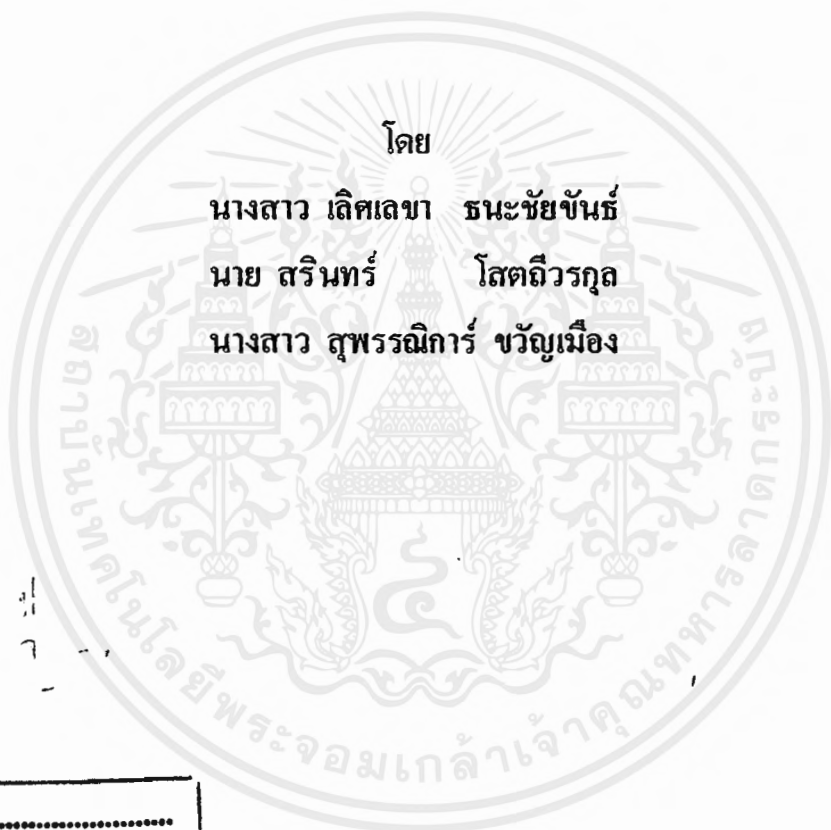


สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ระบบฐานข้อมูลและการตรวจสอบน้ำหนักผลิตภัณฑ์

Database System and Checking Weight of Product



โดย

นางสาว เลิศเลขา ธนะชัยจันทร์

นาย สรินทร์ โสติดิวรรกุล

นางสาว สุพรรณนิการ์ ขวัญเมือง

เลขหม.....

เลขทะเบียน.....33967

วัน, เดือน, ปี 2.3.ก.ย. 2542

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิศวกรรมการวัดคุมทางอุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2544

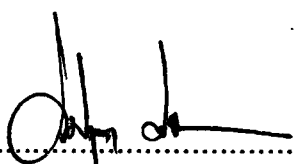
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ ปีการศึกษา 2541
ภาควิชา เทคโนโลยีการวัดคุมทางอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง ระบบฐานข้อมูลและการตรวจสอบน้ำหนักผลิตภัณฑ์
(Database System and Checking Weight of Product)

จัดทำโดย

นางสาว เติศเลขา	ธนะชัยจันทร์	38014424
นาย สรินทร์	โสศถีวรกุล	38014543
นางสาว สุพรรณนิการ์	ขวัญเมือง	38014581

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(อาจารย์ วิสูตร ศรีรัตนะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ระบบฐานข้อมูลและการตรวจสอบน้ำหนักผลิตภัณฑ์

ผู้ร่วมงาน

นางสาว เลิศเลขา ธารชัยพันธ์ 38014424
นาย สรินทร์ โสคติวรกุล 38014543
นางสาว สุพรรณนิการ์ ขวัญเมือง 38014581

อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ วิศรุต ศรีรัตนะ

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ นำเสนอการตรวจสอบประสิทธิภาพในกระบวนการควบคุมปริมาณน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการบรรจุภัณฑ์ให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด โดยในที่นี้จะใช้จะใช้โหลดเซลล์ (Load Cell) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ทรานสดิวเซอร์ (Transducer) ประเภทหนึ่งที่มีตัวตรวจจับ สัญญาณเอาต์พุตที่ได้จากโหลดเซลล์จะถูกส่งไปยังคอมพิวเตอร์โดยผ่านวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล (A/D Converter) คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ตัดสินใจว่าน้ำหนักแต่ละครั้งและจำนวนของผลิตภัณฑ์ ไว้ในหน่วยความจำเพื่อนำมาใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์และปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมดของระบบให้มีประสิทธิภาพดีมากยิ่งขึ้น

Abstract

This thesis presents the effectiveness checking of producing process by means of the production's weight control, acquired from the specified standard packing process. Hereby, Load cell, a transducer accessory, is applied to sensor load cell's output beam. This will be transferred to the computer through A/D converter. The standard of weight as specified will be arbitrated by computer. Besides, the production quantity and individual data used in such varification will be simultaneously collected in memory unit. This data can help analysis and improve the whole system's producing process.

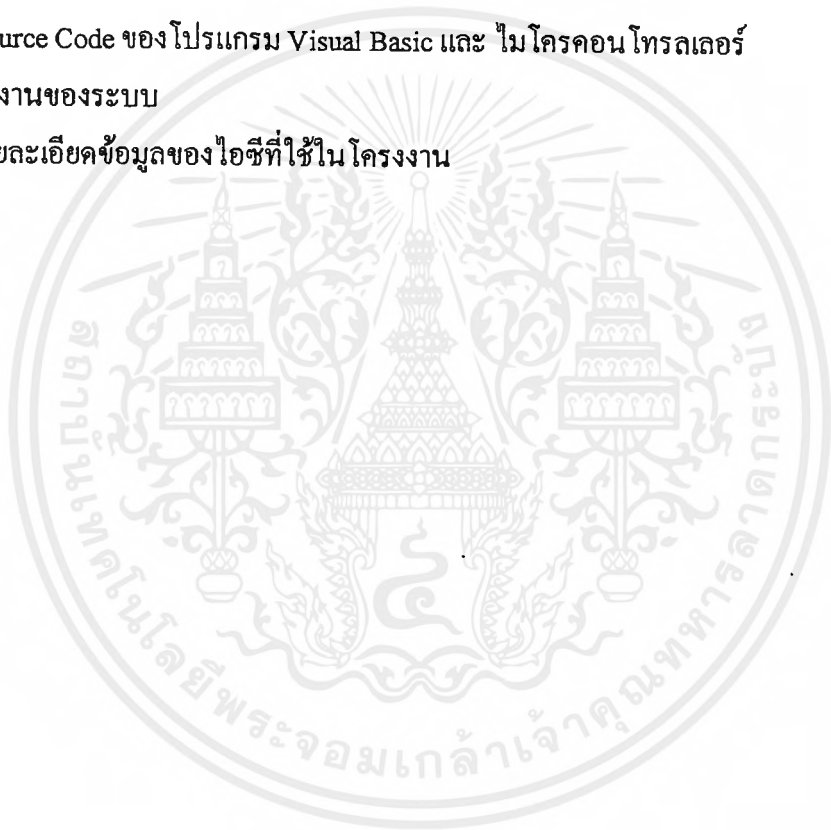
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
สารบัญ	II
สารบัญภาพ	IV
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	1
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
2. ทฤษฎี	3
2.1 ลักษณะและประเภทของอุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor)	3
2.2 การแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล	7
2.3 อุปกรณ์ทำงานของระบบนิวมेटิกส์	15
2.3.1 กระบอกสูบ	15
2.3.2 โซลินอยด์ (Solenoid)	18
2.4 คอนโทรลภายในของ Visual Basic	21
2.5 อุปกรณ์ทรานส์ดิวเซอร์ (Force Torque and Pressure Measurement)	35
3. วงจรและหลักการการทำงานของระบบ	44
3.1 หลักการทำงานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์	44
3.1.1 วงจรเซนเซอร์และวงจรควบคุมมอเตอร์	44
3.1.2 ดีเลย์ (Delay)	45
3.1.3 วงจรควบคุมการทำงานของกระบอกสูบ	45
3.1.4 วงจร Instrument Amplifier	50
3.1.5 วงจรอินเทอร์เฟซ (Interface)	51
3.1.6 การทำงานของโพลีเซลล์	53
4. การทดสอบการทำงานของระบบ	56
4.1 การทดลองที่ 4.1	56
4.2 การทดลองที่ 4.2	57
4.3 การทดลองที่ 4.3	58

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4.4 หน้าจอแสดงผลการทำงานใน Visual Basic	59
5. สรุปและวิจารณ์	61
5.1 สรุป	61
5.2 วิจารณ์	61
บรรณานุกรม	62
ภาคผนวก	63
ภาคผนวก ก. Source Code ของโปรแกรม Visual Basic และ ไมโครคอนโทรลเลอร์	
ภาคผนวก ข. ผังงานของระบบ	
ภาคผนวก ค. รายละเอียดข้อมูลของไอซีที่ใช้ในโครงงาน	



สารบัญภาพ

	หน้า
2.1 แสดงโครงสร้างภายในของเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ (Inductive Sensor)	4
2.2 แสดงโครงสร้างภายในของเซนเซอร์แบบเก็บประจุ (Capacitive Sensor)	4
2.3 แสดงการใช้งานของเซนเซอร์ชนิดใช้แสงแบบลำแสงผ่านตลอด (Through-Beam Sensor)	5
2.4 แสดงการใช้งานของเซนเซอร์แบบลำแสงสะท้อนกลับ	5
2.5 แสดงการใช้งานของเซนเซอร์แบบตรวจจับ โดยตรง (Diffuse Sensor)	6
2.6 แสดงการส่งและสะท้อนกลับของคลื่นเสียง	6
2.7 ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล	8
2.8 สัญญาณของ A/D คอนเวอร์เตอร์	8
2.9 คุณสมบัติแบบ A/D คอนเวอร์เตอร์แบบ 4 บิต	9
2.10 แสดงการตอบสนองของเวลาแปลงสัญญาณของ A/D คอนเวอร์เตอร์	10
2.11 ขบวนการแปลงสัญญาณดิจิทัลด้วย A/D คอนเวอร์เตอร์	10
2.12 วงจรแซมเปิลแอนด์โฮลด์ (Sample and Hold)	11
2.13 การทำงานของวงจรอินทิเกรเตอร์	12
2.14 ตัวแปลงสัญญาณ A/D คอนเวอร์เตอร์แบบแรมปี	12
2.15 กราฟเอทพุทของส่วน D/A ของ A/D คอนเวอร์เตอร์	13
2.16 คอนเวอร์เตอร์ซึ่งใช้เทคนิค SAR	14
2.17 กราฟของส่วน D/A ระหว่างการแปลงสัญญาณ	14
2.18 ลักษณะ โครงสร้างของกระบอกสูบ	16
2.19 ลักษณะของกระบอกสูบแบบสองทาง	17
2.20 ลักษณะของกระบอกสูบแบบสองทางมีเบาะลมนการกระแทก	18
2.21 โซลินอยด์วาล์ว	18
2.22 วาล์ว 2/2 ปกติปิดเลื่อน โซลินอยด์กลับเข้าสู่สภาพเดิมด้วยแรงสปริง	19
2.23 วาล์ว 3/2 ปกติปิดเลื่อน โซลินอยด์กลับเข้าสู่สภาพเดิมด้วยแรงสปริง	19
2.24 วาล์ว 5/2 ใช้โซลินอยด์เป็นตัวเลื่อนวาล์วกลับสู่สภาพเดิมด้วยแรงสปริง	20
2.25 วาล์ว 5/2 โซลินอยด์เปิดทางลมและลมเป็นตัวเลื่อนวาล์วทั้งสองด้าน	20
2.26 แสดงคอนโทรล ControlButton ในขณะออกแบบ	23

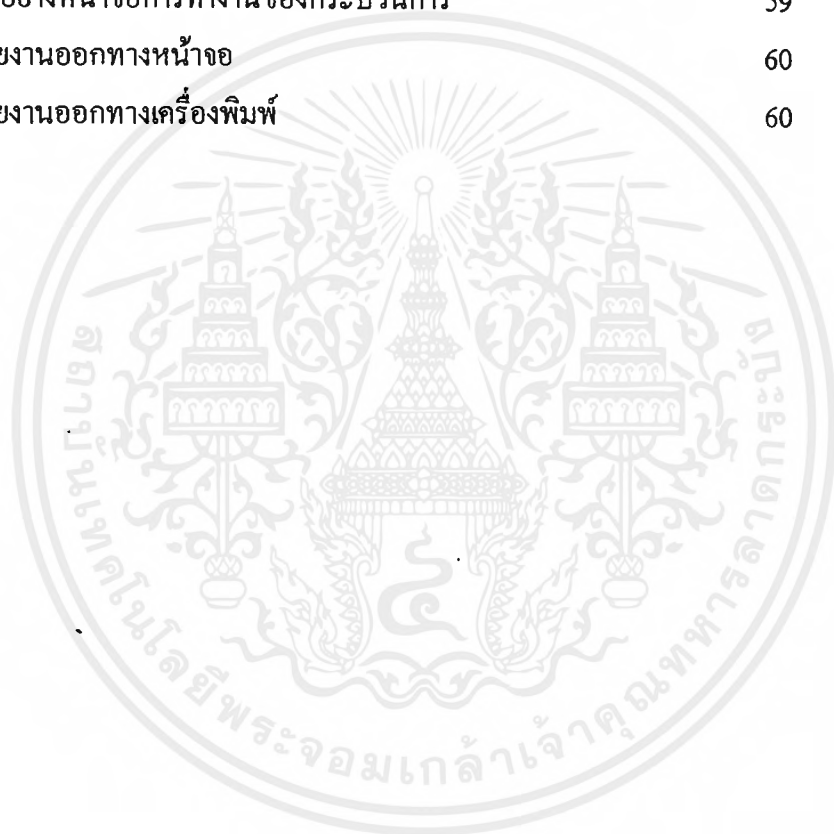
สารบัญภาพ (ต่อ)

		หน้า
2.27	แสดงคอนโทรล TextBox ในการออกแบบ	24
2.28	แสดงคอนโทรล Label ที่ถูกวางลงฟอร์มในขณะที่ออกแบบ	24
2.29	แสดงคอนโทรล Timmer ในขณะออกแบบ	25
2.30	สถาปัตยกรรมทางด้านฐานข้อมูลของ Visual Basic	27
2.31	แสดงคอนโทรล Data ในขณะออกแบบ	29
2.32	แสดงคอนโทรล DBGrid ในขณะออกแบบ	30
2.33	แสดงคอนโทรล MSComm ในขณะออกแบบ	33
2.34	แสดงคอนโทรล MSChart ในขณะออกแบบ	34
2.35	แสดงคอนโทรล Crystal Report ในขณะออกแบบ	35
2.36	โหลดเซลล์แบบลิงค์ (Link-Type Load Cell)	36
2.37	โหลดเซลล์แบบคาน (Beam-Type Load Cell)	38
2.38	โหลดเซลล์แบบวงแหวน (Ring-Type Load Cell)	40
2.39	โหลดเซลล์แบบแรงเฉือน (Shear-Web-Type Load Cell)	42
3.1	วงจรเซนเซอร์และวงจรควบคุมมอเตอร์	44
3.2	แสดงการติดตั้งเซนเซอร์	45
3.3	วงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ A, B และ C	46
3.4	แสดงวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์ A, B และ C	46
3.5	เงื่อนไขการทำงานของมอเตอร์ A	46
3.6	วงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์ A	47
3.7	ไฟลิวชาร์ทแสดงการทำงานของมอเตอร์ A	47
3.8	มอเตอร์ A สำหรับผลิตชิ้นงานเข้าสู่ระบบ	48
3.9	ไฟลิวชาร์ทแสดงการทำงานของมอเตอร์ B และ C	48
3.10	มอเตอร์ B และ C สำหรับคัดเลือกรับชิ้นงานตามมาตรฐาน	49
3.11	โซลินอยด์วาล์วของมอเตอร์ A, B และ C	49
3.12	วงจร Instrument Amplifier	50
3.13	ไฟลิวชาร์ทแสดงการทำงานของวงจรอินเตอร์เฟซ	51
3.14	วงจรอินเตอร์เฟซ	52
3.15	วงจรอินเตอร์เฟซที่ใช้ในโครงการ	52
3.16	การติดตั้งโหลดเซลล์	53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญญภาพ (ต่อ)

	หน้า
3.17 แสดงการทำงานระหว่างคอมพิวเตอร์กับระบบ	54
3.18 แสดงการวางผลิตภัณฑ์ที่ป้อนให้กับระบบ	54
3.19 แสดงแผนควบคุมของระบบ	54
3.20 ล้อเลื่อนสำหรับวางผลิตภัณฑ์ให้ตรงตามตำแหน่งที่ต้องการ	55
3.21 แสดงภาพรวมของระบบ	56
4.1 แสดงตัวอย่างหน้าจอการทำงานของกระบวนการ	59
4.2 แสดงรายงานออกทางหน้าจอ	60
4.3 แสดงรายงานออกทางเครื่องพิมพ์	60



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของโครงการ

ในปัจจุบันความต้องการการบริโภคสินค้าที่ได้มาตรฐานของผู้บริโภคนั้นสูงมากจึงมีความจำเป็นที่ผู้ประกอบการจะต้องมีการคำนึงถึงประสิทธิภาพในการผลิตให้ได้ตามมาตรฐานตามที่วางไว้ เนื่องจากจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมานั้น ได้มาตรฐานตามที่กำหนดและยังสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการควบคุมและตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์นั้นๆ มาทำการวิเคราะห์ ปรับปรุงกระบวนการผลิตทั้งหมดของระบบให้มีประสิทธิภาพเพิ่มมากยิ่งขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมานั้นมีอัตราการสูญเสียลดลง นั่นหมายความว่าเป็นการลดต้นทุนการผลิตให้น้อยลงตามไปด้วย

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อตรวจสอบน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด
2. เพื่อทำสถิติและวิเคราะห์กระบวนการบรรจุผลิตภัณฑ์จากการเก็บข้อมูลน้ำหนักของผลิตภัณฑ์เพื่อนำไปใช้ในการพัฒนากระบวนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น
3. เพื่อแยกน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานตามที่กำหนดไว้ออก
4. เพื่อให้กระบวนการในการบรรจุผลิตภัณฑ์เป็นระบบมากยิ่งขึ้น

1.3 ขอบเขตของโครงการ

1. สามารถบอกได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่ทำการตรวจสอบมีน้ำหนักได้ตามมาตรฐานหรือไม่ โดยใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวประมวลผล
2. ใช้คอมพิวเตอร์ (Computer) คุมการทำงานของกระบอกสูบ เพื่อคัดแยกผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานที่กำหนด
3. ทำฐานข้อมูลเกี่ยวกับจำนวนและน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการตรวจสอบแล้ว

1.4 วิธีการดำเนินการ

1. ศึกษาและค้นคว้าเกี่ยวกับระบบฐานข้อมูล
2. ศึกษาและออกแบบระบบการทำงาน
3. ศึกษาการทำงานของอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบ
4. ทดสอบการทำงานของระบบ
5. ปรับปรุงแก้ไข

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการทำวิจัย

1. เข้าใจการทำงานของระบบฐานข้อมูล
2. เข้าใจหลักการทำงานของระบบทางนิวเมติกส์
3. สามารถออกแบบวงจรการทำงานทางอิเล็กทรอนิกส์
4. เข้าใจหลักการทำงานของอุปกรณ์ทรานส์ดิวเซอร์
5. เข้าใจการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์



บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 อุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor)

อุปกรณ์ตรวจจับหรือเซนเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญในการควบคุมการทำงานในงานอุตสาหกรรมค่อนข้างสูง โดยเฉพาะกระบวนการทำงานที่เป็นแบบอัตโนมัติ นั่นคือ จะใช้ทำหน้าที่ในการตรวจจับหรือรับสัญญาณจากกระบวนการทำงานหรืออุปกรณ์ทำงาน ซึ่งเป็นค่าทางฟิสิกส์หรือกายภาพต่างๆ เช่น ความร้อน แสง สี เสียง การเคลื่อนที่ระยะทาง เป็นต้น แล้วเปลี่ยนสัญญาณเหล่านั้นให้อยู่ในรูปที่อุปกรณ์ควบคุมสามารถตอบสนองได้

ในที่นี้เมื่ออุปกรณ์ควบคุมเป็นระบบทางไฟฟ้า เพราะฉะนั้นสัญญาณจากเซนเซอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการตรวจจับที่จะส่งให้กับระบบควบคุมก็จะต้องเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าด้วย ซึ่งสัญญาณทางไฟฟ้าที่นำมาใช้กับระบบควบคุมทางอุตสาหกรรมสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ลักษณะ คือ

- สัญญาณอนาล็อก
- สัญญาณดิจิทัล
- สัญญาณ ไบนารี

สัญญาณอนาล็อก เป็นสัญญาณที่มีขนาดเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณอนาล็อกจึงสามารถแสดงค่าสัญญาณจริงได้ถูกต้องที่สุด แต่มีข้อเสีย คือคอมพิวเตอร์หรือระบบไมโครเซตเซอร์หรือระบบดิจิทัลไม่สามารถรับสัญญาณนี้ได้ ต้องเปลี่ยนจากสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัลเสียก่อน และเมื่อต้องการส่งสัญญาณออกจากระบบดิจิทัล ก็จะต้องทำการเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัลกลับมาเป็นสัญญาณอนาล็อกอีกครั้งหนึ่ง

สัญญาณดิจิทัล เป็นสัญญาณที่มีขนาดเปลี่ยนแปลงไปตามสัญญาณจริงเป็นช่วงๆ โดยขนาดที่แสดงค่าสัญญาณจริงแต่ละค่านั้นแทนด้วยข้อมูลดิจิทัลจำนวนหนึ่ง ซึ่งจำนวนบิตนี้ขึ้นอยู่กับระบบว่ามีจำนวนเท่าใด หากจำนวนบิตมากจะได้ค่าที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง

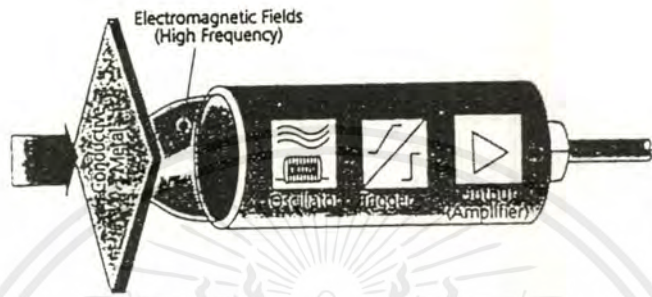
สัญญาณไบนารี เป็นสัญญาณดิจิทัลอีกรูปแบบหนึ่งที่มีค่าได้เพียง 2 ค่าเท่านั้น คือ “ 1 ” และ “ 0 ” หรือปิดกับเปิด โดยที่จะมีการกำหนดขอบเขตของสัญญาณจริงให้รู้วาระดับนั้นเป็น “ 0 ” หรือ “ 1 ” สัญญาณแบบไบนารีนี้มีความจะมีความสะดวกและง่ายในการสร้างสัญญาณ รวมทั้งออกแบบและควบคุมงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมีลักษณะการควบคุมเป็นแบบเปิด-ปิด หรือควบคุมแบบ Open Loop ดังนั้นจึงสามารถนำสัญญาณแบบไบนารีไปใช้ในงานควบคุมลักษณะนี้ได้

2.1.1 พร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ (Proximity Sensor)

พร็อกซิมีตี้เซนเซอร์ เป็นเซนเซอร์อีกกลุ่มหนึ่งที่ทำงานโดยไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงานหรือสิ่งที่ต้องการจะตรวจวัด เซนเซอร์แบบนี้มีอยู่หลายประเภทด้วยกัน

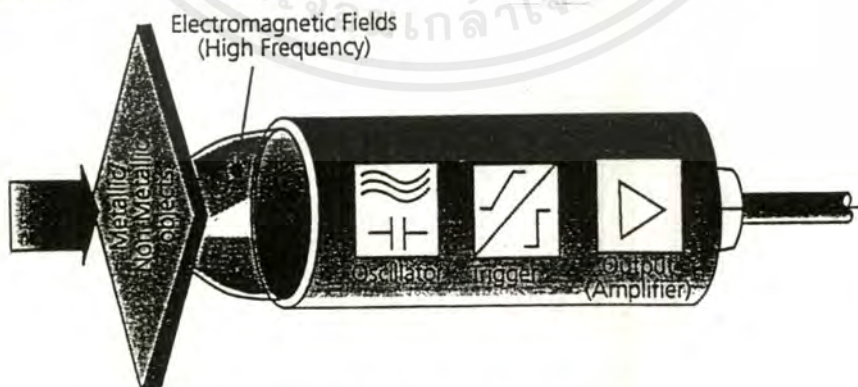
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.1 เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ (Inductive Sensor) ซึ่งใช้ในการตรวจจับสารหรือวัตถุที่เป็นโลหะ การทำงานอาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำซึ่งจะสร้างขึ้นในบริเวณส่วนหัว หรือตำแหน่งที่จะใช้ในการตรวจสอบชิ้นงานที่เป็นโลหะ จากบล็อกไดอะแกรมหากมีชิ้นงานที่เป็นโลหะอยู่ในบริเวณ หรือตำแหน่งที่เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำสามารถตรวจสอบ หรือส่งสนามแม่เหล็กไปถึง ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงค่าความเหนี่ยวนำ โดยส่วนประกอบหลักที่สำคัญของเซนเซอร์แบบนี้คือ วงจรกำเนิดความถี่ (Oscillator) วงจรหรือส่วนประมวลผล (Evaluator) และส่วนขยายสัญญาณ (Amplifier)



รูปที่ 2.1 แสดงโครงสร้างภายใน

2.1.1.2 เซนเซอร์แบบเก็บประจุ (Capacitive Sensor) เซนเซอร์ชนิดนี้ จะใช้ตรวจสอบจับชิ้นงานหรือวัตถุที่เป็นทั้งโลหะและอโลหะ ซึ่งอาจจะอยู่ในรูปของการตรวจสอบตำแหน่ง ระยะทาง นับจำนวน เซนเซอร์ชนิดนี้มีองค์ประกอบที่สำคัญคือ วงจรความถี่สูงซึ่งใช้วงจร R-C ออสซิลเลเตอร์ ส่วนประมวลผล และส่วนของการขยายสัญญาณ ลักษณะการทำงานคล้ายกับเซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ กล่าวคือ เมื่อมีวัตถุใดๆ เคลื่อนที่เข้ามาในบริเวณสนามไฟฟ้า ก็จะทำให้มีการเปลี่ยนแปลงค่าความจุ (Capacitance) ของวงจรกำเนิดความถี่ การแยกแยะสถานะของเอาต์พุตทำได้จากการตรวจสอบการออสซิลเลทว่ามีหรือไม่เช่นเดียว เซนเซอร์แบบเหนี่ยวนำ



รูปที่ 2.2 แสดงโครงสร้างภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1.3 เซนเซอร์ชนิดใช้แสง (Optic Sensor) ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้แสงอินฟราเรดและแสงสีแดงเพื่อตรวจจับวัตถุ โดยใช้ LED เป็นตัวกำเนิด (Light Emitting Diode) และส่งคลื่นแสง และใช้ Photo Diode หรือ Photo Transistor เป็นตัวรับแสง โครงสร้างและหลักการพื้นฐานของเซนเซอร์ชนิดใช้แสงประกอบด้วยส่วนสำคัญหลักอยู่ 2 ส่วนด้วยกัน คือ ตัวส่งสัญญาณ (Emitter) และตัวรับสัญญาณ (Receiver) ทั้งนี้อาจจะรวมอยู่ในตัวเดียวกันหรือแยกกันอยู่คนละตัว เซนเซอร์ชนิดใช้แสงที่ใช้ในแสงที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

(ก) แบบลำแสงผ่านตลอด (Through – Beam Sensor)

เซนเซอร์แบบนี้จะแยกตัวส่งและตัวรับสัญญาณออกจากกัน แต่ต้องอยู่ในแนวเส้นตรงเดียวกัน บางครั้งอาจเรียกว่าแบบทางเดียว (One-Way Light Barrier) ระยะทางที่ใช้ในการตรวจจับจะมากกว่าอีก 2 แบบที่เหลือ



รูปที่ 2.3 แสดงการใช้งานของเซนเซอร์แบบลำแสงผ่านตลอด

เซนเซอร์แบบนี้สามารถตรวจจับวัตถุได้เกือบทุกประเภท แต่อาจจะมีปัญหาในกรณีที่วัตถุนั้น โปร่งใส เนื่องจากแสงสามารถผ่านทะลุได้

(ข) แบบลำแสงสะท้อนกลับ (Retro-Reflective Sensor)

เซนเซอร์ประเภทนี้จะรวมตัวส่งและตัวรับสัญญาณส่วนใหญ่ไว้ภายในตัวเดียวกัน และใช้แผ่นสะท้อนกลับระยะทางที่ใช้ในการตรวจจับจะน้อยกว่าแบบแรก

เซนเซอร์แบบนี้สามารถตรวจจับวัตถุได้เกือบทุกประเภทเช่นเดียวกับเซนเซอร์แบบแรก แต่อาจจะมีปัญหาอยู่บ้าง ในกรณีที่วัตถุนั้นมีสัมประสิทธิ์ในการสะท้อนแสง ใกล้เคียงกับแผ่นสะท้อนแสง

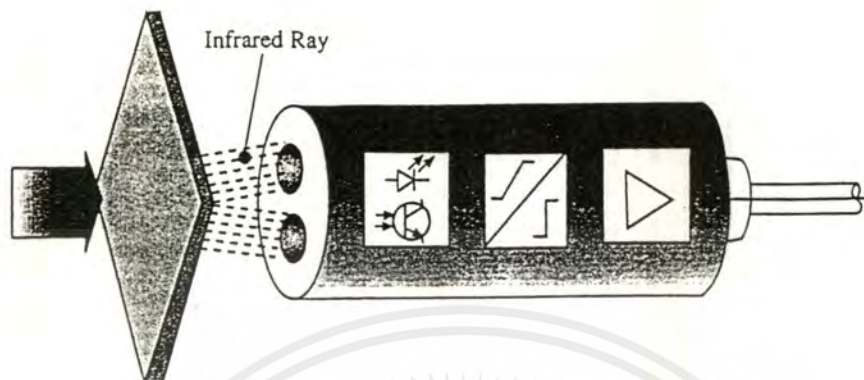


รูปที่ 2.4 แสดงการใช้งานของ เซนเซอร์แบบลำแสงสะท้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ค) แบบตรวจจับโดยตรง (Diffuse Sensor)

เซนเซอร์ประเภทนี้ ตัวรับและตัวส่งสัญญาณจะอยู่ในตัวเดียวกัน แล้วใช้พื้นผิวของวัตถุหรือชิ้นงานเป็นตัวสะท้อนแสงกลับ ระยะทางที่ใช้ในการตรวจจับจะน้อยกว่าทั้ง 2 แบบที่ผ่านมา

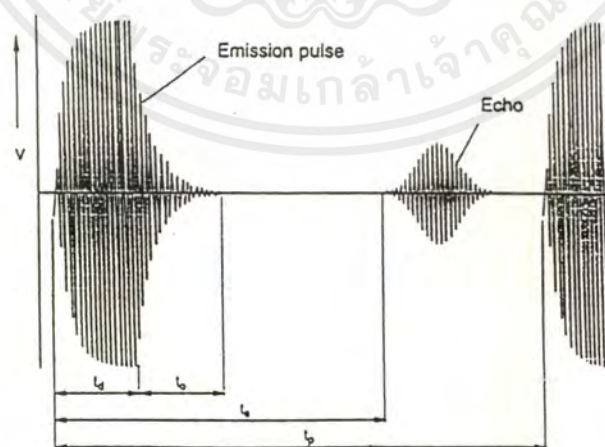


รูปที่ 2.5 แสดงการใช้งานของเซนเซอร์ตรวจจับ โดยตรง

เซนเซอร์แบบนี้ อาจจะมีปัญหาในกรณีที่วัตถุเป็นผิวขรุขระหรือสัมประสิทธิ์ในการสะท้อนแสงไม่ดี เช่น วัตถุทึบแสง หรือวัตถุที่มีสีดำ ฯลฯ

2.1.1.4 เซนเซอร์ชนิดใช้คลื่นเสียง (Ultrasonic Sensor)

อุลตราซาวด์นั้นเป็นสัญญาณเสียงรูปคลื่น ซึ่งมีการแผ่กระจายในลักษณะเดียวกับสัญญาณคลื่นเสียงที่มนุษย์ได้ยินซึ่งอยู่ในช่วง 20 Hz ถึง 20 KHz ส่วนอุลตราซาวด์นั้นจะอยู่ในช่วง 20 KHz ถึง 1 GHz



รูปที่ 2.6 แสดงการส่งและสะท้อนกลับของคลื่นเสียง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการการทำงานของเซนเซอร์แบบนี้ จะอยู่บนพื้นฐานของการตั้งและการสะท้อนกลับของคลื่นระหว่างวัตถุกับตัวเซนเซอร์ โดยปกติการนำคลื่นเสียงจะใช้อากาศเป็นตัวกลาง ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางไปและกลับจะถูกวัดและหาค่าเพื่อนำมาใช้งาน

ในงานบางประเภทไม่สามารถที่จะติดตั้งตัวเซนเซอร์ได้ ซึ่งอาจจะเนื่องมาจากไม่มีพื้นที่ในการติดตั้งหรือพื้นที่เหล่านั้นอาจก่อให้เกิดความเสียหายแก่ตัวเซนเซอร์ หรือเป็นงานที่ต้องการความแม่นยำ และแน่นอนในการตรวจจับค่อนข้างสูง สายไฟเบอร์ออปติก จึงถูกนำมาใช้เพื่อสนองต่อความต้องการดังกล่าว การทำงานของสายไฟเบอร์ออปติกอยู่บนพื้นฐานของผลรวมของการสะท้อนแสงภายในสาย โดยอาจจะเป็นสายเดี่ยวหรือหลายสายรวมกันก็ได้ โดยภายนอกจะหุ้มด้วยวัสดุจำพวกพลาสติกหรือโลหะที่สามารถโค้งงอได้

พรีอักษิมิติเซนเซอร์กับการใช้งาน

1. เซนเซอร์แบบมีสายสัญญาณ 2 เส้น
2. เซนเซอร์แบบมีสายสัญญาณ 3 เส้น
3. เซนเซอร์แบบมีสายสัญญาณ 4 เส้น
4. การต่อเซนเซอร์แบบขนานและอนุกรม

2.2 การแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นดิจิทัล

ในการวัดสัญญาณต่างๆ ด้วยคอมพิวเตอร์พีซีนั้น โดยทั่วไปจะทำการประมวลผลข้อมูลด้วยซอฟต์แวร์จากพีซี ซึ่งต้องรับข้อมูลของพีซีเป็นดิจิทัล ดังนั้นในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกที่เป็นสัญญาณอนาล็อกจึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงสัญญาณอนาล็อกดังกล่าวให้เป็นสัญญาณดิจิทัลก่อนจะนำไปประเมินผล

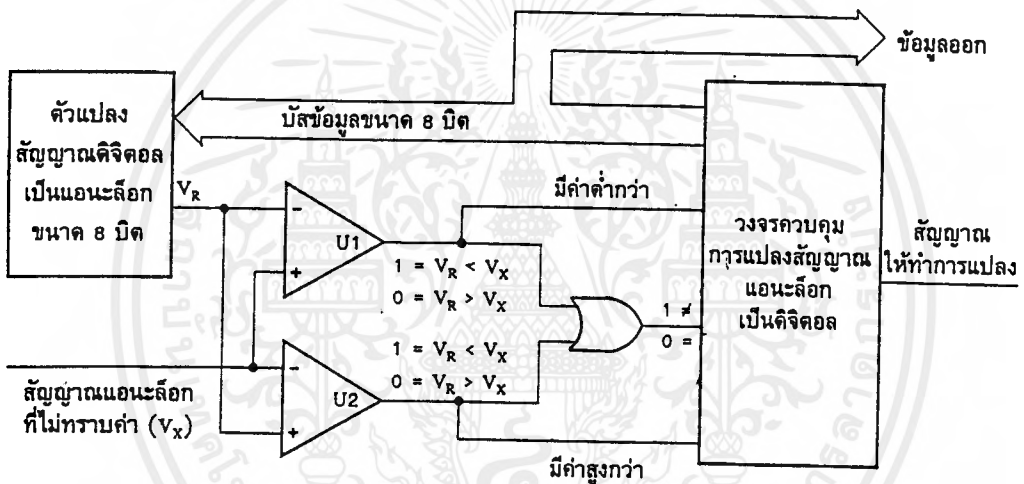
จากรูปที่ 2.7 แสดงตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลที่ประกอบด้วยตัวแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็น อนาล็อก ตัวเปรียบเทียบระดับศักดาไฟฟ้า 2 ตัว และวงจรควบคุม ในวงจรนี้ตัวแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็น อนาล็อกจะสร้างสัญญาณอนาล็อกให้มีระดับศักดาเท่ากับสัญญาณอนาล็อกที่ไม่ทราบค่า (ที่ป้อนเข้า) และเมื่อระดับศักดาไฟฟ้าทั้งสองมีค่าเท่ากันค่า Output ที่ออกมาจะเป็น 0 นั้นหมายความว่าค่าเลขฐานสองที่เราป้อนเข้าตัวแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกจะทำให้มันสร้างสัญญาณอนาล็อกที่มีศักดาไฟฟ้าเท่ากับสัญญาณอนาล็อกที่ไม่ทราบค่า แต่ถ้าสัญญาณอนาล็อกที่ถูกสร้างจากตัวแปลงดิจิทัลเป็นสัญญาณอนาล็อกนี้มีขนาดของระดับศักดาไฟฟ้ามากกว่าหรือน้อยกว่าสัญญาณอนาล็อกที่ไม่ทราบค่า ตัวเปรียบเทียบระดับศักดาทั้ง 2 ตัว ก็จะส่งสัญญาณไปบอกหน่วยควบคุมการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลให้ทำการปรับค่าเลขฐาน 2 ที่ป้อนเข้าตัวแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกจนกว่าตัวแปลงดิจิทัลอนาล็อกนี้จะสร้างสัญญาณ อนาล็อกที่มีระดับศักดาไฟฟ้าเท่ากับสัญญาณอนาล็อกที่ไม่ทราบค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

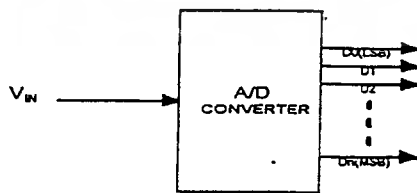
ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลมีอยู่ 2 ชนิดที่ใช้วงจรพื้นฐานแบบนี้ซึ่ง ได้แก่

1. ตัวแปลงสัญญาณที่ปรับค่าอย่างต่อเนื่อง (Continuous Balance A/D Converter)
2. ตัวแปลงสัญญาณที่ประมาณค่าผลสำเร็จ (Successive Approximation A/D Converter)

ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลทั้ง 2 ชนิดนี้แตกต่างกันตรงขั้นตอนที่ใช้ในการปรับค่าระดับศักดาไฟฟ้าที่วงจรสร้างขึ้นให้มีขนาดเท่ากับระดับไฟฟ้าของสัญญาณที่ไม่ทราบค่า โดยเลขฐานสองที่ป้อนเข้าตัวแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาล็อกจะถูกเปลี่ยนแปลงไปเรื่อยๆเพื่อให้ระดับศักดาไฟฟ้าที่ตัวแปลงสัญญาณสร้างขึ้นมีขนาดเท่ากับระดับศักดาไฟฟ้าของสัญญาณอนาล็อกเมื่อไหร่ก็ได้ โดยการอ่านค่าเลขฐานสองที่ป้อนเข้าตัวแปลงสัญญาณดิจิทัลขอเป็นอนาล็อก (การใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ทำหน้าที่ปรับระดับศักดาไฟฟ้าในตัวแปลงสัญญาณนี้ให้มีขนาดเท่ากันนั้นจะทำงานไม่ได้ประสิทธิภาพเท่ากับการนำวงจร LSI ที่ทำหน้าที่นี้โดยเฉพาะมาใช้)

