ระบบควบคุมโดยใช้คอมพิวเตอร์ในปัจจุบัน มีแนวโน้มที่จะหันมาใช้ระบบกระจาย (distributed system) แทนระบบรวมศูนย์การควบคุม (centralized system)[16] ระบบกระจายเป็นระบบควบคุมที่จะกระจายหน้าที่การควบคุมหรือหน้าที่การทำงานออกไปให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบ อุปกรณ์ในระบบแต่ละตัวจะมีความสามารถมากขึ้นและสามารถทำงานได้อย่างอิสระ อุปกรณ์เหล่านี้แต่ละตัวจะต่อเชื่อมด้วยสายสื่อสารข้อมูล ส่งถ่ายข้อมูลที่จำเป็นให้กันและกัน ระบบกระจายจะมีข้อดีคือ ความเชื่อถือได้ของระบบจะดีขึ้น โครงสร้างระบบง่ายลงและราคาถูกลง

ระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่พัฒนาขึ้นมานี้เป็นระบบกระจายชนิดหนึ่ง เครื่องแสดงค่าน้ำหนักจะมีหน้าที่วัดน้ำหนัก ประมวลผลการชั่ง ในขณะที่ไมโครคอมพิวเตอร์จะมีหน้าที่ในการประมวลผลข้อมูลการชั่ง และข้อมูลเกี่ยวกับสินค้า วัตถุดิบ ทั้งสองส่วนนี้จะมีการสื่อสารข้อมูลกันตลอดเวลาที่มีการชั่งน้ำหนักรถบรรทุก ฝ่ายหนึ่งวัดและควบคุมการชั่ง ฝ่ายหนึ่งรับข้อมูลมาบันทึก คำนวณ พิมพ์รายงาน ทั้งสองฝ่ายทำงานพร้อมกัน แต่ถ้าฝ่ายหนึ่งฝ่ายใดเกิดเหตุขัดข้อง อีกฝ่ายหนึ่งยังสามารถทำงานได้โดยไม่มีผลกระทบซึ่งกันและกัน

การสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องแสดงค่าน้ำหนักและไมโครคอมพิวเตอร์ ได้แก่ การส่งข้อมูลค่าน้ำหนักของรถบรรทุก การส่งคำสั่งจากไมโครคอมพิวเตอร์มาให้เครื่องแสดงน้ำหนัก ปริมาณข้อมูลมีไม่มากนัก การส่งสัญญาณจึงควรใช้การส่งสัญญาณแบบอนุกรม เพื่อให้ประหยัดการเดินสายและสามารถส่งได้ระยะทางไกล มาตรฐานของการส่งสัญญาณแบบอนุกรมที่นิยมใช้กันมากคือมาตรฐาน EIA RS-232C สามารถส่งข้อมูลได้ไกลถึง 50 ฟุต ความเร็วในการส่งมีให้เลือกตั้งแต่ 110 ถึง 19200 บิทต่อวินาที

4.2 อนุสัญญาณการรับส่งข้อมูล

การสื่อสารข้อมูลระหว่างเครื่องแสดงค่าน้ำหนักและไมโครคอมพิวเตอร์ จะมี 2 ลักษณะ คือ การส่งคำสั่งจากไมโครคอมพิวเตอร์มายังเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก และส่ง

ข้อมูลน้ำหนักจากเครื่องแสดงค่าน้ำหนักไปให้ไมโครคอมพิวเตอร์ ไมโครคอมพิวเตอร์จะเป็นฝ่ายริเริ่มการสื่อสารข้อมูลก่อนเสมอ โดยการส่งคำสั่งไปให้เครื่องแสดงค่าน้ำหนัก คำสั่งได้แก่

1. ขอข้อมูล (enquiry for data) คือการขอข้อมูลที่เป็นค่าน้ำหนักซึ่งวัดได้ในขณะนั้น
2. ปรับศูนย์ (zero) คือคำสั่งให้เครื่องแสดงค่าน้ำหนักแสดงค่าศูนย์พร้อมกับเก็บค่าน้ำหนักในขณะนั้นเอาไว้คำนวณค่าชดเชยการปรับศูนย์
3. คงค่าแสดง (hold) คือคำสั่งที่ให้เครื่องแสดงค่าน้ำหนักคงค่าแสดงในขณะนั้นนาน 1 นาที
4. วัดต่อไป (run) คือคำสั่งที่ให้เครื่องแสดงค่าน้ำหนักเริ่มทำงานปรกติได้หลังจากการคงค่าแสดง

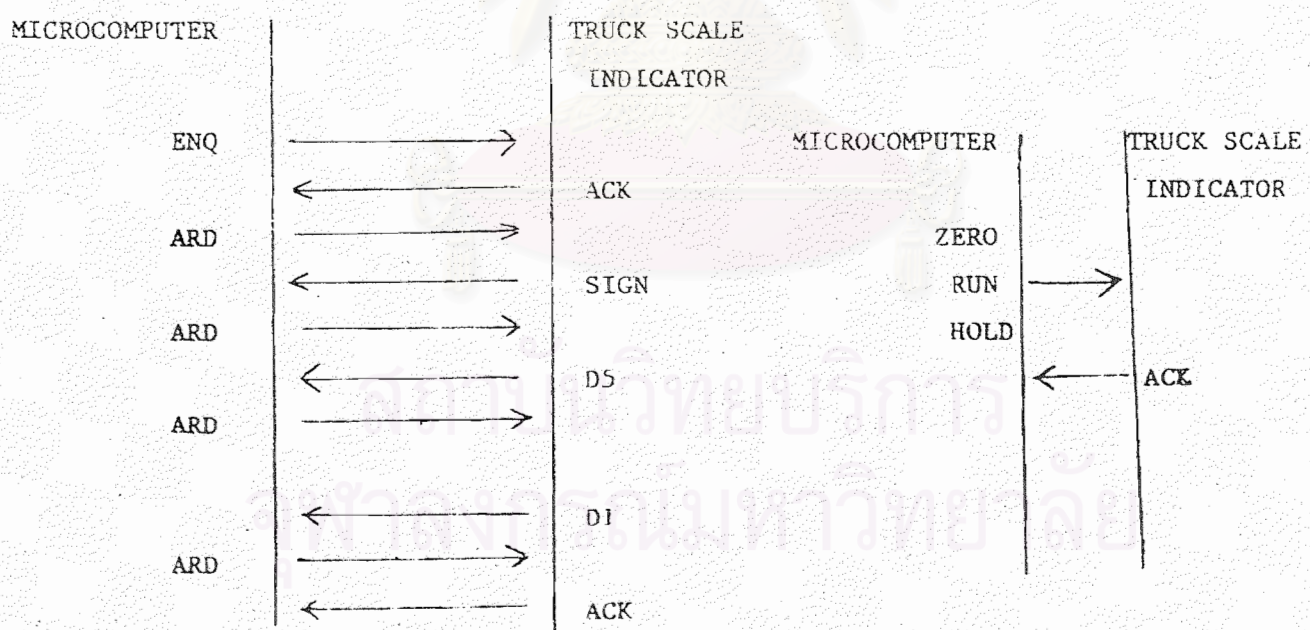
ทุกครั้งที่ไมโครคอมพิวเตอร์ส่งคำสั่งให้เครื่องแสดงค่าน้ำหนัก เครื่องแสดงค่าน้ำหนักจะต้องส่งสัญญาณตอบสนองคำสั่งนั้น เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูล สัญญาณตอบสนอง (response) ที่กำหนดให้ จะมีดังนี้

1. รับทราบ (acknowledge) แสดงการเข้าใจคำสั่งและปฏิบัติตาม
2. รับทราบและขอข้อมูล (acknowledge and request data)
3. ไม่เข้าใจ (not acknowledge) ไม่เข้าใจคำสั่ง

ตาราง 4.1 แสดงรหัสคำสั่งและการตอบรับของการสื่อสารข้อมูลระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์กับเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก ส่วนรูป 4.1 แสดงอนุสัญญาณการรับส่งข้อกรณีที่ไมโครคอมพิวเตอร์ขอข้อมูลค่าน้ำหนัก จะเริ่มต้นโดยการส่งรหัส ENQ ไปก่อน ทางฝ่ายเครื่องแสดงค่าน้ำหนักถ้าเข้าใจจะตอบด้วยรหัส ACK ไมโครคอมพิวเตอร์จะส่ง ARD เพื่อขอรับข้อมูลเครื่องแสดงค่าน้ำหนักจะส่งค่าน้ำหนักซึ่งเป็นรหัส BCD 5 หลัก พร้อมกับข้อมูล SIGN ซึ่งเป็นข้อมูลของเครื่องหมายและสภาวะการทำงานของเครื่อง เช่น โอเวอร์โฟลว์ มาให้ การส่งจะค่อย ๆ ส่งมาทีละไบท์โดยเริ่มต้นที่ SIGN ก่อน จากนั้นจะตามด้วย D_1 ถึง D_5 ตามลำดับ ไมโครคอมพิวเตอร์เมื่อรับข้อมูลแต่ละครั้ง จะทำการตรวจสอบความผิดพลาด และจะส่งรหัสขอรับข้อมูลตัวต่อไปเสมอ ในกรณีที่ฝ่ายหนึ่งฝ่ายใดรับข้อมูลหรือคำสั่งมาแล้วไม่เข้าใจ จะต้องตอบด้วยรหัส NAK เพื่อหยุดการสื่อสารข้อมูลในขณะ

ตาราง 4.1 รหัสสัญญาณการติดต่อข้อมูลระหว่างเครื่องแสดงค่าน้ำหนักกับเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

	NAME	CODE	REMARK
Command	ENQ	F1	Enquiry for data
	ZERO	C0	Zero and display
	RUN	C1	Continue measurement
	HOLD	C2	Hold display and stop measurement
Response	ACK	FF	Acknowledge
	ARD	FE	Acknowledge and reguest data
	NAK	F0	Not acknowledge (unknown)



(ก) กรณีขอข้อมูล (ข) กรณีคำสั่ง Zero,Run,Hold

รูป 4.1 อนุสัญญาณการรับส่งข้อมูลระหว่างไมโครคอมพิวเตอร์กับเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก

นั้นเสมอ

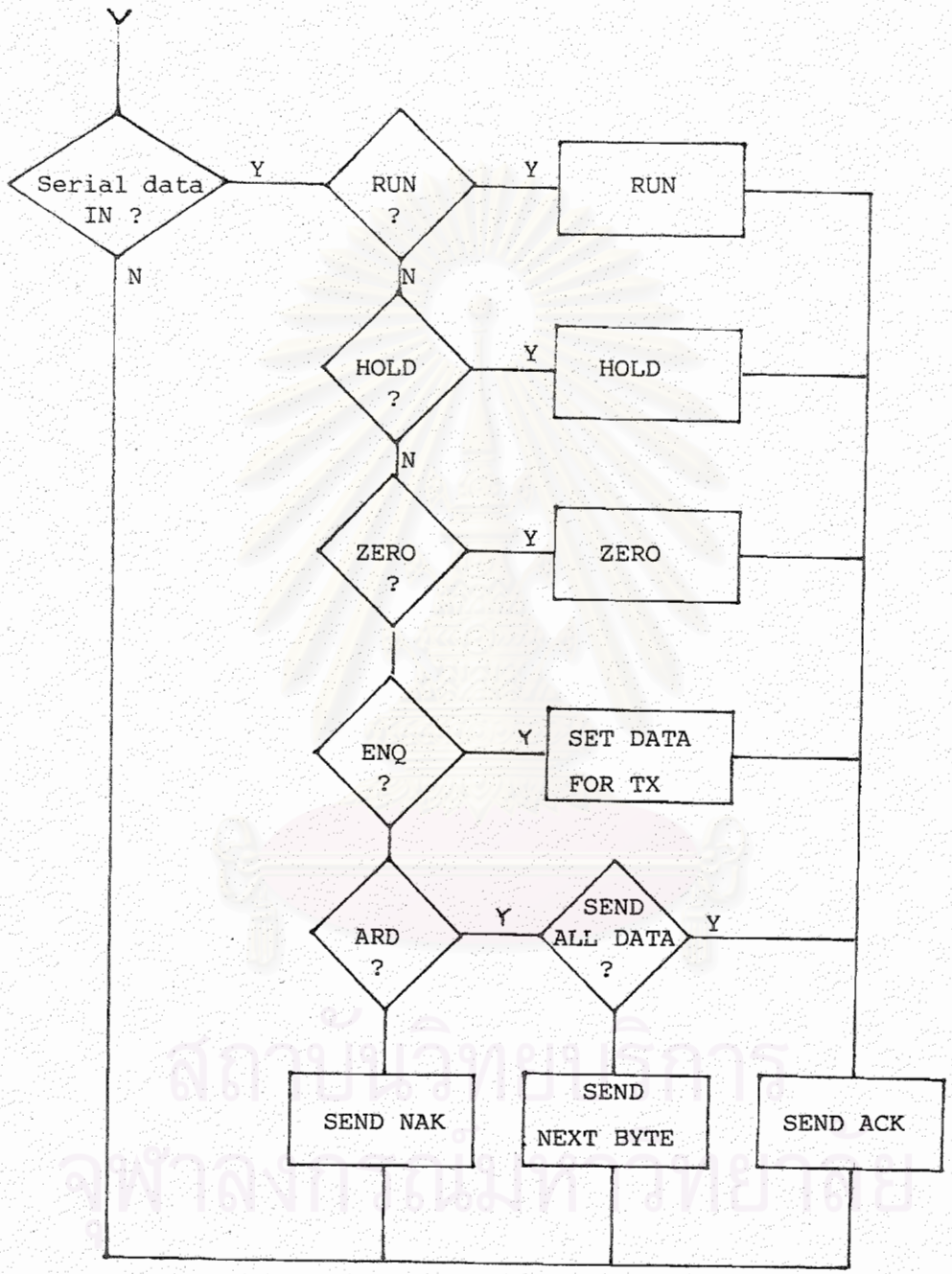
โดยวิธีการใช้อนุสัญญาณการรับส่งข้อมูลแบบนี้ทำให้ไม่เกิดความผิดพลาดในการรับส่งข้อมูลค่าน้ำหนัก ซึ่งทำให้ระบบมีความเชื่อถือได้สูงมากขึ้น รูป 4.2 เป็นผังงานของโปรแกรมส่วนที่ควบคุมการรับส่งข้อมูลของเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก เมื่อมีข้อมูลเข้ามาจะทำการตรวจสอบว่าเป็นรหัสของคำสั่งใด เมื่อพบว่าตรงกับคำสั่งใดก็จะไปทำงานตามที่กำหนดโดยคำสั่งนั้น แล้วจึงตอบรหัส ACK กลับไป ในกรณีที่ไม่ตรงกับรหัสคำสั่งอะไรเลยจะตอบรหัส NAK กลับไป

4.3 ชุดไมโครคอมพิวเตอร์

ไมโครคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่ได้พัฒนาขึ้นนี้ ควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. ใช้ CPU ขนาด 8 บิทหรือ 16 บิท
2. มีหน่วยความจำไม่ต่ำกว่า 48 kB
3. มีเครื่องอ่านจานแม่เหล็ก (floppy disc drive)
4. มีเครื่องพิมพ์
5. มี RS-232C interface
6. มี นาฬิกาบอกเวลาภายใน (real time clock)
7. ใช้ Operating system ที่เป็น CP/M หรือ MSDoS หรือ DoS 3.3

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ชุดไมโครคอมพิวเตอร์ Apple II ที่มีอยู่ในห้องปฏิบัติการวิจัยและได้พัฒนาบอร์ดนาฬิกาสำหรับใช้กับเครื่อง Apple II[17] บอร์ดนาฬิกาสามารถบอกวันที่และเวลา มีแบตเตอรี่ในตัว เวลาจะเที่ยงตรงและไม่ต้องตั้งเวลาบ่อย ๆ



รูป 4.2 ผังงานของโปรแกรมส่วนที่รับส่งข้อมูล

บทที่ 5 ซอฟท์แวร์สำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศ

5.1 ขบวนการในการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกในโรงงานอุตสาหกรรม

โปรแกรมควบคุมระบบจะเป็นซอฟท์แวร์ที่เขียนสำหรับชุดไมโครคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ควบคุมระบบการชั่งน้ำหนักรถบรรทุก ปรกติจะเขียนซอฟท์แวร์ตามจุดประสงค์ของผู้ใช้ โรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ จะมีขบวนการในการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกแตกต่างกัน แต่จุดร่วมกันได้แก่

การชั่งน้ำหนักรถบรรทุกพร้อมสินค้า

การชั่งน้ำหนักรถบรรทุก

การจัดลำดับของรถที่เข้าชั่ง

การจดจำรายชื่อผู้ส่งสินค้า เบอร์ทะเบียนรถ ชนิดของสินค้า

การพิมพ์ใบรับสินค้า หรือ ใบส่งสินค้า

การสรุปรายงานของการรับสินค้าเข้าประจำวัน

ในโรงงานที่ใช้เครื่องชั่งน้ำหนักแบบกลไก จะต้องใช้บุคลากรหลายคนทำงานแต่ละอย่าง ผู้ชั่งจะมีหน้าที่ชั่งน้ำหนักรถเข้าออก เสมียนมีหน้าที่พิมพ์ใบรับวัตถุดิบ หรือใบสิ่งสินค้า ผู้ควบคุมการรับวัตถุดิบมีหน้าที่ตรวจรับ และเซ็นชื่อกำกับใบรับสินค้า พนักงานบัญชี จะทำบัญชี และสรุปผลรายงานการรับหรือส่งสินค้าประจำวัน ขบวนการทั้งหมดนี้อาจจะต้องใช้พนักงานมากถึง 4 คนในบางโรงงานและอาจจะใช้มากขึ้น ถ้ายังบริหารระบบงานไม่ดี อย่างไรก็ตามความรวดเร็ว ความแม่นยำในการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกเพื่อรับสินค้าไม่สามารถปรับปรุงได้โดยการเพิ่มพนักงาน ระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่พัฒนาขึ้นมานี้พยายามปรับปรุงเรื่องความแม่นยำ และการจัดขบวนการในการชั่งน้ำหนัก ขั้นตอนในการพิมพ์ใบรับสินค้าและสรุปรายงานให้ง่ายลงและรวดเร็วขึ้น โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย

5.2 ตัวอย่างซอฟท์แวร์ของโรงงานอาหารสัตว์

โรงงานอาหารสัตว์เป็นโรงงานที่ต้องใช้ผลิตผลทางเกษตร เช่น ข้าวโพด ข้าวหัก ปลาป่น มาเป็นวัตถุดิบในการผลิต ในวันหนึ่งจะมีการรับวัตถุดิบซึ่งขนส่งมาทางรถบรรทุก

และมีการส่งอาหารสัตว์ที่ผลิตได้ออกจากโรงงาน การชั่งน้ำหนักรถบรรทุกจึงเป็นงานประจำที่สำคัญอันหนึ่ง การนำระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่พัฒนาขึ้นมานี้ไปใช้ในโรงงาน จำเป็นต้องมีการวางระบบของการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกและการประมวลผลข้อมูลการชั่ง

