

รายงานฉบับสมบูรณ์

โครงการ การปรับปรุงเครื่องจักรในสายงานผลิต

เสนอต่อ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย
ฝ่ายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการผลิตและบริการ

เสนอโดย

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลเบลคคอร์ปอเรชั่น จำกัด
เลขที่ 1 ซอยพรีเมียร์ ถนนศรีนครินทร์ กรุงเทพฯ 10260
โทร.301-1062 โทรสาร 301-1092

มีนาคม 2541

Project Personnel

1. **ที่ปรึกษาโครงการ**
ดร.วิโรจน์ ตันตราภรณ์ กรรมการ กลุ่มบริษัทพรีเมียร์ (PGC)
คุณอุดม ชาดิยานนท์ กรรมการผู้จัดการใหญ่ บริษัท ชันโย ยูนิเวอร์แซล-
อิเล็กทริก จำกัด (มหาชน) (SUE)
2. **ผู้อำนวยการโครงการ**
คุณวิรัช ภัทราดุลย์ รองกรรมการผู้จัดการใหญ่ (SUE)
ดร.อารีย์ วิเชียรฉาย ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
(KMITL.)
3. **ที่ปรึกษาด้านเทคนิคฝ่ายโรงงาน (SUE)**
คุณสุกิจ อารีย์พัฒน์กุล ผู้อำนวยการฝ่ายโรงงานตู้เย็น (SUE)
คุณชาญชัย เทียงสุรินทร์ ผู้อำนวยการฝ่ายโรงงานคอมเพรสเซอร์ (SUE)
คุณอาณัติ ปโยนิธิการ ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรม (SUE)
คุณชิตชนก วัจนรัตน์ ผู้ช่วยผู้อำนวยการโรงงานคอมเพรสเซอร์ (SUE)
4. **ที่ปรึกษาเทคนิคฝ่ายวิชาการและออกแบบ**
ดร.วิบูลย์เกียรติ โมฬีรัตนนท์ อดีตผู้อำนวยการสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี (TDO)
รศ.ตะวัน สุจริตกุล ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (CMU)
ผศ.วิชิต ศิริโชติ ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
(KMITL.)
5. **ผู้ประสานงาน/บริหารโครงการ**
ดร.จรรยา คำนวนตา ผู้อำนวยการบริหารงานทั่วไปและเทคนิคสัมพันธ์
สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บ. พรีเมียร์โกลเบลคคอร์ปอเรชั่น จก. (TDO)
นางสาวโสภภาพรณ ทองโกล ผู้ประสานงานด้านธุรการ Technical Staff (TDO)
นายสมศักดิ์ ราชปรีชา ผู้ประสานงานด้านเทคนิค Technical Staff (TDO)
6. **โครงการ Automatic Single Purpose Lathe**
รศ.ตะวัน สุจริตกุล หัวหน้าโครงการ (CMU)
อ.ชูรัตน์ ธารรัตน์ สถาบันเทคโนโลยีสยามมงคล วิทยาเขตภาคพายัพ เชียงใหม่ (ITR)
นายองอาจ วิชาดิยานกุล (SUE)
พนักงานประจำเครื่องทั้งหมด (SUE)
พนักงาน TDO

7. **โครงการ Digital Air Micrometer Gauge**
 นายณรงค์ แสงแก้ว (หัวหน้าโครงการ) (TDO) นายองอาจ วิรชาติยานุกูล (SUE)
 นายทรงวิทย์ เจริญรายวัฒนา (TDO) พนักงานประจำเครื่องทั้งหมด (SUE)
 นายเอกกมล นิลอาษา (TDO)

8. **โครงการ Transfer Line**
 นายพนัส อินทรพาณิชย์ (TDO) นายองอาจ วิรชาติยานุกูล (หัวหน้าโครงการ) (SUE)
 นายบุญเลิศ จินากำเนิด (TDO) พนักงานประจำเครื่องทั้งหมด (SUE)
 นางสาวราภรณ์ จุฬารรณะ (TDO) นายเชิดศักดิ์ ศิริแสง (SUE)
 นายคำณูณ จำปาทองเทศ (SUE)
 นายศักดิ์ชาย ชนะการีย์ (SUE)

9. **โครงการ Automatic Feeder and Caulking**
 นายพนัส อินทรพาณิชย์ (หัวหน้าโครงการ) (TDO) นายองอาจ วิรชาติยานุกูล (SUE)
 นายบุญเลิศ จินากำเนิด (TDO) พนักงานประจำเครื่องทั้งหมด (SUE)
 นายสุเทพ ยังเยี่ยม (TDO)
 นายจรัส หวังดีผลงาม (TDO)

10. **โครงการ Thermoforming of Inner Liner of Refrigerator**
 ผศ.วิจิต ศรีโชติ (หัวหน้าโครงการ) (KMITL) คุณผดุงศักดิ์ ทวีชัยยุทธ รองผอ. ฝ่ายผู้เย็น (SUE)
 นายสมศักดิ์ ราชปรีชา (หัวหน้าฝ่ายปฏิบัติการ) (TDO) คุณชัชพงศ์ พึ่งพลผล (หัวหน้าฝ่ายการผลิต) (SUE)
 นายสุเทพ ยังเยี่ยม (TDO) พนักงานประจำเครื่องทั้งหมด (SUE)
 นายจิรวัฒน์ ตันตราจิน (TDO)
 นายณรงค์ แสงแก้ว (TDO)
 นายสุรวุฒิ กิจสัมพันธ์ (TDO)
 นายจรัส หวังดีผลงาม (TDO)
 นายทรงวิทย์ เจริญรายวัฒนา (TDO)
 นายบดินทร์ ดำรงค์ศักดิ์ (นิสิตปริญญาโท KMITL)

11. **ช่างเทคนิค**
 นายพิชิต ช่างเพชร ช่างเขียนแบบ (TDO) พนักงานช่างประจำทั้งหมด (SUE)
 นายจรรยา เขียวเครือ ช่างไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (TDO)
 นายสุริยา พรหมจิตร ช่างไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ (TDO)
 นายเขาวลิต ไชยงยศ ช่างกล/โลหะการ (TDO)
 นายกิตติพงษ์ บุญละคร ช่างกล/โลหะการ (TDO)
 นายศิริศักดิ์ ชื้อตรง ช่างกล/โลหะการ (TDO)

12. การประเมินโครงการและวิเคราะห์ทางสถิติ

ศศิธร อนันตพันธุ์พงศ์	(TDO)
ถวิลวดี บุรีกุล	(TDO)
วสวัตติ แก้ววังสาร	(TDO)
สุกัญญา ตันสถิตย์คุณ	(TDO)
ดุขติ แท่งทอง	(TDO)

13. การจัดทำรายงาน วิดีโอ และซีดีรอม

จิรวัดน์ ตันตราจิณ	(TDO)
ศศิธร อนันตพันธุ์พงศ์	(TDO)
ถวิลวดี บุรีกุล	(TDO)
ณรงค์ แสงแก้ว	(TDO)
วราภรณ์ จุฬารรณะ	(TDO)
วินัย แซ่โซว	(TDO)
จำรัส หวังดีผลงาม	(TDO)
เชาวลิต ไชยงยศ	(TDO)
สุภัค ขุนเพ็ชร	(TDO)
โกศล อักษรไพร	(ศูนย์ประชาสัมพันธ์ PGC)

14. เจ้าหน้าที่การเงิน อธิการ

ดุขติ แท่งทอง	(TDO)
พยอมวัลย์ เม่งทอง	(TDO)
ทศชัย อนุรักษ์พานทอง	(TDO)
ดุสนา อยู่ฤทธิชัย	(TDO)
สุภัค ขุนเพ็ชร	(TDO)

สารบัญ

	หน้า
1. เอกสารนำส่งรายงานฉบับสมบูรณ์	1
2. รายงานสรุปโครงการ	2
3. รายละเอียดผลการดำเนินงานโครงการ	6
4. รายงานโครงการ Digital Air Micrometer Gauge	1-1
5. รายงานโครงการ Automatic Single Purpose Lathe	2-1
6. รายงานโครงการ Transfer Line	3-1
7. รายงานโครงการ Automatic Part Feeder and Caulking	4-1
8. รายงานโครงการ Thermoforming of Inner Liner of Refrigerator	5-1
9. รายงานทางการเงิน	

เอกสารนำส่งผลการรายงานความก้าวหน้าของโครงการ

เสนอต่อ

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

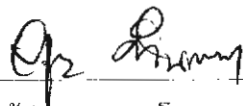
ฝ่ายวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเพื่อการผลิตและบริการ

สัญญาเลขที่ PG2/034/2538

โครงการ การปรับปรุงเครื่องจักรในสายงานผลิต

พร้อมนี้ได้ส่งเอกสารประกอบรายงานโครงการดังนี้

☒	1. สรุปรายงานโครงการ
☒	2. รายละเอียดผลการดำเนินงานโครงการ
☒	3. รายงานสรุปการเงิน
☒	4. บทคัดย่อ หรือบทสรุป ของบทความวิชาการ หรือเอกสารในลักษณะอื่น ๆ ตลอดจนสื่อประเภทต่าง ๆ ที่โครงการได้จัดทำขึ้น
☒	5. วิดีโอ
☒	6. ซีดีรอม

ลงนาม 
ผู้ประสานงานโครงการ
วันที่ 28 เมษายน 2541

รายงานสรุปโครงการ

สัญญาเลขที่ PG2/034/2538
ระยะเวลา 2 ปี
เริ่มดำเนินการ 1 กุมภาพันธ์ 2539
สิ้นสุดโครงการ 31 มีนาคม 2541
โครงการ การปรับปรุงเครื่องจักรในสายงานผลิต
หน่วยงาน สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี
บริษัท พรีเมียร์โกลเบลคคอร์เปอร์เรชั่น จำกัด

1. การดำเนินงานตามวัตถุประสงค์และแผนงานของโครงการ

- ☐ ได้ดำเนินงานตามแผนงานที่วางไว้ทุกประการ
☒ ได้เปลี่ยนแปลงแผนงานที่วางไว้ดังนี้คือ

การดำเนินงานส่วนใหญ่เป็นไปตามวัตถุประสงค์และแผนงานที่วางไว้ มีบางโครงการที่มีการเปลี่ยนแปลง เพิ่มเติม เพื่อให้ผลการวิจัยและเครื่องจักรที่พัฒนาขึ้น สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ตามความต้องการของ SUE ยิ่งขึ้น เช่น โครงการ Digital Air Micrometer Gauge มีการเพิ่มเติมในส่วนของ Bar Display, Segment Display และความสามารถในการเก็บข้อมูล เพื่อให้อ่านค่าได้สะดวก และเพิ่มขีดความสามารถในการใช้งานยิ่งขึ้น โครงการ Transfer Line จากแผนงานเดิมที่ป้อนชิ้นงานทีละชิ้น ก็ออกแบบให้เครื่องจักรสามารถผลิตได้ครั้งละ 6 ชิ้นพร้อมกัน โครงการ Automatic Feeder and Caulking จากการพัฒนาเครื่องป้อนและย้ายชิ้นงานอัตโนมัติ ก็รวมเอาระบบตัดปเกลียวเข้าไว้ด้วย เพื่อเพิ่มกำลังการผลิตและมีการทำงานได้อย่างต่อเนื่องและปลอดภัย โครงการ Thermofforming of Inner Liner of Refrigerator นอกจากสร้างชุดควบคุมอุณหภูมิเตาอัตโนมัติแล้ว ก็ได้สร้างชุดบังลมเข้าเตา สร้างห้องปรับอากาศเพื่อใช้กับชุดแสดงผลและควบคุมอุณหภูมิ สร้างชุดตรวจสอบข้อบกพร่องของ Heater และชุดแสดงผลทั้งระบบ Analogue และ Digital รายละเอียดการดำเนินงานจริงได้มีการดัดแปลง เพิ่มเติม เพื่อให้การใช้งานของเครื่องจักรมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น แต่ค่าใช้จ่ายของโครงการทั้งหมดในส่วนของสกว. ไม่ได้มีการเพิ่มเติมเปลี่ยนแปลง ทั้งนี้ได้จัดทำสรุปรายละเอียดการดำเนินงานโครงการ โดยเปรียบเทียบแผนงานในข้อเสนอโครงการกับงานที่ได้ปฏิบัติจริงดังนี้

สรุปการดำเนินงานโครงการ

แผนงานตามข้อเสนอโครงการ	งานที่ได้ปฏิบัติจริง
1. Digital Air Micrometer Gauge ออกแบบและสร้างอุปกรณ์ประกอบ Air Micrometer ที่ทำงานและแสดงผลเป็นลักษณะตัวเลขดิจิทัล สามารถบอกได้ว่าชิ้นงานอยู่ในขนาดที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยดูจากหลอดไฟสีเขียว/แดง แทนที่การอ่านจากสเกลของเครื่องมือวัด เพื่อให้อ่านค่าได้ง่าย สะดวก รวดเร็ว ข้อมูลที่อ่านได้สามารถส่งออกมาเป็นตัวเลขและบันทึกไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์โดยตรง เพื่อใช้ในการตรวจสอบการทำงานของเครื่องจักรและควบคุมคุณภาพการผลิต	งานที่ได้ปฏิบัติจริง เป็นไปตามแผนงานที่วางไว้ทุกประการ นอกจากนี้เพื่อความสะดวกในการใช้งาน ได้เพิ่มเติม Bar Display เป็นไฟวิ่ง เลียนแบบการขึ้นลงของลูกลอย แสดงค่าในหน่วยไมครอนเป็นตัวเลข 3 หลัก มี Text display แสดงข้อความเพื่อแสดงลำดับขั้นตอนการป้อนข้อมูล สามารถเก็บข้อมูลขนาด 30,000 ข้อมูลโดยใช้ NVRAM และสามารถถ่ายโอนข้อมูลสู่คอมพิวเตอร์ได้ สำหรับการสร้างชุดต้นแบบ ได้จัดสร้างชุดต้นแบบจำนวน 3 เครื่องตามความจำเป็นของการใช้งานที่ SUE ราคาต้นทุนการสร้าง 30,000 บาท/เครื่อง ซึ่งต่ำกว่าที่ประเมินไว้เดิม 50,000 บาทต่อเครื่อง และกำลังดำเนินการเพื่อขอจดสิทธิบัตรจากการคิดค้นและประดิษฐ์ไว้ด้วย เครื่อง Digital Air Micrometer ที่มีขายอยู่ในต่างประเทศราคา 300,000 บาท แสดงผลเป็นตัวเลข 3 หลัก และไม่สามารถจะส่งสัญญาณไปบันทึกในเครื่องคอมพิวเตอร์ได้
2. Automatic Single Purpose Lathe พัฒนาและจัดสร้างเครื่องขึ้นรูปโลหะเพื่อใช้งานแทนเครื่องจักร 5 เครื่อง ซึ่งแต่เดิมต้องใช้เครื่องกลึง 5 เครื่อง ผู้ทำงาน 5 คน โดยนำเครื่องจักรเก่ามาพัฒนา ให้สามารถทำงานได้ในระบบอัตโนมัติ สามารถเปลี่ยนมีดกลึงได้ 4 แบบ เพื่อใช้ในการกลึงหยาบ กลึงละเอียด ทำส่วนหัวและตัดชิ้นงาน โดยใช้เครื่องกลึงเครื่องเดียว ทำให้ประหยัดแรงงาน ค่าใช้จ่าย และพลังงาน	โครงการนี้ได้ทำการวิจัยที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ โดยนำเครื่องกลึงเก่าจาก SUE ไปปรับปรุง จนได้เครื่องต้นแบบเรียบร้อยแล้ว โดยหลักการและภาพรวม เครื่องจักรสามารถทำงานได้ตามที่ต้องการโดยระบบการทำงานอัตโนมัติ ควบคุมโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ มี Cycle time 40 วินาที/ชิ้น ปัจจุบันได้นำไปติดตั้งและใช้งานที่ SUE ผลการประเมินจากการใช้งานและประสิทธิภาพของเครื่อง ได้ผลตามที่ต้องการ

แผนงานตามข้อเสนอโครงการ	งานที่ได้ปฏิบัติจริง
3. Transfer Line พัฒนาเครื่อง Transfer Line โดยรวมเอาการทำงานของเครื่องจักรสถานีงานต่าง ๆ 3 สถานีคือ สถานีเจาะ สถานีลบคม และสถานีคว้าน มารวมกันเป็นเครื่องจักรชุดเดียว โดยมีระบบในการขนถ่ายชิ้นงานเข้าสู่สถานีงานอย่างต่อเนื่อง เพื่อประหยัดแรงงาน ค่าใช้จ่าย และลดพื้นที่ในการผลิต	โครงการนี้ได้มีการเปลี่ยนแปลงจากแผนงานเดิมที่จะออกแบบชุดป้อนชิ้นงานที่ละชิ้นต่อเนื่องไป โดยเปลี่ยนให้เครื่องจักรสามารถผลิตชิ้นงานได้ครั้งละ 6 ชิ้น เพื่อจะได้ปริมาณการผลิตที่สูงขึ้น เครื่องจักรที่พัฒนาขึ้นนี้จะสามารถผลิตชิ้นงานได้ 3,500 ชิ้น/กะ/เครื่อง และใช้พนักงานดูแลเพียงคนเดียว ในขณะที่เครื่องจักรเก่าทำงานโดยใช้เครื่องเจาะ 5 เครื่อง เครื่องลบคม 1 เครื่อง และเครื่องคว้าน 2 เครื่อง ใช้พนักงาน 5 คน และมีกำลังผลิตเพียง 2,500 ชิ้น/กะ
4. Automatic Feeder and Caulking พัฒนาและจัดสร้างเครื่องป้อนชิ้นงานอัตโนมัติ และอุปกรณ์เอ้าชิ้นงานออกจากเครื่องแทนการป้อนด้วยมือ เพื่อความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต	การดำเนินงานได้สร้างเครื่องป้อนชิ้นงานโดยผ่านแมกกาซีน และทำการย้าชิ้นงานอัตโนมัติ ที่เพิ่มเติมมาคือการด้าปเกลียวอัตโนมัติ จากการออกแบบ และร่วมปรึกษารวหรือกับ SUE ได้เล็งเห็นถึงปัญหาและความเป็นไปได้ ที่จะรวมเครื่องป้อน เครื่องย้าชิ้นงาน และด้าปเกลียวอัตโนมัติเข้าด้วยกัน โดยมีระบบการทำงานแบ่งเป็น 5 สถานี คือการป้อนแผ่นยัด ป้อนหมุดย้า ย้าชิ้นงาน ด้าปเกลียว และนำชิ้นงานออกจากจิ๊ก พร้อมกับทำความสะอาด ผลที่ได้จากโครงการนี้ นอกจากจะได้เครื่องป้อนและย้าชิ้นงานอัตโนมัติที่ช่วยเพิ่มความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการทำงานแล้ว ยังสามารถลดระยะเวลาในการทำงาน โดยเพิ่มกระบวนการด้าปเกลียวเข้าไปในเครื่องจักรเดียวกันด้วย

แผนงานตามข้อเสนอโครงการ	งานที่ได้ปฏิบัติจริง
5. Thermoforming of Inner Liner of Refrigerator พัฒนาและสร้างชุดแสดงผลอุณหภูมิจริง (Real Time Thermal Monitoring System, RTMS) เพื่อใช้ตรวจวัดอุณหภูมิในเตา และสร้างชุดควบคุมอุณหภูมิเตา เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสะดวกแก่การควบคุมอุณหภูมิของเตา และสามารถปรับลดความหนาของแผ่นวัสดุที่ใช้ เพื่อลดต้นทุนการผลิต	โครงการนี้ได้จัดสร้างชุดแสดงผลอุณหภูมิของเตา (RTMS) ซึ่งเป็นระบบตรวจวัดอุณหภูมิภายในเตา และสร้างชุดควบคุมอุณหภูมิเตา Final Heat เพื่อให้ได้อุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการยึดตัวของแผ่นวัสดุตามแบบของ Mould เพื่อให้ถึงในตู้เย็นมีความหนาสม่ำเสมอ โดยจำลองการควบคุมอุณหภูมิมาจากการขึ้นรูปโดยช่างผู้ชำนาญการมาเป็นการควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ ผลการดำเนินงานสำเร็จตามแผนงานที่วางไว้ทุกประการ โดยสามารถปรับลดความหนาของแผ่นวัสดุลงได้จนเหลือ 3.8 มิลลิเมตรตามเป้าหมาย และยังสามารถลดจำนวนของเสียลงได้จาก 9-15% เหลือ 3.9% นอกจากชุดควบคุมอุณหภูมิที่ได้จัดสร้างตามแผนงานแล้ว ในช่วงการดำเนินโครงการก็ได้จัดสร้างส่วนต่างๆ เพิ่มเติม เพื่อให้ประสิทธิภาพของการควบคุมเตาดีขึ้น และเพื่อวัตถุประสงค์เฉพาะดังนี้ 1. สร้างชุดบังลมเข้าเตา เพื่อช่วยควบคุมความแปรปรวนของอุณหภูมิของเตา อันเป็นผลจากความไม่แน่นอนของอุณหภูมิ ที่อ่านได้จาก RTMS 2. สร้างห้องปรับอากาศสำหรับชุดแสดงผลและควบคุมอุณหภูมิ เพื่อให้การใช้งานของเครื่องยาวนานขึ้น 3. สร้างชุด Heater failure เพื่อใช้ตรวจสอบข้อบกพร่องของ Heater ในกรณีที่ Heater Element ชุดใดชุดหนึ่งขาด เพื่อความสะดวกในการซ่อมแซม 4. สร้างชุดแสดงผลอุณหภูมิในระบบ digital และระบบ analogue เพื่อสะดวกสำหรับผู้ปฏิบัติงาน

2. สรุปผลการดำเนินงาน

การดำเนินงานของโครงการทั้งหมด เกือบจะเสร็จสิ้นสมบูรณ์ โครงการที่ได้ดำเนินการเสร็จสิ้นแล้วได้แก่ Digital Air Micrometer Gauge, Automatic Single Purpose Lathe และ Thermoforming of Inner Liner of Refrigerator ซึ่งได้จัดสร้างเครื่องต้นแบบเสร็จเรียบร้อยแล้วตามที่ได้รายงานไว้ในรายงานความก้าวหน้าครั้งที่แล้ว (ฉบับที่ 3) หลังจากนั้นทาง TDO และ SUE ได้ทำการทดสอบการใช้งานและประเมินผล ในสภาพของการปฏิบัติงานจริง ได้ข้อมูลต่างๆ เป็นที่ยอมรับ ดังได้สรุปไว้ในรายงานของโครงการย่อยแต่ละโครงการ

สำหรับโครงการ Transfer Line และ Automatic Part Feeder and Caulking เนื่องจากได้ขยายขอบข่ายของงานเพิ่มเติมขึ้นมามาก จึงมีความยากลำบากเป็นอย่างมากในเรื่องของการออกแบบ มีการแก้ไขแบบหลายครั้ง รวมทั้งปัญหาในการจ้างผู้รับเหมาที่มีฝีมือประณีตจัดสร้างเครื่องจักร ขณะนี้โครงการทั้งสองมีความคืบหน้าอย่างมาก โดยทั้งสองโครงการได้จัดสร้างเครื่องจักรเสร็จ และสามารถประกอบติดตั้งขึ้นส่วนอุปกรณ์ไปแล้ว ยังต้องแก้ไขในส่วนของการติดตั้งชุดโปรแกรมควบคุม และทดสอบการใช้งาน โครงการทั้งสองนี้ทำได้ยากเนื่องจากไม่มีรูปแบบของเครื่องจักรที่ใช้งานจริง จึงเป็นการสร้างเครื่องจักรที่ทีมงานช่วยกันออกแบบและสร้างขึ้นมา

รายละเอียดของผลการดำเนินงานแต่ละโครงการมีดังต่อไปนี้

2.1 การบริหารโครงการทั่วไป

การดำเนินงานโครงการโดยสรุป ได้จัดประชุมทีมงานวิจัยของ TDO SUE และ CMU เดือนละครั้ง เพื่อสรุปผลการดำเนินงานและหารือในการแก้ไขปัญหาต่างๆ ในการวิจัยซึ่งก็มีส่วนช่วยแก้ไขอุปสรรคต่างๆ เนื่องจากผู้บริหารและนักวิจัยของทุกส่วนได้มีโอกาสพบปะและระดมความคิดเห็นในการแก้ปัญหาร่วมกัน สำหรับการบริหารงานของแต่ละโครงการเป็นการประชุมกลุ่มย่อยประมาณอาทิตย์ละครั้ง

ความก้าวหน้าของงาน โครงการที่ได้จัดทำเครื่องต้นแบบเสร็จสิ้นแล้ว ได้ทำการทดสอบการใช้งานในสภาพโรงงานและประเมินผล เพื่อให้ได้ข้อมูลต่างๆ ที่จะนำไปใช้ในการวิจัยพัฒนาได้ในระดับต่อไป ในส่วนของการจัดสร้างต้นแบบ บางโครงการที่ต้องแก้ไขแบบหลายครั้ง แม้ว่าจะทำให้งานล่าช้าไปบ้าง แต่ก็เป็นการแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้ได้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นจากเดิม และก็สามารถจัดทำเครื่องจักรให้เสร็จสิ้นได้ตามกำหนดเวลา

2.2 โครงการย่อย Digital Air Micrometer Gauge (TRF 6/1/AMICRO)

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างเครื่องแสดงผลและบันทึกค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานสไลเดอร์ ผลสรุปของโครงการคือ สามารถสร้างเครื่องต้นแบบ และนำไปทดสอบการใช้งาน ทดสอบความแม่นยำของค่าที่วัดได้ เปรียบเทียบกับเครื่องแอร์ไมโครมิเตอร์ ที่ใช้งานอยู่เดิม หลังจากที่ได้จัดสร้างเครื่องต้นแบบเสร็จแล้ว ได้นำมาทดสอบเก็บข้อมูลเพื่อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะต่างๆ ของเครื่อง เปรียบเทียบกับเครื่องเปรียบเทียบมาตรฐาน หลังจากนั้นได้สร้างเครื่องเพิ่มเติมอีก 2 เครื่อง เพื่อนำไปใช้งานที่โรงงานการบินบุรี สำหรับการจดสิทธิบัตรนั้นจากการสืบค้นสิทธิบัตรพบว่ายังไม่มีการจัดทำเครื่องแอร์ไมโครมิเตอร์ในลักษณะนี้ ซึ่งก็จะดำเนินการจดสิทธิบัตรต่อไป ปัญหาการดำเนินงานอยู่ที่การเปรียบเทียบมาตรฐานของเครื่องแอร์

ไมโครมิเตอร์ ซึ่งต้องเทียบได้กับเครื่องปรับเทียบมาตรฐาน และผู้ปฏิบัติงานมีความพอใจที่จะใช้เครื่องที่สร้างขึ้นใหม่ เพื่อให้มั่นใจว่าค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือใหม่นี้สามารถสอบเทียบย้อนกลับไปถึงมาตรฐานระหว่างประเทศได้ ซึ่งเป็นข้อกำหนดข้อหนึ่งตามมาตรฐานคุณภาพ ISO 9000 เนื่องจาก SUE เป็นบริษัทหนึ่งที่ได้รับการรับรองคุณภาพตามมาตรฐาน ISO 9002 ด้วย

ตามแผนการดำเนินงานที่ได้เสนอไว้กับสกว. ในการสร้างเครื่องมือวัดขนาดที่สามารถบันทึกข้อมูลเป็นตัวเลขใช้งานได้สะดวก สามารถบอกค่าชิ้นงานอยู่ในขนาดที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยดูจากหลอดไฟสีเขียว/แดง อ่านค่าได้ง่าย รวดเร็ว ข้อมูลที่อ่านได้สามารถบันทึกไว้บนคอมพิวเตอร์ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตรวจสอบสภาพเครื่องจักรและปรับปรุงคุณภาพการผลิต จากนั้นจะทำเครื่องขึ้นใช้งานอีก 10 ชุด สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยี กลุ่มบริษัทพรีเมียร์ได้สร้างเครื่องต้นแบบพร้อมกับการพัฒนาขีดความสามารถของเครื่องเพิ่มขึ้นจากเดิมที่ได้เสนอไว้ โดยมีการเพิ่มเติมส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้ ส่วนแสดงผลแบบแท่ง (Bar Display) เป็น LED แบบสองสี โดยสีแดงจะแสดงตำแหน่งของค่าขอบเขตบนและค่าขอบเขตล่าง ส่วนสีเขียวจะแสดงค่าจากการวัด การเลื่อนตำแหน่งขึ้นลงของสีเขียวจะเหมือนกับการขึ้นลงของลูกลอยในหลอดแก้ว ทำให้ผู้ใช้่านค่าได้ง่าย นอกจากนั้นยังเพิ่มส่วนการแสดงผลแบบตัวเลข 3 หลัก ในหน่วยของไมครอนเพื่อแสดงค่าที่ได้จากการวัด ทำให้ผู้ใช้่านได้ถูกต้องจากตัวเลขบนหน้าปัทม์ ซึ่งง่ายกว่าการอ่านขีดของมาตรวัดบนหลอดแก้วจากตำแหน่งของลูกลอย ในการใช้งานจะต้องมีการกำหนดค่าเริ่มต้น ดังนั้นจึงได้เพิ่มส่วนแสดงผลแบบ LCD เพื่อแสดงข้อความให้ผู้ใส่ข้อมูลเข้าไป และปุ่มกดสำหรับกำหนดค่าต่างๆ ที่ต้องการ สามารถเก็บข้อมูลภายในเครื่องดิจิทัลแอมป์ไมโครมิเตอร์ โดยใช้หน่วยความจำที่สามารถเก็บข้อมูลได้แม้ว่าไม่มีไฟฟ้า (Non-Volatile RAM) ข้อมูลที่เก็บไว้สามารถถ่ายเข้าคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ประมวลผลของการปฏิบัติงานประจำตำแหน่ง หรือเข้าสู่ระบบควบคุมกลางก็ได้ หลังจากนั้นได้ทดสอบ reliability เพื่อกำหนดคุณลักษณะของเครื่อง พบว่ามีช่วงการใช้งานที่มีความสามารถในการวัดอย่างเป็นเชิงเส้นตั้งแต่ 0 ถึง 12 ไมครอน และมีค่า offset 0.5 ไมครอน สุดท้ายได้สร้างเครื่องต้นแบบที่ได้ปรับปรุงแล้วอีก 2 ชุด โดยมีราคาต้นทุนในการสร้างประมาณ 30,000 บาทต่อเครื่อง

2.3 โครงการย่อย Automatic Single Purpose Lathe (TRF 6/2/LATHE)

วัตถุประสงค์ของโครงการนี้ คือ การพัฒนาและจัดสร้างเครื่องกลึงและตัดชิ้นงานอัตโนมัติ ซึ่งใช้งานแทนเครื่องจักร 5 เครื่อง เพื่อประหยัดแรงงาน ค่าใช้จ่าย และพลังงาน โครงการนี้ทำการวิจัยพัฒนาที่มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และได้เครื่องต้นแบบเรียบร้อยแล้ว โดยนำเครื่องกลึงเก่าจาก SUE ไปปรับปรุง หลังจากทำการทดสอบแล้วก็ได้นำมาติดตั้งที่ SUE ที่กรุงเทพฯ ทำการสาธิตและอบรมการใช้งาน หลังจากนั้นทาง SUE ก็ได้นำไปใช้งาน และเก็บข้อมูลจากผลการใช้งานจริง โครงการนี้ได้ดำเนินการเสร็จก่อนเวลาที่กำหนดไว้ และเป็นโครงการที่มีนักศึกษาปริญญาตรีของมหาวิทยาลัยเชียงใหม่ร่วมทำโครงการด้วย โครงการนี้เป็นโครงการตัวอย่างที่นำเครื่องจักรเก่ามาปรับปรุงให้ทำงานได้มากขึ้น สามารถลดเวลาและแรงงานที่ใช้ในการทำงานลักษณะเดียวกันโดยไม่ต้องซื้อเครื่องจักรใหม่ที่ราคาแพง และทั้งเครื่องจักรเก่าหรือขายไปในราคาถูก การพัฒนาโครงการนี้มีประโยชน์ในวงกว้าง เพราะเครื่องกลึงมีใช้งานทั่วไป

โดยเฉพาะในโรงงานขนาดเล็ก แม้กระทั่งโรงงานห้องแถว การที่สามารถสร้างอุปกรณ์เสริมและมีระบบควบคุมอัตโนมัติ เท่ากับว่าเรามีขีดความสามารถในการพัฒนาเครื่องกลึง ซึ่งเป็นเครื่องมือพื้นฐานให้สามารถทำงานเฉพาะอย่างตามที่ต้องการได้

2.4 โครงการย่อย Transfer Line (TRF 6/3/TRFLINE)

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาเครื่อง Transfer Line โดยรวมเอาการทำงาน 3 เครื่องจักรและ 3 ขั้นตอนมาไว้ในเครื่องจักรชุดเดียว และมีกลไกในการขนถ่ายชิ้นงานโดยอัตโนมัติ ซึ่งสามารถเพิ่มผลการผลิต ประหยัดเวลาการขนถ่ายชิ้นงานมาที่เครื่องจักรต่างๆ ประหยัดแรงงาน ค่าใช้จ่าย และลดเนื้อที่ในการผลิต