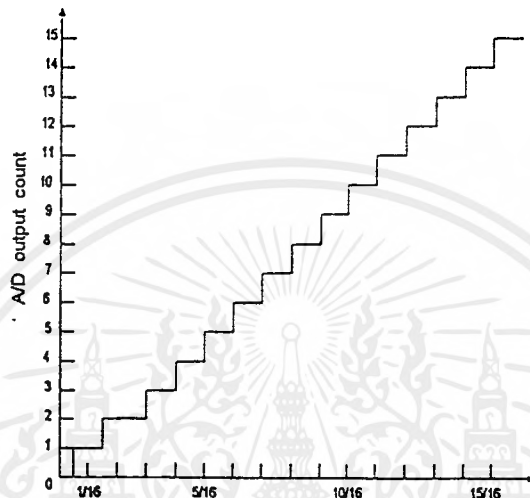


รูปที่ 2.7 ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล



รูปที่ 2.8 สัญญาณของ A/D คอนเวอร์เตอร์

แสดงบล็อกไออะแกรมของ A/D คอนเวอร์เตอร์ วงจรนี้จะผลิตเอาต์พุตแบบไบนารี n บิต ซึ่งจะเป็นสัดส่วนกับแรงดันอินพุต และรูปที่ 10 แสดงถึงคุณสมบัติของ A/D คอนเวอร์เตอร์แบบ 4 บิต หลังจากนั้นจะพิจารณาถึงพารามิเตอร์ที่สำคัญซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติของ A/D คอนเวอร์เตอร์

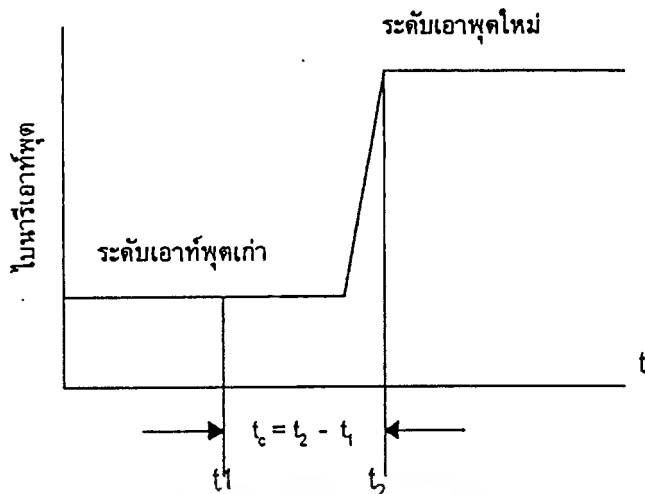


รูปที่ 2.9 คุณสมบัติของ A/D คอนเวอร์เตอร์ แบบ 4 บิต

2.2.1 หลักการของตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล (A/D Converter)

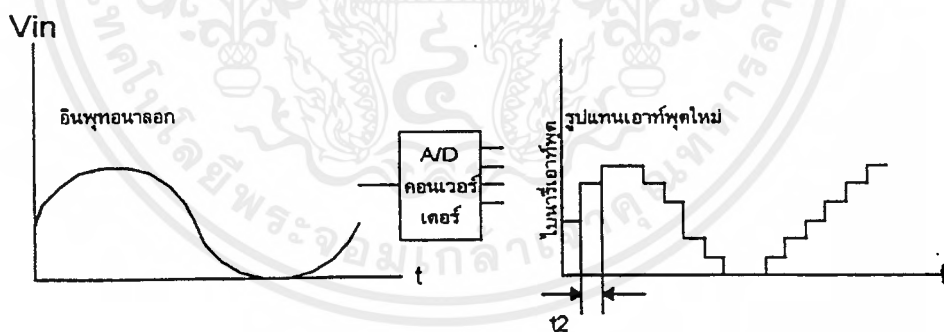
A/D คอนเวอร์เตอร์ มีสัญญาณอินพุต เป็นสัญญาณอนาล็อก และมีสัญญาณดิจิทัลเป็นสัญญาณเอาต์พุตจำนวน n บิต อินพุตของ A/D คอนเวอร์เตอร์ เป็นสัญญาณอนาล็อกที่ผ่านออกมาจากวงจรแซมเปิลแอนด์โฮลด์ (Sample and Hold) ซึ่งส่วนของวงจรนี้ทำหน้าที่รับสัญญาณอนาล็อกที่ต้องการแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลเข้ามาในวงจรแล้วนำเอาต์พุตไปต่อเชื่อมกับอินพุตของ A/D คอนเวอร์เตอร์ โดยการแปลงสัญญาณจาก A/D คอนเวอร์เตอร์ แต่ละครั้งวงจรนี้รับสัญญาณอนาล็อกแล้วส่งเข้าที่ขาอินพุตของ A/D คอนเวอร์เตอร์ ในช่วงเวลาที่เท่ากับเวลาแซมเปิล (Sample) ที่กำหนดจากความถี่แซมเปิลที่กำหนดในวงจร ดังนั้นในการควบคุมการทำงานของ A/D คอนเวอร์เตอร์ ในการแปลงสัญญาณจะมีค่าจำนวนข้อมูลเท่าใด พิจารณาได้จากความถี่แซมเปิลภายในชุดวงจร แซมเปิลแอนด์โฮลด์ อย่างไรก็ตามการพิจารณาเวลาการทำงานของ A/D คอนเวอร์เตอร์นี้ยังขึ้นอยู่กับผลของเวลาในการแปลงสัญญาณ (Conversion Time, t_c) ภายใน A/D คอนเวอร์เตอร์ คือ เวลาที่ใช้ในระหว่างที่อินพุตเข้ามาจนถึงการแสดงค่าระดับเอาต์พุตใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.10 แสดงการตอบสนองของเวลาแปลงสัญญาณของ A/D คอนเวอร์เตอร์

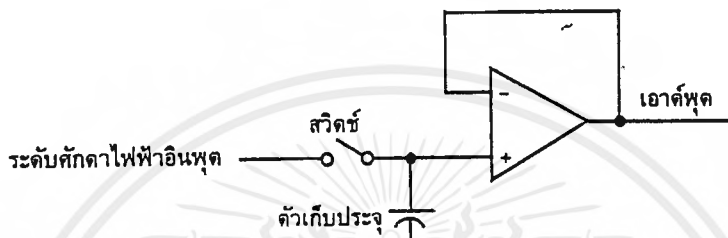
พิจารณาตามรูปที่ 2.10 อินพุตจากสัญญาณอนาล็อกที่เข้าใน A/D คอนเวอร์เตอร์ จะอยู่ ณ เวลา t_1 และสัญญาณตอบสนองของอินพุตจะเกิดขึ้นจากผลต่างของเวลาทั้งสอง คือ เวลาการเปลี่ยนแปลงสัญญาณ ซึ่งเวลาดังกล่าวนี้เป็นเวลาที่ใช้จริงของ A/D คอนเวอร์เตอร์ ในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล ดังนั้นการกำหนดเวลาแซมเปิ้ลจากความถี่แซมเปิ้ลควรมีเวลามากกว่าเวลาในการแปลงสัญญาณจึงจะได้ค่าดิจิทัลเอาต์พุตที่ถูกต้องและเพื่อให้ทราบถึงผลของการแซมเปิ้ลจนสัญญาณอินพุตอนาล็อกไปเป็นดิจิทัลเอาต์พุต พิจารณาจากกราฟ รูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ขบวนการแปลงสัญญาณดิจิทัลด้วย A/D คอนเวอร์เตอร์

ทั้งตัวแปลงสัญญาณที่ปรับค่าอย่างต่อเนื่อง และตัวแปลงสัญญาณที่ประมาณค่าผลสำเร็จจะเปลี่ยนค่าในแต่ละครั้งเมื่อมันได้รับคำสั่งจากไมโครโปรเซสเซอร์เท่านั้น ซึ่งก็หมายความว่าตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัลที่ประมาณค่าผลสำเร็จขนาด 8 บิต (ที่ใช้เวลา 1 ไมโครวินาทีในการทำงานแต่ละขั้นคอน) จะใช้เวลาทั้งหมด 8 ไมโครวินาทีในการแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล ในช่วงเวลา 8 ไมโครวินาทีนี้ สัญญาณอนาล็อกที่ไม่ทราบค่าที่ป้อนเข้าตัวแปลงสัญญาณนั้นจะต้องมีระดับศักดาไฟฟ้าที่คงที่ มิฉะนั้นค่าเอาต์พุตที่ได้อาจไม่ถูกต้อง เพื่อป้องกันความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นจึงได้มีการนำวงจร แซมเปิ้ลแอนด์โฮลด์ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไมอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Sample And Hold) มาใช้ โดยวงจรนี้จะเก็บระดับศักดาไฟฟ้าของสัญญาณที่รับเข้ามาในตัวเก็บประจุก่อนที่ตัวแปลงสัญญาณจะเริ่มการทำงานเมื่อสวิตช์ถูกปิด ตัวเก็บประจุจะได้รับประจุจนมีระดับประจุมีระดับศักดาไฟฟ้าคกรวมเท่ากับระดับศักดาไฟฟ้าของสัญญาณที่ป้อนเข้ามา และเมื่อสวิตช์ถูกเปิด ระดับศักดาไฟฟ้าในตัวเก็บประจุจะคงอยู่ที่ค่านี้นจนกว่าสวิตช์จะถูกปิดอีกครั้ง โดยปกติสวิตช์แบบ FET (Field Effect Transistor) ที่ทำงานได้ด้วยความเร็วสูงจะถูกนำมาใช้ในวงจรนี้



รูปที่ 2.12

2.2.2 วงจร A/D คอนเวอร์เตอร์ (Analog to Digital Converter)

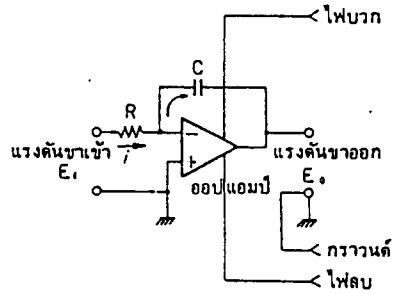
ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายมี 3 แบบคือ

- แบบสโลปคู่ (Dual Slope)
- แบบแปลงสัญญาณเป็นความถี่ (V to F Converter)
- แบบประมาณทีละบิต (Successive Approximation)

วงจร A/D แบบสโลปคู่เป็นแบบที่ง่ายที่สุด ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่มีคุณภาพดีมากนักก็สามารถแปลงสัญญาณได้อย่างแม่นยำ แต่มีข้อเสียคือใช้เวลาในการแปลงสัญญาณนานมากไป จึงไม่เหมาะในการใช้วัดแรงดันในช่วงเวลาสั้นๆ และจะขอกล่าวถึง วงจร A/D แบบสโลปคู่

(ก) สโลปคู่ (Dual Slope) ของ A/D คอนเวอร์เตอร์

เป็นแบบที่ง่ายที่สุด ไม่จำเป็นต้องใช้อุปกรณ์ที่มีคุณภาพดีมากนักก็สามารถแปลงสัญญาณได้อย่างแม่นยำ แต่มีข้อเสียคือใช้เวลาในการแปลงสัญญาณนานมากไป จึงไม่เหมาะในการใช้วัดแรงดันในช่วงเวลาสั้นๆ และจะขอกล่าวถึง วงจร A/D แบบสโลปคู่

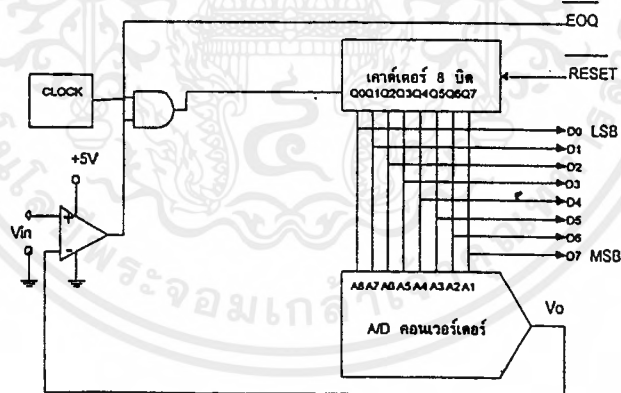


รูปที่ 2.13 การทำงานของวงจรอินทิเกรเตอร์

พิจารณารูปที่ 2.13 ซึ่งเป็นวงจรอินทิเกรเตอร์แบบพื้นฐาน ประกอบด้วยออปแอมป์ ทำหน้าที่เป็นวงจรขยายสัญญาณแตกต่าง

(ข) แรมป์เอาต์พุต (Ramp Output) ของ A/D คอนเวอร์เตอร์

เป็น A/D คอนเวอร์เตอร์ ที่เข้าใจการทำงานง่ายที่สุดโดยแสดงโครงสร้างการทำงานดังรูปที่ 2.14 เมื่อพิจารณาดูแล้วสามารถอธิบายการทำงานหลักการได้ดังนี้

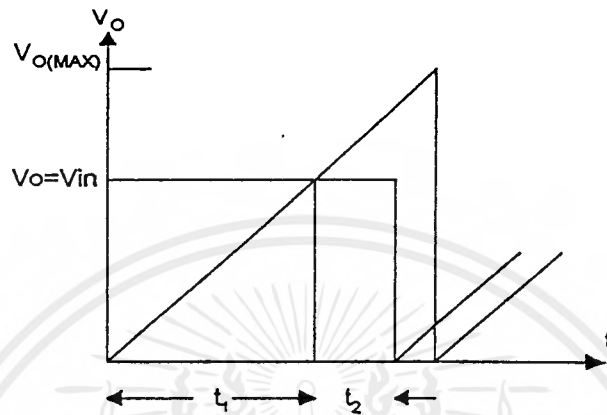


รูปที่ 2.14 ตัวแปลงสัญญาณ A/D คอนเวอร์เตอร์แบบแรมป์

1. คอมพิวเตอร์ส่งสัญญาณรีเซทไปที่เคาท์เตอร์เพื่อให้สามารถรับสัญญาณอินพุตได้โดยขณะนั้นผลเอาต์พุตของ A/D คอนเวอร์เตอร์ (V_o) มีค่าอยู่ที่ระดับต่ำสุด
2. การทำงานของวงจรมีการเปลี่ยนแปลงความถี่ของสัญญาณนาฬิกาซึ่งสัญญาณอินพุตถูกนำมา AND กับสัญญาณนาฬิกานี้ แล้วจึงส่งไปยังเคาท์เตอร์เป็นผลให้ V_o แสดงระดับแรงดันที่สูงขึ้นทีละ 1 LSB
3. ณ จุดเดียวกันนั้น ตัวเคาท์เตอร์จะนับเพิ่มขึ้นจนกระทั่งเอาต์พุตของ A/D คอนเวอร์เตอร์ สูงกว่าค่าแรงดันอินพุต V_{in} เมื่อถึงจุดนี้ของคอมพิวเตอร์จะแสดงค่าไปจนกระทั่งเป็น 0 โวลท์ เมื่อถึง 0 โวลท์ที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะหยุดสัญญาณนาฬิกาจะหยุดการนับที่จุดซึ่ง V_0 เริ่มมากกว่า V_{in} ษา EOC จะลดระดับเป็นระดับต่ำและส่งสัญญาณไปให้คอมพิวเตอร์วางข้อมูลขณะนี้พร้อมที่จะอ่านได้แล้วซึ่งข้อมูลที่ส่งไปยังคอมพิวเตอร์เป็นสัญญาณดิจิทัลโดยผ่าน ไปทางอินพุทพอร์ท

4. หลังจากคอมพิวเตอร์อ่านข้อมูลเสร็จ คอมพิวเตอร์ก็จะส่งสัญญาณรีเซตมาที่ A/D คอนเวอร์เตอร์ หลังจากนั้นก็เริ่มทำกระบวนการแบบเดิมอีกครั้ง



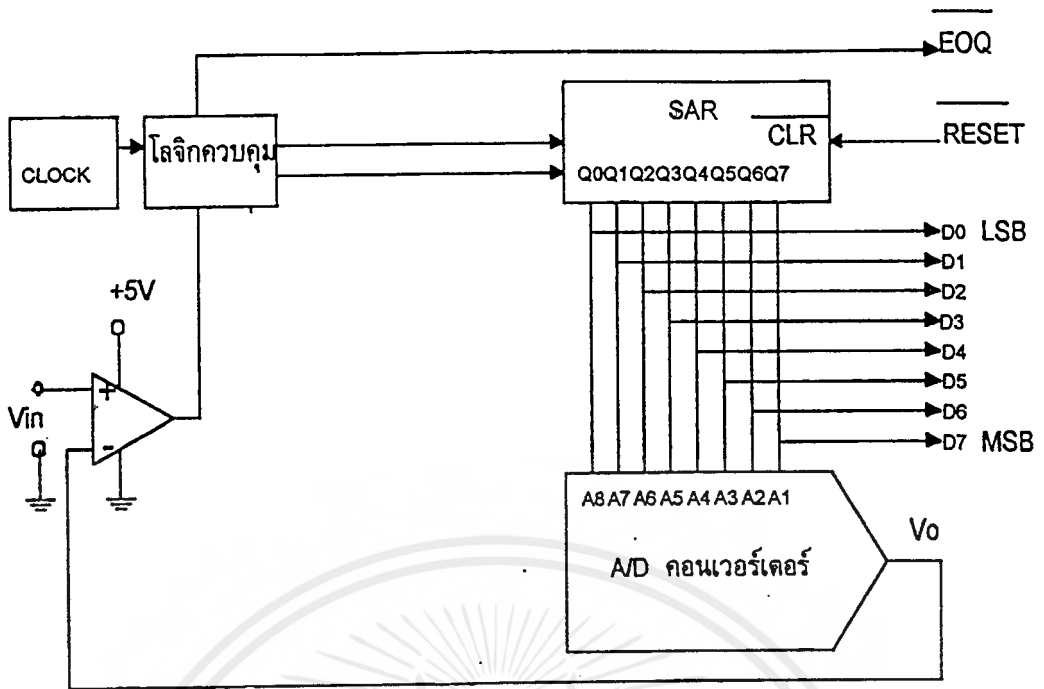
รูปที่ 2.15 กราฟเอาต์พุทของส่วน D/A ของ A/D คอนเวอร์เตอร์

กราฟนี้แสดงการทำงานของแรมป์ โดย t_1 แทนเวลาที่นับใช้เพื่อแรมป์เอาต์พุทของ D/A คอนเวอร์เตอร์ที่เริ่มจะเลย V_{in} และ t_2 แทนเวลาระหว่างที่คอมพิวเตอร์อ่านข้อมูลและส่งสัญญาณรีเซตกลับมาให้ A/D คอนเวอร์เตอร์ เริ่มต้นกระบวนการเดิมอีกครั้งหนึ่ง ดังนั้นในการเก็บข้อมูล 1 ค่า จะต้องใช้เวลาในการแปลงสัญญาณ 2 ช่วงด้วยกัน คือ เวลา t_1 ถูกกำหนดโดยอ่านข้อมูลและส่งสัญญาณรีเซตกลับ

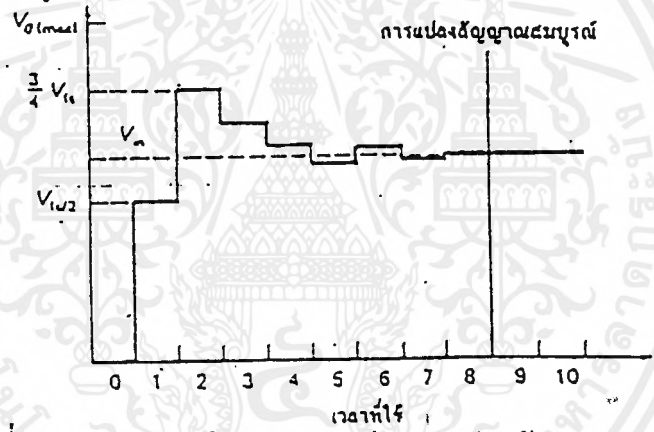
(ค) วัฏศาสตร์ฟลิปแอฟฟล็อกซิเมชัน (Successive Approximation) A/D คอนเวอร์เตอร์

SAR เป็นตัวเลขหลักของ A/D คอนเวอร์เตอร์ ซึ่งลักษณะใกล้เคียงกับแบบแรมป์ โดยโครงสร้างการทำงานแสดงดังรูปที่ 2.16 ซึ่งเป็นการแสดงบล็อกไดอะแกรมสำหรับ A/D คอนเวอร์เตอร์ แบบ SAR

SAR คอนเวอร์เตอร์ ต้องใช้ D/A คอนเวอร์เตอร์ และคอมพาราเตอร์ในการทำงานเหมือนกัน ส่วนที่แตกต่างได้แก่ ส่วนของเกาท์เดอ์ วิธีที่เรปี้ทำงานโดยอาศัยการนับขึ้นในลำดับ ไบนารี จะกระทั่ง V_{in} การทำงาน SAR คอนเวอร์เตอร์จะอธิบายต่อไป และใช้รูปที่ 2.16 และ 2.17 ในการบรรยาย



รูปที่ 2.16 คอนเวอร์เตอร์ซึ่งใช้เทคนิค SAR



รูปที่ 2.17 กราฟของส่วน D/A ระหว่างการแปลงสัญญาณ

1. การเริ่มต้นของการเปลี่ยนแปลงจากสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล พิจารณาจากสัญญาณนาฬิกาที่ 'ส่ง'ไปยังระบบควบคุมลอจิก โดยเอาท์พุทของระบบควบคุมลอจิกจะส่งพัลส์หนึ่งลูกให้กับ SAR เพื่อเซตค่าของ MSB และลบค่าเอาท์พุทที่ยังเหลืออยู่ ซึ่งจะทำให้ค่าของ Vo เท่ากับค่า $V_{fs}/2$ ในรูปที่ 18 ซึ่งจะน้อยกว่าค่า V_{in} และเอาท์พุทของคอมพาราเตอร์จะยังคงอยู่ในระดับ " 1 " ระบบควบคุมลอจิกจะตรวจสอบว่าด้วยคอมพาราเตอร์ยังคงเป็น " 1 " อยู่ที่จะส่งสัญญาณไปที่ SAR ซึ่งจะค้ำค่าของ MSB เป็นลอจิก " 1 " ที่ Q7

2. เมื่อมีสัญญาณนาฬิกาถูกตัดไป MSB ตัวใหม่ ซึ่งอยู่ที่ Q6 ของ SAR จะถูกเซตค่าเป็น " 1 " ดังรูปที่ 17 เอาท์พุทของ D/A จะเกินค่าของ V_{in} ทำให้เอาท์พุทของคอมพาราเตอร์เปลี่ยนระดับ ระบบควบคุมลอจิกตรวจสอบทราบก็จะไม่ทำการค้ำค่า Q6 นั่นคือ ค่าที่ค้ำที่ตำแหน่ง Q6 มีค่าเท่ากับ " 0 "

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. สัญญาณนาฬิกาถูกถัดมา Q6 จะถูกเคลียร์ และ Q5 จะถูกเซต จากการเปรียบเทียบได้เอาท์พุทของคอมพาราเตอร์เป็น " 1 " ส่วนควบคุมลอจิกก็จะไม่ทำการล้างค่า Q5 ไว้เพราะยังสูงกว่า ค่าของ Vin โดยปกติแล้ววงจรจะทดสอบเอาท์พุท โดยเริ่มต้นที่ MSB ของ AR ถ้าเอาท์พุทของ D/A คอนเวอร์เตอร์ เกินค่า Vin แล้วบิตนั้นจะล้างค่าลอจิก " 1 " ไว้ หลังจากการตรวจสอบหมดแล้ว ไบนารีเอาท์พุทจะเป็นอัตราส่วนกับ Vin จะเห็นว่า A/D แบบนี้คือแบบแร่มปี คือ เวลาในการแปลงสัญญาณเป็นสัดส่วน โดยตรงกับจำนวนบิตของเอาท์พุทแบบ SAR แต่ SAR A/D คอนเวอร์เตอร์ มีข้อเสียแบบเดียวกับแร่มปี คือข้อผิดพลาดทางอัตราการขยายออฟเซต และความไม่เป็นเชิงเส้นซึ่งเกิดขึ้นในส่วน D/A

2.3 อุปกรณ์ทำงานของระบบนิวเมติกส์

อุปกรณ์ของระบบนิวเมติกส์ที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไป และทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมอัดให้เป็นพลังงานกลจะเรียกว่า อุปกรณ์ทำงาน ซึ่งการเปลี่ยนรูปของพลังงานลมอัด อาจจะเปลี่ยนเป็นพลังงานกลในแนวเส้นตรงหรือในทิศทางการหมุนก็ได้ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ๆ คือ กระจบอกลูกสูบชนิดต่างๆและอุปกรณ์ทำงานในลักษณะหมุน

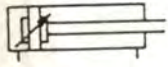
2.3.1 กระจบอกลูกสูบ

กระจบอกลูกสูบจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานลมอัดให้เป็นพลังงานกล ลักษณะการเคลื่อนที่เป็นการเคลื่อนที่แบบเส้นตรง ในสมัยก่อนที่ถูกลูกสูบจะเข้ามาบีบทบาท ในงานอุตสาหกรรมยังใช้กลไกทางกลและทางไฟฟ้า มีความยุ่งยากในการควบคุม และปัญหาของช่วงชักจำกัด ดังนั้นในอุตสาหกรรมสมัยใหม่จึงพัฒนาลูกสูบมาใช้ในงานจนถึงปัจจุบัน

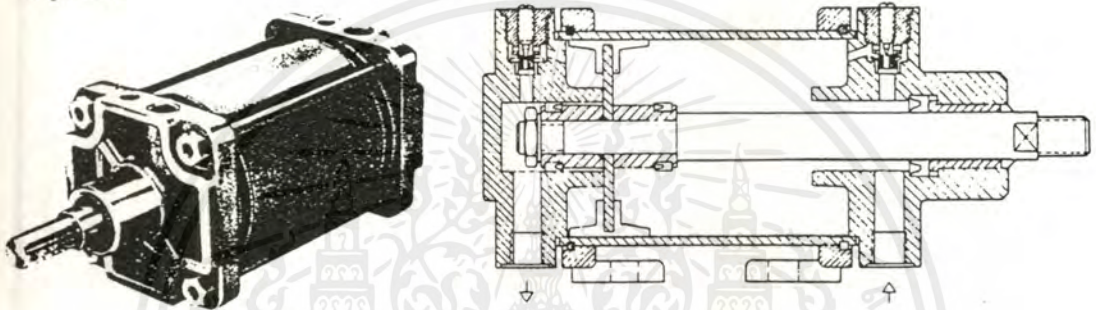
ตัวกระจบอกลูกสูบมักจะทำด้วยท่อชนิด ไม่มีตะเข็บ เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม ทองเหลือง สแตนเลส ขึ้นอยู่กับลักษณะงานที่ใช้ ภายในท่อจะต้องเจียรนัยให้เรียบเพื่อลดการสึกหรอของของซีลที่จะเกิดขึ้น และยังลดแรงเสียดทานภายในกระจบอกลูกสูบอีกด้วย ตัวฝาสูบทั้งสองด้านส่วนใหญ่นิยมการหล่อขึ้นรูป บางแบบอาจใช้การอัดขึ้นรูป การยึดตัวกระจบอกลูกสูบเข้ากับฝาอาจใช้เกลียวขัน เหมาะสำหรับกระจบอกลูกสูบที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางต่ำกว่า 25 มิลลิเมตรลงมา ถ้าโตกว่านั้นนิยมใช้สกรูร้อยขันรัดหัวท้ายไว้ สำหรับก้านสูบอาจทำด้วยสแตน-เลสหรือเหล็กชุบผิวโครเมียม ที่เกลียวปลายก้านสูบจะทำด้วยกรรมวิธีรีดขึ้นรูป

การทำงานของกระจบอกลูกสูบตามรูปที่ 2.18 เป็นกระจบอกลูกสูบแบบมีระบบลมกันกระแทก ซึ่งส่วนใหญ่จะนิยมใช้กระจบอกลูกสูบแบบดังกล่าวในงานอุตสาหกรรมอย่างมาก อาจจะมีด้านเดียวหรือสองด้านก็ตาม เพื่อช่วยลดความเร็วหรือลดอัตราหนึ่งของลูกสูบเมื่อสุดระยะชัก เป็นการป้องกันการกระแทกที่เกิดขึ้นระหว่างลูกสูบ โดยการใส่วาล์วเข็ม (Needle Valve) กับวาล์วกันกลับ (Check Valve) ทำให้เกิดเบาะลมขึ้นระหว่างลูกสูบกับฝากระจบอกลูกสูบ ลมที่มีความดันสูงก็จะทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ต่อด้วยความยากลำบาก และเป็นการหน่วงความเร็วของลูกสูบลงตอนใกล้สุดระยะชัก ทำให้ไม่เกิดกระแทก โดยทั่วไประยะกันเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระแทกจะอยู่ระหว่าง 15 ถึง 40 มิลลิเมตร ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบตามตารางที่ 2.1 ที่ตัวกระบอกสูบจะมีวาล์วเข็ม เมื่อลูกสูบเลื่อนไปถึงช่องกันกระแทกที่อยู่น้ำลูกสูบไม่สามารถผ่านออกไปได้อย่างอิสระ จะต้องผ่านออกไปทางวาล์วเข็มเท่านั้น ความเร็วของลูกสูบก็จะถูกหน่วงให้ลดลงจนใกล้สู่ระยะชัก ในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ออก ลมส่วนหนึ่งจะผ่านวาล์วก้นกลับเข้ามาได้ ทำให้ลมไปกระทำกับหน้าตัดของลูกสูบได้เต็มที่ ลูกสูบจะเคลื่อนที่ไปอย่างรวดเร็ว แต่พอใกล้จะสู่ระยะชัก คือเมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ไปถึงเบาะลม ลูกสูบก็จะเคลื่อนที่ช้าอีกเช่นเคย การทำให้เกิดแรงกันกระแทกได้มากน้อยสามารถทำได้โดยการปรับวาล์วเข็มที่อยู่ตรงปลายของกระบอกสูบนั่นเอง



สัญลักษณ์



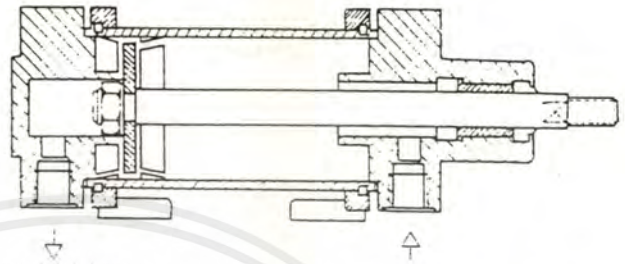
รูปที่ 2.18 ลักษณะโครงสร้างของกระบอกสูบลม

ตารางที่ 2.1 ระยะกันกระแทกตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ (mm)	ระยะกันกระแทก (mm)
10	15 ~ 20
50	
63	
80	20 ~ 30
100	
125	
140	25 ~ 40
160	
180	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทาง จะใช้ลมดันหัวลูกสูบทั้งตอนเคลื่อนที่ออกและเคลื่อนที่กลับ ทำให้ได้แรงทั้งสองทิศทาง เหมาะกับงานที่ต้องการใช้แรงในตอนลูกสูบเลื่อนออกและเลื่อนเข้ารวมทั้งลักษณะงานที่ต้องการช่วงชักยาว ปัญหาที่เกิดขึ้นในกรณีที่ช่วงชักยาวเกินไปจะทำให้ก้านสูบเกิดการโก่งงอได้ ดังนั้นช่วงชักของกระบอกสูบแบบนี้จะต้องมีการคำนวณหาระยะช่วงชักที่อนุญาตให้ใช้งานได้ นอกจากนี้ปัญหาดังกล่าวถ้ากระบอกสูบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตเกินไปจะทำให้เกิดความสิ้นเปลืองลมมาก



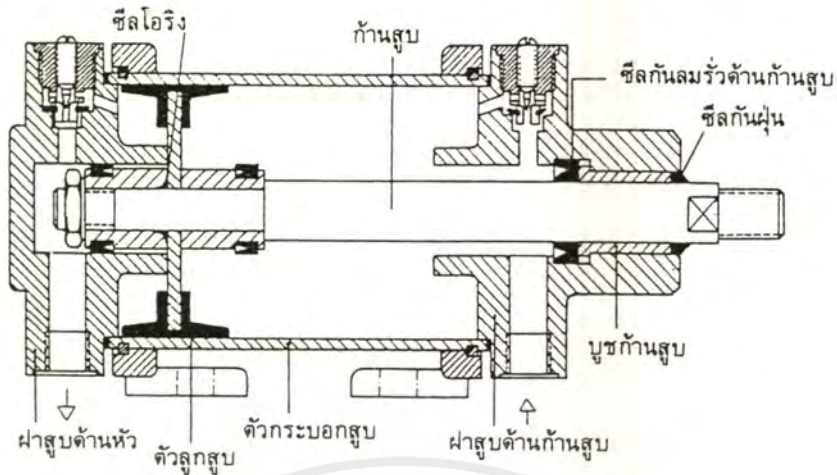
รูปที่ 2.19 ลักษณะของกระบอกสูบแบบสองทาง

ลักษณะของกระบอกสูบลมชนิดทำงานสองทางที่ใช้ในวงการอุตสาหกรรมมีอยู่หลายชนิด เช่น

1. กระบอกสูบลมชนิดที่ไม่มีเบาะลมนกันกระแทก กระบอกสูบลมแบบนี้ดังรูปที่ 2.20 เป็นกระบอกสูบลมที่มีราคาถูก เหมาะกับงานที่ใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ไม่มากนัก ถ้านำไปใช้กับงานที่มีการเคลื่อนที่เร็ว จะทำให้ในปลายช่วงชักและตอนกลับสุดของลูกสูบเกิดการกระแทกกับผนังหัวท้ายของกระบอกสูบทำให้เกิดความเสียหายได้

2. กระบอกสูบลมชนิดที่มีเบาะลมนกันกระแทก ถูกสร้างขึ้นเพื่อแก้ปัญหของกระบอกสูบลมชนิดที่ไม่มีเบาะลมนกันกระแทก (ดูรูปที่ 2.20) เบาะลมนกันกระแทกมีไว้เพื่อลดความเร็วหรือลดอัตราเร่งของลูกสูบเมื่อสุดระยะชัก เป็นการป้องกันการกระแทกที่เกิดขึ้นระหว่างลูกสูบกับผนังหัวท้ายของกระบอกสูบ โดยการปรับสกรูกันกระแทกที่ติดตั้งไว้ที่หัวท้ายของกระบอกสูบ เมื่อหัวลูกสูบเคลื่อนเข้ามาถึงเบาะกันกระแทกลมที่ถูกระบายทิ้งจะผ่านออกไปได้ยากมาก จะต้องผ่านทางสกรูปรับกันกระแทกได้ทางเดียวเท่านั้น ทำให้เกิดความดันด้านกลับ ในตำแหน่งนี้ลูกสูบจะเคลื่อนที่ช้าลงเนื่องจากความดันด้านกลับ ทำนองเดียวกันถ้าลูกสูบเคลื่อนที่กลับเมื่อใกล้สุดระยะชักเข้าก็จะเกิดอาการเช่นเดียวกันขึ้น โดยทั่วไประยะกันกระแทกจะอยู่ประมาณ 10 ถึง 30 มิลลิเมตร ขึ้นอยู่กับเส้นผ่านศูนย์กลางระยะชักของกระบอกสูบ

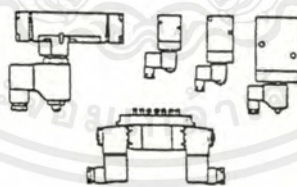
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.20 ลักษณะของกระบอกสูบแบบสองทางมีเบาะลมหันกระแทก

2.3.2 โซลินอยด์ (Solenoid)

ในการควบคุมอุปกรณ์ทำงานในระบบนิวเมติกส์ให้ทำงานตามที่ต้องการนั้น อุปกรณ์ที่สำคัญที่ทำให้ อุปกรณ์เปลี่ยนตำแหน่งคือ วาล์ว ซึ่งในการเลื่อนวาล์วควบคุมนั้นสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การเลื่อนวาล์วโดยใช้กล้ามเนื้อ การเลื่อนโดยใช้กลไก การเลื่อนโดยใช้ลมควบคุม การเลื่อนโดยใช้ไฟฟ้าควบคุม หรือวิธีใดวิธีหนึ่งร่วมกัน ซึ่งในที่นี้จะขอก้าวถึงวาล์วที่ใช้ไฟฟ้าเป็นตัวควบคุมในการเปลี่ยนตำแหน่ง หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า โซลินอยด์วาล์ว



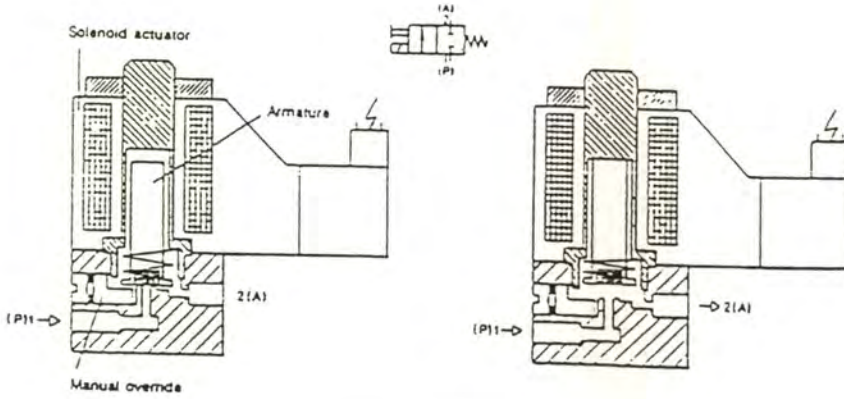
รูปที่ 2.21

โครงสร้างและหลักการทำงานของโซลินอยด์วาล์ว

โครงสร้างของวาล์วควบคุมโดยทั่วไปซึ่งในที่นี้หมายถึง โซลินอยด์วาล์วด้วย สามารถแบ่งออกเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ ด้วยกัน คือ วาล์วแบบนั่งบ่า และวาล์วแบบลูกสูบเลื่อน โดยที่วาล์วแต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน

(ก) วาล์ว 2/2 ปกติปิดเลื่อนด้วยโซลินอยด์กลับสู่สภาพเดิมด้วยแรงสปริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

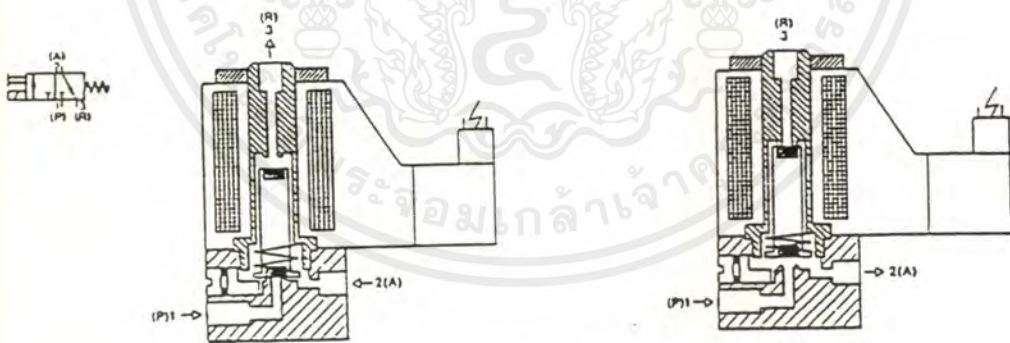


รูปที่ 2.22

สภาวะปกติ : เมื่อยังไม่มีกระแสไฟไหลเข้าโซลินอยด์ โซลินอยด์จึงไม่มีอำนาจแม่เหล็ก แรงสปริงจะดันให้ลิ้นของวาล์วปิดทางลม P ไม่ให้ผ่านไปยัง A

สภาวะทำงาน : เมื่อมีกระแสไฟไหลผ่านขดลวด โซลินอยด์ จะทำให้โซลินอยด์เกิดแรงดูดจากอำนาจแม่เหล็ก เลื่อนลิ้นของวาล์วให้เคลื่อนที่ขึ้นเปิดทางลมเป็นผลทำให้แรงดันลมจาก P ต่อถึง A ได้

(ข) วาล์ว 3/2 ปกติปิดเลื่อนด้วยโซลินอยด์กลับสู่สภาพเดิมด้วยแรงสปริง



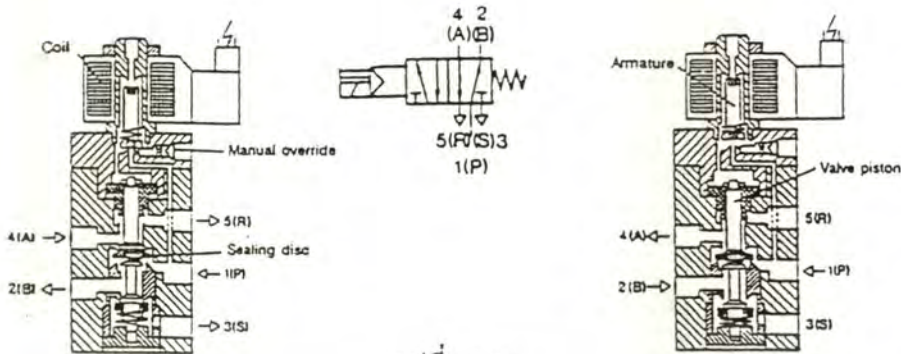
รูปที่ 2.23

สภาวะปกติ: เมื่อยังไม่มีกระแสไฟไหลเข้าขดลวด โซลินอยด์ โซลินอยด์จึงไม่มีอำนาจแม่เหล็ก ดังนั้นสปริงจะดันให้ลิ้นของวาล์วปิดทางลมที่มาจาก P ส่วน A ต่อถึง R