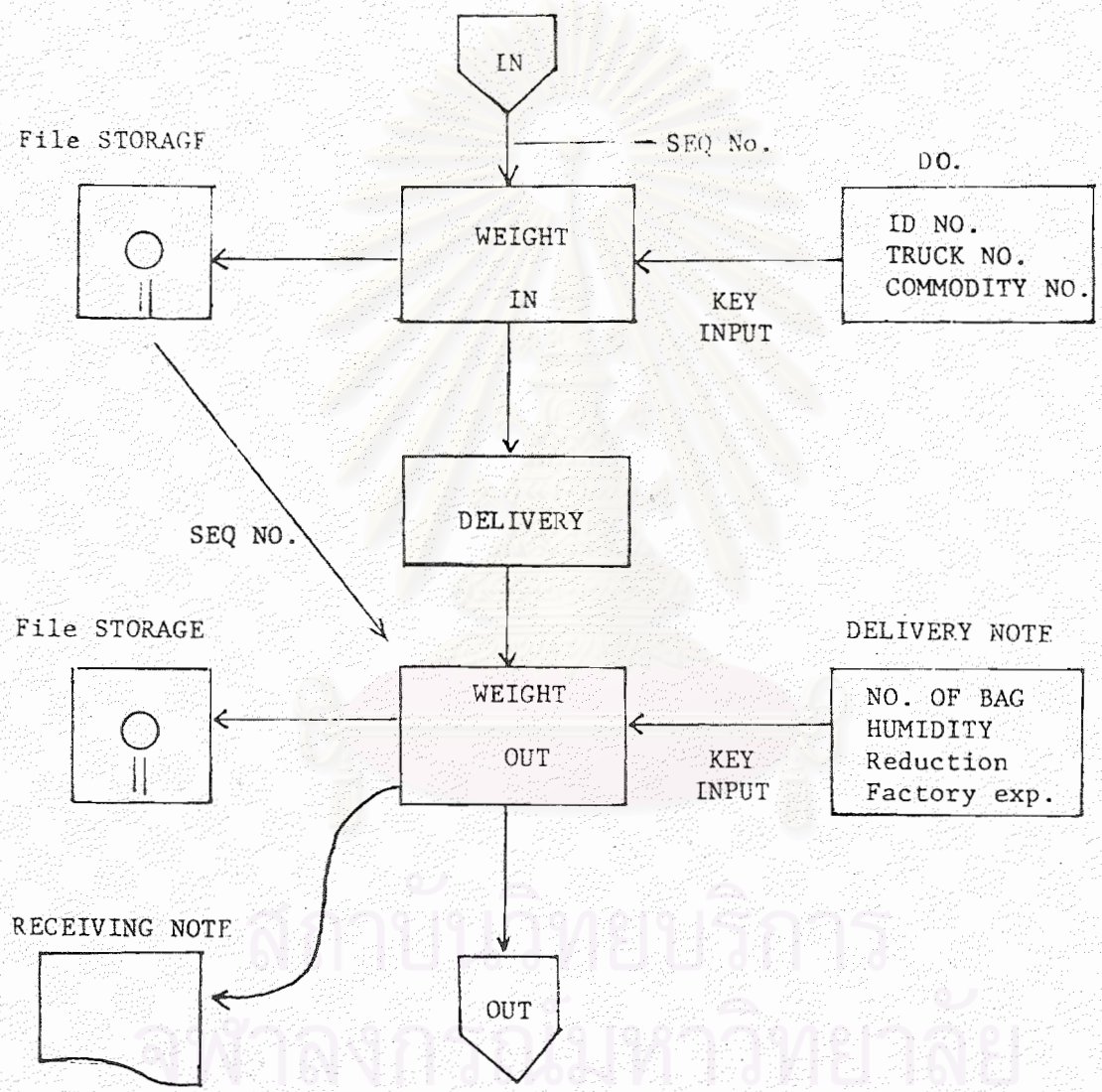
รูป 5.1 แสดงขบวนการในการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกเพื่อรับวัตถุดิบของโรงงานอาหารสัตว์แห่งหนึ่งเมื่อรถบรรทุกพร้อมวัตถุดิบเข้ามาในโรงงาน จะผ่านขบวนการชั่งน้ำหนักขาเข้า คอมพิวเตอร์จะจัดลำดับของรถบรรทุก ควบคุมการอ่านค่าน้ำหนักที่ถูกต้องจากเครื่องแสดงน้ำหนัก อ่านเวลา ข้อมูลจากใบส่งสินค้า- จะถูกป้อนเข้าคอมพิวเตอร์เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับรหัสผู้ส่ง ชนิดวัตถุดิบ เบอร์ทะเบียนรถ เป็นต้น ข้อมูลทั้งหมดจะถูกบันทึกไว้ในแผ่นจานแม่เหล็ก รถบรรทุกจะนำวัตถุดิบเข้าไปส่งในโรงงาน นำวัตถุดิบลงจากรถ แล้วจึงเข้ามาชั่งน้ำหนักอีกครั้งในขบวนการชั่งน้ำหนักขาออก ในขบวนการนี้คอมพิวเตอร์จะเรียกข้อมูลการชั่งน้ำหนักขาเข้าของรถบรรทุกคันเดียวกันออกมาเปรียบเทียบ น้ำหนักรถ เวลาและข้อมูลเพิ่มเติมจากการลงวัตถุดิบจะถูกอ่านเข้าไปในคอมพิวเตอร์ เพื่อนำไปใช้ในการคำนวณคอมพิวเตอร์จะพิมพ์ใบรับวัตถุดิบ ซึ่งมีรายละเอียดทั้งหมด พร้อมกับบันทึกข้อมูลทั้งหมดลงในจานแม่เหล็ก ข้อมูลการชั่งน้ำหนักเพื่อการรับวัตถุดิบเหล่านี้ จะใช้ประโยชน์ในการพิมพ์รายงานสรุปการรับวัตถุดิบประจำวัน และคำนวณยอดวัตถุดิบคงคลังต่อไป

ด้วยวิธีการจัดระบบการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกให้เหมาะสมเช่นนี้ การชั่งน้ำหนักรถบรรทุกเพื่อรับวัตถุดิบจะเร็วขึ้น และใช้พนักงานเพียงหนึ่งหรือสองคนทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

5.3 โครงสร้างของซอฟท์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้น

ซอฟท์แวร์สำหรับใช้ในระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกนี้ เป็นกลุ่มของโปรแกรมที่เขียนขึ้นด้วยภาษาเบสิค (Basic program) และภาษาแอสเซมบลี แบ่งเป็นโปรแกรมต่าง ๆ คือ

1. โปรแกรม Transaction เป็นโปรแกรมหลักที่ใช้งานอยู่ตลอดเวลา ใช้ในในการควบคุมการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกเพื่อรับวัตถุดิบเข้าหรือส่งสินค้าออก- พิมพ์ใบรับหรือส่งสินค้า และบันทึกข้อมูลลงในจานแม่เหล็ก



รูป 5.1 ขบวนการในการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกของโรงงานอาหารสัตว์

2. โปรแกรม End of day report เป็นโปรแกรมพิมพ์รายงานการรับส่งสินค้าประจำวัน

3. โปรแกรม Set clock เป็นโปรแกรมสำหรับตั้งเวลาและวันที่ของนาฬิกาภายในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

4. โปรแกรม List/Print File เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการดูรายละเอียดของไฟล์ต่าง ๆ ภายใน สามารถแก้หรือเพิ่มเติม รหัสลูกค้า และรหัส-สินค้าได้

5. โปรแกรม Back up data disk เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการถ่ายข้อมูลในแผ่นจานแม่เหล็กหนึ่งไปสู่แผ่นจานแม่เหล็กอีกแผ่นหนึ่ง

6. โปรแกรม Initialize data disk เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการอินเชียล-ไลซ์ แผ่นจานแม่เหล็กแผ่นใหม่ที่ยังไม่เคยใช้งาน

การเก็บข้อมูลในจานแม่เหล็กจะเก็บไฟล์ (file) มีด้วยกัน 4 ชนิดคือ

ก. ไฟล์ชื่อลูกค้า (customer file) เก็บรายชื่อของผู้ส่งวัตถุดิบหรือผู้ซื้อสินค้า มีรหัส รายชื่อและที่อยู่

ข. ไฟล์ชื่อสินค้า (Commodity file) เก็บรายชื่อวัตถุดิบหรือสินค้า มีรหัสและรายชื่อ

ค. ไฟล์รับวัตถุดิบ (Receive file) เก็บข้อมูล การรับสินค้าประจำวัน มีรหัสลูกค้า รหัสสินค้า เบอร์รถบรรทุก วันที่และเวลา น้ำหนักรถทั้งเข้าออก น้ำหนักสินค้า

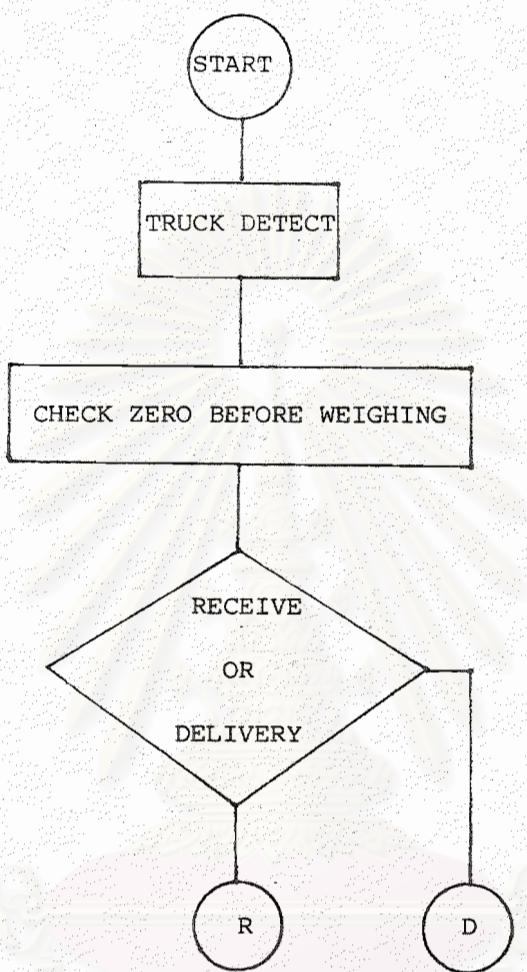
ง. ไฟล์ส่งสินค้า (Delivery file) เก็บข้อมูลการส่งสินค้าประจำวัน มีรายละเอียดคล้ายกับไฟล์รับวัตถุดิบ

เมื่อมีการชั่งน้ำหนักรถบรรทุก ไมโครคอมพิวเตอร์จะอ่านข้อมูลและบันทึกข้อมูลจากไฟล์ทั้ง 4 ไฟล์นี้เสมอ รูป 5.2 , 5.3 และ 5.4 แสดงผังงานของโปรแกรม Transaction ซึ่งเป็นโปรแกรมควบคุมการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกและประมวลผลข้อมูลการชั่ง เริ่มต้นด้วยการเช็คน้ำหนักจากเครื่องแสดงค่าน้ำหนักว่ามีรถบรรทุกขึ้นมาชั่งน้ำหนักหรือไม่ ถ้ามีรถบรรทุกขึ้นชั่งจะตรวจสอบว่าก่อนการชั่งนี้เครื่องแสดงค่าน้ำหนักแสดงน้ำหนักเป็นค่าศูนย์หรือไม่ ถ้าไม่เป็นค่าศูนย์ การชั่งน้ำหนักครั้งนี้จะคลาดเคลื่อน จะเตือนให้ปรับศูนย์ก่อนการชั่ง รถบรรทุกที่เข้ามา

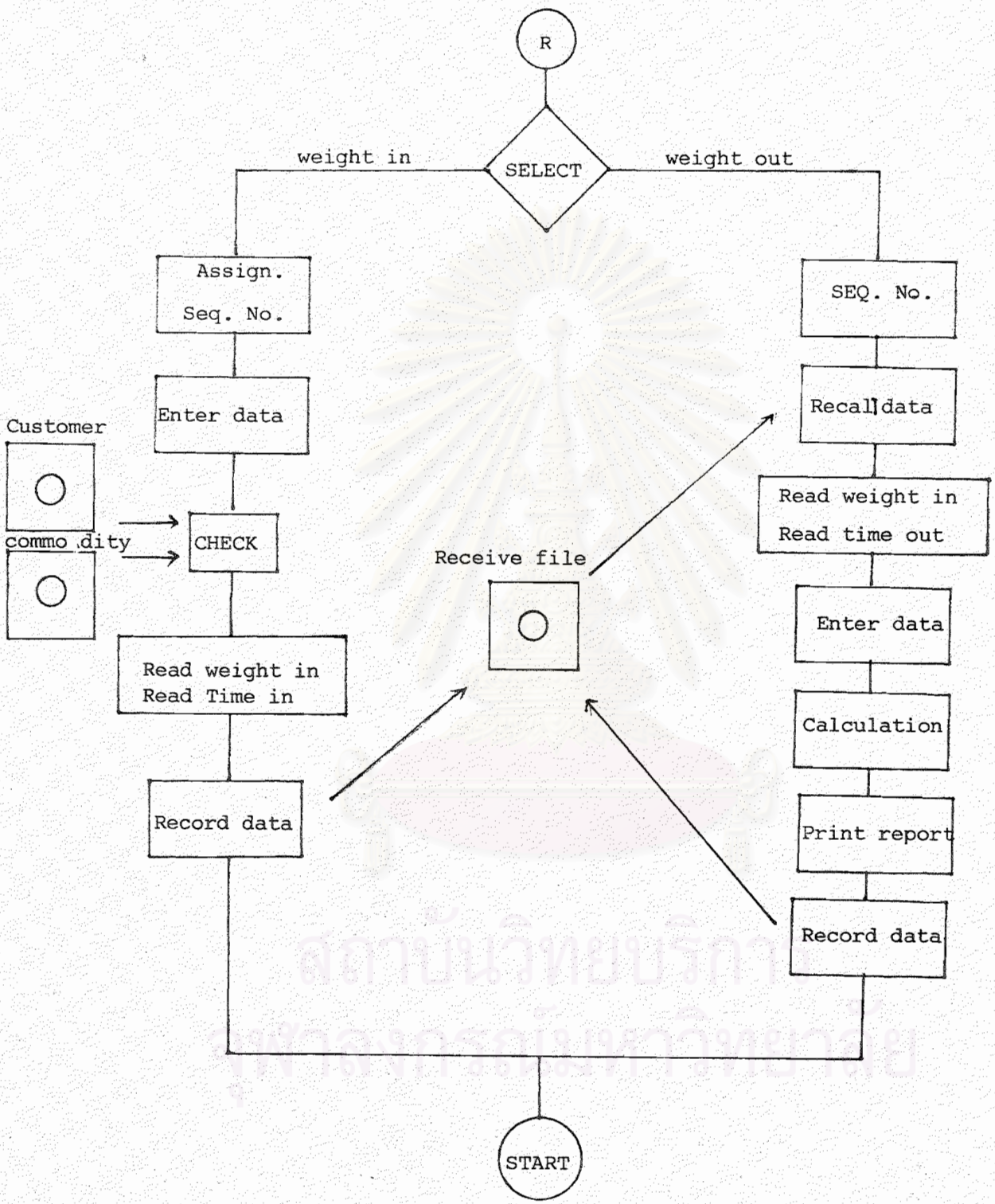
ชั่งอาจเป็นรถส่งวัตถุดิบเข้าโรงงาน (receive) หรือรถส่งสินค้าออกจากโรงงาน (delivery) ผังงานในรูป 5.3 แสดงขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในส่วนนี้ที่เป็นการรับวัตถุดิบ การชั่งน้ำหนักรถบรรทุกจะมี 2 ครั้ง คือการชั่งรถเข้า (weight in) รถบรรทุกพร้อมกับวัตถุดิบ และการชั่งรถออก (weight out) รถบรรทุกอย่างเดียว เมื่อเป็นการชั่งรถเข้าโปรแกรมจะกำหนดเบอร์ลำดับ (sequence number) ให้โดยอัตโนมัติ เบอร์ลำดับนี้จะใช้เป็นเบอร์อ้างอิงในการเรียกข้อมูลการชั่งมาดูในภายหลัง ต่อมาผู้ชั่งจะป้อนข้อมูลของรถบรรทุก เช่น รหัสชื่อลูกค้า รหัสสินค้า เบอร์ทะเบียนรถ ชื่อลูกค้า และสินค้าจะถูกเรียกจากไฟล์มาแสดงเพื่อให้แน่ใจว่าถูกต้อง จากนั้นจะอ่านค่าน้ำหนักและเวลา เก็บข้อมูลการชั่งรถเข้าทั้งหมดลงไปในไฟล์

หลังจากที่รถบรรทุกนำวัตถุดิบเข้าไปสู่ในโกดังของโรงงานจะมีผู้ตรวจรับตรวจเช็คคุณภาพของวัตถุดิบ ข้อมูลเหล่านี้จะส่งผ่านมาให้ผู้ชั่งเพื่อป้อนเข้าเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์อีกครั้ง ในขบวนการการชั่งรถออก การชั่งรถออกจะเริ่มจากการเรียกข้อมูลการชั่งรถเข้าซึ่งบันทึกไว้ในไฟล์ออกมาดู การเรียกข้อมูลจะใช้เบอร์ลำดับในการค้นหา เมื่อข้อมูลถูกต้องจะอ่านน้ำหนักรถบรรทุกและเวลา น้ำหนักที่อ่านได้จะเป็นน้ำหนักรถบรรทุกอย่างเดียว จากนั้นจะทำการคำนวณหาน้ำหนักของวัตถุดิบ น้ำหนักหักลดจากความชื้นและค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ตามข้อมูลที่มีอยู่ เมื่อคำนวณเสร็จจะพิมพ์ใบรับสินค้า พร้อมทั้งบันทึกข้อมูลทั้งหมดลงในไฟล์