การดำเนินงานตามโครงการนี้ทาง SUE เป็นผู้ออกแบบระบบ Transfer Line และทีมงานทั้งหมดช่วยให้คำแนะนำ ในการจัดสร้างเครื่อง Transfer Line บางส่วนก็ใช้เครื่องจักรเก่าของโรงงานมาปรับปรุง และจ้างผู้รับเหมาจัดสร้าง ซึ่งขณะนี้ได้จัดสร้างเครื่องต้นแบบเรียบร้อยแล้ว แม้ว่าจะต้องมีการแก้ไขในบางจุด และต้องประสบกับปัญหาอุปสรรคอย่างมากในการตั้งระดับเครื่อง การตั้งศูนย์ และการตั้งระยะการขนย้ายชิ้นงาน ซึ่งต้องการความละเอียดแม่นยำสูงระดับไมครอน ซึ่งไม่ใช่เรื่องง่าย แต่ทีมวิศวกรของ SUE ก็มีความสามารถที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวเหล่านี้ให้ลุล่วงไปได้ การทดสอบเครื่องต้นแบบในการผลิตชิ้นงานยังทำงานได้ไม่ดีเท่าที่ควร ต้องแก้ไขปรับปรุงให้มีความแม่นยำสูงขึ้น ต้องใช้เวลาอีกระยะหนึ่ง เพราะการทำชิ้นส่วนต้องใช้ช่างฝีมือที่เชี่ยวชาญ

ปัญหาของโครงการนี้ นอกจากเรื่องความยากของงานแล้ว ทาง SUE ยังประสบกับปัญหาการขาดกำลังคน และการลาออกของพนักงาน พนักงานที่เข้ามาทำงานต่อก็ต้องใช้เวลาศึกษา และยังมีปัญหาเกี่ยวกับราคาจ้างงานซึ่งจากเศรษฐกิจในปัจจุบัน ทำให้ราคาจ้างสูงขึ้น ส่งผลให้ต้องมีการประมูลราคาและเปลี่ยนผู้รับเหมาใหม่ ซึ่งก็มีส่วนทำให้งานล่าช้าไป

โครงการนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของ SUE ที่สามารถพัฒนาเครื่องจักรขึ้นมาใช้เอง จากความรู้และประสบการณ์ เครื่องจักรที่พัฒนาขึ้นมานี้ไม่ได้เป็นการลอกเลียนเครื่องจักรจากบริษัทแม่ที่ญี่ปุ่น แต่เป็นการคิดและออกแบบเพื่อใช้ในสายงานผลิตของตนเอง

2.5 โครงการย่อย Automatic Part Feeder and Caulking (TRF 6/4/FEDCLK)

การดำเนินงานของโครงการนี้ มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาเครื่องจักรในสายการผลิตโดยการจัดสร้างเครื่องป้อนชิ้นงานผ่านระบบแมกกาซีน เข้าสู่ Jig ระบบเครื่องย้ำชิ้นงาน ระบบตัดแปะเกลียว และอุปกรณ์เอาชิ้นงานออกจาก Jig เพื่อเพิ่มความปลอดภัย ลดความเครียดในการปฏิบัติงาน และเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต

ในการดำเนินงานได้ออกแบบและจัดสร้างเครื่องป้อน เครื่องย้ำชิ้นงานอัตโนมัติ และเครื่องตัดแปะเกลียวอัตโนมัติ พร้อมทั้งส่วนประกอบต่างๆ แล้วนำมาประกอบติดตั้งโปรแกรมควบคุมการทำงาน และทดสอบการใช้งาน

ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน คือการออกแบบเครื่องจักร ในช่วงแรกมีปัญหาในการสรุปแบบของเครื่องจักรที่จะจัดสร้าง เนื่องจากตามแผนงานเดิมจะออกแบบสร้างเครื่องป้อน ย้ำชิ้นงานอัตโนมัติ และนำชิ้นงานออกจากเครื่องย้ำชิ้นงานเท่านั้น ต่อมาได้มีการ

เปลี่ยนแปลงโดยการเพิ่มการด้าปเกลียวที่แผ่นยึด 2 รู ทำให้ต้องมีการเปลี่ยนแปลง ส่วนอื่นๆ ที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงคือ แบบ Jig เดิมชิ้นงานที่เป็นแผ่นยึดไม่มีรูที่กำหนดตำแหน่งจับยึดชิ้นงาน ต่อมาได้เปลี่ยนแบบจิกให้เหมาะสมกับชิ้นงานที่มีรูกำหนดตำแหน่งในการจับยึดชิ้นงาน ส่วนระบบป้อนชิ้นงานทั้ง 2 แบบ คือ ป้อนหมุดย้าและป้อนแผ่น ได้ใช้ระบบแมกกาซีน แต่ก็ปลอดภัยมากกว่าการป้อนชิ้นงานเข้าเครื่องจักรในระบบเดิม โครงการนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของทีมงานในการออกแบบเครื่องจักรเพื่อลดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน เนื่องจากชิ้นงานมีขนาดเล็ก การออกแบบเครื่องจักรจึงมีความซับซ้อน ต้องการความแม่นยำสูง

2.6 โครงการ Thermoforming of Inner Liner of Refrigerator (TRF 6/5/THERM)

โครงการนี้มีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาชุดควบคุมอุณหภูมิในกระบวนการผลิตถังในตู้เย็น ให้สามารถแสดงผลค่าอุณหภูมิในเชิงกราฟฟิค เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสะดวกแก่การควบคุมอุณหภูมิของเตา และสามารถปรับลดความหนาของแผ่นวัสดุ เพื่อลดต้นทุนการผลิตลงได้

โครงการนี้ได้ดำเนินการเสร็จสิ้นเรียบร้อยแล้ว โดยแต่แรกได้ทดลองติดตั้งชุดควบคุมอุณหภูมิในสายงานผลิตจริงที่โรงงาน SUE อุดมสุข หลังจากนั้นได้ย้ายไปติดตั้งที่โรงงาน กบินทร์บุรี หลังจากที่ได้ทดสอบและปรับระบบควบคุมจนใช้ได้แล้ว ทาง SUE ก็ได้ดำเนินการผลิตโดยใช้ระบบควบคุมแบบอัตโนมัตินี้เรื่อยมา ตั้งแต่เดือนสิงหาคม 2540 ซึ่งหลังจากการใช้งานมาได้ระยะหนึ่ง ทาง TDO ก็ได้ไปประเมินโครงการ โดยสำรวจความพึงพอใจของพนักงาน ตั้งแต่ระดับผู้บริหาร หัวหน้างาน จนถึงผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งสรุปว่ามีความพอใจในการใช้ระบบควบคุมแบบใหม่นี้มากกว่าระบบเดิม และจากการเก็บตัวเลขข้อมูลของเสียจากการขึ้นรูป ก็พบว่าเมื่อเปลี่ยนมาใช้ระบบควบคุมใหม่นี้ สามารถลดของเสียในกระบวนการผลิตลงได้

ผลสำเร็จของโครงการนี้ จึงเป็นตัวอย่างที่น่าพอใจของการพยายามพัฒนาเครื่องจักรเก่า ให้ใช้งานได้ดีขึ้น แทนการจัดซื้อเครื่องจักรใหม่ ซึ่งนอกจากต้องสูญเสียเงินตราต่างประเทศจำนวนมากแล้วพนักงานซึ่งมีความคุ้นเคยกับเครื่องจักรเก่า ก็ไม่ต้องใช้เวลาในการศึกษาการใช้งานมากนัก และยังสามารรถเข้าใจระบบการทำงาน การซ่อมบำรุง ซึ่งทาง SUE สามารถทำได้เอง โดยไม่ต้องรอการซ่อมบำรุง และชิ้นส่วนอะไหล่จากต่างประเทศ จุดเด่นของโครงการนี้คือสามารถจำลองวิธีการผลิตโดยช่างผู้ชำนาญการมาสู่การผลิตโดยการควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ ทำให้ลดภาระอันหนักของช่างไปได้เกือบหมด ช่างเพียงแค่คอยตรวจสอบระบบ ซึ่งก็ได้พัฒนาให้ง่ายต่อการปรับแต่งและควบคุมกว่าเดิมมาก เรียกได้ว่าทีมงานประสบความสำเร็จในการวางระบบควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติโดยไม่ต้องเลียนแบบเครื่องจักรของต่างประเทศ

รายละเอียดของการจัดทำโครงการ ได้สรุปไว้ในเอกสารฉบับนี้ ซึ่งเป็นรายงานฉบับสมบูรณ์

3. อุปสรรคในการดำเนินงาน

1. การดำเนินงานของทุกโครงการได้มีการขยายขอบข่ายของงานออกไปมาก เนื่องจากต้องทำให้เป็นที่พอใจของผู้ใช้ จากการปรึกษาหารือกันโดยตลอด ทำให้มีการปรับปรุงรูปแบบของเครื่องต้นแบบที่ดีกว่าที่เสนอไว้มาก เพื่อสนองความต้องการของผู้ปฏิบัติงาน ทีมงานวิจัยจึงพยายามปรับปรุงให้ดีที่สุด เพื่อให้ใช้งานได้จริง ๆ มิฉะนั้นผลงานก็จะไม่นำไปใช้

2. เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ทำขึ้นเอง ต้องการช่างฝีมือที่ทำงานได้ละเอียด ซึ่งช่างที่มีฝีมือหายาก และไม่ยอมรับงาน เนื่องจากมีงานอื่นล้นมืออยู่แล้ว ประเทศไทยยังขาดเครื่องจักร อุปกรณ์ และช่างที่สามารถทำงานละเอียด ทำให้ต้องแก้ไขงานอยู่ตลอดเวลา
3. การทำเครื่องต้นแบบจากเครื่องจักรเก่าทำได้ลำบาก โดยเฉพาะสำหรับเครื่องที่ต้องการความแม่นยำระดับไมครอน เนื่องจากเครื่องจักรเก่าสึกหรอไปมาก และมักไม่สมบูรณ์ การปรับแต่งจึงเป็นงานที่ยุ่งยากและซับซ้อน
4. อุปสรรคจากสภาพปัญหาเศรษฐกิจ ส่งผลให้มีการเปลี่ยนแปลงราคาวัสดุ และการจ้างเหมางาน ทำให้ต้องมีการสืบราคาจากหลายแห่งมากขึ้น หรือต้องเปลี่ยนผู้รับเหมา ซึ่งมีผลทำให้โครงการต้องล่าช้า ประกอบกับการทำงานที่ต้องเน้นการประหยัด ทำให้บางครั้งงานขาดประสิทธิภาพและความคล่องตัว เช่นการจ้างงานนอกเวลา และการเบิกจ่ายเงิน ซึ่งมีความเข้มงวดขึ้นมาก
5. การย้ายโรงงาน และเครื่องจักรไปกบินทร์บุรี ทำให้การประสานงานยุ่งยากขึ้น การรับส่งข้อมูลไม่รวดเร็ว และมีค่าใช้จ่ายในการทำงานจากการเดินทางไปปฏิบัติงานมากขึ้น
6. การลาออกของพนักงานและนักวิจัย ทำให้ขาดความต่อเนื่องในการทำงาน ผู้ที่มารับงานใหม่ขาดความชำนาญ ต้องใช้เวลาในการศึกษางานและจำนวนคนทำงานลดลง ทำให้การทำงานต้องล่าช้าในหลายส่วน

จากผลงานของทั้ง 5 โครงการนี้รวมกัน ได้สร้างขีดความสามารถทางเทคโนโลยีของทีมงานวิจัยที่ครอบคลุมในหลายสาขา ทั้งเครื่องกล ไฟฟ้า อิเล็กทรอนิกส์ คอมพิวเตอร์ ทำให้งานการสร้างเครื่องจักร อุปกรณ์ ระบบควบคุม ระบบถ่ายโอนข้อมูล ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของการพัฒนาสายงานผลิตให้เชื่อมโยงกันได้ ทีมงานสามารถออกแบบสร้างเครื่องจักรอุปกรณ์ให้เหมาะสมกับสายงานผลิตได้ ความรู้และประสบการณ์จากการวิจัยและพัฒนาโดยการสนับสนุนของ สกว. ได้ยกระดับความสามารถทางเทคโนโลยีให้ SUE พึ่งตนเองทางเทคโนโลยีขึ้นมาได้อีกระดับหนึ่ง ทำให้ลดการพึ่งพาเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ต่อไปการขยายงานและการปรับปรุงกระบวนการผลิต SUE มีขีดความสามารถที่จะทำได้เองระดับหนึ่ง ไม่จำเป็นต้องซื้อเทคโนโลยีในรูปแบบ Turnkey เพราะ SUE สามารถเลือกซื้อเฉพาะส่วนที่จำเป็น โดยไม่ต้องซื้อทั้งระบบซึ่งจะเสียค่าใช้จ่ายจำนวนมาก ทำให้ต้นทุนการผลิตสูง และยังเป็นภาระประหยัดเงินตรา ลดการเสียเปรียบดุลการค้าด้วย

ผลสำเร็จของการทำโครงการนี้อีกประการหนึ่งคือ ทำให้เกิดความเชื่อมโยงระหว่างหน่วยวิจัยในภาครัฐคือ KMUTT, CMU, ITK และนักวิจัยของเอกชนคือ TPO และ SUE ให้สามารถทำงานกันเป็นทีม มีการแลกเปลี่ยนข้อมูล ความรู้ ประสบการณ์ มีการฝึกอบรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี มีนักศึกษาเข้ามาฝึกงานโดยช่วยทำโครงการในระหว่างปิดภาคเรียน ดังนั้นจากจุดเริ่มของ 5 โครงการนี้ได้สร้างความร่วมมือโดยมีโครงการย่อยๆ เพื่อแก้ปัญหาเฉพาะหน้าอีกหลายโครงการ แม้โครงการนี้จะสิ้นสุดลงแต่ความร่วมมือในระหว่างหน่วยงานต่างๆ ยังคงดำเนินต่อไป เพียงแต่ว่าขณะนี้ภาวะเศรษฐกิจยังไม่เอื้ออำนวยที่จะให้ SUE ขยายงานด้านการวิจัยและพัฒนา เมื่อมีความพร้อม SUE ก็คงจะมีโครงการใหม่ๆ เพิ่มขึ้นอีกเป็นจำนวนมาก เพราะขณะนี้

มีโครงสร้างที่ดีสำหรับพัฒนาโครงการได้หลากหลาย และมีทีมงานที่มีความรู้และประสบการณ์
มากกว่าเมื่อ 2 ปีที่แล้วมาก

ลงนาม Opz Phumy
ผู้ประสานงานโครงการ
วันที่ 28 เมษายน 2561

โครงการ Digital Air Micrometer Gauge

TRF 6/1/AMICRO

โครงการ Digital Air Micrometer Gauge TRF 6/1/AMICRO

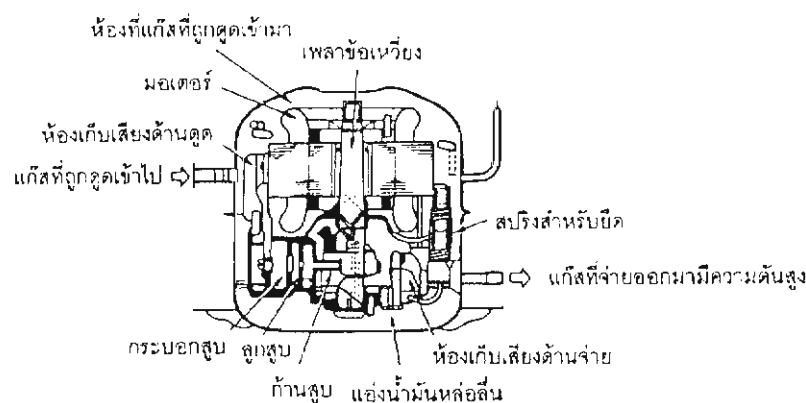
สรุปโครงการ

ในกระบวนการผลิตตู้เย็น คอมเพรสเซอร์เป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญอย่างมาก ชิ้นส่วนต่างๆ ของคอมเพรสเซอร์จะต้องได้ขนาดและสัดส่วนตามมาตรฐาน กระบอกลูกสูบอัดความดันหรือสไลเดอร์ เป็นชิ้นส่วนหนึ่งซึ่งต้องมีการตรวจสอบคุณภาพอย่างละเอียดโดยการวัดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน แต่เดิมบริษัท ชันโย ยูนิเวอร์แซล อิเล็กทริก จำกัด (มหาชน) จะตรวจสอบเส้นผ่าศูนย์กลางของสไลเดอร์ ด้วย Air Micrometer โดยอาศัยหลักการวัดอัตราการไหลของลม และเปรียบเทียบค่าที่วัดได้จากชิ้นงานมาตรฐาน โดยอ่านค่าที่วัดได้จากลูกกลิ้งให้อยู่ในช่วงขอบเขตบนและขอบเขตล่างที่กำหนดไว้ เครื่องวัดนี้จึงเป็นการตรวจสอบแบบผ่าน-ไม่ผ่าน (pass-fail) ที่ละชิ้นไม่สามารถทราบค่าการกระจายของชิ้นงานรวมทั้งหมด ทำให้ไม่สามารถนำผลการวัดไปใช้ประโยชน์ทางด้านควบคุมการผลิตได้

โครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะสร้างเครื่องแสดงผลและบันทึกค่าเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของสไลเดอร์ โดยเปลี่ยนการวัดอัตราการไหลของลมให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า เพื่อให้สามารถประมวลได้ด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ ประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการนี้ คือได้เครื่องมือวัดที่มีความสามารถวัดค่าได้ละเอียดยิ่งขึ้น สามารถแสดงค่าที่วัดได้เป็นตัวเลข และเก็บข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพการผลิตสินค้าต่อไปได้ อีกทั้งยังเป็นการสร้างเครื่องมือวัดที่เป็นเทคโนโลยีของไทย และกำลังเตรียมการเพื่อจดสิทธิบัตรในฐานะผลงานวิจัยของคนไทย

บทนำ

การพัฒนาเทคโนโลยี มีความจำเป็นต่ออุตสาหกรรมในประเทศ เพราะจะทำให้ประเทศไทยสามารถแข่งขันกับประเทศต่างๆได้ บริษัท ชันโย ยูนิเวอร์แซล อิเล็กทริก จำกัด (มหาชน) เป็นผู้ผลิตตู้เย็นทั้งส่งออกและขายในประเทศ เป็นผู้ผลิตที่จำหน่ายได้เป็นอันดับหนึ่งของประเทศไทย สามารถผลิตชิ้นส่วนทั้งหมดของตู้เย็นได้ด้วยวัสดุพื้นฐานในประเทศ แต่เครื่องมือวัดที่ใช้ในการควบคุมคุณภาพต้องสั่งซื้อมาจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาแพงและไม่สามารถอ่านค่าในระบบดิจิทัล โครงการนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะพัฒนาเครื่องมือวัดที่มีประสิทธิภาพ และสามารถขยายผลการใช้งานให้สามารถบันทึก ประมวลผล และเชื่อมโยงไปยังระบบควบคุมในสายงานการผลิตได้มากขึ้น



รูปที่ 1 แสดงส่วนประกอบภายในคอมเพรสเซอร์

คอมเพรสเซอร์เป็นส่วนประกอบหลักที่สำคัญของตู้เย็น อายุการใช้งานของตู้เย็นจะขึ้นอยู่กับความสามารถในการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพของคอมเพรสเซอร์ ซึ่งมีส่วนประกอบมากมาย ดังรูปที่ 1 แต่ละส่วนจะต้องได้ขนาดและสัดส่วนตามมาตรฐาน และเนื่องจากกลไกมีลักษณะเป็นกระบอกลูกสูบอัดความดัน การผลิตในส่วนนี้จึงจำเป็นต้องมีการตรวจสอบคุณภาพอย่างละเอียดโดยมีความแตกต่างของชิ้นงานในแต่ละส่วนอยู่ในระดับไมโครเมตร เครื่องโฟลไทป์แอร์ไมโครมิเตอร์ (Flow Type Air Micrometer) เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดเส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกลูกสูบของคอมเพรสเซอร์ สามารถแยกความแตกต่างอยู่ระหว่าง 4 - 5 ไมโครเมตร ใช้ในการตรวจสอบขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของสไลเดอร์ (slider) อาศัยหลักการวัดอัตราการไหลของลม แล้วนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จากชิ้นงานมาตรฐาน โดยมีลูกลอยแสดงค่าความแตกต่างของเส้นผ่าศูนย์กลางของสไลเดอร์กับชิ้นงานมาตรฐาน ที่ตัวเครื่องจะมีตัวแสดงตำแหน่ง (marker) ของค่าขอบเขตบน (upper limit) และค่าขอบเขตล่าง (lower limit) ผู้ใช้งานเพียงแต่คอยดูให้ลูกลอยอยู่ในช่วงระหว่างค่าขอบเขตบนและขอบเขตล่างโดยปรับแต่งจนชิ้นงานนั้นใช้ได้ ดังนั้นในแต่ละวันผู้ควบคุมการผลิตจะทราบเพียงจำนวนของชิ้นงานที่ผ่านการตรวจสอบ (pass) และจำนวนชิ้นงานที่ไม่ผ่านการตรวจสอบ (fail) ไม่สามารถทราบค่าการกระจายข้อมูลของชิ้นงานว่า

ส่วนใหญ่อยู่ใกล้ค่าขอบเขตบนหรือค่าขอบเขตล่าง ไม่สามารถบันทึกและประมวลผลข้อมูลในระบบดิจิทัล ทำให้ไม่สามารถใช้ข้อมูลที่ปฏิบัติงานอยู่มาควบคุมการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โครงการนี้ได้สร้างเครื่องมือที่ใช้แสดงผลและบันทึกค่าเส้นผ่านศูนย์กลางของสไลเดอร์ ข้อมูลที่ได้จะบอกถึงจำนวนที่ผลิตได้ทั้งหมด จำนวนของชิ้นงานที่ได้มาตรฐานและไม่ได้มาตรฐาน ต่อวันว่ามีจำนวนเท่าไร และที่สำคัญคือค่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานที่วัดได้สามารถส่งผ่านไปยังคอมพิวเตอร์โดยผ่านทางพอร์ทอนุกรม และสามารถนำข้อมูลเหล่านั้นมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ เพื่อการควบคุมคุณภาพของชิ้นงานให้อยู่ในมาตรฐานได้ ดังนั้นจากเดิมที่เป็นเครื่องตรวจสอบชิ้นงานธรรมดา สามารถเชื่อมโยงเข้าสู่ระบบคอมพิวเตอร์ส่วนกลาง เพื่อบริหารการผลิตทั้งระบบได้

การดำเนินงานวิจัยเริ่มจากศึกษากระบวนการผลิตชิ้นส่วนของคอมเพรสเซอร์โดยเฉพาะสไลเดอร์ (slider) วิธีการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางอย่างละเอียดโดยใช้เครื่องโพลีโทปแอมไครมิเตอร์ และหลักการทำงานของเครื่อง จากนั้นได้ศึกษาวิธีการที่จะเปลี่ยนการวัดอัตราการไหลของลมให้อยู่ในรูปของสัญญาณไฟฟ้า แล้วนำสัญญาณที่ได้มาประมวลด้วยไมโครโปรเซสเซอร์ ออกแบบวงจรรวมทั้งหมด โดยมีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลขนาด 30,000 ข้อมูล ส่วนแสดงผลแบบแท่ง (Bargraph Display) ส่วนแสดงผลแบบตัวเลขและส่วนแสดงผลแบบ LCD (Liquid Crystal Display) โดยสามารถแสดงข้อความต่างๆเพื่อช่วยให้ผู้ใช้สามารถกำหนดค่าเริ่มต้นสำหรับการใช้งานได้อย่างสะดวก หลังจากที่ได้สร้างเครื่องต้นแบบเสร็จแล้ว ได้ทดสอบการใช้งานและทำการทดลองเพื่อกำหนดคุณลักษณะของเครื่องได้แก่ ค่าความเป็นเชิงเส้นของการวัด (Linearity) ช่วงการวัดของเครื่อง (Range) และค่าความสามารถในการวัดซ้ำ (Repeatability) ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญของเครื่องมือ และจะดำเนินการจดสิทธิบัตรงานวิจัยนี้ต่อไป เพื่อให้เป็นผลงานประดิษฐ์ของคนไทย

สารบัญ

	หน้า
1. หลักการทำงาน	1-5
1.1 หลักการทำงานของเครื่อง Flow Type Air Micrometer	1-5
1.2 การเชื่อมต่อเครื่อง Digital Air Micrometer เข้ากับ เครื่อง Flow Type Air Micrometer	1-7
1.3 หลักการทำงานของเครื่อง Digital Air Micrometer	1-8
2. การออกแบบและพัฒนา	1-9
2.1 ชุดแปลงอัตราการไหลของลมและจัดรูปสัญญาณ	1-9
2.2 ส่วนแปลงค่าข้อมูลนาลอกเป็นข้อมูลดิจิทัล	1-10
2.3 ส่วนรับข้อมูลด้วยสวิทช์	1-10
2.4 ส่วนแสดงผลตัวเลขด้วย 7 เซกเมนต์	1-10
2.5 ส่วนแสดงผลแบบแท่ง	1-10
2.6 ส่วนแสดงผลด้วยจอ LCD	1-10
2.7 ส่วนติดต่อสื่อสารข้อมูลอนุกรม	1-11
2.8 หน่วยความจำ	1-11
2.9 วงจรขยายสัญญาณเสียงขนาดเล็ก	1-11
3. การทดสอบการทำงานและการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ	1-11
3.1 เครื่องปรับเทียบมาตรฐานของแอร์ไมโครมิเตอร์	1-11
3.2 การทดลองเพื่อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของเครื่อง	1-12
3.2.1 ความสามารถในการวัดอย่างเป็นเชิงเส้นของเครื่อง	1-13
3.2.2 ช่วงการวัดของเครื่อง	1-14
3.2.3 ความสามารถในการวัดแบบซ้ำ	1-16
3.3 สรุปผลการทดลอง	1-17
4. สรุปโครงการ	1-18
5. ภาคผนวก	
5.1 Firmware (Program Listing)	
5.2 Circuit Diagram	
5.3 Specification	
6. คู่มือการใช้งาน	

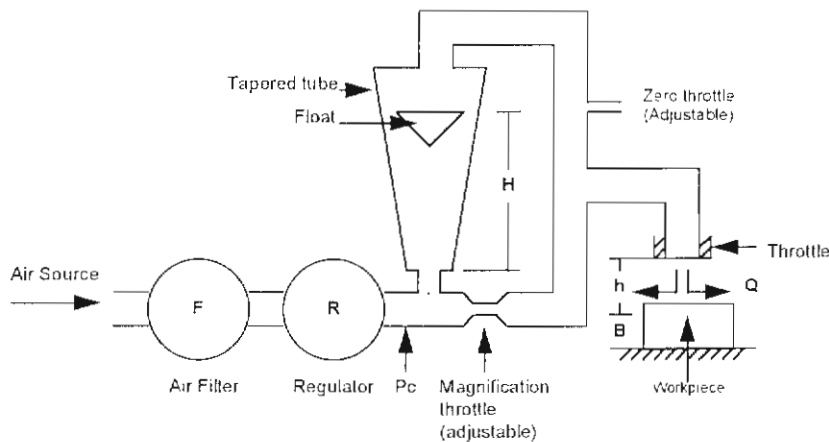
1. หลักการทำงาน

1.1 การทำงานของเครื่อง Flow Type Air Micrometer

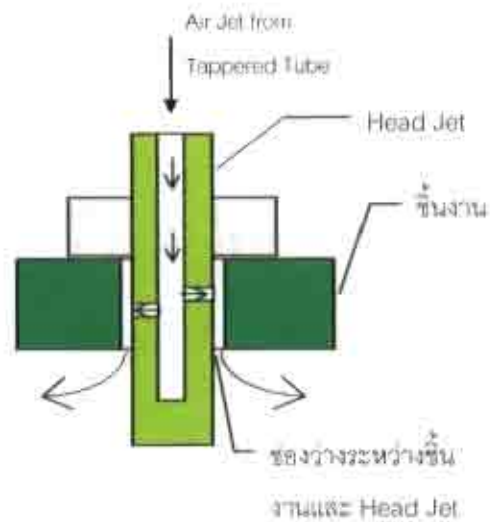
เครื่อง Flow Type Air Micrometer นี้ได้ออกแบบให้สามารถวัดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานได้อย่างแม่นยำ โดยการแปลงค่าเส้นผ่าศูนย์กลางที่แตกต่างกันให้อยู่ในรูปของลมที่มี Flow Rate ที่แตกต่างกันและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานจะสัมพันธ์กับ Flow Rate ที่เกิดขึ้น

จากรูปที่ 1.1 ก่อนที่จะนำลมจากแหล่งกำเนิดลมมาใช้งานจะต้องทำให้สะอาดโดยนำมาผ่าน Air Filter เสียก่อน และควบคุมให้มีความดันคงที่โดยอาศัยชุด Regulator หลังจากนั้นลมที่ได้จะถูกส่งเข้าไปยัง Tapered Tube และออกไปยังปลาย Nozzle ของ Gauge Head ความสูงของลูกลอย (H) จะสัมพันธ์กับ Flow Rate (Q) จาก Nozzle ซึ่งจะสัมพันธ์กับระยะห่างระหว่างชิ้นงานกับ Nozzle (h) อีกทีหนึ่ง ดังนั้น H จะสัมพันธ์กับ h ด้วย การเปลี่ยนแปลงของ H จะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของ h และสามารถอ่านค่าของ h ได้จากความสูงของลูกลอย

ส่วนประกอบโฟลไทป์แอร์ไมโครมิเตอร์ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 โครงสร้างของเครื่อง Flow Type Air Micrometer



รูปที่ 1.2 แสดงทิศทางของกระแสลมใน Head Jet กับชิ้นงาน

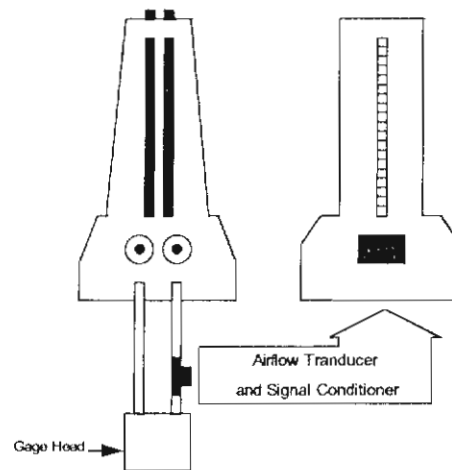
คุณลักษณะเฉพาะของเครื่อง Flow Type Air Micrometer

1. Indication Range	44	um.
2. Effective Indication Range	30	um.
3. Scale Interval	1.0	um.
4. Scale Spacing	4	mm.
5. Air Source Pressure	3-7	kgf/cm ²

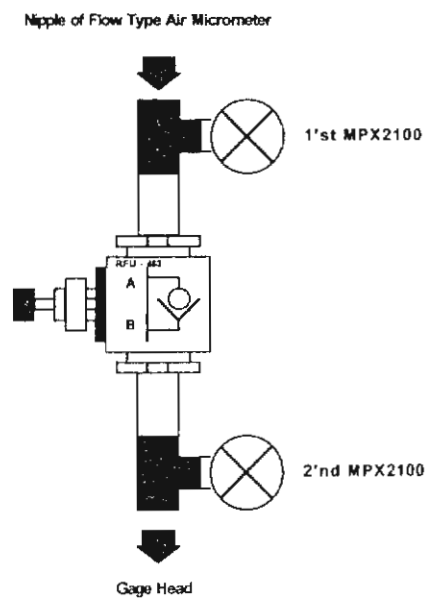


รูปที่ 1.3 ลักษณะของเครื่อง Flow Type Air Micrometer และ Headjet

1.2 การเชื่อมต่อเครื่อง Digital Air Micrometer เข้ากับเครื่อง Flow Type Air Micrometer



(ก)



(ข)