สภาวะทำงาน : เมื่อมีกระแสไฟไหลผ่านขดลวด โซลินอยด์ เป็นผลทำให้เกิดแรงดูดจากอำนาจแม่เหล็กของวาล์วให้เคลื่อนที่ขึ้น ทำให้แรงดันลมจาก P ต่อถึง A ส่วน R จะถูกปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ค) วาล์ว 5/2 ใช้โซลินอยด์และลมเป็นเลื่อนวาล์ว กลับสู่สภาพเดิมด้วยแรงสปริง

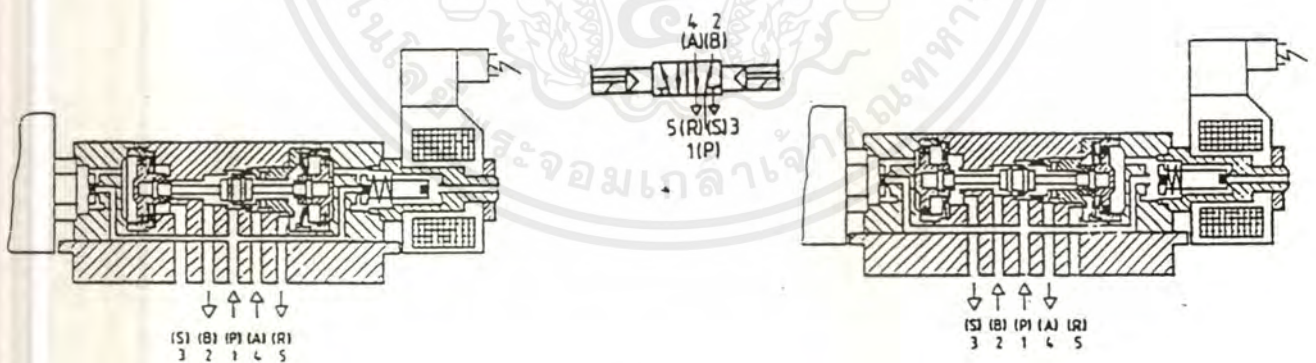


รูปที่ 2.24

สภาวะปกติ : เมื่อไม่มีกระแสไฟไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ โซลินอยด์จะยังไม่มีอำนาจแม่เหล็ก แรงสปริงจะดันลิ้นเล็กด้านบนปิดทางลมจาก P ลิ้นใหญ่จะไม่ถูกเลื่อน เป็นผลทำให้รู P ต่อถึงรู B รู A จะต่อถึงรู R ส่วนรู S จะถูกปิด

สภาวะทำงาน : เมื่อไม่มีกระแสไฟไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ จะทำให้โซลินอยด์ เกิดอำนาจแม่เหล็กลิ้นเล็กด้านบนให้เปิดทางลม ลมจากรู P จะผ่านลิ้นเล็กด้านบนไปเลื่อนลิ้นใหญ่ ทำให้แรงดันลม จาก P เปลี่ยนทิศทาง คือ รู P จะต่อรู A รู B จะต่อรู S ส่วนรู R จะถูกปิด

(ง) วาล์ว 5/2 โซลินอยด์เปิดทางลมและลมเป็นตัวเลื่อนวาล์วทั้งสองด้าน



รูปที่ 2.25

สภาวะปกติ : เมื่อไม่มีกระแสไฟไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ด้านซ้ายมือ จะทำให้โซลินอยด์เกิดแรงดูดจากอำนาจแม่เหล็กเลื่อนลิ้นเล็กด้านซ้ายมือให้เปิดทางลม ลมจาก P จะไหลผ่านลิ้นเล็กไปเลื่อนของเมน วาล์วให้เลื่อนไปทางขวามือ เป็นผลทำให้แรงดันลมจาก P ต่อถึง B และ A จะต่อถึง R ส่วนรู R ส่วนรู S จะถูกปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาวะทำงาน : เมื่อไม่มีกระแสไฟไหลผ่านขดลวดโซลินอยด์ด้านขวามือ จะทำให้โซลินอยด์เกิดแรงดูดจากอำนาจแม่เหล็กเคลื่อนลิ้นเหล็กด้านขวามือให้เปิดทางลม ลมจาก P จะไหลผ่านลิ้นเหล็กไปเคลื่อนลิ้นของเมมวาล์วให้เลื่อนไปทางซ้ายมือ เป็นผลทำให้แรงดันลมจาก P เปลี่ยนทิศทางการไหล คือ รู P ต่อถึงรู A รู B ต่อถึงรู S ส่วนรู R จะถูกปิด

2.4 คอนโทรลภายในของ Visual Basic

Visual Basic เป็นเครื่องมือที่ช่วยพัฒนาแอปพลิเคชันสำหรับวินโดวส์ตัวแรกที่ประสบความสำเร็จเป็นอย่างมาก ทั้งนี้เนื่องมาจากแนวความคิดที่จะนำเอาความสามารถของคอนโทรลมาใช้ในการออกแบบโปรแกรมนี้เอง เพราะคอนโทรลเป็นเครื่องมือที่ช่วยลดความซับซ้อนในการเขียนโค้ดลงไปได้มากที่สุด และนอกจากนี้คอนโทรลยังมีส่วนที่แสดงผลเพื่อสื่อความหมายของการทำงานระหว่างคอนโทรลและผู้ใช้ได้อีกด้วย ส่วนการใช้งานก็ไม่มี ความซับซ้อนเพียงแค่ผู้อ่านทำการเชื่อมต่อคอนโทรลเข้ากับสภาพแวดล้อมของ Visual Basic จากนั้นก็สามารถที่จะนำมาเพิ่มลงในฟอร์มได้ทันที สำหรับ Visual Basic 5.0 ได้มีการแบ่งคอนโทรลออกเป็น 4 กลุ่มหลักๆ ดังนี้

1. คอนโทรลภายใน (Intrinsic Control) เช่น ComboBox, CommandButton หรือ PictureBox เป็นต้น ซึ่งเป็นคอนโทรลที่ถูกสร้างลงในสภาพแวดล้อมของ vb.exe ดังนั้นที่ทุกครั้งที่ผู้อ่านโหลด Visual Basic คอนโทรลเหล่านี้จะถูกจกแถบกล่องเครื่องมือได้เลย ดังนั้นจึงจัดได้ว่าเป็นคอนโทรลมาตรฐาน (Standard Control) กลุ่มหนึ่งของ Visual Basic

2. คอนโทรลมาตรฐาน (Standard Control) เป็นคอนโทรล ActiveX ที่ถูกสร้างเป็นไฟล์ .ocx ที่แยกออกมาต่างหาก เช่น DBGrid (Apex data-bound grid), MSFlexGrid หรือ CommonDialog เป็นต้น ดังนั้นก่อนที่จะสามารถใช้งานคอนโทรลในกลุ่มนี้ได้ เราต้องทำการเชื่อมต่อไฟล์ .ocx เหล่านี้เข้ากับสภาพแวดล้อมของ Visual Basic เสียก่อน โดยใช้คำสั่ง Components ในเมนู Project เช่นเดียวกัน

3. คอนโทรลร่วมวินโดวส์ (Windows Common Control) เป็นคอนโทรล ActiveX ที่ถูกสร้างเป็นไฟล์ .ocx ที่ต้องใช้ร่วมกับไฟล์ .dll ของวินโดวส์ เช่น RichTextBox, Slider หรือ StatusBar เป็นต้น เช่นเดียวกับคอนโทรลมาตรฐาน เพียงแต่คอนโทรลในกลุ่มนี้ได้ถูกจัดเป็นคอนโทรลพื้นฐานของวินโดวส์ 95 ซึ่งจะติดมากับวินโดวส์ 95 โดยที่คอนโทรลร่วมกับวินโดวส์จะถูกจัดเก็บลงในไฟล์ conctl32.ocx และ conct232.ocx

4. คอนโทรล ActiveX รุ่นมืออาชีพ (Professional ActiveX Control) เป็นคอนโทรล ActiveX ที่ถูกสร้างเป็นไฟล์ .ocx เช่นเดียวกับคอนโทรลมาตรฐาน เช่น MSComm (Communications), MapiMessages (MAPI message) หรือ MMControl (Multimedia MCI) เป็นต้น แต่คอนโทรลในกลุ่มนี้ได้ถูกสร้างและแจกจ่ายมากับ Visual Basic รุ่น Professional และ Enterprise เท่านั้น

คุณสมบัติแสดงค่าของคอนโทรลที่สำคัญๆ ที่ได้นำมาใช้กับโครงงานนี้

คอนโทรลทั้งหมดที่มากับ Visual Basic ไม่ว่าจะเป็นคอนโทรลภายในหรือ ActiveX จะมีคุณสมบัติตัวหนึ่งที่ถูกใช้สำหรับการกำหนดค่า (Value) หรืออ่านค่าจากคอนโทรล และคุณสมบัตินี้ได้ถูกกำหนดให้เป็นคุณสมบัติปกติ (Default) ของคอนโทรล โดยในการเขียนโค้ดเราสามารถใช้เพียงชื่อของคอนโทรล (Control Name) โดยไม่ต้องกำหนดคุณสมบัติปกติของทุกๆ คอนโทรลได้โดยไม่เกิดข้อผิดพลาด เช่น คอนโทรล TextBox ก็จะมีคุณสมบัติ Text เป็นคุณสมบัติปกติของคอนโทรล สำหรับคุณสมบัติปกติของคอนโทรลที่สำคัญๆ ที่ใช้กับโครงงานนี้มีดังต่อไปนี้

คอนโทรล	คุณสมบัติ
CommandButton	Value
Data	Caption
DBGrid (Data-Bound Grid)	Text
Label	Caption
TextBox	Text
Timer	Enable

การแบ่งกลุ่มของคอนโทรลภายใน

เราจะแยกตามวัตถุประสงค์ของการใช้งานได้ทั้งหมด 4 กลุ่ม

1. คอนโทรลภายในทั่วไป ประกอบด้วยคอนโทรลที่แสดงผลในลักษณะของการเลือกตอบหรือเลือกรายการ เช่น CheckBox, OptionBox หรือ ListBox เป็นต้น
2. คอนโทรลภายในด้านระบบไฟล์ ประกอบด้วยคอนโทรลที่ทำหน้าที่ติดต่อหรือแสดงผลระบบไฟล์ (รวมทั้งไคร์ฟและไดเรกทอรีด้วย) ของวินโดวส์ เช่น FileListBox หรือ DirListBox เป็นต้น
3. คอนโทรลภายในด้านกราฟิก ประกอบด้วยคอนโทรลที่ทำหน้าที่ด้านการแสดงผลกราฟิกด้วยวิธีกราฟฟิกของคอนโทรล หรือ ฟังก์ชันวินโดวส์ API หรือ ไฟล์กราฟิกในรูปแบบต่างๆ เช่น PictureBox, Shape หรือ Image เป็นต้น
4. คอนโทรลภายในด้านเวลา ซึ่งจะมีอยู่คอนโทรลเดียวได้แก่ Timer ซึ่งมีหน้าที่สร้างเหตุการณ์ที่ตอบสนองเป็นครั้งๆ ตามช่วงเวลาที่ถูกกำหนด

2.4.1 คอนโทรลภายใน

คอนโทรลภายใน ก็จะเป็นคอนโทรลพื้นฐานที่ถูกนำไปใช้งานมากที่สุด เพราะจะเป็นกลุ่มของคอนโทรลที่ช่วยในการสื่อสารแบบสองทางหรือรับเลือกเงื่อนไขจากผู้ใช้ ดังเช่น ทุกๆ แอปพลิเคชันจะใช้

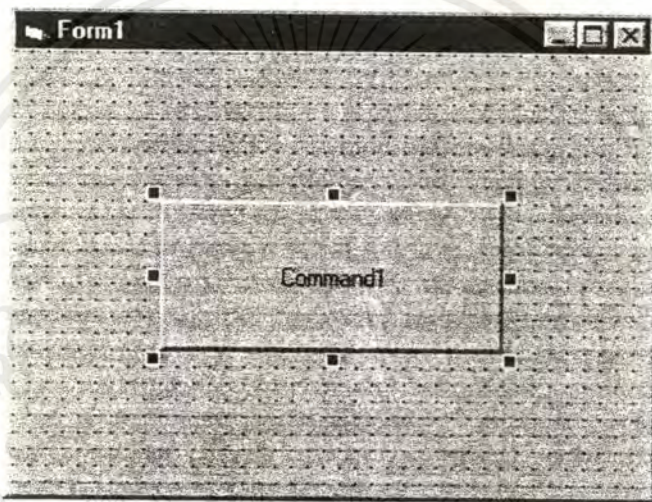
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คอนโทรล CommandButton สำหรับให้ผู้ใช้เลือกที่ยอมรับ (OK) ยกเลิก (Cancel) หรืออื่นตามข้อกำหนดของแต่ละแอปพลิเคชันเป็นต้น ซึ่งคอนโทรลภายในทั่วไปจะประกอบด้วยคอนโทรลต่างๆ ดังต่อไปนี้

คอนโทรล CommandButton

(ก) คอนโทรล CommandButton (Command Button)

คอนโทรล CommandButton จะเป็นคอนโทรลที่ถูกนำไปใช้งานมากที่สุด เพราะในการกำหนดให้ผู้ใช้งานเลือก OK หรือ Cancel นั้น เรามักจะใช้คอนโทรล CommandButton เป็นส่วนใหญ่ ดังนั้นจึงถือว่าเป็นคอนโทรลที่พื้นฐานที่สุดของ Visual Basic เนื่องจากคอนโทรลนี้เป็นปุ่มสำคัญที่ใช้งานในรูปแบบของการคลิกเพื่อยืนยัน ดังนั้นจึงอาจเรียกคอนโทรล CommandButton ได้อีกอย่างว่า Push Button ในขณะออกแบบคอนโทรล CommandButton ที่วางลงบนฟอร์มจะมีลักษณะดังตัวอย่างในรูปที่ 2.31



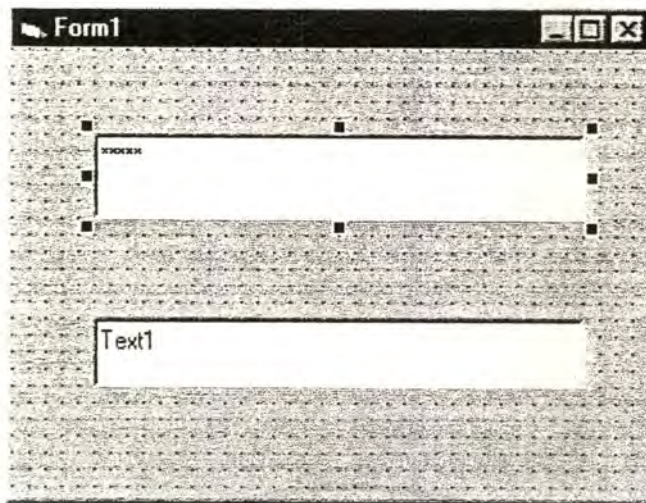
รูปที่ 2.26 แสดงคอนโทรล ControlButton ในขณะออกแบบ

เราสามารถแก้ไขข้อความที่แสดงผลในคอนโทรลนี้ได้ โดยการแก้ไขข้อความในคุณสมบัติ Caption ของคอนโทรลในหน้าต่างคุณสมบัติหรือแก้ไขโค้ดในแอปพลิเคชันก็ได้

(ข) คอนโทรล TextBox (Text Box)

คอนโทรล TextBox มักจะถูกนำไปใช้ทุกๆ ฟอร์มที่มีการรับกรอกข้อความจากผู้ใช้เนื่องจากคอนโทรลนี้ทำหน้าที่แสดงข้อมูล (โดยผ่านทางคุณสมบัติ Text) ในคอนโทรลและยังอนุญาตให้ผู้ใช้สามารถแก้ไขตัวอักษรต่างๆ ของคุณสมบัตินี้ได้ด้วยเช่นกัน นอกจากนี้แล้วคอนโทรล TextBox ยังได้รวมเอาความสามารถหลายๆ ด้านของคอนโทรล Label มาใช้ เช่น สามารถแสดงข้อความได้มากกว่า 1 บรรทัด ความสามารถด้าน DDE (Dynamic Data Exchange) และนอกจากนี้ยังสามารถถูกนำไปใช้ในลักษณะของการกรอกรหัสผ่าน (Password) ได้อีกด้วย ดังรูปที่ 2.27

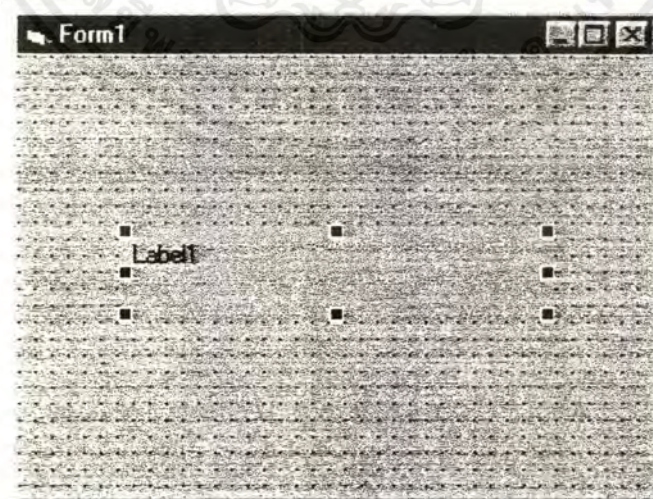
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 แสดงคอนโทรล TextBox ในการออกแบบ

(ค) คอนโทรล Label (Label)

คอนโทรล Label เป็นคอนโทรลในลักษณะของกราฟิกที่ถูกใช้งานสำหรับการแสดงผลข้อความบนฟอร์ม เหมือนกับผู้อ่านได้นำป้ายข้อความอย่างหนึ่งไปวางไว้บนฟอร์ม เพื่อใช้ในการสื่อข้อความกับผู้ใช้ และคอนโทรลนี้ผู้ใช้ไม่สามารถแก้ไขได้โดยตรงด้วยวิธีการคีย์หรือใช้เมาส์ในขณะที่รันแอปพลิเคชัน นอกเสียจากภายในแอปพลิเคชันจะมีการเขียนโค้ดสำหรับแก้ไขข้อความในคอนโทรล โดยการแก้ไขค่าคุณสมบัติ Caption เท่านั้น และนอกจากนี้ Label ยังเป็นคอนโทรลที่มีความสามารถด้าน DDE (Dynamic Data Exchange) อีกด้วย ในขณะที่ออกแบบเราอาจเพิ่มคอนโทรลลงในฟอร์มหรือตัวบรรจุอื่นๆ ก็จะปรากฏหน้าต่างของคอนโทรลดังในรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 แสดงคอนโทรล Label ที่ถูกวางลงในฟอร์มในขณะที่ออกแบบ

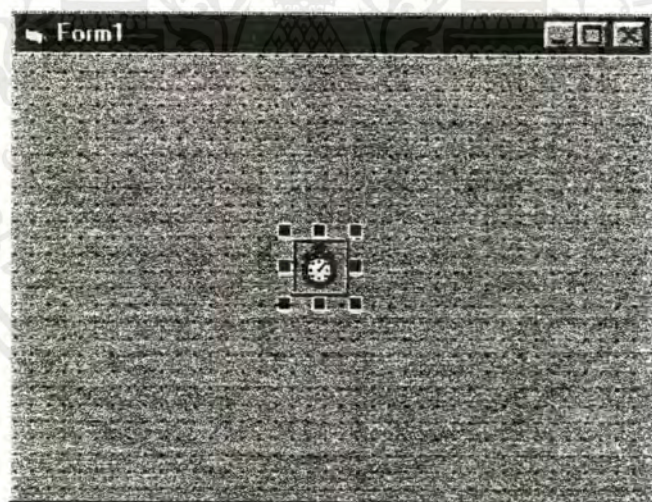
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในการควบคุมพฤติกรรมของคอนโทรล เราสามารถกระทำได้โดยการกำหนดค่าต่างๆ ให้กับคุณสมบัติของคอนโทรล ซึ่งการแก้ไขค่าของคุณสมบัติเราสามารถกระทำได้ในขณะออกแบบโดยการแก้ไขค่าในหน้าต่างคุณสมบัติ และรับแอปพลิเคชันโดยการเขียนโค้ดเพื่อแก้ไขค่าของคุณสมบัติ แต่ก็มีบางคุณสมบัติที่ไม่สามารถแก้ไขได้ในขณะรันแอปพลิเคชัน เช่น Name เป็นต้น

2.4.2 คอนโทรลภายในด้านเวลา

(ก) คอนโทรล Timer (Timer)

คอนโทรล Timer (Timer) เป็นคอนโทรลที่ใช้ในการควบคุมและจัดการเหตุการณ์ด้านเวลา ซึ่งเทียบได้กับประโยค ON TIME GOTO ของ QuickBasic โดยเราสามารถเขียนโค้ดเพื่อทำงานใดๆ เมื่อช่วงเวลาผ่านไปตามค่าที่กำหนด เช่น ทำการปรับการแสดงผลของฟอร์มทุกๆ 1 นาที เป็นต้น โดยที่คอนโทรลนี้จะตอบสนองเหตุการณ์เพียงเหตุการณ์เดียวเท่านั้น แต่เราสามารถกำหนดให้แต่ละฟอร์มมีคอนโทรล Timer มากกว่า 1 คอนโทรล เนื่องจากคอนโทรล Timer เป็นคอนโทรลที่ทำงานตามนาฬิกาของระบบ ดังนั้นมันจึงถูกควบคุมโดยตัวของระบบเอง สำหรับวินโดวส์ 95 และ NT ในทางปฏิบัติจะไม่มีกรจำกัดจำนวนของคอนโทรล Timer ในแต่ละฟอร์ม ดังนั้นเราจึงสามารถใช้งานคอนโทรล Timer พร้อมๆ กันครั้งละหลายๆ คอนโทรล ได้อย่างไม่จำกัด



รูปที่ 2.29 แสดงคอนโทรล Timer ในขณะออกแบบ

ในขณะออกแบบคอนโทรล Timer ที่วางลงบนฟอร์มให้กับฟอร์ม ก็จะมีลักษณะดังรูปที่ และเมื่อเรารันแอปพลิเคชัน คอนโทรลนี้จะไม่ถูกแสดงผล แต่จะมีการทำให้เกิดเหตุการณ์ Timer ทุกครั้งที่ช่วงเวลาครบตามค่าที่ได้กำหนดให้กับคุณสมบัติ Interval ของคอนโทรล Timer

คอนโทรลฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอปพลิเคชันที่ใช้กับโครงการนี้จะต้องมีการเข้าถึงไฟล์ฐานข้อมูล ดังนั้นตัวแปลภาษาที่เหมาะสมกับการสร้างแอปพลิเคชันเหล่านี้ จึงต้องมีเครื่องมือที่สนับสนุนการจัดการฐานข้อมูลอย่างง่ายและมีประสิทธิภาพ ซึ่งเราจึงเลือกใช้ Visual Basic เป็นตัวแปลภาษาที่มีการสนับสนุนระบบจัดการฐานข้อมูลในรูปแบบ Microsoft Access โดยอาศัย JET Database Engine ซึ่งมีเครื่องมือที่ให้โปรแกรมเมอร์สามารถจัดการกับฐานข้อมูลได้ 2 วิธีดังนี้

1. คอนโทรลด้านฐานข้อมูล (Data Control)

การเข้าถึงฐานข้อมูลด้วยคอนโทรลด้านฐานข้อมูล จะเป็นวิธีง่ายที่สุดในการเขียนโปรแกรมเพราะเราเพียงแต่กำหนดไฟล์ฐานข้อมูลฟิลด์สำหรับแต่ละคอนโทรลและคอนโทรล Data เท่านั้น คอนโทรลเหล่านี้จะจัดการสร้าง การแสดงผล การแก้ไขฟิลด์ต่างๆ ของฐานข้อมูลให้โดยอัตโนมัติ หรือตามที่ถูกกำหนดในคุณสมบัติต่างๆ สำหรับความสามารถโดยทั่วไปของคอนโทรลด้านฐานข้อมูลมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- สามารถสร้างตัวแปร Recordset โดยอ้างอิงกับตัวแปร Recordset ที่สนับสนุนโดยคอนโทรลด้านฐานข้อมูล
- แก้ไขโครงสร้างของฐานข้อมูล เช่นการแก้ไขตาราง (Table) ฟิลด์ (Field) หรือ ดัชนี (Index) เป็นต้น
- ค้นหาหรือสืบค้นข้อมูลจากฟิลด์ที่ถูกกำหนดของฐานข้อมูล

คอนโทรลที่สนับสนุนการติดต่อกับฐานข้อมูล (Bound Control) นั้น เราสามารถสังเกตได้จากคอนโทรลที่มีคุณสมบัติ Datafield, DataChange หรือ DataSource เป็นต้น ซึ่งคอนโทรลที่มีคุณสมบัติเหล่านี้ก็จะเป็คอนโทรลค้สนฐานข้อมูลทั้งสิ้น เช่น CheckBox, PictureBox, TextBox, Data, ProgressBar, RichTextBox หรือ MaskedEdit เป็นต้น

2. Data Access Object (DAO)

DAO เป็นโมเดลของคลาสของออบเจกต์ที่สนับสนุนการจัดการฐานข้อมูลในระบบ Relational Database ซึ่งก็จะประกอบด้วยคุณสมบัติ โพรซีเจอร์เหตุการณ์และกัวิธี เพื่อช่วยในการสร้าง แก้ไข จัดเก็บ ค้นหาและลบทิ้งฐานข้อมูล โดยในการจัดการกับฐานข้อมูลในทางปฏิบัติ Visual Basic ก็จะอาศัยความสามารถของ JET Database Engine (JET) ซึ่งเป็นเอ็นจินที่ช่วยในการจัดการกับฐานข้อมูลด้านกายภาพ สำหรับ Visual Basic ฐานข้อมูลในรูปแบบ Microsoft Access จะถูกกำหนดให้เป็นฐานข้อมูลแม่แบบ (Native Database Format) ที่ถูกจัดการ โดย JET ซึ่งกลุ่มชนิดของฐานข้อมูลที Visual Basic สนับสนุนโดยผ่านทาง DAO และ JET สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้

- ฐานข้อมูลของ Visual Basic หมายถึง ฐานข้อมูลในรูปแบบของ Microsoft Access (.mdb) ซึ่ง JET สามารถที่จะจัดการ ได้โดยตรง ดังนั้นจึงเป็นรูปแบบของฐานข้อมูลทีเอ็นจินJET สามารถจัดการ ได้รวดเร็วที่สุด
- ฐานข้อมูลภายนอก หมายถึง ฐานข้อมูลในรูปแบบ Indexed Sequential Access Method (ISAM) ซึ่งเป็นรูปแบบฐานข้อมูลสำหรับ โปรแกรมค้สนฐานข้อมูลระดับเดสก์ทอปในปัจจุบันนั่นเอง เช่น

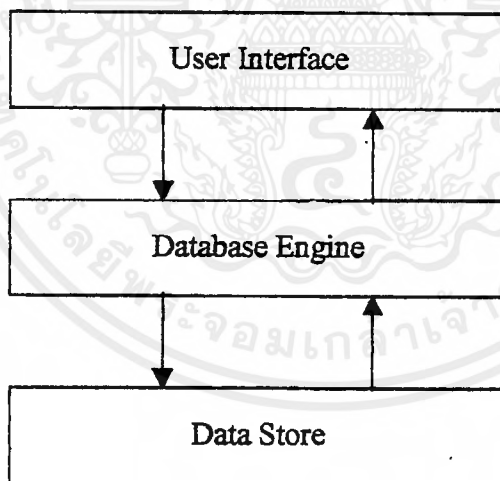
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

dBase IV, FoxPro, Paradox เป็นต้น ซึ่งผู้อ่านสามารถจัดการกับฐานข้อมูลในรูปแบบ ISAM ได้โดยตรงจาก Visual Basic เท่านั้น

- ฐานข้อมูล ODBC หมายถึง ฐานข้อมูลที่ทำกรติดต่อโดยผ่านทาง Open Database Connectivity (ODBC) ซึ่งเป็นมาตรฐานการจัดการกับข้อมูลในรูปแบบที่แตกต่างกันของไมโครซอฟต์ เช่น ฐานข้อมูลชนิด ไคลเอนต์-เซิร์ฟเวอร์ Microsoft SQL Server เป็นต้น ดังนั้นเราจึงสามารถที่จะสร้างแอปพลิเคชันชนิด ไคลเอนต์-เซิร์ฟเวอร์ด้านฐานข้อมูลได้โดยตรงจาก Visual Basic โดยอาศัยมาตรฐาน ODBC นี้เอง

Microsoft JET Database Engine

ในการเขียนโปรแกรมเพื่อจัดการกับฐานข้อมูลของ Visual Basic นั้น เราสามารถใช้อินเตอร์เฟซของ DAO ในการกำหนดวิธีการจัดการกับฐานข้อมูลที่ต้องการ แต่ในทางปฏิบัติจริงๆ DAO ก็จะต้องมีการส่งคำสั่งต่อเนื่องไปยัง JET เพื่อให้ JET ทำกรจัดการกับฐานข้อมูลในทางกายภาพอีกต่อหนึ่งในรูปที่ 35 สำหรับเอ็นจินของ JET ที่มากับ Visual Basic 5.0 ก็จะเป็นเวอร์ชัน 3.5 ซึ่งเป็นเอ็นจินระดับ 32 บิตที่ทำงานภายใต้ระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 32 บิตเท่านั้น โดยจะมีความเสถียร ประสิทธิภาพและสมรรถนะในการประมวลผลได้รวดเร็วกว่า JET เวอร์ชันที่ผ่านมา



รูปที่ 2.30 สถาปัตยกรรมด้านฐานข้อมูลของ Visual Basic

- User Interface ผู้อ่านต้องเขียนโค้ดโดยอาศัย DAO หรือคอนโทรลด้านฐานข้อมูล เพื่อจัดการกับฐานข้อมูลที่ต้องการโดยแสดงผลฟิลด์ต่างๆ ของฐานข้อมูลนั้น ผู้อ่านก็ต้องกระทำโดยอาศัยคอนโทรลหรือฟอร์มสำหรับการสร้าง แก้ไข ลบทิ้ง จัดเก็บหรือค้นหาข้อมูลในฐานข้อมูล Visual Basic ก็กระทำผ่านทางเอ็นจิน JET อีกทอดหนึ่ง

- Database Engine JET เป็นไฟล์ไลบรารี (.dll) ที่ประกอบด้วย ฟังก์ชันที่ช่วยในการจัดเก็บกับไฟล์ฐานข้อมูลในระดับกายภาพ ซึ่งในการทำงาน JET จะแปลงการร้องขอจาก Visual Basic เพื่อที่จะดำเนินการกับฟิลด์ต่างๆ ของไฟล์ฐานข้อมูลและรายงานข้อมูลกลับไปยังโค้ดส่วนที่ร้องขอ (ถ้าหากมี) และนอกจากนี้ JET ยังสนับสนุนการสืบค้นหาหรือประมวลผลฐานข้อมูลโดยอาศัยภาษา SQL (Structured Query Language) อีกด้วย
- Data Store ไฟล์ที่จัดเก็บข้อมูลและรายละเอียดทั้งหมดของฐานข้อมูล คคชที่ไฟล์ข้อมูลแม่แบบของ Visual Basic ก็จะจัดเก็บในรูปแบบของ Microsoft Access โดยมีนามสกุล .mdb โดยที่ข้อมูลที่จัดเก็บในไฟล์ฐานข้อมูลจะถูกจัดระเบียบโดยรูปแบบของฐานข้อมูลแต่ละประเภท ซึ่งเอ็นจิน JET จะทำหน้าที่จัดการกับข้อมูลให้โดยอัตโนมัติ ซึ่งเราสามารถที่จะจัดการกับฐานข้อมูลหลากหลายชนิดโดยไม่จำเป็นต้องทราบถึงโครงสร้างของไฟล์ฐานข้อมูลชนิดนั้นๆ เลย ซึ่งก็เป็นจุดเด่นอีกประการของระบบฐานข้อมูลของ Visual Basic

2.4.3 คอนโทรลด้านฐานข้อมูล

คอนโทรลด้านฐานข้อมูลเป็นคอนโทรลที่ใช้ในการเข้าถึงฐานข้อมูล ซึ่งหลักๆ สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มดังนี้

1. คอนโทรล Data เป็นคอนโทรลหลักที่ใช้ในการควบคุมการติดต่อบetween คอนโทรลด้านฐานข้อมูลกับฐานข้อมูล โดยที่คอนโทรล Data จะทำหน้าที่ควบคุมการเข้าถึงฐานข้อมูล เช่น การเคลื่อนที่ไปยังเรคอร์ด การเปิด-ปิด การจัดเก็บฐานข้อมูล เป็นต้น

2. คอนโทรลภายใน Data-Aware เป็นคอนโทรลภายในของ Visual Basic ที่สนับสนุนคุณสมบัติการแสดงผลข้อมูลของฟิลด์หนึ่งๆ ของฐานข้อมูล เช่น CheckBox, PictureBox หรือ TextBox เป็นต้น ซึ่งคอนโทรลภายใน Data-Aware จะแตกต่างกับคอนโทรล Data-Bound ตรงที่คอนโทรลภายใน Data-Aware จะสามารถเชื่อมต่อเข้ากับฟิลด์ของฐานข้อมูลคอนโทรลละ 1 ฟิลด์เท่านั้น

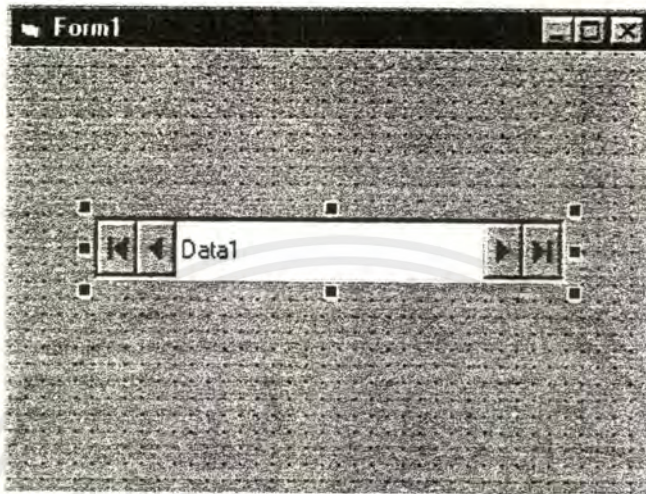
3. คอนโทรล Data-Bound เป็นคอนโทรล ActiveX ที่ถูกออกแบบพิเศษเพื่อให้สามารถเชื่อมต่อกับ Record (ประกอบด้วยตั้งแต่ 1 ฟิลด์ขึ้นไป) ของฐานข้อมูล เช่น DBList, DBCombo, DBGrid และ MSFlexGrid ซึ่งคอนโทรล Data-Bound จะสามารถเชื่อมต่อกับหลายๆ เรคอร์ดได้ในเวลาเดียวกันทั้งนี้เพื่อขยายขีดความสามารถในการจัดการกับฐานข้อมูลนั่นเอง

(ก) คอนโทรล Data (Data)

คอนโทรล Data เป็นคอนโทรลที่ใช้เข้าถึงฐานข้อมูล และทำการเชื่อมต่อการแสดงผลข้อมูลของแต่ละฟิลด์ในฐานข้อมูลเข้ากับคอนโทรลด้านฐานข้อมูล (Data-Bound or Data-Aware Control) โดยเมื่อมีการเคลื่อนที่ไปยังเรคอร์ดใดๆ ในฐานข้อมูลด้วยคอนโทรล Data ข้อมูลที่ถูกแก้ไขในคอนโทรลด้านฐานข้อมูล ที่เชื่อมต่อกับคอนโทรล Data ซึ่งเป็นเรคอร์ดปัจจุบันในขณะนั้น ก็จะถูกจัดเก็บลงในฐานข้อมูลโดยเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อัตโนมัติ แล้วจึงเคลื่อนที่ไปยังเรคอร์ดถัดไปทันที แต่เนื่องจากคอนโทรล Data สามารถที่จะจัดเก็บข้อมูลที่ ถูกแก้ไขให้โดยอัตโนมัติ ดังนั้นถ้าหากเราต้องการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลก่อนที่จะถูกเก็บโดย คอนโทรล Data ก็สามารถกระทำได้โดยการเขียนโค้ดเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในโพธิ์เซอร์ ของเหตุการณ์ Validate

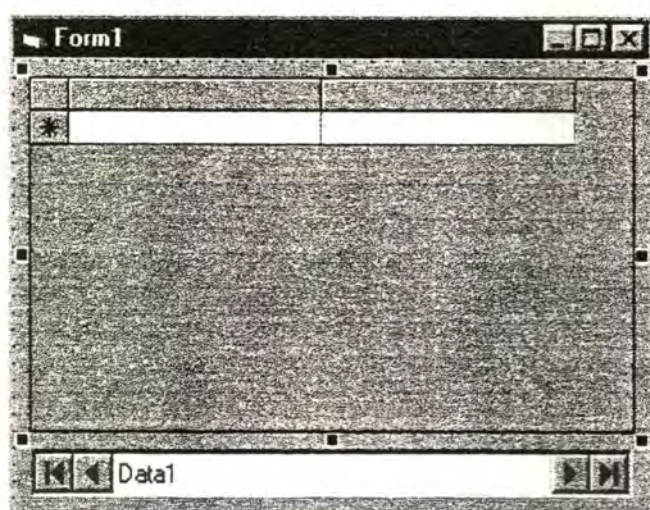
ในขณะที่ออกแบบคอนโทรล Data ที่ถูกวางลงบนฟอร์ม จะมีลักษณะดังรูปที่ 2.31



รูปที่ 2.31 แสดงคอนโทรล Data ในขณะที่ออกแบบ

(ข) คอนโทรล DBGrid (Apex Data-Bound Grid)

คอนโทรล DBGrid ทำหน้าที่แสดงผลเรคอร์ดในรูปแบบของตาราง (Grid) โดยที่เราต้องกำหนดชื่อของคอนโทรล Data ให้กับคุณสมบัติ DataSource ของคอนโทรล DBGrid ซึ่งข้อมูลทั้งหมดของเรคอร์ดจะถูกแสดงผลภายในคอนโทรล DBGrid โดยอัตโนมัติ โดยปกติคอนโทรล DBGrid สามารถแสดงผลจำนวนคอลัมน์ได้มากที่สุดเท่ากับ 1,700 คอลัมน์ ส่วนจำนวนแถวก็แสดงผลได้มากเท่าที่ทรัพยากรของระบบจะอำนวย และในการเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งใดๆ ของคอนโทรล DBGrid ด้วยวิธี Move เราก็ควรจะเขียนโค้ดเพื่อเรียกใช้วิธี Refresh ให้ทำการวาดคอนโทรลใหม่อีกครั้ง โดยในขณะที่ออกแบบคอนโทรลก็จะมีลักษณะดังรูปที่ 2.32



รูปที่ 2.32 แสดงคอนโทรล DBGrid ในขณะออกแบบ

เนื่องจากคอนโทรล DBGrid มีคุณสมบัติมาก ดังนั้นนอกจากเราจะสามารถกำหนดค่าให้กับคุณสมบัติโดยผ่านทางหน้าต่างคุณสมบัติแล้ว เรายังสามารถจะคลิกที่ปุ่มของรายการ (Custom) ในหน้าต่างคุณสมบัติ ก็จะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์ Property Pages ของคอนโทรล DBGrid ซึ่งจะประกอบด้วยแท็บ ดังมีรายการดังต่อไปนี้

- Caption กำหนดชื่อหัวเรื่องของคอนโทรล DBGrid ซึ่งจะปรากฏที่บรรทัดแรกบนสุดของคอนโทรล DBGrid
- AllowAddNew กำหนดให้สามารถเพิ่มเรคอร์ดใหม่ได้
- AllowDelete กำหนดให้สามารถลบเรคอร์ดได้
- AllowUpdate กำหนดให้สามารถปรับปรุงข้อมูลของเรคอร์ดได้
- ColumnHeaders กำหนดให้มีการแสดงผลส่วนหัวของคอลัมน์
- Enabled กำหนดให้คอนโทรล DBGrid สามารถใช้งานได้
- MarqueeUnique กำหนดให้แสดงผล Marquee ในแถบแบ่งแยกส่วน (Split) ปัจจุบัน
- DefColWidth กำหนดขนาดความกว้างของคอลัมน์ ซึ่งใช้เป็นค่า Default
- Headlines กำหนดจำนวนแถวที่สามารถแสดงผลส่วนหัวของคอลัมน์
- RowHeight กำหนดขนาดความสูงของแถว
- Appearance กำหนดการแสดงผลคอนโทรล DBGrid แบบ 3 มิติ
- BordorStyle กำหนดการแสดงผลเส้นล้อมรอบคอนโทรล DBGrid
- RowDividerStyle กำหนดรูปแบบของตัวแบ่งแถว
- DataMode กำหนดโหมดการเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ค) คอนโทรล Communications