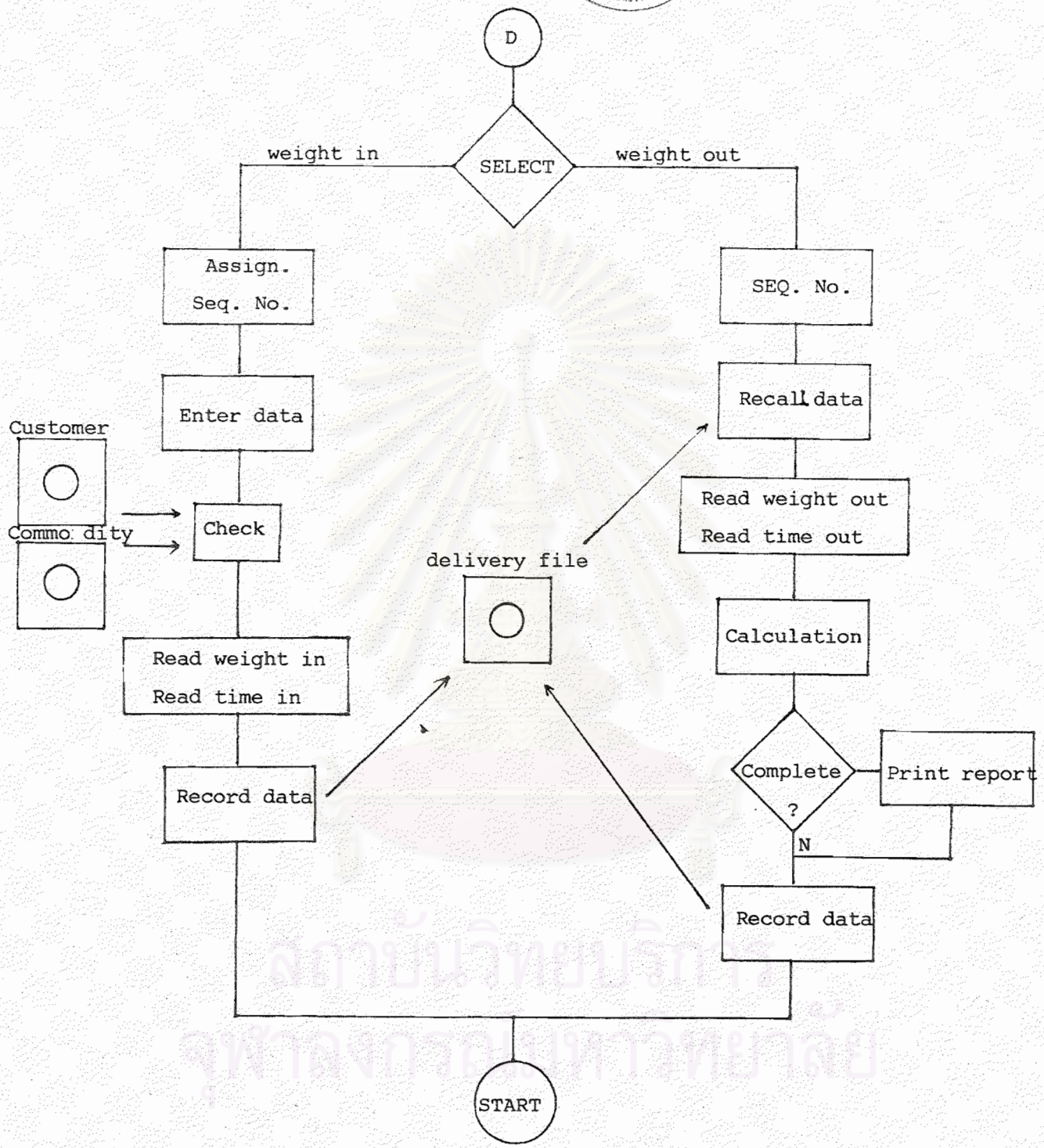
การชั่งน้ำหนักรถที่ส่งสินค้าออกจากโรงงานจะมีขั้นตอนการทำงานคล้ายคลึงกัน คือแสดงตามผังงานในรูป 5.4, รูป 5.5, 5.6,5.7 และ 5.8 เป็นรูปถ่ายจากจอภาพของไมโครคอมพิวเตอร์ในขณะชั่งรถเข้าและชั่งรถออก ส่วนรูป 5.9 เป็นตัวอย่างใบรับวัตถุดิบที่พิมพ์โดยไมโครคอมพิวเตอร์



รูป 5.2 ผังงานการทำงานของโปรแกรม Transaction

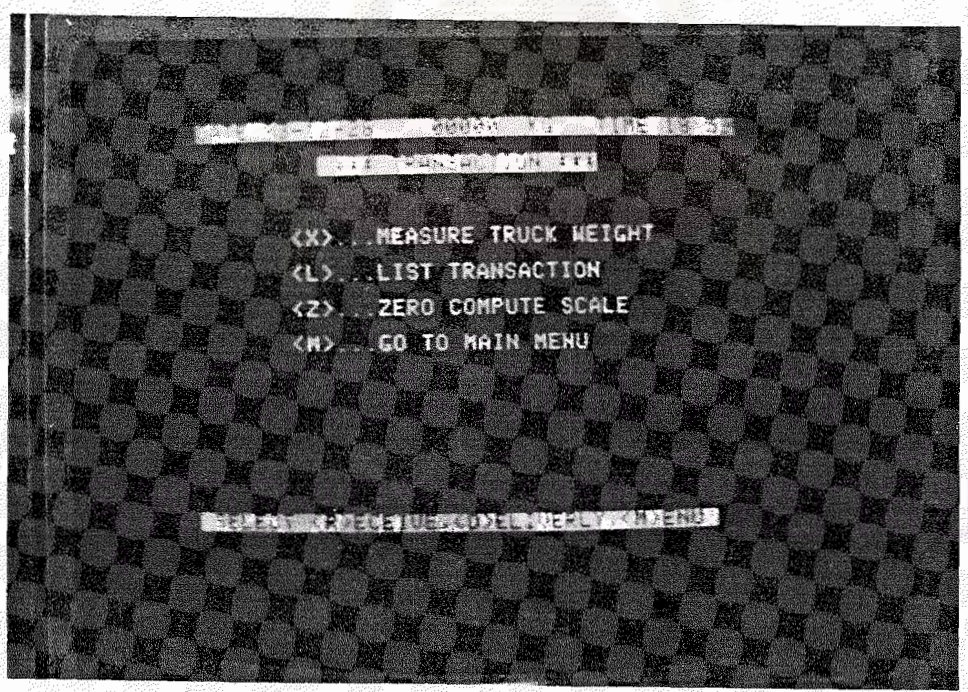


รูป 5.3 ผังงานของโปรแกรม Transaction ส่วนที่เป็นการรับสินค้า

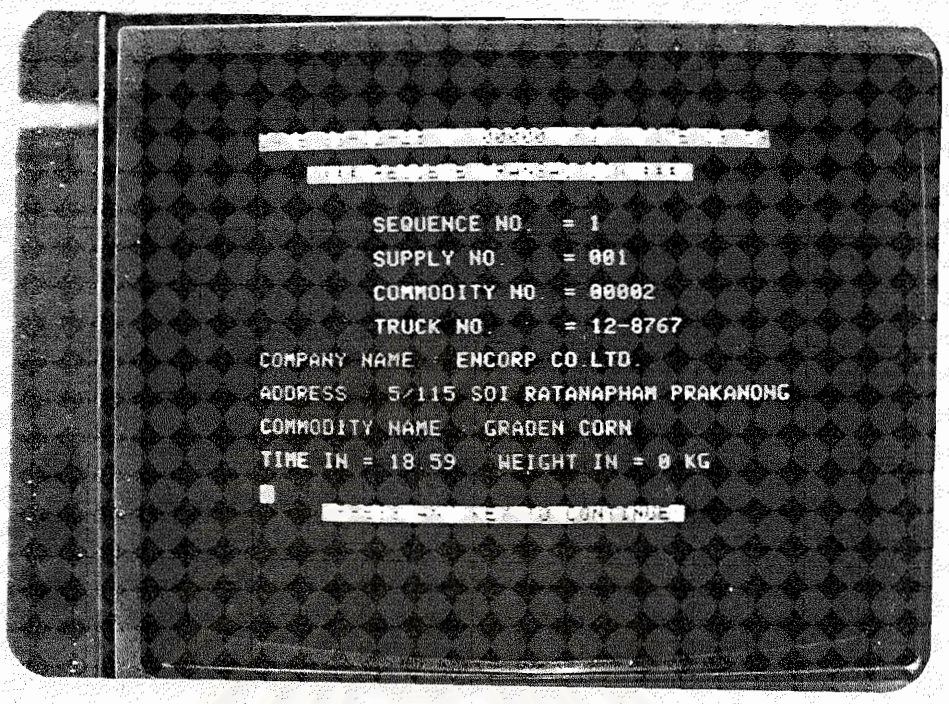


รูป 5.4 ผังงานของโปรแกรม Transaction ส่วนที่เป็นการส่งสินค้า

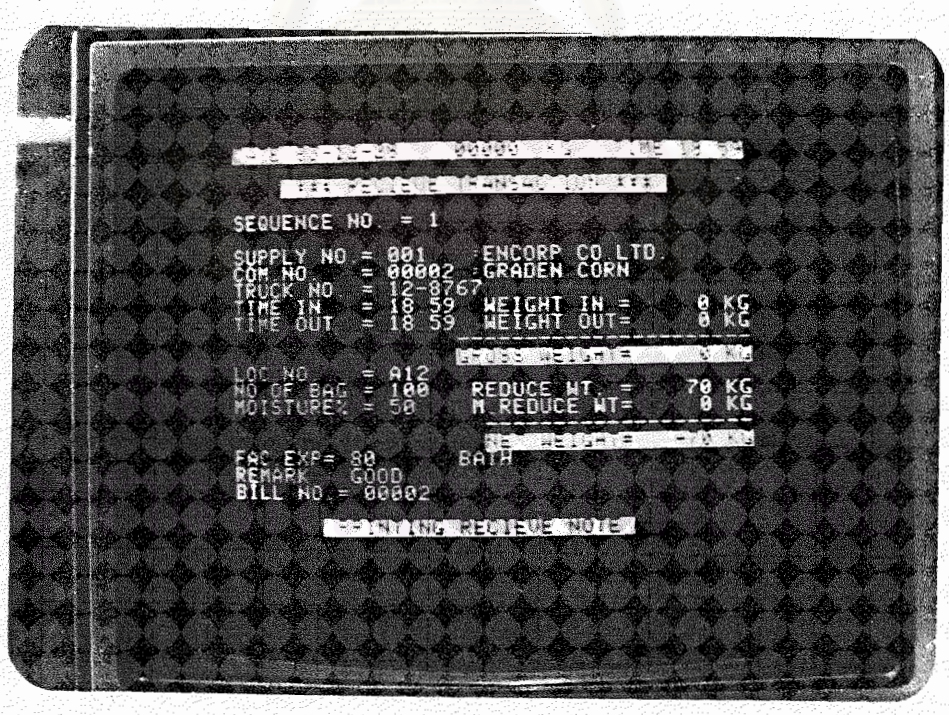
รูป 5.5 แสดง Main menu ของโปรแกรมต่าง ๆ บนจอภาพ



รูป 5.6 แสดงขั้นตอนการชั่งในโปรแกรม Transaction



รูป 5.7 แสดงข้อมูลของรถบรรทุกและสินค้าบนจอภาพในขั้นตอนชั่งรถเข้า



รูป 5.8 แสดงข้อมูลบนจอภาพในขั้นตอนการชั่งรถออก

BETAGRO NORTHERN CO.,LTD.

RECEIVING NOTE

DATE : 84-09-21 NO.: R00005

TRANSACTION NO.: 1

SUPPLIER NO.	: 501	NAME : THAI FOOD INDUSTRY	
COMMODITY NO.	: 10020	NAME : YELLOW CORN	
TRUCK NO.	: 80-1234		
TIME IN	: 13.20	WEIGHT IN	= 27680 KG
TIME OUT	: 13.50	WEIGHT OUT	= 12088 KG
		GROSS WEIGHT	= 15592 KG
LOCATION NO.	: A01		
150 BAGS		REDUCTION WEIGHT	= 00000 KG
MOISTURE	: 72%	MOISTURE REDUCTION WEIGHT	= 00000 KG
		NET WEIGHT	= 15592 KG

FACTORY EXPENSE = 100 BATH

NOTE :

FACTORY MANAGER *BETAGRO NORTHERN CO.,LTD.*

รูป 5.9 ตัวอย่างของใบรับสินค้าซึ่งไมโครคอมพิวเตอร์พิมพ์ออกมา

บทที่ 6 การทดลองระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุก กับโรงงานอุตสาหกรรม

6.1 ขั้นตอนการทดลองระบบ

ได้ทำการติดต่อกับโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อนำเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกไปทดลอง เพื่อทำการประเมินผลระบบ ได้รับความร่วมมือจากบริษัท เบทาโกรภาคเหนือ ซึ่งเป็นโรงงานอาหารสัตว์ ตั้งอยู่ที่อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา การติดตั้งระบบทำเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. ศึกษาเครื่องชั่งแบบกลไกเดิมและศึกษาขบวนการชั่งน้ำหนักของโรงงาน
2. ติดตั้งโหลดเซล และเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก
3. สอบเทียบ
4. ต่อเชื่อมกับไมโครคอมพิวเตอร์และทดสอบ
5. ติดตั้งซอฟท์แวร์ที่ได้พัฒนาขึ้นและปรับปรุงให้เข้ากับผู้ใช้
6. ฝึกสอนการใช้ซอฟท์แวร์แก่พนักงาน
7. ติดตามการใช้งานและประเมินผล

6.2 การติดตั้งโหลดเซลและเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก

ขั้นตอนการติดตั้ง มีดังนี้

6.2.1 นำโหลดเซลขนาด 200 kgf นำเข้าไปติดตั้งที่แท่งสติลยาดของเครื่องชั่งแบบกลไกเดิมใช้เครื่องแสดงค่าน้ำหนักตัวแรกที่สร้างขึ้น ทำการวัดเพื่อคำนวณหาอัตราทดของ คาน และน้ำหนักของลานชั่งโดยใช้น้ำหนักมาตรฐานที่มีน้ำหนักรวม 1000 กิโลกรัม วางบนลานชั่ง คำนวณได้อัตราทด 205 เท่า และน้ำหนักลานชั่ง 15070 กิโล-กรัม อัตราทดที่ได้น้อยกว่าค่าที่คาดหวังไว้ ถ้าต่อโหลดเซลเข้าที่สติลยาดโดยตรงเมื่อรถบรรทุกหนัก 40 ตันขึ้นบนลานชั่ง น้ำหนักที่จะถูกทดลงมาและมาถึงโหลดเซลจะมีขนาด 268.2 กิโลกรัม ซึ่งมีขนาดใหญ่กว่าค่าเต็มพิกัดของโหลดเซลที่มีอยู่ จึงจำเป็นต้องเพิ่มอัตราลดให้มากขึ้น โดยวิธีการต่อคานลดน้ำหนักดังแสดงตามรูป 6.1 แท่งสติลยาดจะดึง

อยู่ทางด้านซ้ายและโหลดเซลจะอยู่ทางด้านขวามือ กำหนดจุดพัลคัมของคานให้มีอัตราลด 1.4 เท่า ทำให้อัตราลดทั้งหมดเป็น 287 เท่า เมื่อรถบรรทุกขึ้นชั่งบนลาน แรงที่มาดึงโหลดเซลจะแปรค่าระหว่าง 52.5 ถึง 191.6 กิโลกรัม

จากนั้นจะนำโหลดเซลต่อเข้ากับเครื่องแสดงค่าน้ำหนักที่ควบคุมด้วยไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อทำการปรับค่าศูนย์และสแปน

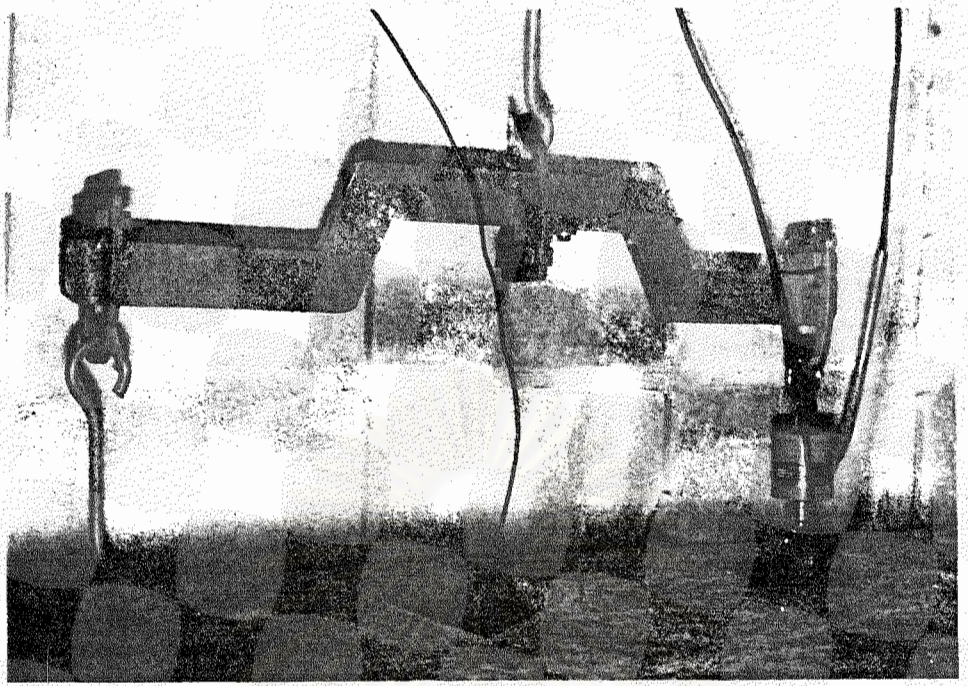
6.2.2 การสอบเทียบ

วิธีการสอบเทียบน้ำหนักจะใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานของกระทรวงพาณิชย์วางบนลานชั่ง และปรับเครื่องแสดงค่าน้ำหนักให้อ่านได้ตามนั้น น้ำหนักที่สอบเทียบจะสอบเทียบที่ 1 ตัน 15 ตันและ 30 ตัน ตามลำดับ การปรับเครื่องแสดงค่าน้ำหนักจะต้องปรับทั้งศูนย์และสแปนอยู่ตลอดเวลา นอกจากจะสอบเทียบการอ่านค่าน้ำหนักแล้ว ยังต้องทดสอบค่าเป็นเชิงเส้นของการแสดงค่าน้ำหนักด้วย รูป 6.2 แสดงบรรยากาศในขณะทำการสอบเทียบ ในการใช้เครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกในชั่งน้ำหนักเพื่อการซื้อขายนั้น กระทรวงพาณิชย์จะส่งเจ้าหน้าที่มาตรวจสอบและตีตราเพื่อลงทะเบียนผลการทดสอบของเจ้าหน้าที่กระทรวงพาณิชย์ ปรากฏว่าเครื่องชั่งน้ำหนักอ่านค่าได้ถูกต้องมีความแม่นยำดีกว่า 0.1 % ของค่าแสดงตามที่กำหนดโดยพระราชบัญญัติมาตราชั่งตวงวัด