รูปที่ 1.4 (ก) การใช้งานเครื่อง Digital Air Micrometer ควบคู่กับเครื่อง

Flow Type Air Micrometer

(ข) ส่วนที่ใช้ในการวัด Flow Rate

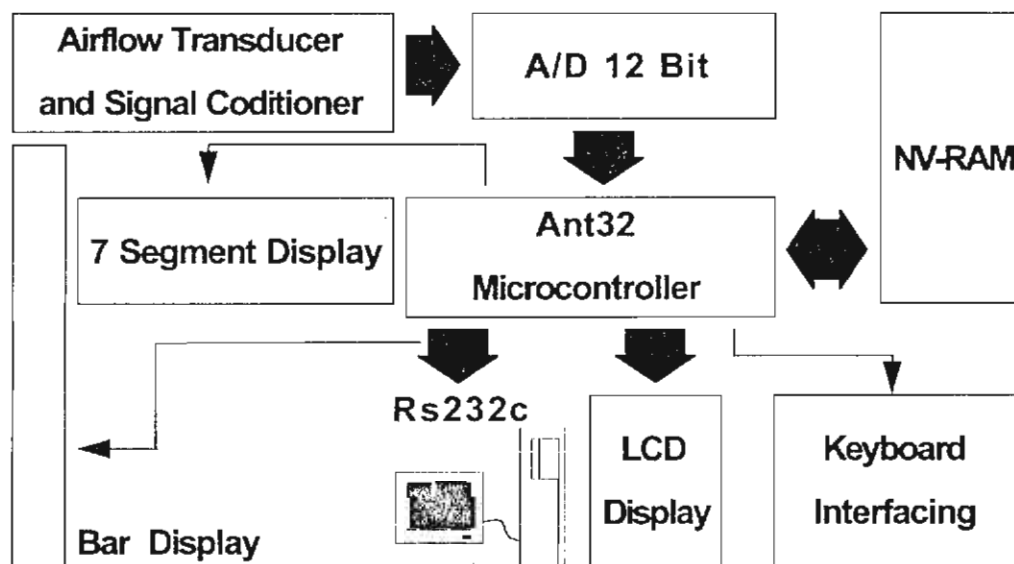
การใช้งานเครื่อง Digital Air Micrometer นั้นถูกออกแบบให้ทำงานควบคู่กับเครื่อง Flow Type Air Micrometer ที่มีใช้อยู่แล้วในสายการผลิต ดังแสดงในรูป 1.4ก. เนื่องจากความสัมพันธ์ของระยะ h เกี่ยวข้องกับความสูงของลูกกลอย H โดยเหตุผลที่ว่าระยะ h ดังกล่าวจะทำให้ Flow Rate เกิดการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นจึงได้ออกแบบส่วนที่ใช้สำหรับวัด Flow Rate ขึ้นเพื่อแปลงให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า และใช้เป็นอินพุทของเครื่อง Digital Air Micrometer ได้

ส่วนที่ใช้สำหรับวัด Flow Rate นี้จัดเป็น Transducer แบบหนึ่งซึ่งประกอบด้วย Pressure Sensor 2 ตัว ต่ออยู่กับปลายทั้งสองข้างของ Needle Valve ดังรูปที่ 1.4 ข. ส่วนปลายที่เหลือของ Pressure Sensor จะถูกต่อเข้ากับ Gage Head และ Nipple ของเครื่อง Flow Type Air Micrometer ซึ่งจะเห็นว่าชุดวัดดังกล่าวจะถูกนำไปติดตั้งไว้ โดยมีทิศทางการไหลของลมจาก Pressure Sensor ตัวที่ 1 ผ่าน Needle Valve ไปยัง Pressure Sensor ตัวที่ 2

การวัดในลักษณะนี้ จะต้องทำการปรับ Needle Valve เพื่อให้เกิดความแตกต่างของ Flow Rate ทางด้านขาเข้าและขาออก เมื่อ Flow Rate ต่างกันนั้นหมายถึง ความดันที่ตำแหน่งทั้งสองจะไม่เท่ากันด้วย ดังนั้นเมื่อแปลงเป็นค่าทางไฟฟ้าจะทำให้ได้ค่าเป็นผลต่างของความต่างศักย์ (V) ซึ่งสัมพันธ์กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ Slider

การปรับ Needle Valve นั้นต้องปรับให้เกิดผลต่างของความดันที่เหมาะสมและรบกวนระบบน้อยที่สุด

1.3 หลักการทำงานของเครื่อง Digital Air Micrometer



รูปที่ 1.5 บล็อกไดอะแกรมแสดงการทำงานของเครื่อง Digital Air Micrometer

Digital Air Micrometer ได้รับการออกแบบให้สามารถบันทึกค่า และแสดงค่าผลต่างของเส้นผ่าศูนย์กลางจากค่ามาตรฐานล่างของ Slider โดยอาศัยการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 8032 ในการสั่งงานและประมวลผล หลักการทำงานคือ จากชุดวัด Flow Rate ค่าความดันลมในตำแหน่งทั้งสองที่ต่างกันจะถูกเปลี่ยนให้เป็นค่าผลต่างของความต่างศักย์ และถูกขยายด้วยวงจรจัดรูปสัญญาณ (Signal Conditioner) เพื่อให้ได้ระดับที่เหมาะสมสำหรับเป็นอินพุตของ A/D ขนาด 12 บิต ดังนั้นในการแปลงค่าแต่ละครั้งก็จะได้ข้อมูลขนาด 12 บิต ข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำมาประมวลผลและแสดงออกมาเป็นตัวเลขที่ส่วนแสดงผลแบบ 7 Segment ค่าที่อ่านออกมาอยู่ในหน่วยของไมครอน (ทศนิยม 1 ตำแหน่ง) และแสดงค่าระดับของข้อมูลในขณะนั้นด้วย Bar Display ซึ่งทำหน้าที่เหมือนกับลูกกลิ้งในเครื่อง Flow Type Air Micrometer

ข้อมูลแต่ละค่าจะถูกบันทึกลงในหน่วยความจำและสามารถติดต่อข้อมูลในหน่วยความจำผ่านทางพอร์ตอนุกรมของ PC ได้ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถนำมาวิเคราะห์เชิงคุณภาพต่อไป

2. การออกแบบและพัฒนา

เครื่อง Digital Air Micrometer ประกอบด้วย

- ชุดแปลงอัตราการไหลของลมและจัดรูปสัญญาณ (Airflow Transducer and Signal Conditioner)
- ส่วนแปลงค่าข้อมูลอนาลอกเป็นข้อมูลดิจิทัล (A/D Converter)
- ส่วนรับข้อมูลด้วยสวิตช์ (Keyboard Interfacing)
- ส่วนแสดงผลแบบตัวเลขแบบ 7 เซกเมนต์ (7 Segment Display)
- ส่วนแสดงผลแบบแท่ง (Bar Display)
- ส่วนแสดงผลด้วยจอ LCD (Liquid Crystal Display)
- ส่วนติดต่อสื่อสารข้อมูลอนุกรม (Serial Communication)
- หน่วยความจำ (Memory)
- วงจรขยายสัญญาณเสียงขนาดเล็ก (Sound Amplifier Circuit)

2.1 ชุดแปลงอัตราการไหลของลมและจัดรูปสัญญาณ

ในส่วนนี้ถือเป็นหัวใจสำคัญของระบบทั้งหมด เนื่องจากทำหน้าที่ในการแปลงอัตราการไหลของลมให้เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า เลือกใช้ Pressure Sensor รุ่น MPX 2100 Series (0-14.5 PSI) เนื่องจากค่าแรงดันลมในตำแหน่งใช้งานมีค่าประมาณ 9-10 PSI อัตราขยายผลต่างของความดันที่เกิดขึ้นระหว่าง Pressure Sensor ทั้งสองตัวนี้ขึ้นอยู่กับการทำงานของ Needle Valve ซึ่งการปรับระดับของวาล์วดังกล่าวจะต้องปรับให้ได้ผลต่างความดันที่เหมาะสม และรบกวนระบบของเครื่อง Flow Type Air Micrometer น้อยที่สุด ค่าผลต่างของความดันที่ได้จะถูกนำมาแปลงให้เป็นผลต่างของความต่างศักย์และจัดรูปสัญญาณดังกล่าวให้เหมาะสมสำหรับให้เป็นอินพุตของ A/D อีกทีหนึ่ง

2.2 ส่วนแปลงค่าข้อมูลอนาลอกเป็นข้อมูลดิจิทัล (A/D Converter)

ผลต่างของความต่างศักย์จะถูกนำมาแปลงเป็นข้อมูลดิจิทัลขนาด 12 บิต เลือกใช้ไอซีเบอร์ ICL7109 12 Bit Binary Dual Slope Integrating Analog to Digital Converter Resolution เท่ากับ $1/4096$ สามารถรับค่าอินพุตได้ในช่วง 0–4.096 โวลต์ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงของความต่างศักย์ 1 มิลลิโวลต์ จะสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล 1 บิต

2.3 ส่วนรับข้อมูลด้วยสวิทช์ (Keyboard Interfacing)

สำหรับการป้อนข้อมูลและการเลือกโหมดในการทำงานนั้น จะเชื่อมต่อโดยใช้สวิทช์แบบ SPST จำนวน 7 ตัว ควบคุมการทำงานโดยไอซีเบอร์ 74C922 16 Key Encoder ฟังก์ชันในการทำงานของสวิทช์ทั้งหมดประกอบด้วย

ฟังก์ชัน Set	- สำหรับตั้งค่าเริ่มต้นจากตัวมาตรฐาน
ฟังก์ชัน Record	- สำหรับเข้าสู่โหมดในการบันทึกข้อมูล
ฟังก์ชัน up	- สำหรับ เพิ่มค่าข้อมูล
ฟังก์ชัน down	- สำหรับลดค่าข้อมูล
ฟังก์ชัน Enter	- สำหรับยอมรับค่าข้อมูล
ฟังก์ชัน Send	- สำหรับส่งข้อมูลจากหน่วยความจำให้กับ PC
ฟังก์ชัน Foot Button	- สำหรับยอมรับค่าในการบันทึก

2.4 ส่วนแสดงผลตัวเลขด้วย 7 เซกเมนต์ (7 Segment Display)

การแสดงผลค่าข้อมูลผลต่างของเส้นผ่าศูนย์กลางจากค่ามาตรฐานล่าง ให้กับผู้ใช้งานได้ทราบนั้น แสดงผลด้วยหลอด LED 7 เซกเมนต์ ขนาด 1 นิ้ว จำนวน 4 หลัก ควบคุมการทำงานด้วยไอซีเบอร์ MAX7219 ค่าข้อมูลจะอยู่ในหน่วยของไมครอน ทศนิยม 1 ตำแหน่ง (ความละเอียด 0.1 ไมครอน)

2.5 ส่วนแสดงผลแบบแท่ง (Bar Display)

การแสดงระดับของแรงดันด้วยส่วนแสดงผลแบบแท่งนี้เปรียบเทียบกับการทำงานของลูกกลอยที่อยู่ใน Tube ของเครื่อง Flow Type Air Micrometer ออกแบบการขยายพอร์ตสำหรับผู้ใช้งานในลักษณะ Memory Mapping หรือมองเป็นหน่วยความจำซึ่งในที่นี้ต้องการพอร์ตใช้งานขนาด 8 บิต จำนวน 16 พอร์ต จึงเลือกใช้ไอซีเบอร์ 8255 จำนวน 6 ตัว ซึ่งจะทำให้ได้บิตเอาต์พุตทั้งหมด 128 บิต เพื่อนำไปต่อกับ LED 2 สี (สีเขียวและสีแดง) จำนวน 64 ดวง

เหตุผลที่ต้องใช้ LED 2 สี นั้นเนื่องจากสีแดงจะถูกใช้เป็น Marker สำหรับแทนตำแหน่ง Lower Pointer และ Upper Pointer ส่วนสีเขียวนี้จะแทนลูกกลอยซึ่งเปลี่ยนระดับขึ้นลงตามแรงดันลม สำหรับการเปลี่ยนแปลงระดับของ LED สีเขียวนั้นออกแบบให้เปลี่ยนแปลงในลักษณะวงขึ้น 1 ดวงต่อความต่างศักย์อินพุตที่เพิ่มขึ้น 2 มิลลิโวลต์

2.6 ส่วนแสดงผลด้วยจอ LCD (LCD Display)

บน ANT32 Microcontroller Board ได้ออกแบบ LCD Port เป็นแบบ Memory Mapping สำหรับใช้งานเอาไว้แล้ว ดังนั้นจึงสามารถต่อ LCD Module ได้ทันที LCD Module ที่

เลือกใช้เป็นรุ่น DMCT61 ขนาด 16 ตัวอักษร 1 บรรทัด ลักษณะตัวอักษรเป็นแบบ Dot Matrix การแสดงผลด้วยจอ LCD นี้ จะทำให้ผู้ใช้งานเข้าใจลำดับขั้นตอนการทำงานและทราบสถานะการทำงานของเครื่องได้ง่ายขึ้น

2.7 ส่วนติดต่อสื่อสารข้อมูลอนุกรม (Serial Communication)

ในการเข้าถึงข้อมูลภายในหน่วยความจำนั้น อาศัยการติดต่อสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรมระหว่าง CPU 8032 กับ PC ด้วยมาตรฐาน RS232C ซึ่งใช้ความเร็วในการรับส่งข้อมูลเท่ากับ 9,600 บิตต่อวินาที

2.8 หน่วยความจำ (Memory)

หน่วยความจำที่ใช้เป็นหน่วยความจำชนิด NV-RAM สามารถบันทึกข้อมูลขนาด 8 บิตได้ 30 kbyte หรือประมาณ 30,000 ข้อมูล และสำหรับข้อมูลค่าเส้นผ่าศูนย์กลางของ Slider นั้น เป็นข้อมูลขนาด 2 Byte ดังนั้นจึงสามารถบันทึกข้อมูลได้สูงสุด 15,000 ข้อมูล

2.9 วงจรขยายสัญญาณเสียงขนาดเล็ก (Sound Amplifier Circuit)

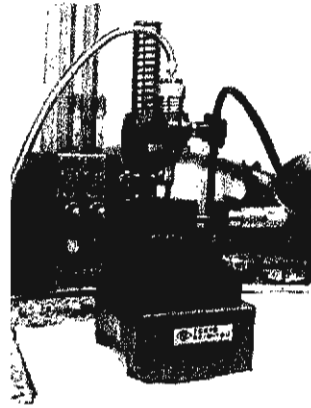
เพื่อตอบสนองการนำสวิตช์แต่ละครั้ง จึงได้ออกแบบวงจรขยายสัญญาณเสียงขนาดเล็กโดยใช้ไอซีเบอร์ LM386 เชื่อมต่อกับลำโพงอิเล็กทรอนิกส์ โดยทุกครั้งที่มีการกดสวิตช์เสียงจะดังขึ้น

3. การทดสอบการทำงานและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงสถิติ

เครื่องมือวัดในอุตสาหกรรมจำเป็นจะต้องมีความแม่นยำตลอดช่วงการใช้งาน หรือถ้าเครื่องมือดังกล่าวมีความผิดพลาดในการวัด ผู้ใช้เครื่องมือจำเป็นจะต้องทราบถึงค่าความคลาดเคลื่อนในการวัดของเครื่องนั้นๆ ดังนั้นเครื่องมือวัดทุกเครื่องจึงต้องมีระยะเวลาในการปรับเทียบ (Calibration) อย่างสม่ำเสมอ เครื่องดิจิทัลแอร์ไมโครมิเตอร์นอกจากเป็นเครื่องบันทึกข้อมูลแล้วยังมีส่วนของการวัด ซึ่งจะต้องมีการปรับเทียบด้วยเช่นกัน การปรับเทียบในส่วนนี้จะใช้วิธีการเดียวกันกับการปรับเทียบของเครื่องโฟลไทป์แอร์ไมโครมิเตอร์ ซึ่งจะทำให้เราทราบลักษณะเฉพาะของเครื่อง ได้แก่ ความสามารถในการวัดอย่างเป็นเชิงเส้น และช่วงการวัดของเครื่อง สุดท้ายได้ทำการทดลองเก็บข้อมูลแล้วนำมาวิเคราะห์ผลทางสถิติเพื่อตรวจสอบความสามารถในการวัดซ้ำของเครื่อง

3.1 เครื่องปรับเทียบมาตรฐานของแอร์ไมโครมิเตอร์

เครื่องปรับเทียบมาตรฐานของแอร์ไมโครมิเตอร์อาศัยหลักการควบคุมการไหลของลมโดยใช้ไมโครมิเตอร์ซึ่งมีความละเอียดในการวัด 0.02 ไมโครเมตร เลื่อนแท่นที่จะปิดช่องลมของ Headjet ระยะที่แท่นเลื่อนไปด้วยการหมุนไมโครมิเตอร์จะสัมพันธ์กับระยะห่างระหว่างแท่นกับ Headjet ดังนั้นขณะทำการปรับเทียบผู้ใช้สามารถอ่านค่าจากไมโครมิเตอร์ เปรียบเทียบกับตำแหน่งของลูกกลิ้งในท่อลมของเครื่องแอร์ไมโครมิเตอร์ ลักษณะของเครื่องปรับเทียบของโฟลไทป์แอร์ไมโครมิเตอร์แสดงในรูปที่ 3.1

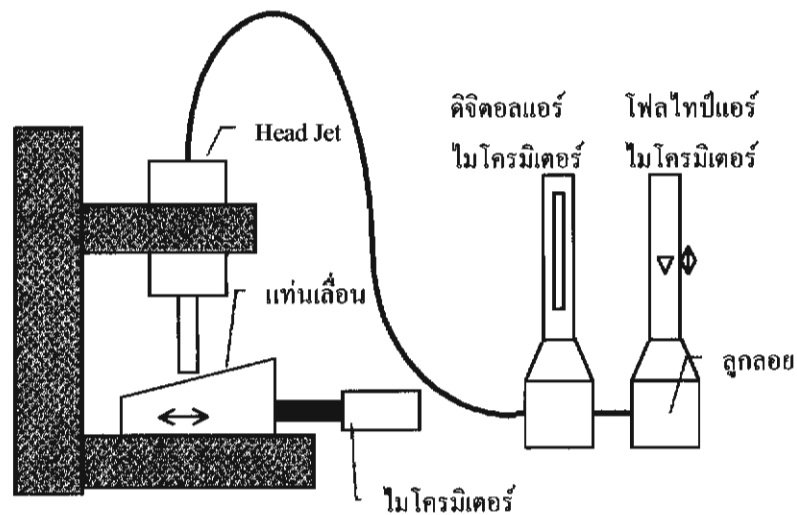


รูปที่ 3.1 แสดงลักษณะของเครื่องสอบเทียบมาตรฐานของเครื่องแออร์ไมโครมิเตอร์

3.2 การทดลองเพื่อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะของเครื่อง

เนื่องจากเครื่องดิจิตอลแออร์ไมโครมิเตอร์ได้รับการออกแบบให้ทำงานร่วมกับเครื่องไฟล์ไทป์แออร์ไมโครมิเตอร์ ดังนั้นในการทดลองส่วนนี้ซึ่งจะวัดข้อมูลเปรียบเทียบกับค่าที่อ่านได้จากเครื่องปรับเทียบมาตรฐาน(calibrator) โดยจัดการทดลองดังรูปที่ 3.2

การทดลองจะแบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่ การทดลองหาความสามารถในการวัดอย่างเป็นเชิงเส้น และการทดลองหาช่วงการใช้งานของเครื่อง



รูปที่ 3.2 แสดงลักษณะการปรับเทียบของทั้งเครื่องไฟล์ไทป์แออร์ไมโครมิเตอร์
และเครื่องดิจิตอลแออร์ไมโครมิเตอร์

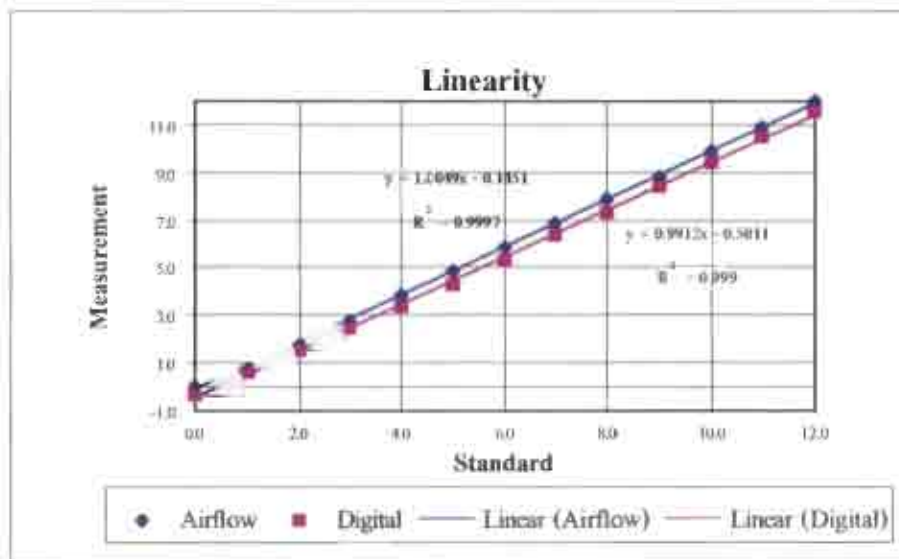
3.2.1 ความสามารถในการวัดอย่างเป็นเชิงเส้นของเครื่อง (Linearity)

จัดการทดลองดังรูปที่ 3.1 ปรับเทียบเครื่องฟลว์ไทป์แอร์ไมโครมิเตอร์ให้เข้ากับเครื่องปรับเทียบมาตรฐาน หลังจากนั้นกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ ให้กับเครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์ หมุนไมโครมิเตอร์มาที่ตำแหน่ง 0 อ่านค่าจากเครื่องฟลว์ไทป์แอร์ไมโครมิเตอร์ และเครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์บันทึกผลการวัด เลื่อนตำแหน่งของไมโครมิเตอร์ขึ้นครั้งละ 1 ไมโครเมตร พร้อมกับการอ่านค่าและบันทึกผลการทดลองจนค่าอ่านได้ 12 ไมโครเมตร แล้วเลื่อนตำแหน่งของไมโครมิเตอร์ลงทีละ 1 ไมโครเมตร บันทึกผลการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองตอนเลื่อนขึ้น ทำการทดลองซ้ำเดิม 5 ครั้ง นำผลการทดลองมาหาค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 1 แล้วนำค่าดังกล่าวไปทำกราฟดังรูปที่ 3.3 คำนวณหาค่าเส้นแนวโน้ม (Trend Line) ของแต่ละเครื่อง

ผลการทดลอง

Calibrator	Airflow	Digital
0.0	0.0	-0.3
1.0	0.8	0.6
2.0	1.8	1.5
3.0	2.8	2.4
4.0	3.9	3.4
5.0	4.9	4.3
6.0	5.9	5.3
7.0	6.9	6.4
8.0	7.9	7.3
9.0	8.8	8.4
10.0	9.9	9.4
11.0	10.9	10.5
12.0	12.0	11.6

ตารางที่ 1



รูปที่ 3.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นของเครื่องฟอล์โทปแอร์ไมโครมิเตอร์
และเครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์

จากการคำนวณได้สมการเชิงเส้นของเครื่องฟอล์โทปแอร์ไมโครมิเตอร์

$$Y = 1.0049X - 0.1451 ; R^2 = 0.999$$

และสมการเชิงเส้นของเครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์

$$Y = 0.9912X - 0.5011 ; R^2 = 0.999$$

3.2.2 ช่วงการวัดของเครื่อง(Range)

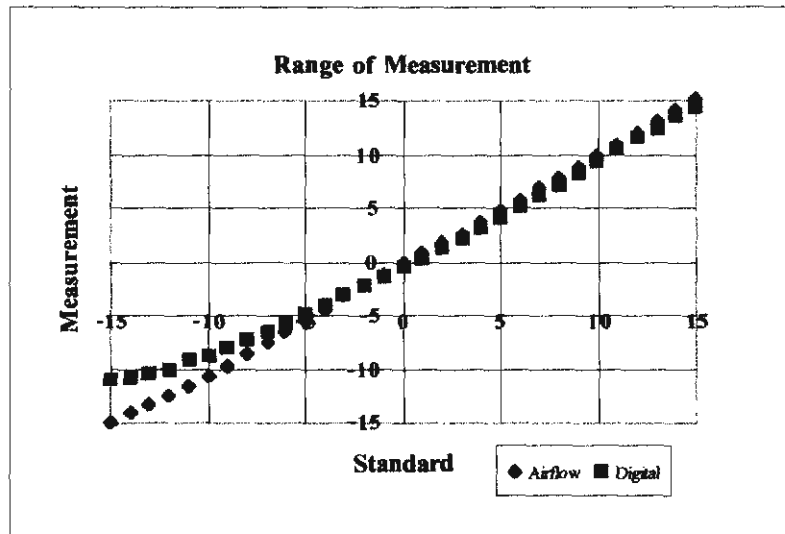
ทำการทดลองเช่นเดียวกับหัวข้อ 3.2.1 แต่ขยายช่วงเป็น -15 ถึง 15 ไมโครเมตร

หาค่าเฉลี่ยได้ดังตารางที่ 2 นำค่าที่ได้ไปทำกราฟดังรูปที่ 3.4

ผลการทดลอง

Calibrator	ค่าเฉลี่ย	
	Anflow	Digital
15.0	15.3	14.4
14.0	14.2	13.5
13.0	13.1	12.4
12.0	12.0	11.6
11.0	10.9	10.5
10.0	9.9	9.4
9.0	8.8	8.3
8.0	7.8	7.2
7.0	6.8	6.1
6.0	5.8	5.2
5.0	4.8	4.2
4.0	3.7	3.1
3.0	2.6	2.3
2.0	1.8	1.3
1.0	0.9	0.4
0.0	-0.1	-0.5
-1.0	-1.2	-1.5
-2.0	-2.2	-2.3
-3.0	-3.2	-3.2
-4.0	-4.4	-4.0
-5.0	-5.6	-4.9
-6.0	-6.5	-5.7
-7.0	-7.5	-6.5
-8.0	-8.5	-7.3
-9.0	-9.7	-8.1
-10.0	-10.7	-8.7
-11.0	-11.7	-9.2
-12.0	-12.6	-10.2
-13.0	-13.3	-10.5
-14.0	-14.2	-10.9
-15.0	-15.0	-11.1

ตารางที่ 2



รูปที่ 3.4 กราฟแสดงช่วงการใช้งานของเครื่องแอร์ไมโครมิเตอร์
และเครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์

3.2.3 ความสามารถในการวัดซ้ำ (Repeatability)

ทำการทดลองเพื่อตรวจสอบการทำงานของเครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์ในด้านความสามารถในการวัดซ้ำ โดยใช้ upper และ lower master ซึ่งมีค่าเส้นผ่าศูนย์กลาง 14.0196 เซนติเมตร และ 14.0092 เซนติเมตร ตามลำดับ ชิ้นงานทั้งสองมีเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกัน 10.4 ไมโครเมตร ทำการวัดชิ้นงานทั้งสองจำนวนสิบครั้ง ที่เวลาต่างๆ กัน คือ 8:00 10:00 12:00 และ 16:00 ทำการทดลองซ้ำเดิมในวันที่สอง นำผลการทดลองทั้งสองวันมาคำนวณผลทางสถิติได้แก่ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในแต่ละเวลา (Avg.) ค่าผลต่างของค่าเฉลี่ยกับ master (diff.) ค่าสูงสุด (Max) ค่าต่ำสุด (Min) ในการวัดที่เวลานั้นๆ และสุดท้ายคือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Std. Div.) ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 3

ผลการทดลอง

Statistical Analysis													
Date/Time		Master		Digital					AirFlow				
				Avg.	Diff.	Max	Min	Std Div	Avg.	Diff.	Max	Min	Std Div
20-Aug-97	8:00	Upper	10.4	10.5	-0.1	11	10.4	0.20	11.0	-0.6	11	11	0.00
		Lower	0	0.2	-0.2	0.2	0	0.07	0.0	0.0	0	0	0.00
	10:00	Upper	10.4	10.7	-0.3	10.8	10.5	0.11	10.5	-0.1	10.5	10.5	0.00
		Lower	0	0.2	-0.2	0.2	0.2	0.00	0.0	0.0	0	0	0.00
	12:00	Upper	10.4	10.7	-0.3	10.9	10.5	0.11	10.9	-0.5	11	10.5	0.21
		Lower	0	0.2	-0.2	0.2	0.2	0.00	0.3	-0.3	0.5	0	0.26
	16:00	Upper	10.4	10.9	-0.5	10.9	10.9	0.00	11.0	-0.6	11	11	0.00
		Lower	0	0.2	-0.2	0.2	0.2	0.00	0.5	-0.5	0.5	0.2	0.09
22-Aug-97	8:00	Upper	10.4	10.4	0.0	10.4	10.4	0.00	11.0	-0.6	11	11	0.00
		Lower	0	0.2	-0.2	0.2	0.2	0.00	0.0	0.0	0	0	0.00
	10:00	Upper	10.4	11.0	-0.6	11	10.8	0.08	11.0	-0.6	11	11	0.00
		Lower	0	0.2	-0.2	0.2	0.2	0.00	0.5	-0.5	0.5	0.5	0.00
	12:00	Upper	10.4	9.9	0.5	9.9	9.9	0.00	11.0	-0.6	11	11	0.00
		Lower	0	0.2	-0.2	0.2	0.2	0.00	0.5	-0.5	0.5	0.5	0.00
	16:00	Upper	10.4	10.9	-0.5	10.9	10.9	0.00	11.0	-0.6	11	11	0.00
		Lower	0	0.2	-0.2	0.2	0.2	0.00	0.5	-0.5	0.5	0	0.16

ตารางที่ 3

สรุปผลการทดลอง

จากการตรวจสอบความสามารถในการวัดของเครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์ทำให้ทราบคุณลักษณะเฉพาะของเครื่อง คือความสามารถในการวัดอย่างเป็นเชิงเส้น ปรากฏว่าเครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์ในช่วงของการวัดระหว่าง 0-12 ไมครอน มีค่า offset ประมาณ 0.5 ไมครอน มีค่า $R^2 = 0.999$ แสดงว่ามีความสามารถในการวัดอย่างเป็นเชิงเส้นดีมาก ในการทดลองหาช่วงการใช้งาน ทำให้ทราบว่าช่วงการใช้งานที่เครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์ยังมีความเป็นเชิงเส้นอยู่ คือ ระหว่าง -5 ถึง 15 ไมโครเมตร ส่วนความสามารถในการวัดซ้ำ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ เครื่องไฟล์โทปแอร์ไมโครมิเตอร์มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0-0.26 เครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์มีค่าอยู่ระหว่าง 0-0.20

4. สรุปโครงการ

โครงการนี้ได้สร้างเครื่องดิจิตอลแอร์ไมโครมิเตอร์ให้สามารถแสดงผลและบันทึกข้อมูลของเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของ slider โดยใช้งานร่วมกับเครื่องแอร์ไมโครมิเตอร์ในแบบเดิม มีส่วนแสดงผล 3 ส่วนคือ ส่วนแสดงผลแบบตัวเลขที่บอกถึงค่าผลต่างจากค่าขอบเขตล่างในหน่วยไมโครเมตร ส่วนแสดงผลแบบแท่ง (Bar display) ซึ่งใช้ LED (Light Emitting Diode) แบบ 2 สี โดยสีแดงแสดงตำแหน่งของค่าขอบเขตบนและล่าง ส่วนสีเขียวแสดงค่าจากการวัด และส่วนแสดงผลแบบ LCD (Liquid Crystal Display) ซึ่งจะช่วยในการกำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ ให้กับเครื่อง มีหน่วยความจำที่สามารถบันทึกข้อมูลขนาด 8 บิตได้ถึง 30,000 ข้อมูล และสามารถส่งข้อมูลที่บันทึกไว้ไปยังคอมพิวเตอร์ในอัตราการส่ง 9,600 ข้อมูลต่อวินาทีทางพอร์ตอนุกรม ข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อการปรับปรุงคุณภาพการผลิต

จากการตรวจสอบเพื่อกำหนดคุณลักษณะเฉพาะ ได้ช่วงการใช้งานที่เหมาะสมคือ -5 ถึง 15 ไมครอน ค่าความเป็นเชิงเส้นในการวัดระหว่าง 0 ถึง 12 ไมครอน โดยมีค่า offset 0.5 ไมครอน และผลการทดสอบการวัดซ้ำมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ระหว่าง 0-0.20 ไมครอน

เทคโนโลยีสำคัญที่ได้จากโครงการนี้ได้แก่ เซนเซอร์แปลงอัตราการไหลของลมให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า เนื่องจากหลักการวัดดังกล่าวใช้เทคนิคที่แตกต่างจากเดิมที่มีใช้กันอยู่ และมีความสามารถในการวัดที่ดีกว่า คือสามารถแยกความแตกต่างของอัตราการไหลของลมที่แตกต่างกันน้อยมากๆ ทำให้สามารถประยุกต์ใช้งานเซนเซอร์นี้กับเครื่องมือวัดอื่นๆ เช่น เครื่องวัดอัตราการไหลของลมที่สามารถอ่านค่าเป็นดิจิตอลได้ หรือใช้เป็นเซนเซอร์ตรวจสอบอัตราการไหลของปริมาณออกซิเจนในระบบที่ต้องการศึกษาเป็นต้น ขณะนี้กำลังดำเนินการจดสิทธิบัตรการประดิษฐ์ในฐานะผลงานวิจัยของคนไทย