การคอนโทรลด้านการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม (Serial Port) โดยอาศัยคอนโทรล MSComm ซึ่งกล่าวถึงพอร์ตอนุกรมซึ่งหมายถึง พอร์ตของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่วินโดวส์รู้จักในชื่อของ COM1: หรือ COM2: เป็นต้น แต่สำหรับแอปพลิเคชันที่เรานำคอนโทรล MSComm ไปใช้นั้นมีอยู่หลายประเภทด้วยกัน เช่น การเขียนโปรแกรมสื่อสารกับเครื่องคอมพิวเตอร์อื่นๆ หรือ ศูนย์บริการ BBS หรือแม้กระทั่งโฮสต์ที่ใช้บริการอินเทอร์เน็ตโดยผ่านทางโมเด็ม หรือนอกจากนี้เรายังสามารถที่จะใช้คอนโทรล MSComm ในการติดต่อหรือควบคุมบอร์ดต่างๆ หรือแม้กระทั่งเครื่องอ่านรหัสบาร์โค้ด (Barcode Reader) ที่ต่อผ่านพอร์ตอนุกรมก็ได้เช่นกัน ด้วยเหตุผลนี้คอนโทรล MSComm จึงมีประโยชน์อย่างมากที่ต้องการสร้างแอปพลิเคชันด้านการสื่อสารหรือการควบคุมบอร์ดต่างๆ ที่ใช้ตามโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ไปซึ่งในปัจจุบันได้มีการนำ Visual Basic มาประยุกต์ใช้งานด้านนี้กันอย่างแพร่หลาย เช่น การใช้ Visual Basic ร่วมกับคอนโทรล MSComm ในการติดต่อกับเครื่องวัดการใช้กำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

เราสามารถที่จะนำ Visual Basic มาประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมที่ต้องการควบคุมบอร์ดหรืออุปกรณ์ด้านอิเล็กทรอนิกส์ผ่านทางพอร์ตอนุกรมแบบอัตโนมัติ (Realtime-Automatic Control) ได้โดยอาศัยเพียงคอนโทรล MSComm เท่านั้น

พอร์ตอนุกรม (Serial Port)

เนื่องจากในปัจจุบันมีการใช้งานตามมาตรฐานการเชื่อมต่อแบบ RS-232-C กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งเป็นมาตรฐานถูกกำหนดโดย EIA ซึ่งเป็นองค์กรอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ของสหรัฐอเมริกา โดยแบ่งการเชื่อมต่อออกเป็น 2 ลักษณะคือ DTE (Data Terminal Equipment) และ DCE (Data Communication Equipment) ซึ่งโดยปกติ DTE จะต้องต่อเข้ากับ DCE เสมอ เช่น การต่อเครื่องคอมพิวเตอร์ (อุปกรณ์ DTE) เข้ากับอุปกรณ์โมเด็ม (อุปกรณ์ DCE) เป็นต้น

พอร์ตอนุกรม RS-232-C จะเป็นพอร์ตของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีขาต่อ (Connector) ทั้งประเภท 9 และ 25 ขา และเราเรียกกันว่าพอร์ต COM1: และ COM2: นั่นเอง ในความจริงพอร์ตอนุกรมไม่ได้ถูกควบคุมโดยตรงจาก CPU บนเมนบอร์ด แต่การสื่อสารทั้งหมดจะถูกเก็บโดยชิป UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) อีกทีหนึ่ง ซึ่งในปัจจุบันเบอร์ที่ใช้กันมากที่สุดก็คือเบอร์ 16550C ซึ่งเป็นเวอร์ชันที่ได้รับการแก้ไขข้อผิดพลาดแล้ว ซึ่งชิป UART นี้จะทำหน้าที่ในการรับและส่งข้อมูลดังต่อไปนี้

การส่งข้อมูล (Data Transmission)

- รับตัวอักษรจากเครื่องคอมพิวเตอร์
- แปลงตัวอักษรให้เป็นสายข้อมูลแบบบิต (เราเรียกว่าขบวนการ Serialization)
- สร้างเฟรมข้อมูลโดยการเพิ่มบิตที่จำเป็นสำหรับการสื่อสารและการตรวจสอบ เช่น บิต START, STOP และ PARITY เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ส่งผ่านเฟรมข้อมูลที่สร้างขึ้นมาแล้วจากขั้นตอนที่ผ่านมา ด้วยความเร็วของ โมเด็มหรือพอร์ตอนุกรม (Baud Rate)
- แสดงสถานะความพร้อมที่จะรับข้อมูลตัวอักษรถัดไปให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์

การรับข้อมูล (Data Receiver)

- รับตัวอักษรจากอินเตอร์เฟซ
- ตรวจสอบความถูกต้องของเฟรมข้อมูลตามมาตรฐานเฟรมที่กำหนด โดยถ้าหากเฟรมข้อมูลมีรูปแบบที่ไม่ถูกต้องก็จะมีอาการแจ้งข้อผิดพลาดทันที
- ตรวจสอบความถูกต้องของพาริตี
- แปลงสายข้อมูลแบบบิตให้เป็นตัวอักษร
- ส่งตัวอักษรให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์
- แสดงสถานะความพร้อมที่จะรับข้อมูลตัวอักษรถัดไปให้กับอินเตอร์เฟซ

2.4.4 คอนโทรล MSComm (Communications)

คอนโทรล MSComm เป็นคอนโทรลตัวหนึ่งที่ใช้ช่วยในการติดต่อกับพอร์ตอนุกรม (Serial Port) ซึ่งผู้อ่านสามารถทำการรับ-ส่งข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรมได้ด้วยคอนโทรลนี้ เช่น การติดต่อผ่านทางโมเด็ม (Modem) หรือ ติดต่อโดยตรงกับบอร์ดอิเล็กทรอนิกส์ เป็นต้น ซึ่งคอนโทรล MSComm ที่มากับ Visual Basic จะเป็นคอนโทรลที่ทำงานโดยมีการตอบสนองต่อเหตุการณ์แบบ Event-Driven นั่นก็คือคอนโทรลจะทำหน้าที่ตรวจสอบการเกิดขึ้นหรือร้องขอให้เกิดเหตุการณ์ต่างๆ กับพอร์ตอนุกรมโดยอัตโนมัติ และจะมีการแจ้งเตือนให้ผู้อ่านได้รับทราบโดยผ่านโพธิ์เซอร์เหตุการณ์ เช่นเดียวกับคอนโทรลทั่วไปของ Visual Basic นั่นเอง ดังนั้นในการเขียนโค้ดเราจึงไม่จำเป็นต้องสร้างโพธิ์เซอร์ที่ทำหน้าที่คอยตรวจสอบเหตุการณ์ต่างๆ ของพอร์ตอนุกรมซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการทำงานเป็นอย่างมาก

คอนโทรล MSComm จะมีหน้าที่มาตรฐานหลักๆ สำหรับการสื่อสารผ่านพอร์ตอนุกรม 3 ประการดังต่อไปนี้

- ระบุหมายเลขติดต่อกับโทรศัพท์ปลายทางที่กำหนด
- ตรวจสอบการเข้ามาของข้อมูลยังพอร์ตอนุกรมโดยอัตโนมัติ
- ส่งข้อมูลตามที่กำหนดจากโปรแกรมไปยังพอร์ตอนุกรม

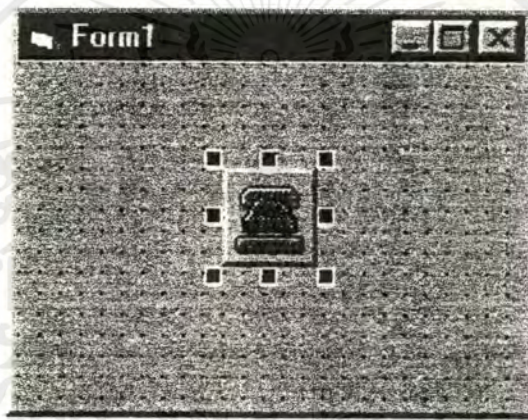
ในความจริงคอนโทรล MSComm ไม่ได้ทำหน้าที่ติดต่อกับพอร์ตอนุกรมโดยตรง แต่มันจะทำหน้าที่เรียกใช้ฟังก์ชันวินโดวส์ API ซึ่งวินโดวส์จะทำการส่งหรือรับข้อมูลผ่านทางพอร์ตอนุกรมโดยอาศัยไดรเวอร์ Comm.drv อีกทอดหนึ่ง ดังนั้นจึงสามารถสรุปสั้นๆ ได้ว่าทุกครั้งที่เรามีการเรียกใช้คอนโทรล MSComm ก็หมายถึงเรียกใช้ฟังก์ชันวินโดวส์ API ซึ่งจะถูกตีความอีกทอดหนึ่งโดยไดรเวอร์ Comm.drv จากนั้นก็จะส่งผ่านข้อมูลที่ถูกรูปแบบตามมาตรฐานการสื่อสาร (ทั้งนี้ขึ้นกับอุปกรณ์ที่ต่อเข้ากับพอร์ตอนุกรม) ให้กับดีไวซ์ไดรเวอร์อีกทอดหนึ่งนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การกำหนดคุณสมบัติของคอนโทรล MSComm ในขณะที่ออกแบบเราสามารถกระทำได้อย่างสะดวกโดยการคลิกที่ปุ่มของรายการ (Custom) ในหน้าต่างคุณสมบัติ ซึ่งก็จะปรากฏไอคอนบ็อกซ์ Property Pages เพื่อให้เราได้ปรับแต่งค่าของคุณสมบัติของคอนโทรล MSComm สนับสนุน ซึ่งปุ่มต่างๆ ของไอคอนบ็อกซ์ Property Pages มีความหมายดังนี้

- ปุ่มคำสั่ง OK ยอมรับการแก้ไขคุณสมบัติของคอนโทรล MSComm
- ปุ่มคำสั่ง Cancel ยกเลิกการแก้ไขคุณสมบัติของคอนโทรล MSComm
- ปุ่มคำสั่ง Apply อัปเดตคุณสมบัติที่ถูกแก้ไขของคอนโทรล MSComm
- ปุ่มคำสั่ง Help แสดงผล Help ของคอนโทรล MSComm

สำหรับฟอร์มหนึ่งๆ เราสามารถเพิ่มได้หลายๆ คอนโทรล MSComm ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการของเราในการติดต่อกับพอร์ตอนุกรมใดบ้าง สำหรับวินโดวส์ 95 และ NT 4.0 เราสามารถติดตั้งพอร์ตอนุกรมได้มากกว่า 4 พอร์ต โดยเราสามารถเพิ่มคอนโทรล MSComm ลงในฟอร์ม ก็จะปรากฏดังรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33 แสดงคอนโทรล MSComm ในขณะออกแบบ

2.4.5 คอนโทรล MSChart (MS Chart)

คอนโทรล MSChart เป็นคอนโทรลที่ทำหน้าที่สร้างกราฟในรูปแบบต่างๆ เช่น กราฟแท่ง (Bar Chart), กราฟเส้น (Line Chart) หรือ กราฟพาย (Pie Chart) เส้นข้อมูลสถิติ เช่น เส้นค่าเฉลี่ยหรือเส้นสมการถดถอยเชิงเส้นตรง (Linear Regression) เป็นต้น และนอกจากนี้ยังสนับสนุนคุณสมบัติอื่นๆ ที่สำคัญดังต่อไปนี้

- แสดงผลกราฟในรูปแบบ 3 มิติ
- สนับสนุนกราฟสำคัญที่ใช้ในวงการธุรกิจทั้งหมด
- สร้างประชากรข้อมูลโดยการสุ่มหรือโดยอาร์เรย์

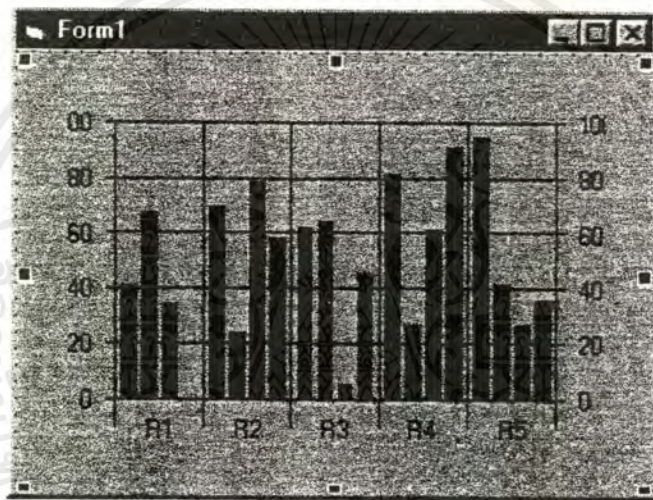
สำหรับข้อมูลที่ใช้ในการสร้างกราฟนั้น คอนโทรล MSChart จะดึงมาจากออบเจกต์ DataGrid ซึ่งถูกกำหนดเป็นตารางสำหรับการจัดเก็บข้อมูลทั้งหมด โดยที่เราสามารถแบ่งกำหนดได้เป็นหลายๆ กลุ่ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการนำไปสร้างเป็นกราฟที่ต้องการเปรียบเทียบ หรือแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละกลุ่มข้อมูล เป็นต้น

การกำหนดคุณสมบัติของคอนโทรล MSChart ในขณะออกแบบ เราสามารถกระทำได้อย่างสะดวก โดยการคลิกที่ปุ่มของรายการ (Custom) ในหน้าต่างคุณสมบัติ ซึ่งก็จะปรากฏไดอะล็อกบ็อกซ์ Property Pages เพื่อให้เราได้ปรับแต่งค่าของคุณสมบัติของคอนโทรล MSChart สนับสนุน ซึ่งส่วนปุ่มคำสั่งต่างๆ ของไดอะล็อกบ็อกซ์ Property Pages มีความหมายดังนี้

- ปุ่มคำสั่ง OK ยอมรับการแก้ไขคุณสมบัติของคอนโทรล MSChart
- ปุ่มคำสั่ง Cancel ยกเลิกการแก้ไขคุณสมบัติของคอนโทรล MSChart
- ปุ่มคำสั่ง Apply อัปเดตคุณสมบัติที่ถูกแก้ไขของคอนโทรล MSChart
- ปุ่มคำสั่ง Help แสดงผล Help ของคอนโทรล MSChart



รูปที่ 2.34 แสดงคอนโทรล MSChart ในขณะออกแบบ

การสร้างรายงานด้วย Report Designer

ในการทำงานเกี่ยวกับฐานข้อมูล บางครั้งเราจำเป็นต้องทำรายงานข้อมูลออกมา เพื่อไปทำงานบางอย่าง เช่น ต้องการส่งจดหมายไปยังสำนักพิมพ์ตามที่อยู่ เป็นต้น ใน VB5 สามารถสร้างรายงานตามที่เราต้องการได้จากโปรแกรมที่มีมาให้ คือ โปรแกรม Crystal Report ที่ช่วยให้เราสร้างรายงานต่างเช่น รูปแบบของจดหมาย, ตารางข้อมูล เป็นต้น ได้ง่ายขึ้น

คุณสมบัติที่สำคัญของคอนโทรล Crystal Report มีดังต่อไปนี้

1. คุณสมบัติ ReportFileName เป็นคุณสมบัติที่เก็บไดเรกทอรีของไฟล์ของรายงานที่เราต้องการพิมพ์ ค่านี้สามารถเปลี่ยนแปลงได้ทั้งตอนรัน โปรแกรม และออกแบบ โปรแกรม

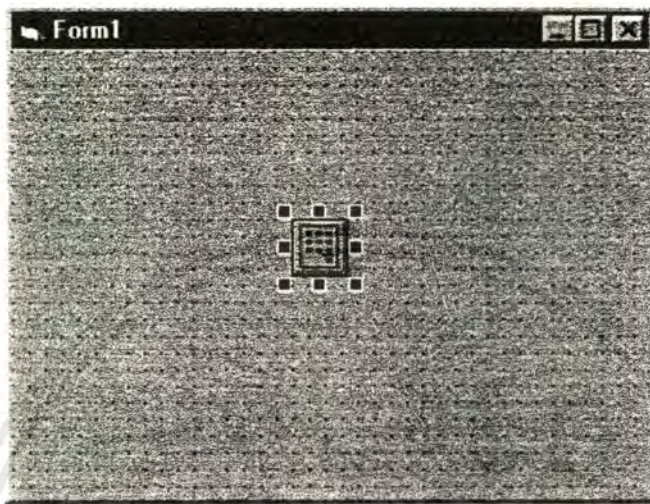
2. คุณสมบัติ Destination เป็นคุณสมบัติที่จะบอกว่าให้พิมพ์รายงานลงที่ใด มีค่าอยู่ 4 ค่า คือ

- 0 - To Window

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- 1 - To Printer
- 2- To File
- 3- To MAPI (สำหรับ E-mail)

3. คุณสมบัติ SelectionFormula ใช้สำหรับกำหนดเงื่อนไขในการพิมพ์ ซึ่งถ้าไม่ระบุจะหมายถึงทุก Record



รูปที่ 2.35 แสดงคอนโทรล Crystal Report ในขณะออกแบบ

2.5 อุปกรณ์ทรานส์ดิวเซอร์ (Force Torque and Pressure Measurements)

ทรานส์ดิวเซอร์ ซึ่งใช้วัดแรง ทอร์ก หรือ ความดันโดยทั่วไป ประกอบด้วยส่วนยืดหยุ่น หรือ การเปลี่ยนแปลงเป็นระยะโค้ง หรือความเครียด และเซนเซอร์โดยปกติ จะใช้เกกความเครียด (Strain Gage) อย่างไรก็ตาม บางครั้ง อาจใช้ LDT หรือ โปเทนทีออมิเตอร์ (Potentiometres) สำหรับการวัดแบบสถิต (Static) หรือ ควอไซสแตติก (Quasi Static)

2.5.1 ทรานส์ดิวเซอร์แบบหลักการของแรง (Force Transducers)

ทรานส์ดิวเซอร์ชนิดนี้ใช้สำหรับเปลี่ยนแรงทางกายภาพให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า แรงสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ

1. แรงจลน์ เป็นแรงที่ทำให้วัตถุเปลี่ยนแปลงความเร็วในการเคลื่อนที่ เช่น แรงที่กระทำบนข้อมือหุ่นยนต์เนื่องจากความเร่งของมวลของวัตถุในระหว่างการบังคับให้เคลื่อนที่
2. แรงสถิต เป็นแรงที่กระทำบนวัตถุโดยไม่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่ เช่น แรงที่กระทำโดย คริปเปอร์ (Qripper) ของหุ่นยนต์บนผิวของวัตถุในระหว่างการจัดการกับวัตถุ

การวัดแรงทั่วๆ ไปทรานส์ดิวเซอร์จะเปลี่ยนพลังงานกลเป็นพลังงานไฟฟ้า โดยการวัดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างทางกายภาพของทรานส์ดิวเซอร์ ซึ่งแรงเป็นตัวการทำให้เกิดขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.2 ส่วนประกอบยืดหยุ่นที่ใช้ในการวัดแรง (Elastic Elements For Force Measurements)

ส่วนยืดหยุ่นที่นิยมใช้สำหรับการแสดงขนาดของแรงที่กระทำโดยผ่านการวัดการกระจัด เช่น

1. สปริง ในกรณีแรงจะหาได้จาก

$$P = ky \quad (2-1)$$

เมื่อ k = ค่าคงตัวของสปริง

y = ระยะกระจัดจากจุดสมดุล

2. แท่งวัสดุ แรงที่วัดได้จะเป็นไปตามสมการ

$$P = (AE/L) * y \quad (2-2)$$

เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัด E = ค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่นของวัสดุ L = ความยาว

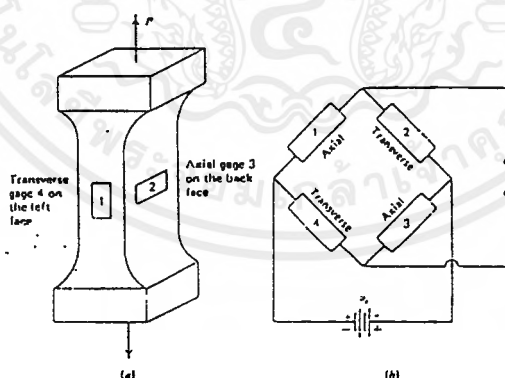
3. คานยื่น (CANTILEVER BEAM) การเบนไปของปลายคาน สัมพันธ์กับแรง P ที่กระทำโดย

$$P = (3EI/L^3) * y \quad (2-3)$$

เมื่อ I = โมเมนต์ของความเฉื่อยของคานรอบแกนที่ผ่านศูนย์กลางในทิศทางของการเบน

นอกจากนี้ ยังมีริงค์ (Ring) และเว็บ (Webs) ซึ่งเป็นส่วนยืดหยุ่นที่ใช้ทำทรานสดิวเซอร์ และได้มีการแบ่งโหลดเซลล์เป็นชนิดต่างๆ ดังนี้

(ก) โหลดเซลล์แบบลิ้งค์ (Link-Type Load Cell)



รูปที่ 2.36

โหลดเซลล์แบบลิ้งค์คืออย่างง่าย ประกอบด้วยลิ้งค์และเกจความเครียด 4 อัน ดังแสดงในรูปที่ 2.36 ภาระ P สามารถเป็นไปได้ทั้งภาระแรงดึง (Tensile Load) หรือ ภาระแรงอัด (Compressive Load) เกจความเครียด 2 อัน ยึดติดกับลิ้งค์ในแนวแกน และอีก 2 อัน ในแนวขวางกับแกน

เกจความเครียดทั้ง 4 จะต่อเป็นวงจรวอร์ทสโตนบริดจ์ (Wheatstone Bridge) โดยเกจที่อยู่ในแกนต่ออยู่ในแนวแกนต่ออยู่ในแกน 1 และ 3 ส่วน เกจที่อยู่ในแนวขวางต่ออยู่กับแกน 2 และ 4 ดังรูปที่ 2.36 เมื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาวะ P กระทำต่อลิ่งค์ความเครียดตามแนวแกน และตามแนวขวางจะเกิดขึ้นในลิ่งค์และสัมพันธ์กับภาวะตามสมการ

$$\begin{aligned}\epsilon_a &= P/AE \\ \epsilon_t &= -\nu P/AE\end{aligned}\quad (a)$$

เมื่อ A = พื้นที่หน้าตัดของลิ่งค์

E = โมดูลัสของความยืดหยุ่นของวัสดุที่ใช้ทำลิ่งค์

ν = อัตราส่วนปัวซองของวัสดุที่ใช้ทำลิ่งค์

การตอบสนองของเกจต่อโหลด P ที่กระทำ เป็นไปตามสมการ

$$\begin{aligned}\Delta R_1/R_1 &= \Delta R_3/R_3 = S_g \epsilon_a = S_g P/AE \\ \Delta R_2/R_2 &= \Delta R_4/R_4 = S_g \epsilon_t = -\nu S_g P/AE\end{aligned}\quad (b)$$

ถ้าสมมติว่าเกจความเครียดทั้ง 4 ตัวบนลิ่งค์เหมือนกันทุกประการ แรงดันออก v_0 จากวีทสโตนบริดจ์ หาได้จาก การแทนค่าสมการ (b) ลงในสมการ

$$v_0 = \frac{r}{(1+r)^2} \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right) v_s$$

จะได้

$$v_0 = \frac{S_g P(1+\nu)}{2AE} v_s \quad (2-4)$$

หรือ

$$P = \frac{2AE}{S_g(1+\nu)v_s} = C v_0 \quad (2-5)$$

สมการ (2-5) แสดงว่า ภาวะ P เป็นสัดส่วนเชิงเส้นกับแรงดันออก v_0 และค่าคงตัวสัดส่วนหรือค่าคงตัวเปรียบเทียบ คือ

$$C = \frac{2AE}{S_g(1+\nu)v_s} \quad (2-6)$$

เมื่อ C = ค่าคงตัวเปรียบเทียบ

ความไวของโหลดเซลล์วีทสโตนบริดจ์คอมบิเนชัน (Load Cell-Wheatstone Bridge Combination)

คือ

$$S = \frac{v_0}{P} = \frac{1}{C} = \frac{S_g(1+\nu)}{2AE} v_s \quad (2-7)$$

จากสมการ (2-7) ข้างบนแสดงว่า ความไวของโหลดเซลล์ขึ้นอยู่กับ พื้นที่หน้าตัดของลิ่งค์ (A) โมดูลัสของความยืดหยุ่นของวัสดุที่ใช้ทำลิ่งค์ (E, ν) เกจแฟกเตอร์ (Gage Factor), S_g และแรงดันที่จ่ายให้กับ B
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริคจ์ (v_s) ช่วง (Range) ของแรงที่ให้กับ โหลดเซลล์แบบลึงค์หาได้จาก พื้นที่หน้าตัดของลึงค์และ ความกล้า S_f ของวัสดุที่ใช้ทำลึงค์โดย

$$P_{max} = S_g A \tag{2-8}$$

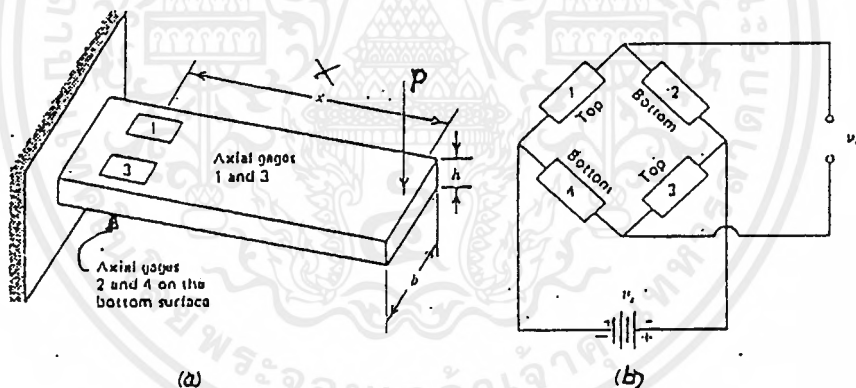
อัตราส่วนแรงที่ภาวะสูงสุด (Maximum Load) $(v_0/v_s)_{max}$ สำหรับ โหลดเซลล์แบบลึงค์หาได้จากการแทนสมการข้างบน ลงใน (2-4) จะได้

$$\left(\frac{v_0}{v_s}\right)_{max} = \frac{S_g S_f (1+U)}{2E} \tag{2-9}$$

โหลดเซลล์แบบลึงค์เกือบทั้งหมด กำหนดค่าเต็มสเกลของภาวะ $(P = P_{max})$ ที่ $(v_0/v_s)^* = 3mV/V$ ด้วยค่าเต็มสเกลเฉพาะของอัตราส่วนแรงดัน $(v_0/v_s)^*$ นี้ ภาวะ P บนโหลดเซลล์จะหาได้จาก

$$P = \frac{v_0/v_s}{(v_0/v_s)^*} P_{max} \tag{2-10}$$

(ข) โหลดเซลล์แบบคาน (Beam-Type Load Cell)



รูปที่ 2.37

โหลดเซลล์แบบคานใช้วัดภาวะในกรณีที่ใช้โหลดเซลล์แบบลึงค์ไม่ได้ รูปที่ 2.37 (a) เป็นคานยื่น (Cantilever Beam) ซึ่งมีเกจความเครียด 2 อันติดอยู่ที่ผิวด้านล่าง (ทั้งหมดติดอยู่ในแนวขนานกับแกนของคาน) ซึ่งทำหน้าที่เป็นชิ้นส่วนยึดหยุ่นและเซนเซอร์สำหรับเซลล์ชนิดนี้ คือ เกจซึ่งต่อกันเป็นวงจรวีตสโทนบริคจ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.37 (b)

ภาวะ P ทำให้เกิด โมเมนต์ $M = P_x$ ที่ตำแหน่ง x ทำให้ได้ผลลัพธ์

$$\epsilon_1 = -\epsilon_2 = \epsilon_3 = -\epsilon_4 = \frac{\sigma M}{Ebh^2} = \frac{6P_x}{Ebh^2} \tag{a}$$

- เมื่อ b คือ ความกว้างของหน้าตัดของคาน
 . h คือ ความหนาของหน้าตัดของคาน

การตอบสนองของเกจความเครียดหาได้จากสมการ $\Delta R/R = S_g \epsilon$ และสมการ (a) ดังนั้น

$$\Delta R_1/R_1 = -\Delta R_2/R_2 = \Delta R_3/R_3 = \Delta R_4/R_4 = \frac{\sigma S_g P_x}{Ebh^2} \quad (b)$$

แรงดันออก v_0 จากวิศโทนบริดจ์ซึ่งเป็นผลจากการกระทำของภาระ P หาได้โดยแทนสมการ (b) ลงในสมการ

$$v_0 = \frac{r}{(1+r)^2} \left(\frac{\Delta R_1}{R_1} - \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} - \frac{\Delta R_4}{R_4} \right) v_s$$

และสมมติว่าเกจความเครียดทั้ง 4 เหมือนกันทุกประการ จะได้

$$v_0 = \frac{\sigma S_g P_x v_s}{Ebh^2} \quad (2-11)$$

หรือ

$$P = \frac{Ebh^2}{\sigma S_g X v_s} v_0 = C v_0 \quad (2-12)$$

จากสมการ (2-12) แสดงว่า ภาระ P เป็นสัดส่วนกับแรงดันออก v_0 และค่าคงตัวสัดส่วนหรือค่าคงตัวปรับเทียบ (Calibration Constant) C คือ

$$C = \frac{Ebh^2}{\sigma S_g X v_s} \quad (2-13)$$

ความไวของการรวมระหว่างโหลดเซลล์กับวิศโทนบริดจ์กำหนดโดยสมการ $S = v_0/P$ ดังนั้น

$$S = \frac{v_0}{P} = \frac{1}{C} = \frac{\sigma S_g X v_s}{Ebh^2} \quad (2-14)$$

จากสมการ (2-14) ข้างต้นแสดงว่าความไวของโหลดเซลล์แบบคานขึ้นอยู่กับรูปร่างหน้าตัดของคาน (b, h) โมดูลัสของความยืดหยุ่นของวัสดุที่ใช้ทำคาน (E) ตำแหน่งของภาระเทียบกับเกจ (X) เกจแฟกเตอร์ (S_g) และแรงดันที่ป้อนให้กับวงจรบริดจ์ (v_s) ช่วงของโหลด ที่ใช้กับโหลดเซลล์แบบคานขึ้นอยู่กับรูปร่างหน้าตัดของคานตำแหน่งที่ภาระกระทำ และความถี่ของวัสดุที่ใช้ทำคานถ้าสมมติว่าเกจคิดที่ตำแหน่งใกล้กับตัวรองรับ (Beam Support) จะได้

$$M_{gagc} = M_{max} \quad \text{และ} \quad P_{max} = \frac{S_f b h^2}{\sigma X} \quad (2-15)$$

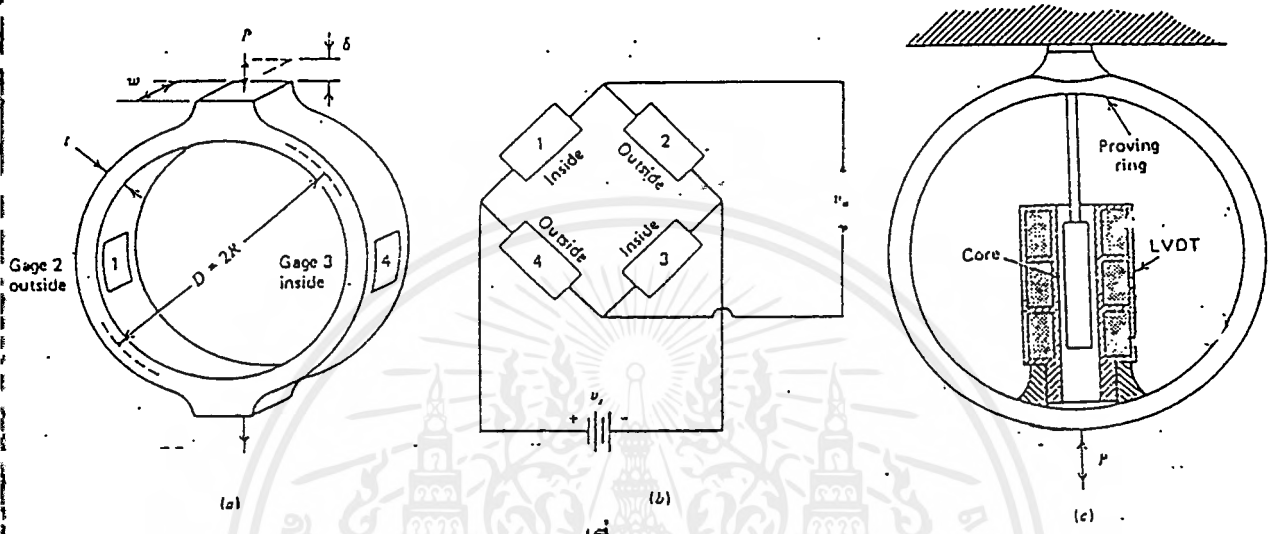
อัตราส่วนแรงดันที่ภาระสูงสุด (v_0/v_s)_{max} หาได้จากการแทนสมการ P_{max} ลงในสมการ (2-11) ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$(v_0/v_s)_{\max} = S_g S_f / E \quad (2-16)$$

โหลดเซลล์แบบคานที่มีขายในท้องตลาดมีอัตราส่วนแรงดัน (v_0/v_s) ที่การะเต็มสเกล ระหว่าง 4 และ 5 mV/V

(ค) โหลดเซลล์แบบวงแหวน (Ring-Type Load Cell)



รูปที่ 2.38

ส่วนประกอบของโหลดเซลล์แบบวงแหวนมีพรูวริงค์ริงค์ (Proving Ring) เป็นส่วนยึดหยุ่น และมีเซนเซอร์ซึ่งสามารถใช้ได้ทั้งเกจความเครียดและ LVDT

ถ้าใช้ LVDT วัดการกระจัดอันเนื่องมาจากการอัดหรือดึงในแนวเส้นผ่านศูนย์กลางของวงแหวน ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัด δ กับภาระ P จะเป็นไปตามสมการ (โดยประมาณ)

$$\delta = 1.79 PR^3 / Ewt^3 \quad (2-17)$$

เมื่อ E คือ ค่าโมดูลัสที่ใช้ทำวงแหวน

w คือ ความหนา

t คือ ความหนาของวงแหวน

แรงดันออก v_0 ของ LVDT สามารถแสดงโดยสมการ

$$v_0 = S\delta v_s \quad (2-18)$$

เมื่อ S คือ ความไวของ LVDT

v_s คือ แรงดันที่ป้อนเข้ากับขดลวดปฐมภูมิของ LVDT

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันออก v_0 และภาระ P หาได้จาก แทนสมการ (2-17) ลงในสมการ

(2-18) ได้

$$v_0 = 1.79 \frac{SPR^3}{Ewt^3} v_s \quad (2-19)$$

หรือ
$$P = 0.56 \frac{Ewt^3}{SR^3 v_s} v_0 = Cv_0 \quad (2-20)$$

โดย
$$C = 0.56 \frac{Ewt^3}{SR^3 v_s} \quad (2-21)$$

เมื่อ C คือ ค่าตัวเปรียบเทียบ

ความไวของริงค์แอลวีดีทีคอมบิเนชัน (RING-LVDT COMBINATION) S_t คือ

$$S_t = \frac{v_0}{P} = \frac{1}{C} = 1.79 \frac{SR^3}{Ewt^3} v_s \quad (2-22)$$

ช่วงภาระ ของโหลดเซลล์แบบวงแหวนถูกควบคุมด้วยความแข็งแรงของวัสดุ ถ้าโหลดเซลล์ใช้วัด

โหลดที่กระทำเป็นจังหวะ (Cyclic Load) ความล้า (Fatigue) S_f เป็นสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณาความเค้นสูงสุดในชิ้นส่วนวงแหวนอยู่ที่ผิวด้านในของวงแหวนตรงที่เส้นผ่านศูนย์กลางตั้งฉากกับแนวโหลดค่าประมาณของความเค้นที่ตำแหน่งนี้คือ

$$\sigma_\theta = 1.09 \frac{PR}{Wt^2} \quad (2-23)$$

จากสมการ (5-23) สำหรับการวัดโหลดที่กระทำเป็นจังหวะจะได้

$$P_{\max} = 0.92 \frac{Wt^{1/2}}{R} S_f \quad (2-24)$$

อัตราส่วนแรงดันที่โหลดสูงสุด $(v_0/v_s)_{\max}$ จะเป็น

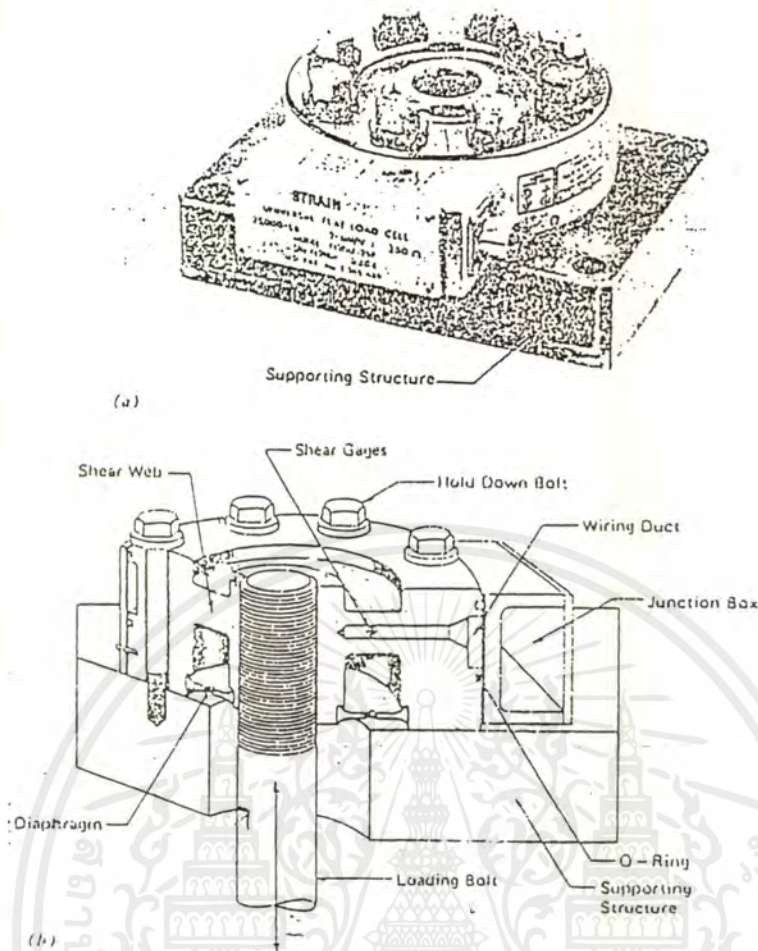
$$\left(\frac{v_0}{v_s} \right)_{\max} = 1.64 \frac{SR^2}{Et} S_f \quad (2-25)$$

ถ้ารู้อัตราส่วนแรงดันเต็มสเกล $(v_0/v_s)^*$ และ ภาระสูงสุด P_{\max} สำหรับ โหลดเซลล์เฉพาะสามารถกำหนด

โหลดที่สอดคล้องกับ v_0 ที่ถูกวัด โดยสมการ

$$P = \left(\frac{v_0/v_s}{(v_0/v_s)^*} \right)^n P_{\max} \quad (2-26)$$

(ง) โหลดเซลล์แบบแรงเฉือน (Shear-Web-Type Load Cell)



รูปที่ 2.39

โหลดเซลล์ชนิดนี้ เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า แพลทโหลดเซลล์ (Flat Load Cell) มีประโยชน์สำหรับการใช้งานเมื่อที่ว่างในแนวโหลดกระทำมีจำกัด