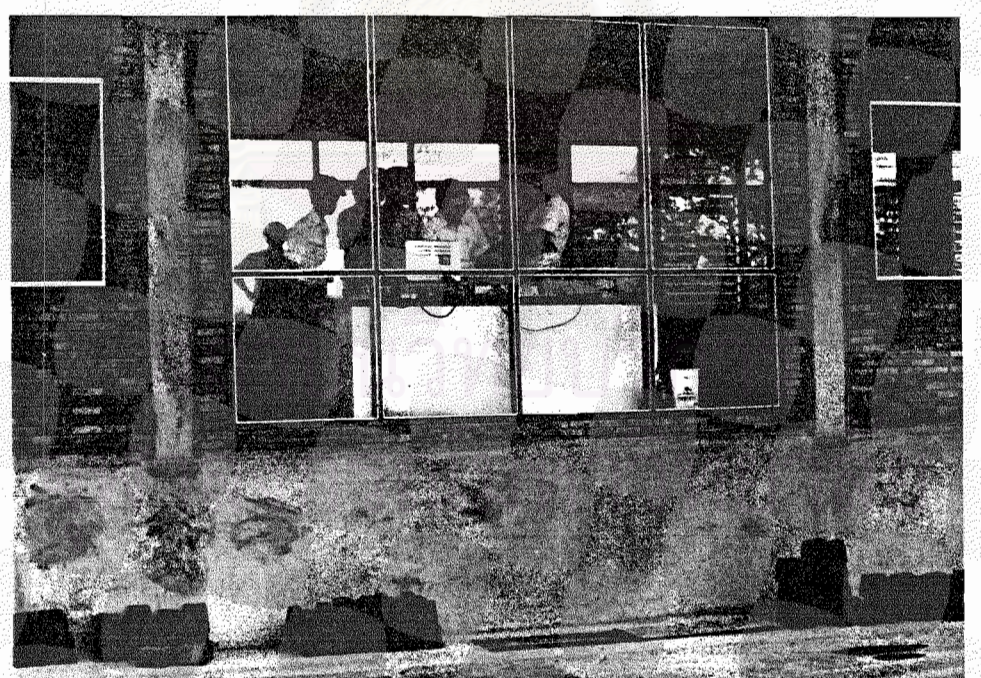
6.3 การติดตั้งซอฟท์แวร์

ขั้นแรกต่อสาย RS-232C เพื่อต่อเชื่อมเครื่องแสดงค่าน้ำหนักและไมโครคอมพิวเตอร์ของโรงงาน ทดสอบเพื่อหาอัตราการส่งที่เชื่อถือได้สุด พบว่าอัตราส่งตั้งแต่ 110-9600 บิทต่อวินาที สำหรับสายความยาว 10 เมตร สามารถรับส่งข้อมูลได้เป็นอย่างดี ได้ทำการเซทเพื่อให้ส่งข้อมูลที่ 2400 บิทต่อวินาที

การติดตั้งซอฟท์แวร์เริ่มที่การสร้างไฟล์รหัสชื่อลูกค้า และรหัสสินค้า ลงในแผ่นจานแม่เหล็ก ทดสอบความแม่นยำของนาฬิกาภายในเครื่อง ทดสอบการทำงานที่เป็นการตรวจเช็ครถบรรทุกขึ้นชั่งบนลาน ทดสอบส่วนที่ตรวจเช็คการปรับศูนย์ก่อนการชั่ง ทดสอบการรับข้อมูลจากแป้นกดข้อมูล ทดสอบการบันทึกข้อมูลลงในไฟล์ ทดสอบการคำนวณ ทดสอบการพิมพ์ใบรับสินค้า การลำดับเบอร์หมายเลขของใบรับสินค้า และทดสอบการสรุป -



รูป 6.1 การติดตั้งโหลดเซลเข้ากับเครื่องชั่งเดิมพร้อมกับคานทดน้ำหนักที่ต้องทำเพิ่มเติม



รูป 6.2 ใช้ตุ้มน้ำหนักมาตรฐานในการสอบเทียบและปรับเทียบเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก

รายงานประจำวัน รูป 6.3 เป็นรูปถ่ายของทั้งระบบในขณะการใช้ชั่งน้ำหนักรถบรรทุก

6.4 การประเมินผลระบบ

หลังจากที่ได้ติดตั้ง ได้ติดตามดูการใช้งาน เพื่อการประเมินผล ได้ผลดังนี้

1. ความแม่นยำในการชั่งน้ำหนัก ดีกว่า 0.1 % ของค่าแสดง
2. การอ่านค่าซ้ำ ๆ (repeatability) ดีกว่า 0.05 %
3. การดริฟท์ของจุดศูนย์ $\pm$ 5 กิโลกรัม ภายใน 1 วัน ในภาวะที่อุณหภูมิคงที่
4. ความเชื่อได้ของเครื่องแสดงค่าน้ำหนักและโหลดเซลดี (ยังไม่เคยเสียเมื่อติดตั้งมา 6 เดือน)
5. ผลตอบของเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก เร็วกว่า 5 วินาที โดยเริ่มนับตั้งแต่รถบรรทุกขึ้นชั่งบนลานชั่งจนค่าน้ำหนักบนเครื่องแสดงค่าน้ำหนักคงที่
6. ขั้นตอนในการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกหนึ่งคัน นับรวมถึงการป้อนข้อมูล และการค้นหาข้อมูลเฉลี่ย 1 นาที 10 วินาที
7. เวลาในการพิมพ์ใบรับสินค้าจากเครื่องพิมพ์ 40 วินาที
8. รวมเวลาสำหรับการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกเพื่อรับสินค้าหนึ่งคัน ซึ่งมีทั้งการชั่งรถเข้า การชั่งรถออก การพิมพ์ใบรับสินค้า แต่ไม่นับการขนถ่ายสินค้าจากรถบรรทุก จะใช้เวลาประมาณ 3 นาที ซึ่งหมายถึงจะชั่งน้ำหนักรถ-บรรทุกได้ชั่วโมงละ 20 คัน
9. เวลาในการพิมพ์รายงานสรุปการรับสินค้าประจำวัน ใช้เวลาประมาณ 10 นาทีต่อการชั่งรถ 100 คัน

6.5 ปัญหา

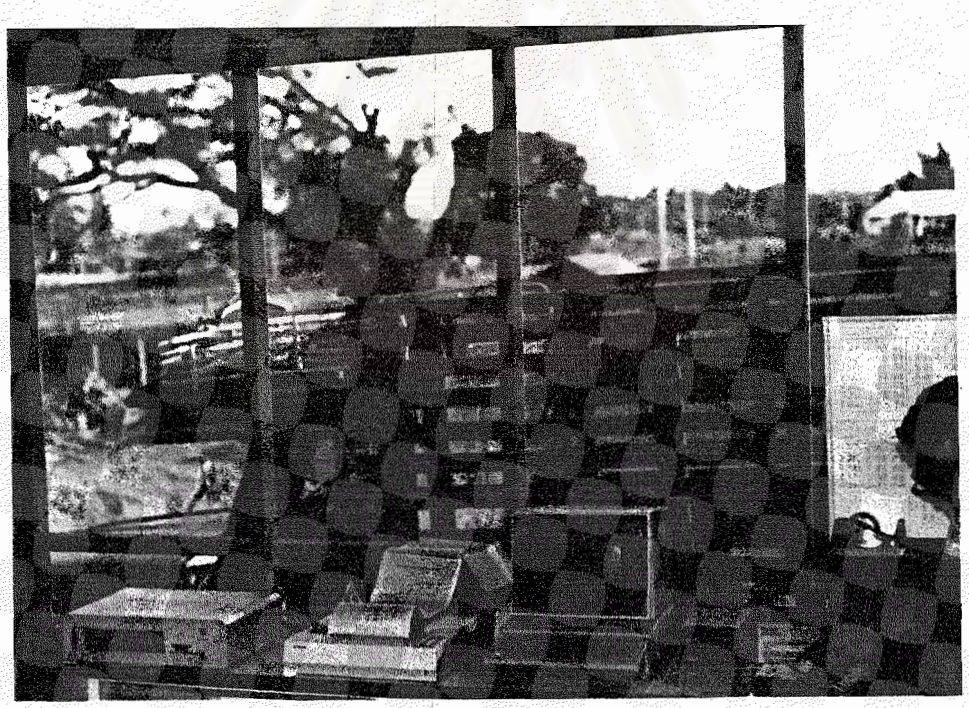
ปัญหาที่เกิดขึ้นหลังจากได้ติดตั้งระบบ พอสรุปได้ดังนี้

1. ความเชื่อถือได้ของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งโรงงานใช้อยู่ยังไม่ดีนัก มักจะถูกสัญญาณรบกวนจากแหล่งจ่ายไฟ ทำให้ต้องเริ่มโปรแกรมใหม่ นอกจากนั้นยังมีปัญหาของเครื่องอ่านจานแม่เหล็กซึ่งยังไม่ดีพอ จำเป็นต้องใช้ระบบไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีความเชื่อถือได้สูงกว่านี้

2. ในโรงงานอาหารสัตว์จะมีฝุ่นมาก ระบบนี้เป็นอิเล็กทรอนิกส์โดยเฉพาะ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์จะไม่ทนทานต่อฝุ่น อาจจำเป็นต้องย้ายเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ไปอยู่ในสถานที่ที่ปลอดฝุ่น

3. ปัญหาของระบบมักจะอยู่ที่เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ พนักงานยังไม่คุ้นเคยกับการใช้งานไมโครคอมพิวเตอร์ แม้จะเขียนคู่มือวิธีใช้ให้แล้วก็ตาม ระบบนี้อาจต้องการพนักงานที่มีความรู้ทางไมโครคอมพิวเตอร์บ้าง

4. ฟังก์ชั่นของซอฟท์แวร์ตรงที่เป็นการตรวจการเคลื่อนไหวของรถบรรทุก การตรวจจับการปรับศูนย์ก่อนการชั่งน้ำหนัก ซึ่งทำงานบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์นั้น ทำให้เครื่องต้องตรวจเช็คค่าน้ำหนักจากเครื่องแสดงค่าน้ำหนักตลอดเวลา ทำให้อุปกรณ์ทั้งสองฝ่ายมีความผูกพันมากเกินไป ควรทำฟังก์ชั่นนี้บนเครื่องแสดงน้ำหนัก



รูป 6.3 รูปถ่ายระบบเครื่องชั่งน้ำหนักพร้อมไมโครคอมพิวเตอร์ในขณะใช้งาน

บทที่ 7 สรุปผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการออกแบบและพัฒนาระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานในโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศ เริ่มด้วยการศึกษาเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกที่มีใช้อยู่ในประเทศ พบว่าเป็นเครื่องชั่งแบบกลไกเสียเป็นส่วนมาก จากความต้องการที่จะเพิ่มความแม่นยำในการชั่งน้ำหนักและความสามารถในการประมวลผลข้อมูลการชั่ง ได้ออกแบบระบบเครื่องชั่งที่เป็นแบบกึ่งกลไกและกึ่งอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อสามารถนำไปใช้กับเครื่องชั่งเดิมที่มีอยู่ การวิจัยได้แก่ การหาวิธีติดตั้งโหลดเซลเข้ากับเครื่องชั่งเดิมให้สามารถเปลี่ยนน้ำหนักเป็นสัญญาณไฟฟ้าเพื่อนำมาต่อกับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ได้พัฒนาขึ้น ออกแบบและสร้างเครื่องแสดงค่าน้ำหนักที่มีความเที่ยงตรงสูง และมีความสามารถในการประมวลผลข้อมูล มีความสามารถในการสื่อสารข้อมูลกับไมโครคอมพิวเตอร์ ทดลองสร้างเครื่องแสดงค่าน้ำหนักทั้งหมด 2 เครื่อง โดยเครื่องแรกใช้ในการศึกษาวงจรขยายที่มีความแม่นยำสูง และสามารถใช้ในการติดตั้งระบบ เครื่องที่สองเป็นเครื่องที่มีไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมการทำงานอยู่ภายใน ได้ออกแบบและพัฒนาซอฟท์แวร์สำหรับไมโครคอมพิวเตอร์ เพื่อใช้ในการควบคุมขบวนการในการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกในโรงงานอาหารสัตว์ มีความสามารถในการควบคุมการชั่งน้ำหนักให้ได้ค่าแม่นยำสูงสุด สามารถจัดลำดับการเข้าออกของรถบรรทุก บันทึกข้อมูลการชั่งทั้งหมด เก็บข้อมูลลูกค้าและสินค้า พิมพ์ใบรับส่งสินค้า และสามารถสรุปเป็นรายงานการชั่งรถบรรทุกประจำวันได้

ได้ทดลองติดตั้งระบบใช้จริงในโรงงานอาหารสัตว์แห่งหนึ่งเพื่อประเมินผล กระทรวงพาณิชย์รับรองในความแม่นยำในการชั่งน้ำหนัก สามารถใช้ในการชั่งเพื่อการซื้อขายได้ เครื่องแสดงค่าน้ำหนักและโหลดเซลมีความเชื่อถือได้ดี จะเห็นว่ายังไม่เคยขัดข้องเลยหลังจากติดตั้งมานาน 6 เดือน ซอฟท์แวร์สำหรับระบบนั้นใช้งานได้ผลดี ทำให้ย่นย่อเวลาในการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกแต่ละคันลงได้มาก และข้อมูลในการชั่งน้ำหนักทั้งหมดอยู่ภายในเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ สามารถทำรายงานได้ง่าย ผู้ใช้จำเป็นต้องฝึกฝนการใช้งานเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์บ้าง ปัญหาส่วนใหญ่เกิดจากความไม่คุ้นเคยการใช้งานไมโครคอมพิวเตอร์

การวิจัยต่อไปได้แก่ การปรับปรุงโปรแกรมภายในเครื่องแสดงค่าน้ำหนักให้มีฟังก์ชั่นเพิ่มมากขึ้นกว่าในปัจจุบัน เพื่อลดภาระงานของซอฟท์แวร์ทางด้านไมโครคอมพิวเตอร์ หลักการชั่งน้ำหนักรถบรรทุกสามารถนำไปประยุกต์กับเครื่องชั่งน้ำหนักชนิดอื่นได้ เช่น เครื่องชั่งน้ำหนัก สุกร โค กระบือ ไก่ ซึ่งเป็นสัตว์เลี้ยง เครื่องชั่งน้ำหนักและควบคุมการบรรจุถุงที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทั้งหลายได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

1. กระทรวงพาณิชย์ "พระราชบัญญัติมาตราชั่งตวงวัด" กองชั่งตวงวัด ก.พ.2525
2. A Weight-Tronix Report to Industry, Truck Scale Weigh-Tronic Inc. 1979.
3. วีรพงษ์ ต้องสุดใจธรรม เครื่องชั่งอิเล็กทรอนิกส์ วารสารเทคนิคการจัดการและวิศวกรรม เล่ม 8 ก.พ.2528 บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น
4. Metcralfe, T.J., Weighing Machines Vol 3 London : Griffin,1970
5. Cooper, William David. Electronic Instrumentation and Measurement Technique Prentice-Hall, Inc. 1978
6. Egon Johannson, Pressductor Force Transducer Principle of Operation ASEA Pamphlet YM 21-101E Edition 1
7. Norton, Harry N., Handbook of Transducer for Electronic Measuring Systems Englewood Cliffs, N.J. : Prentice-Hall, 1969
8. ไพฑูรย์ วิเศษการ "เครื่องชั่งน้ำหนักแบบอิเล็กทรอนิกส์" วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ห้องวิจัยระบบเชิงเลข จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2527
9. กฤษดา วิศวธีรานนท์ "การพัฒนาระบบเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกสำหรับโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศ" เอกสารรวมบทความการประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า 8 สถาบันอุดมศึกษา ณ สถาบันเทคโนฌลยีพระจอมเกล้า วิทยาเขตธนบุรี พ.ย.2527
10. KYOWA, Strain Gage Based Load Cell, KYOWA Electronic Instrument Co.,Ltd.
11. National Semiconductor, Linear Data Book 1981
12. กฤษดา วิศวธีรานนท์ "การพัฒนาเครื่องชั่งน้ำหนักรถบรรทุกควบคุมโดยไมโครคอมพิวเตอร์" เอกสารรวมบทความการประชุมวิชาการวิศวกรรมไฟฟ้า 8 สถาบันอุดมศึกษา ณ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พ.ย.2526

13. Intersil, Inc., Intersil Data Book July 1979

14. Multitech Industrial Corp., MPF-I User's and Experiment Manual

15. ฉัตรชัย วิษณุรังสรรค์ , สุรส เพ็ชรกิจ "การเขียนโปรแกรมควบคุมสำหรับเครื่องชั่งน้ำหนัก" รายงานโครงงานวิศวกรรมไฟฟ้า ห้องวิจัยระบบเชิงเลข มี.ค.2527

16. Van Santern, G.W., Electronic Weighing and Process Control Eindhoven, Netherland : Philips Technical Library, 1967.

17. ฉัตรชัย วิษณุรังสรรค์ สร้างบอร์ดนาฬิกาให้แอปเปิล วารสารไมโครคอมพิวเตอร์ เล่ม 10 ต.ค.2527 บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น

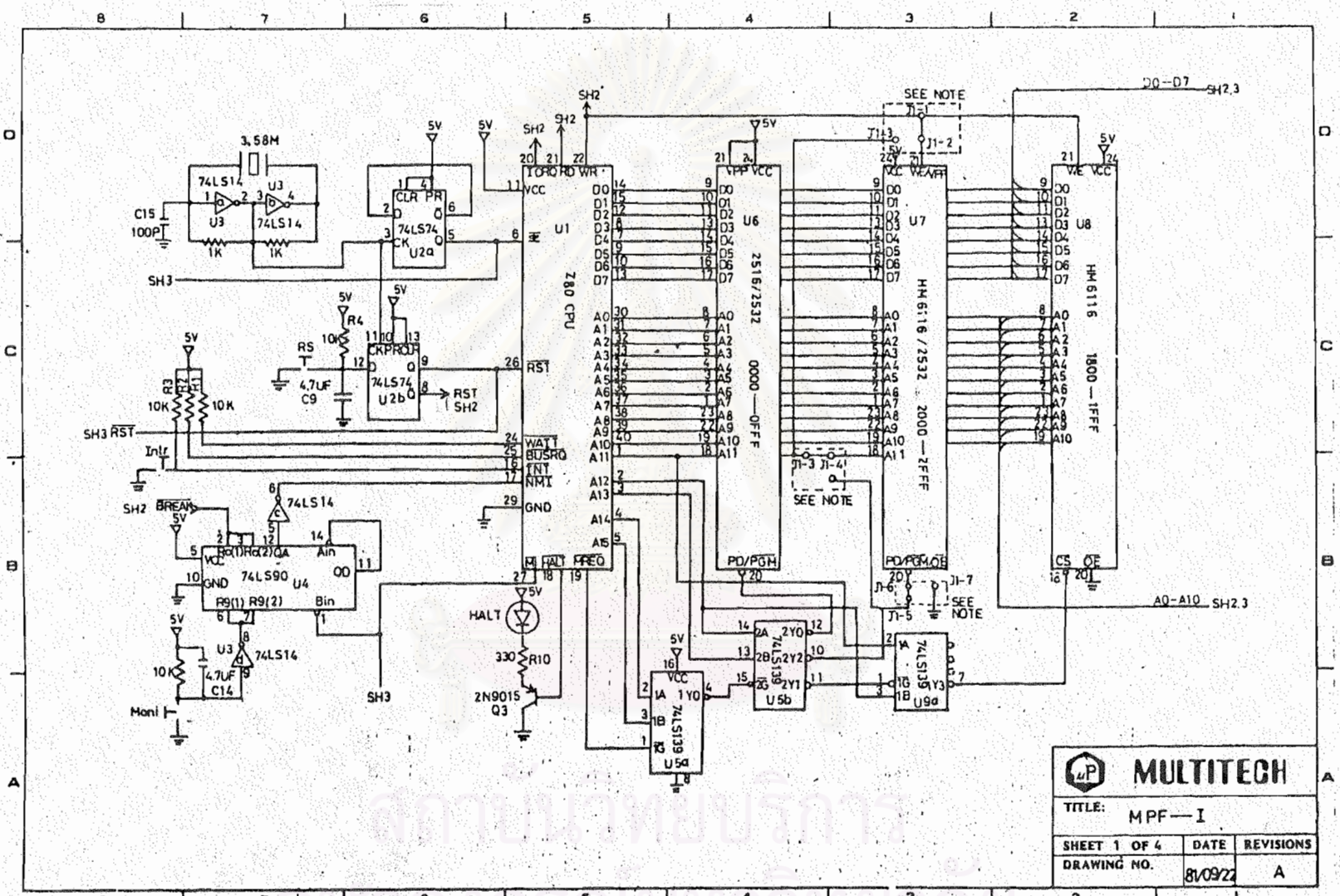
18. KRISADA VISAVATEERANON. Development of Microprocessor Controlled Truck Scale Regional Seminar on Application of Microcomputer Microprocessors, KMIT Ladkrabang, Bangkok, 21-25 Nov.1983.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