ภาคผนวก 5.1
FIRMWARE (PROGRAM LISTING)

```

;TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE [TDO]
;PROGRAM    AIR MICROMETER GAUGE VERSION1.0
;HARDWARE   [ANT32]
;BY MR.EKKAMOL NILARCHA
;EPROM 27C256

LCD_INS      EQU    0FA00H      ;ADDRESS FOR INSTRUCTION OF LCD MODULE
LCD_WR       EQU    0FA02H      ;ADDRESS FOR WRITING LCD MODULE
LCD_RD       EQU    0FA03H      ;ADDRESS FOR READING LCD MODULE
PORT_A1      EQU    0F800H      ;PORT A OF 8255 #1
PORT_B1      EQU    0F801H      ;PORT B OF 8255 #1
PORT_C1      EQU    0F802H      ;PORT C OF 8255 #1
CONTRL_PORT1 EQU    0F803H      ;CONTROL PORT OF 8255 #1
CONTRL_WR    EQU    00090H      ;CONTROL CODE
                                ;PORT A-INPUT,PORT B-OUTPUT,PORT C-OUTPUT

BEGIN_DATA_HI EQU    0BFFAH
BEGIN_DATA_LO EQU    0BFFDH
KEEP_DATA     EQU    0C000H
PA1           EQU    0FF00H
PB1           EQU    0FF01H
PC1           EQU    0FF02H
CTRLP_1       EQU    0FF03H
PA2           EQU    0FF10H
PB2           EQU    0FF11H
PC2           EQU    0FF12H
CTRLP_2       EQU    0FF13H
PA3           EQU    0FF20H
PB3           EQU    0FF21H
PC3           EQU    0FF22H
CTRLP_3       EQU    0FF23H
PA4           EQU    0FF30H
PB4           EQU    0FF31H
PC4           EQU    0FF32H
CTRLP_4       EQU    0FF33H
PA5           EQU    0FF40H
PB5           EQU    0FF41H
PC5           EQU    0FF42H
CTRLP_5       EQU    0FF43H
PA6           EQU    0FF50H
PB6           EQU    0FF51H
PC6           EQU    0FF52H
CTRLP_6       EQU    0FF53H
CTRL_WR       EQU    80H
BUFFER1       EQU    22H

```

BUFFER2	EQU	23H	
BUFFER3	EQU	24H	
BUFFER4	EQU	25H	
BUFFER5	EQU	26H	
BUFFER6	EQU	27H	
BUFFER7	EQU	28H	
BUFFER8	EQU	29H	
BUFFER9	EQU	30H	
BUFFER10	EQU	31H	
BUFFER11	EQU	32H	
BUFFER12	EQU	37H	
BUFFER13	EQU	38H	
BUFFER14	EQU	39H	
BUFFER15	EQU	3AH	
BUFFER16	EQU	3BH	
HIGH_BUFFER1	EQU	10H	;REGISTER BUFFER FOR LCD MODULE
LOW_BUFFER1	EQU	11H	;REGISTER BUFFER FOR LCD MODULE
HIGH_BUFFER2	EQU	12H	;REGISTER BUFFER FOR LCD MODULE
LOW_BUFFER2	EQU	13H	;REGISTER BUFFER FOR LCD MODULE
INC_POINTER1	EQU	14H	;POINTER FOR FIRST LOOP
INC_POINTER2	EQU	15H	;POINTER FOR SECOND LOOP
INC_POINTER3	EQU	16H	;POINTER FOR THIRD LOOP
INC_POINTER4	EQU	17H	;POINTER FOR FORTH LOOP
COUNT_HIGH	EQU	18H	;KEEP DATA FOR CALCULATE
COUNT_LOW	EQU	19H	;KEEP DATA FOR CALCULATE
BPP	EQU	1AH	;FOR SOUND BEEP
FULL_ADD1	EQU	1DH	
FULL_ADD2	EQU	1EH	
DELTA_STD	EQU	61H	
HIGHBYTE1	EQU	2AH	
LOWBYTE1	EQU	2BH	
HIGHBYTE2	EQU	2CH	
LOWBYTE2	EQU	2DH	
HIGHBYTE3	EQU	0AH	
LOWBYTE3	EQU	0BH	
ANS_H	EQU	2EH	
ANS_L	EQU	2FH	
CHK_COUNT1	EQU	0CH	
CHK_COUNT2	EQU	0DH	
DELTA_RESULT	EQU	60H	
EOS	EQU	0EH	
CR	EQU	0AH	
LF	EQU	0DH	

XL EQU 52H
XH EQU 53H
YL EQU 54H
YH EQU 55H
Z0 EQU 56H
Z1 EQU 57H
Z2 EQU 58H
Z3 EQU 59H
ZL EQU 5AH
ZH EQU 5BH
ZOV EQU 09H

;;;;;;;;;;;;;;;; START PROGRAM ;;;;;;;;;;;;;;;;;;

ORG 0000H
LCALL DELAY
MOV INC_POINTER1,#00H ;SET BEGINING VALUE
MOV INC_POINTER2,#00H ;SET BEGINING VALUE
MOV INC_POINTER3,#00H ;SET BEGINING VALUE
MOV INC_POINTER4,#00H ;SET BEGINING VALUE
CLR 01H ;FOR LOOP STATUS
CLR 02H ;FOR LOOP STATUS
CLR 03H ;FOR LOOP STATUS
CLR 04H ;FOR LOOP STATUS
CLR 08H ;FOR CHECK STATUS OF RECORDING
CLR 0FH ;FOR MEMORY STATUS
CLR P3.4
CLR P3.5
MOV COUNT_HIGH,#00H ;COUNTER (FOR READ TO BE INPUT)

MOV SP,#62H ;SET STAG ON 60H
LCALL INIT_RS232
LCALL INIT_8255 ;INITIAL PORT 8255
LCALL INIT_8255X6
LCALL CLEAR_B
LCALL INIT_7219 ;INITIAL 7219 LED DISPLAY DRIVER
LCALL DISP_LINE
LCALL CLEAR ;CLEAR LCD MODULE
LCALL INIT_LCD ;\INITIAL LCD MUDULE
LCALL TITLE ;TITLE "AIR MICROMETER"
LCALL LCM ;DISPLAY LCD MODULE
LCALL RUN_ADC ;RUN A/D 7109
MAIN1: LCALL GET_KEY ;GET KEYBOARD
LCALL DELAY ;DELAY 130 MSEC
KEY_SET: CJNE A,#00H,MAIN1 ;CHECK SET KEY

```

SET_LOW:      LCALL SET_LOWER
              LCALL LCM
              LCALL INIT_8255X6
              LCALL CLEAR_B
;////////////////////////////////////
              LCALL FIX_LOW
              LCALL DISPLAY_RED
;////////////////////////////////////
              LCALL DISP_0000
              LCALL RUN_ADC          ;RUN A/D 7109
              LCALL LOOP_BEEP1
              MOV COUNT_LOW,#00H
KEY_ENTER2:   LCALL GET_KEY
              CJNE A,#04H,KEY_ENTER2
              LCALL GET_DIGIT
              MOV HIGHBYTE1,R0
              MOV LOWBYTE1,R1
              LCALL RUN_ADC
              MOV DPTR,#BEGIN_DATA_IO
              MOV A,R0
              MOVX @DPTR,A
              INC DPTR
              MOV A,R1
              MOVX @DPTR,A          ;DATA FROM ADC
              INC DPTR
              MOV A,COUNT_LOW
              MOVX @DPTR,A          ;DATA FROM KEYBOARD
;READ DATA FROM LCD AND BLINK ALL
              LCALL READ_IN
              PUSH 50H
              PUSH 51H
              PUSH 52H
              PUSH 53H
              PUSH 54H
              PUSH 55H
              PUSH 56H
              PUSH 57H
              PUSH 58H
              PUSH 59H
              PUSH 5AH
              PUSH 5BH
              PUSH 5CH
              PUSH 5DH

```



```

        PUSH 5EH
        PUSH 5FH
        LCALL SHUTDOWN
        LCALL BLANK
        LCALL LCM
        LCALL DELAY
        LCALL NORMAL
;////////////////////////////////////
        LCALL CLEAR_B
        LCALL DISPLAY_RED
        LCALL DELAY_B
        LCALL FIX_LOW
        LCALL DISPLAY_RED
;////////////////////////////////////
        POP 5FH
        POP 5EH
        POP 5DH
        POP 5CH
        POP 5BH
        POP 5AH
        POP 59H
        POP 58H
        POP 57H
        POP 56H
        POP 55H
        POP 54H
        POP 53H
        POP 52H
        POP 51H
        POP 50H
        LCALL WRITE_OUT
        LCALL LOOP_BEEPI
        LCALL RUN_ADC                ;RUN A/D 7109
SET_UP:  LCALL SET_UPPER            ;"SET_UPPER: 000.0"
        LCALL LCM                  ;DISPLAY LCD MODULE
        LCALL SHUTDOWN
        LCALL DELAY
        LCALL NORMAL
        LCALL DISP_0000            ;DISPLAY 7 SEGMENT 000.0
        LCALL RUN_ADC                ;RUN A/D 7109
CHECK_INC: LCALL GET_KEY            ;GET KEYBOARD
        CJNE A,#02H,CHECK_DEC        ;CHECK INC KEY
        LCALL INCREASE              ;INCREMENT COUNTER

```

```

        LCALL CHECK_POINTER_INC      ;CHECK POINTER VALUE
        LCALL KEY_INC                ;DISPLAY INCREMENT
;DISPLAY NUMBER TO 7 SEGMENT
        LCALL DISP_COUNTER
        LCALL RUN_ADC                ;RUN A/D 7109
        MOV BPP,#8
        LCALL BEEP
        SJMP CHECK_INC
CHECK_DEC:  PUSH 0E0H
           MOV A,COUNT_HIGH
           CJNE A,#00H,GOO
           POP 0E0H
           SJMP PRESS_ENTERI
GOO:       POP 0E0H
           CJNE A,#06H,PRESS_ENTERI
           LCALL DECREASE
           LCALL CHECK_POINTER_DEC
           LCALL KEY_DEC
;DISPLAY NUMBER TO 7 SEGMENT
           LCALL DISP_COUNTER
           LCALL RUN_ADC                ;RUN A/D 7109
           MOV BPP,#8
           LCALL BEEP
           SJMP CHECK_INC
PRESS_ENTERI: CJNE A,#04H,CHECK_INC
              MOV DPTR,#BEGIN_DATA_III
              INC DPTR
              INC DPTR
              MOV A,COUNT_HIGH
              MOVX @DPTR,A
;READ DATA FROM LCD AND BLINK ALL
              LCALL READ_IN
              PUSH 50H
              PUSH 51H
              PUSH 52H
              PUSH 53H
              PUSH 54H
              PUSH 55H
              PUSH 56H
              PUSH 57H
              PUSH 58H
              PUSH 59H
              PUSH 5AH

```

```
PUSH 5BH
PUSH 5CH
PUSH 5DH
PUSH 5EH
PUSH 5FH
LCALL SHUTDOWN
LCALL BLANK
LCALL LCM
LCALL NORMAL
POP 5FH
POP 5EH
POP 5DH
POP 5CH
POP 5BH
POP 5AH
POP 59H
POP 58H
POP 57H
POP 56H
POP 55H
POP 54H
POP 53H
POP 52H
POP 51H
POP 50H
LCALL WRITE_OUT
LCALL LOOP_BEEP1
LCALL RUN_ADC           ;RUN A/D 7109
LCALL PLACE_STANDARD
LCALL LCM
WAIT_ENTER:  LCALL GET_KEYB
              CJNE A,#04H,WAIT_ENTER
              LCALL GET_DIGIT           ;GET DIGITAL DATA FROM ADC
              LCALL PICK_HIGH
              LCALL RUN_ADC
              MOV DPTR,#BEGIN_DATA_HI
              MOV A,R0
              MOVX @DPTR,A
              INC DPTR
              MOV A,R1
              MOVX @DPTR,A           ;DATA FROM ADC
              LCALL BLANK
              LCALL LCM
```

```
LCALL DELAY
PUSH 22H
PUSH 23H
PUSH 24H
PUSH 25H
PUSH 26H
PUSH 27H
PUSH 28H
PUSH 29H
;////////////////////////////////////
LCALL FIX_LOW
LCALL DISPLAY_RED
LCALL DELAY_B
POP 29H
POP 28H
POP 27H
POP 26H
POP 25H
POP 24H
POP 23H
POP 22H
LCALL DISPLAY_RED
;////////////////////////////////////
LCALL LOOP_BEEP1
LCALL RUN_ADC ;RUN A/D 7109
LCALL READY_TO_WORK
LCALL LCM
;////////////////////////////////////
;*****
CAL: MOV XL,LOWBYTE3
MOV YL,LOWBYTE1
MOV XH,HIGHBYTE3
MOV YH,HIGHBYTE1
LCALL SUB16
MOV DELTA_STD,ZL
RUN_3KEY: MOV DPTR,#KEEP_DATA ;SET ADDRESS FOR RECORDING
PUSH DPH
PUSH DPL
CHECK_3KEY: LCALL GET_KEY1
LCALL DELAY
CREC: JB 08H,CF
CJNE A,#01H,CF
SETB 08H
```

```
LCALL RECORD
LCALL LCM
LCALL LOOP_BEEP1
CF: JNB 08H,CS
CJNE A,#03H,CS
;LOOP FOR WORK [FOOT BUTTON]
LCALL GET_DIGIT
LCALL RUN_ADC
POP DPL
POP DPH
MOV A,R0
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
MOV A,R1
MOVX @DPTR,A
INC DPTR
PUSH DPH
PUSH DPL
LCALL BLINK
POP DPL
POP DPH
MOV CHK_COUNT1,DPH
MOV CHK_COUNT2,DPL
PUSH DPH
PUSH DPL
LCALL COUNTER
MOV BPP,#10
LCALL BEEP
CS: CJNE A,#05H,CSU
CLR 08H
LCALL SEND
LCALL LCM
LCALL LOOP_BEEP1
;LOOP FOR SEND DATA TO PC
LCALL HEAD
POP DPL
POP DPH
MOV 52H,DPH
MOV 53H,DPL
PUSH DPH
PUSH DPL
CLR 09H
MOV R7,#1
```

```
MOV DPTR,#BEGIN_DATA_HI
MOV A,#01H
LCALL SEND_SERIAL
LCALL COPY
CSU:    CJNE A,#00H,CHECK_F
        LCALL CLEAR_DATA
        LCALL CLEAR_B
        LCALL DELAY
        LCALL DELAY
        LCALL DELAY
        LJMP SET_LOW
CHECK_F: POP DPL
        POP DPH
        MOV 08H,DPH
        MOV 09H,DPL
        PUSH DPH
        PUSH DPL
        LCALL CHECK_FULL
        JNB 0FH,GOGO
KLOOP:  LCALL GET_KEY2
        LCALL DELAY
        CJNE A,#05H,KLOOP
        CLR 08H
        CLR 0FH
        LCALL FLOW_DAT
        LJMP RUN_3KEY
GOGO:   LJMP CHECK_3KEY
;////////////////////////////////////
COPY:   MOVX A,@DPTR
        LCALL SEND_ASCII
        INC DPTR
        MOV 50H,DPH
        MOV 51H,DPL
        MOV A,50H
        CJNE A,#0BFH,CONT
        MOV A,51H
        CJNE A,#0FCH,CONT
        LCALL COMMA
CONT:   MOV A,50H
        CJNE A,#0BFH,CONTI
        MOV A,51H
        CJNE A,#0FDH,CONTI
        LCALL COMMA
```

```
CONTI:      MOV A,50H
            CJNE A,#0BFH,CONTIN
            MOV A,51H
            CJNE A,#0FFH,CONTIN
            LCALL COMMA
CONTIN:     MOV A,50H
            CJNE A,#0C0H,CONTINU
            MOV A,51H
            CJNE A,#00H,CONTINU
            LCALL ENTER
            SETB 09H
CONTINU:    JNB 09H,COPY
            MOV A,51H
            CJNE A,53H,CHECK_COMMA
            MOV A,50H
            CJNE A,52H,CHECK_COMMA
            MOV A,#04H
            LCALL SEND_SERIAL
            LCALL READY_TO_WORK
            LCALL LCM
            MOV BPP,#10
            LCALL BEEP
            LCALL ENTER
            RET
CHECK_COMMA: INC R7
            CJNE R7,#2,COPY
            MOV R7,#0
            CLR 0AH
            LCALL CHECK_9006H
            JB 0AH,NO_COMMA
            LCALL COMMA
NO_COMMA:   LJMP COPY
ENTER:      MOV A,#0DH
            LCALL SEND_SERIAL
            MOV A,#0AH
            LCALL SEND_SERIAL
            RET
COMMA:      MOV A,#' '
            LCALL SEND_SERIAL
            RET
CHECK_9006H: MOV A,50H
            CJNE A,#0C0H,RRET
```

```

MOV A,51H
CJNE A,#00H,RRET
SETB 0AH
RRET: RET
CHECK_FULL: MOV A,08H
CJNE A,#0F8H,BACK_
MOV A,09H
CJNE A,#00H,BACK_ ;ONLY ODD NUMBER[0,2,4,6,8]
MOV A,#'F'
LCALL SEND_SERIAL
MOV A,#'U'
LCALL SEND_SERIAL
MOV A,#'L'
LCALL SEND_SERIAL
MOV A,#'L'
LCALL SEND_SERIAL
LCALL ENTER
LCALL SEND_SERIAL
LCALL FULL
LCALL LCM
SETB 0FH
MOV BPP,#10
LCALL BEEP
LCALL DELAY
LCALL DELAY
BACK_: RET
BLINK: LCALL SHUTDOWN
LCALL BLANK
LCALL LCM
LCALL DELAY
LCALL NORMAL
LCALL RECORDING
LCALL LCM
RET
FLOW_DAT: LCALL SEND
LCALL LCM
LCALL LOOP_BEEP1
;LOOP FOR SEND DATA TO PC
MOV 52H,#0F8H ;THE LAST ADDRESS HIGH BYTE
MOV 53H,#00H ;THE LAST ADDRESS LOW BYTE
CLR 09H
MOV R7,#1
MOV DPTR,#BEGIN_DATA_HI

```



```
MOV A,#01H
LCALL SEND_SERIAL
LCALL COPY2
RET
COPY2:  MOVX A,@DPTR
        LCALL SEND_ASCII
        INC DPTR
        MOV 50H,DPH
        MOV 51H,DPL
        MOV A,50H
        CJNE A,#0BFH,CONT2
        MOV A,51H
        CJNE A,#0FCH,CONT2
        LCALL COMMA
CONT2:  MOV A,50H
        CJNE A,#0BFH,CONT12
        MOV A,51H
        CJNE A,#0FDH,CONT12
        LCALL COMMA
CONT12: MOV A,50H
        CJNE A,#0BFH,CONTIN2
        MOV A,51H
        CJNE A,#0FH,CONTIN2
        LCALL COMMA
CONTIN2:MOV A,50H
        CJNE A,#0C0H,CONTINU2
        MOV A,51H
        CJNE A,#00H,CONTINU2
        LCALL ENTER
        SETB 09H
CONTINU2: JNB 09H,COPY2
        MOV A,51H
        CJNE A,53H,CHECK_COMMA2
        MOV A,50H
        CJNE A,52H,CHECK_COMMA2
        MOV A,#04H
        LCALL SEND_SERIAL
        LCALL READY_TO_WORK
        LCALL LCM
        MOV BPP,#10
        LCALL BEEP
        LCALL ENTER
        RET
```



```
INCREASE:      MOV A,COUNT_HIGH      ;INCREAMENT COUNTER
               INC A
               MOV COUNT_HIGH,A
               RET

DECREASE:      MOV A,COUNT_HIGH
               DEC A
               MOV COUNT_HIGH,A
               RET

CHECK_POINTER_INC: MOV A,INC_POINTER1 ;MEMORY POINTER
               INC A
               MOV INC_POINTER1,A
               CJNE A,#10,RETURN_1
               MOV INC_POINTER1,#00H
               SETB 01H
               MOV A,INC_POINTER2
               INC A
               MOV INC_POINTER2,A
               CJNE A,#10,RETURN_1
               MOV INC_POINTER2,#00H
               SETB 02H
               MOV A,INC_POINTER3
               INC A
               MOV INC_POINTER3,A
               CJNE A,#10,RETURN_1
               MOV INC_POINTER3,#00H
               SETB 03H
               MOV A,INC_POINTER4
               INC A
               MOV INC_POINTER4,A
               CJNE A,#10,RETURN_1
               MOV INC_POINTER4,#00H

RETURN_1:      RET

CHECK_POINTER_DEC:  JMP CHECK_1

CHECK_1:      MOV A,INC_POINTER1
               CJNE A,#00,RUN_DEC1
               MOV INC_POINTER1,#9

CHECK_2:      MOV A,INC_POINTER2
               CJNE A,#00,RUN_DEC2
               MOV INC_POINTER2,#9

CHECK_3:      MOV A,INC_POINTER3
               CJNE A,#00,RUN_DEC3
               MOV INC_POINTER3,#9
```

```

CHECK 4:      MOV A,INC_POINTER4
               CJNE A,#00,RUN_DEC4
               MOV INC_POINTER4,#9
               RET

RUN_DEC1:     MOV A,INC_POINTER1      ;MEMORY POINTER
               DEC A
               MOV INC_POINTER1,A
               CJNE A,#0,RETURN_2
               RET

RUN_DEC2:     MOV A,INC_POINTER2
               DEC A
               MOV INC_POINTER2,A
               CJNE A,#0,RETURN_2
               RET

RUN_DEC3:     MOV A,INC_POINTER3
               DEC A
               MOV INC_POINTER3,A
               CJNE A,#0,RETURN_2
               RET

RUN_DEC4:     MOV A,INC_POINTER4
               DEC A
               MOV INC_POINTER4,A
               CJNE A,#0,RETURN_2
               RET

RETURN_2:     RET

;////////////////////////////////////

KEY_INC:      JMP ONE

ONE:          MOV A,#0C7H
               LCALL STROBE
               MOV A,INC_POINTER1      ;OPEN TABLE
               MOV DPTR,#NUMBER
               MOVC A,@A+DPTR
               LCALL WR_ENABLE          ;WRITE DATA FOR INCREASE
               JB 01H,TWO
               RET

TWO:          LCALL DOT
               CLR 01H
               MOV A,#0C5H
               LCALL STROBE
               MOV A,INC_POINTER2
               MOV DPTR,#NUMBER
               MOVC A,@A+DPTR
               LCALL WR_ENABLE

```

```

        JB 02H,THREE
        RET
THREE:   CLR 02H
        MOV A,#0C4H
        LCALL STROBE
        MOV A,INC_POINTER3
        MOV DPTR,#NUMBER
        MOVC A,@A+DPTR
        LCALL WR_ENABLE
        JB 03H,FOUR
        RET
FOUR:    CLR 03H
        MOV A,#0C3H
        LCALL STROBE
        MOV A,INC_POINTER4
        MOV DPTR,#NUMBER
        MOVC A,@A+DPTR
        LCALL WR_ENABLE
        B 04H,OVER
        RET
OVER:    CLR 04H
        RET
NUMBER:  DB "0123456789"
;////////////////////////////////////
KEY_DEC: NOP
FIRST:   MOV A,#0C7H
        LCALL STROBE
        MOV A,INC_POINTER1
        MOV DPTR,#NUMBER
        MOVC A,@A+DPTR
        LCALL WR_ENABLE           ;WRITE DATA FOR INCREASE
SECOND:  MOV A,#0C5H
        LCALL STROBE
        MOV A,INC_POINTER2
        MOV DPTR,#NUMBER
        MOVC A,@A+DPTR
        LCALL WR_ENABLE           ;WRITE DATA FOR INCREASE
THIRD:   MOV A,#0C4H
        LCALL STROBE
        MOV A,INC_POINTER3
        MOV DPTR,#NUMBER
        MOVC A,@A+DPTR
        LCALL WR_ENABLE           ;WRITE DATA FOR INCREASE