โหลดเซลล์แบบแรงเฉือนประกอบด้วยอินเนอร์โหลดคิงด์ฮับ (Inner Loading Hub) และ เอ้าท์เตอร์ซัพพอร์ตคิงด์แฟรงค์ (Outer Supporting Flange) ซึ่งต่อกันด้วยเชียร์เว็บ (Shear Web) ดังรูปที่ 2.39 เกจความเครียดแบบเชียร์คิงด์ตั้งอยู่ในรูเล็กๆ ที่ถูกเจาะเข้าไปในเชียร์เว็บ แพลทโหลดเซลล์มีขนาดกระทัดรัดสามารถใช้ได้กับการประยุกต์แบบเคลื่อนที่ (Dynamics Application) โดยเฉพาะเมื่อต้องการวัดโหลดในขณะที่มีการสั่นมีความถี่สูงฟอสคาปาซิติ (Force Capacity) ที่วัดโดยใช้แพลทโหลดเซลล์ทำได้จากการวัดความถี่ธรรมชาติของโหลดเซลล์

$$f_n = 3.13 (k / (w_c + w_x)) \quad (2-27)$$

เมื่อ f_n คือ ความถี่ธรรมชาติของทรานควิลเซอร์ (Hz)

k คือ ค่าคงตัวของสปริง หรือสทิฟเนส (Stiffness) ของโหลดเซลล์ (lb/in)

w_c คือ น้ำหนักประสิทธิผลของส่วนแอคทิฟของโหลดเซลล์ (lb)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

w_x คือ น้ำหนักภายนอกที่ติดกับฮับ (lb)

เมื่อได้ค่า f_n แล้วนำมาเทียบในตารางคุณสมบัติของเฟลทโหลดเซลล์ (Mechanical Properties Of Flat Load Cells)

ความจุแรง (P) (lb)	K (lb/in)	We (lb)	f_n (kHz)
250	920,000	0.028	18.0
1,000	1,220,000	0.023	22.8
5,000	6,600,000	0.135	22.0
10,000	8,500,000	0.340	15.7

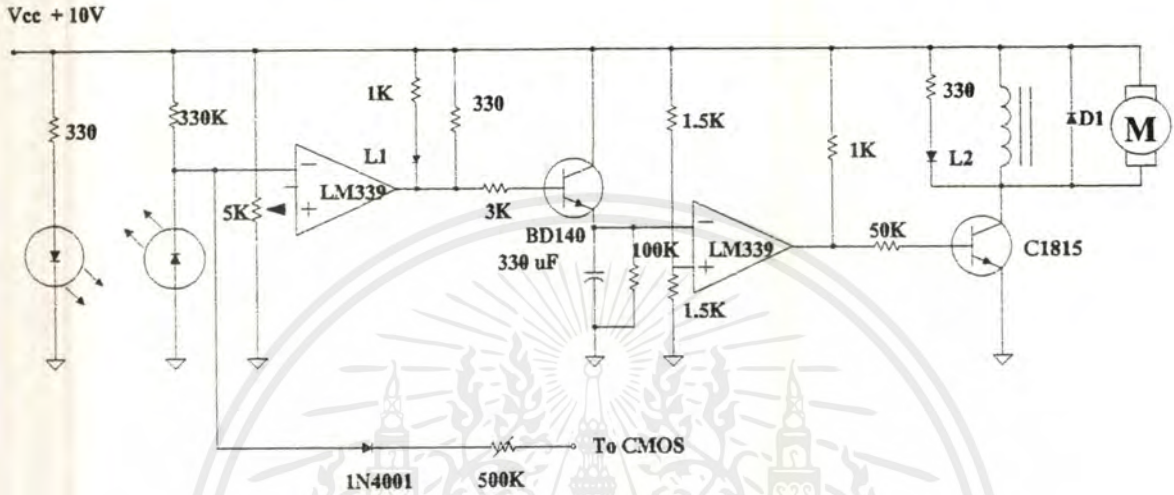
ความถี่ธรรมชาติที่แสดงในตาราง คำนวณภายใต้สมมติฐานว่าไม่มีน้ำหนักภายนอก (w_x) ติดกับโหลดเซลล์

บทที่ 3

วงจรและหลักการทํางานของระบบ

3.1 หลักการทํางานของวงจรอิเล็กทรอนิกส์

3.1.1 วงจร เซนเซอร์และวงจรควบคุมมอเตอร์

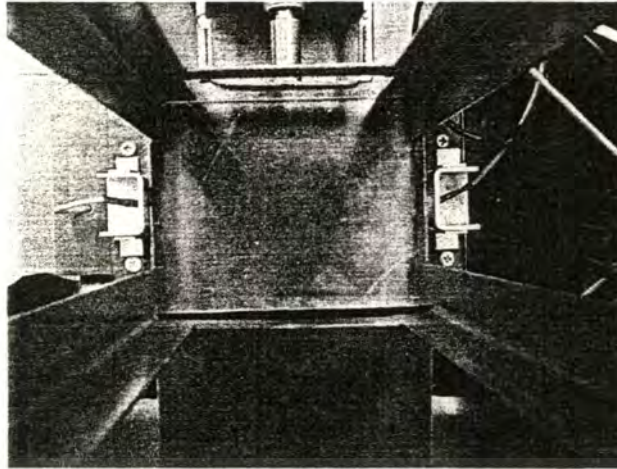


รูปที่ 3.1 วงจรเซนเซอร์และวงจรควบคุมมอเตอร์

วงจรนี้จะทํางานเมื่ วงจรเซนเซอร์ตรวจจับว่ามีผลึกภัณฑ์ เมื่ทรานซิสเตอร์ C1815 ทํางานริเลย์ก็เริ่มทํางาน ตัวแสดงสถานะการทํางานคือ L2 ส่วน D คือ ไดโอดเพื่อทำลายแรงดันเคลื่อนที่ย้อนกลับ (Back emf) จากริเลย์หลักการทํางาน เมื่ริเลย์ทํางาน มอเตอร์ซึ่งต่อเข้ากับริเลย์ก็จะเริ่มทํางานด้วย

มอเตอร์จะต่อเข้ากับริเลย์ซึ่งเป็นแบบปกติเปิด (Normally Open, NO) เมื่เซนเซอร์ตรวจจับว่ามีผลึกภัณฑ์พร้อมที่จะนำเข้าสู่ระบบริเลย์จะอยู่ในสถานะปิด(Close) และมอเตอร์จะทํางาน

เมื่เซนเซอร์ตรวจจับว่าไม่มีของที่จะนำเข้าสู่ระบบแล้ว มอเตอร์จะยังทํางานต่อไปอีก 20 วินาที โดยใช้วงจรดีเลย์ (Delay) ในการจ่ายไฟเพื่อไครฟ์ (Drive) มอเตอร์ เพื่อให้ของชิ้นสุดท้ายที่อยู่ในสายพานลำเลียงผ่านไปยังคลังสินค้าก่อน มอเตอร์ของสายพานที่ 1 และส่วนที่ 2 จะต่อกันแบบขนาน (Parallel) คังนั้น จึงเริ่มทํางานและหยุดทํางานพร้อมกัน ความเร็วรอบของมอเตอร์ขึ้นอยู่กับแรงดันไฟฟ้าที่ป้อนให้ ในที่นี้ จะใช้ 10 โวลต์ ซึ่งเป็นระดับแรงเดียวกันกับแรงดันในวงจรเซนเซอร์



รูปที่ 3.2 แสดงการติดตั้งเซนเซอร์

3.1.2 Delay

ทรานซิสเตอร์ BD 140 จะทำงานเมื่อวงจรของตัวตรวจจับว่ามีผลลัพท์ เมื่อทรานซิสเตอร์ BD 140 ทำงานตัวเก็บประจุ C จะเริ่มอัดกระแส (Charge) ซึ่งก็คือ เริ่มหน่วงเวลาสัญญาณ

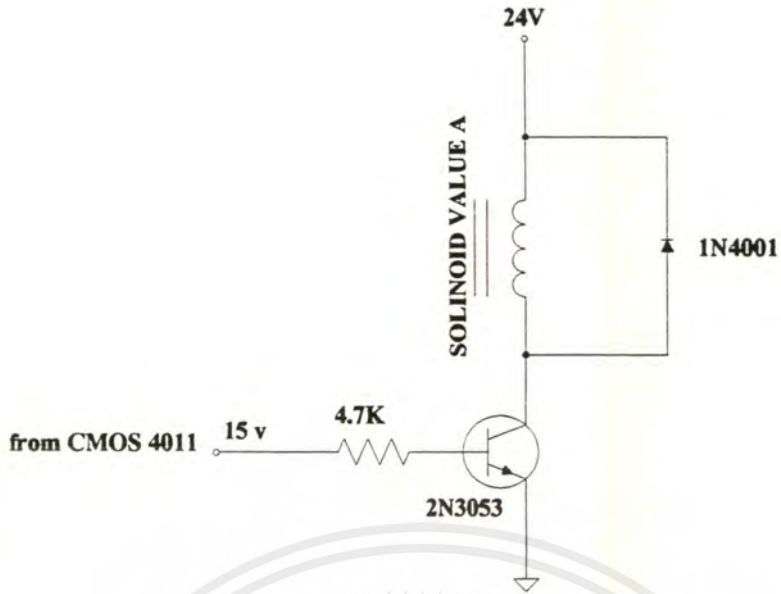
3.1.3 วงจรควบคุมการทำงานของกระบอกลูก

การทำงานของกระบอกลูก A

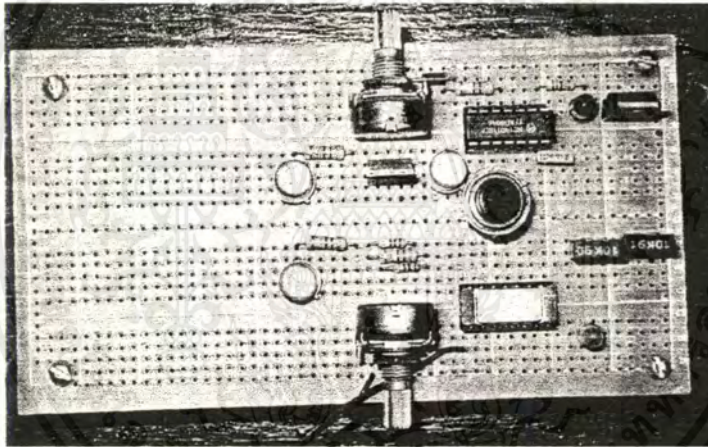
กระบอกลูก B และกระบอกลูก C คือสัญญาณจากโซลินอยด์วาล์ว เมื่อกระบอกลูก B หรือกระบอกลูก C เคลื่อนที่ออกจนสุด ซึ่งสัญญาณนี้จะมีค่า 0-24 โวลต์ (0 โวลต์ เมื่อไม่มีการทำงาน หรือ 24 โวลต์ เมื่อมีการทำงาน) แต่แนนเกต (Nand Gate) นี้เป็นแบบซิมอส (CMOS 4011) ซึ่งจะรับแรงดันได้ระหว่าง 0-15 โวลต์ จึงต้องใช้ตัวลดแรงดัน (โดยใช้ไอซีเบอร์ 7815) จาก 24 โวลต์ ให้เหลือ 15 โวลต์ ก่อนที่จะต่อเข้าแนนเกต

เซนเซอร์ คือ สัญญาณจากวงจรเซนเซอร์ จากส่วนตัวรับของโฟโตเซนเซอร์ก่อนนำเข้าออปแอมป์ (Op-Amp LM 339) ตัวแรกซึ่ง อยู่ในรูปวงจรเซนเซอร์ นำมาต่อกับค่าความต้านทานปรับค่าได้ขนาด 500 กิโลโอห์ม เพื่อปรับให้สัญญาณก่อนเข้าแนนเกต ขณะเซนเซอร์ตรวจจับว่ามีของเป็น 0 โวลต์ ป้องกันการทำงานในช่วงแอคทีฟ (Active) ของแนนเกต ซึ่งจะอาจทำให้กระบอกลูก A ทำงานขณะที่ไม่มีผลลัพท์ได้

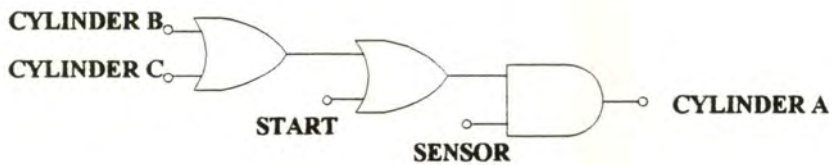
อีกเงื่อนไขที่จะทำให้กระบอกลูก A ทำงาน คือ การกดปุ่มสตาร์ท (Start) ขณะเริ่มต้นการทำงานของระบบ ดังแสดงเป็นโฟลว์ชาร์ท (Flow chart) ที่แสดงในภาคผนวก



รูปที่ 3.3 วงจรขับกระบอกสูบ A, B และ C

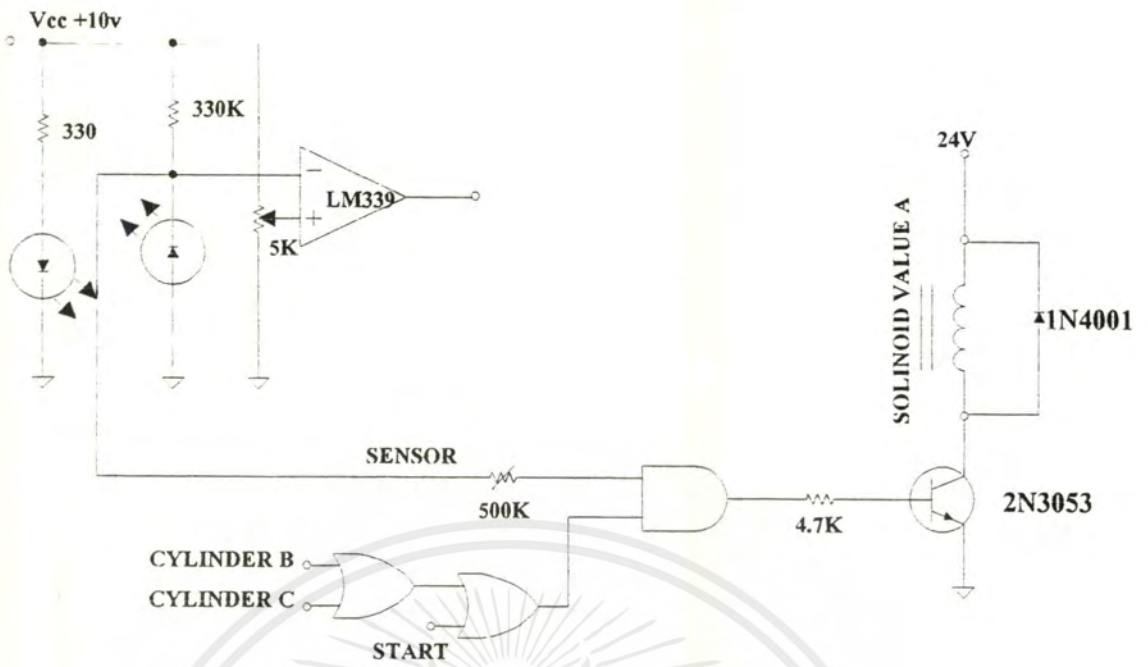


รูปที่ 3.4 แสดงวงจรขับกระบอกสูบ A, B และ C

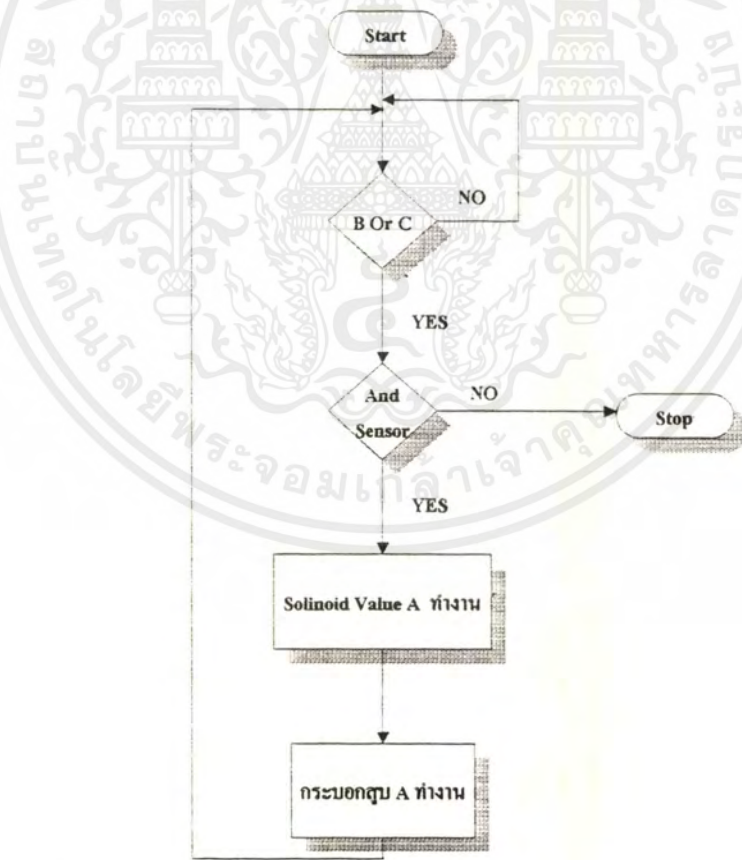


รูปที่ 3.5 เงื่อนไขการทำงานของกระบอกสูบ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

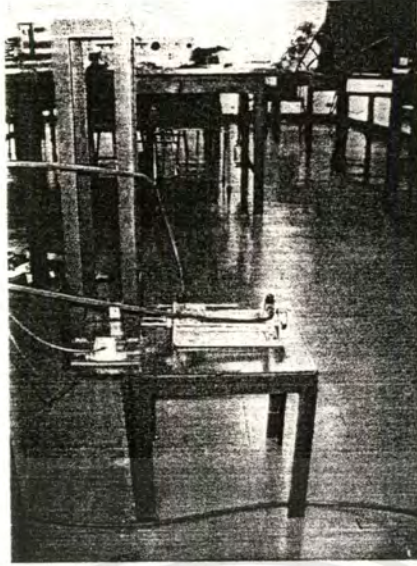


รูปที่ 3.6 วงจรควบคุมการทำงานของกระบอกสูบ A

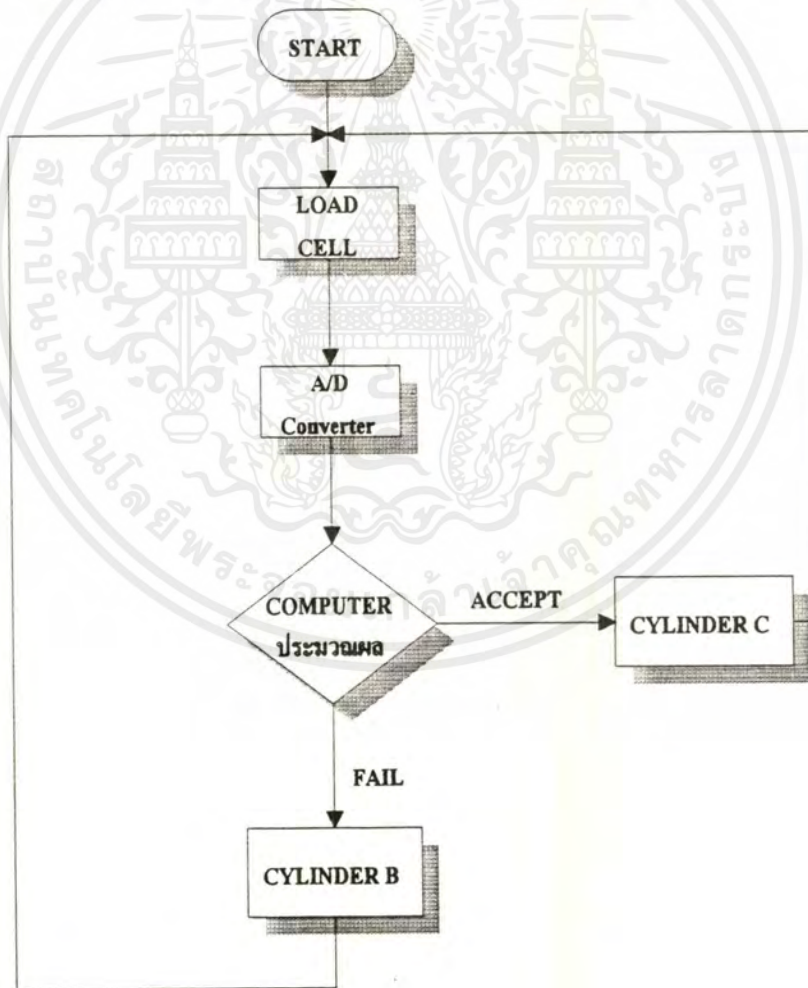


รูปที่ 3.7 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของกระบอกสูบ A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

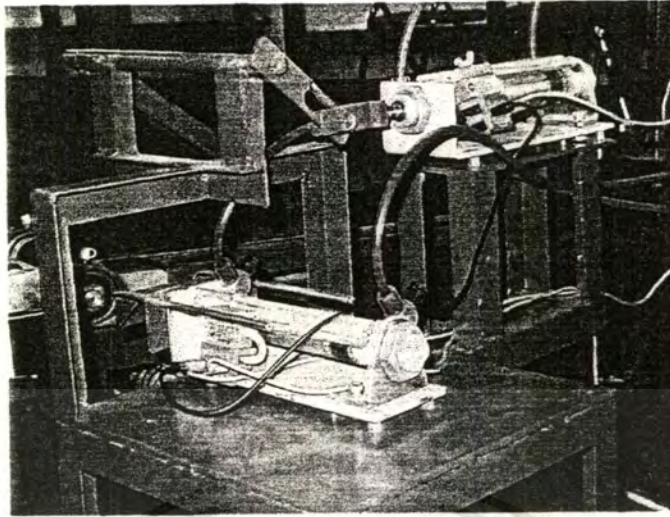


รูปที่ 3.8 ครอบกสูบ A สำหรับผลัดชิ้นงานเข้าสู่ระบบ

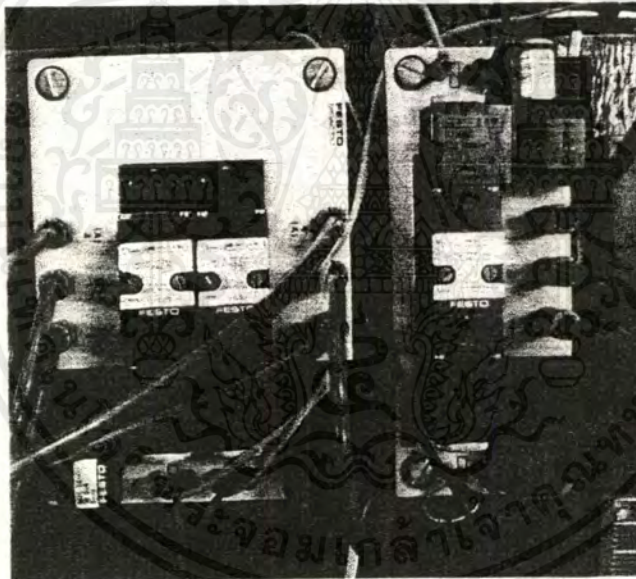


รูปที่ 3.9 ไฟลว์ชาร์ทแสดงการทำงานของครอบกสูบ B และ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 ครอบงอบสูบ B และ C สำหรับคัดเลือกชิ้นงานตามมาตรฐาน

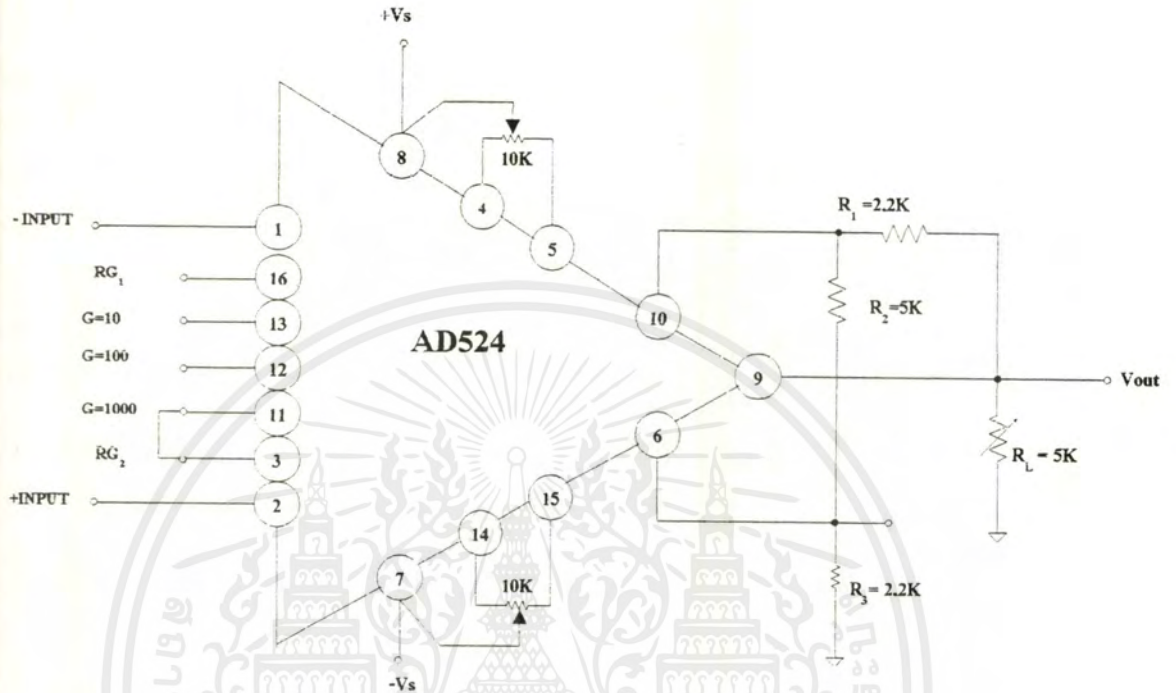


รูปที่ 3.11 ไชลินอยด์ควาล์วของครอบงอบสูบ A, B และ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4 วงจร Instrument Amplifier

ใช้ในการขยายสัญญาณจากโวลต์เซลล์ที่มีค่าน้อยมาก ให้มีค่าประมาณ 0-5 โวลต์ เพื่อให้วงจรอินเทอร์เฟซสามารถทำงานได้

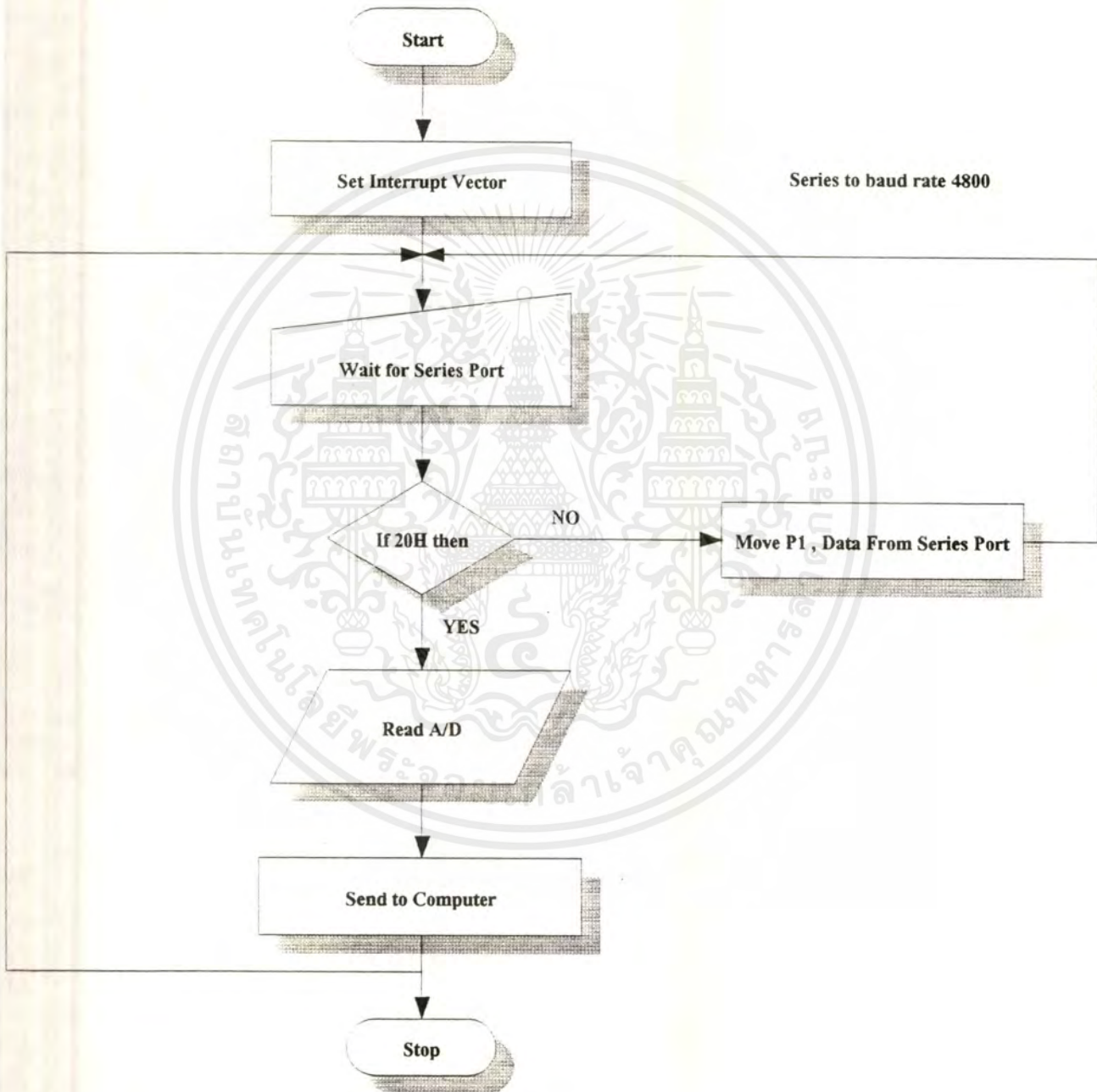


รูปที่ 3.12 วงจร Instrument Amplifier

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

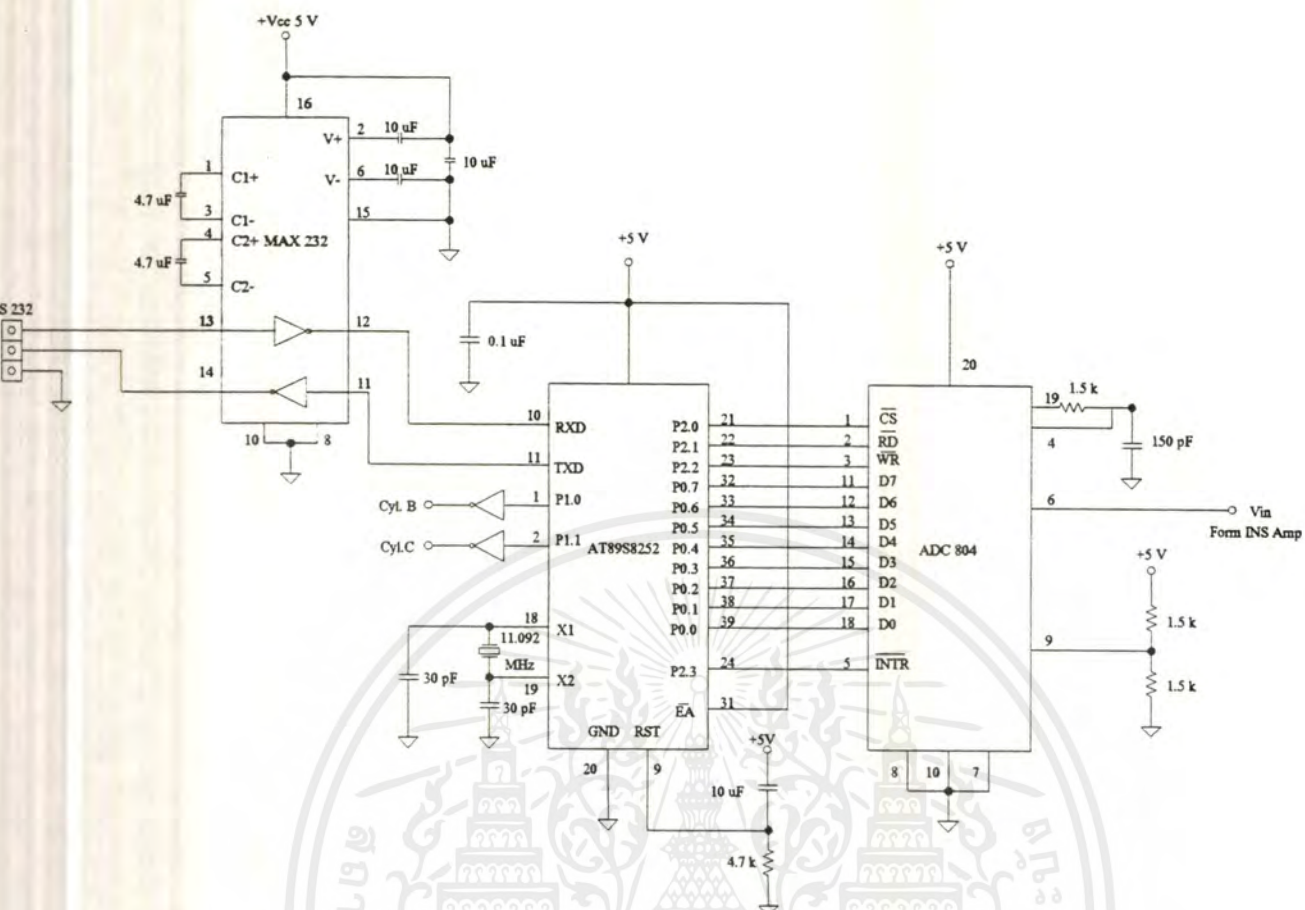
3.1.5 วงจรอินเทอร์เฟซ (Interface)

แรงดันไฟฟ้าที่ได้รับขยายแรงดันจาก Instrument Amplifier ถูกส่งเข้าวงจรอินเทอร์เฟซโดยผ่าน A/D คอนเวอร์เตอร์ขนาด 8 บิต ให้เป็นสัญญาณดิจิทัล เข้าสู่ไมโครคอนโทรลเลอร์ และเข้า MAX 232 ซีเรียลพอร์ต เพื่อส่งข้อมูลให้กับคอมพิวเตอร์ทำการประมวลผลต่อไป

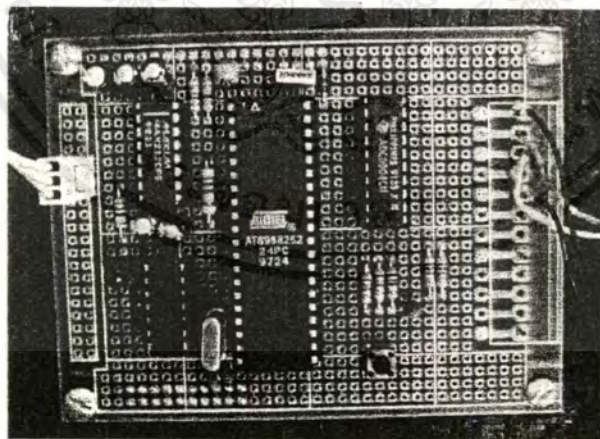


รูปที่ 3.13 โฟลว์ชาร์ทแสดงการทำงานของวงจรอินเทอร์เฟซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 วงจรอินเทอร์เฟซ

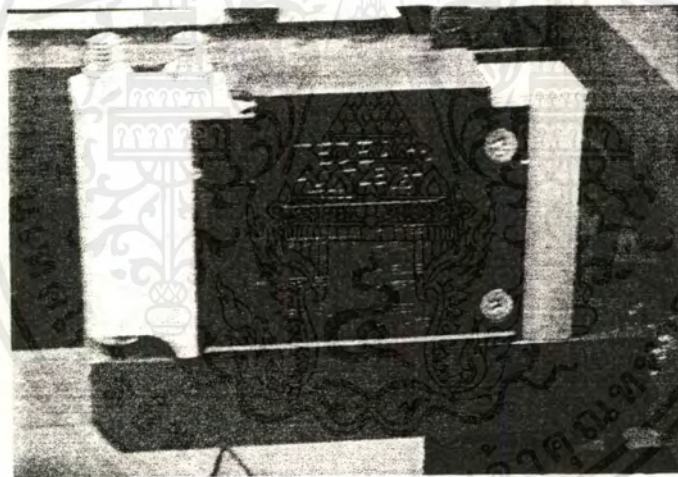
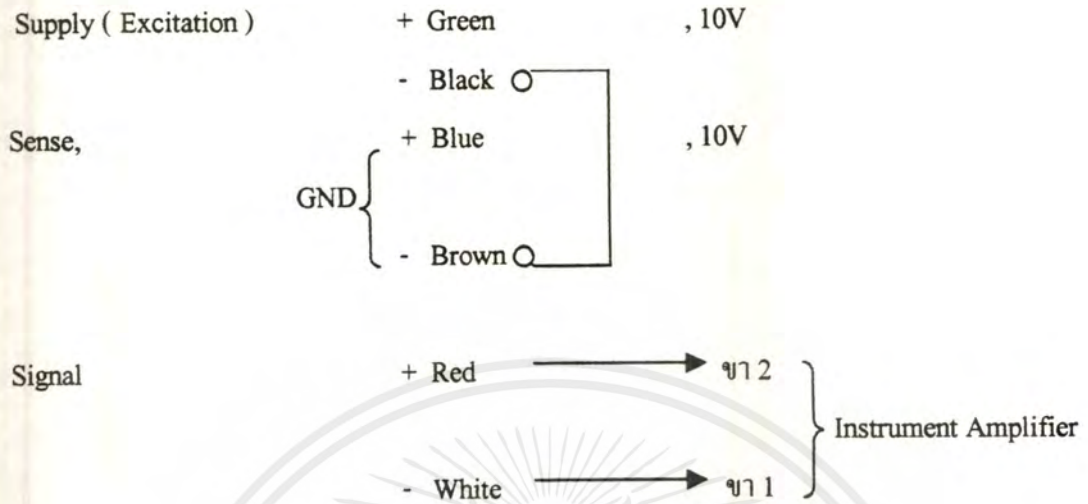


รูปที่ 3.15 วงจรอินเทอร์เฟซที่ใช้ในโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

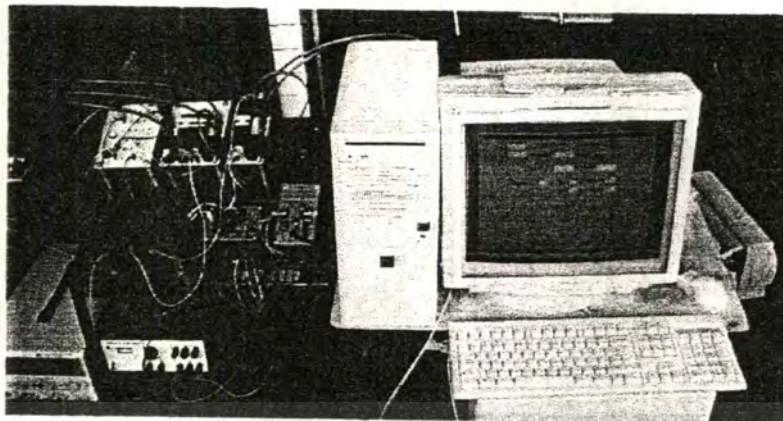
3.1.6. การทำงานของโพลีเซลล์

การติดตั้งโพลีเซลล์

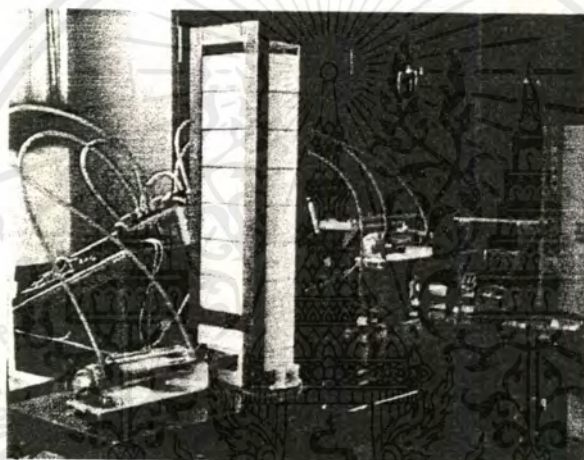


รูปที่ 3.16 การติดตั้งโพลีเซลล์

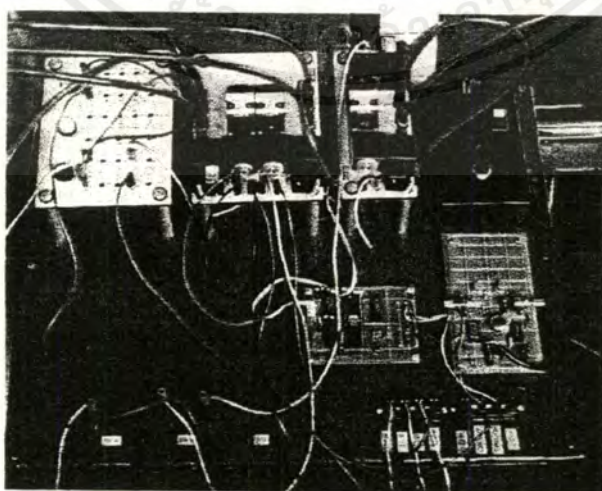
แสดงภาพรวมของระบบทั้งหมด



รูปที่ 3.17 แสดงการทำงานระหว่างคอมพิวเตอร์กับระบบ

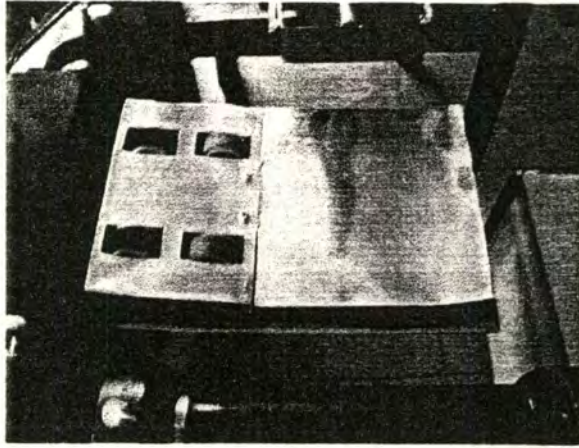


รูปที่ 3.18 แสดงการวางผลิตภัณฑ์ที่ป้อนให้กับระบบ

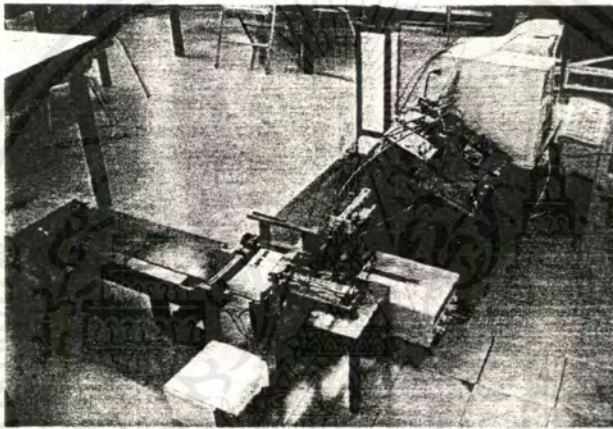


รูปที่ 3.19 แสดงแผงควบคุมของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.20 ส้อเลื่อนสำหรับการวางผลิตภัณฑ์ให้ตรงตามตำแหน่งที่ต้องการ