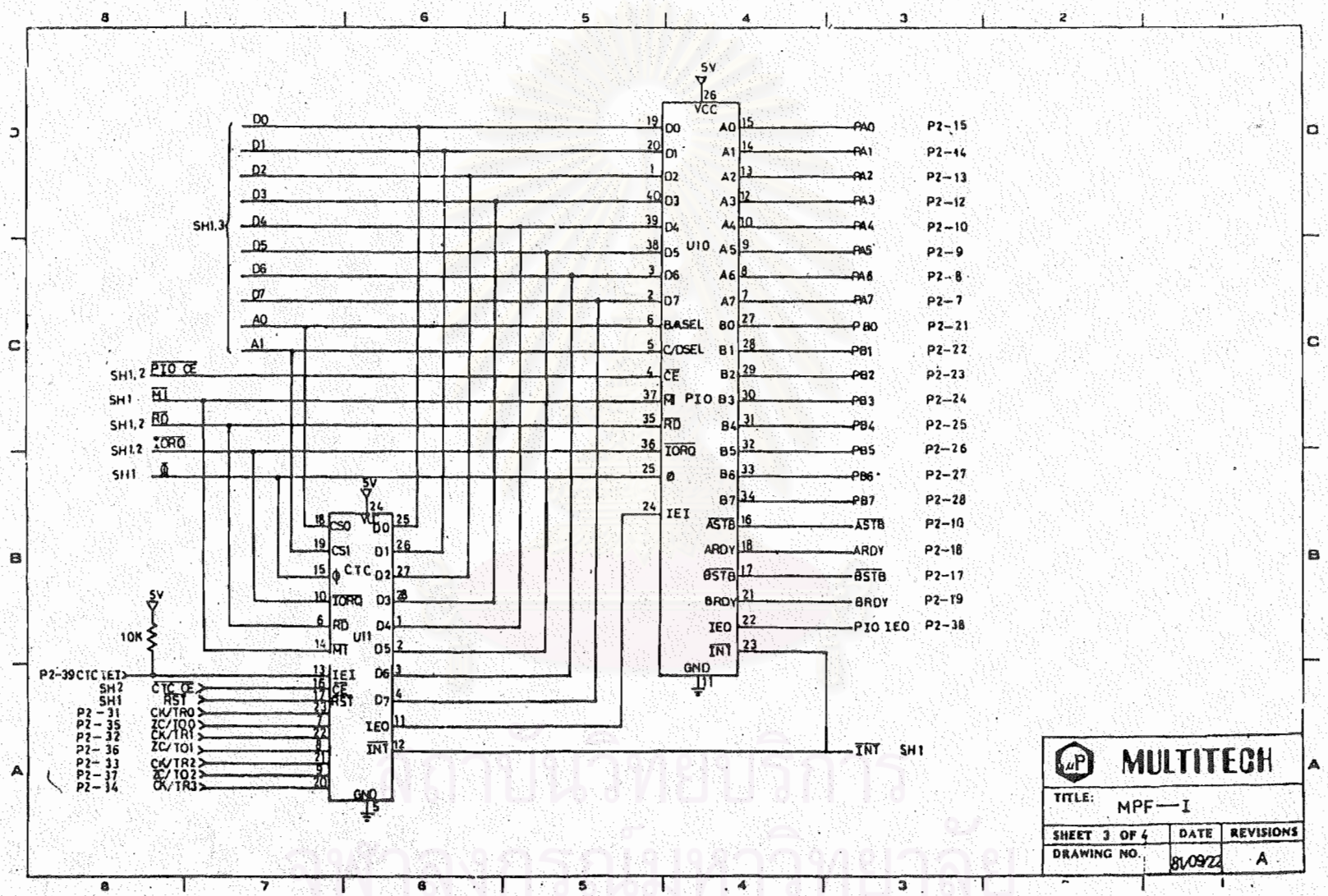
ภาคผนวก ก

รายละเอียดวงจรเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


PIO AND CTC
MULTITECH
TITLE: MPF—I
SHEET 3 OF 4
DRAWING NO.
DATE
81/09/22
REVISIONS
A
U10
U11
U1
5V
GND
10K
PIO IEO
INT SH1

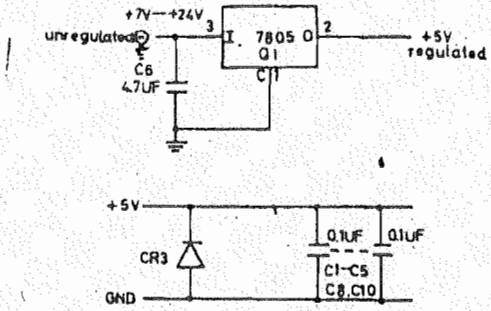
CONNECTOR PIN LAYOUT

P1 PIN FUNCTION

PIN NO	SIGNAL	PIN NO	SIGNAL
1	A11	21	A10
2	A12	22	A9
3	A13	23	A8
4	A14	24	A7
5	A15	25	A6
6	$\overline{M}$	26	A5
7	D4	27	A4
8	D3	28	A3
9	D5	29	A2
10	D6	30	A1
11	NC	31	A0
12	D2	32	GND
13	D7	33	$\overline{RFSH}$
14	D0	34	$\overline{MT}$
15	D1	35	$\overline{RESET}$
16	$\overline{INT}$	36	$\overline{BUSRQ}$
17	$\overline{NMI}$	37	$\overline{WAIT}$
18	$\overline{HALT}$	38	$\overline{BUSAK}$
19	$\overline{MREQ}$	39	$\overline{WR}$
20	$\overline{IORQ}$	40	$\overline{RD}$

P2 PIN FUNCTION

PIN NO	SIGNAL	PIN NO	SIGNAL
1	NC	21	PB0
2	NC	22	PB1
3	NC	23	PB2
4	NC	24	PB3
5	NC	25	PB4
6	NC	26	PB5
7	PA7	27	PB6
8	PA6	28	PB7
9	PA5	29	NC
10	PA4	30	GND
11	GND	31	CK/TR0
12	PA3	32	CK/TR1
13	PA2	33	CK/TR2
14	PA1	34	CK/TR3
15	PA0	35	ZC/TO0
16	$\overline{ASTB}$	36	ZC/TO1
17	$\overline{BSTB}$	37	ZC/TO2
18	ARDY	38	PIO IEO
19	BRDY	39	CTC IEI
20	NC	40	NC



NOTE: 1. U7 is optional, it may be 2516, 2716, 2532, 2732, 6116

2. Jumper 1 is used for selecting certain memory type

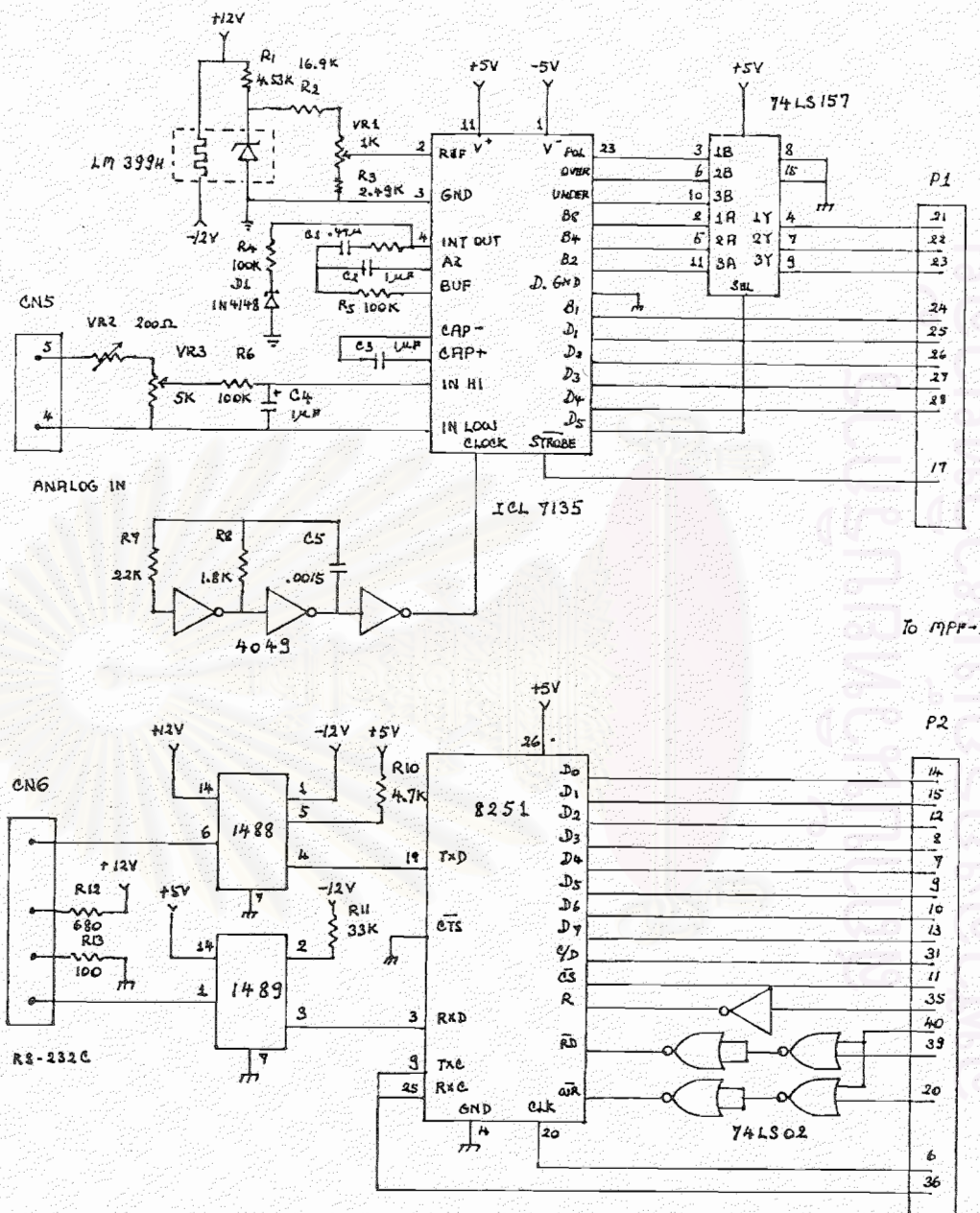
Memory Type	Memory Address	Cuts	Jumpers
2516 2716	2000-27FF	NIL	NIL
2532	2000-2FFF	NIL	NIL
2732	2000-7FFF	PIN1 TO PIN2	PIN2 TO PIN3
		PIN3 TO PIN4	PIN4 TO PIN5
		PIN5 TO PIN6	PIN6 TO PIN7
6116	2000-27FF	PIN3 TO PIN4	PIN4 TO PIN5

MULTITECH

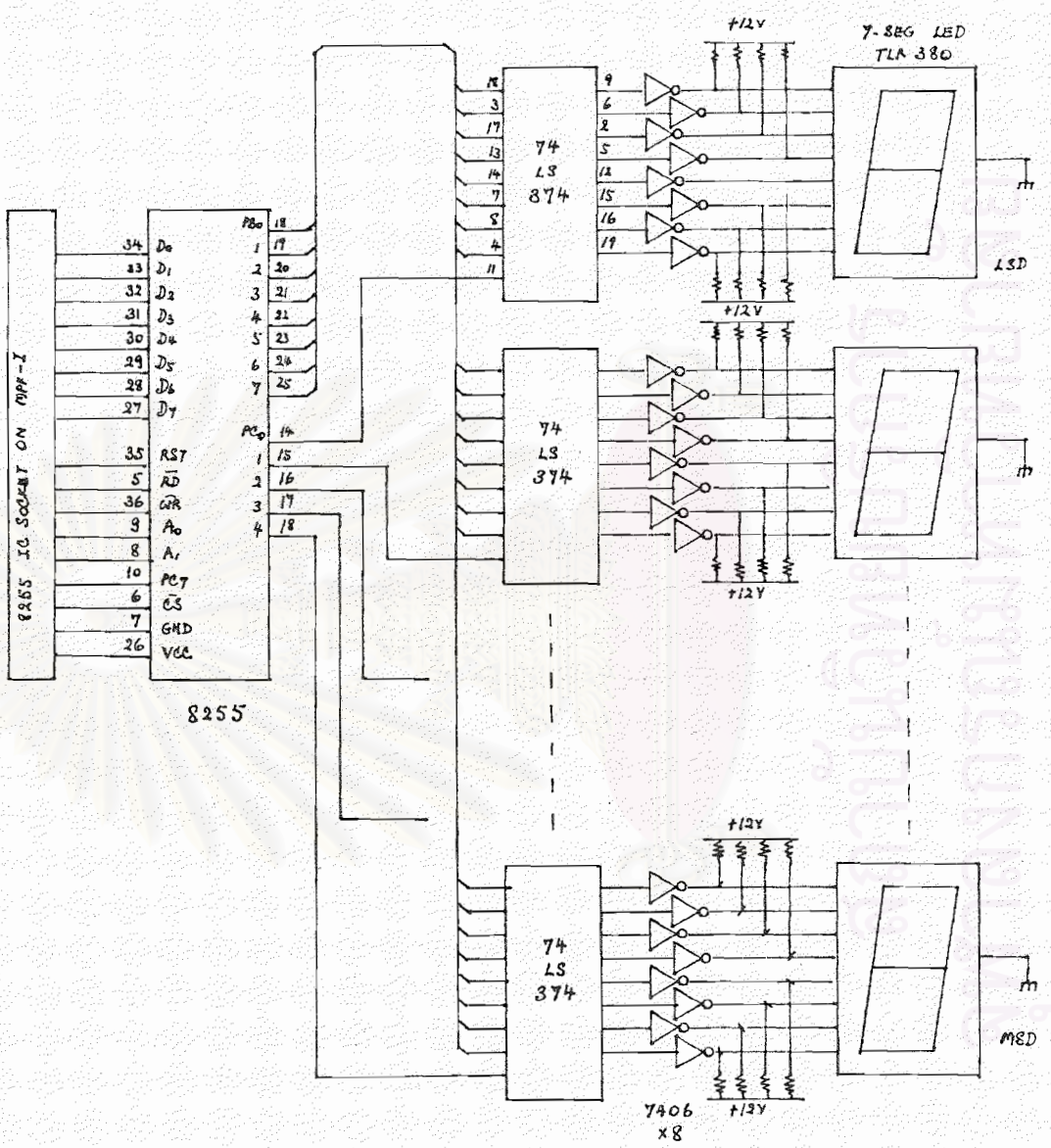
TITLE: PF—I

SHEET 4 OF 4	DATE	REVISIONS
DRAWING NO.	81/09/24	A

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



A/D AND RS-232C



DISPLAY PANEL

ภาคผนวก ข

รายละเอียดโปรแกรมควบคุมของเครื่องแสดงค่าน้ำหนัก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