```

[illegible]

```
MOV DPTR,#CONTRL_PORT1
MOVX @DPTR,A
RET

;///////////////////////////////// PORT 8255X6/////////////////////////////////
INIT_8255X6:    MOV DPTR,#CTRLP_1
                MOV A,#CTRL_WR
                MOVX @DPTR,A
                MOV DPTR,#CTRLP_2
                MOVX @DPTR,A
                MOV DPTR,#CTRLP_3
                MOVX @DPTR,A
                MOV DPTR,#CTRLP_4
                MOVX @DPTR,A
                MOV DPTR,#CTRLP_5
                MOVX @DPTR,A
                MOV DPTR,#CTRLP_6
                MOVX @DPTR,A
                MOV R7,#00H
                DJNZ R7,$
                RET

;///////////////////////////////// CLEAR ///////////////////////////////////
CLEAR_B:       MOV BUFFER1,#00H
                MOV BUFFER2,#00H
                MOV BUFFER3,#00H
                MOV BUFFER4,#00H
                MOV BUFFER5,#00H
                MOV BUFFER6,#00H
                MOV BUFFER7,#00H
                MOV BUFFER8,#00H
                MOV BUFFER9,#00H
                MOV BUFFER10,#00H
                MOV BUFFER11,#00H
                MOV BUFFER12,#00H
                MOV BUFFER13,#00H
                MOV BUFFER14,#00H
                MOV BUFFER15,#00H
                MOV BUFFER16,#00H
                LCALL DISPLAY_RED
                LCALL DISPLAY_GREEN
                RET

;///////////////////////////////// LOW ///////////////////////////////////
FIX_LOW:       MOV BUFFER1,#00H
                MOV BUFFER2,#00H
```

```
MOV BUFFER3,#00H
MOV BUFFER4,#00H
MOV BUFFER5,#01H
MOV BUFFER6,#00H
MOV BUFFER7,#00H
MOV BUFFER8,#00H
RET
```

```
;;;;;;;;;;;;;;;; RED ;;;;;;;;;;;;;;;;;
```

```
DISPLAY_RED:  MOV DPTR,#PA1
               MOV A,BUFFER1
               MOVX @DPTR,A
               LCALL DELAY_B
               MOV DPTR,#PB1
               MOV A,BUFFER2
               MOVX @DPTR,A
               LCALL DELAY_B
               MOV DPTR,#PC1
               MOV A,BUFFER3
               MOVX @DPTR,A
               LCALL DELAY_B
               MOV DPTR,#PA2
               MOV A,BUFFER4
               MOVX @DPTR,A
               LCALL DELAY_B
               MOV DPTR,#PB2
               MOV A,BUFFER5
               MOVX @DPTR,A
               LCALL DELAY_B
               MOV DPTR,#PC2
               MOV A,BUFFER6
               MOVX @DPTR,A
               LCALL DELAY_B
               MOV DPTR,#PA3
               MOV A,BUFFER7
               MOVX @DPTR,A
               LCALL DELAY_B
               MOV DPTR,#PB3
               MOV A,BUFFER8
               MOVX @DPTR,A
               LCALL DELAY_B
               RET
```

```
;;;;;;;;;;;;;;;; GREEN ;;;;;;;;;;;;;;;;;
```

```
DISPLAY_GREEN: MOV DPTR,#PA4
```



```
MOV A,BUFFER9
MOVX @DPTR,A
LCALL DELAY_B
MOV DPTR,#PB4
MOV A,BUFFER10
MOVX @DPTR,A
LCALL DELAY_B
MOV DPTR,#PC4
MOV A,BUFFER11
MOVX @DPTR,A
LCALL DELAY_B
MOV DPTR,#PA5
MOV A,BUFFER12
MOVX @DPTR,A
LCALL DELAY_B
MOV DPTR,#PB5
MOV A,BUFFER13
MOVX @DPTR,A
LCALL DELAY_B
MOV DPTR,#PC5
MOV A,BUFFER14
MOVX @DPTR,A
LCALL DELAY_B
MOV DPTR,#PA6
MOV A,BUFFER15
MOVX @DPTR,A
LCALL DELAY_B
MOV DPTR,#PB6
MOV A,BUFFER16
MOVX @DPTR,A
LCALL DELAY_B
RET
;///////////////////////////////// RUN RED-BAR ///////////////////////////////////
RUN_HIGH:    CLR C
              MOV A,LOWBYTE2
              SUBB A,LOWBYTE1
              MOV ANS_L,A
              MOV A,HIGHBYTE2
              SUBB A,HIGHBYTE1
              MOV ANS_H,A
              CJNE A,#00H,CHECK_MINUS
              LJMP RUN_MVP
CHECK_MINUS: CJNE A,#0FFH,GO_OTHER
```

```
                LJMP RUN_MVM
GO_OTHER:       LJMP OTHER
;////////// RUN VOLT+ //////////
RUN_MVP:        LCALL RUN_REDP
                LCALL DISPLAY_RED
                RET
;//////////
RUN_REDP:        MOV A,ANS_L
MV0:            CJNE A,#00H,MV1
                SJMP SH1
MV1:            CJNE A,#01H,MV2
SH1:            MOV BUFFER1,#00H
                MOV BUFFER2,#00H
                MOV BUFFER3,#00H
                MOV BUFFER4,#00H
                MOV BUFFER5,#01H
                MOV BUFFER6,#00H
                MOV BUFFER7,#00H
                MOV BUFFER8,#00H
                RET
MV2:            CJNE A,#02H,MV3
                SJMP SH2
MV3:            CJNE A,#03H,MV4
SH2:            MOV BUFFER1,#00H
                MOV BUFFER2,#00H
                MOV BUFFER3,#00H
                MOV BUFFER4,#00H
                MOV BUFFER5,#03H
                MOV BUFFER6,#00H
                MOV BUFFER7,#00H
                MOV BUFFER8,#00H
                RET
MV4:            CJNE A,#04H,MV5
                SJMP SH3
MV5:            CJNE A,#05H,MV6
SH3:            MOV BUFFER1,#00H
                MOV BUFFER2,#00H
                MOV BUFFER3,#00H
                MOV BUFFER4,#00H
                MOV BUFFER5,#05H
                MOV BUFFER6,#00H
                MOV BUFFER7,#00H
                MOV BUFFER8,#00H
```

```
RET
MV6:    CJNE A,#06H,MV7
        SJMP SH4
MV7:    CJNE A,#07H,MV8
SH4:    MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#09H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
MV8:    CJNE A,#08H,MV9
        SJMP SH5
MV9:    CJNE A,#09H,MV10
SH5:    MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#11H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
MV10:   CJNE A,#0AH,MV11
        SJMP SH6
MV11:   CJNE A,#0BH,MV12
SH6:    MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#21H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
MV12:   CJNE A,#0CH,MV13
        SJMP SH7
MV13:   CJNE A,#0DH,MV14
SH7:    MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
```

```
MOV BUFFER4,#0011
MOV BUFFER5,#41H
MOV BUFFER6,#00H
MOV BUFFER7,#00H
MOV BUFFER8,#00H
RET
MV14: CJNE A,#0D11,MV15
      SJMP SH8
MV15: CJNE A,#0EH,MV16
SH8:  MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#81H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV16: CJNE A,#0F11,MV17
      SJMP SH9
MV17: CJNE A,#10H,MV18
SH9:  MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#01H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV18: CJNE A,#11H,MV19
      SJMP SH10
MV19: CJNE A,#12H,MV20
SH10: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#02H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV20: CJNE A,#13H,MV21
```

```

                SJMP SH11
MV21:          CJNE A,#14H,MV22
SH11:          MOV BUFFER1,#00H
                MOV BUFFER2,#00H
                MOV BUFFER3,#00H
                MOV BUFFER4,#04H
                MOV BUFFER5,#01H
                MOV BUFFER6,#00H
                MOV BUFFER7,#00H
                MOV BUFFER8,#00H
                RET
MV22:          CJNE A,#15H,MV23
                SJMP SH12
MV23:          CJNE A,#16H,MV24
SH12:          MOV BUFFER1,#00H
                MOV BUFFER2,#00H
                MOV BUFFER3,#00H
                MOV BUFFER4,#08H
                MOV BUFFER5,#01H
                MOV BUFFER6,#00H
                MOV BUFFER7,#00H
                MOV BUFFER8,#00H
                RET
MV24:          CJNE A,#17H,MV25
                SJMP SH13
MV25:          CJNE A,#18H,MV26
SH13:          MOV BUFFER1,#00H
                MOV BUFFER2,#00H
                MOV BUFFER3,#00H
                MOV BUFFER4,#10H
                MOV BUFFER5,#01H
                MOV BUFFER6,#00H
                MOV BUFFER7,#00H
                MOV BUFFER8,#00H
                RET
MV26:          CJNE A,#19H,MV27
                SJMP SH14
MV27:          CJNE A,#1AH,MV28
SH14:          MOV BUFFER1,#00H
                MOV BUFFER2,#00H
                MOV BUFFER3,#00H
                MOV BUFFER4,#20H
                MOV BUFFER5,#01H
```

```
MOV BUFFER6,#00H
MOV BUFFER7,#00H
MOV BUFFER8,#00H
RET
MV28: CJNE A,#1BH,MV29
      SJMP SH15
MV29: CJNE A,#1CH,MV30
SH15: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#40H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV30: CJNE A,#1DH,MV31
      SJMP SH16
MV31: CJNE A,#1EH,MV32
SH16: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#80H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV32: CJNE A,#1FH,MV33
      SJMP SH17
MV33: CJNE A,#20H,MV34
SH17: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#01H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV34: CJNE A,#21H,MV35
      SJMP SH18
MV35: CJNE A,#22H,MV36
```

```
SH18:    MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#02H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#00H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET

MV36:    CJNE A,#23H,MV37
          SJMP SH19

MV37:    CJNE A,#24H,MV38

SH19:    MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#04H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#00H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET

MV38:    CJNE A,#25H,MV39
          SJMP SH20

MV39:    CJNE A,#26H,MV40

SH20:    MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#08H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#00H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET

MV40:    CJNE A,#27H,MV41
          SJMP SH21

MV41:    CJNE A,#28H,MV42

SH21:    MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#10H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#00H
```

```
MOV BUFFER8,#00H
RET
MV42: CJNE A,#29H,MV43
      SJMP SH22
MV43: CJNE A,#2AH,MV44
SH22: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#20H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV44: CJNE A,#2BH,MV45
      SJMP SH23
MV45: CJNE A,#2CH,MV46
SH23: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#40H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV46: CJNE A,#2DH,MV47
      SJMP SH24
MV47: CJNE A,#2EH,MV48
SH24: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#80H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV48: CJNE A,#2FH,MV49
      SJMP SH25
MV49: CJNE A,#30H,MV50
SH25: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#01H
```



```
MOV BUFFER3,#00H
MOV BUFFER4,#00H
MOV BUFFER5,#01H
MOV BUFFER6,#00H
MOV BUFFER7,#00H
MOV BUFFER8,#00H
RET
MV50: CJNE A,#31H,MV51
      SJMP SH26
MV51: CJNE A,#32H,MV52
SH26: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#02H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV52: CJNE A,#33H,MV53
      SJMP SH27
MV53: CJNE A,#34H,MV54
SH27: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#04H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV54: CJNE A,#35H,MV55
      SJMP SH28
MV55: CJNE A,#36H,MV56
SH28: MOV BUFFER1,#00H
      MOV BUFFER2,#08H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
```

```
MV56:    CJNE A,#37H,MV57
          SJMP SH29
MV57:    CJNE A,#38H,MV58
SH29:    MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#10H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#00H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET
MV58:    CJNE A,#39H,MV59
          SJMP SH30
MV59:    CJNE A,#3AH,MV60
SH30:    MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#20H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#00H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET
MV60:    CJNE A,#3BH,MV61
          SJMP SH31
MV61:    CJNE A,#3CH,MV62
SH31:    MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#40H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#00H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET
MV62:    CJNE A,#3DH,MV63
          SJMP SH32
MV63:    CJNE A,#3EH,MV64
SH32:    MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#80H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
```

```
MOV BUFFER5,#01H
MOV BUFFER6,#00H
MOV BUFFER7,#00H
MOV BUFFER8,#00H
RET
MV64: CJNE A,#3FH,MV65
      SJMP SH33
MV65: CJNE A,#40H,MV66
SH33: MOV BUFFER1,#01H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV66: CJNE A,#41H,MV67
      SJMP SH34
MV67: CJNE A,#42H,MV68
SH34: MOV BUFFER1,#02H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV68: CJNE A,#43H,MV69
      SJMP SH35
MV69: CJNE A,#44H,MV70
SH35: MOV BUFFER1,#04H
      MOV BUFFER2,#00H
      MOV BUFFER3,#00H
      MOV BUFFER4,#00H
      MOV BUFFER5,#01H
      MOV BUFFER6,#00H
      MOV BUFFER7,#00H
      MOV BUFFER8,#00H
      RET
MV70: CJNE A,#45H,MV71
      SJMP SH36
```

```
MV71:    CJNE A,#46H,MV72
SH36:    MOV BUFFER1,#08H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#00H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET
MV72:    CJNE A,#47H,MV73
          SJMP SH37
MV73:    CJNE A,#48H,MV74
SH37:    MOV BUFFER1,#10H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#00H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET
MV74:    CJNE A,#49H,MV75
          SJMP SH38
MV75:    CJNE A,#4AH,MV76
SH38:    MOV BUFFER1,#20H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#00H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET
MV76:    CJNE A,#4BH,MV77
          SJMP SH39
MV77:    CJNE A,#4CH,MV78
SH39:    MOV BUFFER1,#40H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
```

```
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
MV78:    CJNE A,#4DH,MV79
        SJMP SH40
MV79:    CJNE A,#4EH,OVER_RANGE
SH40:    MOV BUFFER1,#80H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
OVER_RANGE: MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
;//////////////////////////////// RUN VOLT- //////////////////////////////////
RUN_MVM:    LCALL RUN_REDM
        LCALL DISPLAY_RED
        RET
;////////////////////////////////////////////////////////////////////////

RUN_REDM:    MOV A,ANS_L
MV_1:    CJNE A,#0FFH,MV_2
        SJMP SHA
MV_2:    CJNE A,#0FEH,MV_3
SHA:    MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#80H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
```

```
MV_3:      CJNE A,#0FDH,MV_4
           SJMP SHB
MV_4:      CJNE A,#0FCH,MV_5
SHB:       MOV BUFFER1,#00H
           MOV BUFFER3,#00H
           MOV BUFFER4,#00H
           MOV BUFFER5,#01H
           MOV BUFFER6,#40H
           MOV BUFFER7,#00H
           MOV BUFFER8,#00H
           RET
MV_5:      CJNE A,#0FBH,MV_6
           SJMP SHC
MV_6:      CJNE A,#0FAH,MV_7
SHC:       MOV BUFFER1,#00H
           MOV BUFFER2,#00H
           MOV BUFFER3,#00H
           MOV BUFFER4,#00H
           MOV BUFFER5,#01H
           MOV BUFFER6,#20H
           MOV BUFFER7,#00H
           MOV BUFFER8,#00H
           RET
MV_7:      CJNE A,#0F9H,MV_8
           SJMP SHD
MV_8:      CJNE A,#0F8H,MV_9
SHD:       MOV BUFFER1,#00H
           MOV BUFFER2,#00H
           MOV BUFFER3,#00H
           MOV BUFFER4,#00H
           MOV BUFFER5,#01H
           MOV BUFFER6,#10H
           MOV BUFFER7,#00H
           MOV BUFFER8,#00H
           RET
MV_9:      CJNE A,#0F7H,MV_10
           SJMP SHE
MV_10:     CJNE A,#0F6H,MV_11
SHE:       MOV BUFFER1,#00H
           MOV BUFFER2,#00H
           MOV BUFFER3,#00H
           MOV BUFFER4,#00H
           MOV BUFFER5,#01H
```

```
MOV BUFFER6,#08H
MOV BUFFER7,#00H
MOV BUFFER8,#00H
RET
MV_11: CJNE A,#0F5H,MV_12
        SJMP SHF
MV_12: CJNE A,#0F4H,MV_13
SHF:   MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#04H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
MV_13: CJNE A,#0F3H,MV_14
        SJMP SHG
MV_14: CJNE A,#0F2H,MV_15
SHG:   MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#02H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
MV_15: CJNE A,#0F1H,MV_16
        SJMP SHH
MV_16: CJNE A,#0F0H,MV_17
SHH:   MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#01H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
MV_17: CJNE A,#0EFH,MV_18
        SJMP SHI
MV_18: CJNE A,#0EEH,MV_19
```

```
SHI:      MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#80H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET

MV_19:    CJNE A,#0EDH,MV_20
          SJMP SIHJ

MV_20:    CJNE A,#0ECH,MV_21
SHJ:      MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#40H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET

MV_21:    CJNE A,#0EBH,MV_22
          SJMP SHK

MV_22:    CJNE A,#0EAH,MV_23
SHK:      MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#20H
          MOV BUFFER8,#00H
          RET

MV_23:    CJNE A,#0E9H,MV_24
          SJMP SHL1

MV_24:    CJNE A,#0E8H,MV_25
SHL1:     MOV BUFFER1,#00H
          MOV BUFFER2,#00H
          MOV BUFFER3,#00H
          MOV BUFFER4,#00H
          MOV BUFFER5,#01H
          MOV BUFFER6,#00H
          MOV BUFFER7,#10H
```



```
MOV BUFFER8,#00H
RET
MV_25: CJNE A,#0E7H,MV_26
        SJMP SHM
MV_26: CJNE A,#0E6H,MV_27
SHM:   MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#10H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#08H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
MV_27: CJNE A,#0E5H,MV_28
        SJMP SHN
MV_28: CJNE A,#0E4H,MV_29
SHN:   MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#04H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
MV_29: CJNE A,#0E3H,MV_30
        SJMP SHO
MV_30: CJNE A,#0E2H,MV_31
SHO:   MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#02H
        MOV BUFFER8,#00H
        RET
MV_31: CJNE A,#0E1H,MV_32
        SJMP SHP
MV_32: CJNE A,#0E0H,MV_33
SHP:   MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
```

```
MOV BUFFER3,#00H
MOV BUFFER4,#00H
MOV BUFFER5,#01H
MOV BUFFER6,#00H
MOV BUFFER7,#01H
MOV BUFFER8,#00H
RET
MV_33: CJNE A,#0DFH,MV_34
        SJMP SHQ
MV_34: CJNE A,#0DEH,MV_35
SHQ:   MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#80H
        RET
MV_35: CJNE A,#0DDH,MV_36
        SJMP SHR1
MV_36: CJNE A,#0DCH,MV_37
SHR1:  MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#40H
        RET
MV_37: CJNE A,#0DBH,MV_38
        SJMP SHS
MV_38: CJNE A,#0DAH,MV_39
SHS:   MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#20H
        RET
```

```
MV_39:      CJNE A,#0D9H,MV_40
             SJMP SHT
MV_40:      CJNE A,#0D8H,MV_41
SHT:        MOV BUFFER1,#00H
             MOV BUFFER2,#00H
             MOV BUFFER3,#00H
             MOV BUFFER4,#00H
             MOV BUFFER5,#01H
             MOV BUFFER6,#00H
             MOV BUFFER7,#00H
             MOV BUFFER8,#10H
             RET
MV_41:      CJNE A,#0D7H,MV_42
             SJMP SHU
MV_42:      CJNE A,#0D6H,MV_43
SHU:        MOV BUFFER1,#00H
             MOV BUFFER2,#00H
             MOV BUFFER3,#00H
             MOV BUFFER4,#00H
             MOV BUFFER5,#01H
             MOV BUFFER6,#00H
             MOV BUFFER7,#00H
             MOV BUFFER8,#08H
             RET
MV_43:      CJNE A,#0D5H,MV_44
             SJMP SHW
MV_44:      CJNE A,#0D4H,MV_45
SHW:        MOV BUFFER1,#00H
             MOV BUFFER2,#00H
             MOV BUFFER3,#00H
             MOV BUFFER4,#00H
             MOV BUFFER5,#01H
             MOV BUFFER6,#00H
             MOV BUFFER7,#00H
             MOV BUFFER8,#04H
             RET
MV_45:      CJNE A,#0D3H,MV_46
             SJMP SHX
MV_46:      CJNE A,#0D2H,MV_47
SHX:        MOV BUFFER1,#00H
             MOV BUFFER2,#00H
             MOV BUFFER3,#00H
             MOV BUFFER4,#00H
```

```
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#02H
        RET
MV_47:   CJNE A,#0D1H,MV_48
        SJMP SHY
MV_48:   CJNE A,#0D0H,ELSE
SHY:     MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#01H
        RET
ELSE:    MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#01H
        RET
;///////////////////////////////// OTHER ///////////////////////////////////
OTHER:   MOV BUFFER1,#00H
        MOV BUFFER2,#00H
        MOV BUFFER3,#00H
        MOV BUFFER4,#00H
        MOV BUFFER5,#01H
        MOV BUFFER6,#00H
        MOV BUFFER7,#00H
        MOV BUFFER8,#00H
        LCALL DISPLAY_RED
        RET
;///////////////////////////////// RUN GREEN-BAR ///////////////////////////////////
RUN_GREEN: CLR C
        MOV A,LOWBYTE2
        SUBB A,LOWBYTE1
        MOV ANS_L,A
        MOV A,HIGHBYTE2
```

```
        SUBB A,HIGHBYTE1
        MOV ANS_H,A
        CJNE A,#00H,CHK_MINUS
        LJMP DISP_PLUS
CHK_MINUS:  CJNE A,#0FFH,GO_OUT
            LJMP DISP_MINUS
GO_OUT:    LJMP OUT_OF_RANGE
;////////// RUN VOLT+ ////////////
DISP_PLUS:  LCALL GREEN_PLUS
            LCALL DISPLAY_GREEN
            LCALL DISPLAY_RED
            RET
;//////////
GREEN_PLUS:  MOV A,ANS_L
MV0G:       CJNE A,#00H,MV1G
            SJMP SH1G
MV1G:       CJNE A,#01H,MV2G
SH1G:       MOV BUFFER9,#00H
            MOV BUFFER10,#00H
            MOV BUFFER11,#00H
            MOV BUFFER12,#00H
            MOV BUFFER13,#01H
            MOV BUFFER14,#00H
            MOV BUFFER15,#00H
            MOV BUFFER16,#00H
            RET
MV2G:       CJNE A,#02H,MV3G
            SJMP SH2G
MV3G:       CJNE A,#03H,MV4G
SH2G:       MOV BUFFER9,#00H
            MOV BUFFER10,#00H
            MOV BUFFER11,#00H
            MOV BUFFER12,#00H
            MOV BUFFER13,#02H
            MOV BUFFER14,#00H
            MOV BUFFER15,#00H
            MOV BUFFER16,#00H
            RET
MV4G:       CJNE A,#04H,MV5G
            SJMP SH3G
MV5G:       CJNE A,#05H,MV6G
SH3G:       MOV BUFFER9,#00H
            MOV BUFFER10,#00H
```

```
MOV BUFFER11,#00H
MOV BUFFER12,#00H
MOV BUFFER13,#04H
MOV BUFFER14,#00H
MOV BUFFER15,#00H
MOV BUFFER16,#00H
RET
MV6G: CJNE A,#06H,MV7G
      SJMP SH4G
MV7G: CJNE A,#07H,MV8G
SH4G: MOV BUFFER9,#00H
      MOV BUFFER10,#00H
      MOV BUFFER11,#00H
      MOV BUFFER12,#00H
      MOV BUFFER13,#08H
      MOV BUFFER14,#00H
      MOV BUFFER15,#00H
      MOV BUFFER16,#00H
      RET
MV8G: CJNE A,#08H,MV9G
      SJMP SH5G
MV9G: CJNE A,#09H,MV10G
SH5G: MOV BUFFER9,#00H
      MOV BUFFER10,#00H
      MOV BUFFER11,#00H
      MOV BUFFER12,#00H
      MOV BUFFER13,#10H
      MOV BUFFER14,#00H
      MOV BUFFER15,#00H
      MOV BUFFER16,#00H
      RET
MV10G: CJNE A,#0AH,MV11G
      SJMP SH6G
MV11G: CJNE A,#0BH,MV12G
SH6G: MOV BUFFER9,#00H
      MOV BUFFER10,#00H
      MOV BUFFER11,#00H
      MOV BUFFER12,#00H
      MOV BUFFER13,#20H
      MOV BUFFER14,#00H
      MOV BUFFER15,#00H
      MOV BUFFER16,#00H
      RET
```

```
MV12G:      CJNE A,#0CH,MV13G
              SJMP SH7G
MV13G:      CJNE A,#0BH,MV14G
SH7G:       MOV BUFFER9,#00H
              MOV BUFFER10,#00H
              MOV BUFFER11,#00H
              MOV BUFFER12,#00H
              MOV BUFFER13,#40H
              MOV BUFFER14,#00H
              MOV BUFFER15,#00H
              MOV BUFFER16,#00H
              RET
MV14G:      CJNE A,#0DH,MV15G
              SJMP SH8G
MV15G:      CJNE A,#0EH,MV16G
SH8G:       MOV BUFFER9,#00H
              MOV BUFFER10,#00H
              MOV BUFFER11,#00H
              MOV BUFFER12,#00H
              MOV BUFFER13,#80H
              MOV BUFFER14,#00H
              MOV BUFFER15,#00H
              MOV BUFFER16,#00H
              RET
MV16G:      CJNE A,#0FH,MV17G
              SJMP SH9G
MV17G:      CJNE A,#10H,MV18G
SH9G:       MOV BUFFER9,#00H
              MOV BUFFER10,#00H
              MOV BUFFER11,#00H
              MOV BUFFER12,#01H
              MOV BUFFER13,#00H
              MOV BUFFER14,#00H
              MOV BUFFER15,#00H
              MOV BUFFER16,#00H
              RET
MV18G:      CJNE A,#11H,MV19G
              SJMP SH10G
MV19G:      CJNE A,#12H,MV20G
SH10G:      MOV BUFFER9,#00H
              MOV BUFFER10,#00H
              MOV BUFFER11,#00H
              MOV BUFFER12,#02H
```

```
MOV BUFFER13,#00H
MOV BUFFER14,#00H
MOV BUFFER15,#00H
MOV BUFFER16,#00H
RET
MV20G: CJNE A,#13H,MV21G
        SJMP SH11G
MV21G: CJNE A,#14H,MV22G
SH11G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#04H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV22G: CJNE A,#15H,MV23G
        SJMP SH12G
MV23G: CJNE A,#16H,MV24G
SH12G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#08H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV24G: CJNE A,#17H,MV25G
        SJMP SH13G
MV25G: CJNE A,#18H,MV26G
SH13G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#10H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV26G: CJNE A,#19H,MV27G
        SJMP SH14G
```



```
MV27G:    CJNE A,#1AH,MV28G
SH14G:    MOV BUFFER9,#00H
          MOV BUFFER10,#00H
          MOV BUFFER11,#00H
          MOV BUFFER12,#20H
          MOV BUFFER13,#00H
          MOV BUFFER14,#00H
          MOV BUFFER15,#00H
          MOV BUFFER16,#00H
          RET
MV28G:    CJNE A,#1BH,MV29G
          SJMP SH15G
MV29G:    CJNE A,#1CH,MV30G
SH15G:    MOV BUFFER9,#00H
          MOV BUFFER10,#00H
          MOV BUFFER11,#00H
          MOV BUFFER12,#40H
          MOV BUFFER13,#00H
          MOV BUFFER14,#00H
          MOV BUFFER15,#00H
          MOV BUFFER16,#00H
          RET
MV30G:    CJNE A,#1DH,MV31G
          SJMP SH16G
MV31G:    CJNE A,#1EH,MV32G
SH16G:    MOV BUFFER9,#00H
          MOV BUFFER10,#00H
          MOV BUFFER11,#00H
          MOV BUFFER12,#80H
          MOV BUFFER13,#00H
          MOV BUFFER14,#00H
          MOV BUFFER15,#00H
          MOV BUFFER16,#00H
          RET
MV32G:    CJNE A,#1FH,MV33G
          SJMP SH17G
MV33G:    CJNE A,#20H,MV34G
SH17G:    MOV BUFFER9,#00H
          MOV BUFFER10,#00H
          MOV BUFFER11,#01H
          MOV BUFFER12,#00H
          MOV BUFFER13,#00H
          MOV BUFFER14,#00H
```

```
MOV BUFFER15,#00H
MOV BUFFER16,#00H
RET
MV34G: CJNE A,#21H,MV35G
        SJMP SH18G
MV35G: CJNE A,#22H,MV36G
SH18G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#02H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV36G: CJNE A,#23H,MV37G
        SJMP SH19G
MV37G: CJNE A,#24H,MV38G
SH19G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#04H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV38G: CJNE A,#25H,MV39G
        SJMP SH20G
MV39G: CJNE A,#26H,MV40G
SH20G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#08H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV40G: CJNE A,#27H,MV41G
        SJMP SH21G
MV41G: CJNE A,#28H,MV42G
SH21G: MOV BUFFER9,#00H
```

```
MOV BUFFER10,#00H
MOV BUFFER11,#10H
MOV BUFFER12,#00H
MOV BUFFER13,#00H
MOV BUFFER14,#00H
MOV BUFFER15,#00H
MOV BUFFER16,#00H
RET
MV42G: CJNE A,#29H,MV43G
        SJMP SH22G
MV43G: CJNE A,#2AH,MV44G
SH22G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#20H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV44G: CJNE A,#2BH,MV45G
        SJMP SH23G
MV45G: CJNE A,#2CH,MV46G
SH23G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#40H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV46G: CJNE A,#2DH,MV47G
        SJMP SH24G
MV47G: CJNE A,#2EH,MV48G
SH24G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#80H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
```

```
RET
MV48G: CJNE A,#2FH,MV49G
        SJMP SH25G
MV49G: CJNE A,#30H,MV50G
SH25G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#01H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV50G: CJNE A,#31H,MV51G
        SJMP SH26G
MV51G: CJNE A,#32H,MV52G
SH26G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#02H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV52G: CJNE A,#33H,MV53G
        SJMP SH27G
MV53G: CJNE A,#34H,MV54G
SH27G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#04H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV54G: CJNE A,#35H,MV55G
        SJMP SH28G
MV55G: CJNE A,#36H,MV56G
SH28G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#08H
        MOV BUFFER11,#00H
```

```
MOV BUFFER12,#00H
MOV BUFFER13,#00H
MOV BUFFER14,#00H
MOV BUFFER15,#00H
MOV BUFFER16,#00H
RET
MV56G: CJNE A,#37H,MV57G
        SJMP SH29G
MV57G: CJNE A,#38H,MV58G
SH29G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#10H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV58G: CJNE A,#39H,MV59G
        SJMP SH30G
MV59G: CJNE A,#3AH,MV60G
SH30G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#20H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV60G: CJNE A,#3BH,MV61G
        SJMP SH31G
MV61G: CJNE A,#3CH,MV62G
SH31G: MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#40H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV62G: CJNE A,#3DH,MV63G
```

```

                                SJMP SH32G
MV63G:    CJNE A,#3EH,MV64G
SH32G:    MOV BUFFER9,#00H
                                MOV BUFFER10,#80H
                                MOV BUFFER11,#00H
                                MOV BUFFER12,#00H
                                MOV BUFFER13,#00H
                                MOV BUFFER14,#00H
                                MOV BUFFER15,#00H
                                MOV BUFFER16,#00H
                                RET
MV64G:    CJNE A,#3FH,MV65G
                                SJMP SH33G
MV65G:    CJNE A,#40H,MV66G
SH33G:    MOV BUFFER9,#01H
                                MOV BUFFER10,#00H
                                MOV BUFFER11,#00H
                                MOV BUFFER12,#00H
                                MOV BUFFER13,#00H
                                MOV BUFFER14,#00H
                                MOV BUFFER15,#00H
                                MOV BUFFER16,#00H
                                RET
MV66G:    CJNE A,#41H,MV67G
                                SJMP SH34G
MV67G:    CJNE A,#42H,MV68G
SH34G:    MOV BUFFER9,#02H
                                MOV BUFFER10,#00H
                                MOV BUFFER11,#00H
                                MOV BUFFER12,#00H
                                MOV BUFFER13,#00H
                                MOV BUFFER14,#00H
                                MOV BUFFER15,#00H
                                MOV BUFFER16,#00H
                                RET
MV68G:    CJNE A,#43H,MV69G
                                SJMP SH35G
MV69G:    CJNE A,#44H,MV70G
SH35G:    MOV BUFFER9,#04H
                                MOV BUFFER10,#00H
                                MOV BUFFER11,#00H
                                MOV BUFFER12,#00H
                                MOV BUFFER13,#00H
```

```
MOV BUFFER14,#00H
MOV BUFFER15,#00H
MOV BUFFER16,#00H
RET
MV70G: CJNE A,#45H,MV71G
        SJMP SH36G
MV71G: CJNE A,#46H,MV72G
SH36G: MOV BUFFER9,#08H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV72G: CJNE A,#47H,MV73G
        SJMP SH37G
MV73G: CJNE A,#48H,MV74G
SH37G: MOV BUFFER9,#10H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV74G: CJNE A,#49H,MV75G
        SJMP SH38G
MV75G: CJNE A,#4AH,MV76G
SH38G: MOV BUFFER9,#20H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV76G: CJNE A,#4BH,MV77G
        SJMP SH39G
```

```
MV77G:      CJNE A,#4CH,MV78G
SH39G:      MOV BUFFER9,#40H
            MOV BUFFER10,#00H
            MOV BUFFER11,#00H
            MOV BUFFER12,#00H
            MOV BUFFER13,#00H
            MOV BUFFER14,#00H
            MOV BUFFER15,#00H
            MOV BUFFER16,#00H
            RET
MV78G:      CJNE A,#4DH,MV79G
            SJMP SH40G
MV79G:      CJNE A,#4EH,OVER_RANGE
SH40G:      MOV BUFFER9,#80H
            MOV BUFFER10,#00H
            MOV BUFFER11,#00H
            MOV BUFFER12,#00H
            MOV BUFFER13,#00H
            MOV BUFFER14,#00H
            MOV BUFFER15,#00H
            MOV BUFFER16,#00H
            RET
OVER_RANGE: MOV BUFFER9,#00H
            MOV BUFFER10,#00H
            MOV BUFFER11,#00H
            MOV BUFFER12,#00H
            MOV BUFFER13,#00H
            MOV BUFFER14,#00H
            MOV BUFFER15,#00H
            MOV BUFFER16,#00H
            RET
;////////// RUN VOLT- //////////
DISP_MINUS: LCALL GREEN_MINUS
            LCALL DISPLAY_GREEN
            LCALL DISPLAY_RED
            RET
;//////////
GREEN_MINUS: MOV A,ANS_L
MV_1G:      CJNE A,#0FFH,MV_2G
            SJMP SHAG
MV_2G:      CJNE A,#0FEH,MV_3G
SHAG:       MOV BUFFER9,#00H
            MOV BUFFER10,#00H
```



```
MOV BUFFER11,#00H
MOV BUFFER12,#00H
MOV BUFFER13,#00H
MOV BUFFER14,#80H
MOV BUFFER15,#00H
MOV BUFFER16,#00H
RET
MV_3G: CJNE A,#0FDH,MV_4G
        SJMP SHBG
MV_4G: CJNE A,#0FCH,MV_5G
SHBG:  MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#40H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV_5G: CJNE A,#0FBH,MV_6G
        SJMP SHCG
MV_6G: CJNE A,#0FAH,MV_7G
SHCG:  MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#20H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV_7G: CJNE A,#0F9H,MV_8G
        SJMP SHDG
MV_8G: CJNE A,#0F8H,MV_9G
SHDG:  MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#10H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
```

```
MV_9G:      CJNE A,#0F7H,MV_10G
             SJMP SHEG

MV_10G:     CJNE A,#0F6H,MV_11G
SHEG:       MOV BUFFER9,#00H
             MOV BUFFER10,#00H
             MOV BUFFER11,#00H
             MOV BUFFER12,#00H
             MOV BUFFER13,#00H
             MOV BUFFER14,#08H
             MOV BUFFER15,#00H
             MOV BUFFER16,#00H
             RET

MV_11G:     CJNE A,#0F5H,MV_12G
             SJMP SHFG

MV_12G:     CJNE A,#0F4H,MV_13G
SHFG:       MOV BUFFER9,#00H
             MOV BUFFER10,#00H
             MOV BUFFER11,#00H
             MOV BUFFER12,#00H
             MOV BUFFER13,#00H
             MOV BUFFER14,#04H
             MOV BUFFER15,#00H
             MOV BUFFER16,#00H
             RET

MV_13G:     CJNE A,#0F3H,MV_14G
             SJMP SHGG

MV_14G:     CJNE A,#0F2H,MV_15G
SHGG:       MOV BUFFER9,#00H
             MOV BUFFER10,#00H
             MOV BUFFER11,#00H
             MOV BUFFER12,#00H
             MOV BUFFER13,#00H
             MOV BUFFER14,#02H
             MOV BUFFER15,#00H
             MOV BUFFER16,#00H
             RET

MV_15G:     CJNE A,#0F1H,MV_16G
             SJMP SHHG

MV_16G:     CJNE A,#0F0H,MV_17G
SHHG:       MOV BUFFER9,#00H
             MOV BUFFER10,#00H
             MOV BUFFER11,#00H
             MOV BUFFER12,#00H
```

```
MOV BUFFER13,#00H
MOV BUFFER14,#01H
MOV BUFFER15,#00H
MOV BUFFER16,#00H
RET
MV_17G: CJNE A,#0EFH,MV_18G
        SJMP SHIG
MV_18G: CJNE A,#0EEH,MV_19G
SHIG:   MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#80H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV_19G: CJNE A,#0EDH,MV_20G
        SJMP SHJG
MV_20G: CJNE A,#0ECH,MV_21G
SHJG:   MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#40H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV_21G: CJNE A,#0EBH,MV_22G
        SJMP SHKG
MV_22G: CJNE A,#0EAH,MV_23G
SHKG:   MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#20H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
MV_23G: CJNE A,#0E9H,MV_24G
        SJMP SHLG
```

```
MV_24G:    CJNE A,#0E8H,MV_25G
SHLG:      MOV BUFFER9,#00H
            MOV BUFFER10,#00H
            MOV BUFFER11,#00H
            MOV BUFFER12,#00H
            MOV BUFFER13,#00H
            MOV BUFFER14,#00H
            MOV BUFFER15,#10H
            MOV BUFFER16,#00H
            RET

MV_25G:    CJNE A,#0E7H,MV_26G
            SJMP SHMG

MV_26G:    CJNE A,#0E6H,MV_27G
SHMG:      MOV BUFFER9,#00H
            MOV BUFFER10,#00H
            MOV BUFFER11,#00H
            MOV BUFFER12,#00H
            MOV BUFFER13,#00H
            MOV BUFFER14,#00H
            MOV BUFFER15,#08H
            MOV BUFFER16,#00H
            RET

MV_27G:    CJNE A,#0E5H,MV_28G
            SJMP SHNG

MV_28G:    CJNE A,#0E4H,MV_29G
SHNG:      MOV BUFFER9,#00H
            MOV BUFFER10,#00H
            MOV BUFFER11,#00H
            MOV BUFFER12,#00H
            MOV BUFFER13,#00H
            MOV BUFFER14,#00H
            MOV BUFFER15,#04H
            MOV BUFFER16,#00H
            RET

MV_29G:    CJNE A,#0E3H,MV_30G
            SJMP SHOG

MV_30G:    CJNE A,#0E2H,MV_31G
SHOG:      MOV BUFFER9,#00H
            MOV BUFFER10,#00H
            MOV BUFFER11,#00H
            MOV BUFFER12,#00H
            MOV BUFFER13,#00H
            MOV BUFFER14,#00H
```

```
MOV BUFFER15,#02H
MOV BUFFER16,#00H
RET
MV_31G:  CJNE A,#0E1H,MV_32G
          SJMP SHPG
MV_32G:  CJNE A,#0E0H,MV_33G
SHPG:    MOV BUFFER9,#00H
          MOV BUFFER10,#00H
          MOV BUFFER11,#00H
          MOV BUFFER12,#00H
          MOV BUFFER13,#00H
          MOV BUFFER14,#00H
          MOV BUFFER15,#01H
          MOV BUFFER16,#00H
          RET
MV_33G:  CJNE A,#0DFH,MV_34G
          SJMP SHQG
MV_34G:  CJNE A,#0DEH,MV_35G
SHQG:    MOV BUFFER9,#00H
          MOV BUFFER10,#00H
          MOV BUFFER11,#00H
          MOV BUFFER12,#00H
          MOV BUFFER13,#00H
          MOV BUFFER14,#00H
          MOV BUFFER15,#00H
          MOV BUFFER16,#80H
          RET
MV_35G:  CJNE A,#0DDH,MV_36G
          SJMP SHRG
MV_36G:  CJNE A,#0DCH,MV_37G
SHRG:    MOV BUFFER9,#00H
          MOV BUFFER10,#00H
          MOV BUFFER11,#00H
          MOV BUFFER12,#00H
          MOV BUFFER13,#00H
          MOV BUFFER14,#00H
          MOV BUFFER15,#00H
          MOV BUFFER16,#40H
          RET
MV_37G:  CJNE A,#0DBH,MV_38G
          SJMP SHSG
MV_38G:  CJNE A,#0DAH,MV_39G
SHSG:    MOV BUFFER9,#00H
```

```
MOV BUFFER10,#00H
MOV BUFFER11,#00H
MOV BUFFER12,#00H
MOV BUFFER13,#00H
MOV BUFFER14,#00H
MOV BUFFER15,#00H
MOV BUFFER16,#20H
RET
MV_39G: CJNE A,#0D9H,MV_40G
        SJMP SHTG
MV_40G: CJNE A,#0D8H,MV_41G
SHTG:   MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#10H
        RET
MV_41G: CJNE A,#0D7H,MV_42G
        SJMP SHUG
MV_42G: CJNE A,#0D6H,MV_43G
SHUG:   MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#08H
        RET
MV_43G: CJNE A,#0D5H,MV_44G
        SJMP SHWG
MV_44G: CJNE A,#0D4H,MV_45G
SHWG:   MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#04H
```

```
RET
MV_45G: CJNE A,#0D3H,MV_46G
        SJMP SHXG
MV_46G: CJNE A,#0D2H,MV_47G
SHXG:   MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#02H
        RET
MV_47G: CJNE A,#0D1H,MV_48G
        SJMP SHYG
MV_48G: CJNE A,#0D0H,ELSEG
SHYG:   MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#01H
        RET
ELSEG:  MOV BUFFER9,#00H
        MOV BUFFER10,#00H
        MOV BUFFER11,#00H
        MOV BUFFER12,#00H
        MOV BUFFER13,#00H
        MOV BUFFER14,#00H
        MOV BUFFER15,#00H
        MOV BUFFER16,#00H
        RET
;////////////////////////////////////
OUT_OF_RANGE: MOV BUFFER9,#00H
              MOV BUFFER10,#00H
              MOV BUFFER11,#00H
              MOV BUFFER12,#00H
              MOV BUFFER13,#00H
              MOV BUFFER14,#00H
              MOV BUFFER15,#00H
              MOV BUFFER16,#00H
```

```

        LCALL DISPLAY_GREEN
        LCALL DISPLAY_RED
        RET

;///////////////////////////////// ADC7109 12 BITS ///////////////////////////////////
GET_DIGIT:    MOV DPTR,#PORT_C1
               MOV A,#01111111B           ;RUN
               MOVX @DPTR,A
               JB P1.4,$                   ;CHECK STATUS BIT
               MOV A,#00111111B           ;HOLD
               MOVX @DPTR,A
               MOV A,#00101111B           ;READ LOW BYTE
               MOVX @DPTR,A
               MOV DPTR,#PORT_A1
               MOVX A,@DPTR
               MOV R1,A
               MOV DPTR,#PORT_C1
               MOV A,#00011111B           ;READ HIGH BYTE
               MOVX @DPTR,A
               MOV DPTR,#PORT_A1
               MOVX A,@DPTR
               ANL A,#0FH
               MOV R0,A
               RET
RUN_ADC:      MOV DPTR,#PORT_C1
               MOV A,#01111111B           ;RUN
               MOVX @DPTR,A
               RET

;///////////////////////////////// SERIAL MODE ///////////////////////////////////
;INIT_RS232C INITIALIZED 8051 SERIAL PORT
;    BAUD RATE: 9600 BIT/SEC
;    DATA LENGTH: 8 BIT
;    STOP BIT: 1 BIT
;    PARITY: NO
;    X-TAL: 11.0592 MHZ
INIT_RS232:   MOV    TMOD,#00100101B
               MOV    SCON,#01010010B
               MOV    PCON,#00000000B
               SJMP   LOW_BAUD
LOW_BAUD:     MOV    T1H,#0FDH           ;TIMER1 LOAD VALUE
               SETB   TR1                 ;START TIMER1
               RET

;SEND    SEND A TO SERIAL PORT
;    CHECK TRANSMITTER BUFFER BEFORE SEND

```



```
; ENTRY: A
; EXIT: NO
SEND_SERIAL:  JNB  TI,SEND_SERIAL
               CLR  TI
               MOV  SBUF,A           ;OK BUFFER EMPTY SEND OUT...
               RET

;RECIVE RECIVE BYTE PUT TO A FROM SERIAL PORT
; WAIT UNTIL RECIVER BUFFER READY
; ENTRY: NO
; EXIT: A
;RECIVE: JNB  RI,RECIVE
; CLR  RI
; MOV  A,SBUF ;GET IT
; LCALL SEND_SERIAL ;ECHO TO TERMINAL
; RET

;BIN_ASCII CONVERT BIN TO ASCII CODE
; ENTRY: A
; EXIT: A
BIN_ASCII:    ANL  A,#0FH
               MOV  R2,A
               CLR  C
               SUBB A,#0AH
               JNC  ASCII_AF2
               MOV  A,R2
               ADD  A,#30H
               RET

ASCII_AF2:    MOV  A,R2
               ADD  A,#37H
               RET

;BYTE_ASCII CONVERT A TO ASCII IN R4, R5
BYTE_ASCII:MOV  B,A
               LCALL BIN_ASCII
               MOV  R4,A
               MOV  A,B
               SWAP A
               LCALL BIN_ASCII
               MOV  R5,A
               RET

;SEND_ASCII SEND ASCII IN R5(HI) R4(LO) BYTE TO MONITOR
; INPUT: A
; OUTPUT: NONE
SEND_ASCII:   LCALL BYTE_ASCII
               MOV  A,R5
```

```
LCALL SEND_SERIAL
MOV A,R4
LCALL SEND_SERIAL
RET
;//////////////////////////////// 7219 //////////////////////////////////
INIT_7219:  MOV DPTR,#PORT_B1
            MOV A,#0FFH
            MOVX @DPTR,A
            MOV 1BH,#00001100B ;NORMAL OPERATION
            MOV 1CH,#00000001B
            LCALL SERIAL_OUT
            MOV 1BH,#00001100B ;SHUTDOWN OPERATION
            MOV 1CH,#00000000B
            LCALL SERIAL_OUT
            MOV 1BH,#00001011B ;SCAN LIMIT
            MOV 1CH,#00000011B
            LCALL SERIAL_OUT
            MOV 1BH,#00001001B ;DECODE MODE
            MOV 1CH,#00001111B
            LCALL SERIAL_OUT
            MOV 1BH,#00001010B ;INTENSITY DUTY CYCLE 17/32
            MOV 1CH,#00000011B
            LCALL SERIAL_OUT
            MOV 1BH,#00001100B ;NORMAL OPERATION
            MOV 1CH,#00000001B
            LCALL SERIAL_OUT
            RET

SERIAL_OUT: MOV DPTR,#PORT_B1
            MOV A,#11111011B
            MOVX @DPTR,A
            LCALL D15_D8
            LCALL D7_D0
            MOV DPTR,#PORT_B1
            MOV A,#11111001B
            MOVX @DPTR,A
            MOV R7,#0011
            DJNZ R7,$
            MOV DPTR,#PORT_B1
            MOV A,#11111011B
            MOVX @DPTR,A
            RET

D15_D8:    MOV R2,#00
```

```
SHIFT:      MOV A,1BH
            RLC A
            MOV 1BH,A
SET:         JNC UN_SET
            MOV DPTR,#PORT_B1
            MOV A,#11111011B
            MOVX @DPTR,A
            MOV A,#11111111B
            MOVX @DPTR,A
            MOV R7,#00H
            DJNZ R7,$
            MOV DPTR,#PORT_B1
            MOV A,#11111011B
            MOVX @DPTR,A
            INC R2
            CJNE R2,#8,SHIFT
            RET
UN_SET:      MOV DPTR,#PORT_B1
            MOV A,#11111010B
            MOVX @DPTR,A
            MOV A,#11111110B
            MOVX @DPTR,A
            MOV R7,#00H
            DJNZ R7,$
            MOV DPTR,#PORT_B1
            MOV A,#11111010B
            MOVX @DPTR,A
            INC R2
            CJNE R2,#8,SHIFT
            RET
D7_D0:      MOV R2,#00
SHIFT_:      MOV A,1CH
            RLC A
            MOV 1CH,A
SET_:        JNC UN_SET_
            MOV DPTR,#PORT_B1
            MOV A,#11111011B
            MOVX @DPTR,A
            MOV A,#11111111B
            MOVX @DPTR,A
            MOV R7,#00H
            DJNZ R7,$
            MOV DPTR,#PORT_B1
```

```

MOV A,#11111011B
MOVX @DPTR,A
INC R2
CJNE R2,#8,SHIFT_
RET
UN_SET_: MOV DPTR,#PORT_B1
MOV A,#11111010B
MOVX @DPTR,A
MOV A,#11111110B
MOVX @DPTR,A
MOV R7,#00H
DJNZ R7,S
MOV DPTR,#PORT_B1
MOV A,#11111010B
MOVX @DPTR,A
INC R2
CJNE R2,#8,SHIFT_
RET
DISP_0000: MOV 1BH,#00001111B ;NORMAL OPERATION
MOV 1CH,#00000000B
LCALL SERIAL_OUT
MOV 1BH,#00000001B ;DISPLAY 0 DIGIT 0
MOV 1CH,#00000000B
LCALL SERIAL_OUT
MOV 1BH,#00000010B ;DISPLAY 0. DIGIT 1
MOV 1CH,#10000000B
LCALL SERIAL_OUT
MOV 1BH,#00000011B ;DISPLAY 0 DIGIT 2
MOV 1CH,#00000000B
LCALL SERIAL_OUT
MOV 1BH,#00000100B ;DISPLAY 0 DIGIT 3
MOV 1CH,#00000000B
LCALL SERIAL_OUT
RET
DISP_LINE: MOV 1BH,#00001111B ;NORMAL OPERATION
MOV 1CH,#00000000B
LCALL SERIAL_OUT
MOV 1BH,#00000001B ;DISPLAY - DIGIT 0
MOV 1CH,#00001010B
LCALL SERIAL_OUT
MOV 1BH,#00000010B ;DISPLAY - DIGIT 1
MOV 1CH,#00001010B
LCALL SERIAL_OUT

```

```

MOV 1BH,#00000011B      ;DISPLAY - DIGIT 2
MOV 1CH,#00001010B
LCALL SERIAL_OUT
MOV 1BH,#00000100B      ;DISPLAY - DIGIT 3
MOV 1CH,#00001010B
LCALL SERIAL_OUT
RET
DISP_COUNTER: LCALL READ_IN
                LCALL CONVERT_DATA
MOV 1BH,#01H            ;DIG 0
MOV 1CH,5FH             ;DATA
LCALL SERIAL_OUT        ;SHOW
MOV 1BH,#02H            ;DIG 1
MOV A,5DH               ;DATA WITH DECIMAL POINT
ORL A,#10000000B
MOV 1CH,A
LCALL SERIAL_OUT        ;SHOW
MOV 1BH,#03H            ;DIG 2
MOV 1CH,5CH             ;DATA
LCALL SERIAL_OUT        ;SHOW
MOV 1BH,#04H            ;DIG 3
MOV 1CH,5BH             ;DATA
LCALL SERIAL_OUT        ;SHOW
RET
DISP_DATA:    MOV 1BH,#01H            ;DIG 0
MOV 1CH,33H             ;DATA
LCALL SERIAL_OUT        ;SHOW
MOV 1BH,#02H            ;DIG 1
MOV A,34H               ;DATA WITH DECIMAL
ORL A,#10000000B
MOV 1CH,A
LCALL SERIAL_OUT        ;SHOW
MOV 1BH,#03H            ;DIG 2
MOV 1CH,35H             ;DATA
LCALL SERIAL_OUT        ;SHOW
MOV 1BH,#04H            ;DIG 3
MOV 1CH,36H             ;DATA
LCALL SERIAL_OUT        ;SHOW
RET
SHUTDOWN:     MOV 1BH,#00001100B      ;SHUTDOWN MODE
MOV 1CH,#00000000B
LCALL SERIAL_OUT
RET

```

```
NORMAL:      MOV 1BH,#00001100B      ;NORMAL OPERATION
              MOV 1CH,#00000001B
              LCALL SERIAL_OUT
              RET
```

```
#####:##### DISPLAY VOLTAGE VALUE #####
```

```
DISPLAY_VALUE: LCALL RUN_ADC
                LCALL GET_DIGIT
                MOV HIGHBYTE2,R0
                MOV LOWBYTE2,R1
                LCALL SUB_SAM
                LCALL SUB_COMPARE
                LCALL MUL16BIT
                LCALL DIVIDE16BIT
                LCALL HTOD
                LCALL SEND_DATA
                LCALL IMPROVE_DATA
                LCALL DISP_DATA
                LCALL INDICATOR
                LCALL RUN_GREEN
                LCALL RUN_ADC
                RET
```

```
SEND_DATA:    MOV A,3EH
                LCALL SEND_ASCII
                MOV A,3FH
                LCALL SEND_ASCII
                LCALL ENTER
                RET
```

```
IMPROVE_DATA: MOV A,3FH
                ANL A,#00001111B
                MOV 33H,A
                MOV A,3FH
                ANL A,#11110000B
                SWAP A
                MOV 34H,A
                MOV A,3EH
                ANL A,#00001111B
                MOV 35H,A
                MOV A,3EH
                ANL A,#11110000B
                SWAP A
                MOV 36H,A
                RET
```

```
*****
```

```
SUB_SAM:      MOV XL,LOWBYTE2
               MOV YL,LOWBYTE1
               MOV XH,HIGHBYTE2
               MOV YH,HIGHBYTE1
               LCALL SUB16
               MOV DELTA_RESULT,ZL
               RET
```

```
;*****
```

```
SUB_COMPARE:  JNB 09H,RETF
               MOV A,DELTA_RESULT
               CPL A
               ADD A,#01H
               MOV DELTA_RESULT,A
```

```
RETF:         RET
```

```
;*****
```

```
HTOD:         CLR A
               MOV 3DH,A
               MOV 3EH,A
               MOV 3FH,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,#3FH
```

```
HTOD2:        MOV A,@R0
               ADDC A,ACC
               DA A
               MOV @R0,A
               DEC R0
               DJNZ R5,HTOD2
               DJNZ R4,HTOD1
               RET
```

```
;/;;;;;;;;;;;;;;;;; DIVIDE ;;;;;;;;;;;;;;;;;;
```

```
;*****
```

```
;INPUT XH,XL ARE DIVIDENDS.
```

```
;  YH,YL ARE DIVISORS.
```

```
;OUTPUT Z3,Z2 ARE QUOTIENTS.
```

```
;  Z1,Z0 ARE REMAINDERS.
```

```
DIVIDE16BIT:  PUSH 00H
```

```
PUSH 01H
PUSH 02H
PUSH 03H
PUSH 07H
MOV XH,51H          ;DIVIDEND
MOV XL,50H
MOV YH,#00H         ;DIVISOR
MOV YL,DELTA_STD
LCALL DIV16          ;DIVIDE PROCESS
MOV DPH,Z3
MOV DPL,Z2
POP 07H
POP 03H
POP 02H
POP 01H
POP 00H
RET
DIV16: MOV A,YH      ;GET DIVISOR HIGH BYTE
      ORL A,YL       ;OR WITH LOW BYTE
      JNZ DIV_OK     ;DIVISOR OK IF NOT 0
;      SETB ZOV      ;ELSE OVERFLOW
      RET
DIV_OK: MOV R1,XH     ;STORE DIVIDEND IN R1,R0
      MOV R0,XL
      MOV XH,#0
      MOV XL,#0
      MOV R3,#0
      MOV R2,#0
      MOV R7,#16
DIV_LOOP: CLR C
      MOV A,R0
      RLC A
      MOV R0,A
      MOV A,R1
      RLC A
      MOV R1,A
      MOV A,XL
      RLC A
      MOV XL,A
      MOV A,XH
      RLC A
      MOV XH,A
      LCALL SUB16
```



```

;      MOV  C,ZOV
          CPL  C
          JNC  DIV_1
          MOV  XH,ZH
          MOV  XL,ZL
DIV_1:    MOV  A,R2
          RLC  A
          MOV  R2,A
          MOV  A,R3
          RLC  A
          MOV  R3,A
          DJNZ R7,DIV_LOOP
          MOV  Z3,R3
          MOV  Z2,R2
          MOV  Z1,XH
          MOV  Z0,XL
;      CLR  ZOV
          RET
SUB16:    MOV  A,XL
          CLR  C
          SUBB A,YL
          MOV  ZL,A
          MOV  A,XH
          SUBB A,YH
          MOV  ZH,A
          MOV  ZOV,C
          RET
;//////////////////////////////// MULTIPLY //////////////////////////////////
;INPUT ARE XL,YH,YL.
;OUTPUT ARE Z3,Z2,Z1,Z0.
MUL16BIT: PUSH 00H
          MOV  XL,DELTA_RESULT
          MOV  YH,#00H
          MOV  YL,COUNT_HIGH
          LCALL MUL8_16          ;MULTIPLY XL WITH (YH:YL)
          MOV  50H,Z0            ;LOW BYTE
          MOV  51H,Z1            ;HIGH BYTE
          POP  00H
          RET
MUL8_16:  MOV  PSW,#0            ;SELECT REGISTER BANK 0
          MOV  A,XL              ;LOAD X INTO ACCUMULATOR
          MOV  B,YL              ;LOAD Y LOW BYTE INTO REGISTOR
          MUL  AB ;

```

```
MOV Z0,A ;SAVE RESULT LOW BYTE
PUSH B
MOV A,XL
MOV B,YH
MUL AB
POP 0
ADD A,R0
MOV Z1,A
CLR A
ADDC A,B
MOV Z2,A
RET

;///////////////////////////////// INDICATOR ///////////////////////////////////
INDICATOR: CLR C
MOV A,LOWBYTE3
SUBB A,LOWBYTE2
MOV A,HIGHBYTE3
SUBB A,HIGHBYTE2
CJNE A,#00H,UN_PASS
LJMP CHK_DOWN
UN_PASS: CJNE A,#0FFH,NO_SAMPLE
SETB P3.4 ;RED
CLR P3.5 ;GREEN
RET
NO_SAMPLE: CLR P3.4
CLR P3.5
RET
CHK_DOWN: CLR C
MOV A,LOWBYTE2
SUBB A,LOWBYTE1
MOV A,HIGHBYTE2
SUBB A,HIGHBYTE1
CJNE A,#00H,UN_PASS
CLR P3.4
SETB P3.5
RET

;/////////////////////////////////
GET_KEY: MOV P1,#00011111B
JNB P1.3,$
MOV A,P1
MOV R7,#3FH
DJNZ R7,$
ANL A,#00000111B
```

```
RET
GET_KEYB: MOV P1,#00011111B
LPL: LCALL GET_DIGIT
LCALL RUN_ADC
MOV HIGHBYTE2,R0
MOV LOWBYTE2,R1
LCALL RUN_HIGH
LCALL RUN_ADC
JNB P1.3,LPL
MOV A,P1
MOV R7,#3FH
DJNZ R7,$
ANL A,#00000111B
RET
GET_KEY1: MOV P1,#00011111B
LPPL: LCALL DISPLAY_VALUE
JNB P1.3,LPPL
MOV A,P1
MOV R7,#0FFH
DJNZ R7,$
ANL A,#00000111B
RET
GET_KEY2: MOV P1,#00011111B
LPPL1: LCALL DELAY
LCALL DELAY
MOV BPP,#10
LCALL BEEP
LCALL DELAY
LCALL DELAY
JNB P1.3,LPPL1
MOV A,P1
MOV R7,#0FFH
DJNZ R7,$
ANL A,#00000111B
RET
;//////////////////////////////// LCD DISPLAY //////////////////////////////////
LCM: MOV A,#80H
LCALL STROBE
MOV DPH,HIGH_BUFFER1
MOV DPL,LOW_BUFFER1
LCALL DISPLAY
MOV A,#0C0H
LCALL STROBE
```

```
MOV DPH,HIGH_BUFFER2
MOV DPL,LOW_BUFFER2
LCALL DISPLAY
LCALL DELAY
RET
TITLE: MOV DPTR,#DATA_1
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
MOV DPTR,#DATA_2
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
SET_UPPER: MOV DPTR,#DATA_3
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
MOV DPTR,#DATA_4
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
BLANK: MOV DPTR,#DATA_5
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
MOV DPTR,#DATA_6
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
SET_LOWER: MOV DPTR,#DATA_7
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
MOV DPTR,#DATA_8
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
RECORD: MOV DPTR,#DATA_9
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
MOV DPTR,#DATA_10
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
SEND: MOV DPTR,#DATA_11
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
```

```
MOV DPTR,#DATA_12
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
RECORDING: MOV DPTR,#DATA_13
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
MOV DPTR,#DATA_14
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
A.I.L._COPIED: MOV DPTR,#DATA_15
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
MOV DPTR,#DATA_16
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
FULL: MOV DPTR,#DATA_17
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
MOV DPTR,#DATA_18
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
READY_TO_WORK:MOV DPTR,#DATA_19
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
MOV DPTR,#DATA_20
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
PLACE_STANDARD:MOV DPTR,#DATA_21
MOV HIGH_BUFFER1,DPH
MOV LOW_BUFFER1,DPL
MOV DPTR,#DATA_22
MOV HIGH_BUFFER2,DPH
MOV LOW_BUFFER2,DPL
RET
;////////////////////// TABLE FOR DISPLAY ////////////////////////
DATA_1: DB " AIR MIC"
DATA_2: DB "ROMETER "
DATA_3: DB "SET UPPE"
```

DATA_4: DB "R: 000.0"
DATA_5: DB " "
DATA_6: DB " "
DATA_7: DB "SET LOWE"
DATA_8: DB "R: 000.0"
DATA_9: DB " RECORDI"
DATA_10: DB "NG MODE "
DATA_11: DB "SEND DAT"
DATA_12: DB "A TO PC "
DATA_13: DB "RECORD N"
DATA_14: DB "O. "
DATA_15: DB " COMP"
DATA_16: DB "LETE! "
DATA_17: DB " MEMORY "
DATA_18: DB "IS FULL "
DATA_19: DB " READY T"
DATA_20: DB "O WORK "
DATA_21: DB " PLACE S"
DATA_22: DB "TANDARD "

;;;;;;;;;; ////////////////////////////////// LCD MODULE //////////////////////////////////

```
INIT_LCD:      MOV A,#38H          ;FUNCTION SET
               LCALL STROBE
               MOV A,#38H
               LCALL STROBE
               MOV A,#38H
               LCALL STROBE
               MOV A,#00001100B     ;DISPLAY ON/OFF
               LCALL STROBE
               MOV A,#06H          ;ENTRY MODE SET
               LCALL STROBE
               RET
```

;/CLEAR LCD MODULE

```
CLEAR:        MOV A,#01H          ;CLEAR DISPLAY
               LCALL STROBE
               RET
```

;/SIGNAL STROBE INSTRUCTION

```
STROBE:       MOV DPTR,#LCD_INS
               MOVX @DPTR,A
               MOV R5,#0
               DJNZ R5,$
               RET
```

;/LOOP FOR DISPLAY DATA ON LCD MODULE

```
DISPLAY:      MOV R1,#0
```

```
LOOP:      MOV A,R1
           MOVC A,@A+DPTR
           PUSH DPH
           PUSH DPL
           LCALL WR_ENABLE
           POP DPL
           POP DPH
           INC R1
           CJNE R1,#8,LOOP
           RET

;LOOP FOR ENABLE LCD MODULE TO WRITE DATA
WR_ENABLE:  MOV DPTR,#LCD_WR
           MOVX @DPTR,A
           MOV R5,#9FH
           DJNZ R5,$
           RET

;LOOP FOR READING DATA FROM LCD MODULE
READ_IN:    MOV R1,#50H
           MOV A,#80H
           LCALL STROBE
AGAIN1:     LCALL RD_ENABLE
           MOV @R1,A
           INC R1
           CJNE R1,#58H,AGAIN1
           MOV A,#0C0H
           LCALL STROBE
AGAIN2:     LCALL RD_ENABLE
           MOV @R1,A
           INC R1
           CJNE R1,#60H,AGAIN2
           RET

;LOOP FOR ENABLE LCD MODULE TO READ DATA
RD_ENABLE:  MOV DPTR,#LCD_RD
           MOVX A,@DPTR
           MOV R5,#0
           DJNZ R5,$
           RET

;LOOP FOR WRITING DATA TO LCD MODULE
WRITE_OUT:  MOV R1,#50H
           MOV A,#80H
           LCALL STROBE
AGAIN3:     MOV A,@R1
           LCALL WR_ENABLE
```

```
INC R1
CJNE R1,#58H,AGAIN3
MOV A,#0C0H
LCALL STROBE
AGAIN4: MOV A,@R1
        LCALL WR_ENABLE
        INC R1
        CJNE R1,#60H,AGAIN4
        RET
SEND_LCD: MOV A,3FH
          LCALL BYTE_ASCII
          PUSH 05H
          PUSH 04H
          MOV A,#0C7H
          LCALL STROBE
          POP 04H
          MOV A,R4
          LCALL WR_ENABLE
          MOV A,#0C6H
          LCALL STROBE
          POP 05H
          MOV A,R5
          LCALL WR_ENABLE
          MOV A,3EH
          LCALL BYTE_ASCII
          PUSH 05H
          PUSH 04H
          MOV A,#0C5H
          LCALL STROBE
          POP 04H
          MOV A,R4
          LCALL WR_ENABLE
          MOV A,#0C4H
          LCALL STROBE
          POP 05H
          MOV A,R5
          LCALL WR_ENABLE
          MOV A,3DH
          LCALL BYTE_ASCII
          PUSH 05H
          PUSH 04H
          MOV A,#0C3H
          LCALL STROBE
```



```
        POP 04H
        MOV A,R4
        LCALL WR_ENABLE
        MOV A,#0C2H
        LCALL STROBE
        POP 05H
        MOV A,R5
        LCALL WR_ENABLE
        RET
HEAD:    MOV DPTR,#NAME
        LCALL SEND_STRING
        RET

;SEND_STRING SEND STRING CONSTANT TO TERMINAL
; ENTRY: DPTR
; EXIT: FOUND EOS

        SEND_STRING: CLR A
        MOVC A,@A+DPTR
        CJNE A,#EOS,SEND_STRING1
        RET
SEND_STRING1: PUSH DPL
        PUSH DPH
        LCALL SEND_SERIAL
        POP DPH
        POP DPL
        INC DPTR
        SJMP SEND_STRING
NAME:    DB "AIR MICROMETER VERSION 1.0",CR,LF
        DB "COPYRIGHT 1996",CR,LF
        DB "DESIGNED BY TECHNOLOGY DEVELOPMENT OFFICE(TDO)",CR,LF
        DB "PREMIER GLOBAL CORPORATION CO,LTD.",CR,LF,CR,LF,EOS

;////////// DELAY //////////
;DELAY LOOP 130 MSEC
DELAY:   MOV R7,#00H           ;DELAY 130 MSEC
DELAY1:  MOV R6,#00H
        DJNZ R6,S
        DJNZ R7,DELAY1
        RET

;DELAY LOOP 16 MSEC
D_LAY_:  MOV R7,#01H           ;DELAY 16 MSEC
D_LAY1_: MOV R6,#0FH
        DJNZ R6,S
        DJNZ R7,D_LAY1
        RET
```

```

;DELAY LOOP 65 MSEC
D_LAY:      MOV R7,#7FH              ;DELAY 65 MSEC
D_LAY1:     MOV R6,#00H
            DJNZ R6,$
            DJNZ R7,D_LAY1
            RET

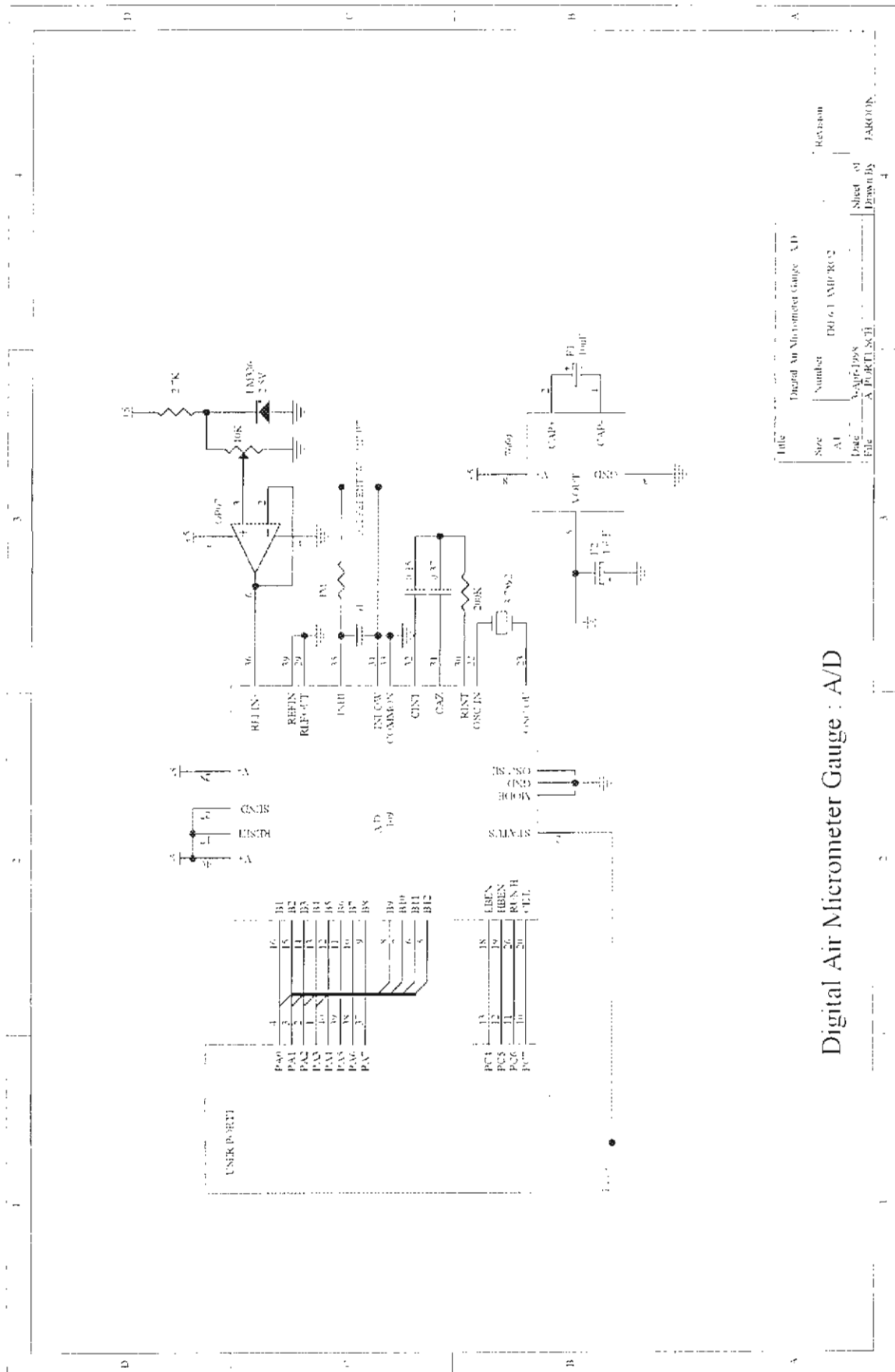
D_RAY:      MOV R7,BPP              ;DELAY FOR SOUND BEEP
D_RAY1:     MOV R6,#03H
            DJNZ R6,$
            DJNZ R7,D_RAY1
            RET

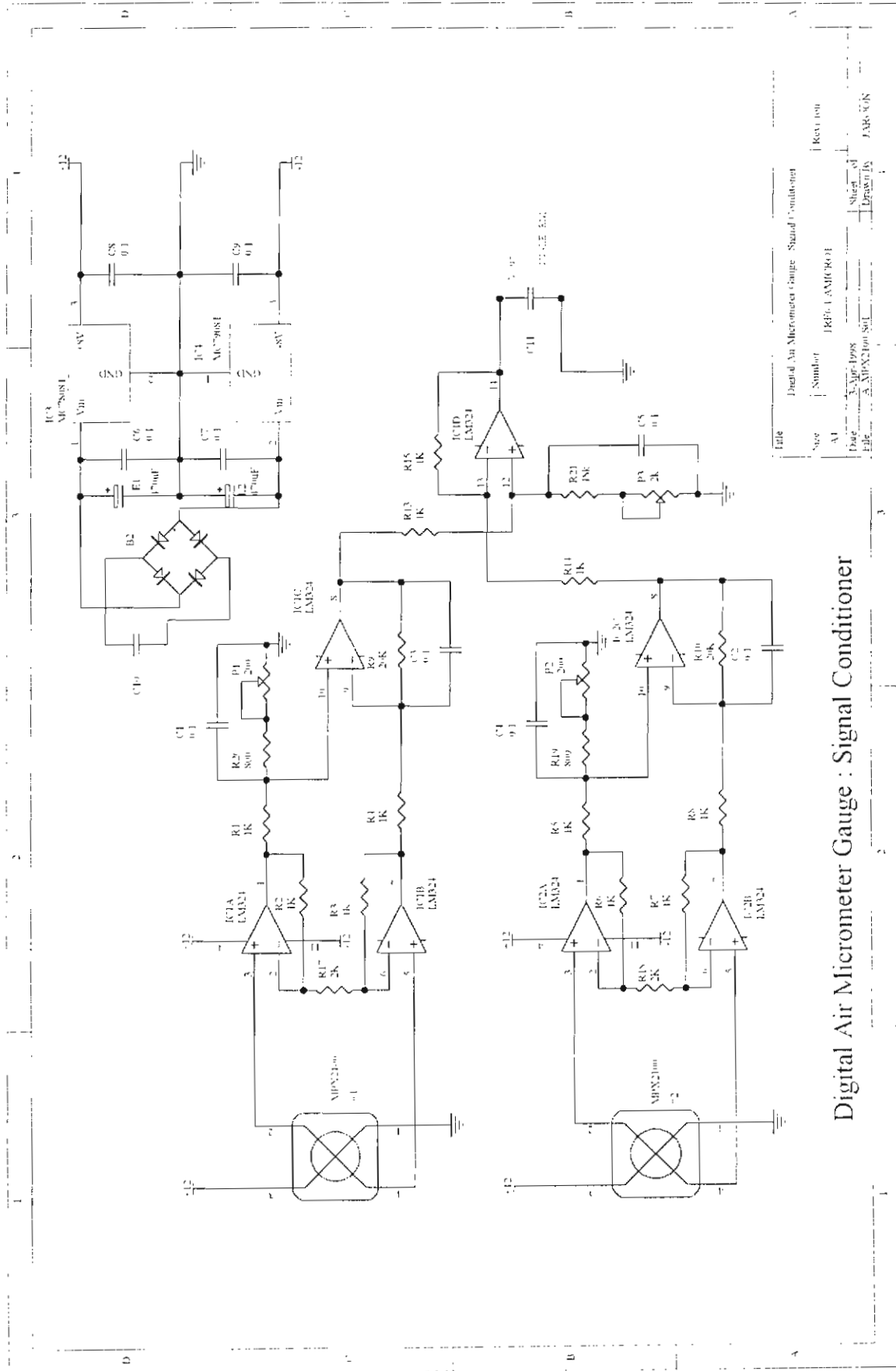
DELAY_B:    MOV R7,#05H              ;DELAY FOR DISPLAY BARGRAPH
LLOP:      MOV R6,#00H
            DJNZ R6,$
            DJNZ R7,LLOP
            RET
            END

```

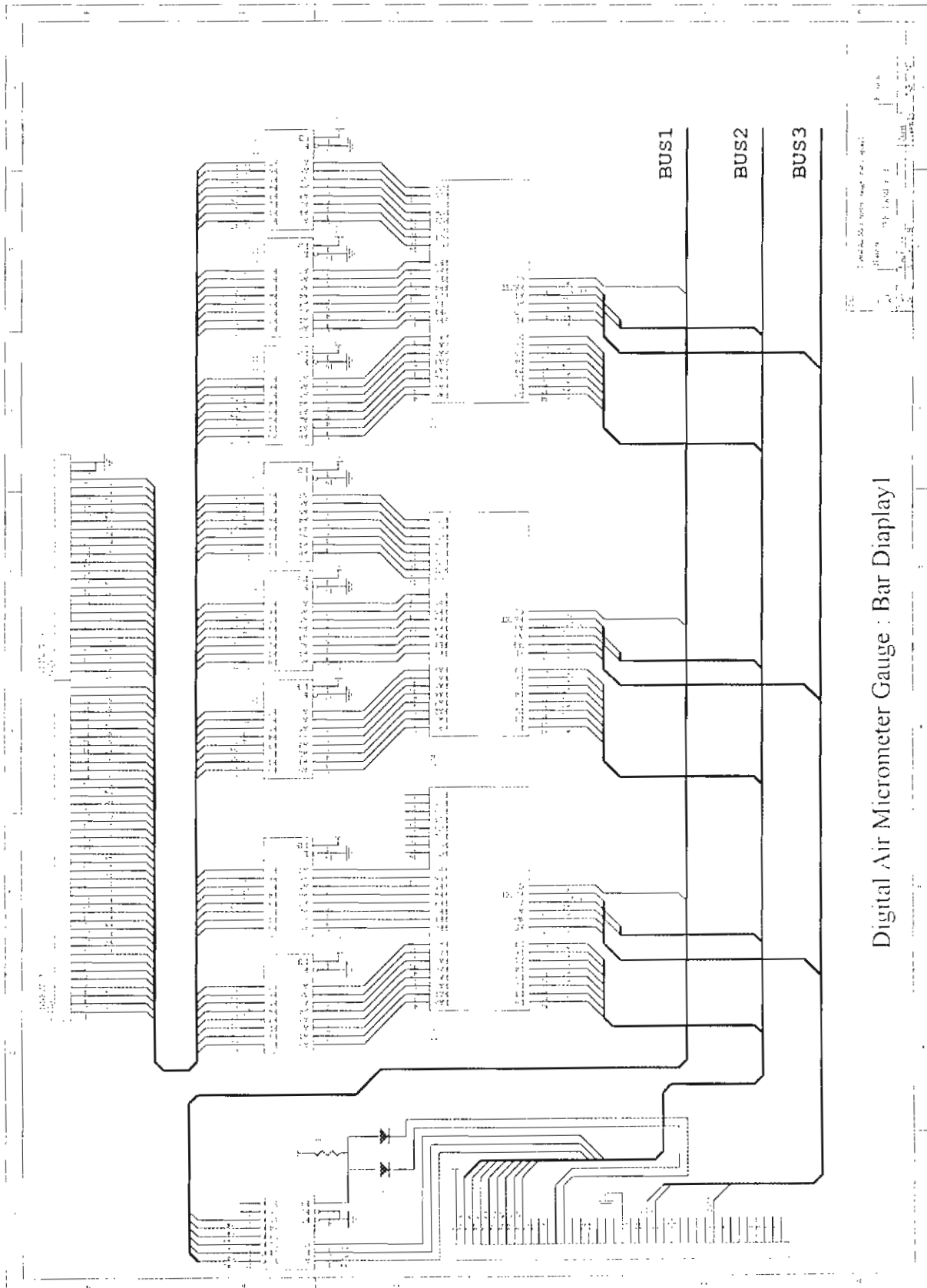
[illegible]

ภาคผนวก 5.2
CIRCUIT DIAGRAM

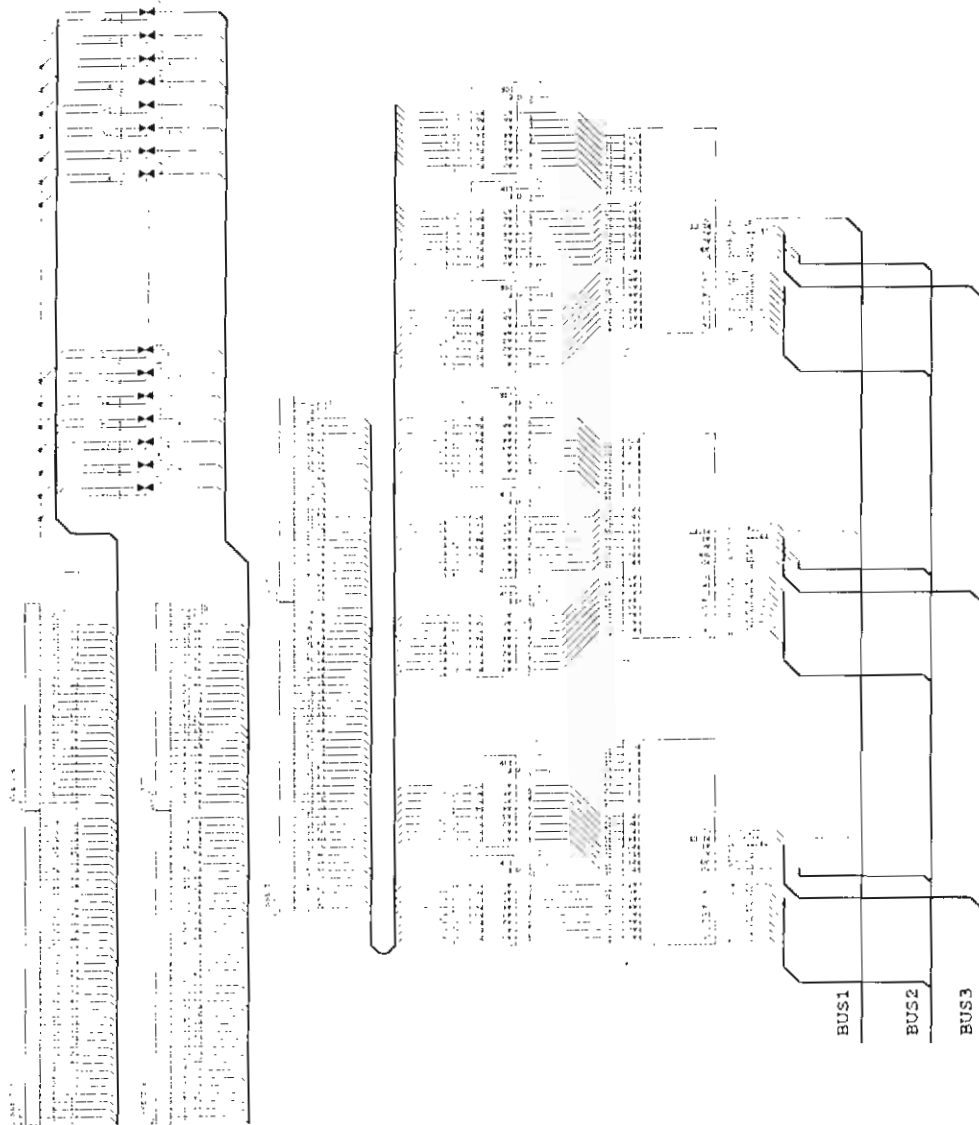




Digital Air Micrometer Gauge : Signal Conditioner

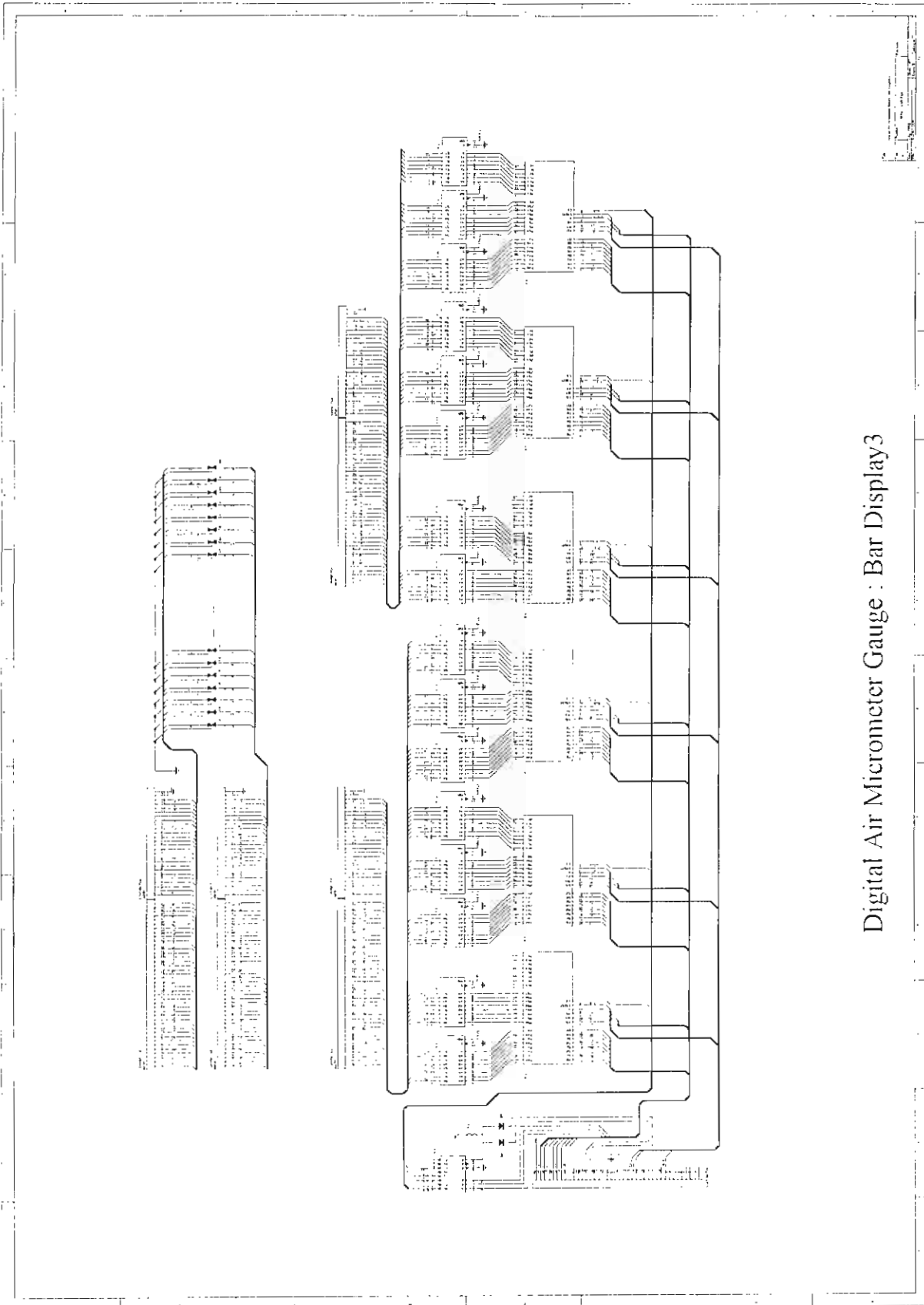


Digital Air Micrometer Gauge : Bar Display1



Digital Air Micrometer Gauge : Bar Display2

Project Name		Project No.	
Revision		Date	
Author		Checked	
Approved		Signature	



Digital Air Micrometer Gauge : Bar Display3

ภาคผนวก 5.3
SPECIFICATION

Specification

1. Range	-5 to +15 micron
2. Linearity	0 to 12 micron
3. Offset	0.5 micron
4. CPU	intel 8032
5. Memory	NVRAM 30 Kbyte
6. Serial Interface	RS232
6.1. Baud Rate	9,600 bit/second
6.2. Data	8 bit
6.3. Start Bit	1
6.4. Stop Bit	1
6.5. Parity	none
7. Bar Display	LED 2 colours 64 units
8. Liquid Crystal Display	8 dots/character 1 Line
9. Seven Segment Display	3 digits
10. Pass-Fail Display LED	
11. Weight	3 kg
12. Dimension	169 mm X 150 mm X 375 mm

6. คู่มือการใช้งาน

TDO

Part	๐	Manual of Operation	Page
Section	0	สารบัญ	1

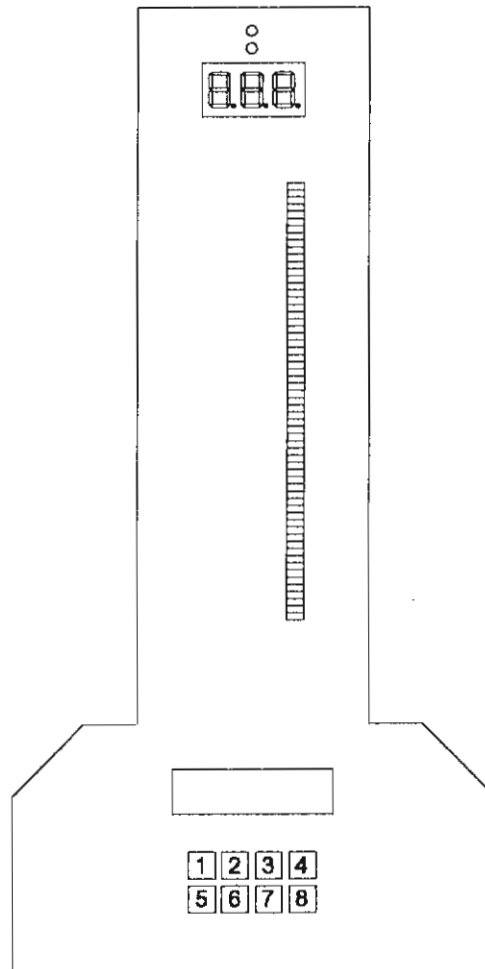
สารบัญ

	หน้า
6.1 ลักษณะทั่วไป	2
6.2 OPERATION PROCEDURE	3
6.3 การบำรุงรักษา	4
6.4 ข้อควรระวัง	4

TDO

Part	6	Manual of Operation	Page
Section	6.1	ลักษณะทั่วไป	2

6.1 ลักษณะทั่วไป



การใช้งานสวิตช์

1. ปุ่ม Set เริ่มต้น Calibrate เครื่องวัด
2. ปุ่ม Record เข้าสู่ Mode ของการบันทึกข้อมูลที่วัดได้
3. ปุ่ม Up เพิ่มค่า
4. ปุ่ม Send ส่งข้อมูลเข้า PC
5. ปุ่ม Enter ยอมรับค่าที่กำหนด
6. ปุ่ม Down ลดค่า
7. ปุ่ม Foot Button บันทึกข้อมูล
8. ปุ่ม NC (ไม่ได้ใช้งาน)

TDO

Part	6	Manual of Operation	Page
Section	6. 2	OPERATION PROCEDURE	3

6.2 OPERATION PROCEDURE

1. เสียบปลั๊กไฟเพื่อ ON เครื่อง Air Micrometer Gauge ที่จอแสดงผลจะปรากฏ "Air Micrometer"
2. ก่อนการใช้งานต้อง Calibrate ย้อนของการวัดชิ้นงานเสียก่อนโดยการกดปุ่ม Set ที่จอแสดงผลจะปรากฏ "Set Lower : 0.00"
3. ใส่ Lower Master เข้าไปที่หัววัดชิ้นงาน (JET) แล้วกดปุ่ม Enter เครื่องจะรับค่า Lower ซึ่งกำหนดไว้ที่ค่าศูนย์เข้าไป ที่จอแสดงผลจะปรากฏ "Set Upper : 0.00" และที่ Bar Display จะปรากฏ "LED" สว่างขึ้นหนึ่งดวงบ่งบอกถึงตำแหน่งของค่าต่ำสุด (Master Lower)
4. กดปุ่ม UP เพื่อป้อนค่าสูงสุดของ Range ในการวัดชิ้นงาน (ค่าสูงสุดของ Range ในการวัดชิ้นงานเกิดจากการนำเอาค่าของ Upper Master ลบด้วยค่าของ Lower Master) ค่าที่รับเข้าไปในเครื่องดูได้จากจอแสดงผลหรือ 7 Segment เหนือ Bar Display ปุ่ม UP สำหรับป้อนค่าให้สูงขึ้น ปุ่ม DOWN สำหรับป้อนค่าให้ต่ำลง เมื่อได้ค่าตามต้องการแล้วให้กดปุ่ม Enter ที่จอแสดงผลจะปรากฏ "Standard Upper"
5. ใส่ Upper Master เข้าไปที่หัววัดชิ้นงาน (Headjet) แล้วกดปุ่ม Enter เครื่องจะรับค่า ของ Upper Master เข้าไป Bar Display จะปรากฏ "LED" สว่างขึ้นอีกหนึ่งด้านบน ทำให้ได้ Range ของการวัดชิ้นงานบน Bar Display และที่จอแสดงผลจะปรากฏ "Ready to Work" หมายถึงเครื่องวัดพร้อมที่จะใช้งานแล้ว
6. ทดลองใส่ Upper Master , Lower Master เข้าไปที่หัววัดชิ้นงาน เพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องก่อนการวัดชิ้นงานจริง ถ้าหากเครื่องทำงานถูกต้องค่า UPPER และ LOWER จะไม่เปลี่ยนไปจากที่ทำการ Set ไว้
7. ทำการวัดชิ้นงานได้ทันที โดยอ่านค่าที่วัดได้จาก 7 Segment 3 หลักที่อยู่ด้านบนของ Bar Display จะรู้ได้ว่าชิ้นงานมีความผิดพลาดยอมรับได้หรือไม่ โดยดูจาก LED 2 ดวงเหนือ 7 Segment
LED สีแดง หมายถึง ไม่ผ่าน (Fail)
LED สีเขียว หมายถึง ผ่าน (Pass)

TDO

Part	8	Manual of Operation	Page
Section	6.2.6.3.6.4	OPERATION PROCEDURE	4

8. กดปุ่ม Record เมื่อต้องการเข้าสู่ mode ของการบันทึกข้อมูลเพื่อบันทึกค่าของชิ้นงานที่เครื่องวัดได้ไว้ในหน่วยความจำของเครื่อง ที่จอแสดงผลจะปรากฏ “Recording mode”

9. กดปุ่ม Foot Button เมื่อต้องการบันทึกค่าของชิ้นงานที่วัด โดยที่จอแสดงผลจะปรากฏจำนวนของข้อมูลที่บันทึกไว้

10. กดปุ่ม Send เมื่อต้องการส่งข้อมูลที่เก็บไว้ในเครื่องเข้า PC โดยผ่านทาง Serial Port

6.3 การบำรุงรักษา

ทำการ Calibration ทุก ๆ เดือน

6.4 ข้อควรระวัง

1. ใช้กับไฟกระแสสลับ 220 Volt
2. ตรวจสอบระบบลมที่ใช้ ต้องเป็นลมแห้งและสะอาดโดยทำการปรับ Air Regulator ให้มีความดันในช่วง 3-7 kgf/cm²
3. ทำการเทียบค่าระหว่างเครื่อง Standard Master และเครื่อง Digital Air Micrometer ก่อนการใช้งาน

โครงการ Automatic Single Purpose Lathe

TRF 6/2/LATHE

SINGLE PURPOSE LATHE

Thawan Sucharitakul
Instrumentation and Control Research Laboratory
Energy and Appropriate Technology Research Center
Institute for Science and Technology Research and Development
Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

EXECUTIVE SUMMARY

The Sanyo Universal Electric Public Company Limited (SUE) refrigerator compressor plant produces 1.2 million compressors per year for domestic consumption and export. A compressor part called slider is manufactured by multiple machining processes which begin by taking a cylindrical cast iron raw material and turn it to proper diameter and cut in to six pieces. The existing process for turning and cutting involve four separate machines for center drilling, rough turning, finish turning, and cutting.

The aim of the project is to design and built a production machine that will work in place of the four machines to save floor space and allow increased production rate without additional work force.

The production machine is designed around an engine lathe to save machine cost. The hand operated wheels for cross slide and top slide were removed and stepper motors are mounted on the wheel shafts for automated operation. The tail stock was modified the same way and a live center is fitted with a new spindle to function as a stopper. The chuck was replaced with hydraulic operated three jaw chuck. The raw material is fed in to a feed rail from a hopper by a rotary feeder and then fed in to the lathe jaw with a pneumatic plunger. From that point on, the material is turned to proper diameter and cut off one by one. The operation of the lathe is controlled by a microprocessor running a software programmed in to an erasable programmable read only memory (EPROM). Error monitoring of the system for the stepper motor drive is done by counting the number of steps it took from a limit switch and compare it to the number of steps it takes to get back to the switch.

The tolerance on the diameter of the part is 30 microns. The lathe cannot accomplish this easily even though the control system is capable of 10 microns resolution on that axis. The slider has to be reconditioned and preloaded with spring before the tolerance can be achieved.

The completed machine is capable of overall productivity of 40 seconds per piece.

This research received funding from The Thailand Research Fund and SUE and carried out by the Instrumentation and Control Research Laboratory, Institute for Science and Technology Research and Development, Chiang Mai University. Project coordination was provided by Technology Development Office, Premier Global Corporation. Consultancy was provided by the Department of Applied Physics, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang and SUE.

CONTENTS

1.	THE BIG PICTURE	2-6
2.	DESCRIPTION OF THE PRODUCTION LINE	2-6
3.	INITIAL INVESTIGATION	2-6
3.1	Raw Material	2-6
3.2	The Existing Process	2-6
3.3	Modified Process	2-9
4.	INVESTIGATION OF POSSIBLE SYSTEMS	2-10
4.1	Turret Lathe System	2-10
4.1.1	Description	2-10
4.1.2	Retrofitting for automated operation	2-10
4.1.3	Estimated cost	2-10
4.1.4	Advantages	2-10
4.1.5	Disadvantages	2-11
4.2	Hydrolically Driven Engine Lathe	2-11
4.2.1	Description	2-11
4.2.2	Retrofitting for automated operation	2-11
4.2.3	Estimated cost	2-11
4.2.4	Advantages	2-11
4.2.5	Disadvantages	2-11
4.3	Stepper Motor Driven Engine Lathe	2-11
4.3.1	Description	2-12
4.3.2	Retrofitting for automated operation	2-12
4.3.3	Estimated cost	2-12
4.3.4	Advantages	2-12
4.3.5	Disadvantages	2-12
4.4	Decision	2-12
5.	MACHINING OPERATION	2-12
5.1	Relation of Variables	2-13
5.2	Raw Material	2-13
5.3	Finished Part Specification	2-13
5.4	Cutting Tool Selection	2-13
5.5	Cutting Speed	2-15
5.6	Feed Rate	2-15
5.7	Cut Depth	2-15
5.8	Part Stiffness	2-15
5.9	Power Requirement	2-16

6.	SINGLE PURPOSE LATHE CONFIGURATION	2-17
6.1	The Task	2-17
6.2	Required Operations	2-17
6.3	Lathe Retrofitting	2-17
6.4	Component Characteristics	2-18
6.4.1	Hopper	2-18
6.4.2	Rotary feeder	2-18
6.4.3	Linear feeder	2-18
6.4.4	Chuck	2-22
6.4.5	Turning slide	2-22
6.4.6	Cut off slide	2-22
6.4.7	Part separator	2-23
6.4.8	Stopper	2-23
6.4.9	Controller	2-23
7.	STEP MOTOR DRIVE	2-24
8.	THE CONTROLLER	2-25
8.1	Function of Controller	2-25
8.2	Operation Chart	2-25
8.3	Controller Board Configuration	2-25
8.4	Inputs and Outputs Configuration	2-28
8.5	Watch Dog Timer	2-29
8.6	Driving Multiple Step Motors	2-29
8.7	Error Detection of Step Motor Drive	2-31
8.8	Error Detection of Pneumatic Drive	2-31
8.9	Controller Software	2-32
8.10	Controller Housing	2-32
9.	TEST FUNCTIONS	2-32
9.1	Position 0: Normal Operation	2-32
9.2	Position 1: Single Piece Test	2-32
9.3	Position 2: Turn Slide Test	2-32
9.4	Position 3: Cross Slide Test	2-33
9.5	Position 4: Stopper Test	2-33
9.6	Position 5: Linear Feeder Test	2-33
9.7	Position 6: Rotary Feeder Test	2-33
9.8	Position 7: Chuck Test	2-33
9.9	Position 8: Lathe Motor Control	2-34

10.	ERROR CODES	2-34
10.1	Error Code 01 CROSS LIMIT	2-34
10.1.1	Drive malfunction	2-34
10.1.1.1	Loose coupling	2-34
10.1.1.2	Excessive slide friction	2-34
10.1.1.3	Drive motor malfunction	2-34
10.1.2	Limit switch malfunction	2-35
10.2	Error code 02 CROSS STROKE	2-35
10.3	Error code 03 CROSS NOT RET	2-35
10.4	Error code 04 TURN LIMIT	2-36
10.5	Error code 05 TURN STROKE	2-36
10.6	Error code 06 TURN NOT RET	2-36
10.7	Error code 07 STOPPER LIMIT	2-36
10.8	Error code 08 STOP STROKE	2-36
10.9	Error code 09 STOP NOT RET	2-36
10.10	Error code 10 CHUCK NOT CLR	2-36
10.11	Error code 11 LINER NOT RE	2-36
10.12	Error code 12 ROTARY PROB	2-37
10.13	Error code 13 HOPPER EMPTY	2-37
10.14	Error code 14 EMERGENCY ST	2-37
10.15	Error code 15 STOPPED	2-37
10.16	Error code 16 COUNT ERROR	2-37
11.	HARDWARE PARAMETERS IN THE CONTROLLER SOFTWARE	2-37
11.1	Overview	2-37
11.2	User Tool Kit	2-37
11.2.1	Suitcase	2-38
11.2.2	Master disk	2-38
11.2.3	Work disk	2-38
11.2.4	EPROM programmer	2-38
11.2.5	RS-323 cable	2-38
11.2.6	EEPROM	2-38
11.2.7	EPROM	2-39
11.2.8	Opaque sticker	2-39
11.2.9	User manual	2-39
11.3	Relation of Parameters	2-39
11.3.1	Pitch	2-39
11.3.2	Forward stroke	2-39
11.3.3	Reverse stroke	2-39
11.3.4	Motor resolution	2-40
11.3.5	Number of steps	2-40
11.3.6	Timer reload value	2-41
11.3.7	Step rate	2-41
11.4	Constant Definitions	2-41
11.5	Reprogramming the Lathe	2-43
12.	PROBLEMS ENCOUNTERED AND SOLUTIONS	2-44

13.	PROJECT EVALUATION	2-48
14.	CONCLUSION AND SUGGESTIONS	2-48
	REFERENCES	2-49

Appendix A. Timer Reload Value Table
Appendix B. Firmware Program Listing
Appendix C. Lathe Specifications
Appendix D. Cost Breakdown
Appendix E. Lathe Part Vender List
Appendix F. Lathe Test Result
Appendix G. Drawings

1. THE BIG PICTURE

The single purpose lathe sub-project is a part of a master project to improve working conditions, safety of workers, productivity, and observation of energy at the Sanyo Universal Electric Public Company Limited (SUE) production plant. The project is jointly funded by Thailand Research Fund (TRF) and SUE. Coordination of the project is carried out by the Technology Development Office (TDO) of Premier Global Corporation Ltd.. The research team include staff members from the Department of Mechanical Engineering, Chiang Mai University; Department of Agriculture Machinery, Chiang Mai Rajmonkala Technical Collage; with staff member from Department of Applied Physics, King Mongkut's Institute of Technology Lardkrabang as a consultant.

2. DESCRIPTION OF THE PRODUCTION LINE

SUE production turns approximately 1.2 million refrigerator compressors per year. Most of the production is done from locally produced raw materials. On the mechanical parts production, most of the parts are made from cast iron. The cast iron parts being produced in parallel production lines are piston scotch, valve plate, motor case, cylinder, crankshaft, and slider. These produced parts are then assembled in the assembly line. This project deals with the beginning of the slider line. The raw material for the slider is a cast iron cylinder. The cylinders are turned and cut in short smaller cylinders. After this process, the cylinders will undergo grooving, head forming, drilling, grinding, honing and chamfering to form the finished sliders.

3. INITIAL INVESTIGATION

3.1 Raw Material

The raw material to produce the refrigerator's compressor slider which is driven by the crankshaft and then drive the compressor piston is a piece of cylindrical cast iron approximately 180 mm long and 25 mm in diameter. The material is gray cast iron number FC-30 and weight 0.6 Kg

3.2 The Existing Process

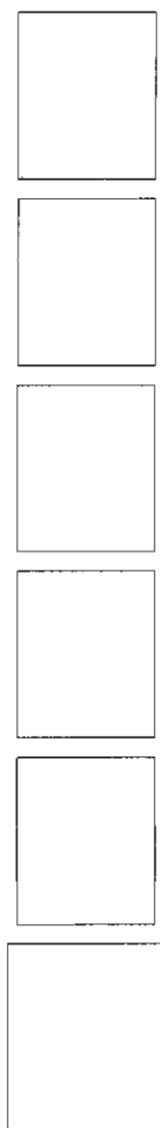
To machine the described raw material in to short cylinders for further machining processes, the following operations are required:

- 1) The raw material is drilled on both ends so that the part may be fitted on the turning lathe.
- 2) The part is mounted on an engine lathe and rough turning is performed.
- 3) The part is then mounted on another engine lathe for fine turning operation.
- 4) The part is mounted on another engine lathe to cut it in to six short pieces.

RAW MATERIAL



FINISHED PARTS



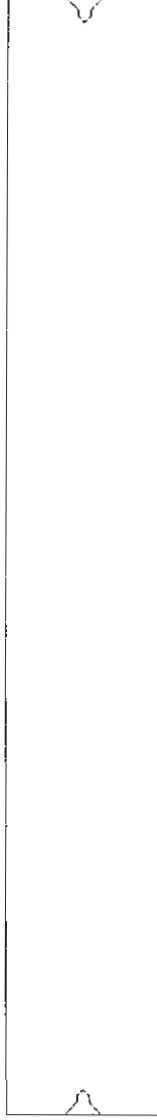
MODIFIED PROCESS

Instrumentation and Control Research Laboratory	
Institute for Science and Technology	Research and Development
Subject: Single Purpose Lathe	Designed by: Thawan
Project: SUE Production Line	Date: 26 Oct. '96
File: SUDE01B	Scale: 1:1
	Drawing No. 1

RAW MATERIAL



DRILLING



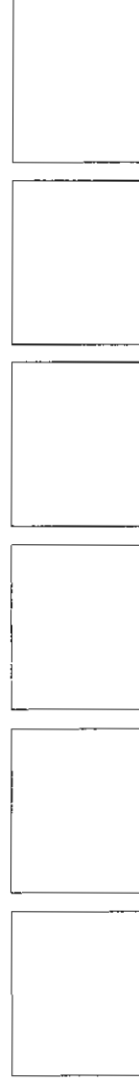
ROUGH TURNING



FINISH TURNING



CUTTING



EXISTING PROCESS

3.3 Modified Process

Various cutters required the process, sample raw material, as well as control document for the production is obtained from SUE for analysis and experimentation. In a fully automated process, it is preferred to machine the required piece by piece rather than doing the machining in batch like in the existing production line. The preference arise from the fact that complex machinery is required to transfer parts from one machine to another in batch process and machinery to process the part piece by piece simpler in construction. The fact that the part will be machined piece by piece cause the length of the raw material protruding from the chuck head to be much shorter and much more rigid. The separate turning cycle for rough turning and finish turning is required for the long part in the existing production is because the part is flexible, but when the part is short, only one turning cycle is required. This fact is confirmed by experimentation on an existing lathe at CMU. Further testing shows that the raw material (gray cast iron) is relatively easy to machine and the chip is in small pieces. Testing at current production turning speed (1,020 rpm) at feed rate of 0.15 mm/revolution in one single pass shows that the part and cutting tool show no sign of overheating or vibration. It is reasonable to believe that this turning speed will cause no difficulty for all machining operations required.

The design of the working cycle for the single purpose lathe follows:

- 1) Move in the stopper to the position close to the chuck.
- 2) Feed the material against the stopper.
- 3) Clamp the chuck.
- 4) Back off the stopper.
- 5) Move in turning tool to turn the protruding material.
- 6) Back off the turning tool.
- 7) Cut off the face of the new part.
- 8) Back off the cut off tool.
- 9) Move the stopper in to standard part length position.
- 10) Open the chuck.
- 11) Feed the material against the stopper.
- 12) Clamp the chuck.
- 13) Use the turning tool to turn the part.
- 14) Back off the turning tool.
- 15) Cut off the finished part.
- 16) Repeat from step 9 five times.
- 17) Eject the remaining stub.

The shortest time that the machining of one piece can be done in theory is the total time that the material is being removed. This time is about 26 seconds which is limited by tool feed rate. The rest of the time is for the tool movement without material removal. The time of tool movement will depend on the drive system used. The fastest to the slowest movement time for different drive systems are hydraulic, pneumatic, and electric power. The highest cost to the lowest cost is also in the same order. In this case, pneumatic drive is not considered because air is compressible and the cutting action may become irregular.

4. INVESTIGATION OF POSSIBLE SYSTEMS

The common feature that is desirable for all machining systems is an automated part feed system. This system is designed first since it can be used for any machining system described later in this document. The designed part feeder use an automated hopper which can contain 25 pieces of raw material (125 pieces of sliders can be produced) which correspond to the turning tool life. The raw material can be dispense one by one in to a feed mechanism a rotary mechanism and motor drive. The feed mechanism consist of a long plunger inside a tube. The plunger is push against the part being fed by pneumatic actuator. The feeder provide an output signal to the machining system at the end of the last piece machined from the raw material to inform the machining system to eject the raw material stub.

Many machining system is possible and each will be described in turn. The three system being considered are turret lathe driven by hydraulic system, engine lathe driven by hydraulic system, and engine lathe driven by stepper motor.

4.1 Turret Lathe System

4.1.1 Description

A turret lathe is an old fashion production machine which is manually operated. The turret is a rotating mechanism which can hold up to six tools and sit in a sliding mechanism which is operated by a hand wheel. By rotating the hand wheel counterclockwise, the tool on the turret is pressed against the raw material and provide machining action. When the hand wheel is turned clockwise, the turret move away from the part and the turret rotates 1/6 turn to change cutting tool automatically. The stroke for each tool can be set independently by a separate set of screw stopper mechanism.

4.1.2 Retrofitting for automated operation

Since the turret lathe is designed to be a production machine, retrofitting of the lathe is relatively easy since it already contain a collet chuck, a cross slide, a cut off slide, and a turret for six tools. Hydraulic pistons can be added to the lathe and limit switches attached for control operation.

4.1.3 Estimated cost

Turret lathe	200,000
Feed system	30,000
Hydraulic system	150,000
Pneumatic system	20,000
Control system	15,000
TOTAL	415,000

4.1.4 Advantages

The turret lathe system lend itself retrofitting and minimum work is required to automate the lathe which result in minimum lead time for job completion.

4.1.5 Disadvantages

The turret lathe relies heavily on mechanical stops to position the tool so the hydraulic system will have to have control on both speed and actuation force which contribute to the high cost. Further more, these stops may need to be adjusted regularly which is quite cumbersome. The stroke of the turret slider is quite long, (600 mm) and this could cause the cycle time to suffer. As of last survey, turret lathes are no longer imported regularly and this could cause problem with after sales service and spare parts.

4.2 Hydraulically Driven Engine Lathe

4.2.1 Description

In this case, an old engine lathe may be use as the chuck power for the system. A base plate fitted with tool sliders and hydraulic system may be fitted on any engine lathe with ease.

4.2.2 Retrofitting for automated operation.

A powered chuck will be fitted on the lathe for automated operation. The powered chuck can be in the form of hydraulic chuck or a collet chuck operated by hydraulic force. A rigid base plate will be designed to support a set of sliders and tool holders which will be driven by hydraulic cylinders. Due to the fact that hydraulic system can be made to be fast acting and short stroke is required for tool travel, this system promise a fast cycle time.

4.2.3 Estimated cost

Engine lathe	existing SUE equipment
Feed system	30,000
Hydraulic chuck	100,000
Hydraulic system	200,000
Sliders	100,000
Tool holders	40,000
Control system	15,000
TOTAL	485,000

4.2.4 Advantages

The performance of this unit can be comparable to imported units with much lower cost. It can be built with local technology and known spare part cost which will aid maintenance in the long run.

4.2.5 Disadvantages

It would require high initial investment cost and some extensive research and testing before it goes on line.

4.3 Stepper Motor Driven Engine Lathe

4.3.1 Description

A standard engine lathe is used with all its sliders driven by stepper motors. A hydraulic chuck is still required for this system which contribute to most of the cost. The entire process will have to be microprocessor controlled because of the stepper motor used.

4.3.2 Retrofitting for automated operation

A powered chuck will be fitted on the lathe for automated operation. The sliders equipped with standard engine lathe are screw driven which lend itself to stepper motor drive. Unlike other systems, only one limit switch per slide is required and the working cycle can be programmed in to the firmware.

4.3.3 Estimated cost

Engine lathe	existing SUE equipment
Feed system	30,000
Hydraulic chuck	100,000
Stepper motors	50,000
Tool holders	30,000
Control system	20,000
TOTAL	230,000

4.3.4 Advantages

The stepper motor alternative has the lowest cost of all systems. Tool setting can be simplified because it can be done electronically. Automatic fault detection and remote alarm system is possible because the system is controlled by microcontroller. It is also possible to program in variable tool feed rate to improve the cycle time.

4.3.5 Disadvantages

Stepper motor is basically low power device and tool movement cannot expected to be fast. The cycle time cannot match the hydraulic counterpart. Retrofitting of different lathe will have to be done on a case by case basis due to difference in each lathe slider geometry unless the same model lathe will be used for future retrofitting.

4.4 Decision

All three systems mentioned above was investigated for feasibility and suitability. After many meetings with SUE and TDO along with part availability survey, it was found that the stepper motor driven lathe is the most feasible and most suitable. The turret lathe system was rejected due to difficulty of maintenance. The hydraulically operated system was rejected due to difficulty in finding hydraulic sliders locally and high cost.

5. MACHINING OPERATION

Machining operation is an operation to remove material from raw material and leaving the desired part according to specifications. The removal of material is achieved via chip produced from cutting edge of cutting tools. The faster the chip can be produced, the more

productive the machining operation can be. Machining operation is investigated first to establish tooling requirements and limitations for the single purpose lathe design.

5.1 Relation of Variables

The rate of chip production depends on factors such as cutting speed, feed rate, and cut depth. Factors mentioned are also bounded by the nature of raw material, cutting tools material, power available to the machine, material clamping methods, and tolerance specifications of the desired part. Each of the variables involve will be discussed in turn in the following sections:

5.2 Raw Material

The raw material under consideration is gray cast iron number FC-30 cast with sand mold into cylindrical part approximately 24.5 mm in diameter and 180 mm long. The microstructure of cast iron contain graphite flakes which help lubricate the cutting tool while it is being machined. This feature make the material relatively easy to machine. It also contain some carbide which make the material quite abrasive to the cutting tool. The abbrassiveness of the material requires that the cutting tool must be quite hard for long operating life. Further more, the finish of the cylinder is sand casting which imply many irregularities on the surface as well as relatively large dimensional variation. The cylinder's finish would suggest some impact on the cutting tool while it is being machined, so, cutting tool toughness and rigid support must be kept in mind.

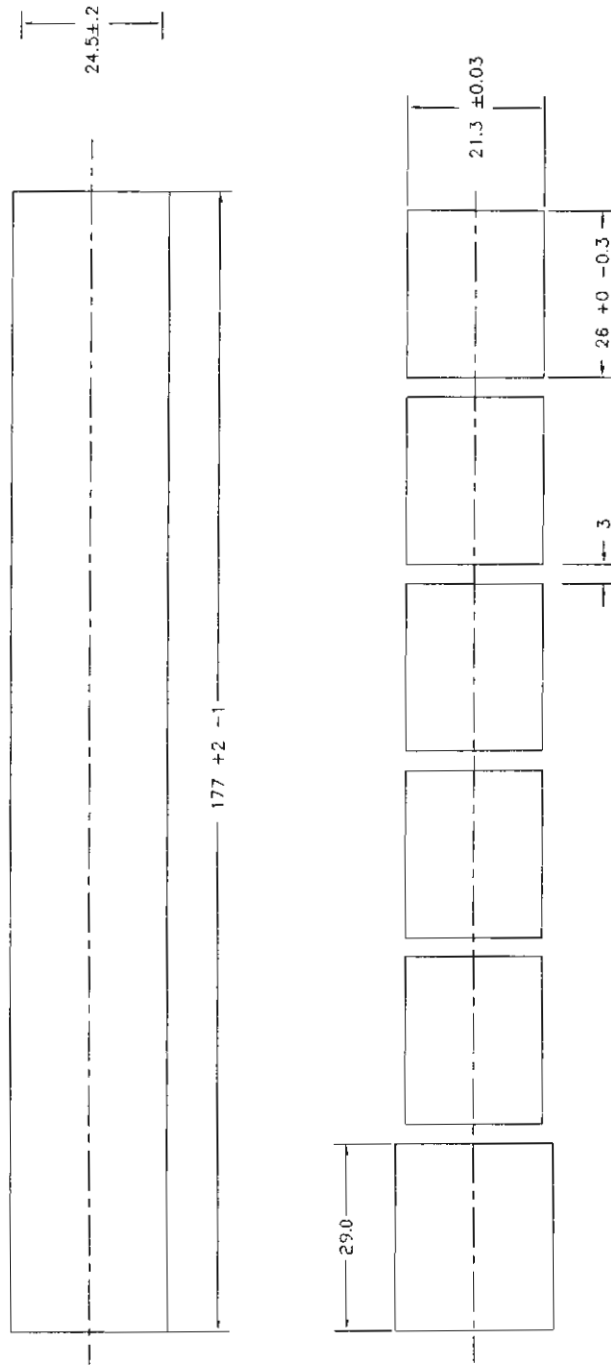
5.3 Finished Part Specification

The finished part from this operation is cylinders of 21.3 mm diameter and 26 mm long. Five pieces of the finished part can be produced from one piece of raw material. The tolerance of the diameter is ± 0.03 mm and $+0, -0.3$ mm for the length.

5.4 Cutting Tool Selection

Cutting tool material must be selected before cutting speed, feed rate, and cut depth can be determined. Cutting tool should be selected so that it has long life and able to meet all the machining requirements. In general, the life of a cutting tool depends on it's hardness and it's ability to retain the hardness at elevated temperature. Cutting tool material ranging from softest to hardest are high speed steel, sintered carbide, ceramics, and diamond. The harder the material, the more brittle it is. High speed steel is the first choice for manual machining because it is easily shaped by grinding and is extremely tough. In automated operation, the cutting speed limit of high speed steel is too low and require frequent resharpenering of the cutting edge. After each tool reconditioning, the tool must be set on the machine which require a lot of time and hamper productivity. The next choice is sintered carbide which normally come in inserts which can be installed in the tool holder and reduce the tool setting time during insert change. Some grade of sintered carbide¹ is relatively tough and is abrasive resistant so it is well suited for this application. Ceramic and diamond tools are extremely hard and promise long life but it is also quite brittle. Since the raw material has dimensional irregularity and some impact is expected during machining, these harder tools are not suitable for this application.

PART SPECIFICATION



Instrumentation and Control Research Laboratory	
Institute for Science and Technology Research and Development	
Subject: Single Purpose Lathe	Designed by: Thawon
Project: SUE Production Line	Date: 26 Oct 96
File: SUDE02	Scale: 1:1
	Drawing No 1

5.5 Cutting Speed

Cutting speed for machine tool operation is defined as the speed that the material pass by the cutting tool. The usual unit is in meter per minute or feet per minute. The cutting speed is related to heat generation at the tool's cutting edge and in turn effect the tool's life. In this case, the operation is turning and the equation for cutting speed is

$$V = \pi D / 1000 N$$

Where V = cutting speed in meter per minute
 π = 3.141592
 D = part diameter in mm.
 N = chuck speed in revolution per minute.

The recommended speed² for cutting of cast iron with carbide tool is 69 m/min. This recommendation is made based on optimal tool life and production rate. With part diameter of 21.3 mm the suitable cutting speed is achieved at the chuck speed of 1031 rpm. The lathe used for this operation should be set as close to this speed as possible. For YAM 550 lathe, the speed setting of 1020 rpm is available and this speed setting will be used.

5.6 Feed Rate

The feed rate is the rate that the cutting tool advance along the axis of rotation. The unit of feed rate is in millimeter per revolution. The higher feed rate yield better productivity with poor finish. In the case of long slender work piece, excessively high feed also cause vibration and poor dimensional accuracy. In current production, feed rate of 0.15 mm/rev is used with good result. This rate is selected for now, but if there is difficulty with cycle time, it may be increased up to 0.38 according to recommendation² providing that the power requirement, surface roughness, and dimensional error is not excessive.

5.7 Cut Depth

Cut depth is the depth that the cutting tool dig in to the material. The unit of cut depth is in mm. For this application, the turning operation reduce the raw material diameter from 24.5 mm to 21.3 mm in one pass. The diameter difference is $24.5 - 21.3 = 3.2$ mm. The cut depth is therefore $3.2 / 2 = 1.6$ mm. The maximum cut depth of this tool is 3.18 mm and the required cut depth does not exceed this limit. In the current production line, this cut depth is not obtainable because the part being machined is gripped at full length and an attempt to turn in single pass will cause excessive vibration. For the single purpose lathe, the part is mounted in the chuck as a cantilever beam with only 30 mm of the material protruding from the chuck. This type of arrangement provide much better stiffness and permit one pass turning.

5.8 Part Stiffness

In production planning, part stiffness is a cause of concern because stiff part will permit higher feed and larger cut depth which result in good productivity. This section will compare the current practice of mounting full length part between centers against part mounted as a cantilever beam protruding from the chuck.

The flexibility of the part can be said to be the amount of deflection of the part when subjected to a unit load at critical point. For the part that is mounted between centers, it can be modeled as a simply supported beam being loaded at center with one unit load. The deflection equation for such a beam is

$$y_{\max 1} = (Fl_1^3)/48EI$$

Where $y_{\max 1}$ = maximum deflection of the beam
F = load at center of part
l = length of part
E = modulus of elasticity of material
I = area moment of inertia

and for the cantilever mounted part, the deflection equation is

$$y_{\max 2} = (Fl_2^3)/3EI$$

The deflection ratio becomes

$$y_{\max 1}/y_{\max 2} = (l_1^3/16)/l_2^3$$

Substitute 180 mm for l_1 and 30 mm, for l_2 will yield deflection ratio of 13.5. This means that the cantilever mounted part is 13.5 times as stiff as the end mounted part. From this calculation, it is expected that the increased cut depth for the cantilever mounted part should cause no difficulty and this will be verified by experimentation

5.9 Power Requirement

The power requirement for a machine operation can be approximated from the rate of material removal and specific power³ for that material. The term specific power refers to the power required to remove 1 cubic millimeter of material per minute. The specific power for cast iron is 0.021 Watt per cubic millimeter per minute.

For turning operation, the length of an annulus removed from raw material is the chuck speed multiplied by feed rate which is $1020 \times 0.15 = 153$ mm/min. The area of the annulus is $\pi D_1^2/4 - \pi D_2^2/4$ where D_1 is the diameter of the raw material and D_2 is the diameter of the finished part. The annulus area is 105 square millimeter. Multiply the annulus area with the length of annulus removed per minute yield the volume of material removed of 16,065 cubic millimeter per minute. Multiply this figure with the specific power for cast iron yield power requirement at the chuck of 337 Watt. The YAM 550 lathe is driven by a 3 horsepower motor and the power requirement for turning operation seems to cause no problem.

For cut off operation, the material removal rate is not constant. The maximum material removal rate will occur at the beginning of the cut due to largest cut diameter. This maximum material removal rate will be considered for lathe power calculation. The feed rate for cut off operation will be approximately 0.1 mm per revolution and the material removed during first revolution can be approximate by a strip of metal 0.1 mm thick 3.0 mm wide and $\pi \times$ diameter of raw material long. Hence, the amount of metal removed during the first revolution is $0.1 \times 3 \times \pi \times 24.5 = 23.1$ cubic millimeter. In one minute, with the chuck rotating at 1020 rpm, the material removed will be $1020 \times 23.1 = 23,552$ cubic millimeter.

Multiply this figure with the specific power for cast iron yield the power requirement to be 495 Watt. Again, the power requirement for cut off operation will not cause any problem. Cut off operation with constant material removal rate will be considered to improve the cycle time in this study.

6. SINGLE PURPOSE LATHE CONFIGURATION

6.1 The Task

The task for the single purpose lathe is to transform raw material in the form of cast iron cylinders into smaller shorter cylinders with close tolerance specification by machining. The part will be further processed by other machines to make them into compressor sliders. The processing is fully automated and done in batch of 25 pieces of raw material.

6.2 Required Operations

For each piece of raw material, the single purpose lathe is required to do the following:

1. Feed the raw material from a hopper in to the lathe.
2. Cut about 2 mm from the end of the raw material.
3. Turn about 30 mm of material to the diameter of 21.3 mm.
4. Cut the turned section into a cylinder 26 mm long.
5. Repeat step 3 and 4 five times.
6. Eject the remaining stub.

Each of the finished part must take no longer than 30 seconds to make to keep the production line balanced.

6.3 Lathe Retrofitting

The operation required is not very complex and it is more economical to retrofit an engine lathe for the operation than to build a new production machine. The requirement for a lathe is that it must be driven by 1.5 horsepower or more motor, has cross slide, top slide and tail stock and has a chuck configuration suitable for hydraulic chuck installation. An existing lathe at SUE production plant was used for such retrofit. The lathe is a YAM model 550 engine lathe.

The process require that raw material is loaded in a batch. The part that will meet this requirement is a linear hopper with 45 degree slope floor pan which will feed the raw material in to a rotary feeder. The rotary feeder will feed the material in to a rail one at a time to be fed in to the lathe through hole which is connected to the chuck. The feeding of the material at this stage will be done by a pneumatic operated plunger. The length of the material through the chuck is controlled by a stopper with adjustable stroke which is driven by stepper motor. Once the part is properly fed, the chuck which is operated by hydraulic power will clamp the material in place and the machining operation can then begin. The end of the raw material is irregular in shape and about 2 mm is trimmed off using a cut off tool. This trimming operation will be referred to as facing operation later on in this document. The first machining operation for the production part is turning and is done by a cutting tool mounted on a slide driven by a stepper motor. Once the turning operation is finished, the turned part is cut off by a cutting tool mounted on the cross slide driven by a step motor. This

operation is repeated five times and the remaining stub of the raw material is ejected at the end of cycle. After that, the feeding process will start over again.

6.4 Component Characteristics

Each of the components used in retrofitting has to meet different sets of requirements and has its own characteristics. They will be discussed in turn in the following section:

6.4.1 Hopper

The hopper is designed to accommodate a batch of raw material to be fed in to the lathe for machining. The size of the batch is 25 pieces to correspond to the turning tool usable life. The hopper is designed as a box 26 mm high by 180 mm wide by 500 mm long with slope of 45 degrees. A limit switch is attached to the bottom of the hopper to detect hopper empty condition and send the signal to the control unit.

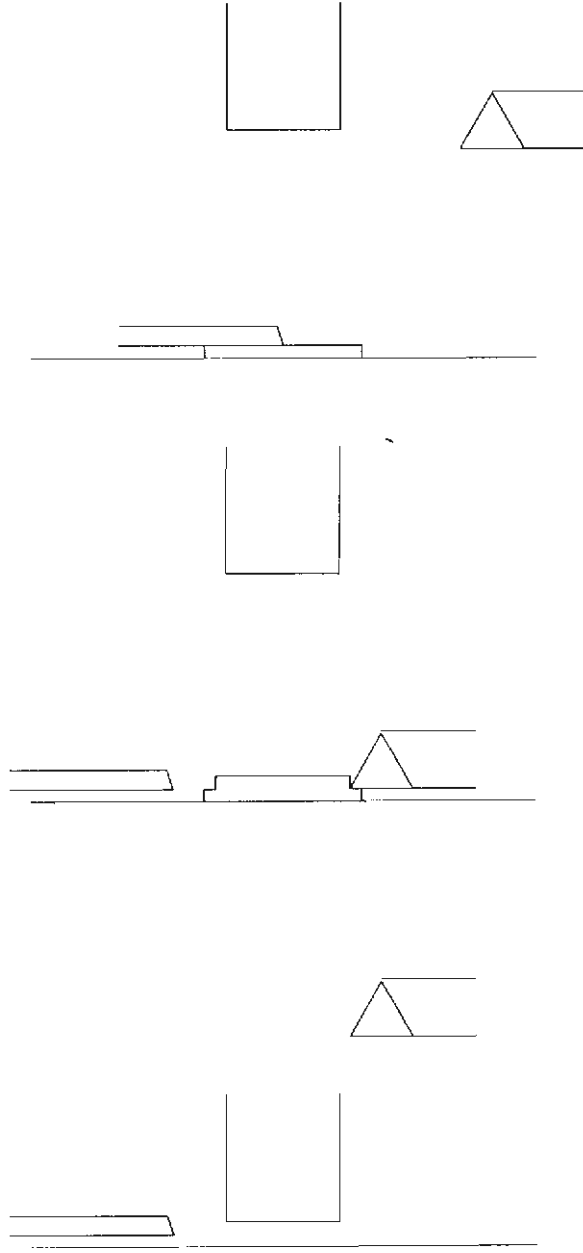
6.4.2 Rotary feeder

The function of the rotary feeder is to feed the material one at a time in to the rail for linear feeder. The rotary feeder consist of a rectangular frame which is attached to the bottom of the hopper, a rotary drum with a slot machined in to accommodate the material and is driven by a 1 rpm 12 volt dc motor. The drive motor used is the same type used in automobile windshield wiper because it is economical, has built in gear reducer, and capable of stopping automatically at the end of the cycle. When the drum is rotated, the raw material in the drum slot will be dropped in to a guide way that end at the linear feeder rail. The drum will continue to rotate to complete one revolution in order to receive another raw material from the hopper and be ready for the next cycle. The rotary feeder is activated by a momentary relay contact in the controller and the feeder stops automatically by a limit switch activated by a cam mounted on the motor shaft.

6.4.3 Linear feeder

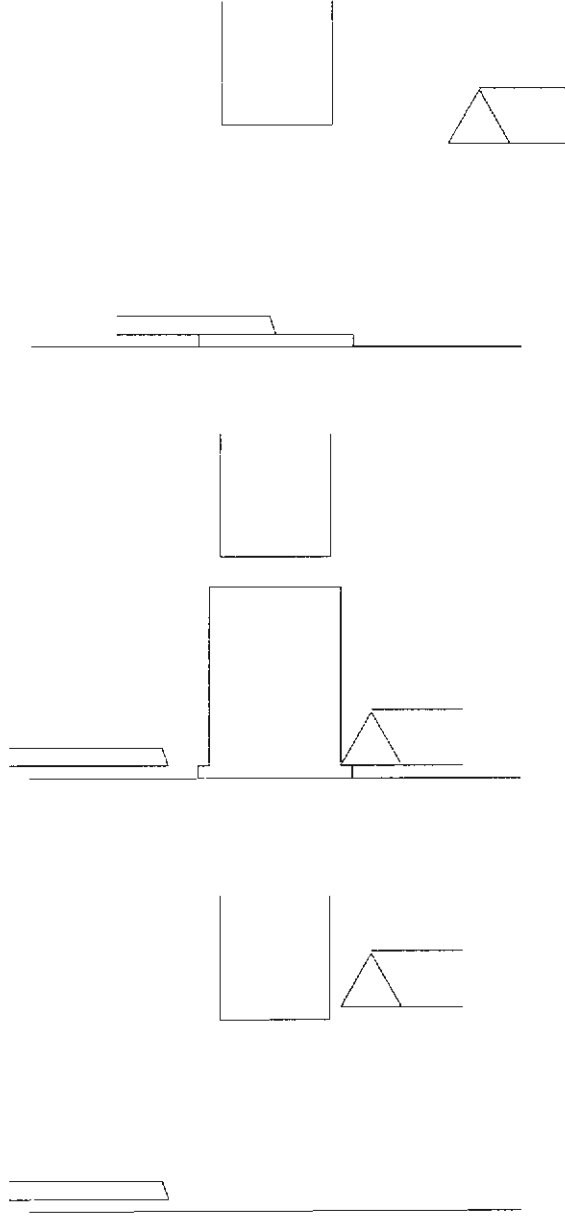
The function of the linear feeder is to push the raw material in to the lathe feed hole and through the chuck against the stopper. The stroke of the linear feeder is 1200 mm long and the force requirement for feeding is about 100 Newtons. A pneumatic cylinder is most appropriate for this application because of it's long stroke and low force requirement. The compressibility of the air which is used to drive the cylinder is also beneficial when the part impact on the stopper at the end of feed. It can be seen that the force requirement is not high and would require small diameter cylinder, but due to difficulty in construction and rigidity requirement, a large bore (40 mm) cylinder is used. The speed of the plunger is controlled by an adjustable flow control valve at about 0.75 m/sec. The force of the plunger is controlled by a pressure regulator to about 100 Newton and the existing factory supply pressure of 5 bar is more than sufficient. The position of the piston need to be monitored in two places, one at the full back position and one near the end of full out stroke. The position detection is accomplished by reed switches activated by permanent magnet embedded in the piston. These signals are used for fault detection and to detect if the raw material is at the stub so ejection could occur. The plunger will be pushing against the end of the raw material which is irregular in shape and is rotating. For this requirement, a rotating tip mounted on a thrust bearing is attached to the end of the plunger. The linear feeder is controlled by a pneumatic solenoid valve which is controlled by the controller.

NEW MATERIAL CYCLE



Instrumentation and Control Research Laboratory Institute for Science and Technology Research and Development			
Subject	Single Purpose Lathe	Designed by	Thawun
Project	SUE Production Line	Date:	26 Oct. 96
File:	SUDE08A	Scale:	1:1
			Drawing No. 5

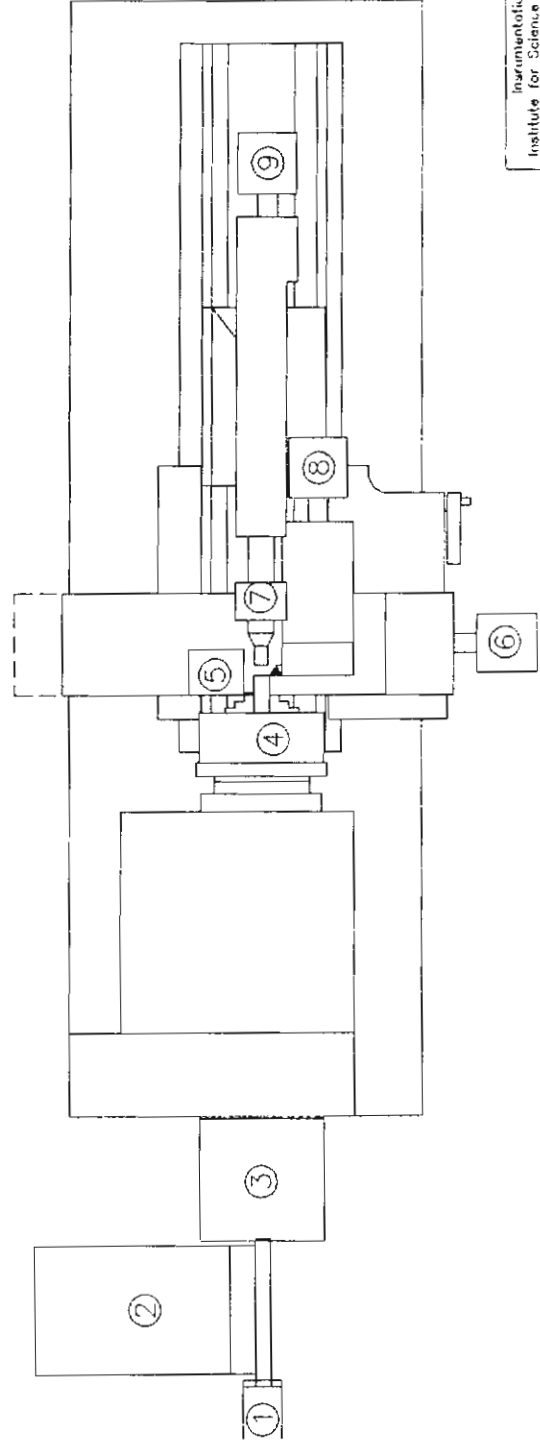
MACHINING CYCLE



Institute for Science and Control Research Laboratory			
Subject: Single Purpose Lathe	Designed by: Thawon		
Project: CUI Production Line	Date: 26 Oct. 96		
File: 51111011	Scale: 1:1		
		Drawing No.	6

LATHE RETROFIT COMPONENTS

- | | | | |
|---|-----------------------------|---|------------------|
| 1 | PNEUMATIC FEED | 6 | STEP MOTOR DRIVE |
| 2 | HOPPER WITH ROTARY FEED | 7 | LIVE CENTER CAP |
| 3 | HYDRAULIC CYLINDER (M-1246) | 8 | STEP MOTOR DRIVE |
| 4 | 3 JAW CHUCK (N-206) | 9 | STEP MOTOR DRIVE |
| 5 | CUT-OFF TOOL HOLDER | | |



Instrumentation and Control Research Laboratory Institute for Science and Technology Research and Development	
Subject: Single Purpose Lathe	Designed By: Thawan
Project: SUE Production Line	Date: 26 Oct. 96
File: SUE03	Scale: 1:10
	Drawing No. 3

6.4.4 Chuck

The chuck need to be able to open and close while it is rotating. Two types of chuck is available for this application. One is a collet type and the other is a three jaw hydraulic chuck. Due to the variation in the raw material dimensions, the collet type cannot be used effectively because of it's limited stroke. The three jaw hydraulic type is selected. The hydraulic chuck is two pieces type. One piece contain the three jaw gripper which is operated through a draw bar by another piece which contain hydraulic piston and slip rings. The chuck system is powered by two horsepower power unit driven by an electric motor. The chuck is controlled by a solenoid valve which is controlled by the controller.

6.4.5 Turning slide

The turning slide is used to drive the turning tool parallel to the axis of rotation of the lathe. The turning slide is adapted from the lathe's top slide which driven be a screw with module of 3 mm. An appropriate stepper motor is selected for this slide drive. The lathe chuck rotates at 1020 rpm and the required feed is 0.15 mm/rev. From this information, the desired slide speed is $1020 \times 0.15 = 153$ mm/min. With the screw module of 3 mm, the desired screw speed is $153 / 3 = 51$ rpm. This speed requirement correspond to about 170 steps per second which is well within the operating range of many step motors. A limit switches is mounted on the slide to determine full back position of the slide which is used for reference point of the motor control.

6.4.6 Cut off slide

The cut off slide move the cut off tool in the axis perpendicular to the lathe's axis of rotation. The cut off slide is adapted from the cross slide of the lathe. Since the turn slide is also mounted on the cross slide, the cross slide will have to position the turning tool for appropriate cut depth as well as driving the cut off tool. The positioning of the turning slide will have to be as precise as ± 0.015 mm to meet the part diameter tolerance. For this reason, stepper motor drive will be used to drive this slide. The cross slide is driven by a screw with module of 4.0 mm and a stepper motor will be coupled directly to the screw shaft. The feed of the cut off tool is 0.1 mm/rev and with chuck speed of 1040 rpm, the slide speed will have to be $1040 \times 0.1 = 104$ mm/min. The screw speed required would be $104/4.0 = 26$ rpm. Since the screw is driven be a step motor, this speed can be attained exactly without difficulty. Common stepper motors available in the market has step size of 200 steps per revolution which will yield the positioning resolution of $4.0/200 = 0.02$ mm. Notice that this resolution is courser than the positioning requirement for the part diameter stated above. It is also true that when the cross slide move to position the turning tool, the slide move with no load and under this circumstance, the motor can be driven with 1-2 phase⁴ excitation method which yield lowered torque but with step size reduced to 400 steps per revolution. With this in mind, the slide resolution is now 0.01 mm which is well within the requirement of turning tool positioning. The torque requirement for cut off operation will also must be determined experimentally. Test shows that the cross slide would require about 30 kg-cm of torque to operate during cut off cycle. The operating speed is 26 rpm which correspond to step rate of 87 steps per second. The Sanyo Denki stepping motor catalog shows that a hybrid type Step-Syn motor type 89 two phase motor number 103-8920-26 have the operating torque of 49 kg-cm at step rate of 87 step per second and this motor is selected for this drive. The safety factor for this motor is 1.63. The stepper motor is driven by a set of power transistors which are optically linked to the controller. The operation of step motor is open loop and a reference position is required. This reference position is detected with a short stroke limit