รูปที่ 3.21 แสดงภาพรวมของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบการทำงานของระบบ

การทดลองที่ 4.1

ทำการวัดค่าเอาต์พุตจาก Instrument Amplifier ในขณะที่มีการชั่งน้ำหนักโหลดที่ค่าน้ำหนักต่างๆ โดยการป้อนแรงดันไฟฟ้าให้กับโหลดเซลล์จำนวน 10 โวลต์, 11 โวลต์ และ 12 โวลต์

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเอาต์พุตจาก Instrument Amplifier

แรงดันไฟฟ้า	น้ำหนักของโหลด							
	300g	400g	500g	600g	700g	800g	900g	1000g
10 โวลต์	1.2	1.6	2.0	2.3	2.8	3.2	3.6	4.0
11 โวลต์	1.3	1.8	2.2	2.5	3.0	3.5	3.8	4.3
12 โวลต์	1.4	2.0	2.3	2.8	3.3	3.7	4.2	4.7

น้ำหนักของโหลดที่วัดได้จากโหลดเซลล์จะอยู่ในรูปของแรงดันไฟฟ้า (DC Voltage) มีค่าน้อยมาก มีหน่วยเป็นมิลลิโวลต์ (mV) ซึ่งไม่พอที่จะนำเข้าไป A/D คอนเวอร์เตอร์ จึงต้องผ่าน Instrument Amplifier เพื่อทำการขยายแรงดัน จากการทดลองที่ 4.1 เมื่อไม่มีโหลดและไม่มีการปรับค่าความต้านทาน R_L จะมีแรงดันเอาต์พุตจาก Instrument Amplifier อยู่ค่าหนึ่ง เมื่อต้องการหาค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากโหลดจึงปรับค่าความต้านทาน R_L เพื่อให้แรงดันขณะที่ไม่มีโหลดเท่ากับศูนย์และสามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของแรงดันที่วัดได้จากการชั่งน้ำหนักโหลดที่ค่าน้ำหนักต่างๆ ให้เห็นอย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลองที่ 4.2

เป็นการเปรียบเทียบค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากโหลดเซลล์กับระดับความละเอียดของวงจรแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล โดยมีค่าอยู่ระหว่าง 0 – 255 ระดับ เทียบกับระดับของแรงดัน 0 – 5 โวลต์ ซึ่งจะใช้ค่าความละเอียดเหล่านี้มาเป็นตัวเปรียบเทียบกับค่าของน้ำหนักที่ต้องการจะวัด เนื่องจากว่าในโครงการนี้ใช้ทรานส์ดิวเซอร์คือ โหลดเซลล์ในการตรวจสอบน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นน้ำหนักที่ได้จากการวัดจะถูกเปลี่ยนเป็นระดับแรงดันไฟฟ้าเพื่อป้อนให้กับคอมพิวเตอร์ทำการประมวลผล ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าแรงดันเอาต์พุตของโหลดเซลล์กับค่าความละเอียดที่ได้จากวงจรแปลงระดับสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล

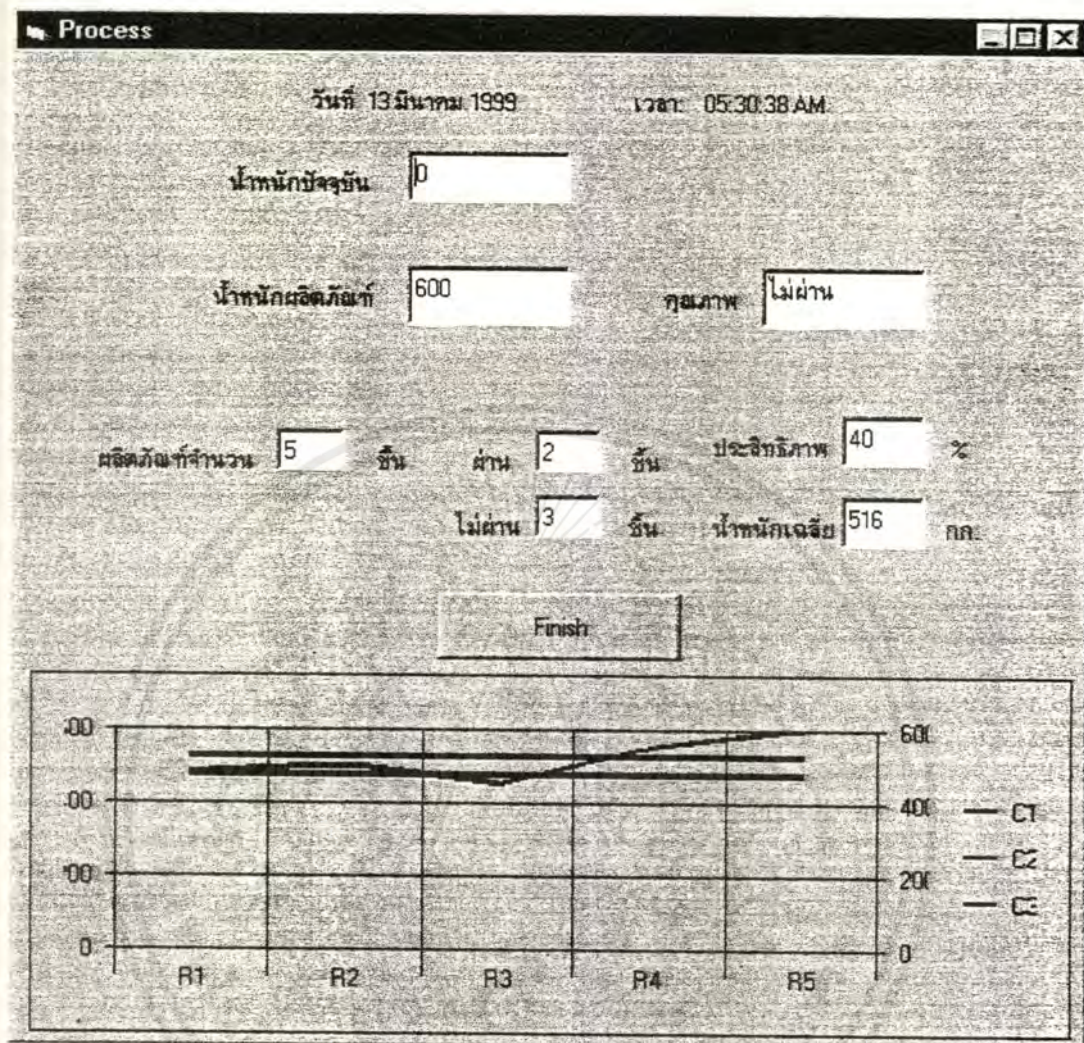
แรงดัน (V)	ค่าความละเอียด	แรงดัน (ต่อ) (V)	ค่าความละเอียด (ต่อ)
0	000	2.75	144
0.25	012	3	160
0.50	026	3.25	170
0.75	040	3.50	184
1	052	3.75	196
1.25	066	4	208
1.50	080	4.25	222
1.75	092	4.50	234
2	106	4.75	246
2.25	118	5	255
2.50	132	-	-

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบค่าแรงดันเอาต์พุตของโพลีเซลล์กับค่าเอาต์พุตที่ได้จาก Instrument Amplifier และค่าความละเอียดที่ได้จากวงจรแปลงระดับสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล

น้ำหนัก (g)	O/p จาก Ins.Amp(V)	ค่าความละเอียด	น้ำหนัก (g)	O/p จาก Ins.Amp(V)	ค่าความละเอียด
0	0.4	24	550	2.7	146
50	0.6	34	600	3.0	160
100	0.8	46	650	3.2	170
150	1.0	56	700	3.4	182
200	1.2	68	750	3.7	192
250	1.5	80	800	3.9	204
300	1.7	90	850	4.1	214
350	1.9	102	900	4.2	224
400	2.1	114	950	4.4	232
450	2.3	123	1000	4.7	243
500	2.5	135	1050	4.9	254

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้าจอแสดงผลการทำงานใน Visual Basic



รูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างหน้าจอการทำงานของกระบวนการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Today report

รายงานวันนี้

unitweight	date	time	QC
480	3/13/99	05:29:12 AM	ผ่าน
500	3/13/99	05:29:35 AM	ผ่าน
450	3/13/99	05:29:45 AM	ไม่ผ่าน
550	3/13/99	05:30:00 AM	ไม่ผ่าน
600	3/13/99	05:30:19 AM	ไม่ผ่าน

ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด : 5 ชิ้น ผ่าน : 2 ชิ้น ไม่ผ่าน : 3 ชิ้น ประสิทธิภาพ : 40 %

Record: 5

Print Graph Cancel

รูปที่ 4.2 แสดงรายงานออกทางหน้าจอ

QC & Database System

Date	UnitWeight	Time	QC
3/13/99	480.00	05:29:12 AM	ผ่าน
3/13/99	500.00	05:29:35 AM	ผ่าน
3/13/99	450.00	05:29:45 AM	ไม่ผ่าน
3/13/99	550.00	05:30:00 AM	ไม่ผ่าน
3/13/99	600.00	05:30:19 AM	ไม่ผ่าน

น้ำหนักสูงสุด 500.00 กก. น้ำหนักต่ำสุด 450.00 กก. น้ำหนักเฉลี่ย 515.00 กก. จำนวนผลิตภัณฑ์ : 5 ชิ้น

1 of 1 Cancel Close 5 of 156 Total:156 100%

ผลิตภัณฑ์ทั้งหมด : 5 ชิ้น ผ่าน : 2 ชิ้น ไม่ผ่าน : 3 ชิ้น ประสิทธิภาพ : 40 %

Record: 5

Print Graph Cancel

รูปที่ 4.3 แสดงรายงานออกทางเครื่องพิมพ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปและวิจารณ์

5.1 สรุป

ในการตรวจสอบน้ำหนักของผลิตภัณฑ์เพื่อให้ได้มาตรฐานนั้น สามารถใช้คอมพิวเตอร์ภาษา Visual Basic ในควบคุมกระบวนการผลิตเพื่อคัดแยกผลิตภัณฑ์ที่ไม่ได้มาตรฐานออกจากผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรฐาน โดยให้น้ำหนักเป็นเกณฑ์การตัดสินใจ โดยออกแบบระบบใช้โหลดเซลล์ (Load Cell) เพื่อชั่งน้ำหนักของผลิตภัณฑ์โดยในขั้นตอนการผลิตหนึ่งจะต้องกำหนดมาตรฐานของน้ำหนักของผลิตภัณฑ์เพื่อเมื่อโหลดเซลล์ส่งสัญญาณเอาต์พุตไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อประมวลผลสำหรับตัดสินใจว่าผลิตภัณฑ์นั้นได้มาตรฐานหรือไม่ จากนั้นหนักที่ได้กำหนดไว้และจะส่งสัญญาณเอาต์พุตไปควบคุมการทำงานของกระบอกสูบ ซึ่งจะแยกผลิตภัณฑ์ที่ได้มาตรฐานและไม่ได้มาตรฐานออกจากกัน และเราสามารถตรวจสอบข้อมูลและเรียกดูการตรวจสอบน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ได้จากคอมพิวเตอร์

5.2 วิจารณ์

ปัญหาที่พบ คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในโครงการนี้ส่วนใหญ่มีราคาค่อนข้างสูงและต้องใช้เวลาในการตั้งชื่อทำให้การทำงานไม่ต่อเนื่อง และอุปกรณ์บางอย่างไม่เอื้ออำนวย เช่น กระบอกสูบมีช่วงชักไม่พอต่อความต้องการทำให้ต้องออกแบบโครงสร้างที่มีความยุ่งยากมากขึ้น ส่วนหัวลูกสูบต้องมีการออกแบบใหม่เพื่อให้มีประสิทธิภาพในการใช้งานมากขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] กฤษดา วิทธีรานนท์, ไอซีดีจีตอล . กรุงเทพฯ:บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), 2521
- [2] ขวัญชัย สันทิพย์สมบุรณ์ , ปานเพชร ชินันทร , นิวแมติกอุตสาหกรรม . กรุงเทพฯ:บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน)
- [3] พรจิต ประทุมสุวรรณ , แมคคาทรอนิกส์ เล่ม 1.กรุงเทพฯ ,2537
- [4] พรจิต ประทุมสุวรรณ , การควบคุมนิวแมติกส์ .กรุงเทพฯ ,2521
- [5] ทวีชัย ภูริทิพย์, ไขปัญหา RS-232 . กรุงเทพฯ:บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน),2538
- [6] สุนทร วิทูรพจน์, การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล 8051 . กรุงเทพฯ:บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน),2537
- [7] สุทธิศักดิ์ พงศ์ธนาพานิช , Visual Basic 5.0 . กรุงเทพฯ:บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน),2541





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

Source Code ของโปรแกรม Visual Basic และ ไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Source Code ของโปรแกรม Visual Basic

```
Private Sub Command1_Click()
```

```
Unload Me
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer11_Timer()
```

```
'REFRESH TIME EVERY SECOND'
```

```
Label2 = "เวลา: " & Format(Time, "hh:mm:ss ampm")
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Form_Load()
```

```
Dim a1 As Integer
```

```
Dim w1 As Integer
```

```
Label1 = "วันที่ " & Format(Date, "long date")
```

```
Label2 = "เวลา: " & Format(Time, "hh:mm:ss ampm")
```

```
Timer6.Enabled = True
```

```
Timer7.Enabled = True
```

```
Timer8.Enabled = True
```

```
Timer9.Enabled = True
```

```
Timer10.Enabled = True
```

```
Text5 = 0
```

```
Text9 = 0
```

```
MSComm1.PortOpen = True
```

```
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
```

```
'RECEIVE DATA'
```

```
MSComm1.Output = " "
```

```
c = MSComm1.Input
```

```
b = Val(Mid$(c, 15, 3))
```

```
Text10 = b
```

```
If b > 50 Then
```

```
Timer2.Enabled = True
```

```
Timer1.Enabled = False
```

```
End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End If
End Sub
```

```
Private Sub Timer10_Timer()
On Error GoTo error1
'PERCENT OF PASSED PRODUCTS/ALL PRODUCTS
num4 = (Val(Text6) / Val(Text5)) * 100
Text4 = Mid(num4, 1, 5)
Data4.Refresh
Text9 = Mid(Text8, 1, 5)
Timer10.Enabled = False
Exit Sub
error1:
Timer10.Enabled = False
End Sub
```

```
Private Sub Timer12_Timer()
MSComm1.Output = Chr$(3)
Timer1.Enabled = True
Timer12.Enabled = False
End Sub
```

```
Private Sub Timer13_Timer()
MSComm1.Output = ""
f = MSComm1.Input
g = Val(Mid$(f, 15, 3))
If g >= 0 And g <= 33 Then Text3 = 0
If g >= 34 And g <= 46 Then Text3 = CLng(50 + (50 / 12) * (g - 34))
If g >= 47 And g <= 56 Then Text3 = CLng(100 + (50 / 10) * (g - 46))
If g >= 57 And g <= 68 Then Text3 = CLng(150 + (50 / 12) * (g - 56))
If g >= 69 And g <= 80 Then Text3 = CLng(200 + (50 / 12) * (g - 68))
If g >= 81 And g <= 90 Then Text3 = CLng(250 + (50 / 10) * (g - 80))
If g >= 91 And g <= 102 Then Text3 = CLng(300 + (50 / 12) * (g - 90))
If g >= 103 And g <= 114 Then Text3 = CLng(350 + (50 / 12) * (g - 102))
If g >= 115 And g <= 123 Then Text3 = CLng(400 + (50 / 9) * (g - 114))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

If g >= 124 And g <= 136 Then Text3 = CLng(450 + (50 / 13) * (g - 123))
If g >= 137 And g <= 146 Then Text3 = CLng(500 + (50 / 10) * (g - 135))
If g >= 147 And g <= 160 Then Text3 = CLng(550 + (50 / 14) * (g - 146))
If g >= 161 And g <= 170 Then Text3 = CLng(600 + (50 / 10) * (g - 160))
If g >= 171 And g <= 182 Then Text3 = CLng(650 + (50 / 12) * (g - 170))
If g >= 183 And g <= 192 Then Text3 = CLng(700 + (50 / 10) * (g - 182))
If g >= 193 And g <= 204 Then Text3 = CLng(750 + (50 / 12) * (g - 192))
If g >= 205 And g <= 214 Then Text3 = CLng(800 + (50 / 10) * (g - 204))
If g >= 215 And g <= 224 Then Text3 = CLng(850 + (50 / 10) * (g - 214))
If g >= 225 And g <= 232 Then Text3 = CLng(900 + (50 / 8) * (g - 224))
If g >= 233 And g <= 243 Then Text3 = CLng(950 + (50 / 11) * (g - 232))
If g >= 244 And g <= 255 Then Text3 = CLng(1000 + (50 / 11) * (g - 243))
End Sub

```

```
Private Sub Timer2_Timer()
```

```
MSComm1.Output = ""
```

```
a = MSComm1.Input
```

```
e = Val(Mid$(a, 15, 3))
```

```
If e > 50 Then
```

```
Text11 = e
```

```
If e >= 34 And e <= 46 Then Text1 = CLng(50 + (50 / 12) * (e - 34))
```

```
If e >= 47 And e <= 56 Then Text1 = CLng(100 + (50 / 10) * (e - 46))
```

```
If e >= 57 And e <= 68 Then Text1 = CLng(150 + (50 / 12) * (e - 56))
```

```
If e >= 69 And e <= 80 Then Text1 = CLng(200 + (50 / 12) * (e - 68))
```

```
If e >= 81 And e <= 90 Then Text1 = CLng(250 + (50 / 10) * (e - 80))
```

```
If e >= 91 And e <= 102 Then Text1 = CLng(300 + (50 / 12) * (e - 90))
```

```
If e >= 103 And e <= 114 Then Text1 = CLng(350 + (50 / 12) * (e - 102))
```

```
If e >= 115 And e <= 123 Then Text1 = CLng(400 + (50 / 9) * (e - 114))
```

```
If e >= 124 And e <= 136 Then Text1 = CLng(450 + (50 / 13) * (e - 123))
```

```
If e >= 137 And e <= 146 Then Text1 = CLng(500 + (50 / 10) * (e - 135))
```

```
If e >= 147 And e <= 160 Then Text1 = CLng(550 + (50 / 14) * (e - 146))
```

```
If e >= 161 And e <= 170 Then Text1 = CLng(600 + (50 / 10) * (e - 160))
```

```
If e >= 171 And e <= 182 Then Text1 = CLng(650 + (50 / 12) * (e - 170))
```

```
If e >= 183 And e <= 192 Then Text1 = CLng(700 + (50 / 10) * (e - 182))
```

```
If e >= 193 And e <= 204 Then Text1 = CLng(750 + (50 / 12) * (e - 192))
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

If e >= 233 And e <= 243 Then Text1 = CLng(950 + (50 / 11) * (e - 232))
If e >= 244 And e <= 255 Then Text1 = CLng(1000 + (50 / 11) * (e - 243))
If Text1 < 475 Or Text1 > 525 Then
    MSComm1.Output = Chr$(2)
    Timer3.Enabled = True
    Timer2.Enabled = False
    Text1.ForeColor = &HFF& 'MAKE A RED FONT WHEN FAILED'
    Text2.ForeColor = &HFF&
    Text2 = "ไม่ผ่าน"
Else
    MSComm1.Output = Chr$(1)
    Timer12.Enabled = True
    Timer2.Enabled = False
    Text1.ForeColor = &00&
    Text2.ForeColor = &00&
    Text2 = "ผ่าน"
End If
Data1.Recordset.AddNew
Data1.Recordset!unitweight = Val(Text1)
Data1.Recordset!qc = Text2
Data1.Recordset!Date = DateValue(Date)
Data1.Recordset!Time = Format(Time, "hh:mm:ss ampm")
Data1.Recordset.Update
Data1.Recordset.Bookmark = Data1.Recordset.LastModified
Timer5.Enabled = True
Else
    Timer1.Enabled = True
    Timer2.Enabled = False
End If
End Sub

Private Sub Timer3_Timer()
    MSComm1.Output = Chr$(3)
    Timer1.Enabled = True
    Timer3.Enabled = False
End Sub

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
MSComm1.Output = Chr$(3)
Timer1.Enabled = True
Timer3.Enabled = False
End Sub
```

```
Private Sub Timer4_Timer()
```

```
On Error GoTo error1
```

```
Dim t1 As Date
```

```
Dim t2 As String
```

```
Dim t3 As String
```

```
t1 = DateValue(Date)
```

```
t2 = "Passed"
```

```
t3 = "Failed"
```

```
'PERCENT OF PASSED PRODUCTS/ALL PRODUCTS
```

```
num4 = (Val(Text6) / Val(Text5)) * 100
```

```
Text4 = Mid(num4, 1, 5)
```

```
Data4.Refresh
```

```
Text9 = Mid(Text8, 1, 5)
```

```
'NUMBER OF ALL PRODUCTS
```

```
sqlcmd1$ = "select * from products where date=#" & t1 & "#"
```

```
sqlcmd1$ = sqlcmd1$ & " order by time"
```

```
Data1.RecordSource = sqlcmd1$
```

```
Data1.Refresh
```

```
Data1.Recordset.MoveLast
```

```
Text5 = Data1.Recordset.AbsolutePosition + 1
```

```
'NUMBER OF PASSED PRODUCTS
```

```
sqlcmd2$ = "select * from passed where date=#" & t1 & "#"
```

```
Data2.RecordSource = sqlcmd2$
```

```
Data2.Refresh
```

```
Data2.Recordset.MoveLast
```

```
Text6 = Data2.Recordset.AbsolutePosition + 1
```

```
'NUMBER OF FAILED PRODUCTS
```

```
sqlcmd3$ = "select * from failed where date=#" & t1 & "#"
```

```
Data3.RecordSource = sqlcmd3$
```

```
Data3.Refresh
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

End Sub

Private Sub Timer5_Timer()

On Error GoTo error1

'GRAPH'

If Data1.Caption = "Record: 0" Then

Form2.MSChart1.Visible = False

MsgBox "ไม่มีข้อมูลสำหรับการทำกราฟ", 64, "NO DATA FOR TODAY"

Else

Form2.MSChart1.Visible = True

End If

n = Data1.Recordset.AbsolutePosition + 1

Data1.Recordset.MoveFirst

With Form2.MSChart1

'GRAPH OF PRODUCTS IN ONE DAY'

.chartType = VtChChartType2dLine

.ColumnCount = 3

.RowCount = n

For Column = 1 To 1

For Row = 1 To n

.Column = Column

.Row = Row

.Data = Data1.Recordset!unitweight

Data1.Recordset.MoveNext

Next Row

Next Column

'GRAPH OF UPPER LIMIT'

For Column = 2 To 2

For Row = 1 To n

.Column = Column

.Row = Row

.Data = 525

Next Row

Next Column

'GRAPH OF LOWER LIMIT'

For Column = 3 To 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        .Row = Row
        .Data = 525
    Next Row
Next Column
'GRAPH OF LOWER LIMIT'
For Column = 3 To 3
    For Row = 1 To n
        .Column = Column
        .Row = Row
        .Data = 475
    Next Row
Next Column
'Use the chart as the backdrop of the legend.
.ShowLegend = True
.SelectPart VtChPartTypePlot, index1, index2, index3, index4
.EditCopy
.SelectPart VtChPartTypeLegend, index1, _
index2, index3, index4
.EditPaste
End With
Timer5.Enabled = False
Exit Sub
error1:
End Sub

Private Sub Timer6_Timer()
On Error GoTo error1
If Text6 = 0 And Text7 = 0 Then
    MSChart1.Visible = False
    Text9 = "0.00"
Else
    MSChart1.Visible = True
End If
n = Data1.Recordset.AbsolutePosition + 1
Data1.Recordset.MoveFirst

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

With Form2.MSChart1

```
.chartType = VtChChartType2dLine
```

```
.ColumnCount = 3
```

```
.RowCount = n
```

```
For Column = 1 To 1
```

```
For Row = 1 To n
```

```
.Column = Column
```

```
.Row = Row
```

```
.Data = Data1.Recordset!unitweight
```

```
Data1.Recordset.MoveNext
```

```
Next Row
```

```
Next Column
```

```
For Column = 2 To 2
```

```
For Row = 1 To n
```

```
.Column = Column
```

```
.Row = Row
```

```
.Data = 525
```

```
Next Row
```

```
Next Column
```

```
For Column = 3 To 3
```

```
For Row = 1 To n
```

```
.Column = Column
```

```
.Row = Row
```

```
.Data = 475
```

```
Next Row
```

```
Next Column
```

```
.ShowLegend = True
```

```
.SelectPart VtChPartTypePlot, index1, index2, index3, index4
```

```
.EditCopy
```

```
.SelectPart VtChPartTypeLegend, index1, _
```

```
index2, index3, index4
```

```
.EditPaste
```

```
End With
```

```
Timer6.Enabled = False
```

```
Exit Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

error1:

End Sub

Private Sub Timer7_Timer()

Dim t1 As Date

On Error GoTo error1

'NUMBER OF PASSED PRODUCTS

t1 = DateValue(Date)

Data2.RecordSource = sqlcmd2\$

Data2.Refresh

Data2.Recordset.MoveLast

Text6 = Data2.Recordset.AbsolutePosition + 1

Timer7.Enabled = False

Exit Sub

error1:

Text6 = 0

Timer7.Enabled = False

Text4 = "0.00"

End Sub

Private Sub Timer8_Timer()

Dim t1 As Date

On Error GoTo error1

'NUMBER OF FAILED PRODUCTS

t1 = DateValue(Date)

sqlcmd3\$ = "select * from failed where date=#" & t1 & "#"

Data3.RecordSource = sqlcmd3\$

Data3.Refresh

Data3.Recordset.MoveLast

Text7 = Data3.Recordset.AbsolutePosition + 1

'Timer8.Enabled = False

Exit Sub

error1:

Text7 = 0

'Timer8.Enabled = False

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

End Sub

Private Sub Timer9_Timer()

Dim t1 As Date

On Error GoTo error1

'NUMBER OF ALL PRODUCTS

t1 = DateValue(Date)

sqlcmd1\$ = "select * from products where date=#" & t1 & "#"

sqlcmd1\$ = sqlcmd1\$ & " order by time"

Data1.RecordSource = sqlcmd1\$

Data1.Refresh

Data1.Recordset.MoveLast

Text5 = Data1.Recordset.AbsolutePosition + 1

Exit Sub

error1:

Text6 = 0

Text7 = 0

End Sub



โปรแกรมภาษาแอสเซมบลี(Assembly) สำหรับ AT89S8252 ไมโครคอนโทรลเลอร์

```
DISBUF EQU 70H
CS EQU P2.0
RRD EQU P2.1
WWR EQU P2.2
INTR EQU P2.3
```

```
*****
;* START PROGRAM *
*****
```

```
ORG 0000H ; START ADDRESS 0000H
```

```
MOV TMOD,#20H
```

```
MOV SCON,#52H
```

```
MOV TH1,#0FAH
```

```
MOV TL1,#0FAH
```

```
MOV PCON,#0
```

```
SETB TI
```

```
SETB TR1
```

```
S1: JNB RI,$
```

```
CLR RI
```

```
MOV A,SBUF
```

```
CJNE A,#20H,S2 ; SPACE BAR PRESS
```

```
LCALL SENDENTER
```

```
MOV DPTR,#STR
```

```
LCALL SENDSTR
```

```
LCALL READAD
```

```
MOV DPH,#0
```

```
MOV DPL,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        LCALL HTOD
        MOV  R0,#DISBUF+2
        MOV  A,@R0
        LCALL SENDCHAR
        DEC  R0
        MOV  A,@R0
        LCALL SENDCHAR
        DEC  R0
        MOV  A,@R0
        LCALL SENDCHAR
        LCALL SENDENTER
        SJMP S1
S2:     MOV  P1,A
        SJMP S1
; SEND CHAR
SENDCHAR:  JNB  TI,$
           CLR  TI
           MOV  SBUF,A
           RET
; SEND STRING
SENDSTR:   MOV  A,#0
           MOVC A,@A+DPTR
           JZ   SENDSTRO
           LCALL SENDCHAR
           INC  DPTR
           SJMP SENDSTR
SENDSTRO:  RET

```

; SEND ENTER

SENDENTER: JNB TI,\$; SEND BACK ENTER

CLR TI

MOV SBUF,#10

JNB TI,\$

CLR TI

MOV SBUF,#13

RET

; READ A/D

READAD: CLR CS

CLR WWR

NOP

NOP

NOP

SETB CS

SETB WWR

JB INTR,\$

CLR CS

CLR RRD

MOV A,P0

RET

;* HEX TO DECIMAL *

;* input : dptr *

;* output : r1:r2:r3: *

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

HTOD:    CLR  A           ; INITIAL INPUT

        MOV  R1,A
        MOV  R2,A
        MOV  R3,A
        MOV  R4,#16

HTOD1:   MOV  A,DPL

        RLC  A
        MOV  DPL,A
        MOV  A,DPH
        RLC  A
        MOV  DPH,A
        MOV  R5,#3
        MOV  R0,#3

HTOD2:   MOV  A,@R0

        ADDC A,ACC
        DA  A
        MOV  @R0,A
        DEC  R0
        DJNZ R5,HTOD2
        DJNZ R4,HTOD1
        MOV  5,1
        MOV  6,2
        MOV  7,3

        MOV  R0,#DISBUF
        MOV  R1,#7
        MOV  A,@R1       ; STORE TO DISPLAY BUFFER
        ANL  A,#0FH
        ADD  A,#30H
        MOV  @R0,A
        MOV  A,@R1
        RR  A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

RR  A
RR  A
RR  A
INC  R0
ANL  A,#0FH
ADD  A,#30H
MOV  @R0,A
INC  R0
DEC  R1
MOV  A,@R1      ; STORE TO DISPLAY BUFFER
ANL  A,#0FH
ADD  A,#30H
MOV  @R0,A

RET

STR:  DB  'A/D Value :',0

END

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

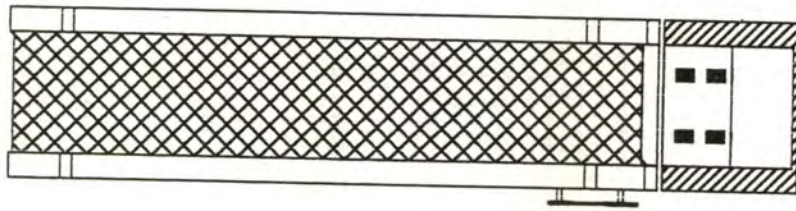


ภาคผนวก ข.

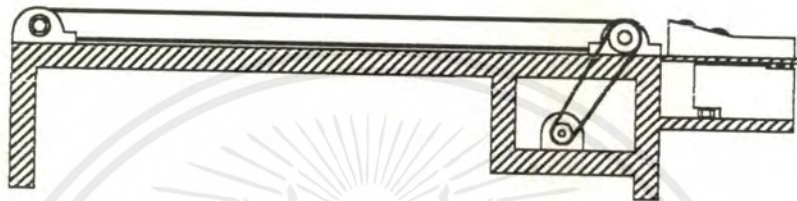
ผังงานของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**TOP
VIEW**

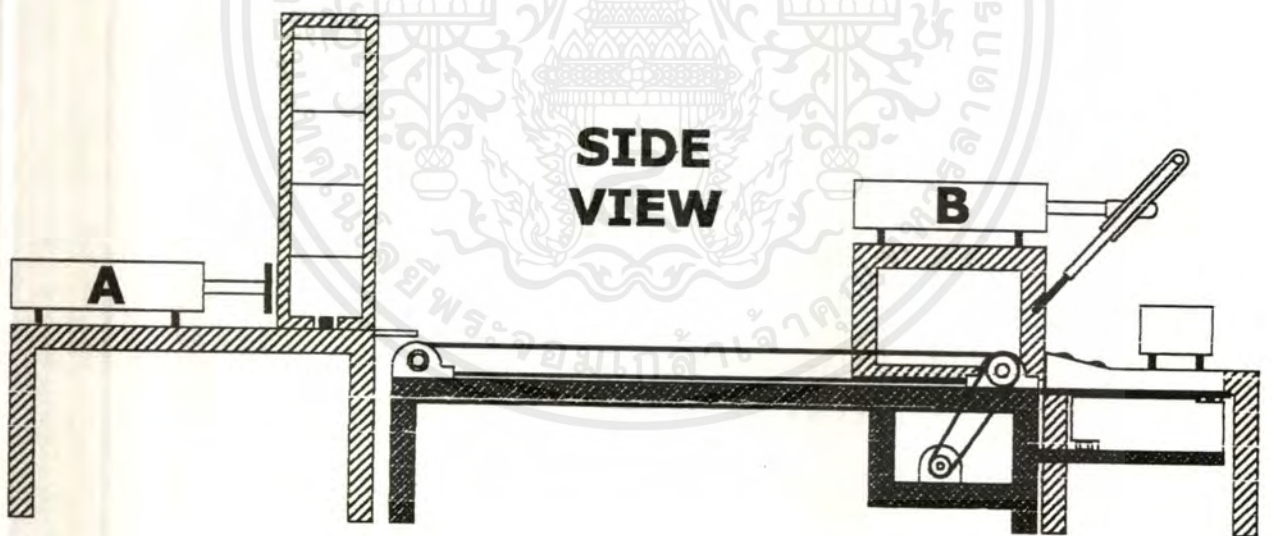


**SIDE
VIEW**



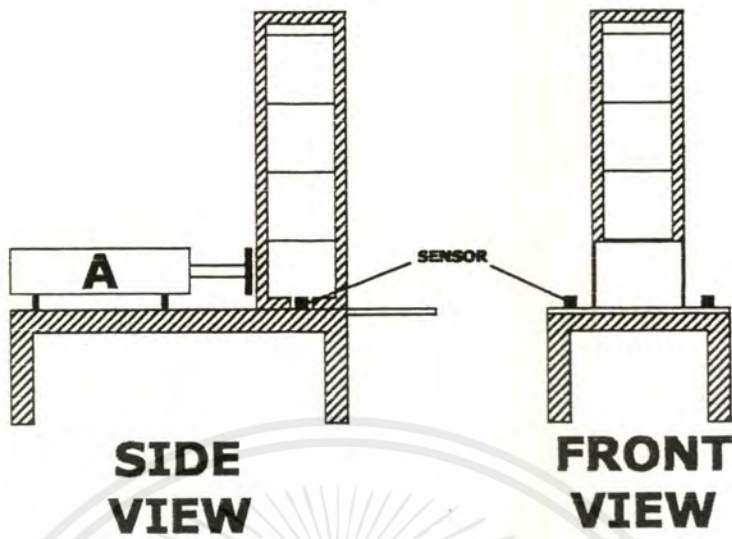
สายพานลำเลียงส่วนที่ 1

**SIDE
VIEW**

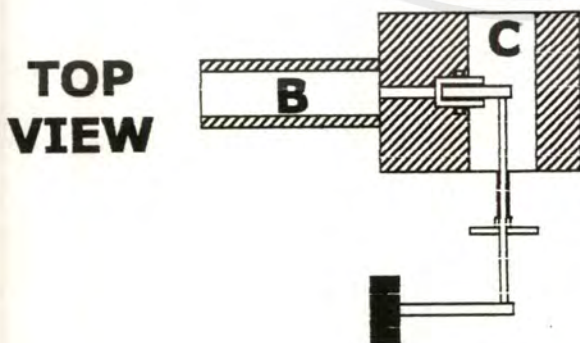
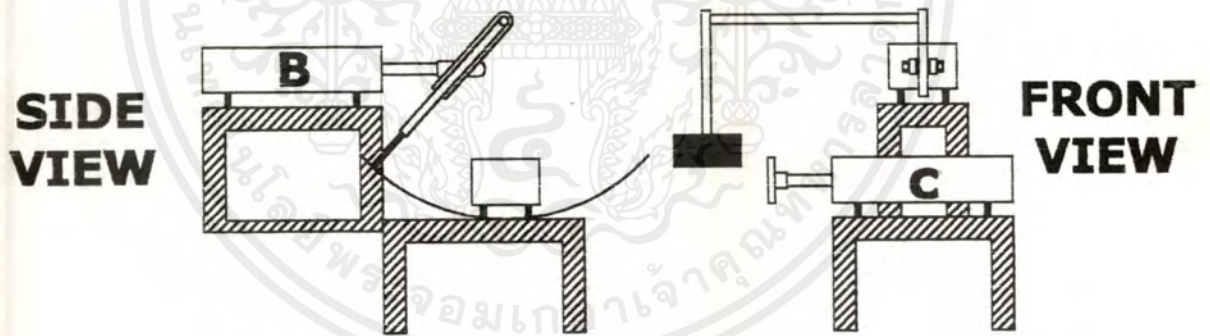


การติดตั้งสายพานลำเลียงส่วนที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

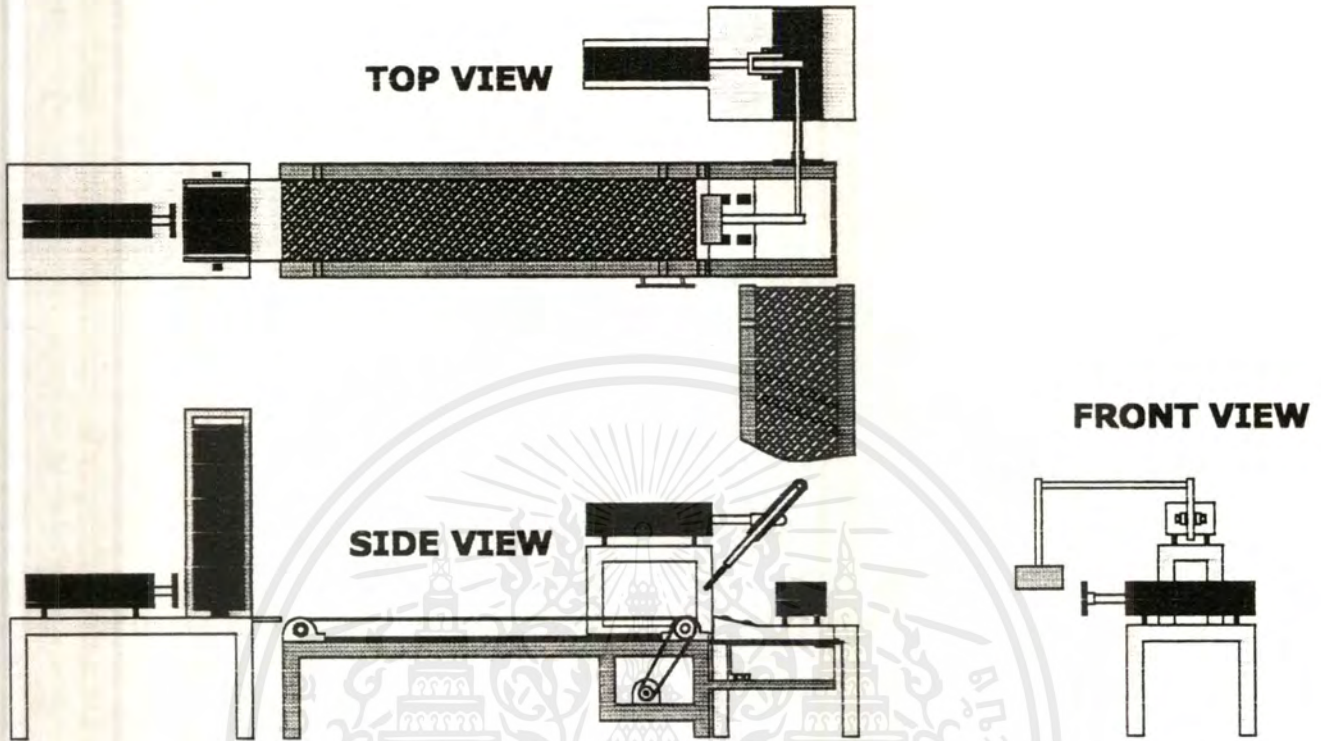


การติดตั้งกระบอกสูบ A



การติดตั้งกระบอกสูบ B และ C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ผังการทำงานของระบบทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

รายละเอียดข้อมูลของไอซีเบอร์ที่ใช้ในโครงการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FEATURES

- Low Noise: 0.3 μV p-p 0.1 Hz to 10 Hz
- Low Nonlinearity: 0.003% ($G = 1$)
- High CMRR: 120 dB ($G = 1000$)
- Low Offset Voltage: 50 μV
- Low Offset Voltage Drift: 0.5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
- Gain Bandwidth Product: 25 MHz
- Pin Programmable Gains of 1, 10, 100, 1000
- Input Protection, Power On-Power Off
- No External Components Required
- Internally Compensated
- MIL-STD-883B and Chips Available
- 16-Pin Ceramic DIP and SOIC Packages and
20-Terminal Leadless Chip Carriers Available
- Available in Tape and Reel in Accordance
with EIA-481A Standard
- Standard Military Drawing Also Available

PRODUCT DESCRIPTION

The AD524 is a precision monolithic instrumentation amplifier designed for data acquisition applications requiring high accuracy under worst-case operating conditions. An outstanding combination of high linearity, high common mode rejection, low offset voltage drift, and low noise makes the AD524 suitable for use in many data acquisition systems.

The AD524 has an output offset voltage drift of less than 25 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$, input offset voltage drift of less than 0.5 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$, CMR above 90 dB at unity gain (120 dB at $G = 1000$) and maximum nonlinearity of 0.003% at $G = 1$. In addition to the outstanding dc specifications the AD524 also has a 25 MHz gain bandwidth product ($G = 100$). To make it suitable for high speed data acquisition systems the AD524 has an output slew rate of 5 $\text{V}/\mu\text{s}$ and settles in 15 μs to 0.01% for gains of 1 to 100.

As a complete amplifier the AD524 does not require any external components for fixed gains of 1, 10, 100 and 1,000. For other gain settings between 1 and 1000 only a single resistor is required. The AD524 input is fully protected for both power on and power off fault conditions.

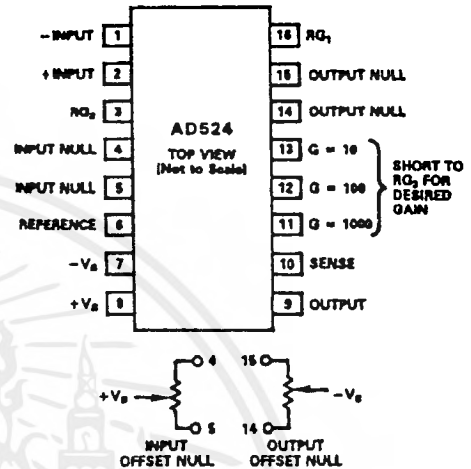
The AD524 IC instrumentation amplifier is available in four different versions of accuracy and operating temperature range. The economical "A" grade, the low drift "B" grade and lower drift, higher linearity "C" grade are specified from -25°C to $+85^\circ\text{C}$. The "S" grade guarantees performance to specification over the extended temperature range -55°C to $+125^\circ\text{C}$. Devices are available in 16-pin ceramic DIP and SOIC packages and a 20-terminal leadless chip carrier.

REV. C

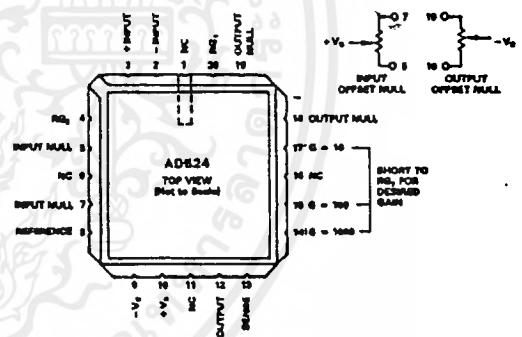
Information furnished by Analog Devices is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Analog Devices for its use nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Analog Devices.

CONNECTION DIAGRAMS

Ceramic (D) and
SOIC (R) Packages



Leadless Chip Carrier (E) Package



PRODUCT HIGHLIGHTS

1. The AD524 has guaranteed low offset voltage, offset voltage drift and low noise for precision high gain applications.
2. The AD524 is functionally complete with pin programmable gains of 1, 10, 100 and 1000, and single resistor programmable for any gain.
3. Input and output offset nulling terminals are provided for very high precision applications and to minimize offset voltage changes in gain ranging applications.
4. The AD524 is input protected for both power on and power off fault conditions.
5. The AD524 offers superior dynamic performance with a gain bandwidth product of 25 MHz, full power response of 75 kHz and a settling time of 15 μs to 0.01% of a 20 V step ($G = 100$).

AD524—SPECIFICATIONS. (@ $V_S = \pm 15\text{ V}$, $R_L = 2\text{ k}\Omega$ and $T_A = +25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Model	AD524A			AD524B			AD524C			AD524S			Units
	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	
GAIN													
Gain Equation (External Resistor Gain Programming)	$\left[\frac{40,000}{R_G} + 1 \right] \pm 20\%$			$\left[\frac{40,000}{R_G} + 1 \right] \pm 20\%$			$\left[\frac{40,000}{R_G} + 1 \right] \pm 20\%$			$\left[\frac{40,000}{R_G} + 1 \right] \pm 20\%$			
Gain Range (Pin Programmable)	1 to 1000			1 to 1000			1 to 1000			1 to 1000			
Gain Error ¹													
G = 1			±0.05			±0.03			±0.02			±0.05	%
G = 10			±0.25			±0.15			±0.1			±0.25	%
G = 100			±0.5			±0.35			±0.25			±0.5	%
G = 1000			±2.0			±1.0			±0.5			±2.0	%
Nonlinearity													
G = 1			±0.01			±0.005			±0.003			±0.01	%
G = 10, 100			±0.01			±0.005			±0.003			±0.01	%
G = 1000			±0.01			±0.01			±0.01			±0.01	%
Gain vs. Temperature													
G = 1			5			5			5			5	ppm/°C
G = 10			15			10			10			10	ppm/°C
G = 100			35			25			25			25	ppm/°C
G = 1000			100			50			50			50	ppm/°C
VOLTAGE OFFSET (May be Nulled)													
Input Offset Voltage vs. Temperature			250			100			50			100	μV
Output Offset Voltage vs. Temperature			2			0.75			0.5			2.0	μV/°C
Offset Referred to the Input vs. Supply			5			3			2.0			3.0	mV
G = 1			100			50			25			50	μV/°C
G = 10	70			75			80			75			dB
G = 100	85			95			100			95			dB
G = 1000	95			105			110			105			dB
G = 1000	100			110			115			110			dB
INPUT CURRENT													
Input Bias Current vs. Temperature			±50			±25			±15			±50	nA
Input Offset Current vs. Temperature			±100			±100			±100			±100	pA/°C
Input Offset Current vs. Temperature			±35			±15			±10			±35	nA
Input Offset Current vs. Temperature			±100			±100			±100			±100	pA/°C
INPUT													
Input Impedance													
Differential Resistance			10 ⁹			10 ⁹			10 ⁹			10 ⁹	Ω
Differential Capacitance			10			10			10			10	pF
Common-Mode Resistance			10 ⁹			10 ⁹			10 ⁹			10 ⁹	Ω
Common-Mode Capacitance			10			10			10			10	pF
Input Voltage Range													V
Max Differ. Input Linear (V_{DL}) ²			±10			±10			±10			±10	V
Max Common-Mode Linear (V_{CM})			$12\text{ V} - \left(\frac{G}{2} \times V_D \right)$			$12\text{ V} - \left(\frac{G}{2} \times V_D \right)$			$12\text{ V} - \left(\frac{G}{2} \times V_D \right)$			$12\text{ V} - \left(\frac{G}{2} \times V_D \right)$	V
Common-Mode Rejection dc to 60 Hz with 1 kΩ Source Imbalance													
G = 1			70			75			80			70	dB
G = 10			90			95			100			90	dB
G = 100			100			105			110			100	dB
G = 1000			110			115			120			110	dB
OUTPUT RATING													
V_{out}$ | R_L = 2\text{ k}\Omega$			±10			±10			±10			±10	V
DYNAMIC RESPONSE													
Small Signal - 3 dB													
G = 1			1			1			1			1	MHz
G = 10			400			400			400			400	kHz
G = 100			150			150			150			150	kHz
G = 1000			25			25			25			25	kHz
Slew Rate			5.0			5.0			5.0			5.0	V/μs
Settling Time to 0.01%, 20 V Step													
G = 1 to 100			15			15			15			15	μs
G = 1000			75			75			75			75	μs
NOISE													
Voltage Noise, 1 kHz													
R.T.I.			7			7			7			7	nV/√Hz
R.T.O.			90			90			90			90	nV/√Hz
R.T.I. 0.1 Hz to 10 Hz													
G = 1			15			15			15			15	μV p-p
G = 10			2			2			2			2	μV p-p
G = 100, 1000			0.3			0.3			0.3			0.3	μV p-p
Current Noise													
0.1 Hz to 10 Hz			60			60			60			60	pA p-p

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและ-2-อย่างอื่นถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Model	AD524A			AD524B			AD524C			AD524S			Units	
	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max	Min	Typ	Max		
SENSE INPUT	R_{IN}				20			20			20			$k\Omega \pm 20\%$
	I_{IN}				15			15			15			μA
	Voltage Range	± 10			± 10			± 10			± 10			V
	Gain to Output	1			1			1			1			%
REFERENCE INPUT	R_{IN}		40		40			40			40			$k\Omega \pm 20\%$
	I_{IN}		15		15			15			15			μA
	Voltage Range	± 10			± 10			10			10			V
	Gain to Output	1			1			1			1			%
TEMPERATURE RANGE	Specified Performance	-25		+85	-25		+85	-25		+85	-55		+125	$^{\circ}C$
	Storage	-65		+150	-65		+150	-65		+150	-65		+150	$^{\circ}C$
POWER SUPPLY	Power Supply Range	± 6	± 15	± 18	± 6	± 15	± 18	± 6	± 15	± 18	± 6	± 15	± 18	V
	Quiescent Current		3.5	5.0		3.5	5.0		3.5	5.0		3.5	5.0	mA

NOTES

- ¹Does not include effects of external resistor R_G .
- ² V_{OH} is the maximum differential input voltage at $G = 1$ for specified nonlinearity. V_{OH} at the maximum = $10V/G$.
- V_D = Actual differential input voltage.
- Example: $G = 10$, $V_D = 0.50$.
- $V_{IM} = 12 V - (10/2 \times 0.50 V) = 9.5 V$.

Specification subject to change without notice.

All min and max specifications are guaranteed. Specifications shown in boldface are tested on all production units at final electrical test. Results from those tests are used to calculate outgoing quality levels.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS¹

- Supply Voltage $\pm 18 V$
- Internal Power Dissipation 450 mW
- Input Voltage,²
(Either Input Simultaneously) $|V_{IN}| + |V_S|$ $< 36 V$
- Output Short Circuit Duration Indefinite
- Storage Temperature Range
(R) $-65^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$
(D, E) $-65^{\circ}C$ to $+150^{\circ}C$
- Operating Temperature Range
AD524A/B/C $-25^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$
AD524S $-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$
- Lead Temperature (Soldering 60 secs) $+300^{\circ}C$

NOTES

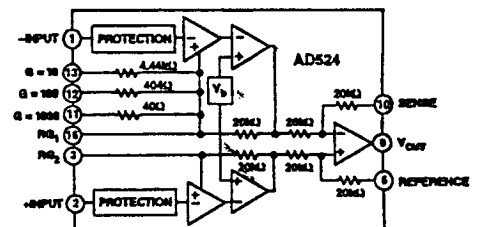
- ¹Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational section of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.
- ²Max input voltage specification refers to maximum voltage to which either input terminal may be raised with or without device power applied. For example, with ± 18 volt supplies max V_{IN} is ± 18 volts, with zero supply voltage max V_{IN} is ± 36 volts.

ORDERING GUIDE

Model	Temperature Range	Package Description	Package Option
AD524AD	$-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$	16-Pin Ceramic DIP	D-16
AD524AE	$-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$	20-Pin Leadless Chip Carrier	E-20A
AD524AR-16	$-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$	16-Pin Gull-Wing SOIC	R-16
AD524AR-16-REEL	$-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$	Tape & Reel Packaging	
AD524BD	$-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$	16-Pin Ceramic DIP	D-16
AD524BE	$-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$	20-Pin Leadless Chip Carrier	E-20A
AD524CD	$-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$	16-Pin Ceramic DIP	D-16
AD524SD	$-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$	16-Pin Ceramic DIP	D-16
AD524SD/883B	$-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$	16-Pin Ceramic DIP	D-16
5962-8853901EA ¹	$-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$	16-Pin Ceramic DIP	D-16
AD524SE/883B	$-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$	20-Pin Leadless Chip Carrier	E-20A
AD524ACHIPS	$-40^{\circ}C$ to $+85^{\circ}C$	Die	
AD524SCHIPS	$-55^{\circ}C$ to $+125^{\circ}C$	Die	

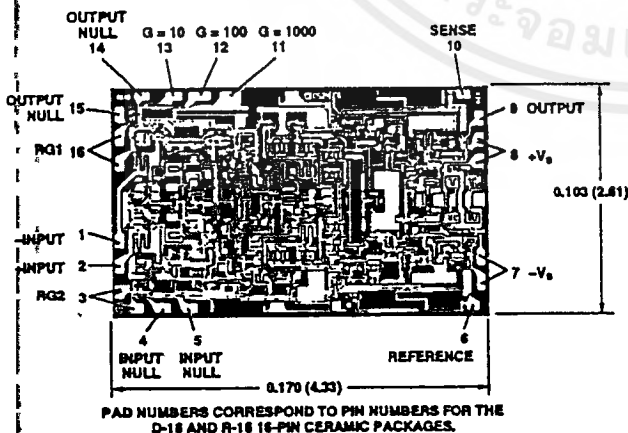
¹Refer to official DESC drawing for tested specifications.

FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



METALIZATION PHOTOGRAPH

Contact factory for latest dimensions.
Dimensions shown in inches and (mm).



CAUTION

ESD (electrostatic discharge) sensitive device. Electrostatic charges as high as 4000 V readily accumulate on the human body and test equipment and can discharge without detection. Although the AD524 features proprietary ESD protection circuitry, permanent damage may occur on devices subjected to high energy electrostatic discharges. Therefore, proper ESD precautions are recommended to avoid performance degradation or loss of functionality.



INPUT OFFSET AND OUTPUT OFFSET

Voltage offset specifications are often considered a figure of merit for instrumentation amplifiers. While initial offset may be adjusted to zero, shifts in offset voltage due to temperature variations will cause errors. Intelligent systems can often correct for this factor with an auto-zero cycle, but there are many small-signal high-gain applications that don't have this capability.

Voltage offset and drift comprise two components each; input and output offset and offset drift. Input offset is that component of offset that is directly proportional to gain i.e., input offset as measured at the output at $G = 100$ is 100 times greater than at $G = 1$. Output offset is independent of gain. At low gains, output offset drift is dominant, while at high gains input offset drift dominates. Therefore, the output offset voltage drift is normally specified as drift at $G = 1$ (where input effects are insignificant), while input offset voltage drift is given by drift specification at a high gain (where output offset effects are negligible). All input-related numbers are referred to the input (RTI) which is to say that the effect on the output is "G" times larger. Voltage offset vs. power supply is also specified at one or more gain settings and is also RTI.

By separating these errors, one can evaluate the total error independent of the gain setting used. In a given gain configuration both errors can be combined to give a total error referred to the input (R.T.I.) or output (R.T.O.) by the following formula:

Total Error R.T.I. = input error + (output error/gain)

Total Error R.T.O. = (Gain x input error) + output error

As an illustration, a typical AD524 might have a +250 μ V output offset and a -50 μ V input offset. In a unity gain configuration, the total output offset would be 200 μ V or the sum of the two. At a gain of 100, the output offset would be -4.75 mV or: +250 μ V + 100(-50 μ V) = -4.75 mV.

The AD524 provides for both input and output offset adjustment. This simplifies very high precision applications and minimize offset voltage changes in switched gain applications. In such applications the input offset is adjusted first at the highest programmed gain, then the output offset is adjusted at $G = 1$.

GAIN

The AD524 has internal high accuracy pretrimmed resistors for pin programmable gain of 1, 10, 100 and 1000. One of the preset gains can be selected by pin strapping the appropriate gain terminal and RG_2 together (for $G = 1$ RG_2 is not connected).

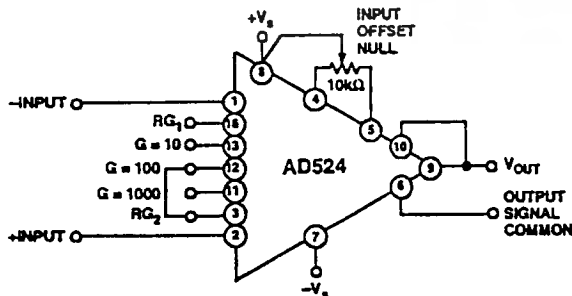


Figure 30. Operating Connections for $G = 100$

The AD524 can be configured for gains other than those that are internally preset; there are two methods to do this. The first method uses just an external resistor connected between pins 3

and 16 which programs the gain according to the formula

$$R_C = \frac{40k}{G-1}$$

(see Figure 31). For best results R_C should be a precision resistor with a low temperature coefficient. An external R_C affects both gain accuracy and gain drift due to the mismatch between it and the internal thin-film resistors. Gain accuracy is determined by the tolerance of the external R_C and the absolute accuracy of the internal resistors ($\pm 20\%$). Gain drift is determined by the mismatch of the temperature coefficient of R_C and the temperature coefficient of the internal resistors (-50 ppm/°C typ).

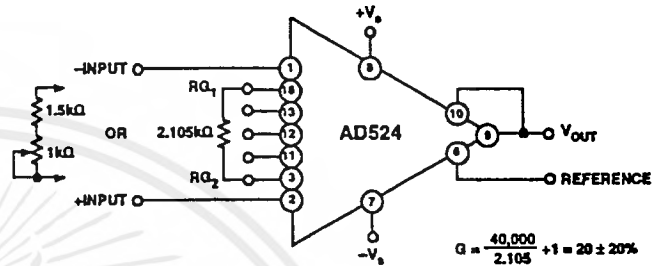


Figure 31. Operating Connections for $G = 20$

The second technique uses the internal resistors in parallel with an external resistor (Figure 32). This technique minimizes the gain adjustment range and reduces the effects of temperature coefficient sensitivity.

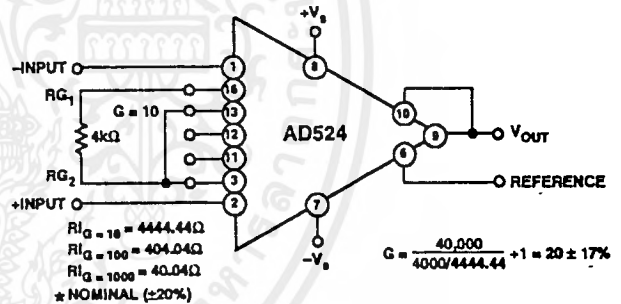


Figure 32. Operating Connections for $G = 20$, Low Gain T.C. Technique

The AD524 may also be configured to provide gain in the output stage. Figure 33 shows an H pad attenuator connected to the reference and sense lines of the AD524. R_1 , R_2 and R_3 should be made as low as possible to minimize the gain variation and reduction of CMRR. Varying R_2 will precisely set the gain without affecting CMRR. CMRR is determined by the match of R_1 and R_3 .

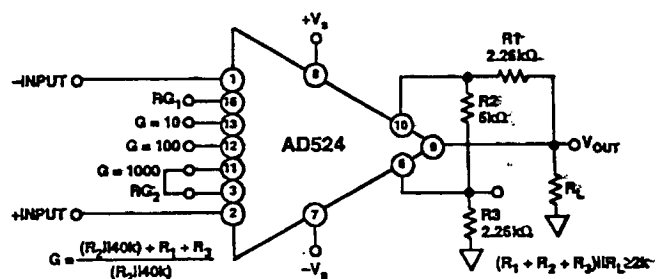


Figure 33. Gain of 2000

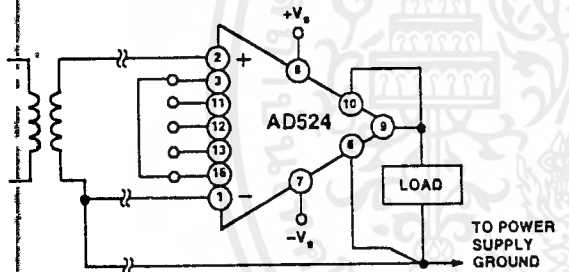
Table I. Output Gain Resistor Values

Output Gain	R2	R1, R3	Nominal Gain
2	5 kΩ	2.26 kΩ	2.02
5	1.05 kΩ	2.05 kΩ	5.01
10	1 kΩ	4.42 kΩ	10.1

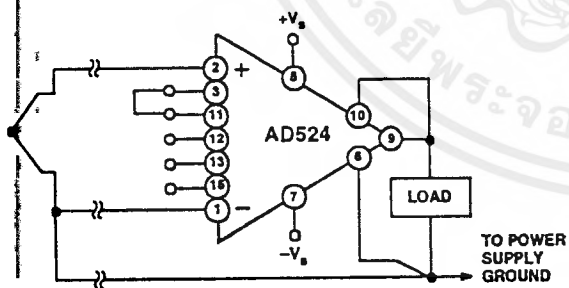
INPUT BIAS CURRENTS

Input bias currents are those currents necessary to bias the input transistors of a dc amplifier. Bias currents are an additional source of input error and must be considered in a total error budget. The bias currents when multiplied by the source resistance appear as an offset voltage. What is of concern in calculating bias current errors is the change in bias current with respect to signal voltage and temperature. Input offset current is the difference between the two input bias currents. The effect of offset current is an input offset voltage whose magnitude is the offset current times the source impedance imbalance.

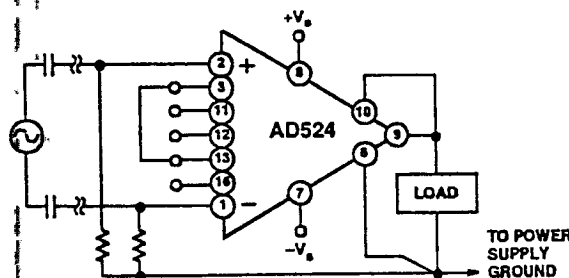
Although instrumentation amplifiers have differential inputs, there must be a return path for the bias currents. If this is not provided, those currents will charge stray capacitances, causing the output to drift uncontrollably or to saturate. Therefore, when amplifying "floating" input sources such as transformers and thermocouples, as well as ac-coupled sources, there must still be a dc path from each input to ground.



a. Transformer Coupled



b. Thermocouple



c. AC Coupled

Figure 34. Indirect Ground Returns for Bias Currents

COMMON-MODE REJECTION

Common-mode rejection is a measure of the change in output voltage when both inputs are changed equal amounts. These specifications are usually given for a full-range input voltage change and a specified source imbalance. "Common-Mode Rejection Ratio" (CMRR) is a ratio expression while "Common-Mode Rejection" (CMR) is the logarithm of that ratio. For example, a CMRR of 10,000 corresponds to a CMR of 80 dB.

In an instrumentation amplifier, ac common-mode rejection is only as good as the differential phase shift. Degradation of ac common-mode rejection is caused by unequal drops across differing track resistances and a differential phase shift due to varied stray capacitances or cable capacitances. In many applications shielded cables are used to minimize noise. This technique can create common mode rejection errors unless the shield is properly driven. Figures 35 and 36 shows active data guards which are configured to improve ac common mode rejection by "bootstrapping" the capacitances of the input cabling, thus minimizing differential phase shift.

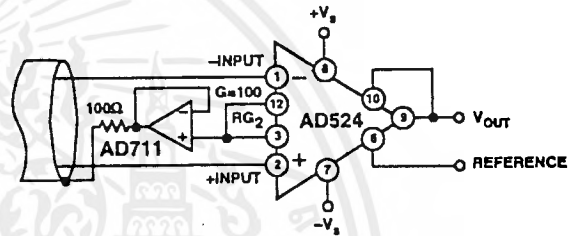


Figure 35. Shield Driver, G ≥ 100

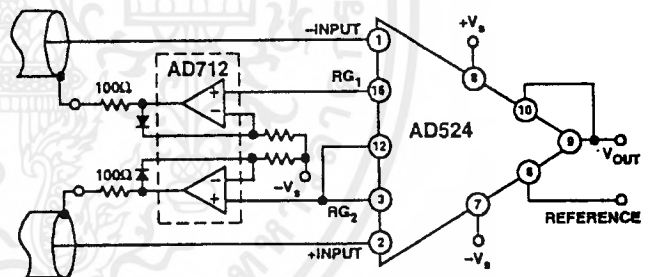


Figure 36. Differential Shield Driver

GROUNDING

Many data-acquisition components have two or more ground pins which are not connected together within the device. These grounds must be tied together at one point, usually at the system power-supply ground. Ideally, a single solid ground would be desirable. However, since current flows through the ground

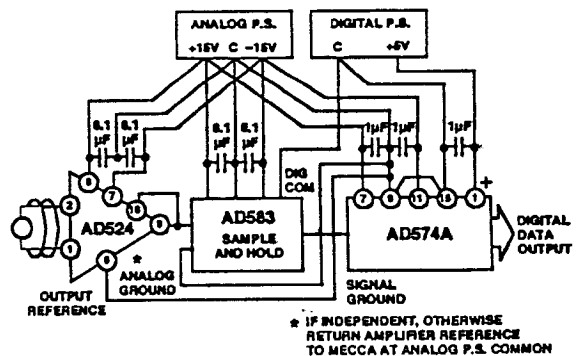


Figure 37. Basic Grounding Practice

MAXIM**+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers****General Description**

The MAX220-MAX249 family of line drivers/receivers is intended for all EIA/TIA-232E and V.28/V.24 communications interfaces, and in particular, for those applications where $\pm 12V$ is not available.

These parts are particularly useful in battery-powered systems since their low-power shutdown mode reduces power dissipation to less than $5\mu W$. The MAX225, MAX233, MAX235, and MAX245-MAX247 use no external components and are recommended for applications where printed circuit board space is critical.

Applications

Portable Computers
Low-Power Modems
Interface Translation
Battery-Powered RS-232 Systems
Multi-Drop RS-232 Networks

Features**Superior to Bipolar**

- ◆ Operate from Single +5V Power Supply (+5V and +12V—MAX231 and MAX239)
- ◆ Low-Power Receive Mode in Shutdown (MAX223/MAX242)
- ◆ Meet All EIA/TIA-232E and V.28 Specifications
- ◆ Multiple Drivers and Receivers
- ◆ 3-State Driver and Receiver Outputs
- ◆ Open-Line Detection (MAX243)

Ordering Information

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX220CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX220CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX220CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX220C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX220EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX220ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX220EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX220EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX220MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP

Ordering information continued at end of data sheet.
*Contact factory for dice specifications.

Selection Table

Part Number	Power Supply (V)	No. of RS-232 Drivers/Rx	No. of Ext. Caps	Nominal Cap. Value (μF)	SHDN. & Three-State	Rx Active in SHDN	Data Rate (kbps)	Features
MAX220	+5	2/2	4	4.7/10	No		120	Ultra low-power, industry-standard pinout
MAX222	+5	2/2	4	0.1	Yes		200	+5V IBM PC serial port with receivers active in shutdown
MAX223 (MAX213)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes	✓	120	MAX241 + receivers active in shutdown
MAX225	+5	5/5	0	-	Yes	✓	120	Available in SO
MAX230 (MAX200)	+5	5/0	4	1.0 (0.1)	Yes		120	5 drivers with shutdown
MAX231 (MAX201)	+5 and +7.5 to +13.2	2/2	2	1.0 (0.1)	No		120	Standard +5/+12V or battery supplies; same functions as MAX232
MAX232 (MAX202)	+5	2/2	4	1.0 (0.1)	No		120 (64)	Industry standard
MAX232A	+5	2/2	4	0.1	No		200	Higher slew rate, small caps
MAX233 (MAX203)	+5	2/2	0	-	No		120	No external caps
MAX233A	+5	2/2	0	-	No		200	No external caps, high slew rate
MAX234 (MAX204)	+5	4/0	4	1.0 (0.1)	No		120	Replaces 1488
MAX235 (MAX205)	+5	5/5	0	-	Yes		120	No external caps
MAX236 (MAX206)	+5	4/3	4	1.0 (0.1)	Yes		120	Shutdown, three-state
MAX237 (MAX207)	+5	5/3	4	1.0 (0.1)	No		120	Complements IBM PC serial port
MAX238 (MAX208)	+5	4/4	4	1.0 (0.1)	No		120	Replaces 1488 and 1489
MAX239 (MAX209)	+5 and +7.5 to +13.2	3/5	2	1.0 (0.1)	No		120	Standard +5/+12V or battery supplies; single package solution for IBM PC serial port
MAX240	+5	5/5	4	1.0	Yes		120	DIP or flatpack package
MAX241 (MAX211)	+5	4/5	4	1.0 (0.1)	Yes		120	Complete IBM PC serial port
MAX242	+5	2/2	4	0.1	Yes	✓	200	Separate shutdown and enable
MAX243	+5	2/2	4	0.1	No		200	Open-line detection simplifies cabling
MAX244	+5	8/10	4	1.0	No		120	High slew rate
MAX245	+5	8/10	0	-	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, two shutdown modes
MAX246	+5	8/10	0	-	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, three shutdown modes
MAX247	+5	8/9	0	-	Yes	✓	120	High slew rate, int. caps, nine operating modes
MAX248	+5	8/8	4	1.0	Yes	✓	120	High slew rate, selective half-chip enables
MAX249	+5	6/10	4	1.0	Yes	✓	120	Available in quad flatpack package

MAX220-MAX249

2

MAXIM

Maxim Integrated Products 15

Call toll free 1-800-998-8800 for free samples or literature.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS—MAX220/222/232A/233A/242/243

Supply Voltage (V _{CC})	.....-0.3V to +6V	16-Pin Narrow SO (derate 8.70mW/°C above +70°C)	.....696mW
Input Voltages		16-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	.....762mW
T _{IN}	.....-0.3V to (V _{CC} - 0.3V)	18-Pin Wide SO (derate 9.52mW/°C above +70°C)	.....762mW
R _{IN}	.....±30V	20-Pin Wide SO (derate 10.00mW/°C above +70°C)	.....800mW
T _{OUT} (Note 1)	.....±15V	16-Pin CERDIP (derate 10.00mW/°C above +70°C)	.....800mW
Output Voltages		18-Pin CERDIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	.....842mW
T _{OUT}	.....±15V	Operating Temperature Ranges	
R _{OUT}	.....-0.3V to (V _{CC} + 0.3V)	MAX2 __ AC __, MAX2 __ C __	.....0°C to +70°C
Driver/Receiver Output Short Circuited to GND	.....Continuous	MAX2 __ AE __, MAX2 __ E __	.....-40°C to +85°C
Continuous Power Dissipation (T _A = +70°C)		MAX2 __ AM __, MAX2 __ M __	.....-55°C to +125°C
16-Pin Plastic DIP (derate 10.53mW/°C above +70°C)	.....842mW	Storage Temperature Range	.....-65°C to +160°C
18-Pin Plastic DIP (derate 11.1mW/°C above +70°C)	.....889mW	Lead Temperature (soldering, 10 sec)	.....+300°
20-Pin Plastic DIP (derate 8.00mW/°C above +70°C)	.....440mW		

Note 1: Input voltage measured with T_{OUT} in high-impedance state, SHDN or V_{CC} = 0V.

Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of the specifications is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243

(V_{CC} = +5V ± 10%, C1-C4 = 0.1µF, T_A = T_{MIN} to T_{MAX}, unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 TRANSMITTERS						
Output Voltage Swing	All transmitter outputs loaded with 3kΩ to GND		±5	±8		V
Input Logic Threshold Low				1.4	0.8	V
Input Logic Threshold High			2	1.4		V
Logic Pull-Up/Input Current	Normal operation			5	40	µA
	SHDN = 0V, MAX222/242, shutdown		±0.01		±1	
Output Leakage Current	V _{CC} = 5.5V, SHDN = 0V, V _{OUT} = ±15V, MAX222/242		±0.01		±10	µA
	V _{CC} = SHDN = 0V, V _{OUT} = ±15V		±0.01		±10	
Data Rate	Except MAX220, normal operation			200	116	kbits/-sec
	MAX220			22	20	
Transmitter Output Resistance	V _{CC} = V+ V- = 0V, V _{OUT} = ±2V		300	10M		Ω
Output Short-Circuit Current	V _{OUT} = 0V		±7	±22		mA
RS-232 RECEIVERS						
RS-232 Input Voltage Operating Range					±30	V
RS-232 Input Threshold Low	V _{CC} = 5V	Except MAX243 R2 _{IN}	0.8	1.3		V
		MAX243 R2 _{IN} (Note 2)	-3			
RS-232 Input Threshold High	V _{CC} = 5V	Except MAX243 R2 _{IN}		1.8	2.4	V
		MAX243 R2 _{IN} (Note 2)		-0.5	-0.1	
RS-232 Input Hysteresis	Except MAX243, V _{CC} = 5V, no hyst. in shdn.		0.2	0.5	1	V
	MAX243			1		
RS-232 Input Resistance			3	5	7	kΩ
TTL/CMOS Output Voltage Low	I _{OUT} = 3.2mA			0.2	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	I _{OUT} = -1.0mA		3.5	V _{CC} - 0.2		V
TTL/CMOS Output Short-Circuit Current	Sourcing V _{OUT} = GND		-2	-10		mA
	Sinking V _{OUT} = V _{CC}		10	30		
TTL/CMOS Output Leakage Current	SHDN = V _{CC} or EN = V _{CC} , 0V ≤ V _{OUT} ≤ V _{CC}			±0.05	±10	µA

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

MAX220-MAX249

ELECTRICAL CHARACTERISTICS—MAX220/222/232A/233A/242/243 (continued)

($V_{CC} = +5V \pm 10\%$, $C1-C4 = 0.1\mu F$, $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		TYP	MAX	UNITS
EN Input Threshold Low	MAX242		1.4	0.8	V
EN Input Threshold High	MAX242		1.4		V
POWER SUPPLY					
Operating Supply Voltage			4.5	5.5	V
V _{CC} Supply Current (SHDN = V _{CC}), Figures 5, 6, 9, 19	No load	MAX220	0.5	2	mA
		MAX222/232A/233A/242/243	4	10	
	3k Ω load both outputs	MAX220	12		
		MAX222/232A/233A/242/243	15		
Shutdown Supply Current	MAX222/242	T _A = +25°C	0.1	10	μ A
		T _A = 0° to +70°C	2	50	
		T _A = -40° to +85°C	2	50	
		T _A = -55° to +125°C	35	100	
SHDN Input Leakage Current	MAX222/242			± 1	μ A
SHDN Threshold Low	MAX222/242		1.4	0.8	V
SHDN Threshold High	MAX222/242		1.4		V
AC CHARACTERISTICS					
Transition Slew Rate	C _L = 50pF to 2500pF, R _L = 3k Ω to 7k Ω , V _{CC} = 5V, T _A = +25°C, measured from +3V to -3V or -3V to +3V	MAX222/232A/233A/242/243	12	30	V/ μ s
		MAX220	3	30	
Transmitter Propagation Delay TLL to RS-232 (Normal Operation), Figure 1	t _{PHLT}	MAX222/232A/233A/242/243	1.3	3.5	μ s
		MAX220	4	10	
	t _{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243	1.5	3.5	
		MAX220	5	10	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (Normal Operation), Figure 2	t _{PHLR}	MAX222/232A/233A/242/243	0.5	1	μ s
		MAX220	0.6	3	
	t _{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243	0.6	1	
		MAX220	0.8	3	
Receiver Propagation Delay RS-232 to TLL (Shutdown), Figure 2	t _{PHLS}	MAX242	0.5	10	μ s
	t _{PLHS}	MAX242	2.5	10	
Receiver-Output Enable Time, Figure 3	t _{ER}	MAX242	125	500	ns
Receiver-Output Disable Time, Figure 3	t _{OR}	MAX242	160	500	ns
Transmitter-Output Enable Time (SHDN goes High), Figure 4	t _{ET}	MAX222/242, 0.1 μ F caps (includes charge-pump start-up)	250		μ s
Transmitter-Output Disable Time (SHDN goes Low), Figure 4	t _{OT}	MAX222/242, 0.1 μ F caps	600		ns
Transmitter + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	t _{PHLT} - t _{PLHT}	MAX222/232A/233A/242/243	300		ns
		MAX220	2000		
Receiver + to - Propagation Delay Difference (Normal Operation)	t _{PHLR} - t _{PLHR}	MAX222/232A/233A/242/243	100		ns
		MAX220	225		

Note 2: MAX243 R_{2OUT} is guaranteed to be low when R_{2IN} is $\geq 0V$ or is floating.

MAXIM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

ELECTRICAL CHARACTERISTICS — MAX223/MAX230-MAX241 (continued)

(MAX223/230/232/234/236/237/238/240/241 $V_{CC} = +5V \pm 10\%$; MAX233/MAX235 $V_{CC} = 5V \pm 5\%$, C1-C4 = 1.0 μ F, MAX231/MAX239 $V_{CC} = 5V \pm 10\%$, $V_+ = 7.5V$ to 13.2V, $T_A = T_{MIN}$ to T_{MAX} , unless otherwise noted.)

PARAMETER	CONDITIONS		MIN	TYP	MAX	UNITS
RS-232 Input Threshold Low	$T_A = +25^\circ\text{C}$ $V_{CC} = 5V$	Normal operation SHDN = 5V (MAX223) SHDN = 0V (MAX235-MAX241)	0.8	1.2		V
		Shutdown (MAX223) SHDN = 0V, EN = 5V (R4, R5)	0.6	1.5		
RS-232 Input Threshold High	$T_A = +25^\circ\text{C}$ $V_{CC} = 5V$	Normal operation SHDN = 5V (MAX223) SHDN = 0V (MAX235-MAX241)		1.7	2.4	V
		Shutdown (MAX223) SHDN = 0V, EN = 5V (R4, R5)		1.5	2.4	
RS-232 Input Hysteresis	$V_{CC} = 5V$; no hysteresis in shutdown		0.2	0.5	1.0	V
RS-232 Input Resistance	$T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5V$		3	5	7	k Ω
TTL/CMOS Output Voltage Low	$I_{OUT} = 1.6\text{mA}$ (MAX231-233) $I_{OUT} = 3.2\text{mA}$				0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	$I_{OUT} = 1.0\text{mA}$		3.5	$V_{CC} - 0.4$		V
TTL/CMOS Output Leakage Current	$0V \leq R_{OUT} \leq V_{CC}$; EN = 0V (MAX223); $\overline{EN} = V_{CC}$ (MAX235-241)			0.05	± 10	μA
Receiver Output Enable Time	Normal operation	MAX223		600		ns
		MAX235-MAX241		400		
Receiver Output Disable Time	Normal operation	MAX223		900		ns
		MAX235-MAX241		250		
Propagation Delay	RS-232 IN to TTL/CMOS OUT, $C_L = 150\text{pF}$	Normal operation		0.5	10	μs
		SHDN = 0V (MAX223)	t_{PHLS}	4	40	
			t_{PLHS}	6	40	
Transition Region Slew Rate	MAX223/MAX230/MAX234-241 $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5V$ $R_L = 3\text{k}\Omega$ to 7k Ω , $C_L = 50\text{pF}$ to 2500pF, measured from +3V to -3V or -3V to +3V		3	5.1	30	V/ μs
	MAX231/MAX232/MAX233 $T_A = +25^\circ\text{C}$, $V_{CC} = 5V$ $R_L = 3\text{k}\Omega$ to 7k Ω , $C_L = 50\text{pF}$ to 2500pF, measured from +3V to -3V or -3V to +3V			4	30	
Transmitter Output Resistance	$V_{CC} = V_+ = V_- = 0V$, $V_{OUT} = \pm 2V$		300			Ω
Receiver Out Short-Circuit Current				± 10		mA

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

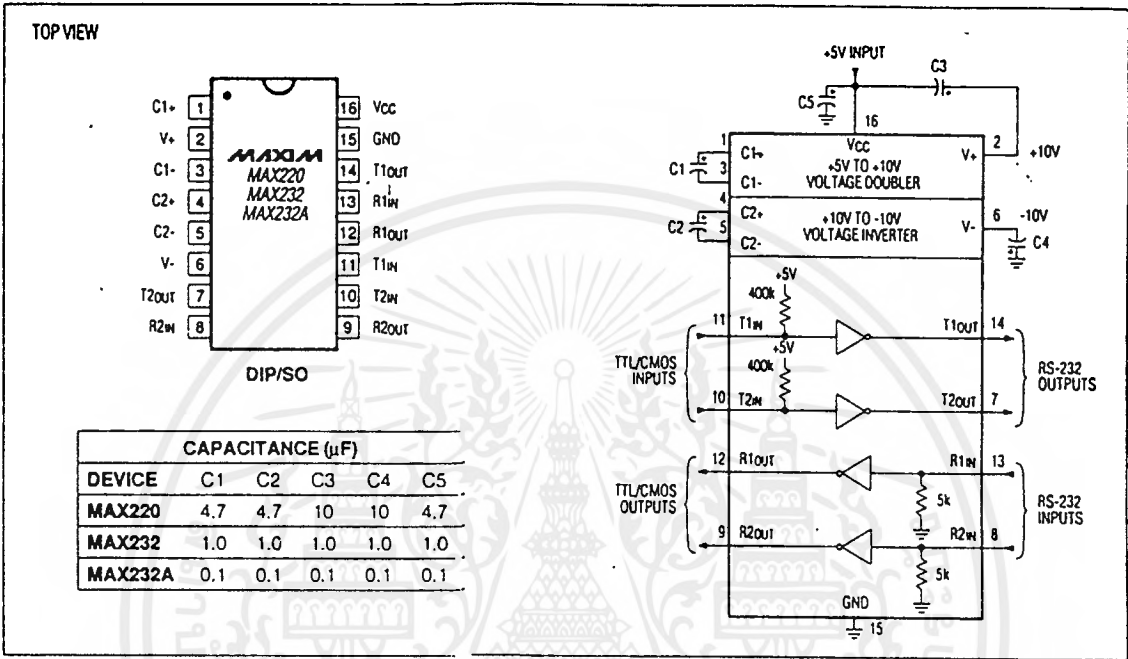


Figure 5. MAX220/232/232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

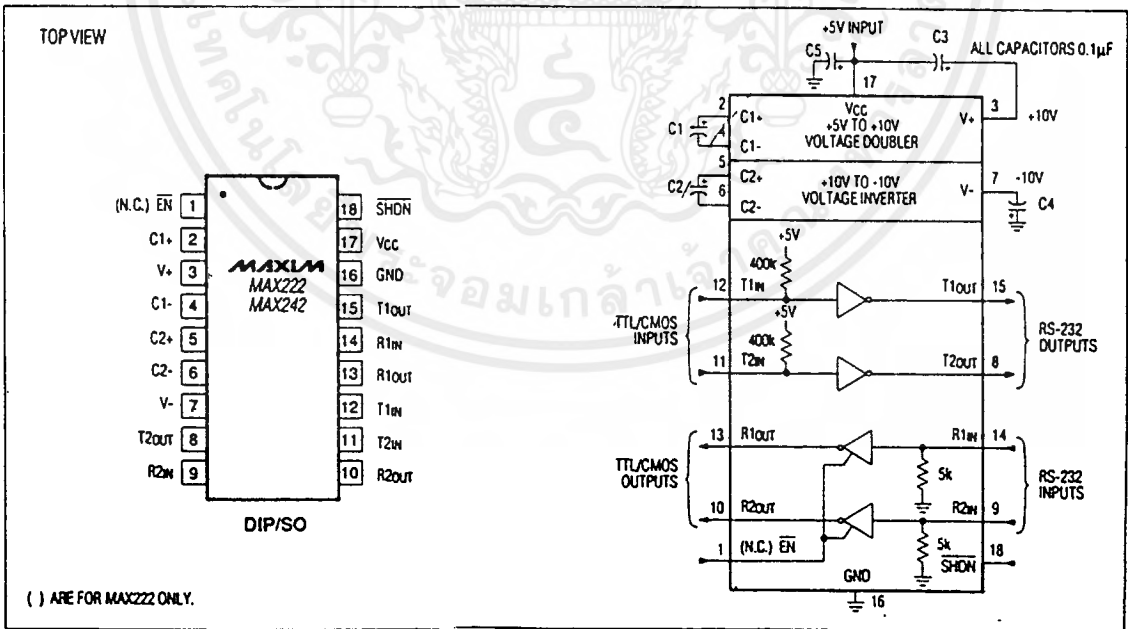


Figure 6. MAX222/MAX242 Pin Configuration and Typical Operating Circuit

+5V-Powered, Multi-Channel RS-232 Drivers/Receivers

Ordering Information (continued)

PART	TEMP. RANGE	PIN-PACKAGE
MAX222CPN	0°C to +70°C	18 Plastic DIP
MAX222CWN	0°C to +70°C	18 Wide SO
MAX222C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX222EPN	-40°C to +85°C	18 Plastic DIP
MAX222EWN	-40°C to +85°C	18 Wide SO
MAX222EJN	-40°C to +85°C	18 CERDIP
MAX222MJN	-55°C to +125°C	18 CERDIP
MAX223CAI	0°C to +70°C	28 SSOP
MAX223CWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX223C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX223EAI	-40°C to +85°C	28 SSOP
MAX223EWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
MAX225CWI	0°C to +70°C	28 Wide SO
MAX225EWI	-40°C to +85°C	28 Wide SO
MAX230CPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX230CWP	0°C to +70°C	20 Wide SO
MAX230C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX230EPP	-40°C to +85°C	20 Wide SO
MAX230EWP	-40°C to +85°C	20 Wide SO
MAX230EJP	-40°C to +85°C	20 CERDIP
MAX230MJP	-55°C to +125°C	20 CERDIP
MAX231CPD	0°C to +70°C	14 Plastic DIP
MAX231CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX231CJD	0°C to +70°C	14 CERDIP
MAX231C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX231EPD	-40°C to +85°C	14 Plastic DIP
MAX231EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX231EJD	-40°C to +85°C	14 CERDIP
MAX231MJD	-55°C to +125°C	14 CERDIP
MAX232CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX232CSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX232CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX232C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX232EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX232ESE	-40°C to +85°C	16 Narrow SO
MAX232EWE	-40°C to +85°C	18 Wide SO
MAX232EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX232MJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX232MLP	-55°C to +125°C	20 LCC
MAX232ACPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX232ACSE	0°C to +70°C	16 Narrow SO
MAX232ACWE	0°C to +70°C	16 Wide SO

MAX232AC/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX232AEPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX232AESE	-40°C to +85°C	16 Plastic SO
MAX232AEWE	-40°C to +85°C	18 Wide SO
MAX232AEJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX232AMJE	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX232AML	-55°C to +125°C	20 LCC
MAX233CPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX233EPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX233ACPP	0°C to +70°C	20 Plastic DIP
MAX233ACWP	0°C to +70°C	20 Wide SO
MAX233AEPP	-40°C to +85°C	20 Plastic DIP
MAX233AEWP	-40°C to +85°C	20 Wide SO
MAX234CPE	0°C to +70°C	16 Plastic DIP
MAX234CWE	0°C to +70°C	16 Wide SO
MAX234C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX234EPE	-40°C to +85°C	16 Plastic DIP
MAX234EWE	-40°C to +85°C	16 Wide SO
MAX234EJE	-40°C to +85°C	16 CERDIP
MAX234MJP	-55°C to +125°C	16 CERDIP
MAX235CPG	0°C to +70°C	24 Wide Plastic DIP
MAX235EPG	-40°C to +85°C	24 Wide Plastic DIP
MAX235EDG	-40°C to +85°C	24 Ceramic SB
MAX235MDG	-55°C to +125°C	24 Ceramic SB
MAX236CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX236CEG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX236C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX236ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX236EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX236ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX236MRG	-55°C to +125°C	24 CERDIP
MAX237CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX237CEG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX237C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX237ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX237EWG	-40°C to +85°C	24 Wide SO
MAX237ERG	-40°C to +85°C	24 Narrow CERDIP
MAX237MRG	-55°C to +125°C	24 CERDIP
MAX238CNG	0°C to +70°C	24 Narrow Plastic DIP
MAX238CEG	0°C to +70°C	24 Wide SO
MAX238C/D	0°C to +70°C	Dice*
MAX238ENG	-40°C to +85°C	24 Narrow Plastic DIP

*Contact factory for dice specifications.

Features

- Compatible with MCS-51™ Products
- 8K Bytes of In-System Reprogrammable Downloadable Flash Memory
 - SPI Serial Interface for Program Downloading
 - Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
- 2K Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
- 4.0V to 6V Operating Range
- Fully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
- Three-Level Program Memory Lock
- 256 x 8-bit Internal RAM
- 32 Programmable I/O Lines
- Three 16-bit Timer/Counters
- Nine Interrupt Sources
- Programmable UART Serial Channel
- SPI Serial Interface
- Low Power Idle and Power Down Modes
- Interrupt Recovery From Power Down
- Programmable Watchdog Timer
- Dual Data Pointer
- Power Off Flag

Description

The AT89S8252 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 8K bytes of Downloadable Flash programmable and erasable read only memory and 2K bytes of EEPROM. The device is manufactured using Atmel's high density non-volatile memory technology and is compatible with the industry standard 80C51 instruction set and pinout. The on-chip Downloadable Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system through an SPI serial interface or by a conventional non-volatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with Downloadable Flash on a monolithic chip, the Atmel AT89S8252 is a powerful microcomputer which provides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applications.

The AT89S8252 provides the following standard features: 8K bytes of Downloadable Flash, 2K bytes of EEPROM, 256 bytes of RAM, 32 I/O lines, programmable watchdog timer, two Data Pointers, three 16-bit timer/counters, a six-vector two-level interrupt architecture, a full duplex serial port, on-chip oscillator, and clock circuitry. In addition, the AT89S8252 is designed with static logic for operation down to zero frequency and supports two software selectable power saving modes. The Idle Mode stops the CPU while allowing the RAM, timer/counters, serial port, and interrupt system to continue functioning. The Power Down Mode saves the RAM contents but freezes the oscillator, disabling all other chip functions until the next interrupt or hardware reset.

The Downloadable Flash can be changed a single byte at a time and is accessible through the SPI serial interface. Holding RESET active forces the SPI bus into a serial programming interface and allows the program memory to be written to or read from unless Lock Bit 2 has been activated.



8-Bit Microcontroller with 8K Bytes Flash

AT89S8252

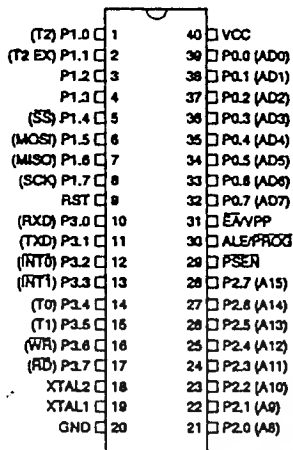
0401D-A-12/97



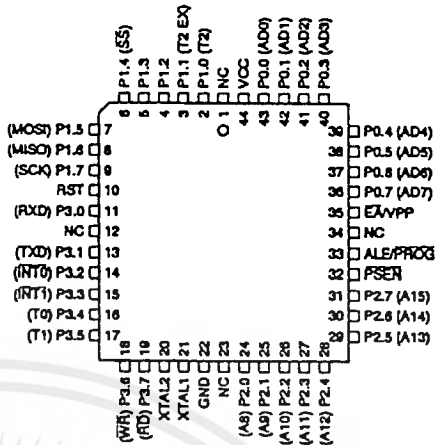
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์หรือการสงวนสิทธิ์ในบางประการ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Pin Configurations

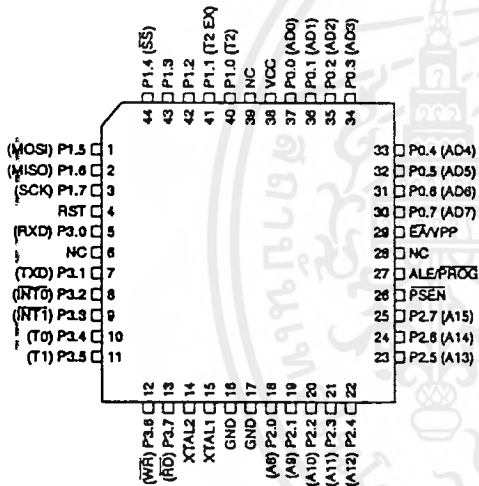
PDIP



PLCC



PQFP/TQFP



Pin Description

V_{CC}
Supply voltage.

GND
Ground.

Port 0
Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port, each pin can sink eight TTL inputs. When 1s are written to port 0 pins, the pins can be used as high-impedance inputs.

Port 0 can also be configured to be the multiplexed low-order address/data bus during accesses to external program and data memory. In this mode, P0 has internal pullups.

Port 0 also receives the code bytes during Flash programming and outputs the code bytes during program verification. External pullups are required during program verification.

Port 1
Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source four TTL inputs. When 1s are written to Port 1 pins, they are pulled high by the internal pullups and can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}) because of the internal pullups.

Some Port 1 pins provide additional functions. P1.0 and P1.1 can be configured to be the timer/counter 2 external count input (P1.0/T2) and the timer/counter 2 trigger input (P1.1/T2EX), respectively.

AC Characteristics

Under operating conditions, load capacitance for Port 0, ALE/ $\overline{\text{PROG}}$, and $\overline{\text{PSEN}}$ = 100 pF; load capacitance for all other outputs = 80 pF.

External Program and Data Memory Characteristics

Symbol	Parameter	Variable Oscillator		Units
		Min	Max	
$1/t_{\text{CLCL}}$	Oscillator Frequency	0	24	MHz
t_{LHLL}	ALE Pulse Width	$2t_{\text{CLCL}} - 40$		ns
t_{AVLL}	Address Valid to ALE Low	$t_{\text{CLCL}} - 13$		ns
t_{LLAX}	Address Hold After ALE Low	$t_{\text{CLCL}} - 20$		ns
t_{LLV}	ALE Low to Valid Instruction In		$4t_{\text{CLCL}} - 65$	ns
t_{LLPL}	ALE Low to $\overline{\text{PSEN}}$ Low	$t_{\text{CLCL}} - 13$		ns
t_{PLPH}	$\overline{\text{PSEN}}$ Pulse Width	$3t_{\text{CLCL}} - 20$		ns
t_{PLV}	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Valid Instruction In		$3t_{\text{CLCL}} - 45$	ns
t_{PXIX}	Input Instruction Hold After $\overline{\text{PSEN}}$	0		ns
t_{PXIZ}	Input Instruction Float After $\overline{\text{PSEN}}$		$t_{\text{CLCL}} - 10$	ns
t_{PXAV}	$\overline{\text{PSEN}}$ to Address Valid	$t_{\text{CLCL}} - 8$		ns
t_{AVIV}	Address to Valid Instruction In		$5t_{\text{CLCL}} - 55$	ns
t_{PLAZ}	$\overline{\text{PSEN}}$ Low to Address Float		10	ns
t_{RLRH}	$\overline{\text{RD}}$ Pulse Width	$6t_{\text{CLCL}} - 100$		ns
t_{WLWH}	$\overline{\text{WR}}$ Pulse Width	$6t_{\text{CLCL}} - 100$		ns
t_{RLDV}	$\overline{\text{RD}}$ Low to Valid Data In		$5t_{\text{CLCL}} - 90$	ns
t_{RHDZ}	Data Hold After $\overline{\text{RD}}$	0		ns
t_{RHDZ}	Data Float After $\overline{\text{RD}}$		$2t_{\text{CLCL}} - 28$	ns
t_{LLDV}	ALE Low to Valid Data In		$8t_{\text{CLCL}} - 150$	ns
t_{AVDV}	Address to Valid Data In		$9t_{\text{CLCL}} - 165$	ns
t_{LLWL}	ALE Low to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	$3t_{\text{CLCL}} - 50$	$3t_{\text{CLCL}} + 50$	ns
t_{AVWL}	Address to $\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ Low	$4t_{\text{CLCL}} - 75$		ns
t_{QVWX}	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ Transition	$t_{\text{CLCL}} - 20$		ns
t_{QVWH}	Data Valid to $\overline{\text{WR}}$ High	$7t_{\text{CLCL}} - 120$		ns
t_{WHDX}	Data Hold After $\overline{\text{WR}}$	$t_{\text{CLCL}} - 20$		ns
t_{RLAZ}	$\overline{\text{RD}}$ Low to Address Float		0	ns
t_{WHLH}	$\overline{\text{RD}}$ or $\overline{\text{WR}}$ High to ALE High	$t_{\text{CLCL}} - 20$	$t_{\text{CLCL}} + 25$	ns

ADC0802, ADC0803 ADC0804

8-Bit, Microprocessor-
Compatible, A/D Converters

August 1997

Features

- 80C48 and 80C80/85 Bus Compatible - No Interfacing Logic Required
- Conversion Time < 100µs
- Easy Interface to Most Microprocessors
- Will Operate In a "Stand Alone" Mode
- Differential Analog Voltage Inputs
- Works with Bandgap Voltage References
- TTL Compatible Inputs and Outputs
- On-Chip Clock Generator
- 0V to 5V Analog Voltage Input Range (Single +5V Supply)
- No Zero-Adjust Required

Description

The ADC0802 family are CMOS 8-Bit, successive-approximation A/D converters which use a modified potentiometric ladder and are designed to operate with the 8080A control bus via three-state outputs. These converters appear to the processor as memory locations or I/O ports, and hence no interfacing logic is required.

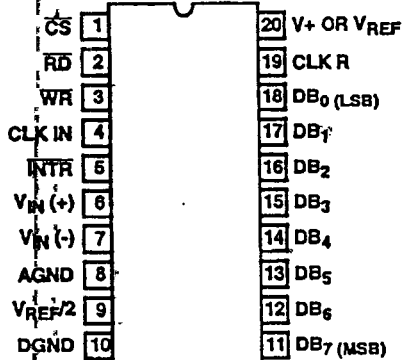
The differential analog voltage input has good common-mode-rejection and permits offsetting the analog zero-input-voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

Ordering Information

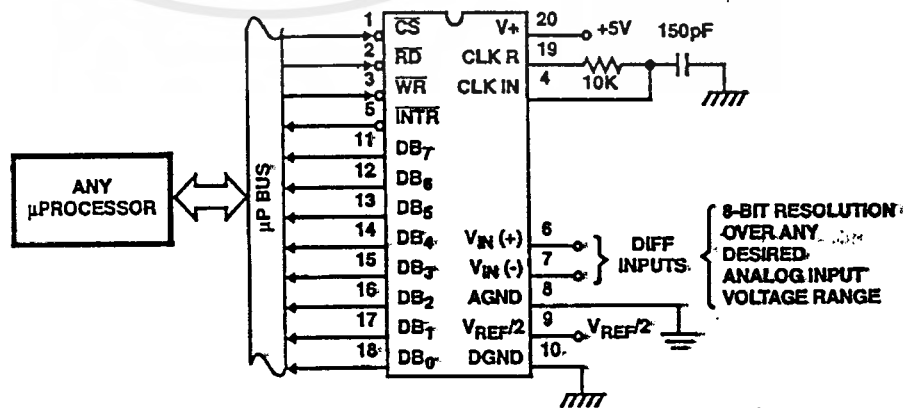
PART NUMBER	ERROR	EXTERNAL CONDITIONS	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. NO.
ADC0802LCN	±1/2 LSB	V _{REF/2} = 2.500V _{DC} (No Adjustments)	0 to 70	20 Ld PDIP	E20.3
ADC0802LCD	±3/4 LSB		-40 to 85	20 Ld Cerdip	F20.3
ADC0802LD	±1 LSB		-55 to 125	20 Ld Cerdip	F20.3
ADC0803LCN	±1/2 LSB	V _{REF/2} Adjusted for Correct Full Scale Reading	0 to 70	20 Ld PDIP	E20.3
ADC0803LCD	±3/4 LSB		-40 to 85	20 Ld Cerdip	F20.3
ADC0803LCWM	±1 LSB		-40 to 85	20 Ld SOIC	M20.3
ADC0803LD	±1 LSB		-55 to 125	20 Ld Cerdip	F20.3
ADC0804LCN	±1 LSB	V _{REF/2} = 2.500V _{DC} (No Adjustments)	0 to 70	20 Ld PDIP	E20.3
ADC0804LCD	±1 LSB		-40 to 85	20 Ld Cerdip	F20.3
ADC0804LCWM	±1 LSB		-40 to 85	20 Ld SOIC	M20.3

Pinout

ADC0802, ADC0803, ADC0804
(PDIP, Cerdip)
TOP VIEW



Typical Application Schematic



ADC0802, ADC0803 ADC0804

8-Bit, Microprocessor-
Compatible, A/D Converters

August 1997

Features

- 80C48 and 80C80/85 Bus Compatible - No Interfacing Logic Required
- Conversion Time < 100µs
- Easy Interface to Most Microprocessors
- Will Operate in a "Stand Alone" Mode
- Differential Analog Voltage Inputs
- Works with Bandgap Voltage References
- TTL Compatible Inputs and Outputs
- On-Chip Clock Generator
- 0V to 5V Analog Voltage Input Range (Single +5V Supply)
- No Zero-Adjust Required

Description

The ADC0802 family are CMOS 8-Bit, successive-approximation A/D converters which use a modified potentiometric ladder and are designed to operate with the 8080A control bus via three-state outputs. These converters appear to the processor as memory locations or I/O ports, and hence no interfacing logic is required.

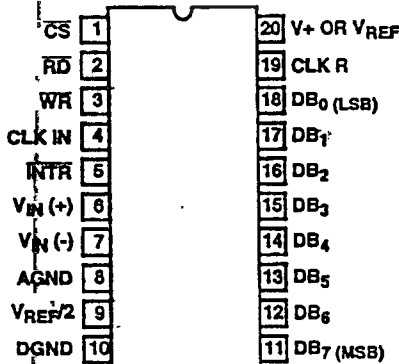
The differential analog voltage input has good common-mode-rejection and permits offsetting the analog zero-input-voltage value. In addition, the voltage reference input can be adjusted to allow encoding any smaller analog voltage span to the full 8 bits of resolution.

Ordering Information

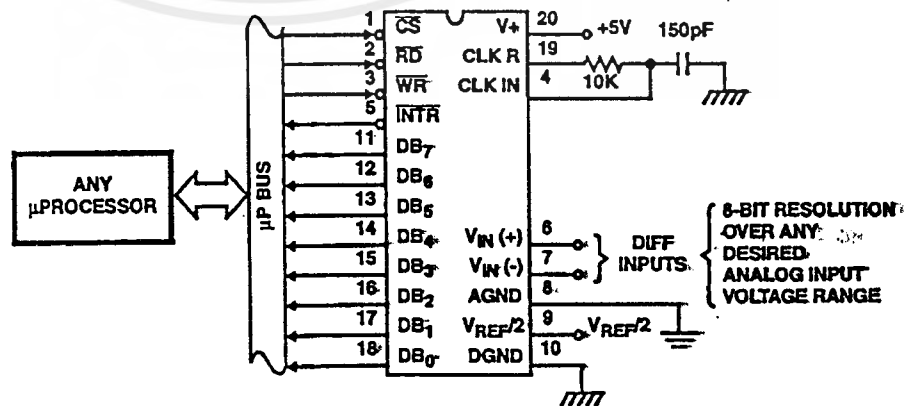
PART NUMBER	ERROR	EXTERNAL CONDITIONS	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. NO.
ADC0802LCN	±1/2 LSB	V _{REF/2} = 2.500V _{DC} (No Adjustments)	0 to 70	20 Ld PDIP	E20.3
ADC0802LCD	±3/4 LSB		-40 to 85	20 Ld Cerdip	F20.3
ADC0802LD	±1 LSB		-55 to 125	20 Ld Cerdip	F20.3
ADC0803LCN	±1/2 LSB	V _{REF/2} Adjusted for Correct Full Scale Reading	0 to 70	20 Ld PDIP	E20.3
ADC0803LCD	±3/4 LSB		-40 to 85	20 Ld Cerdip	F20.3
ADC0803LCWM	±1 LSB		-40 to 85	20 Ld SOIC	M20.3
ADC0803LD	±1 LSB		-55 to 125	20 Ld Cerdip	F20.3
ADC0804LCN	±1 LSB	V _{REF/2} = 2.500V _{DC} (No Adjustments)	0 to 70	20 Ld PDIP	E20.3
ADC0804LCD	±1 LSB		-40 to 85	20 Ld Cerdip	F20.3
ADC0804LCWM	±1 LSB		-40 to 85	20 Ld SOIC	M20.3

Pinout

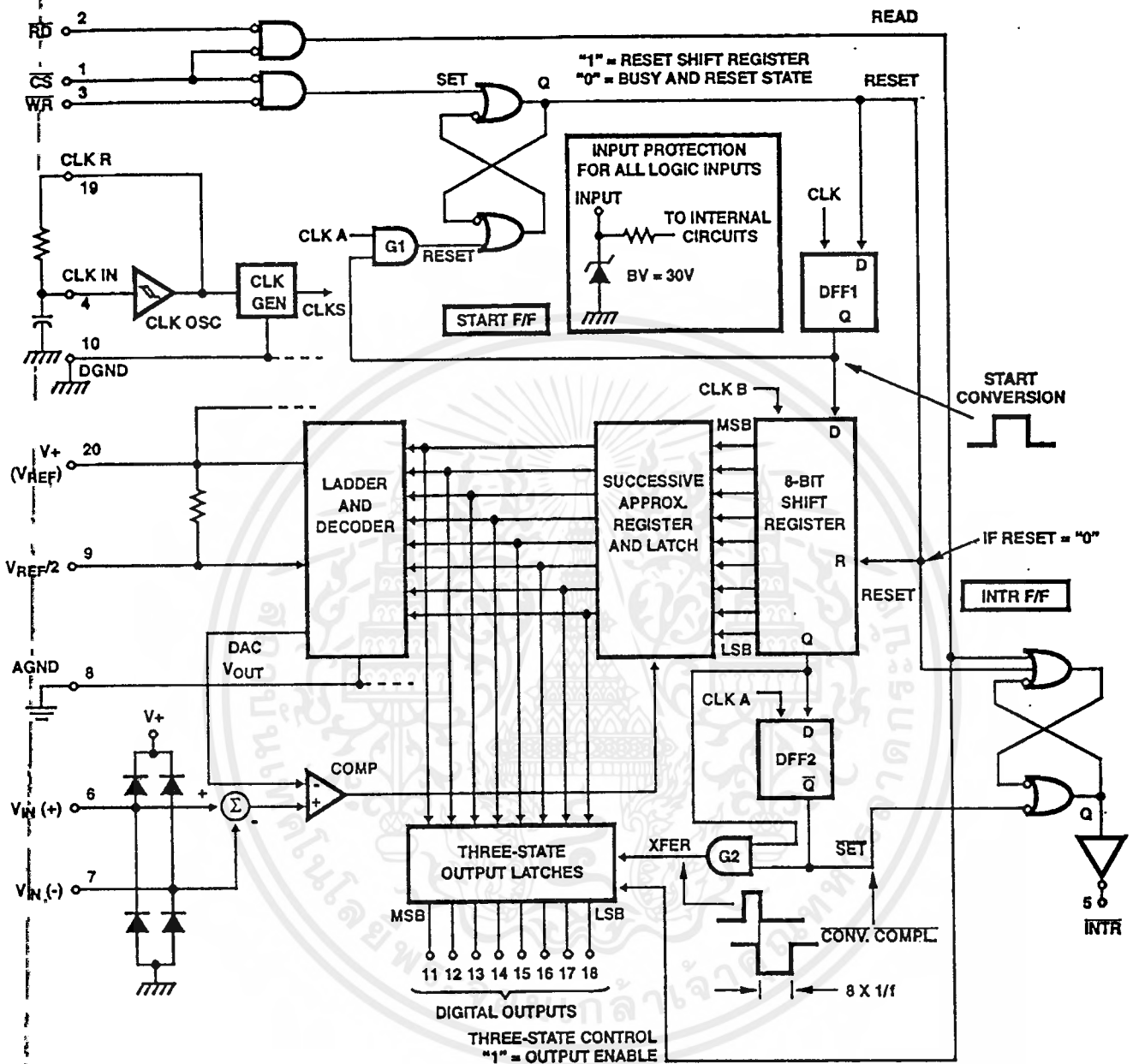
ADC0802, ADC0803, ADC0804
(PDIP, Cerdip)
TOP VIEW



Typical Application Schematic



Functional Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADC0802, ADC0803, ADC0804

Absolute Maximum Ratings

Supply Voltage	6.5V
Voltage at Any Input	-0.3V to (V ⁺ +0.3V)

Operating Conditions

Temperature Range	
ADC0802/03LD	-55°C to 125°C
ADC0802/03/04LCD	-40°C to 85°C
ADC0802/03/04LCN	0°C to 70°C
ADC0803/04LCWM	-40°C to 85°C

Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 1)	θ_{JA} (°C/W)	θ_{JC} (°C/W)
PDIP Package	125	N/A
CERDIP Package	80	20
SOIC Package	120	N/A
Maximum Junction Temperature		
Hermetic Package	175°C	
Plastic Package	150°C	
Maximum Storage Temperature Range	-65°C to 150°C	
Maximum Lead Temperature (Soldering, 10s)	300°C (SOIC - Lead Tips Only)	

CAUTION: Stresses above those listed in "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress only rating and operation of the device at these or any other conditions above those indicated in the operational sections of this specification is not implied.

NOTE:

- θ_{JA} is measured with the component mounted on an evaluation PC board in free air.

Electrical Specifications (Notes 1, 7)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CONVERTER SPECIFICATIONS V ⁺ = 5V, T _A = 25°C and f _{CLK} = 640kHz, Unless Otherwise Specified					
Total Unadjusted Error					
ADC0802	V _{REF/2} = 2.500V	-	-	±1/2	LSB
ADC0803	V _{REF/2} Adjusted for Correct Full Scale Reading	-	-	±1/2	LSB
ADC0804	V _{REF/2} = 2.500V	-	-	±1	LSB
V _{REF/2} Input Resistance	Input Resistance at Pin 9	1.0	1.3	-	kΩ
Analog Input Voltage Range	(Note 2)	GND-0.05	-	(V ⁺) + 0.05	V
DC Common-Mode Rejection	Over Analog Input Voltage Range	-	±1/16	±1/8	LSB
Power Supply Sensitivity	V ⁺ = 5V ±10% Over Allowed Input Voltage Range	-	±1/16	±1/8	LSB
CONVERTER SPECIFICATIONS V ⁺ = 5V, 0°C to 70°C and f _{CLK} = 640kHz, Unless Otherwise Specified					
Total Unadjusted Error					
ADC0802	V _{REF/2} = 2.500V	-	-	±1/2	LSB
ADC0803	V _{REF/2} Adjusted for Correct Full Scale Reading	-	-	±1/2	LSB
ADC0804	V _{REF/2} = 2.500V	-	-	±1	LSB
V _{REF/2} Input Resistance	Input Resistance at Pin 9	1.0	1.3	-	kΩ
Analog Input Voltage Range	(Note 2)	GND-0.05	-	(V ⁺) + 0.05	V
DC Common-Mode Rejection	Over Analog Input Voltage Range	-	±1/8	±1/4	LSB
Power Supply Sensitivity	V ⁺ = 5V ±10% Over Allowed Input Voltage Range	-	±1/16	±1/8	LSB
CONVERTER SPECIFICATIONS V ⁺ = 5V, -25°C to 85°C and f _{CLK} = 640kHz, Unless Otherwise Specified					
Total Unadjusted Error					
ADC0802	V _{REF/2} = 2.500V	-	-	±3/4	LSB
ADC0803	V _{REF/2} Adjusted for Correct Full Scale Reading	-	-	±3/4	LSB
ADC0804	V _{REF/2} = 2.500V	-	-	±1	LSB
V _{REF/2} Input Resistance	Input Resistance at Pin 9	1.0	1.3	-	kΩ
Analog Input Voltage Range	(Note 2)	GND-0.05	-	(V ⁺) + 0.05	V
DC Common-Mode Rejection	Over Analog Input Voltage Range	-	±1/8	±1/4	LSB
Power Supply Sensitivity	V ⁺ = 5V ±10% Over Allowed Input Voltage Range	-	±1/16	±1/8	LSB

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานี้ ไม่อนุญาตให้ไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADC0802, ADC0803, ADC0804

Electrical Specifications (Notes 1, 7) (Continued)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CONVERTER SPECIFICATIONS $V_+ = 5V$, $-55^\circ C$ to $125^\circ C$ and $f_{CLK} = 640kHz$, Unless Otherwise Specified					
Total Unadjusted Error					
ADC0802	$V_{REF/2} = 2.500V$	-	-	± 1	LSB
ADC0803	$V_{REF/2}$ Adjusted for Correct Full Scale Reading	-	-	± 1	LSB
$V_{REF/2}$ Input Resistance	Input Resistance at Pin 9	1.0	1.3	-	k Ω
Analog Input Voltage Range	(Note 2)	GND-0.05	-	$(V_+) + 0.05$	V
DC Common-Mode Rejection	Over Analog Input Voltage Range	-	$\pm 1/8$	$\pm 1/4$	LSB
Power Supply Sensitivity	$V_+ = 5V \pm 10\%$ Over Allowed Input Voltage Range	-	$\pm 1/8$	$\pm 1/4$	LSB
AC TIMING SPECIFICATIONS $V_+ = 5V$, and $T_A = 25^\circ C$, Unless Otherwise Specified					
Clock Frequency, f_{CLK}	$V_+ = 6V$ (Note 3)	100	640	1280	kHz
	$V_+ = 5V$	100	640	800	kHz
Clock Periods per Conversion (Note 4), t_{CONV}		62	-	73	Clocks/Conv
Conversion Rate in Free-Running Mode, CR	\overline{INTR} tied to \overline{WR} with $\overline{CS} = 0V$, $f_{CLK} = 640kHz$	-	-	8888	Conv/s
Width of \overline{WR} Input (Start Pulse Width), $t_{W(WR)}$	$\overline{CS} = 0V$ (Note 5)	100	-	-	ns
Access Time (Delay from Falling Edge of \overline{RD} to Output Data Valid), t_{ACC}	$C_L = 100pF$ (Use Bus Driver IC for Larger C_L)	-	135	200	ns
Three-State Control (Delay from Rising Edge of \overline{RD} to HI-Z State), t_{1H}, t_{0H}	$C_L = 10pF, R_L = 10K$ (See Three-State Test Circuits)	-	125	250	ns
Delay from Falling Edge of \overline{WR} to Reset of \overline{INTR} , t_{WI}, t_{RI}		-	300	450	ns
Input Capacitance of Logic Control Inputs, C_{IN}		-	5	-	pF
Three-State Output Capacitance (Data Buffers), C_{OUT}		-	5	-	pF
DC DIGITAL LEVELS AND DC SPECIFICATIONS $V_+ = 5V$, and T_{MIN} to T_{MAX} , Unless Otherwise Specified					
CONTROL INPUTS (Note 6)					
Logic "1" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN), V_{INH}	$V_+ = 5.25V$	2.0	-	V_+	V
Logic "0" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN), V_{INL}	$V_+ = 4.75V$	-	-	0.8	V
CLK IN (Pin 4) Positive Going Threshold Voltage, V_{+CLK}		2.7	3.1	3.5	V
CLK IN (Pin 4) Negative Going Threshold Voltage, V_{-CLK}		1.5	1.8	2.1	V
CLK IN (Pin 4) Hysteresis, V_H		0.6	1.3	2.0	V
Logic "1" Input Current (All Inputs), I_{INH}	$V_{IN} = 5V$	-	0.005	1	μA
Logic "0" Input Current (All Inputs), I_{INLO}	$V_{IN} = 0V$	-1	-0.005	-	μA
Supply Current (Includes Ladder Current), I_+	$f_{CLK} = 640kHz, T_A = 25^\circ C$ and $\overline{CS} = HI$	-	1.3	2.5	mA
DATA OUTPUTS AND \overline{INTR}					
Logic "0" Output Voltage, V_{OL}	$I_O = 1.6mA, V_+ = 4.75V$	-	-	0.4	V

Electrical Specifications (Notes 1, 7) (Continued)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN.	TYP	MAX	UNITS
Logic "1" Output Voltage, V_{OH}	$I_O = -360\mu A$, $V_+ = 4.75V$	2.4	-	-	V
Three-State Disabled Output Leakage (All Data Buffers), I_{LO}	$V_{OUT} = 0V$	-3	-	-	μA
	$V_{OUT} = 5V$	-	-	3	μA
Output Short Circuit Current, I_{SOURCE}	V_{OUT} Short to Gnd $T_A = 25^\circ C$	4.5	6	-	mA
Output Short Circuit Current, I_{SINK}	V_{OUT} Short to V_+ $T_A = 25^\circ C$	9.0	16	-	mA

- NOTES:
- All voltages are measured with respect to GND, unless otherwise specified. The separate AGND point should always be wired to the DGND, being careful to avoid ground loops.
 - For $V_{IN(-)} \geq V_{IN(+)}$ the digital output code will be 0000 0000. Two on-chip diodes are tied to each analog input (see Block Diagram) which will forward conduct for analog input voltages one diode drop below ground or one diode drop greater than the V_+ supply. Be careful, during testing at low V_+ levels (4.5V), as high level analog inputs (5V) can cause this input diode to conduct - especially at elevated temperatures, and cause errors for analog inputs near full scale. As long as the analog V_{IN} does not exceed the supply voltage by more than 50mV, the output code will be correct. To achieve an absolute 0V to 5V input voltage range will therefore require a minimum supply voltage of 4.950V over temperature variations, initial tolerance and loading.
 - With $V_+ = 6V$, the digital logic interfaces are no longer TTL compatible.
 - With an asynchronous start pulse, up to 8 clock periods may be required before the internal clock phases are proper to start the conversion process.
 - The \overline{CS} input is assumed to bracket the \overline{WR} strobe input so that timing is dependent on the \overline{WR} pulse width. An arbitrarily wide pulse width will hold the converter in a reset mode and the start of conversion is initiated by the low to high transition of the \overline{WR} pulse (see Timing Diagrams).
 - CLK IN (pin 4) is the input of a Schmitt trigger circuit and is therefore specified separately.
 - None of these A/Ds requires a zero-adjust. However, if an all zero code is desired for an analog input other than 0V, or if a narrow full scale span exists (for example: 0.5V to 4V full scale) the $V_{IN(-)}$ input can be adjusted to achieve this. See the Zero Error description in this data sheet.

Timing Waveforms

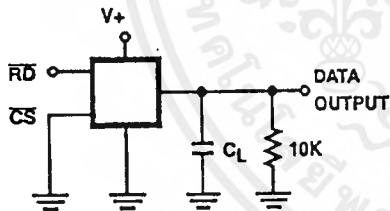


FIGURE 1A. t_{1H}

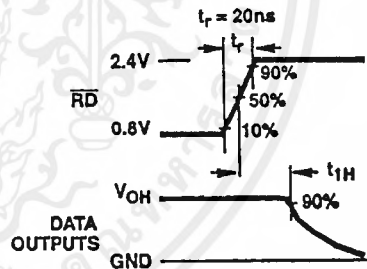


FIGURE 1B. t_{1H} , $C_L = 10pF$

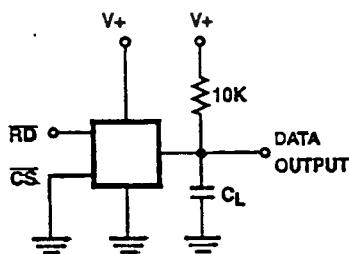


FIGURE 1C. t_{0H}

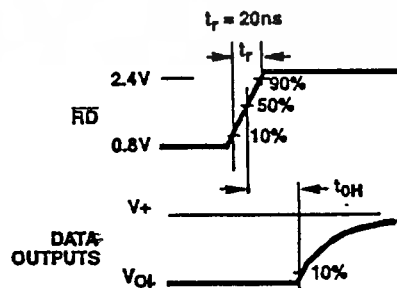


FIGURE 1D. t_{0H} , $C_L = 10pF$

FIGURE 1. THREE-STATE CIRCUITS AND WAVEFORMS