TRUCK SCALE

ASSEMBLY PROGRAM LISTING

```
                    1000 *--------------------------------
                    1005 *
                    1010 *        GET A/D
                    1015 *
                    1020 *--------------------------------
                    1025          .OR   0000H
                    1030          .TA   800H
0000: 06 00         1035          LD    B,00H
0002: 10 FE         1040 PWDLY    DJNZ  PWDLY  ;DELAY POWER-UP
0004: 3E 90         1045          LD    A,90H
0006: D3 03         1050          OUT   (03H),A  ;SET MODE OF 8255
0008: 31 00 1F      1055          LD    SP,1F00H ;SET STACK POINTER
000B: C3 2A 03      1060          JP    MAIN
000E: DB 81         1065 GET      IN    A,(B1H)  ;PID/B
0010: 4F            1070          LD    C,A
0011: E6 08         1075          AND   08H      ;B1
0013: 0F            1080          RRCA
0014: 0F            1085          RRCA
0015: 0F            1090          RRCA
0016: 47            1095          LD    B,A
0017: 79            1100          LD    A,C
0018: E6 F0         1105          AND   0F0H
001A: 20 1D         1110          JR    NZ,SKIP
001C: 78            1115          LD    A,B
001D: 32 01 1C      1120          LD    (RAW+1),A
0020: 79            1125          LD    A,C
0021: E6 07         1130          AND   07H
0023: 32 00 1C      1135          LD    (RAW),A  ;SAVE A/D STATUS
0026: E6 02         1140          AND   02H   ;TEST OVERFLOW
0028: C8            1145          RET Z
0029: 21 B5 BD      1150          LD    HL,08DB5H    ;DISPLAY"OVER"
002C: 22 12 1C      1155          LD    (DISPLAY+3),HL
002F: 21 03 8F      1160          LD    HL,08F03H    ;DISPLAY"OVER"
0032: 22 10 1C      1165          LD    (DISPLAY+1),HL
0035: AF            1170          XOR   A
0036: 32 0F 1C      1175          LD    (DISPLAY),A
0039: 79            1180 SKIP     LD    A,C
003A: E6 04         1185          AND   04H      ;B2
003C: 0F            1190          RRCA
003D: B0            1195          OR    B
003E: 47            1200          LD    B,A
003F: 79            1205          LD    A,C
0040: E6 02         1210          AND   02H      ;B4
0042: 07            1215          RLCA
0043: B0            1220          OR    B
0044: 47            1225          LD    B,A
0045: 79            1230          LD    A,C
0046: E6 01         1235          AND   01H      ;B8
0048: 07            1240          RLCA
0049: 07            1245          RLCA
004A: 07            1250          RLCA
004B: B0            1255          OR    B
004C: 47            1260          LD    B,A
004D: CB 01         1265          RLC   C        ;FIND DIGIT
004F: 30 03         1270          JR    NC,S1
```

```
0051: 32 02 1C 1275          LD    (RAW+2),A    ;D4
0054: CB 01    1280 S1       RLC   C
0056: 30 03    1285          JR    NC,S2
0058: 32 03 1C 1290          LD    (RAW+3),A    ;D3
005B: CB 01    1295 S2       RLC   C
005D: 30 03    1300          JR    NC,S3
005F: 32 04 1C 1305          LD    (RAW+4),A    ;D2
0062: CB 01    1310 S3       RLC   C
0064: 30 03    1315          JR    NC,S4
0066: 32 05 1C 1320          LD    (RAW+5),A
0069: C9       1325 S4       RET
1C00:          1330 RAW      .EQ   1C00H
1C0F:          1335 DISPLAY  .EQ   1C0FH
               1340 *-------------------------------
               1345 *
               1350 *        PACK NUMBER
               1355 *
               1360 *-------------------------------
006A: 7E       1365 PACK     LD    A,(HL)
006B: 12       1370          LD    (DE),A
006C: CD 6F 00 1375          CALL  SX
006F: AF       1380 SX       XOR   A
0070: 23       1385          INC   HL
0071: ED 6F    1390          RLD
0073: 7E       1395          LD    A,(HL)
0074: 23       1400          INC   HL
0075: B6       1405          OR    (HL)
0076: 13       1410          INC   DE
0077: 12       1415          LD    (DE),A
0078: C9       1420          RET
               1425 *-------------------------------
               1430 *
               1435 *    TWO COMPLEMENT
               1440 *
               1445 *-------------------------------
0079: 3E 00    1450 COPL2    LD    A,0H
007B: 96       1455          SUB   (HL)
007C: 27       1460          DAA
007D: 77       1465          LD    (HL),A
007E: CD 81 00 1470          CALL  SXX
0081: 2B       1475 SXX      DEC   HL
0082: 3E 00    1480          LD    A,0H
0084: 9E       1485          SBC   A,(HL)
0085: 27       1490          DAA
0086: 77       1495          LD    (HL),A
0087: C9       1500          RET
               1505 *-------------------------------
               1510 *
               1515 *        ESTIMATE
               1520 *
               1525 *-------------------------------
008B: 21 01 1C 1530 ES       LD    HL,RAW+1
008B: 11 0C 1C 1535          LD    DE,NO
008E: CD 6A 00 1540          CALL  PACK     ;PACK NUMERIC
0091: 21 0E 1C 1545          LD    HL,NO+2  ;X2
```

```
0094: 7E        1550            LD    A,(HL)
0095: 87        1555            ADD   A,A
0096: 27        1560            DAA
0097: 77        1565            LD    (HL),A
0098: 2B        1570            DEC   HL
0099: 7E        1575            LD    A,(HL)
009A: 8F        1580            ADC   A,A
009B: 27        1585            DAA
009C: 77        1590            LD    (HL),A
009D: 2B        1595            DEC   HL
009E: 7E        1600            LD    A,(HL)
009F: 8F        1605            ADC   A,A
00A0: 27        1610            DAA
00A1: 77        1615            LD    (HL),A
00A2: FE 00     1620            CP    0H        ;TEST=0
00A4: 20 10     1625            JR    NZ,PTEST
00A6: 23        1630            INC   HL
00A7: AF        1635            XOR   A
00A8: BE        1640            CP    (HL)
00A9: 20 0B     1645            JR    NZ,PTEST
00AB: 23        1650            INC   HL
00AC: BE        1655            CP    (HL)
00AD: 20 07     1660            JR    NZ,PTEST
00AF: 21 00 1C  1665            LD    HL,RAW
00B2: CB C6     1670            SET   0,(HL)
00B4: 18 0D     1675            JR    CALC
00B6: 3A 00 1C  1680 PTEST      LD    A,(RAW)
00B9: E6 01     1685            AND   01H       ;TEST MINUS
00BB: 20 06     1690            JR    NZ,CALC
00BD: 21 0E 1C  1695            LD    HL,WB+2
00C0: CD 79 00  1700            CALL  COPL2
00C3: 21 0B 1C  1705 CALC       LD    HL,OFFSET+2
00C6: 11 0E 1C  1710            LD    DE,WB+2
00C9: 01 08 1C  1715            LD    BC,WH+2
00CC: 1A        1720            LD    A,(DE)
00CD: 96        1725            SUB   (HL)
00CE: 27        1730            DAA
00CF: 02        1735            LD    (BC),A
00D0: 2B        1740            DEC   HL
00D1: 1B        1745            DEC   DE
00D2: 0B        1750            DEC   BC
00D3: 1A        1755            LD    A,(DE)
00D4: 9E        1760            SBC   A,(HL)
00D5: 27        1765            DAA
00D6: 02        1770            LD    (BC),A
00D7: 2B        1775            DEC   HL
00D8: 1B        1780            DEC   DE
00D9: 0B        1785            DEC   BC
00DA: 1A        1790            LD    A,(DE)
00DB: 9E        1795            SBC   A,(HL)
00DC: 27        1800            DAA
00DD: 02        1805            LD    (BC),A
00DE: 38 07     1810            JR    C,TWOCOPL
00E0: 21 00 1C  1815            LD    HL,RAW
00E3: CB 46     1820            BIT   0,(HL)
00E5: 20 16     1825            JR    NZ,NZPROT
00E7: 21 08 1C  1830 TWOCOPL    LD    HL,WH
```

```
00EA: CB 6E    1835          BIT   5,(HL)
00EC: 20 0F    1840          JR    NZ,NZPROT
00EE: 21 08 1C 1845          LD    HL,WH+2
00F1: CD 79 00 1850          CALL  COPL2
00F4: CD FD 00 1855          CALL  NZPROT
00F7: 21 06 1C 1860          LD    HL,WH
00FA: CB E6    1865          SET   4,(HL)
00FC: C9       1870          RET
1C0C:          1875 WS       .EQ   1C0CH
1C09:          1880 OFFSET   .EQ   1C09H
1C06:          1885 WH       .EQ   1C06H
               1890 *--------------------------------
               1895 *
               1900 *   NOT ZERO PROTECT
               1905 *
               1910 *--------------------------------
00FD: 21 06 1C 1915 NZPROT   LD    HL,WH
0100: 7E       1920          LD    A,(HL)
0101: FE 00    1925          CP    00H  ;WEIGHT IS IN MEASURE RANGE?
0103: 20 29    1930          JR    NZ,RETN
0105: 23       1935          INC   HL
0106: 7E       1940          LD    A,(HL)
0107: FE 05    1945          CP    DRNG ;WEIGHT IS IN DRIFT RANGE?
0109: 30 23    1950          JR    NC,RETN
010B: 23       1955          INC   HL
010C: 7E       1960          LD    A,(HL)
010D: FE 05    1965          CP    ZRNG ;WEIGHT IS IN ZERO RANGE?
010F: 30 24    1970          JR    NC,TDW
0111: 3A 65 1C 1975          LD    A,(RANGE)
0114: FE 01    1980          CP    01H  ;WEIGHT IS FROM DRIFT TO ZERO RANGE?
0116: 28 06    1985          JR    Z,TZW
0118: AF       1990          XOR   A  ;CLEAR A
0119: 32 66 1C 1995          LD    (ZW),A
011C: 18 0B    2000          JR    SRNG1
011E: 3A 66 1C 2005 TZW      LD    A,(ZW)
0121: FE 0A    2010          CP    ZCNT
0123: 30 0A    2015          JR    NC,ZEDW
0125: 3C       2020          INC   A
0126: 32 66 1C 2025          LD    (ZW),A
0129: 3E 01    2030 SRNG1    LD    A,01H
012B: 32 65 1C 2035          LD    (RANGE),A
012E: C9       2040 RETN     RET
012F: AF       2045 ZEDW     XOR   A  ;CLEAR A
0130: 32 67 1C 2050          LD    (DW),A
0133: 18 F4    2055          JR    SRNG1
0135: 3A 67 1C 2060 TDW      LD    A,(DW)
0138: FE 03    2065          CP    DCNT
013A: 30 0A    2070          JR    NC,ZEZW
013C: 3C       2075          INC   A
013D: 32 67 1C 2080          LD    (DW),A
0140: 3E 02    2085 SRNG2    LD    A,02H
0142: 32 65 1C 2090          LD    (RANGE),A
0145: C9       2095          RET
0146: AF       2100 ZEZW     XOR   A  ;CLEAR A
0147: 32 66 1C 2105          LD    (ZW),A
014A: 18 F4    2110          JR    SRNG2
```

```
1C65:           2115 RANGE    .EQ   1C65H
1C66:           2120 ZW       .EQ   1C66H
1C67:           2125 DW       .EQ   1C67H
000A:           2130 ZCNT     .EQ   0AH
0003:           2135 DCNT     .EQ   03H
0005:           2140 ZRNG     .EQ   05H  ;(5 KG.)
0005:           2145 DRNG     .EQ   05H  ;(500 KG.)
                2150 *--------------------------------
                2155 *
                2160 *        ADJUST OUTPUT
                2165 *
                2170 *--------------------------------
014C: 21 08 1C  2175 ADJUST   LD    HL,WH+2
014F: 7E        2180          LD    A,(HL)
0150: C6 02     2185          ADD   A,2      ;ADD 2
0152: 27        2190          DAA
0153: 77        2195          LD    (HL),A
0154: 2B        2200          DEC   HL
0155: 06 02     2205          LD    B,02H
0157: 3E 00     2210 ADDCF    LD    A,00H
0159: 8E        2215          ADC   A,(HL)
015A: 27        2220          DAA
015B: 77        2225          LD    (HL),A
015C: 2B        2230          DEC   HL
015D: 10 F8     2235          DJNZ  ADDCF
015F: 3A 08 1C  2240 ADJ      LD    A,(WH+2)
0162: E6 0F     2245          AND   0FH      ;TEST LAST DIGIT,CHANGE TO 0 OR 5
0164: FE 05     2250          CP    05H
0166: 3E 00     2255          LD    A,0H
0168: 38 02     2260          JR    C,SV
016A: 3E 05     2265          LD    A,5H
016C: 47        2270 SV       LD    B,A
016D: 3A 08 1C  2275          LD    A,(WH+2)
0170: E6 F0     2280          AND   0F0H
0172: B0        2285          OR    B
0173: 32 08 1C  2290          LD    (WH+2),A
0176: C9        2295          RET
                2300 *--------------------------------
                2305 *
                2310 *    CONVERTION TO 7 SEGMENT
                2315 *
                2320 *--------------------------------
0177: 11 08 1C  2325 CONV     LD    DE,WH+2  ;POINTER
017A: 21 0F 1C  2330          LD    HL,DISPLAY   ;SAVER
017D: 06 03     2335          LD    B,03H
017F: 1A        2340 CNV7SG   LD    A,(DE)
0180: CD 60 04  2345          CALL  HEX7SG  ;CONVERT TO 7 SEGMENT FORMAT
0183: 1B        2350          DEC   DE
0184: 10 F9     2355          DJNZ  CNV7SG
0186: 21 06 1C  2360          LD    HL,WH
0189: CB 66     2365          BIT   4,(HL)   ;TEST MINUS
018B: C8        2370          RET Z
018C: 06 05     2375          LD    B,5H     ;MINUS
018E: 2B        2380          DEC   HL
018F: 2B        2385 LP       DEC   HL
0190: 7E        2390          LD    A,(HL)
```

```
0191: F6 40    2395          OR    40H       ;ADD POINT DISPLAY
0193: 77       2400          LD    (HL),A
0194: 10 F9    2405          DJNZ  LP
0196: C9       2410          RET
               2415 *--------------------------------
               2420 *
               2425 *        INTERRUPT ROUTINE
               2430 *
               2435 *--------------------------------
0197: F5       2440 INT      PUSH  AF        ;SAVE REGISTER
0198: C5       2445          PUSH  BC
0199: D5       2450          PUSH  DE
019A: E5       2455          PUSH  HL
019B: CD 0E 00 2460          CALL  GET       ;CHECK DATA AND SAVE
019E: 3A 00 1C 2465          LD    A,(RAW)
01A1: 1F       2470          RRA
01A2: 1F       2475          RRA
01A3: 30 07    2480          JR    NC,NEXT
01A5: 3E 55    2485          LD    A,55H     ;TONE
01A7: 32 16 1C 2490          LD    (1C16H),A
01AA: 18 10    2495          JR    POPPOP
01AC: 17       2500 NEXT     RLA
01AD: 17       2505          RLA
01AE: 30 0C    2510          JR    NC,POPPOP    ;NON DIGIT !
01B0: CD B8 00 2515          CALL  ES        ;DIGIT !
01B3: CD 65 07 2520          CALL  CAB
01B6: CD 4C 01 2525          CALL  ADJUST
01B9: CD 77 01 2530          CALL  CONV
01BC: E1       2535 POPPOP   POP   HL
01BD: D1       2540          POP   DE
01BE: C1       2545          POP   BC
01BF: F1       2550          POP   AF
01C0: FB       2555          EI
01C1: ED 4D    2560          RETI
               2565 *--------------------------------
               2570 *
               2575 *        SET OFFSET KEY
               2580 *
               2585 *--------------------------------
01C3: 30 06    2590 KY       JR    NC,KEYIN ;HAVE KEY
01C5: 3E FF    2595          LD    A,0FFH   ;NO KEY
01C7: 32 15 1C 2600          LD    (KEY),A
01CA: C9       2605          RET
01CB: 47       2610 KEYIN    LD    B,A
01CC: 3A 15 1C 2615          LD    A,(KEY)
01CF: B8       2620          CP    B
01D0: C8       2625          RET Z           ;OLD KEY
01D1: 78       2630          LD    A,B
01D2: 32 15 1C 2635          LD    (KEY),A
01D5: FE 03    2640          CP    03H       ;"F"KEY
01D7: 28 10    2645          JR    Z,ZERO
01D9: FE 08    2650          CP    08H
01DB: CA C9 05 2655          JP    Z,SET1
01DE: FE 02    2660          CP    02H
01E0: CA EF 05 2665          JP    Z,DPT1
01E3: FE 15    2670          CP    15H
```

```
01E5: CA F1 04 2675          JP    Z,PST
01E8: C9       2680          RET
1015:          2685 KEY      .EQ   1015H
               2690 *--------------------------------
               2695 *
               2700 *    PUSH TO ZERO
               2705 *
               2710 *--------------------------------
01E9: 21 06 1C 2715 ZERO     LD    HL,WH
01EC: 3E 00    2720          LD    A,00H
01EE: BE       2725          CP    (HL)
01EF: 20 1F    2730          JR    NZ,TG
01F1: 23       2735          INC   HL
01F2: BE       2740          CP    (HL)
01F3: C0       2745          RET NZ
01F4: 23       2750          INC   HL
01F5: 7E       2755          LD    A,(HL)
01F6: FE 40    2760          CP    PUZRNG  ;LESS THAN 40?
01F8: D0       2765          RET NC
01F9: 21 06 1C 2770 POSOFF   LD    HL,WH
01FC: CB AE    2775          RES   5,(HL)
01FE: 21 0C 1C 2780 LDA      LD    HL,W6    ;SAVE OFFSET
0201: 11 09 1C 2785          LD    DE,OFFSET
0204: 01 03 00 2790          LD    BC,0003H
0207: ED B0    2795          LDIR      ;LOAD OFFSET
0209: 21 00 02 2800          LD    HL,0200H
020C: CD 80 04 2805          CALL  TONE1K ;TO ALARM
020F: C9       2810          RET
0210: CB 66    2815 TG       BIT   4,(HL) ;TEST MINUS
0212: C8       2820          RET Z
0213: 23       2825          INC   HL   ;MINUS
0214: BE       2830          CP    (HL)
0215: C0       2835          RET NZ
0216: 23       2840          INC   HL
0217: 7E       2845          LD    A,(HL)
0218: FE 40    2850          CP    PUZRNG  ;GREATER THAN -40?
021A: D0       2955          RET NC
021B: 21 00 1C 2860          LD    HL,RAW
021E: CB 46    7865          BIT   0,(HL)
0220: 20 DC    2870          JR    NZ,LDA
0222: 21 06 1C 2875          LD    HL,WH
0225: CB EE    2880          SET   5,(HL)
0227: 18 D5    2885          JR    LDA
0040:          2890 PUZRNG   .EQ   40H
               2895 *--------------------------------
               2900 *
               2905 *        SERIAL COMMUNICATION
               2910 *
               2915 *--------------------------------
0229: 3A 20 1C 2920 COMM     LD    A,(CSTATUS)
022C: E6 01    2925          AND   01H      ;CHECK WRITE SERIAL FLAG
022E: 20 7A    2930          JR    NZ,SEND  ;SEND OLD DATA
0230: DB C1    2935          IN    A,(0C1H) ;IN STATUS
0232: E6 02    2940          AND   02H
0234: C8       2945          RET Z
0235: DB C1    2950          IN    A,(0C1H)
```

```
0237: E6 18    2955          AND   18H
0239: 28 0B    2960          JR    Z,NEXT1  ;NO ERROR
023B: 3E 15    2965          LD    A,15H
023D: D3 C1    2970          OUT   (0C1H),A ;CLEAR ERROR
023F: 3E F0    2975 UNK      LD    A,0F0H
0241: 32 2B 1C 2980          LD    (CCUR),A ;"UNK"SERIAL OUTPUT
0244: 18 64    2985          JR    SEND
0246: DB C0    2990 NEXT1    IN    A,(0C0H) ;READ SERIAL DATA
0248: FE F0    2995          CP    0F0H     ;="UNK"?
024A: 20 08    3000          JR    NZ,NEXT2
024C: 3A 21 1C 3005 S        LD    A,(CDATA)    ;RECEIVE"UNK"
024F: 32 2B 1C 3010          LD    (CCUR),A
0252: 18 56    3015          JR    SEND     ;SEND OLD DATA
0254: FE FF    3020 NEXT2    CP    0FFH     ;="ACK"?
0256: C3 23 04 3025          JP    EXTEND
0259: 00       3030          NOP
025A: 28 49    3035 RETX     JR    Z,AREQ
025C: FE F1    3040          CP    0F1H     ;="REQD"?
025E: 20 DF    3045          JR    NZ,UNK
0260: 3A 00 1C 3050 REQD     LD    A,(RAW)  ;LOAD RAW DATA
0263: E6 02    3055          AND   02H      ;CHECK OVERFLOW
0265: 28 0E    3060          JR    Z,REQD2
0267: 21 22 1C 3065          LD    HL,1C22H
026A: 36 02    3070          LD    (HL),02H ;OVERFLOW CODE
026C: 06 08    3075          LD    B,8H
026E: 23       3080 RLOOP    INC   HL
026F: 36 F0    3085          LD    (HL),0F0H    ;UNK
0271: 10 FB    3090          DJNZ  RLOOP
0273: 18 17    3095          JR    REQD3
0275: 11 22 1C 3100 REQD2    LD    DE,1C22H
0278: 21 06 1C 3105          LD    HL,WH
027B: 06 03    3110          LD    B,3H
027D: ED 6F    3115 YYY      RLD           ;CONVERT DATA FOR SERIAL COMM
027F: E6 0F    3120          AND   0FH
0281: 12       3125          LD    (DE),A
0282: 13       3130          INC   DE
0283: ED 6F    3135          RLD
0285: 12       3140          LD    (DE),A
0286: 13       3145          INC   DE
0287: ED 6F    3150          RLD
0289: 23       3155          INC   HL
028A: 10 F1    3160          DJNZ  YYY
028C: 3E FF    3165 REQD3    LD    A,0FFH   ;ACK
028E: 32 21 1C 3170          LD    (1C21H),A
0291: 32 28 1C 3175          LD    (1C28H),A
0294: 18 B6    3180          JR    S
0296: 21 22 1C 3185 ACK      LD    HL,1C22H
0299: 11 21 1C 3190          LD    DE,1C21H
029C: 01 09 00 3195          LD    BC,0009H
029F: ED B0    3200          LDIR
02A1: 3E F0    3205          LD    A,0F0H
02A3: 12       3210          LD    (DE),A
02A4: C9       3215          RET
02A5: CD 96 02 3220 AREQ     CALL  ACK
02A8: 18 A2    3225          JR    S
02AA: 3A 20 1C 3230 SEND     LD    A,(1C20H)
02AD: F6 01    3235          OR    01H      ;SET WRITE FLAG
02AF: 32 20 1C 3240          LD    (1C20H),A
02B2: DB C1    3245          IN    A,(0C1H)
02B4: E6 01    3250          AND   01H
02B6: C8       3255          RET Z
```

```
02B7: 3A 2B 1C 3260          LD    A,(CCUR)
02BA: D3 C0    3265          OUT   (0C0H),A ;OUT DATA
02BC: 3A 20 1C 3270          LD    A,(CSTATUS)
02BF: E6 FE    3275          AND   0FEH    ;CLEAR WRITE FLAG
02C1: 32 20 1C 3280          LD    (CSTATUS),A
02C4: C9       3285          RET
1C20:          3290 CSTATUS  .EQ   1C20H
1C21:          3295 CDATA    .EQ   1C21H
1C2B:          3300 CCUR     .EQ   1C2BH
               3305 *--------------------------------
               3310 *
               3315 *        CONTROL PERIPHERALS
               3320 *
               3325 *--------------------------------
02C5: 3E FE    3330 PIO      LD    A,0FEH   ;INT VECTOR P/B
02C7: D3 83    3335          OUT   (83H),A
02C9: 3E 4F    3340          LD    A,4FH    ;SET MODE 1,P/B
02CB: D3 83    3345          OUT   (83H),A
02CD: D3 82    3350          OUT   (82H),A  ;MODE1,P/A
02CF: 3E 83    3355          LD    A,83H    ;SET INT ENABLE
02D1: D3 83    3360          OUT   (83H),A
02D3: 3E 03    3365          LD    A,03H    ;DISABLE INT P/A
02D5: D3 82    3370          OUT   (82H),A
02D7: 3E 05    3375 CTC      LD    A,05H    ;TIMER
02D9: D3 41    3380          OUT   (41H),A  ;OUT CT1
02DB: 3E 03    3385          LD    A,3H
02DD: D3 41    3390          OUT   (41H),A
02DF: 3E 7E    3395 USART    LD    A,7EH
02E1: D3 C1    3400          OUT   (0C1H),A ;OUT MODE 8251
02E3: 3E 15    3405          LD    A,15H
02E5: D3 C1    3410          OUT   (0C1H),A ;OUT COMMAND 8251
02E7: C9       3415          RET
               3420 *--------------------------------
               3425 *
               3430 *        INITIALIZE
               3435 *
               3440 *--------------------------------
02E8: 21 97 01 3445 BOOT     LD    HL,INT
02EB: 22 FE 1B 3450          LD    (1BFEH),HL   ;INT VECTOR ADDRESS
02EE: 3E 1B    3455          LD    A,1BH
02F0: ED 47    3460          LD    I,A      ;INT VECTOR REGISTER
02F2: 21 00 1C 3465          LD    HL,1C00H
02F5: 11 01 1C 3470          LD    DE,1C01H
02F8: 01 0E 00 3475          LD    BC,000EH
02FB: 36 00    3480          LD    (HL),0H
02FD: ED B0    3485          LDIR           ;CLEAR MEMORY
02FF: 21 A6 07 3490          LD    HL,READY
0302: 11 0F 1C 3495          LD    DE,1C0FH
0305: 01 05 00 3500          LD    BC,0005H
0308: ED B0    3505          LDIR           ;LOAD DISPLAY"READY"
030A: 36 00    3510          LD    (HL),00H ;CLEAR KEY REG
030C: 21 20 1C 3515          LD    HL,1C20H
030F: 36 00    3520          LD    (HL),00H ;CLEAR COMMAND STATUS
0311: 11 22 1C 3525          LD    DE,1C22H
0314: 23       3530          INC   HL
0315: 36 F0    3535          LD    (HL),0F0H
0317: 01 0A 00 3540          LD    BC,000AH
031A: ED B0    3545          LDIR
031C: 13       3550          INC   DE
031D: 23       3555          INC   HL
```

```
031E: 01 40 00 3560          LD    BC,0040H
0321: 36 00    3565          LD    (HL),00H
0323: ED B0    3570          LDIR
0325: ED 5E    3575          IM2
0327: FB       3580          EI
0328: ED 4D    3585          RETI
               3590 *--------------------------------
               3595 *
               3600 *        MAIN PROGRAM
               3605 *
               3610 *--------------------------------
032A: CD E8 02 3615 MAIN     CALL  BOOT
032D: CD C5 02 3620          CALL  PIO
0330: CD 98 04 3625 LOOP     CALL  SCAN
0333: CD C3 01 3630          CALL  KY
0336: CD 29 02 3635          CALL  COMM
0339: 3A 17 1C 3640          LD    A,(1C17H)
033C: B7       3645          OR    A
033D: 28 12    3650          JR    Z,XX
033F: 2A 18 1C 3655          LD    HL,(1C18H)
0342: 2B       3660          DEC   HL
0343: 7D       3665          LD    A,L
0344: B4       3670          OR    H
0345: 22 18 1C 3675          LD    (1C18H),HL
0348: 20 07    3680          JR    NZ,XX
034A: FB       3685          EI
034B: 21 51 03 3690          LD    HL,XX
034E: E5       3695          PUSH  HL
034F: ED 4D    3700          RETI
0351: 3A 16 1C 3705 XX       LD    A,(1C16H)
0354: FE 55    3710          CP    55H
0356: 20 D8    3715          JR    NZ,LOOP
0358: 3E 00    3720          LD    A,0H
035A: 32 16 1C 3725          LD    (1C16H),A
035D: 21 00 05 3730          LD    HL,ALMTM
0360: CD 94 04 3735          CALL  TONE2K
0363: 18 CB    3740          JR    LOOP
0500:          3745 ALMTM    .EQ   0500H
               3750 *--------------------------------
               3755 *
               3760 *        CALIBRATION
               3765 *
               3770 *--------------------------------
0365: 3A 06 1C 3775 CAB      LD    A,(WH)
0368: FE 10    3780          CP    10H
036A: D0       3785          RET NC
036B: E6 0F    3790          AND   0FH
036D: 07       3795          RLCA
036E: 07       3800          RLCA
036F: 07       3805          RLCA
0370: 07       3810          RLCA
0371: 47       3815          LD    B,A
0372: 3A 07 1C 3820          LD    A,(WH+1)
0375: E6 F0    3825          AND   0F0H
0377: FE 50    3830          CP    50H
```

```
0379: 3E 00    3835          LD    A,0
037B: 38 02    3840          JR    C,SKIP1
037D: 3E 04    3845          LD    A,4
037F: 80       3850 SKIP1    ADD   A,B
0380: 21 88 07 3855          LD    HL,TABLE
0383: 85       3860          ADD   A,L
0384: 6F       3865          LD    L,A
0385: 7C       3870          LD    A,H
0386: CE 00    3875          ADC   A,0
0388: 67       3880          LD    H,A
0389: 3A 07 1C 3885          LD    A,(WH+1)
038C: 87       3890          ADD   A,A
038D: 27       3895          DAA
038E: CB 3F    3900          SRL   A
0390: CB 3F    3905          SRL   A
0392: CB 3F    3910          SRL   A
0394: CB 3F    3915          SRL   A
0396: 47       3920          LD    B,A
0397: E5       3925          PUSH  HL
0398: 23       3930          INC   HL
0399: 23       3935          INC   HL
039A: 04       3940          INC   B
039B: FD E1    3945          POP   IY
039D: 11 08 1C 3950          LD    DE,WH+2
03A0: 1A       3955          LD    A,(DE)
03A1: 86       3960          ADD   A,(HL)
03A2: 27       3965          DAA
03A3: 12       3970          LD    (DE),A
03A4: 1B       3975          DEC   DE
03A5: 2B       3980          DEC   HL
03A6: 1A       3985          LD    A,(DE)
03A7: 8E       3990          ADC   A,(HL)
03A8: 27       3995          DAA
03A9: 12       4000          LD    (DE),A
03AA: 1B       4005          DEC   DE
03AB: 2B       4010          DEC   HL
03AC: 1A       4015          LD    A,(DE)
03AD: 8E       4020          ADC   A,(HL)
03AE: 27       4025          DAA
03AF: 12       4030          LD    (DE),A
03B0: 21 30 1C 4035          LD    HL,CALIB2+2
03B3: FD 7E 02 4040          LD    A,(IY+2)
03B6: FD 96 06 4045          SUB   (IY+6)
03B9: 27       4050          DAA
03BA: 77       4055          LD    (HL),A
03BB: 2B       4060          DEC   HL
03BC: FD 7E 01 4065          LD    A,(IY+1)
03BF: FD 9E 05 4070          SBC   A,(IY+5)
03C2: 27       4075          DAA
03C3: 77       4080          LD    (HL),A
03C4: 2B       4085          DEC   HL
03C5: FD 7E 00 4090          LD    A,(IY+0)
03C8: FD 9E 04 4095          SBC   A,(IY+4)
03CB: 27       4100          DAA
03CC: 77       4105          LD    (HL),A
03CD: 0E 03    4110          LD    C,3
03CF: 21 2B 1C 4115          LD    HL,CALIB1
```

```
03D2: 36 30     4120 LOP    LD    (HL),0
03D4: 23        4125        INC   HL
03D5: 0D        4130        DEC   C
03D6: 20 FA     4135        JR    NZ,LOP
03D8: B7        4140        OR    A
03D9: 21 2D 1C  4145 L0     LD    HL,CALIB1+2
03DC: 11 30 1C  4150        LD    DE,CALIB2+2
03DF: 0E 03     4155        LD    C,3
03E1: 2A        4160 L1     LD    A,(DE)
03E2: 8E        4165        ADC   A,(HL)
03E3: 27        4170        DAA
03E4: 77        4175        LD    (HL),A
03E5: 2B        4180        DEC   HL
03E6: 1B        4185        DEC   DE
03E7: 0D        4190        DEC   C
03E8: 20 F7     4195        JR    NZ,L1
03EA: 10 ED     4200        DJNZ  L0
03EC: 21 2B 1C  4205        LD    HL,CALIB1
03EF: 7E        4210        LD    A,(HL)
03F0: 0F        4215        RRCA
03F1: 0F        4220        RRCA
03F2: 0F        4225        RRCA
03F3: 0F        4230        RRCA
03F4: ED 67     4235        RRD
03F6: 23        4240        INC   HL
03F7: ED 67     4245        RRD
03F9: 23        4250        INC   HL
03FA: ED 67     4255        RRD
03FC: 21 2D 1C  4260        LD    HL,CALIB1+2
03FF: 11 08 1C  4265        LD    DE,WH+2
0402: B7        4270        OR    A
0403: 0E 03     4275        LD    C,3
0405: 1A        4280 LX     LD    A,(DE)
0406: 9E        4285        SBC   A,(HL)
0407: 27        4290        DAA
0408: 12        4295        LD    (DE),A
0409: 2B        4300        DEC   HL
040A: 1B        4305        DEC   DE
040B: 0D        4310        DEC   C
040C: 20 F7     4315        JR    NZ,LX
040E: 3A 06 1C  4320        LD    A,(WH)
0411: E6 F0     4325        AND   0F0H
0413: C8        4330        RET Z
0414: 21 08 1C  4335        LD    HL,WH+2
0417: CD 79 00  4340        CALL  COPL2
041A: 3A 06 1C  4345        LD    A,(WH)
041D: F6 10     4350        OR    10H
041F: 32 06 1C  4355        LD    (WH),A
0422: C9        4360        RET
1C2B:           4365 CALIB1 .EQ   1C2BH
1C2E:           4370 CALIB2 .EQ   1C2EH
                4375 *--------------------------------
                4380 *
                4385 *      EYTEND
                4390 *
```

```
                4395 ;-------------------------------
0423: 20 08     4400 EXTEND   JR    NZ,EXT1
0425: CD 96 02  4405          CALL  ACK       ;ACK
0428: 3E FF     4410 SACK     LD    A,0FFH
042A: 32 21 1C  4415          LD    (CDATA),A
042D: C3 4C 02  4420          JP    S
0430: FE C0     4425 EXT1     CP    0C0H      ;"ZERO"
0432: 20 05     4430          JR    NZ,EXT2
0434: CD E9 01  4435          CALL  ZERO
0437: 18 EF     4440          JR    SACK
0439: FE C1     4445 EXT2     CP    0C1H      ;"HOLD"
043B: 20 0E     4450          JR    NZ,EXT3
043D: 3E FF     4455          LD    A,0FFH
043F: 32 17 1C  4460          LD    (1C17H),A
0442: 21 B2 C3  4465          LD    HL,0C3B2H ;5 SEC
0445: 22 19 1C  4470          LD    (1C19H),HL
0448: FB        4475          EI
0449: 18 DD     4480          JR    SACK
044B: FE C2     4485 EXT3     CP    0C2H      ;"RUN"
044D: 20 0C     4490          JR    NZ,EXT4
044F: 3E 00     4495          LD    A,0H
0451: 32 17 1C  4500          LD    (1C17H),A
0454: FB        4505          EI
0455: 21 2B 04  4510          LD    HL,SACK
0458: E5        4515          PUSH  HL
0459: ED 4D     4520          RETI
045B: FE FE     4525 EXT4     CP    0FEH      ;"AREA"
045D: C3 5A 02  4530          JP    RETX
                4535 ;-------------------------------
                4540 ;
                4545 ;            HEX7SB
                4550 ;
                4555 ;-------------------------------
0460: F5        4560 HEX7SB   PUSH  AF
0461: CD 71 04  4565          CALL  HEX7
0464: 77        4570          LD    (HL),A
0465: 23        4575          INC   HL
0466: F1        4580          POP   AF
0467: 0F        4585          RRCA
0468: 0F        4590          RRCA
0469: 0F        4595          RRCA
046A: 0F        4600          RRCA
046B: CD 71 04  4605          CALL  HEX7
046E: 77        4610          LD    (HL),A
046F: 23        4615          INC   HL
0470: C9        4620          RET
0471: E5        4625 HEX7     PUSH  HL
0472: 21 AB 07  4630          LD    HL,SEGTAB
0475: E6 0F     4635          AND   0FH
0477: 85        4640          ADD   A,L
0478: 6F        4645          LD    L,A
0479: 7C        4650          LD    A,H
047A: CE 00     4655          ADC   A,00H ;ADD CARRY FLAG
047C: 67        4660          LD    H,A
047D: 7E        4665          LD    A,(HL)
047E: E1        4670          POP   HL
```

```
0479: C9        4675            RET
                4680 ;--------------------------------
                4685 ;
                4690 ;          TONE 1K&2K
                4695 ;
                4700 ;--------------------------------
0480: 0E 41     4705 TONE1K     LD    C,41H
0482: 18 02     4710            JR    TONE
0484: 0E 1F     4715 TONE2K     LD    C,1FH
0486: C9        4720 TONE       ADD   HL,HL
0487: 11 01 00  4725            LD    DE,0001H
048A: 7E C0     4730            LD    A,0C0H
048C: D3 02     4735 SOUWAVE    OUT   (DIGIT),A
048E: 41        4740            LD    B,C
048F: 10 FE     4745 STOP       DJNZ  STOP
0491: 3E 30     4750            LD    30H
0493: 85 B7     4755            SBC   HL,DE
0495: 30 F5     4760            JR    NZ,SOUWAVE
0497: C9        4765            RET
                4770 ;--------------------------------
                4775 ;
                4780 ;              SCAN
                4785 ;
                4790 ;--------------------------------
0498: 37        4795 SCAN       SCF
0499: 08        4800            EX    AF,AF'
049A: D9        4805            EXX
049B: 0E 00     4810            LD    C,00
049D: 1E FE     4815            LD    E,0FEH
049F: 26 06     4820            LD    H,6
04A1: 3E FF     4825            LD    A,0FFH
04A3: D3 01     4830            OUT   (SEG7),A :DISPLAY BLANK ALL DIGIT
04A5: 7B        4835 KCOL       LD    A,E
04A6: D3 02     4840            OUT   (DIGIT),A
04A8: 06 06     4845            LD    B,6       ;SCAN KEYBOARD 6 COLUMN
04AA: DB 00     4850            IN    A,(KIN)
04AC: 57        4855            LD    D,A
04AD: CB 1A     4860 KROW       RR    D
04AF: 38 02     4865            JR    C,NOKEY
04B1: 79        4870            LD    A,C
04B2: 08        4875            EX    AF,AF'
04B3: 0C        4880 NOKEY      INC   C
04B4: 10 F7     4885            DJNZ  KROW
04B6: CB 03     4890            RLC   E
04B8: 25        4895            DEC   H
04B9: 20 EA     4900            JR    NZ,KCOL
04BB: CD C6 04  4905            CALL  SETDISP
04BE: 11 FB FF  4910            LD    DE,-5
04C1: DD 19     4915            ADD   IX,DE
04C3: D9        4920            EXX
04C4: 08        4925            EX    AF,AF'
04C5: C9        4930            RET
04C6: 3E C0     4935 SETDISP    LD    A,0C0H
04C8: D3 02     4940            OUT   (DIGIT),A
04CA: DD 21 0F
04CD: 1C        4945            LD    IX,DISPLAY
04CE: 1E 01     4950            LD    E,01H
```

```
04D0: 06 05    4955          LD    B,05H
04D2: DD 7E 00 4960 NXDISP   LD    A,(IX+0) ;SCAN DISPLAY 5 DIGIT
04D5: 2F       4965          CPL           ;INVERSE
04D6: D3 01    4970          OUT   (SEG7),A
04D8: 7B       4975          LD    A,E
04D9: F6 C0    4980          OR    0C0H
04DB: D3 02    4985          OUT   (DIGIT),A
04DD: 3E C0    4990          LD    A,0C0H
04DF: D3 02    4995          OUT   (DIGIT),A
04E1: DD 23    5000          INC   IX
04E3: CB 03    5005          RLC   E
04E5: 10 EB    5010          DJNZ  NXDISP
04E7: 26 06    5015          LD    H,06     ;DELAY 10 MSEC
04E9: 06 C9    5020 M10SEC   LD    B,COLDEL
04EB: 10 FE    5025 M1.5SEC  DJNZ  M1.5SEC
04ED: 25       5030          DEC   H
04EE: 20 F9    5035          JR    NZ,M10SEC
04F0: C9       5040          RET
0001:          5045 SEG7     .EQ   01H
0002:          5050 DIGIT    .EQ   02H
0000:          5055 KIN      .EQ   00H
00C9:          5060 COLDEL   .EQ   0C9H
               5065 *--------------------------------
               5070 *
               5075 *       PRINTER
               5080 *
               5085 *--------------------------------
04F1: F3       5090 PRT      DI
04F2: 3A 66 1C 5095          LD    A,(ZW)
04F5: FE 0A    5100          CP    ZCNT
04F7: 38 56    5105          JR    C,STPRT
04F9: CD 9C 06 5110          CALL  RDCLK
04FC: CD 6C 05 5115          CALL  DASET
04FF: 3E AF    5120          LD    A,0AFH
0501: D3 C7    5125          OUT   (0C7H),A ;SET MODE OF 8255
0503: 3E 06    5130          LD    A,06H
0505: D3 C7    5135          OUT   (0C7H),A ;RESET INTERRUPT
0507: 21 33 07 5140          LD    HL,DATB
050A: 7E       5145 PRINT    LD    A,(HL)
050B: E5       5150          PUSH  HL
050C: FE 80    5155          CP    80H  ;CHECK END OF DATA
050E: 20 08    5160          JR    NZ,PRT1
0510: AF       5165          XOR   A       ;RESET RESISTER A
0511: 32 66 1C 5170          LD    (ZW),A   ;RESET ZERO COUNT
0514: FB       5175          EI
0515: C3 30 03 5180          JP    LOOP
0518: FE 81    5185 PRT1     CP    81H  ;DESIRED DATA OF DATE?
051A: 20 0B    5190          JR    NZ,PRT2
051C: 21 4C 1C 5195          LD    HL,TBFPRT
051F: CD 40 05 5200 SENT     CALL  SDPT
0522: B7       5205          OR    A
0523: 28 FA    5210          JR    Z,SENT
0525: 18 15    5215          JR    PRT4
0527: FE 82    5220 PRT2     CP    82H  ;DESIRED DATA OF TIME?
0529: 20 05    5225          JR    NZ,PRT3
052B: 21 5E 1C 5230          LD    HL,TBFPRT+9
052E: 18 EF    5235          JR    SENT
```

```
0530: FE 83    5240 PRT3     CP    83H  ;DESIRED DATA OF WEIGHT?
0532: 20 05    5245          JR    NZ,PRT5
0534: 21 5F 1C 5250          LD    HL,WHPRT
0537: 18 E6    5255          JR    SENT
0539: CD 40 05 5260 PRT5     CALL  SDPT
053C: E1       5265 PRT4     POP   HL
053D: 23       5270          INC   HL
053E: 18 CA    5275          JR    PRINT
               5280 *--------------------------------
               5285 *
               5290 *   SEND DATA TO PRINT
               5295 *
               5300 *--------------------------------
0540: 7E       5305 SDPT     LD    A,(HL)
0541: FE AA    5310          CP    0AAH
0543: 28 09    5315          JR    Z,BACK
0545: D3 C4    5320          OUT   (0C4H),A  ;SEND DATA TO PRINT
0547: DB C6    5325 CHKBSY   IN    A,(0C6H)  ;INPUT PORT C OF 8255
0549: E6 20    5330          AND   20H  ;CHECK PC5
054B: 20 FA    5335          JR    NZ,CHKBSY
054D: 23       5340          INC   HL
054E: C9       5345 BACK     RET
1C5F:          5350 WHPRT    .EQ   1C5FH
               5355 *--------------------------------
               5360 *
               5365 *    STOP PRINTER
               5370 *
               5375 *--------------------------------
054F: 21 2E 07 5380 STPRT    LD    HL,NZERO
0552: 11 0F 1C 5385          LD    DE,DISPLAY
0555: 01 05 00 5390          LD    BC,0005H
0558: ED B0    5395          LDIR
055A: CD 98 04 5400          CALL  SCAN  ;DISPLAY "NZERO"
055D: 16 0A    5405          LD    D,0AH
055F: 06 00    5410 DLY00    LD    B,00H
0561: 10 FE    5415 DLY01    DJNZ  DLY01
0563: 15       5420          DEC   D
0564: 20 F9    5425          JR    NZ,DLY00
0566: 00       5430          NOP   LD    HL,ALMTM
0567: 00       5435          NOP    CALL  TONE2K  ;TO ALARM
0568: FB       5440          EI
0569: C3 30 03 5445          JP    LOOP
               5450 *--------------------------------
               5455 *
               5460 *  SET DATA FOR PRINTER
               5465 *
               5470 *--------------------------------
056C: 21 4B 1C 5475 DASET    LD    HL,TBF+11 ;SET ASCII CODE OF DATE&TIME
056F: FD 21 4C
0572: 1C       5480          LD    IY,TBFPRT
0573: 06 11    5485          LD    B,11H
0575: 78       5490 LL       LD    A,B
0576: FE 0F    5495          CP    0FH
0578: 20 04    5500          JR    NZ,C1
057A: 3E 2F    5505 MM       LD    A,2FH
057C: 18 1C    5510          JR    LDT
```

```
057E: FE 0C    5515 C1      CP    0CH
0580: 28 F8    5520         JR    Z,MM
0582: FE 09    5525         CP    09H
0584: 20 04    5530         JR    NZ,C2
0586: 3E AA    5535         LD    A,0AAH ;SET END OF DATE DATA CODE
0588: 18 10    5540         JR    LDT
058A: FE 06    5545 C2      CP    06H
058C: 20 04    5550         JR    NZ,C3
058E: 3E 3A    5555 NN      LD    A,3AH
0590: 18 08    5560         JR    LDT
0592: FE 03    5565 C3      CP    03H
0594: 28 F8    5570         JR    Z,NN
0596: 7E       5575         LD    A,(HL)
0597: C6 30    5580         ADD   A,30H
0599: 2B       5585         DEC   HL
059A: FD 77 00 5590 LDT     LD    (IY+0),A
059D: FD 23    5595         INC   IY
059F: 10 04    5600         DJNZ  LL
05A1: 3E AA    5605         LD    A,0AAH
05A3: FD 77 00 5610         LD    (IY+0),A ;LOAD END OF TIME DATA CODE
05A6: FD 23    5615         INC   IY
05A8: 21 06 1C 5620         LD    HL,WH ;SET ASCII CODE OF WEIGHT
05AB: AF       5625         XOR   A
05AC: 06 03    5630         LD    B,03H
05AE: 0E 02    5635 LDW2    LD    C,02H
05B0: ED 6F    5640 LDW1    RLD
05B2: 57       5645         LD    D,A
05B3: C6 30    5650         ADD   A,30H
05B5: FD 77 00 5655         LD    (IY+0),A
05B8: 7A       5660         LD    A,D
05B9: FD 23    5665         INC   IY
05BB: 0D       5670         DEC   C
05BC: 20 F2    5675         JR    NZ,LDW1
05BE: ED 6F    5680         RLD
05C0: 23       5685         INC   HL
05C1: 10 EB    5690         DJNZ  LDW2
05C3: 3E AA    5695         LD    A,0AAH
05C5: FD 77 00 5700         LD    (IY+0),A ;LOAD END OF WEIGHT DATA CODE
05C8: C9       5705         RET
1C4C:          5710 TBFPRT  .EQ   1C4CH
1C40:          5715 TBF     .EQ   1C40H
               5720 *-------------------------------
               5725 *
               5730 *       SET CLOCK
               5735 *
               5740 *-------------------------------
05C9: F3       5745 SET1    DI
05CA: FD 21 48
05CD: 1C       5750         LD    IY,TBF+11
05CE: 21 17 07 5755         LD    HL,TBL+14
05D1: CD 3B 06 5760         CALL  INKEY  ;DECODE KEY
05D4: 21 14 07 5765         LD    HL,TBL+11
05D7: CD 3B 06 5770         CALL  INKEY
05DA: 21 11 07 5775         LD    HL,TBL+8
05DD: CD 3B 06 5780         CALL  INKEY
05E0: 21 0E 07 5785         LD    HL,TBL+5
```

```
05E3: CD 3B 06 5790          CALL  INKEY
05E6: 21 0B 07 5795          LD    HL,TBL+2
05E9: CD 3B 06 5900          CALL  INKEY
05EC: CD B1 05 5805          CALL  WRCK
05EF: CD 9C 06 5810 DPTM     CALL  RDCLK
05F2: FD 21 42
05F5: 1C           5815      LD    IY,TBF+2 ;CONVERT CLOCK DATA TO 7 SEGMENT
05F6: DD 21 1F
05FA: 1C           5820      LD    IX,DISPLAY
05FA: 06 04        5825      LD    B,04H
05FC: 78           5830 DBF  LD    A,B
05FD: FE 02        5835      CP    02H
05FF: 20 16        5840      JR    NZ,CNVR
0601: DD 36 00
0604: 02           5845      LD    (IX+0),02H
0605: DD 23        5850      INC   IX
0607: FD 7E 00     5855 CNVR LD    A,(IY+0)
060A: CD 71 04     5860      CALL  HEX7
060D: DD 77 00     5865      LD    (IX+0),A
0610: DD 23        5870      INC   IX
0612: FD 23        5875      INC   IY
0614: 10 E6        5880      DJNZ  DBF
0616: CD 98 04     5885      CALL  SCAN :DISPLAY TIME
0619: 30 07        5890      JR    NC,KDECD
061B: 3E FF        5895      LD    A,0FFH
061D: 32 15 1C     5900      LD    (KEY),A
0620: 18 CD        5905      JR    DPTM
0622: 4F           5910 KDECD LD    C,A
0623: 3A 15 1C     5915      LD    A,(KEY)
0626: B9           5920      CP    C
0627: 28 C6        5925      JR    Z,DPTM
0629: 79           5930      LD    A,C
062A: 32 15 1C     5935      LD    (KEY),A
062D: FE 08        5940      CP    08H ;PRESS KEY "SET"?
062F: 28 98        5945      JR    Z,SET1
0631: FE 0F        5950      CP    0FH ;PRESS KEY "RUN"?
0633: 28 02        5955      JR    Z,LOOP1
0635: 18 B8        5960      JR    DPTM
0637: FB           5965 LOOP1 EI
0638: C3 30 03     5970      JP    LOOP
                   5975 *-----------------------------
                   5980 *
                   5985 *     KEY DECODER
                   5990 *
                   5995 *-----------------------------
063B: 11 13 1C     6000 INKEY LD    DE,DISPLAY+4
063E: 01 03 00     6005      LD    BC,0003H
0641: ED B8        6010      LDDR       ;LOAD TIME FORMAT TO DISPLAY BUFFER
0643: FD 7E 00     6015      LD    A,(IY+0)
0646: 47           6020      LD    B,A
0647: CD 71 04     6025      CALL  HEX7
064A: 12           6030      LD    (DE),A
064B: 4F           6035      LD    C,A
064C: 1B           6040      DEC   DE
064D: FD 7E FF     6045      LD    A,(IY+255)
0650: CD 71 04     6050      CALL  HEX7
```

```
0653: 12       6055          LD    (DE),A
0654: CD 98 04 6060 INKEY1   CALL  SCAN ;DISPLAY TIME FORMAT AND SCAN KEYBOARD
0657: 30 07    6065          JR    NC,MKT ;KEY IN?
0659: 3E FF    6070          LD    A,0FFH
065B: 32 15 1C 6075          LD    (KEY),A ;LOAD NO KEY CODE
065E: 18 F4    6080          JR    INKEY1
0660: 57       6085 MKT      LD    D,A  ;KEY IN
0661: 3A 15 1C 6090          LD    A,(KEY)
0664: BA       6095          CP    D    ;OLD KEY?
0665: 28 ED    6100          JR    Z,INKEY1
0667: 7A       6105          LD    A,D
0668: 32 15 1C 6110          LD    (KEY),A
066B: 21 1B 07 6115          LD    HL,INCODE  ;CONVERT POSITION CODE TO INTERNAL CODE
066E: 85       6120          ADD   A,L
066F: 6F       6125          LD    L,A
0670: 7C       6130          LD    A,H
0671: CE 00    6135          ADC   A,00H ;ADD CARRY FLAG
0673: 67       6140          LD    H,A
0674: 7E       6145          LD    A,(HL)
0675: FE FF    6150          CP    0FFH
0677: 28 DB    6155          JR    Z,INKEY1
0679: FE 0D    6160          CP    0DH  ;PRESS KEY "RUN"?
067B: 28 BA    6165          JR    Z,LOOP1
067D: FE 0A    6170          CP    0AH  ;PRESS KEY "SET"?
067F: 20 05    6175          JR    NZ,LDTBF
0681: FD 2B    6180          DEC   IY
0683: FD 2B    6185          DEC   IY
0685: C9       6190          RET
0686: FD 70 00 6195 LDTBF    LD    (IY+0),B
0689: 57       6200          LD    D,A  :SAVE INTERNAL CODE OF KEY
068A: 79       6205          LD    A,C
068B: 32 10 1C 6210          LD    (DISPLAY+1),A
068E: 7A       6215          LD    A,D
068F: FD 77 FF 6220          LD    (IY+255),A
0692: 47       6225          LD    B,A
0693: DD 71 04 6230          CALL  KEY7
0696: 32 0F 1C 6235          LD    (DISPLAY),A
0699: 4F       6240          LD    C,A
069A: 18 B8    6245          JR    INKEY1
               6250 ;--------------------------------
               6255 ;
               6260 ;       READ TIME
               6265 ;
               6270 ;--------------------------------
069C: 3E 81    6275 RDCLK    LD    A,81H  ;SET MODE OF 8255
069E: D3 C7    6280          OUT   (0C7H),A
06A0: FD 21 40
06A3: 1C       6285          LD    IY,TBF
06A4: 0E 00    6290          LD    C,0
06A6: 79       6295 READ     LD    A,C
06A7: FE 06    6300          CP    06H
06A9: 20 01    6305          JR    NZ,CONT
06AB: 0C       6310          INC   C
06AC: 3E 20    6315 CONT     LD    A,20H
06AE: B1       6320          OR    C
06AF: D3 C5    6325          OUT   (0C5H),A  ;OUT TO PORT A OF 8255
```

```
06B1: 06 C9    6330          LD    B,0C9H
06B3: 10 FE    6335 DELAY    DJNZ  DELAY
06B5: DB C6    6340          IN    A,(0C6H)  ;READ FPOM PORT B OF 8255
06B7: E6 0F    6345          AND   0FH
06B9: FD 77 00 6350          LD    (IY+0),A
06BC: 79       6355          LD    A,C
06BD: FE 05    6360          CP    05H
06BF: 20 07    6365          JR    NZ,CHK1
06C1: DB C6    6370          IN    A,(0C6H)
06C3: E6 03    6375          AND   03H
06C5: FD 77 00 6380          LD    (IY+0),A
06C8: 0C       6385 CHK1     INC   C
06C9: FD 23    6390          INC   IY
06CB: 79       6395          LD    A,C
06CC: FE 0C    6400          CP    0CH
06CE: 20 D6    6405          JR    NZ,READ
06D0: C9       6410          RET
               6415 *---------------------------------
               6420 *
               6425 *      WRITE TIME
               6430 *
               6435 *---------------------------------
06D1: 3E 80    6440 WRCK     LD    A,80H  :SET MODE OF 8255
06D3: D3 C7    6445          OUT   (0C7H),A
06D5: FD 21 40
06D8: 1C       6450          LD    IY,TBF
06D9: 0E 00    6455          LD    C,0
06DB: 79       6460 WRITE    LD    A,C
06DC: FE 06    6465          CP    06H
06DE: 20 01    6470          JR    NZ,CONT1
06E0: 0C       6475          INC   C
06E1: FD 7E 00 6480 CONT1    LD    A,(IY+0)
06E4: D3 C6    6485          OUT   (0C6H),A
06E6: 79       6490          LD    A,C
06E7: FE 05    6495          CP    05H
06E9: 20 09    6500          JR    NZ,CHK2
06EB: FD 7E 00 6505          LD    A,(IY+0)
06EE: E6 03    6510          AND   03H
06F0: F6 08    6515          OR    08H
06F2: D3 C6    6520          OUT   (0C6H),A
06F4: 3E 50    6525 CHK2     LD    A,50H
06F6: B1       6530          OR    C
06F7: D3 C5    6535          OUT   (0C5H),A
06F9: 06 C9    6540          LD    B,0C9H
06FB: 10 FE    6545 DELAY1   DJNZ  DELAY1
06FD: 0C       6550          INC   C
06FE: FD 23    6555          INC   IY
0700: AF       6560          XOR   A
0701: D3 C5    6565          OUT   (0C5H),A
0703: 79       6570          LD    A,C
0704: FE 0C    6575          CP    0CH
0706: 20 D3    6580          JR    NZ,WRITE
0708: C9       6585          RET
0709: B7 B5 2B
070C: 03 A3 37
070F: B6 3F B3
0712: 23 A3 2B
0715: 03 BF B6 6590 TBL      .HS   B7B52B03A337B63FB323A32B03BFB6
```

```
0718: 03 07 FF
071B: FF FF FF
071E: 02 06 0A
0721: FF FF FF
0724: 01 05 09
0727: 0D FF FF
072A: 00 04 08
072D: FF       6595 INCODE   .HS   0307FFFFFFFF02060AFFFFFF0105090DFFFF00040BFF
072E: A3 03 BF
0731: 9B 23    6600 NZERO    .HS   A3038F9B23
0733: 1B 21 3A 6605 DATB     .HS   1B213A
0736: 09 43 48
0739: 55 4C 41
073C: 4C 4F 4E
073F: 47 4B 4F
0742: 52 4E 20
0745: 55 4E 49
0748: 56 45 52
074B: 53 49 54
074E: 59 0A 0A
0751: 09 44 41
0754: 54 45 20
0757: 81 20 20
075A: 54 49 4D
075D: 45 20 82
0760: 0A 0A 09
0763: 57 45 49
0766: 47 48 54
0769: 20 20 83
076C: 20 4B 47
076F: 2E 0A 0A
0772: 0A 09 09
0775: 09 2D 2D
0778: 2D 2D 2D
077B: 2D 2D 2D
077E: 2D 2D 2D
0781: 2D 2D 2D
0784: 2D 0A 0A
0787: 09 09 09
078A: 20 53 43
078D: 41 4C 45
0790: 20 4F 50
0793: 45 52 41
0796: 54 4F 52
0799: 0A 0A 0A
079C: 0A 0A 0A
079F: 0A 0A 0A
07A2: 0A 0A 0A
07A5: B0       6610          .HS   0943485540414C4F4E474B4F534E20564E4956455253495459A0A0A4A4154455D3120205449A4E20B0A0A0357454A4
748542020837204B472E0A0A0A090909202D2D2D2D2D2D2D2D2D2D2D2D2D2D2D0A0A0909092053474140452041F045524154452041A0A0A0A0A0A0A0A0A0A
   .   0A80
07A6: B6 B3 3F
07A9: BF 03    6615 READY    .HS   B6B33F8F03
07AB: BD 30 9B
07AE: B4 36 AE
07B1: AF 3B BF
07B4: BE 3F A7
07B7: B0 B3 BF
07BA: 0F       6620 SEGTAB   .HS   BD309BBA36AEAF38BFBE3FA78DB38F0F
```

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย