

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์แบบไร้สาย
WIRELESS ALCOHOL INSPECTOR



เลขหมู่.....
เลขทะเบียน..... 72751
วันเดือนปี..... 22 ส.ย. 2550

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2549

ผ่านการตรวจรูปเล่มแล้ว
(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ
ผ่านการตรวจรับงานแล้ว
(ลงชื่อ).....ผู้ตรวจ
เอกสารฉบับนี้.....ผู้ตรวจใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์แบบไร้สาย
WIRELESS ALCOHOL INSPECTOR

โดย

นายจเด็จ เสมอเชื้อ 47015003

นายณัฐพันธ์ เรืองรังษีรัตน์ 47015007

นางสาวศรียาไพ ชัยอ่อน 47015025

อาจารย์ที่ปรึกษา

ผศ.ดร. พิพัฒน์ พรหมมี

รศ. สมยศ จุณณะปิยะ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2549

ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง เครื่องตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์แบบไร้สาย

Wireless Alcohol Inspector

ผู้จัดทำ

1. นายจเด็จ เสมอเชื้อ 47015003
2. นายณัฐพันธ์ เรืองรังษีรัตน์ 47015007
- 3.นางสาวศรียาไพ ช้ายอ่อน 47015025

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา

(รศ.สมยศ จุณณะปิยะ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์แบบไร้สาย

Wireless Alcohol Inspector

โดย นายจเด็จ	เสมอเชื้อ	47015003
นายณัฐพันธ์	เรืองรัมย์รัตน์	47015007
นางสาวศรีอัมไพ	ซ้ายอ่อน	47015025

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี

รศ. สมยศ จุณณะปิยะ

บทคัดย่อ

โครงการนี้เสนอการประดิษฐ์อุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดระดับแอลกอฮอล์ในเลือด โดยวิธีเป่าลมหายใจ ซึ่งระบบโดยรวมของเครื่องจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ๆคือ ส่วนแรกเป็นส่วนตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์ควบคุมการทำงานโดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ ส่วนที่สองเป็นส่วนเชื่อมต่อกับระบบฐานข้อมูล ซึ่งในการส่งข้อมูลจากเครื่องตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์ไปยังฐานข้อมูลนั้นจะใช้การส่งข้อมูลในรูปแบบความถี่วิทยุ เพื่อไปเก็บข้อมูลและแสดงผลที่เครื่องคอมพิวเตอร์ ทั้งในรูปแบบของภาพถ่ายจากกล้องและ ข้อมูลปริมาณแอลกอฮอล์เพื่อใช้สำหรับตรวจสอบข้อมูลผู้ต้องสงสัยในโอกาสต่อไป

ABSTRACT

This project presents a study and implementation of wireless Alcohol Inspector. The equipment consists of an alcohol sensor based on a microcontroller and computer interface using a wireless technique. The suspects information is transmitted from the equipment to the database computer by RF and the computer can be also computer the suspected containing in the database system for further investigation.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาบัตรนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วย คำปรึกษา คำแนะนำ และคำช่วยเหลือของอาจารย์ที่ปรึกษาคือ ผศ.ดร.พิพัฒน์ พรหมมี และ รศ. สมยศ จุณณะปิยะ รวมถึงเจ้าหน้าที่ตำราวจรจรแยกเจ้าคุณทหารที่คอยให้ความช่วยเหลือในเรื่องอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง อีกทั้งเพื่อนๆทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือ แนะนำและให้ยืมอุปกรณ์ในการทดลองตลอดมา ตลอดจนอาจารย์ในภาควิชาโทรคมนาคมทุกท่าน ที่ได้ให้ความความรู้ให้กับกลุ่มของข้าพเจ้ามาโดยตลอด จึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

นาย อดิศักดิ์ เสมอเชื้อ
นาย ณัฐพันธ์ เรืองรังษีรัตน์
นางสาว ศรียา ไพ ชัยอ่อน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
สารบัญรูปภาพ	II
สารบัญตาราง	III
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 หลักการตรวจวัดแก๊สแบบต่าง ๆ	3
2.1.1 เมทานอลและอีทานอล (Methanol and Ethanol)	4
2.2 ระบบตรวจจับแก๊สและรายละเอียดเกี่ยวกับเซ็นเซอร์ (Sensor)	4
2.2.1 นิยามของ แก๊สเซ็นเซอร์ (Gas sensors)	4
2.2.2 รายละเอียดเกี่ยวกับเซ็นเซอร์แก๊ส AF63	7
2.3 ทฤษฎีออปแอมป์ (Operational Amplifiers)	9
2.3.1 รูปแบบการต่อไม่กลับขั้วสัญญาณ (Non-inverting configuration)	10
2.3.2 วงจรขยายอินส്ടรูเมน (Instrumentation Amplifier)	11
2.4 ทฤษฎีการแปลงสัญญาณอนาล็อก-ดิจิตอล (Analog To Digital Converter)	13
2.4.1 การแปลงสัญญาณอนาล็อก-ดิจิตอล	13
2.4.2 เคาน์ตติ้งคอนเวอร์เตอร์ (Counting Converter)	14
2.4.3 Successive Approximation	15
2.4.4 ดูอัล-สโลป เอดีซี (Dual-Slope ADC)	17
2.4.5 แฟลชคอนเวอร์เตอร์ (Flash Converter)	20
2.4.6 บทสรุป	21
2.5 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51)	22
2.5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51	22
2.5.2 ภาพรวมของ MCS-51	22
2.5.3 หน่วยความจำโปรแกรม	23
2.5.4 ความเร็วในการทำงานของ MCS-51	24
2.5.5 การขับโมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลว (LCD Module)	24
2.5.6 โครงสร้างภายในของตัวควบคุมโมดูล LCD	25
2.5.7 คำสั่งควบคุมโมดูล LCD	26
2.5.8 การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD	28
2.5.9 จังหวะการทำงานของ LCD โมดูล	29

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.6 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม	29
2.6.1 พื้นฐานการสื่อสารอนุกรม	30
2.6.2 อัตรการรับส่งข้อมูล	30
2.6.3 มาตรฐาน RS-232	30
2.6.4 การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ RS-232 โดยผ่านวงจร MAX-232	32
2.7 โมดูลความถี่วิทยุ 2.4 GHz	33
2.7.1 การจัดขาของโมดูลความถี่วิทยุ (TRW – 2.4 GHz)	34
2.7.2 โหมดการทำงานของ TRW – 2.4GHz	35
2.7.3 ส่วนประกอบของชุดข้อมูล	36
2.7.4 ตำแหน่งบิตข้อมูลของโมดูลความถี่วิทยุ	36
2.8 Delphi 7	37
2.8.1 จุดเด่นของ Delphi 7	37
2.8.2 คำศัพท์เบื้องต้น	38
2.8.2.1 คำสั่งกับซอร์สโค้ด	38
2.8.3 ความสามารถของ Delphi 7	39
2.8.3.1 สร้างแอปพลิเคชันสำหรับ Windows	39
2.8.3.2 สร้างระบบงานด้านฐานข้อมูล	39
2.8.3.3 สร้างแอปพลิเคชันรองรับ .NET Web Service	40
บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง	41
3.1 การออกแบบเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์แบบไร้สาย	41
3.1.1 การออกแบบภาคประมวลผล	41
3.1.1.1 การเชื่อมต่อของตัวแอลกอฮอล์เซ็นเซอร์กับวงจรขยายอินพุตทรูเมน	41
3.1.1.2 การเชื่อมต่อของวงจรขยายอินพุตทรูเมนกับตัว A/D	44
3.1.1.3 การเชื่อมต่อของตัวถอดรหัสอนาล็อกดิจิทัลกับไมโครคอนโทรลเลอร์	45
3.1.2 การออกแบบภาคแสดงผล	47
3.1.3 การออกแบบภาคส่ง	48
3.1.3.1 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของภาครับภาคส่ง	49
3.1.4 การออกแบบภาครับ	50
3.1.4.1 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของภาครับ	51
3.2 การออกแบบโปรแกรมฐานข้อมูล	53
3.2.1 โฟลว์ชาร์ตระบบฐานข้อมูล	54
3.2.2 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์	55
3.3 การตั้งค่าโมดูลความถี่วิทยุ (TRW-2.4GHz)	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	62
4.1 การทดลองวัดปริมาณแอลกอฮอล์	62
4.1.1 การวัดปริมาณแอลกอฮอล์	62
4.1.2 การคำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตของภาคขยายของเซ็นเซอร์	63
4.1.3 การเปรียบเทียบค่าปริมาณแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องของเจ้าหน้าที่ ตำรวจกับเครื่องที่สร้างขึ้น	63
4.2 การวัดค่าแรงดันที่ได้จากวงจรขยายอินพุตทรูเมนและเซ็นเซอร์	66
4.3 โปรแกรมบันทึกประวัติผู้กระทำผิด	70
4.4 การทดลองการรับ/ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์กับโปรแกรมฐานข้อมูล	73
บทที่ 5 บทวิจารณ์และสรุป	77

ภาคผนวก

กิตติกรรมประกาศ

บรรณานุกรม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แสดงการจำกัดกลุ่มของทรานสดิวเซอร์ (Transducers)	5
รูปที่ 2.2 แสดงไดอะแกรมของทรานสดิวเซอร์ที่ประกอบด้วยวงจรรขยายแอกซิวิเตอร์และจอภาพ	6
รูปที่ 2.3 ภาพแสดงลักษณะของเซ็นเซอร์แก๊ส AF63	7
รูปที่ 2.4 ภาพแสดงวงจรของเซ็นเซอร์แก๊ส AF63	8
รูปที่ 2.5 ภาพแสดงความไวในการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์เมื่อความเข้มข้นของแอลกอฮอล์เปลี่ยนแปลง	8
รูปที่ 2.6 ภาพแสดงรูปแบบการต่อไม่กลับขั้วสัญญาณ	11
รูปที่ 2.7 วงจรรขยายอินส์ทรูเมน	12
รูปที่ 2.8 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล A/D	14
รูปที่ 2.9 กราฟแสดงระดับของ v_0	15
รูปที่ 2.10 โพลัวชาร์ต หลักการของไบนารีเซิร์ช	16
รูปที่ 2.11 ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากที่ V_{in} เปลี่ยนทันทีทันใด	17
รูปที่ 2.12 วงจรอินทิเกรเตอร์ ที่ทำงานร่วมกับตัวเปรียบเทียบ	17
รูปที่ 2.13 กราฟสมมติช่วงเวลาตั้งแต่ความต่างศักย์ที่ t_m จนความต่างศักย์เป็น 0	18
รูปที่ 2.14 วงจรอินทิเกรเตอร์ ที่ทำงานร่วมกับตัวเปรียบเทียบ ที่เพิ่มค่าความต่างศักย์ให้กับ V_{ref}	19
รูปที่ 2.15 กราฟช่วงเวลาความต่างศักย์ที่ t_m จนความต่างศักย์เป็น 0 ที่เพิ่มค่าความต่างศักย์ให้กับ V_{ref}	19
รูปที่ 2.16 วงจร Flash Converter	20
รูปที่ 2.17 ลำดับของความเร็ว และความละเอียดของอัลกอริทึมต่างๆ	22
รูปที่ 2.18 ไดอะแกรมภายในของ 8051	23
รูปที่ 2.19 รูปและการจัดขาโมดูล LCD แบบอักษร	25
รูปที่ 2.20 ขั้วต่อแบบ DB-9 และหน้าที่ของขาต่างๆ	31
รูปที่ 2.21 ขั้วต่อแบบ DB-25 และหน้าที่ของขาต่างๆ	31
รูปที่ 2.22 โครงสร้างภายในของ MAX-232 และการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์	32
รูปที่ 2.23 รูปแสดงรายละเอียดด้านหน้า ด้านบน ด้านข้าง ของโมดูลความถี่วิทยุ (TRW - 2.4 GHz)	33
รูปที่ 2.24 รูปแสดงลักษณะขาของโมดูลความถี่วิทยุ (TRW - 2.4 GHz)	34
รูปที่ 2.25 ความโดดเด่นของ Delphi 7 ในปัจจุบัน	38
รูปที่ 2.26 ตัวอย่างการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย Delphi	39
รูปที่ 2.27 ตัวอย่างการสร้างระบบฐานข้อมูลด้วย Delphi	40
รูปที่ 2.28 แนวคิดของ .NET	40
รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ (Alcohol) แบบไร้สาย	41
รูปที่ 3.2 แสดงการเชื่อมต่อตัวแอลกอฮอล์เซ็นเซอร์กับวงจรรขยายอินส์ทรูเมน	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 3.3	วงจรขยายสัญญาณแบบไม่กลับเฟสที่อยู่ในวงจรขยายอินส์ทรูเมน	42
รูปที่ 3.4	วงจรขยายสัญญาณผลต่างที่อยู่ในวงจรขยายอินส์ทรูเมน	43
รูปที่ 3.5	แสดงการเชื่อมต่อวงจรขยายอินส์ทรูเมนกับตัว A/D	44
รูปที่ 3.6	แสดงการเชื่อมต่อของตัว A/D กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์	45
รูปที่ 3.7	แสดงการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับจอ LCD	47
รูปที่ 3.8	แสดงการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับโมดูลความถี่วิทยุ (TRW – 2.4 GHz)	48
รูปที่ 3.9	แสดงโฟลว์ชาร์ตของการเขียนโปรแกรมควบคุมโมดูลความถี่วิทยุทางด้านภาควง	49
รูปที่ 3.10	แสดงการเชื่อมต่อของภาควงรับสัญญาณ	50
รูปที่ 3.11	แสดงโฟลว์ชาร์ตภาควงรับของเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์	51
รูปที่ 3.12	แสดงโฟลว์ชาร์ตของการเขียนโปรแกรมควบคุมโมดูลความถี่วิทยุทางด้านภาควงรับ	52
รูปที่ 3.13	แสดงการออกแบบโปรแกรมฐานข้อมูล	53
รูปที่ 3.14	แสดงโฟลว์ชาร์ตของระบบฐานข้อมูล	54
รูปที่ 3.15	แสดงโฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์	55
รูปที่ 3.16	แสดงโฟลว์ชาร์ตของการหาค่าสูงสุดที่รับมาจากตัวเซ็นเซอร์	56
รูปที่ 3.17	แสดงโฟลว์ชาร์ตการคำนวณและแสดงผลปริมาณแอลกอฮอล์	57
รูปที่ 4.1	เครื่องตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ทางเจ้าหน้าที่ตำรวจใช้ในปัจจุบัน	62
รูปที่ 4.2	กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเครื่องจริงที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันกับเครื่องที่พัฒนาขึ้น	65
รูปที่ 4.3	กราฟแสดงค่าความผิดพลาดของเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่พัฒนาขึ้น	65
รูปที่ 4.4	ส่วนแสดงผลของเครื่องที่พัฒนาขึ้นแสดงปริมาณแอลกอฮอล์ 1 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์	66
รูปที่ 4.5	ค่าแรงดันที่วัดได้จาก เอาท์พุท ของเซ็นเซอร์	66
รูปที่ 4.6	ค่าแรงดันที่วัดได้จาก เอาท์พุท ของวงจรขยายอินส์ทรูเมน	66
รูปที่ 4.7	ส่วนแสดงผลของเครื่องที่พัฒนาขึ้นแสดงปริมาณแอลกอฮอล์ 20 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์	67
รูปที่ 4.8	ค่าแรงดันที่วัดได้จาก เอาท์พุท ของเซ็นเซอร์	67
รูปที่ 4.9	ค่าแรงดันที่วัดได้จาก เอาท์พุท ของวงจรขยายอินส์ทรูเมน	67
รูปที่ 4.10	ส่วนแสดงผลของเครื่องที่พัฒนาขึ้นแสดงปริมาณแอลกอฮอล์ 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์	68
รูปที่ 4.11	ค่าแรงดันที่วัดได้จาก เอาท์พุท ของเซ็นเซอร์	68
รูปที่ 4.12	ค่าแรงดันที่วัดได้จาก เอาท์พุท ของวงจรขยายอินส์ทรูเมน	68
รูปที่ 4.13	ส่วนแสดงผลของเครื่องที่พัฒนาขึ้นแสดงปริมาณแอลกอฮอล์ 100 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์	69
รูปที่ 4.14	ค่าแรงดันที่วัดได้จาก เอาท์พุท ของเซ็นเซอร์	69
รูปที่ 4.15	ค่าแรงดันที่วัดได้จาก เอาท์พุท ของวงจรขยายอินส์ทรูเมน	69
รูปที่ 4.16	แสดงหน้าหลักของโปรแกรม	70
รูปที่ 4.17	แสดงการค้นหาข้อมูลด้วยตัวอักษร	70
รูปที่ 4.18	แสดงการค้นหาข้อมูลด้วยชื่อ	71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 4.19 แสดงการค้นหาข้อมูลโดยการเลือกที่ชื่อ	71
รูปที่ 4.20 แสดงการรับค่าข้อมูลจากเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ไร้สาย	72
รูปที่ 4.21 แสดงตารางฐานข้อมูลที่ถูกรับที่ถูกลบไปแล้ว	72
รูปที่ 4.22 ภาคส่งข้อมูลด้วยโมดูลความถี่วิทยุ (TRW - 2.4 GHz)	73
รูปที่ 4.23 ภาครับข้อมูลด้วยโมดูลความถี่วิทยุส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม	73
รูปที่ 4.24 ค่าที่รับได้จากโมดูลความถี่วิทยุ (TRW - 2.4 GHz) โดยใช้โปรแกรม HyperTerminal	74
รูปที่ 4.25 แสดงลักษณะสเปกตรัมของช่องสัญญาณความถี่ที่ถูกส่งออกไปยังภาครับ	74
รูปที่ 4.26 ภาคส่งข้อมูลด้วยโมดูลความถี่วิทยุมีค่าแอลกอฮอล์ที่วัดได้เป็น 26 mg%	75
รูปที่ 4.27 โปรแกรมฐานข้อมูลที่รับค่าปริมาณแอลกอฮอล์มาจากเครื่องส่งได้ 26mg%	75
รูปที่ 4.28 ภาคส่งข้อมูลด้วยโมดูลความถี่วิทยุมีค่าแอลกอฮอล์ที่วัดได้เป็น 88 mg%	76
รูปที่ 4.29 โปรแกรมฐานข้อมูลที่รับค่าปริมาณแอลกอฮอล์มาจากเครื่องส่งได้ 88mg%	76

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างของคุณลักษณะจำเพาะของตัวเซ็นเซอร์แก๊สรุ่นต่าง ๆ ของยี่ห้อ HEIMANN	3
ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างชนิดของเซ็นเซอร์และวัสดุที่ใช้ทำเซ็นเซอร์	7
ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงความไวของเซ็นเซอร์แก๊ส AF63	9
ตารางที่ 2.4 แสดงค่าของ A และ G เมื่อ V_i เข้าใกล้ 0	10
ตารางที่ 2.5 แสดงค่าต่างๆของ ADC 0804	21
ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงความสัมพันธ์ในการทำงานของขา RS , R/W และ E ของโมดูล LCDแบบอักษร	26
ตารางที่ 2.7 รายละเอียดของขาโมดูลความถี่วิทยุ (TRW – 2.4 GHz)	34
ตารางที่ 2.8 แสดงรายละเอียดของตำแหน่งบิตภายในตัวโมดูลความถี่วิทยุ	37
ตารางที่ 3.1 แสดงตำแหน่งบิตของช่องสัญญาณความถี่และโหมดการทำงาน	58
ตารางที่ 3.2 แสดงการกำหนดค่าให้กับตัวส่ง	58
ตารางที่ 3.3 แสดงการกำหนดค่าให้กับตัวรับ	58
ตารางที่ 3.4 แสดงการกำหนดค่ากำลังงานของภาคส่ง	59
ตารางที่ 3.5 แสดงการกำหนดค่าสถานะของตำแหน่งบิตที่ 10 ถึง 12	59
ตารางที่ 3.6 แสดงกำหนดสถานะบิตตำแหน่งที่ 8 – 15	60
ตารางที่ 3.7 แสดงตารางการกำหนดค่า ADDR_W	60
ตารางที่ 3.8 แสดงตารางการกำหนดค่าในตำแหน่งบิตที่ 16 – 23	60
ตารางที่ 3.9 ตารางแสดงจำนวนความกว้างของบิตข้อมูลในช่องสัญญาณที่ 1	61
ตารางที่ 3.10 ตารางแสดงจำนวนความกว้างของบิตข้อมูลในช่องสัญญาณที่ 2	61
ตารางที่ 3.11 ตารางแสดงจำนวนบิตที่จองไว้สำรอง	61
ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองที่ได้จากการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ (mg%) จากเครื่องวัดจริง และแรงดันที่วัดได้จากภาชนะจากเครื่องวัดที่สร้างขึ้น	62
ตารางที่ 4.2 แสดงค่าแรงดันที่ได้จากการคำนวณและเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง	63
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าที่วัดได้จากเครื่องจริงและเครื่องที่สร้างขึ้น	64

บทที่ 1

บทนำ

เนื่องจากการดื่มเครื่องดื่มที่มีแอลกอฮอล์เป็นส่วนผสมแล้วขับหรือควบคุมยานพาหนะมีส่วนก่อให้เกิดอุบัติเหตุทางการจราจรเป็นอย่างมาก จึงได้มีการคิดหาวิธีที่จะวัดปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดของผู้ขับขี่ยานพาหนะ ซึ่งการศึกษาหาวิธีที่จะวัดระดับแอลกอฮอล์ในร่างกายมีมากกว่า 150 ปีมาแล้วในระยะแรก การวิเคราะห์หาระดับแอลกอฮอล์ใช้วิธีเก็บตัวอย่างจากเลือดหรือปัสสาวะจากผู้ต้องสงสัยปัญหา คือต้องวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ และต้องใช้ผู้ที่มีความชำนาญ ทราบผลช้าต่อมาได้มีการ คิดค้นเครื่องวัดแอลกอฮอล์ในเลือด โดยวิธีเป่าลมหายใจขึ้นและได้มีการพัฒนาต่อมาเรื่อยๆ จนถึงปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องวัดแอลกอฮอล์ในเลือด โดยวิธีเป่าลมหายใจให้มีประสิทธิภาพมากพอที่จะใช้งานได้จริงและนำไปสู่การลดอุบัติเหตุ ซึ่งวิธีการวัดระดับแอลกอฮอล์ในเลือด โดยวิธีเป่าลมหายใจเป็นวิธีที่ใช้กันแพร่หลายและเป็นที่ยอมรับกัน เนื่องจากการวัดระดับแอลกอฮอล์ในเลือดโดยวิธีเป่าลมหายใจเป็นวิธีที่สะดวกและรวดเร็วที่สุด

ปัจจุบันประเทศไทยได้มีกฎหมายกำหนดให้ ใช้เครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ในเลือดโดยวิธีเป่าลมหายใจเป็นเครื่องมือในการตรวจจับผู้ที่เมาสุราแล้วขับรถ ตั้งแต่ พ.ศ. 2537 ซึ่งการบังคับใช้กฎหมายห้ามผู้ขับขี่ยานพาหนะเสพสุรา มีครั้งแรก ในปี ค.ศ. 1937 ที่ประเทศสวีเดน (Sweden) โดยให้ตำรวจสามารถเก็บตัวอย่างเลือดจากผู้สงสัยว่า ดื่มสุรา แล้วขับรถ เพื่อลดอุบัติเหตุ ในปี ค.ศ. 1937 ประเทศนอร์เวย์ (Norway) ได้มีกฎหมายกำหนดปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือด สำหรับผู้ขับขี่ยานพาหนะไว้ไม่เกิน 0.50 mg/g (ประมาณ 0.053 % w/v) ในปี ค.ศ. 1941 ประเทศสวีเดน ได้มีกฎหมายกำหนดปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือด สำหรับผู้ขับขี่ยานพาหนะไว้ไม่เกิน 1.5 mg/g (0.159 ‰) และในปี ค.ศ. 1990 ได้ลดปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือดลงเหลือ 0.2 mg/g ในปี ค.ศ. 1967 ประเทศสหราชอาณาจักร ได้มีกฎหมายกำหนดปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือด สำหรับผู้ขับขี่ยานพาหนะไว้ไม่เกิน 80 mg% ส่วนในประเทศไทยมีกฎหมายห้ามผู้ขับขี่เสพสุราและได้ให้อำนาจเจ้าพนักงานฯ จัดให้มีการทดสอบผู้ขับขี่ ตามพระราชบัญญัติจราจรทางบก พ.ศ. 2537 ซึ่งกฎหมายกำหนดปริมาณแอลกอฮอล์ในเลือด สำหรับผู้ขับขี่ยานพาหนะไว้ไม่เกิน 50 mg% และ เพื่อตอบสนองนโยบายของรัฐ ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการทดลองและสร้างเครื่องวัดระดับแอลกอฮอล์ในเลือดโดยวิธีเป่าลมหายใจขึ้นมา

1.1 แนวคิดและที่มาของการทำปริญญานิพนธ์

จากการศึกษาพบว่าเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยวิธีการเป่าลมหายใจ ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน ต้องทำการสั่งซื้อจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาแพงมากถึงเครื่องละ 60,000-80,000บาท เลขที่เดียว เพราะเหตุนี้ทำให้เครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์มี ไม่เพียงพอต่อการใช้งานของเจ้าหน้าที่ตำรวจ และการซ่อมแซมก็ทำได้ยาก เพราะต้องส่งกลับไปยังบริษัทผู้ผลิตที่ต่างประเทศ ทำให้การซ่อมแซมใช้เวลานาน ซึ่งก่อให้เกิดปัญหากับเจ้าหน้าที่เป็นอย่างมาก

จากปัญหาดังกล่าวทำให้ทางคณะผู้จัดทำมีแนวคิดที่จะสร้างเครื่องตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยวิธีการเป่าลมหายใจ เพื่อลดปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และยังเพิ่มเติมส่วนฐานข้อมูลเก็บประวัติผู้ฝ่าฝืนพระราชบัญญัติจราจรทางบก (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2535 มาตรา43 “ว่าด้วยห้ามมิให้ผู้ขับขี่รถในขณะมีเมามาสุรา หรือของเมาอย่างอื่น” ทำให้ติดตามและดูแลผู้ที่กระทำผิดได้เป็นอย่างดี

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการทำปริญญานิพนธ์

- 1.2.1 ช่วยลดอุบัติเหตุที่อาจเกิดขึ้นกับผู้ขับขี่ยานพาหนะ
- 1.2.2 เพื่อเก็บประวัติของผู้ฝ่าฝืนพระราชบัญญัติจราจรทางบก
- 1.2.3 จัดทำเป็นสถิติและหาแนวทางการแก้ไขปัญหา
- 1.2.4 จัดสร้างเครื่องในราคาถูกลง ซึ่งทำให้บุคคลทั่วไปและเจ้าหน้าที่ตำรวจสามารถจัดซื้อได้

1.3 ขอบเขตของการทำปริญญานิพนธ์

- 1.3.1 สร้างเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ด้วยวิธีการเป่าลมหายใจ
- 1.3.2 ส่งข้อมูลจากตัวเครื่องเข้าฐานข้อมูลในคอมพิวเตอร์ด้วยระบบไร้สาย
- 1.3.3 ฝั่งรับ รับข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม เข้าฐานข้อมูลในคอมพิวเตอร์
- 1.3.4 สร้างฐานข้อมูลเก็บประวัติผู้ฝ่าฝืนพระราชบัญญัติจราจรทางบก

บทที่ 2

ทฤษฎีและหลักการ

2.1 หลักการตรวจวัดแก๊สแบบต่าง ๆ

เราพบว่าส่วนมากการวัดปริมาณแก๊สในอุตสาหกรรมแทบทุกชนิดจะใช้หลักการทางไฟฟ้าทั้งสิ้น ดังนั้นเราจึงต้องรู้คุณสมบัติทางไฟฟ้าดังกล่าวของมัน ซึ่งพอจะแบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างของคุณลักษณะจำเพาะของตัวเซ็นเซอร์แก๊สรุ่นต่าง ๆ ของยี่ห้อ HEIMANN

ชื่อชนิด	AF10	AF20	AF3	AF3	AF3	AF50	AF56	AF63	AF63P
			0	3	5				
แก๊สที่ตรวจจับ	ไฮโดรเจน	คาร์บอนมอนอกไซด์	ควีนบูห์รี			มีเทน	แก๊ส LP (โพรเพน, บิวเทน)	ไอของแก๊สโซลีนที่มีแอลกอฮอล์ทอลลูอิน	อีทานอลที่เป็นของเหลว
ย่านการตรวจจับ	10 ppm – 1000 ppm	50 ppm – 2000 ppm				500 ppm – 10000 ppm	500 ppm – 10000 ppm	100 ppm – 5000 ppm	
การสูญเสียกำลัง (mW) สูงสุด	530	780	535	680	530	690	690	680	
อุปกรณ์ที่ใช้ตรวจจับ	ออกไซด์ของสารกึ่งตัวนำ								
วัสดุขา	นิกเกิลอัลลอย								
โลหะที่เคลือบ	ไนลอน 66								พีทีเอส
ตัวป้องกันไฟ	ตะแกรงทำจากสแตนเลสสตีล (SUS 316) ขนาด 100 mesh 2 ชั้น								

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.1 เมทานอลและอีธานอล (Methanol and Ethanol)

เมทานอล หรือเรียกว่าแอลกอฮอล์ไม้ เมทิลแอลกอฮอล์ หรือคาร์บินอลเป็นของเหลวที่ไม่มีสี ติดไฟง่าย ผสมกับน้ำได้ดี เป็นพิษต่อประสาทโดยตรง กินไม่ได้ อาจทำให้ตาบอดได้ เมื่อเป็นของเหลวจะเดือดกลายเป็นไอที่ 65°C เมทานอลใช้เป็นตัวทำละลายของสารอินทรีย์ต่าง ๆ และใช้ในการสังเคราะห์สารอินทรีย์ ใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันเบนซินได้เป็นตัวทำละลายวัสดุอินทรีย์ เช่น เซลลูลอส และวานิช ใช้ทำพลาสติก กาวเรซิน และกรดอะเซติก

อีธานอล หรือเอทิลแอลกอฮอล์ ระเหยกลายเป็นไอที่ 78°C เป็นของเหลวที่ไม่มีสี ไม่ติดไฟไม่เป็นพิษต่อร่างกาย นอกจากรับประทานเข้าไปมาก ๆ ใช้เป็นตัวทำละลายและเป็นตัวทำปฏิกิริยาในการเตรียมสารอินทรีย์ ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากอีธานอลได้แก่ การเจือจางในส่วนผสมของยา ทำพลาสติก เหล้า แอลกอฮอล์ และเครื่องสำอาง นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงรถได้อีกด้วย โดยในแก๊สโซลีนจะผสมอีธานอลประมาณ 10% แอลกอฮอล์ที่บริสุทธิ์ 100% จะถูกเรียกว่า “แอลกอฮอล์สัมบูรณ์”(absolute alcohol)

2.2 ระบบตรวจจับแก๊สและรายละเอียดเกี่ยวกับเซ็นเซอร์ (Sensor)

การตรวจวัดปริมาณสารมีจุดมุ่งหมายสำคัญ เพื่อวิเคราะห์ผลิตภัณฑ์หรือตัวแปรต่างๆ ทั้งในระหว่างกระบวนการผลิตและเมื่อสิ้นสุดกระบวนการ รูปแบบและวิธีการวัดมีการพัฒนาอย่างรวดเร็วไม่ว่าจะเป็นการวัดตัวแปรทางกายภาพและเคมี ตัวอย่างการวัดทางกายภาพ เช่น การวัดปริมาตร มวล ความหนาแน่น อัตราการไหล ความดันและอุณหภูมิ เป็นต้น ในการวัดตัวแปรทางเคมี ในปัจจุบันมีเครื่องมือต่างๆ เช่น แก๊สและลิควิดโครมาโตกราฟี (Gas-Liquid chromatography) พีเอชมิเตอร์ (PH meter) อีออนซีลคทีฟอิเล็กโทรด (Ion-selective electrode) และสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (Spectro photo meter) เป็นต้น เครื่องมือวัดเหล่านี้ทำงานได้ดี ทั้งการวัดตัวแปร หรือ สารตัวอย่างโดยตรงหรือมีตัวอย่างเปลี่ยนสภาพที่ทำให้เครื่องมือวัดหรือเซ็นเซอร์ตอบสนอง

การใช้วัสดุในการวิเคราะห์ปริมาณสารที่เรียกว่า Chemical assay มักใช้เวลาในการวิเคราะห์ เช่น ที่แก๊สเซ็นเซอร์ (TGS sensors) ของ Figaro Engineering company ที่ใช้เนื้อสารของดีบุกออกไซด์ (SnO_2) เป็นตัวเพื่อวิเคราะห์คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) จากท่อไอเสียรถ ปัจจุบันมีการใช้หัววัดทางเคมีไปติดเข้ากับเครื่องมือทางไฟฟ้าในการหาปริมาณสารวัดตัวอย่างได้ในระยะเวลาอันรวดเร็วเครื่องมือวัดแบบนี้เรียกว่า เคมีเซ็นเซอร์

2.2.1 นิยามของ แก๊สเซ็นเซอร์ (Gas sensors)

เซ็นเซอร์จะเป็นส่วนสำคัญสำหรับระบบการควบคุมทางอิเล็กทรอนิกส์ ที่สามารถแสดงผลออกมาทางการตอบสนองของประสาทสัมผัสของมนุษย์ที่นอกจากเราจะสามารถ ได้ยิน สัมผัส ดมกลิ่น การลิ้มรส และถารมองเห็น เราอาจจะได้รับอันตรายจากการสัมผัสหรือได้รับสิ่งเหล่านั้น โดยตรงในปริมาณที่มากเกินไปจนขีดจำกัดที่ร่างกายจะรับได้ เซ็นเซอร์จะสามารถแสดงเป็นทางอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้ค่าที่เท่ากับการตอบสนองของร่างกายอย่างไรก็ตาม อาจกล่าวได้ว่าการพัฒนาเซ็นเซอร์มีการพัฒนาเป็นเอกสารถึงเป็นเอกสารถึงสวงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

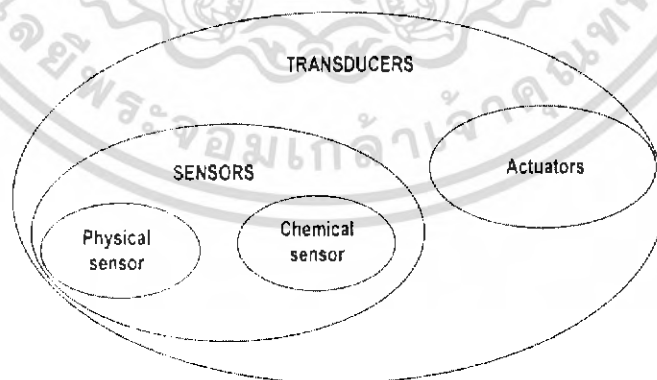
อุปกรณ์ ไมโครอิเล็กทรอนิกส์ที่ให้สัญญาณดิจิทัลอย่างมาก โดยเฉพาะการทำตัวตรวจจับที่สามารถตอบสนองต่อสารเคมี และในกรณีที่มีการทำกล้อง LCD ที่สามารถแยกประสาท ในการมองได้สูงมาก หรือแม้แต่การทำไมโครโฟนที่มีความไวในการตอบสนองเสียงได้ดี ซึ่งสิ่งเหล่านี้ยังเป็นขั้นเริ่มต้น

สัญญาณดิจิทัลในทางอิเล็กทรอนิกส์ของตัวตรวจจับทางเคมีซึ่งจะสามารถรู้สและได้กลิ่นของสิ่งไม่มีชีวิต ถึงแม้แต่ในระบบชีววิทยายังมีระบบภูมิคุ้มกัน และการวัดปริมาณกลูโคสการวัดความเข้มข้นสารเคมีและการควบคุมปริมาณที่ต้องใช้ความถูกต้องสูง เพื่อที่จะแทนที่หรือเป็นตัววัดระบบชีววิทยาเหล่านี้ งานในที่สุดจะได้ตัวตรวจจับที่มีการตอบสนองและการแยกแยะที่ดี วัสดุตรวจจับทางเคมีในเชิงพาณิชย์จะต้องสามารถปรับค่าเริ่มต้นตั้งแตงังไม่สามารถเป็นตัวตรวจจับทางเคมี และทางชีววิทยาที่สามารถแยกแยะสารและตอบสนองที่ดีที่เหมือนระบบชีววิทยานั้นได้รับการยอมรับ ในช่วงทศวรรษที่ผ่านมาได้มีการวิจัยทางนี้อย่างกว้างขวางและจนกระทั่งในปัจจุบันได้มีเซ็นเซอร์ออกสู่ตลาดหลายชนิด

ตัวอย่างเซ็นเซอร์ที่ได้รับการแพร่หลายมากที่สุดก็คือกลูโคส เซ็นเซอร์ในปัจจุบันเป็นเซ็นเซอร์ชนิดสามารถสร้างได้ง่าย มีราคาถูก จนสามารถใช้แล้วทิ้งได้ เพื่อให้การตอบสนองที่ดีและมีความถูกต้อง และยังมีการแสดงผลเป็นสัญญาณดิจิทัลเพื่ออำนวยความสะดวกการใช้

การแยกชนิดของเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ในการตรวจจับสามารถแบ่งออกเป็นหลักกว้างๆคือ ทรานสดิวเซอร์ (Transducers) เซ็นเซอร์ และ แอคชูเอเตอร์ (Actuators)

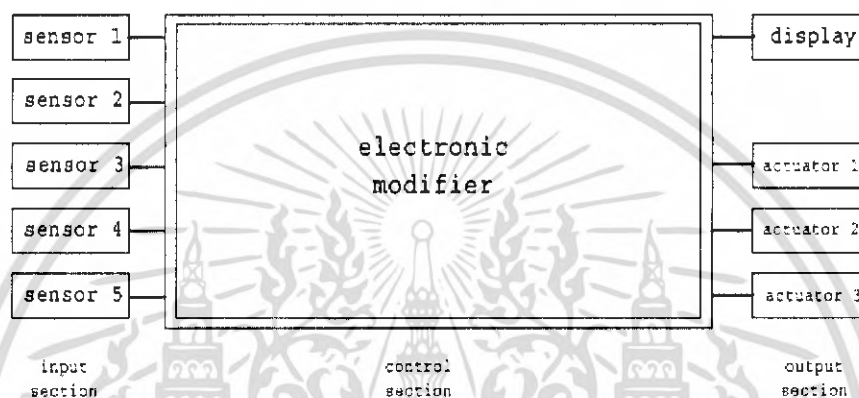
ความหมายของคำว่า ทรานสดิวเซอร์ (Transducers) ซึ่งหมายถึง “การเปลี่ยนสภาพ การแปลงสภาพ” ดังนั้น อุปกรณ์จะต้องเป็นการเปลี่ยนแปลงหรือการแปลงสภาพ พลังงานจากระบบหนึ่งไปเป็นระบบอื่นโดยที่รูปแบบอาจเปลี่ยนแปลงไปก็ ซึ่งจะเป็นความหมายของ ทรานสดิวเซอร์ การวัดค่าต่าง ๆ ในสิ่งแวดล้อม ทรานสดิวเซอร์จะเป็นอุปกรณ์ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงสัญญาณจากพลังงานรูปหนึ่งไปเป็นพลังงานอีกรูปหนึ่ง โดยพลังงานมีอยู่หลายรูปแบบเช่น ทางไฟฟ้า ทางกลศาสตร์ ทางแสงทางความร้อน ทางแม่เหล็ก และทางการแผ่รังสี



รูปที่ 2.1 แสดงการจำกัคกลุ่มของทรานสดิวเซอร์ (Transducers)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เซ็นเซอร์ เป็นทรานสดิวเซอร์ที่แปลงสัญญาณในรูปแบบต่าง ๆ เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า ส่วนแอกชูเอเตอร์ จะเป็นทรานสดิวเซอร์ที่แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าไปเป็นสัญญาณในรูปแบบอื่นโดยทั่วไปจะเป็นสัญญาณในรูปกลศาสตร์ (ดังแสดงในรูปที่ 2.1) ตัวอย่างของเซ็นเซอร์ เช่น เซ็นเซอร์วัดความดัน พีเอสเซ็นเซอร์ และโฟโตทรานซิสเตอร์ ตัวอย่างของแอกชูเอเตอร์ เช่น โซลินอยด์ อุปกรณ์เพียร์โซอิเล็กทริก และเลเซอร์ไดโอดส่วนในเคมีคอลแอกชูเอเตอร์ (chemical Actuators) เมื่อป้อนศักดาทางไฟฟ้าจะให้เกิดไฮโดรเจนและออกซิเจน จอภาพเป็นทรานสดิวเซอร์ชนิดพิเศษที่แปลงสัญญาณทางไฟฟ้าเป็นรูปแบบที่มองเห็น เช่น จอภาพซีอาร์ที (CRT) จอ LCD ซึ่งเป็นอุปกรณ์แสดงผลที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไป



รูปที่ 2.2 แสดงไดอะแกรมของทรานสดิวเซอร์ที่ประกอบด้วยวงจรรขยายแอกชูเอเตอร์และจอภาพ

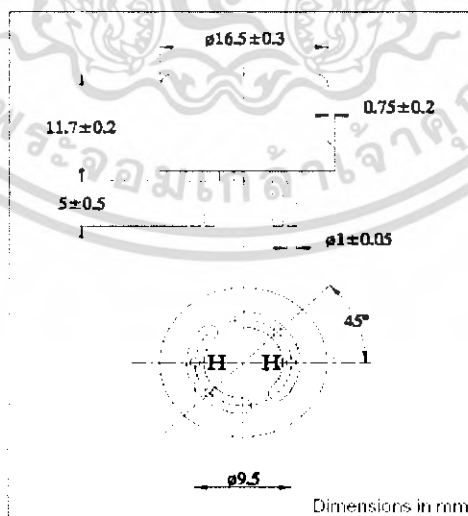
โดยทั่วไประบบควบคุมการทำงานของทรานสดิวเซอร์ในทางอิเล็กทรอนิกส์ จะประกอบด้วยเซ็นเซอร์ที่อยู่ในส่วนอินพุตต่อไปยังสัญญาณไฟฟ้า จากนั้นสัญญาณไฟฟ้าจะผ่านการขยายสัญญาณ เช่น ไมโครโปรเซสเซอร์ ในส่วนของเอาต์พุต ส่วนขยายสัญญาณจะถูกแปลงสัญญาณโดยแอกชูเอเตอร์ เพื่อแสดงบนหน้าจอ ดังรูปที่ 2.2 ส่วนชนิดและวัสดุที่ทำเป็นตัวเซ็นเซอร์จะแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงตัวอย่างชนิดของเซ็นเซอร์และวัสดุที่ใช้ทำเซ็นเซอร์

ชนิดเซ็นเซอร์	วัสดุเซ็นเซอร์	Sensor function
ความชื้น	MgCr ₂ O ₄ -TiO ₂ ,O ₃ , ZnCr ₂ O ₄ -LiZnVO ₄ ,AlO ₃ , Ca ₁₀ (PO ₄)(OH) ₂ ZrO ₂ -MgO	ความนำไฟฟ้า
ก๊าซ	SnO ₂ , ZnO, Y-Fe ₂ , O ₃ , X-Fe ₂ O ₃ ,TiO ₂ ,MgO CoO-Mgo,Zro ₂ -CaO	ความนำไฟฟ้า
อุณหภูมิ	(Mn,Cu)(Mn,Co,Ni) ₂ O ₄ , CoAl ₂ O ₃ ,NiAl ₂ O ₄ Mg(Al,Cr,Fe) ₄ O ₃ ,SiC, BaTiO ₃ VO,(MN,Zn)Fe ₂ O ₄	NTC thermistor PTC thermistor Temperature switch
ระยะทางความเร็ว	Pb(Zr,Ti)O ₃	Piezoelectric
แสง	PbTiO ₃ ,LiTaO ₃ LiNbO ₃ ,Pb(Zr,Ti)O ₃ , CaF ₂ ,Li ₂ B ₄ O ₇	Pyroelectricity (Infrared detection) Thermoluminescence

2.2.2 รายละเอียดเกี่ยวกับเซ็นเซอร์แก๊ส AF63

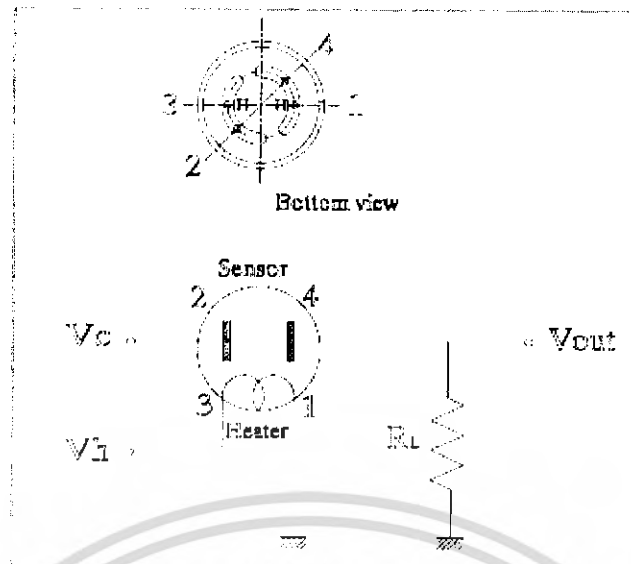
ลักษณะโครงสร้างของเซ็นเซอร์แก๊ส AF63 ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 ภาพแสดงลักษณะของเซ็นเซอร์แก๊ส AF63

- ลักษณะวงจรของเซ็นเซอร์แก๊ส AF63 ดังรูปที่ 2.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



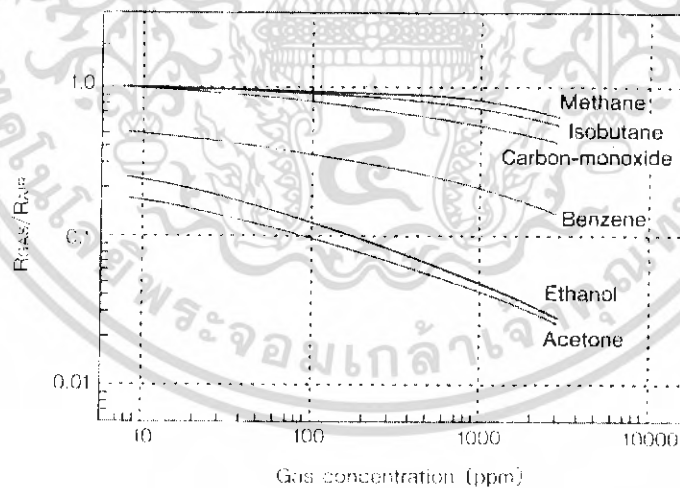
รูปที่ 2.4 ภาพแสดงวงจรของเซ็นเซอร์แก๊ส AF63

คุณสมบัติสำคัญของเซ็นเซอร์แก๊ส AF63

- คุณสมบัติที่เกี่ยวกับความไว

ค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์จะแปรผกผันกับปริมาณความเข้มข้นของแก๊ส แอลกอฮอล์ ดังรูปที่ 2.5

R_{gas} : Resistor value in gas
 R_{air} : Resistor value in atmosphere



รูปที่ 2.5 ภาพแสดงความไวในการเปลี่ยนแปลงค่าความต้านทานของเซ็นเซอร์เมื่อความเข้มข้นของแอลกอฮอล์เปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- คุณสมบัติความไวของเซ็นเซอร์แก๊ส AF63 ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตารางแสดงความไวของเซ็นเซอร์แก๊ส AF63

Sensitivity characteristics:

	Specification	Conditions
Sensor Resistance	3k to 12k Ω	In clean air
Rgas		
Gas Sensitivity		Resistance ratio at 100 ppm ethanol to clean air
Rgas/Rair	0.07 to 0.20	
Power Consumption	680mW(max)	

สภาวะที่เหมาะสมกับทดสอบเซ็นเซอร์

- ทดสอบที่อากาศบริสุทธิ์ในอุณหภูมิ 25 ± 2 °C และ $50 \pm 5\%$ RH ที่ไม่มีแก๊สอื่นรบกวน
- Vc (circuit age) ที่ 5 ± 0.05 โวลต์
- Vh (heater age) ที่ 5 ± 0.05 โวลต์
- ใช้ความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ (Ethanol) 100 ppm

2.3 ทฤษฎีออปแอมป์ (Operational Amplifiers)

ออปแอมป์เป็นวงจรขยายสำคัญที่ถูกสร้างขึ้นเป็นบล็อกและได้นำมาใช้งานแล้วเป็นเวลานาน โดยเริ่มแรกประยุกต์ใช้กับการคำนวณเชิงอนาล็อกและการวัด

ออปแอมป์ที่สร้างจากอุปกรณ์คิสิคริตเช่น ทรานซิสเตอร์ และตัวต้านทาน ทำให้มีราคาแพง ต่อมากลางปี พ.ศ.2503 ได้มีการสร้างออปแอมป์เป็นวงจรรวมตัวแรกประกอบด้วยทรานซิสเตอร์และตัวต้านทานเป็นจำนวนมากอยู่บน ชิปซิลิคอนเดียวกันทั้งหมดมีชื่อว่า μA 709 แม้ว่าออปแอมป์ดังกล่าวจะมีคุณลักษณะต่ำมากเมื่อเทียบกับปัจจุบันและมีราคาสูงก็ตาม แต่ก็เป็นการจุดประกายของการออกแบบวงจรรีเลกทรอนิกส์ยุคใหม่ เมื่อออปแอมป์ได้ถูกนำไปใช้งานมากขึ้นก็ทำให้มีราคาลดต่ำลงและก่อให้เกิดความต้องการใช้ออปแอมป์ที่มีคุณภาพดีขึ้น ต่อมาเพียงสองถึงสามปีผู้ผลิตสารกึ่งตัวนำทั้งหลายก็ได้ตอบสนองความต้องการอย่างรวดเร็วและได้ผลิตออปแอมป์ที่มีคุณภาพดีและราคาถูกเป็นจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เหตุผลที่ทำให้โอปอแอมป์ได้รับความนิยมนำไปใช้งานอย่างกว้างขวางก็คือโอปอแอมป์สามารถใช้งานได้หลากหลายและมีคุณลักษณะเข้าใกล้อุดมคติซึ่งหมายความว่าโอปอแอมป์วงจรรวมออกแบบเป็นวงจรต่างๆได้ง่ายและมีสมรรถนะการทำงานของวงจรเข้าใกล้ทฤษฎี เนื่องจากโอปอแอมป์มีอิมพีแดนซ์อินพุตเป็นอนันต์ ดังนั้น $i_1 = i_2$

$$\frac{v_o}{v_s} = G = -\frac{R_2/R_1}{1+(1+R_2/R_1)/A} \quad (2.1)$$

จากสมการ (2.1) เมื่อ A เข้าใกล้อนันต์ ∞ จะได้ G เข้าใกล้ $-\frac{R_2}{R_1}$ และ v_1 เข้าใกล้ 0 เพื่อให้ G ขึ้นกับ A น้อยลง ควรกำหนดให้

$$1 + \frac{R_2}{R_1} \ll A$$

ตารางที่ 2.4 แสดงค่าของ A และ G เมื่อ v_1 เข้าใกล้ 0

A	G	ϵ	v_1
10^3	90.83	-9.17%	-9.08 mV
10^4	99.00	-1.00%	-0.99 mV
10^5	99.90	-0.10%	-0.10 mV

2.3.1 รูปแบบการต่อไม่กลับขั้วสัญญาณ (Non-inverting configuration)

รูปที่ 2.6 แสดงให้เห็นรูปแบบการต่อโอปอแอมป์รูปแบบไม่กลับขั้วสัญญาณ ป้อนสัญญาณอินพุต v_2 โดยตรงที่ขั้วอินพุตบวกของโอปอแอมป์ และ R_1 ต่อกับขั้วลบและกราวด์การวิเคราะห์วงจรไม่กลับขั้วสัญญาณเพื่อคำนวณหาอัตราขยายรูปปิด (v_o/v_s) ดังรูปที่ 2.6 สมมติว่าโอปอแอมป์อุดมคติมีอัตราขยายรูปเปิดเท่ากับอนันต์ ($A = \infty$) และระหว่างขั้วอินพุตทั้งสองอยู่ในลักษณะลัดวงจรเสมือน (virtual short circuit) จะได้สัญญาณอินพุตผลต่าง คือ

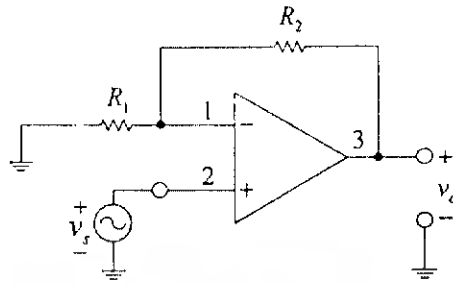
$$v_2 - v_1 = \frac{v_o}{A} = 0 \quad \text{กรณี } A = \infty$$

แรงดันที่ขั้วอินพุตกลับขั้วสัญญาณเท่ากับแรงดันที่ขั้วอินพุตไม่กลับขั้วสัญญาณซึ่งป้อนสัญญาณอินพุต v_s ดังนั้นคำนวณหากระแสไหลผ่าน R_1 ได้จาก v_s/R_1 เนื่องจากอินพุตอิมพีแดนซ์ของโอปอแอมป์เท่ากับอนันต์ ดังนั้นกระแสไหลผ่าน R_1 v_s/R_1 เท่ากับกระแสไหลผ่าน R_2 (ดูรูปที่ 2.6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขียนสมการ KVL

$$v_o - \frac{V_s}{R_1} R_2 - v_s = 0$$



รูปที่ 2.6 รูปแบบการต่อไม่กลับขั้วสัญญาณ

จากคุณสมบัติของวงจรรขยายไม่กลับขั้วสัญญาณ การต่อไม่กลับขั้วสัญญาณคือมีอินพุตแอมป์แอนด์อินพุตสูงและอินพุตแอมป์แอนด์เอาต์พุตเป็นศูนย์ จึงสามารถประยุกต์ใช้กับออปแอมป์ต่อแบบไม่กลับขั้วสัญญาณเป็นวงจรมัฟเฟอร์ (buffer amplifier) เพื่อต่อกับแหล่งจ่ายที่มีอินพุตแอมป์แอนด์สูงเข้ากับโหลดที่มีอินพุตแอมป์แอนด์ต่ำ และให้มีอัตราขยายแรงดันเท่ากับ 1

2.3.2 วงจรรขยายอินสตรูเมน (Instrumentation Amplifier)

สัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากหัววัดโดยทั่วไปมีขนาดเล็กมากถึงระดับมิลลิโวลต์ หรือแม้แต่ไมโครโวลต์ ในขณะที่เดียวกันสัญญาณรบกวนจากสภาวะแวดล้อมอาจมีขนาดใหญ่ถึงสิบหรือร้อยโวลต์ ด้วยเหตุนี้เครื่องมือวัดมักจะวัดสัญญาณในลักษณะของสัญญาณผลต่าง (differential signal) และใช้วงจรรขยายสัญญาณที่มีอัตราส่วนการจัดแบบวิธีร่วม (CMRR) สูงช่วยในการกำจัดสัญญาณรบกวนออกไป

วงจรรขยายประเภทนี้เรียกกันทั่วไปว่าวงจรรขยายสำหรับการวัดคุม (instrumentation amplifier) วงจรชนิดนี้มีอัตราขยายปานกลาง อัตราส่วนการจัดแบบวิธีร่วมสูงสัญญาณรบกวนต่ำแบบดีวีดีต่ำสามารถหาซื้อได้ในท้องตลาด แต่มีราคาสูง กินกำลังงานสูง และไม่อยู่ร่วมกับวงจรอื่น เช่น วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิตอล หรือวงจรมประมวลสัญญาณเชิงเลข (DSP) ในลักษณะของชิปเดี่ยว (single-chip)

วงจรรขยายอินสตรูเมนดังรูปที่ 2.7(ก) เขียนทิศทางกระแสและแรงดัน ดังรูปที่ 2.7(ข) จากดังรูปที่ 2.7 (ข)

$$v_{o1} - v_{o2} = (v_1 - v_2) + 2 \frac{R_2}{R_1} (v_1 - v_2) = \left(1 + 2 \frac{R_2}{R_1}\right) (v_1 - v_2) \quad (2.2)$$

จากผลต่างของแรงดัน ($v_{o1} - v_{o2}$) ของวงจรรขยายผลต่างจะเป็นสัดส่วนตรงกับ v_{in}

$$v_o = -\frac{R_4}{R_3} (v_{o1} - v_{o2}) \quad (2.3)$$

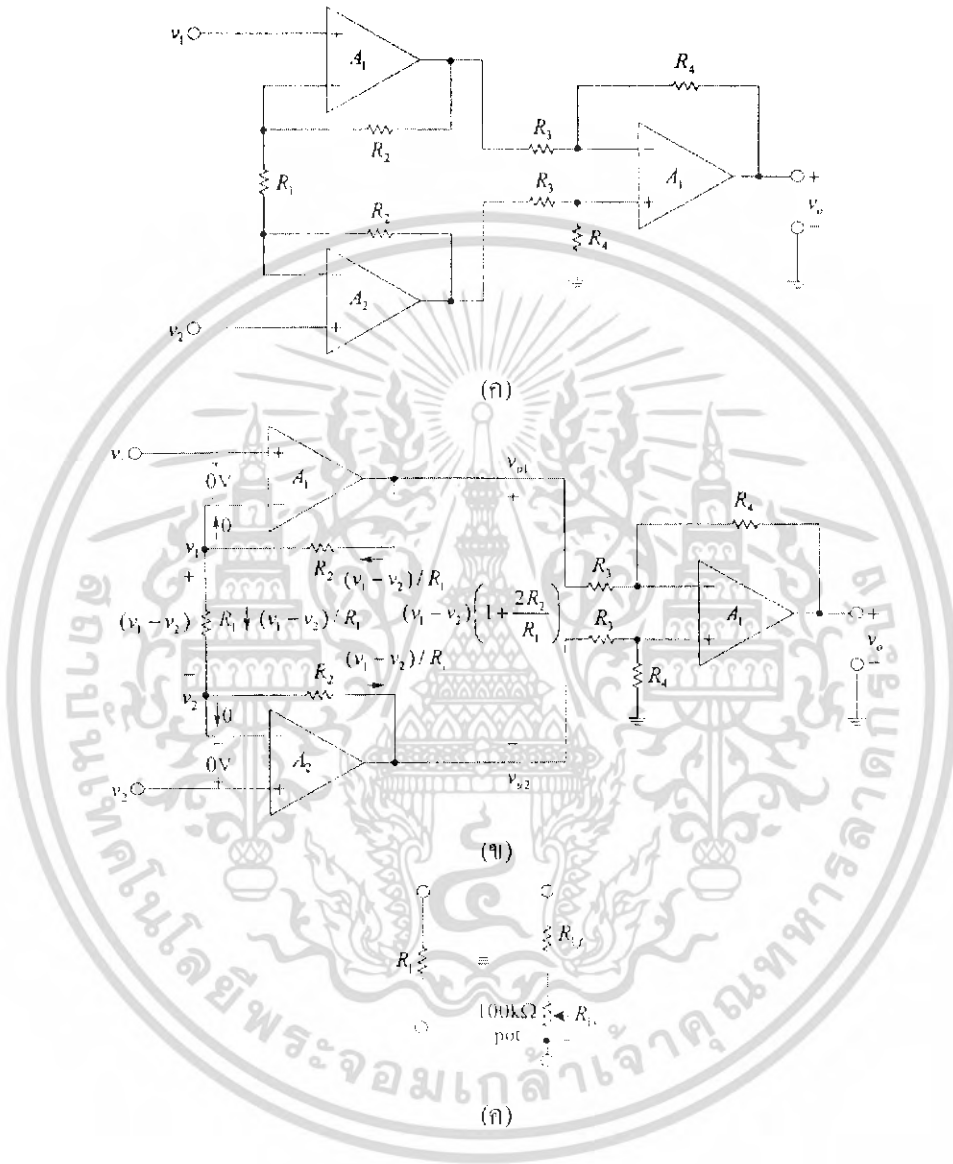
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แทนสมการ (2.2) ในสมการ (2.3)

$$v_o = -\frac{R_4}{R_3} \left(1 + 2\frac{R_2}{R_1} \right) (v_1 - v_2)$$

หรือ

$$v_o = \frac{R_4}{R_3} \left(1 + 2\frac{R_2}{R_1} \right) (v_2 - v_1)$$



รูปที่ 2.7 วงจรขยายอินส്ടรูเมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะได้อัตราขยายแรงดันผลต่างของวงจรรขยายผลต่างถ้าหาก $v_1 = v_2 = v_{cm}$

$$\text{ดังนั้น} \quad v_o = \frac{R_4}{R_3} (v_{o1} - v_{o2}) = -\frac{R_4}{R_3} (v_{cm} - v_{cm}) = 0$$

จากรูปที่ 2.7 ออกแบบวงจรรขยายอินส์ทรูเมนให้มีอัตราขยายเปลี่ยนแปลงไปจาก 2 ถึง 1000 เท่า

กำหนดให้ใช้ความต้านทานเปลี่ยนค่าได้เท่ากับ $100 \text{ k}\Omega$ เท่านั้น

กำหนดให้อัตราขยายของวงจรรขยายผลต่างเท่ากับ 1 เท่า

$$1 + \frac{2R_2}{R_1} = 2 \text{ ถึง } 1000$$

เมื่อ $R_1 = R_{1f} + R_{1v}$

$$\text{ดังนั้น} \quad 1 + \frac{2R_2}{R_{1f} + R_{1v}} = 2 \text{ ถึง } 1000$$

ที่ $R_{1v} = 0 \Omega$ จะได้อัตราขยาย 1,000 เท่า

$$1 + \frac{2R_2}{R_{1f}} = 1000$$

ที่ $R_{1v} = 100 \text{ k}\Omega$ จะได้อัตราขยาย 2 เท่า

$$1 + \frac{2R_2}{R_{1f} + 100k} = 2$$

แก้สมการจะได้

$$R_{1f} = 100.2\Omega$$

$$R_2 = 50.050k\Omega$$

2.4 ทฤษฎีการแปลงสัญญาณอนาลอก-ดิจิตอล (Analog To Digital Converter)

2.4.1 การแปลงสัญญาณอนาลอก-ดิจิตอล

สัญญาณที่ใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มี 2 ชนิด คือ สัญญาณอนาลอกและสัญญาณดิจิตอล สัญญาณอนาลอกจะใช้ในอุปกรณ์ต่างๆ ไปและใช้ในการควบคุมแบบเก่า

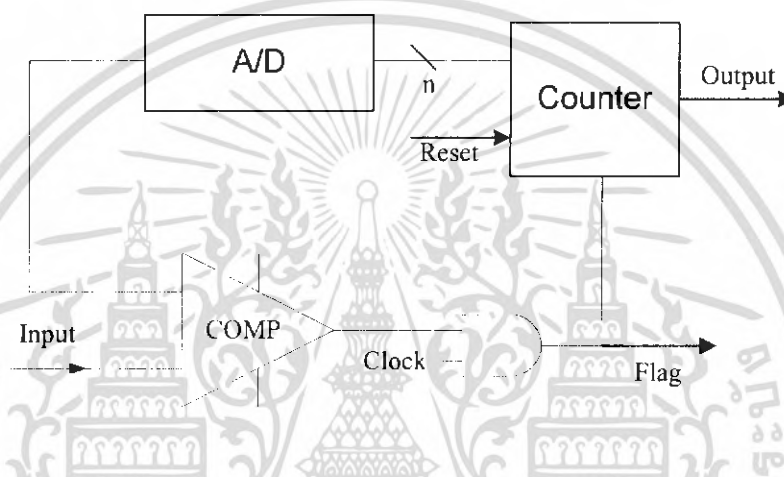
ในปัจจุบันมีไมโครโปรเซสเซอร์และไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ามาช่วยในการควบคุมอุปกรณ์ต่างๆ มากมาย ซึ่งทำให้การควบคุมนั้นทำได้ง่ายและรวดเร็วยิ่งขึ้น แต่ในการควบคุมนั้นเราจำเป็นต้องใช้สัญญาณดิจิตอลในการติดต่อกับไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์ แต่ในความเป็นจริงนั้นเราใช้สัญญาณอนาลอกในการควบคุม ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนสัญญาณอนาลอก เป็นสัญญาณดิจิตอลแล้วจึงนำสัญญาณนั้นเข้ามาสู่ไมโครโปรเซสเซอร์หรือไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อใช้ควบคุมระบบต่อไป

แม้ว่าสัญญาณอนาลอกนั้นมีความแน่นอนและแม่นยำสูงแต่สัญญาณอนาลอกนั้นก็ควบคุมได้ยาก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากในสภาพแวดล้อมมีสัญญาณรบกวนอยู่มาก และการที่จะทำให้การควบคุมแบบอนาลอกมีความสามารถควบคุมเท่ากับการควบคุมแบบดิจิทัลนั้นทำได้ยาก เนื่องจากวงจรควบคุมแบบอนาลอกจะต้องมีความซับซ้อนสูง อย่างไรก็ตามสัญญาณดิจิทัลไม่สามารถทดแทนความละเอียดของสัญญาณอนาลอกได้อย่างสมบูรณ์ แต่ทำให้การควบคุมนั้นทำให้ง่าย และสะดวกยิ่งขึ้น

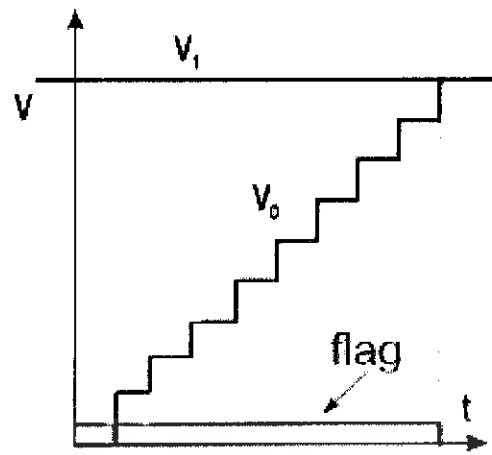
2.4.2 เกาน์ติ้งคอนเวอร์เตอร์ (Counting Converter)

เป็นวิธีที่ง่ายที่สุดของกรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัลโดยใช้อัลกอริทึมการนับค่าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ แล้วนำผลที่ได้จากการนับไปเปรียบเทียบกับค่าที่ต้องการที่ตั้งไว้ลักษณะการทำงานเป็นดังรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล A/D

จากวงจรเกาน์เตอร์เป็นอุปกรณ์นับค่าที่เพิ่มขึ้นทีละหนึ่งแล้วส่งค่าที่ได้ให้ A/D มีขารีเซต (Reset) รับสัญญาณรีเซต เมื่อต้องการให้เริ่มนับใหม่ A/D เมื่อรับค่าที่นับเพิ่มขึ้นทีละหนึ่งจากตัวนับก็แปลงค่าให้เป็นสัญญาณอนาลอกที่มีค่าความต่างศักย์ค่าหนึ่ง แล้วส่งต่อเข้าไปที่อุปกรณ์ตัวเปรียบเทียบ (Comparator) ตัวเปรียบเทียบจะเป็นอุปกรณ์ตัวเปรียบเทียบค่าความต่างศักย์ของอินพุตและค่าจากที่ตัวนับ ถ้าหากทั้งสองสัญญาณมีค่าเท่ากันส่งค่าความต่างศักย์ 0 โวลต์ออกมา (ลอจิก 0) ถ้าไม่เท่ากันก็จะส่งความต่างศักย์ที่ไม่ใช่ 0 โวลต์ออกมา (ลอจิก 1) ซึ่งค่าความต่างศักย์ที่ออกมาจะนำมาเข้าลอจิกเกต แอน (AND) กับ สัญญาณนาฬิกาจะได้ค่าลอจิกออกมาถ้าผลลัพธ์ออกมาเป็นสัญญาณนาฬิกาแสดงว่ายังไม่ได้ผลลัพธ์เท่าที่ต้องการสัญญาณนาฬิกาจะไปทำให้ตัวนับ นับเพิ่มขึ้นและเมื่อได้ค่าผลลัพธ์ดิจิทัลที่ต้องการแล้วค่าที่ได้จากตัวเปรียบเทียบจะให้ค่าความต่างศักย์เป็น 0 (ลอจิก 0) ซึ่งเมื่อนำมาเข้าลอจิกเกต AND กับ สัญญาณนาฬิกาแล้วก็จะให้ลอจิก 0 ซึ่งทำให้ตัวนับไม่นับเพิ่มอีกก็จะได้ค่าดิจิทัลจากตัวนับที่ต้องการจากค่าอธิบายข้างต้นจะได้กราฟของ V_o ดังรูปที่ 2.9



Output voltage Graph from A/D converter

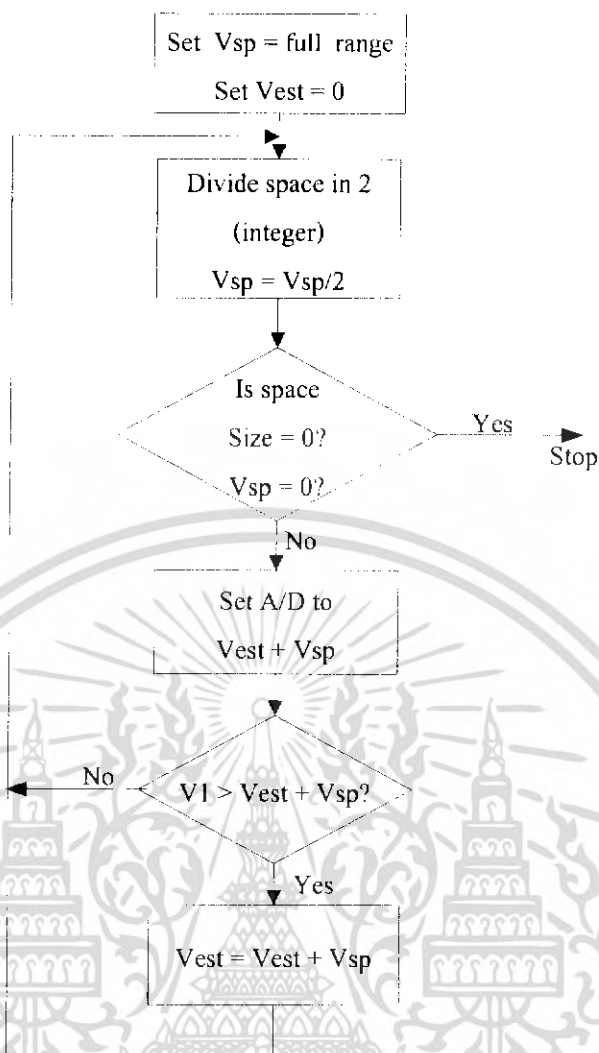
รูปที่ 2.9 กราฟแสดงระดับของ v_0

ข้อเสียของวิธีนี้ คือการนับต้องเริ่มนับที่ 0 เสมอและนับเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ซำเอาท์พุทที่ได้จะมีคิเลย์ (delay) จึงไม่ค่อยนิยมใช้เท่าที่ควรจึงได้เปลี่ยนตัวนับเป็นแบบนับลงได้ด้วยซึ่งจะอ้างอิงระดับจากระดับเก่าทำให้ไม่จำเป็นต้องนับ 0 ใหม่เมื่อมีการเปลี่ยนอินพุทใหม่แต่ให้อ้างอิงกับผลลัพธ์เดิมทำให้ได้ผลลัพธ์เร็วขึ้น

2.4.3 Successive Approximation

ใช้หลักการของ " ไบนารีเซิร์ช (binary search) " ในการหาคำตอบโดยนำค่าผลลัพธ์มาเปรียบเทียบกับค่ากึ่งกลางของช่วงเพื่อให้ทราบว่าค่านั้นๆมากกว่าหรือน้อยกว่าโดยจะปรับช่วงให้แคบลงมาเรื่อยๆ แล้วเปรียบเทียบผลลัพธ์กับค่ากึ่งกลางของช่วงไปเรื่อยๆจนได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ เช่น เลขที่เป็นคำตอบคือ 3 จากช่วงของคำตอบที่ 0-7 ครั้งแรกเอาค่า $(0+7)/2 = 4$ มาเปรียบเทียบได้ผลว่าคำตอบที่ต้องการอยู่ในช่วงที่น้อยกว่า 4 ครั้งที่ 2 ก็เลือกค่า $(0+4)/2 = 2$ มาเปรียบเทียบได้ผลว่าคำตอบที่ต้องการอยู่ในช่วงที่มากกว่า 2 แต่น้อยกว่า 4 ครั้งที่ 3 ก็เลือกค่า $(2+4)/2 = 3$ มาเปรียบเทียบได้ผลว่าคำตอบที่ต้องการจากหลักการที่กล่าวมาอาจเขียนโฟลว์ชาร์ต (flow chart) ได้ดังรูปที่ 2.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



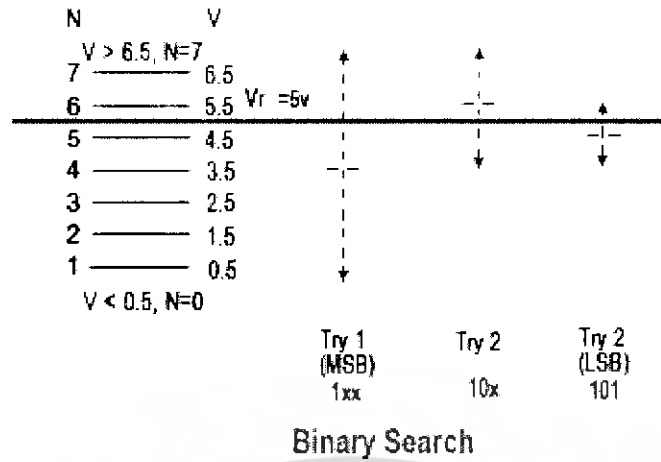
Binary Search Strategy

รูปที่ 2.10 โฟลว์ชาร์ต หลักการของไบนารีเซิร์ช

ข้อดีของวิธีนี้ คือ เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบ n รอบแน่นอน (สำหรับ n bit converter ซึ่งอ้างอิงได้ 2^n ระดับและระดับ V_m ที่คงที่) ซึ่งใช้เวลาน้อยกว่าแบบเดาน์ดิงอัลกอริทึม (CountingAlgorithm)

แต่มีข้อเสีย คือถ้า V_m เปลี่ยนทันทีทันใด ขณะที่กำลังทำ ไบนารีเซิร์ช อยู่ นั่นคำตอบที่ได้จะผิดพลาด ตัวอย่างเช่น เปลี่ยน V_m จาก 5 โวลต์ เป็น 2 โวลต์

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รูปที่ 2.11 ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากที่ V_m เปลี่ยนทันทีทันใด

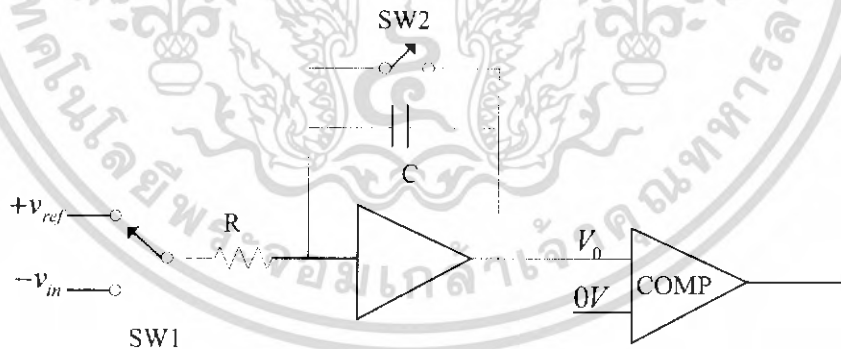
ช่วงของ V_m คือ 1-7 ใช้ $n=3$ (เพราะว่า $2^3=8$)

- ครั้งที่ 1 ใช้ 4 เปรียบเทียบกับ V_m (ซึ่งเท่ากับ 5 โวลต์) พบว่า อยู่ในช่วง โลเวอร์ (lower) ได้ 1xx
- ครั้งที่ 2 ใช้ 2 เปรียบเทียบกับ V_m (ซึ่งเท่ากับ 5 โวลต์) พบว่า อยู่ในช่วง อัปเปอร์ (upper) ได้ 10x
- ครั้งที่ 3 ใช้ 3 เปรียบเทียบกับ V_m (ซึ่งเท่ากับ 5 โวลต์) พบว่า ผลลัพธ์ที่ได้จะผิดพลาด ได้ 100

2.4.4 ดูอัล-สโลป เอดีซี (Dual-Slope ADC)

ใช้หลักการของวงจรรวมอินทิเกรเตอร์ (Integrator) ทำงานร่วมกับตัวเปรียบเทียบ (Comparator)

ผังรูปที่ 2.12



Dual Slope A/D Converter

รูปที่ 2.12 วงจร อินทิเกรเตอร์ ที่ทำงานร่วมกับตัว เปรียบเทียบ

อินพุตโวลต์แดง (Input Voltage) มี 2 ตัว คือ ค่าความต่างศักย์อนุภาคที่ต้องการแปลงเป็นดิจิตอล ($-V_m$) และความต่างศักย์ที่คงที่ค่าหนึ่ง (V_{ref}) และมีสวิตช์ (SW1) ซึ่งทำหน้าที่เลือกค่าสัญญาณจากวงจรตอนเริ่มต้นสวิตช์ (SW2) ทำหน้าที่คายประจุของตัวเก็บประจุซี (C) แล้วจึงเปิดสวิตช์ 2 ออกเมื่อสวิตช์ 1 สลับมาที่ $-V_m$ จากอินทิเกรเตอร์ จะพิสูจน์สมการได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

72751

$$I = C \frac{dV_0}{dt}$$

$$-V_{in} + iR - V_0 + V_0 = 0$$

$$-V_{in} + RC \frac{dV_0}{dt} = 0$$

$$V_{in} = RC \frac{dV_0}{dt}$$

$$\int dV_0 = \int \frac{V_{in}}{RC} dt$$

$$V_0 = \frac{V_{in}}{RC} t$$

สโลป (slope) มีค่าเท่ากับ

$$\frac{V_{in}}{RC}$$

ค่าที่ใช้มีค่าคงที่ t_m

เมื่อ t เพิ่มขึ้นจากศูนย์ถึง t_m ให้สวิตช์ สับไปที่ V_{ref}

จะได้สมการ

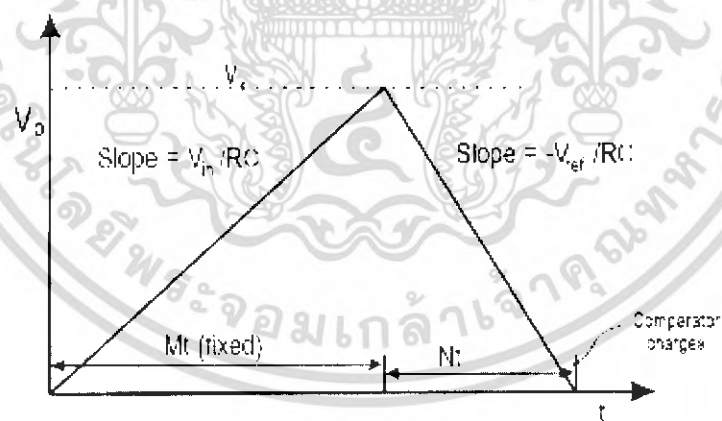
$$V_0 = \frac{V_{ref}}{RC} t_m$$

สโลป มีค่า

$$\frac{V_{ref}}{RC}$$

สมมติ ช่วงเวลาดังแต่ความต่างศักย์ที่ t_m จนความต่างศักย์เป็น 0 มีค่าเท่ากับ t_n

ได้ดังแสดงในกราฟที่ 2.13



Dual Slope A/D Converter Output and Timing

รูปที่ 2.13 กราฟสมมติช่วงเวลาตั้งแต่ความต่างศักย์ที่ t_m จนความต่างศักย์เป็น 0

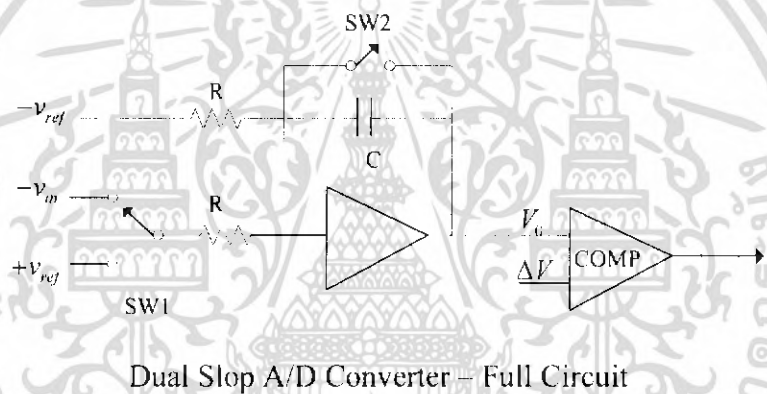
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากหลักของสามเหลี่ยมคล้าย จะได้สมการ

$$V_m = V_{ref} \frac{t_n}{t_m}$$

เนื่องจาก V_{ref} และ t_n มีค่าคงที่ สัญญาณอนาล็อกขึ้นกับค่า t_n เพราะการควบคุมการเปลี่ยนสัญญาณดิจิทัล ที่ขึ้นกับค่า t_n การแปลงเป็นสัญญาณดิจิทัลจะทำโดยจับคู่ค่า t_n กับเอาต์พุตค่าๆ หนึ่งตามความเหมาะสมสำหรับ V_{ref} นั่นๆ เหมือนการเทียบค่าในตาราง ความเร็วของการแปลงสัญญาณแบบนี้ขึ้นอยู่กับ V_m และ สโลป ของวงจร อินทิเกรเตอร์

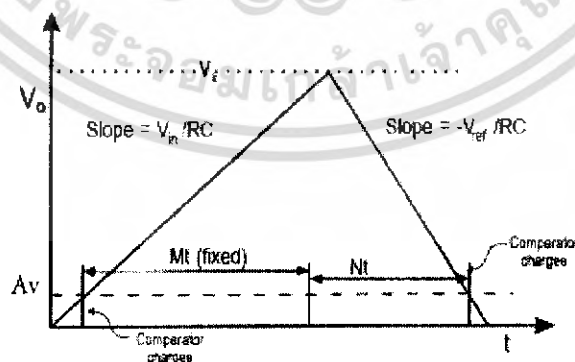
โดยธรรมชาติแล้ว ลักษณะของตัวเปรียบเทียบเองนั้น จะไม่เป็นอุดมคติ คือจะมีผลต่างของความต่างศักย์อยู่ แม้ว่าจะต่ออินพุตทั้งสองลงกราวด์แล้วก็ตาม ซึ่งถ้า V_{ref} ที่ใช้อยู่มีค่าน้อยกว่าค่าผลต่างของความต่างศักย์ที่เกิดจากตัวเปรียบเทียบความชันก็จะน้อย ทำให้เวลา t_m ใช้นานมากกว่าที่จะฟันค่าความต่างศักย์ที่เกิดจากตัวเปรียบเทียบเราจึงต้องนำค่าความต่างศักย์มาเพิ่มให้กับ V_{ref} เพื่อหาผลลัพธ์ ดังรูปที่ 2.14



Dual Slope A/D Converter – Full Circuit

รูปที่ 2.14 วงจรอินทิเกรเตอร์ ที่ทำงานร่วมกับตัว เปรียบเทียบ ที่เพิ่มค่าความต่างศักย์ให้กับ V_{ref}

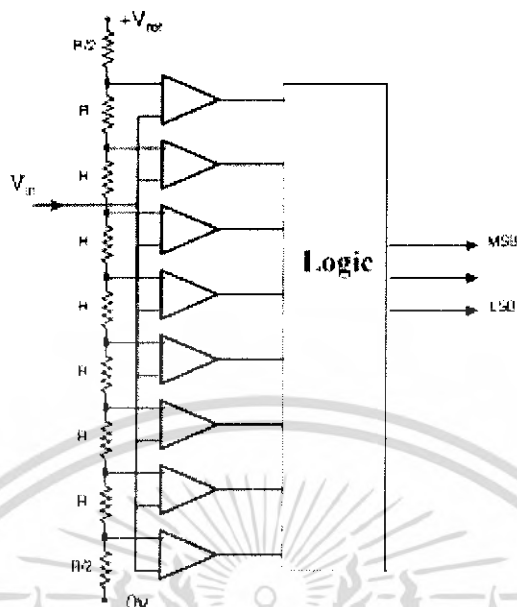
จากวงจรดังกล่าวทำให้ได้กราฟดังรูปที่ 2.15



Dual Slope A/D Converter - Zero Offset

รูปที่ 2.15 กราฟช่วงเวลาความต่างศักย์ที่ t_m จนความต่างศักย์เป็น 0 ที่เพิ่มค่าความต่างศักย์ให้กับ V_{ref}
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.5 แฟลชคอนเวอร์เตอร์ (Flash Converter)



A "Flash" converter.

รูปที่ 2.16 วงจรFlash Converter

หลักการของแฟลชคอนเวอร์เตอร์ คือการใช้การแบ่งแรงดันเป็นโวลต์เตจหลายๆค่า แล้วเปรียบเทียบกับแรงดันอินพุต (V^m) เป็นคู่ๆ พร้อมกัน แล้วทำการทางลอจิก (logic) จากรูปมีโวลต์เตจ เปรียบเทียบ 8 บิต

ค่าความต่างศักย์จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากค่าความต้านทานที่ต่อเพิ่มขึ้น ความต่างศักย์ที่ได้นั้น เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับแรงดันอินพุต (V^m) แล้วมากกว่าก็จะปล่อยลอจิกออกมา ถ้ามากกว่าก็จะให้ลอจิก 1 ถ้าน้อยกว่าหรือเท่ากันก็จะให้ลอจิก 0 วิธีแฟลชคอนเวอร์เตอร์ นี้จะเร็วที่สุด แต่ใช้อุปกรณ์ทางฮาร์ดแวร์ (Hardware) มากกว่าแบบอื่นๆ

ตารางที่ 2.5 แสดงขาต่างๆของ ADC 0804

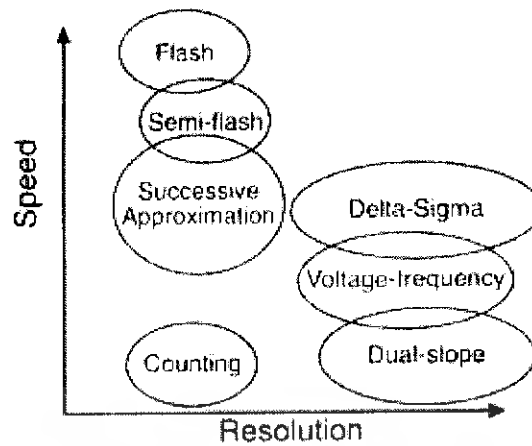
ขาต่างๆ	ความหมายและการทำงาน
$D_7 - D_0$	ขา data เอาท์พุต 8 บิต
\overline{CS}	ขาเลือกชิปต้องป้อนด้วย Low
V_{cc}	ขาไฟเลี้ยง 5 โวลต์
DGND	Digital Ground
AGND	Analog Ground
$V_{in(+)}$ และ $V_{in(-)}$	2 ขานี้เป็น differential analog input โดยที่ $V_{in} = V_{in(+)} - V_{in(-)}$ โดยต่อ $V_{in(-)}$ ที่ศักย์ต่ำกว่า $V_{in(+)}$ หรือต่อลง ground และต่อ $V_{in(+)}$ กับสัญญาณที่ต้องการ
CLK R และ CLK IN	2 ขานี้จะต้องต่อเข้ากับ R และ C เพื่อทำให้เกิดการออสซิลเลทภายในค่าความถี่คำนวณจาก $f = (1/1.1)RC$ ถ้าใช้ $R=10k\Omega$ และ $C=150pf$ จะออสซิลเลทที่ความถี่ 606kHz ทำให้ค่า Conversion Time ได้เท่ากับ $110\mu s$
\overline{WR}	ใช้ Start A/D เพื่อเริ่มการ Conversion ขานี้ต้องกระตุ้นด้วย Low ขานี้มักจะต่อกับ \overline{WR} ของ CPU เพื่อง่ายในการออกแบบ
\overline{RD}	ใช้อ่านข้อมูลจาก A/D ไปเก็บโดยต้องป้อน Low ขานี้มักจะต่อกับ \overline{RD} ของ CPU เพื่อง่ายในการออกแบบ
$V_{ref} / 2$	ขานี้กำหนดช่วงกว้างแรงดันอินพุตที่เข้า A/D (Span ADJ) ถ้าป้อนขอลอย ก็จะรับอินพุตช่วงกว้างถึง 5 โวลต์ ถ้าป้อน 2 โวลต์ จะรับอินพุตกว้างถึง 4 โวลต์ ถ้าป้อน 1 โวลต์ จะรับอินพุตกว้างถึง 2 โวลต์

AGND และ DGND ก็คือ Analog Ground และ Digital Ground มีจุดประสงค์เพื่อแยกสัญญาณรบกวนทางอนาล็อกไม่ให้ไปกานทางดิจิตอลเอาท์พุต

2.4.6 บทสรุป

การแปลงสัญญาณอนาล็อก เป็นสัญญาณดิจิตอล มีประโยชน์มากในการควบคุมอุปกรณ์สวิตซ์ ซึ่งมึลักษณะการแปลงสัญญาณได้หลายวิธี แต่ละวิธีจะมีอัลกอริทึม ความรวดเร็วในการทำงาน และการใช้อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ ต่างกันด้วย ทำให้ขนาด และราคาต่างกันขึ้นกับความต้องการของผู้ใช้ที่จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับงานที่ใช้ และงบประมาณที่มีอยู่ ลำดับของความเร็ว และความละเอียดของอัลกอริทึมต่างๆ เป็นดังรูปที่ 2.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Summary of Analog To Digital converter.

รูปที่ 2.17 ลำดับของความเร็ว และความละเอียดของอัลกอริทึมต่างๆ

2.5 ทฤษฎีไมโครคอนโทรลเลอร์ (MCS-51)

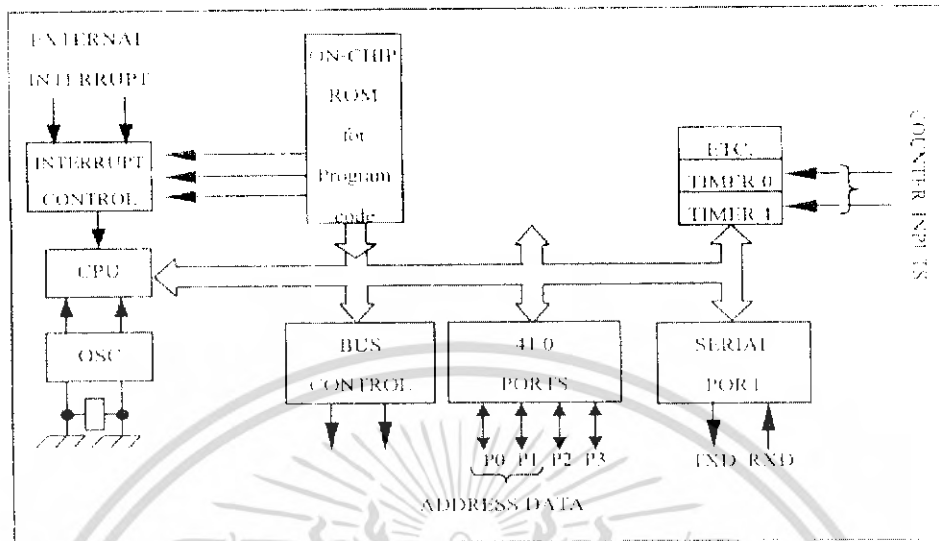
2.5.1 ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51

ในปัจจุบันเทคโนโลยีระบบฝังตัว (Embedded System) ได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากอุปกรณ์ไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ซึ่งได้มีการเพิ่มหน่วยประมวลผลเข้าไปภายในตัวขณะที่เทคโนโลยีของหน่วยประมวลผลได้มีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลาโดยทั่วไปแล้ววงจรควบคุมการทำงานของอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ อาจอยู่ในรูปของวงจรถติศาสตร์ทั่วไปก็ได้ แต่ในปัจจุบันเราจะพบว่าระบบฝังตัวจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์มากขึ้น เนื่องจากมีความยืดหยุ่นสูงทำให้การควบคุมการทำงานจะเน้นไปที่การพัฒนาทางซอฟต์แวร์ (Software) แทนการพัฒนาทางด้านฮาร์ดแวร์ เช่น ในอดีตส่วนใหญ่ผู้พัฒนาเทคโนโลยีระบบฝังตัว จะให้ความสำคัญกับไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นหลักโดยระดับความซับซ้อนของระบบฝังตัวสามารถแบ่งได้หลายระดับ โดยระบบฝังตัวที่มีความซับซ้อนมากๆ จะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ที่มีความสามารถสูงเป็นหน่วยประมวลผลกลางเช่นตระกูล x86 ของบริษัทอินเทล สำหรับระบบฝังตัวขนาดเล็กจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่มีการประมวลผลแค่แบบ 4 บิตหรือ 8 บิต ไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เหมาะสมกับการศึกษาในเบื้องต้นตัวหนึ่งก็คือ ไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

2.5.2 ภาพรวมของ MCS-51

ในปี ค.ศ. 1981 บริษัทอินเทลได้เปิดตัวไมโครคอนโทรลเลอร์แบบ 8 บิตโดยให้ชื่อ 8051 โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ตัวนี้มีหน่วยความจำประเภทแรม (RAM) ขนาด 128 ไบต์และหน่วยความจำประเภท รอม (ROM) ขนาด 4 กิโลไบต์ มีพอร์ตขนานขนาด 8 บิต จำนวน 4 พอร์ต ไทมเมอร์ 2 ตัวและพอร์ตอนุกรม 1 พอร์ตโดยทั้งหมดจะรวมอยู่ในชิปนี้ออกมาโดยตรงนอกจากนี้บริษัทอินเทลยังได้ผลิตไมโครคอนโทรลเลอร์ออกมาอีกหลายเบอร์ที่มีโครงสร้างภายในใกล้เคียงกับ 8051 โดยเรียกรวมๆว่า เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตระกูล MCS-51 หรือตระกูล 51 โดยมีการปรับปรุงโครงสร้างภายในและเพิ่มองค์ประกอบต่างๆเข้าไปอีก และยังมีบริษัทอื่นๆ ผลิตตามออกมาด้วย แต่จะใช้เบอร์ที่เรียกแตกต่างกันออกไป



รูปที่ 2.18 โครงสร้างภายในของ 8051

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8751 จัดเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ตัวหนึ่ง แต่จะมีหน่วยความจำโปรแกรมแบบ UV-EPROM ขนาด 4 กิโลไบต์อยู่ในชิปโดยผู้พัฒนาสามารถโปรแกรมลงในชิปได้โดยใช้เครื่องโปรแกรมและสามารถแก้ไขโปรแกรมได้โดยการลบโปรแกรมเก่าออกโดยใช้แสงยูวี (UV)

AT89C51 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ที่ผลิตโดยอินเทลคอร์ปอเรชัน (Atmel Corporation) ตัวนี้จะมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลชเมมโมรี (Flash Memory) ทำให้ใช้งานสะดวกกว่า 8751 มาก เนื่อง AT89C51 สามารถโปรแกรมและลบโปรแกรมได้ด้วยกระแสไฟฟ้าบนชิปที่ต่ออยู่ในวงจรได้เลย

P89C51RD2 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ของฟิลิป เซมิคอนดักเตอร์ (Philips Semiconductor) โครงสร้างภายในคล้ายกับ MCS-51มาตรฐานแต่จะมีส่วนเพิ่มเติมขึ้นมาเช่นมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบแฟลชและมีการบรรจุโปรแกรมบูตโรม (Boot Rom) เข้าภายในตัวมัน ทำให้สามารถเขียนหรือลบโปรแกรมได้โดยตรง โดยไม่ต้องถอดชิปออกจากวงจรที่เรียกว่าการโปรแกรมแบบไอเอสพี (ISP :In-System Programming)

2.5.3 หน่วยความจำโปรแกรม

ใน MCS-51 จะมีหน่วยความจำได้สูงสุด 64 กิโลไบต์ หลังจากตัวมันถูกรีเซตจะเริ่มทำงานที่แอดเดรส 0000H ของหน่วยความจำโปรแกรม การอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำโปรแกรมนี้จะต้องใช้คำสั่ง MOVC นอกจากนี้ในหน่วยความจำโปรแกรมยังแบ่งแอดเดรสในบางส่วนสำหรับเก็บโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตอบสนองการอินเทอร์รัปต์จากภายนอก (INTO) เมื่อสัญญาณอินเทอร์รัปต์เข้ามาทางขา INTR โปรแกรมจะกระโดดไปทำงานยังตำแหน่งนี้ทันที

หน่วยความจำข้อมูลภายนอกของ MCS-51 สามารถมีได้ 64 กิโลไบต์ เมื่อ MCS-51 ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำส่วนนี้จะต้องใช้คำสั่ง MOVX จะใช้รีจิสเตอร์ DPTR, RO หรือ R1 ในการอ้างตำแหน่งหน่วยความจำ การขยายพอร์ตเพิ่มให้กับ MCS-51 จะใช้ตำแหน่งส่วนนี้เป็นตำแหน่งของพอร์ตด้วย

หน่วยความจำข้อมูลภายใน MCS-51 จะมีจำนวน 256 ไบต์ โดย 128 ไบต์แรกที่มีแอดเดรสอยู่ในช่วง 00H-7FH จะเป็นส่วนของแรมที่ใช้งานได้ทั่วไปมีรีจิสเตอร์เบงค์จำนวน 4 เบงค์ หน่วยความจำที่สามารถเข้าถึงระดับบิตได้ ส่วนอีก 128 ไบต์ หลังเริ่มต้นตั้งแต่ แอดเดรส 80H เป็นต้นไปเป็นส่วนของรีจิสเตอร์ฟังก์ชันพิเศษหรือเอสเอฟอาร์ (SFR:Special Function Register) และรีจิสเตอร์ที่ใช้งาน เช่น ACC, B, PSW, SP และ DPTR เป็นต้น การอ่านหรือเขียนข้อมูลในหน่วยความจำในส่วนนี้จะใช้คำสั่ง MOV

2.5.4 ความเร็วในการทำงานของ MCS-51

การใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำงานนั้นจะต้องโปรแกรมให้กับตัวมันก่อน การวัดความเร็วในการทำคำสั่งของโปรแกรมจะดูจากกรอบสัญญาณนาฬิกาหรือที่เรียกว่าแมชชีนไซเคิล(Machine Cycle) ซึ่งในตารางคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละตัวจะมีข้อมูลบอกไว้ว่าการทำคำสั่งแต่ละคำสั่งจะใช้สัญญาณนาฬิกาที่แมชชีนไซเคิล สำหรับไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ที่เป็นมาตรฐานนั้น 1 แมชชีนไซเคิลจะใช้สัญญาณนาฬิกา 12 ลูก ดังนั้นถ้า MCS-51 ทำงานที่สัญญาณนาฬิกา 12 MHz แล้ว การทำงาน 1 ไซเคิลจะมีค่าเท่ากับไมโครวินาทีหรือมีความเร็วในการทำงาน 1 เมกะเฮิร์ต ถ้าหากต้องการให้ MCS-51 ตัวนั้นทำงานได้เร็วขึ้นจะต้องเพิ่มสัญญาณนาฬิกาให้กับมัน สำหรับ MCS-51 บางเบอร์จะมีความเร็วมากขึ้นกว่าปกติ 2 เท่า เช่นเบอร์ P89C51RD2 เนื่องจากหนึ่งแมชชีนไซเคิลของมันจะใช้สัญญาณนาฬิกาเพียง 6 ลูก

2.5.5 การขับโมดูลแสดงผลแบบผลึกเหลว (LCD Module)

ในโมดูล LCD มีส่วนประกอบหลักๆ 3 ส่วน ดังนี้

ตัวแสดงผล (Display) ภายในเป็นผลึกเหลวที่สามารถแสดงผลให้เห็นโดยอาศัยแสงจากภายนอก ดังนั้นจึงต้องมีมุมในการมองข้อมูลที่แสดงผลบนจอ LCD

ตัวควบคุม(Controller) เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกควบคุมการทำงานของโมดูล LCD เช่น ลบจอภาพ แสดงตัวอักษรหรือเลื่อนเคอร์เซอร์ เป็นต้น ตัวควบคุมนี้ใช้ชิปควบคุมโดยเฉพาะ ชิปที่นิยมใช้คือ เบอร์ HD44780 และ HD61830 โดย HD61830 จะใช้ควบคุม LCD แบบอักษรส่วน HD61830 ใช้ควบคุม LCD แบบกราฟฟิก

ตัวขับ (driver) เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับตัวแสดงผลข้อมูลให้แสดงผลตามที่ชิปกำหนด ชิปที่ทำหน้าที่เป็นตัวขับนี้ได้แก่ เบอร์ HD44100H และ MSM5259 เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.6 โครงสร้างภายในของตัวควบคุมโมดูล LCD

ในการใช้งานโมดูล LCD จำเป็นต้องทำความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างและคำสั่งที่ใช้ในการควบคุมให้ดีเสียก่อน

บัฟเฟอร์อินพุตเอาต์พุต เป็นส่วนที่ใช้การติดต่อรับส่งข้อมูลกับอุปกรณ์ภายนอกเพื่อที่จะถ่ายทอดข้อมูลเข้าออกภายในตัวควบคุม

รีจิสเตอร์คำสั่ง (Instruction Register : IR) เป็นรีจิสเตอร์ที่รับข้อมูลคำสั่งจากอุปกรณ์ภายนอกเพื่อนำไปควบคุมการแสดงผล

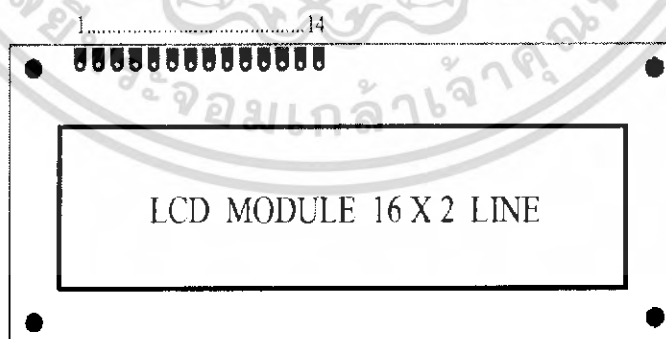
รีจิสเตอร์ข้อมูล (Data Register : DR) เป็นรีจิสเตอร์สำหรับรับข้อมูลภายนอกเพื่อถ่ายทอดต่อไปยังหน่วยความจำที่ทำหน้าที่เก็บข้อมูลแสดงผลหรือนำข้อมูลไปสร้างตัวอักษรเพิ่มเติมในแรมเก็บตัวอักษร

แรมเก็บข้อมูลแสดงผล (Display Data RAM : CGROM) เป็นหน่วยความจำแรมทำหน้าที่เก็บข้อมูลที่มาจากรีจิสเตอร์ DR ตัวควบคุมจะนำข้อมูลใน DDRAM นี้ไปเปิดตาราง (Look up table) ของตัวอักษรที่เก็บไว้ในหน่วยความจำรอมและเก็บตัวอักษร เพื่อนำไปแสดงที่ตัวแสดงผล

รอมตัวเก็บอักษร (Character Generator ROM : CGRAM) เป็นหน่วยความจำรอมที่ใช้เก็บข้อมูลตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ที่สามารถอ่านออกไปแสดงที่ตัวแสดงผลได้มีขนาด 7,200 บิตโดยจะถูกอ่านด้วยค่าของข้อมูลใน DDRAM

แรมตัวเก็บอักษร (Character Generator RAM : CGRAM) เป็นหน่วยความจำแรมที่ใช้เก็บตัวอักษรที่มีการสร้างเพิ่มเติมขึ้นมาใหม่ ในกรณีที่ตัวอักษรใน CGRAM ไม่เพียงพอ มีขนาด 512 บิต การเขียนและอ่านค่าไปใช้นั้นทำได้เช่นเดียวกับ CGRAM คือ เขียนข้อมูลลงใน CGRAM แล้วตัวควบคุมจะอ่านมาจาก CGRAM เอง

แฟล็กสถานะ (BUSY FLAG) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แจ้งสถานการทำงานของตัวควบคุมให้อุปกรณ์ภายนอกทราบว่า ตัวควบคุมพร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่งหรือไม่ ดังนั้นการส่งข้อมูลหรือคำสั่งมายังตัวควบคุมต้องตรวจสอบสถานะของแฟล็กสถานะนี้เสียก่อน



รูปที่ 2.19 รูปและการจัดขาโมดูล LCDแบบอักษร

ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงความสัมพันธ์ในการทำงานของขา RS, R/W และ E ของโมดูล LCD แบบอักษร

RS	R/W	E	การทำงาน
0	0		เขียนคำสั่ง
0	1		อ่านสถานะของ โมดูล
1	0		เขียนข้อมูล
1	1		อ่านข้อมูล

2.5.7 คำสั่งควบคุมโมดูล LCD

ในการเขียนคำสั่งลงในตัวควบคุม แนะนำว่าต้องกำหนดให้ขา RS และ R/W เป็น “0” แล้วเขียนคำสั่งตามไป คำสั่งควบคุมโมดูล LCD ของชิปควบคุม ที่สำคัญมี 10 คำสั่งดังนี้

1. คำสั่งเคลียร์ตัวแสดงผล (Clear Display) มีข้อมูลคำสั่งเป็น 01H เป็นคำสั่งที่ใช้ในการเขียนช่องว่าง (Space) เข้าไปใน DDRAM ทั้งหมด เมื่อตัวควบคุมเอ็กซ์ทีควิต์คำสั่งนี้ จะทำการกำหนดแอดเดรสของ DDRAM เป็น 0 เคอร์เซอร์จะกลับไปอยู่ที่ตำแหน่งซ้ายมือสุดของจอแสดงผล แล้วเซตบิต I/D ให้เป็น “1”

คำสั่งรีเทิร์นโฮม (Return Home) ต้องกำหนดให้บิต 1 ของข้อมูลเป็น “1” เป็นคำสั่งให้เคอร์เซอร์เคลื่อนที่กลับไปยังตำแหน่งซ้ายมือสุดของจอแสดงผล แต่ข้อมูลบนจอแสดงผลไม่เปลี่ยนแปลง นั่นคือข้อมูลคำสั่งของคำสั่งนี้จะเป็น 02H หรือ 03H ก็ได้

คำสั่งเลือกโหมดการป้อนข้อมูล (Entry Mode Set) มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
0	0	0	0	0	1	I/D	S

บิต S เป็นบิตที่ใช้ในการกำหนดลักษณะของการแสดงผล เมื่อมีการป้อนข้อมูล ถ้าหากบิต S เป็น “1” เมื่อเกิดข้อมูลใหม่บนจอแสดงผลตัวเคอร์เซอร์จะอยู่กับที่ แต่ตัวข้อมูลเดิมจะถูกดันทางซ้ายแต่ถ้าหากบิตนี้เป็น “0” เมื่อเกิดข้อมูลใหม่ตัวเคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวามือ

บิต I/D เป็นบิตที่ใช้กำหนดว่าเมื่อเขียนหรืออ่านข้อมูลแล้ว แอสแตรของ DDRAM เพิ่มขึ้นหรือลดลงหนึ่งแอดเดรสโดยถ้าบิตนี้เป็น “1” แอสแตรของ DDRAM จะเพิ่มขึ้นแต่ถ้าหาก “0” แอสแตรจะลดลง

ดังนั้น ข้อมูลคำสั่งที่เกิดขึ้นสำหรับคำสั่งนี้ได้แก่ 04H-07H (4 ข้อมูลคำสั่ง) และที่ข้อย่อยคือ 06H หมายถึงกำหนดให้เมื่อเกิดข้อมูลใหม่เคอร์เซอร์จะเลื่อนไปทางขวามือและแอสแตรของ DDRAM เพิ่มขึ้น

คำสั่งควบคุมการแสดงผลมีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
0	0	0	0	1	D	C	B

บิต D ใช้ควบคุมการเปิดจอแสดงผล ถ้าบิตนี้เป็น “1” ถ้าจะเป็นการเปิดจอแสดงผล ถ้าเป็น “0” จะเป็นการปิดจอแสดงผล

บิต C ใช้ควบคุมการแสดงตัวเคอร์เซอร์บนจอแสดงผล ถ้าต้องการให้มีเคอร์เซอร์แสดงผลบนจอแสดงผลต้องกำหนดให้บิตนี้เป็น “1” ถ้ากำหนดให้เป็น “0” จะเป็นการปิดเคอร์เซอร์หรือไม่แสดงเคอร์เซอร์

บิต B ใช้ควบคุมการกระพริบเคอร์เซอร์ ถ้าบิตนี้เป็น “1” เคอร์เซอร์จะกระพริบ

ดังนั้นจะมีข้อมูลคำสั่งได้ตั้งแต่ 08H-0FH (8 รูปแบบคำสั่ง) ที่ใช้บ่อยคือ 0CH เป็นการใช้คำสั่งเปิดจอแสดงผลแต่ไม่แสดงเคอร์เซอร์และ 0FH เป็นการสั่งให้เปิดจอแสดงผลแสดงเคอร์เซอร์และสั่งให้เคอร์เซอร์กระพริบ

คำสั่งควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และข้อมูลตัวอักษร มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
0	0	1	DL	N	F	*	*

การควบคุมการเลื่อนเคอร์เซอร์และตัวอักษรบนจอแสดงผล ขึ้นอยู่กับการกำหนด S/C และ R/L ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

S/C	R/L	ลักษณะการเลื่อน	ข้อมูลคำสั่ง
0	0	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางซ้าย	10H-13H
0	1	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางซ้าย	14H-17H
1	0	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางซ้าย	18H-1BH
1	1	เลื่อนเคอร์เซอร์ไปทางซ้าย	1CH-1FH

คำสั่งกำหนดฟังก์ชันการทำงานของ มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต DL ใช้กำหนดจำนวนที่ใช้ติดต่อส่งผ่านข้อมูลถ้าบิตนี้เป็น “0” จะเป็นการติดต่อแบบ 4 บิต แต่ถ้าเป็น “1” จะเป็นแบบ 8 บิต

บิต N ใช้กำหนดจำนวนบรรทัดของการแสดงผลถ้าเป็น “0” จะแสดงผล 1 บรรทัดถ้าเป็น “1” จะแสดงผล 2 บรรทัดในกรณีที่จอแสดงผลสามารถแสดงได้มากกว่า 2 บรรทัดและต้องการให้แสดงผลมากกว่า 2 บรรทัด ก็กำหนดบิต N นี้ให้เป็น “1” จุดที่นำส่งเกิดคือ โมดูล LCD แบบ 16 ตัวอักษร 1 บรรทัดแม้จะมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแสดงผลเพียง 1 บรรทัดจะต้องกำหนด N ให้เป็น “1” เนื่องจากแอดเดรสของ DDRAM แบ่งเป็น 2 ช่วง คือ 00H และ 40H

บิต F ใช้เลือกความละเอียดของตัวอักษรให้การแสดงผลถ้าบิตนี้เป็น “0” จะเป็นการแสดงผลแบบ 5*10 จุด

ข้อมูลคำสั่งที่ใช้บ่อยคือ 38H เป็นการกำหนดให้โมดูล LCD ทำงานแบบ 8 บิต แสดงผล 2 บรรทัดและเลือกความละเอียดเป็น 5*7 จุด

คำสั่งเลือกแอดเดรสของ CGRAM ซึ่งเมื่อต้องการกำหนดแอดเดรสของ CGRAM ต้องกำหนดให้บิต 7 เป็น “0” บิต 6 เป็น “1” ส่วนอีก 6 บิตที่เหลือจะแทนด้วยค่าแอดเดรสของ CGRAM จะต้องทำการกำหนดแอดเดรสด้วยคำสั่งนี้ก่อนที่จะอ่านหรือเขียนข้อมูลให้ CGRAM โดยแอดเดรสของ CGRAM อยู่ระหว่าง 00H-3FH

คำสั่งแอดเดรสของ DDRAM ในการเลือกแอดเดรสของ DDRAM ก่อนที่จะทำการหรือเขียนข้อมูลอีก 7 บิตที่เหลือจะเป็นค่าแอดเดรสของ DDRAM ซึ่งแอดเดรสของ DDRAM อยู่ระหว่าง 8CH-0FFH ทั้งนี้แอดเดรสยังขึ้นอยู่กับการกำหนดสถานะที่บิต N ด้วย หากบิต N เป็น “0” แอดเดรสของ DDRAM จะอยู่ระหว่าง 80H-0CFH และถ้าบิต N เป็น “1” แอดเดรสของ DDRAM จะมี 2 ช่วงคือ 8CH-87H และ 0C0H-0C7H

คำสั่งอ่านแฟล็ก Busy และแอดเดรส มีรายละเอียดของรูปแบบข้อมูลคำสั่งดังนี้

บิต7	บิต6	บิต5	บิต4	บิต3	บิต2	บิต1	บิต0
BF	A	A	A	A	A	A	A

เป็นคำสั่งที่ใช้อ่านแฟล็ก Busy (BF) โดยแฟล็กนี้ จะเป็นตัวบอกสถานะของตัวควบคุม LCD ว่าพร้อมจะรับข้อมูลอยู่หรือไม่ ถ้าหาก BF เป็น “0” แสดงว่าตัวควบคุม LCD พร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่ง แต่ถ้าเป็น “1” แสดงว่าขณะนี้ตัวควบคุม LCD ยังอยู่ในขบวนการทำงานภายในหรือกำลังประมวลผลข้อมูลอยู่ยังไม่พร้อมที่จะรับข้อมูลหรือคำสั่ง เมื่อต้องการแฟล็กต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “1” ด้วย แต่สัญญาณที่ RS ยังต้องเป็น “0” อยู่เพราะข้อมูลนี้เป็นข้อมูลคำสั่ง นอกจากนี้ ยังใช้เป็นคำสั่งอ่านข้อมูลแอดเดรสของ DDRAM ด้วยบิต 0 บิต 6 เป็นค่าข้อมูลแอดเดรสที่ต้องการอ่าน

2.5.8 การเขียนคำสั่งและข้อมูลให้แก่โมดูล LCD

ในการเขียนข้อมูลเพื่อควบคุมให้โมดูล LCD แสดงผลตามที่ผู้ใช้งานต้องการ ต้องส่งคำสั่ง (Instruction) แล้วกำหนดโหมดการทำงานให้แก่โมดูล LCD ก่อนจากนั้นจึงค่อยส่งข้อมูล (Data) ที่ต้องการแสดงผลเนื่องจากบัสของโมดูล LCD มี 8 เส้นคือ D0-D7 จะใช้เป็นทางผ่านของทั้งคำสั่งและข้อมูล ดังนั้นในการส่งคำสั่งและข้อมูลจึงอาศัยการกำหนดสัญญาณผลลอจิกที่ขา RS ถ้าหากที่ขา RS ได้ลลอจิก “0” หมายความว่า ข้อมูลที่ป้อนให้แก่โมดูล LCD ขณะนั้นเป็นคำสั่ง ในทางตรงกันข้ามหากขา RS ได้รับลลอจิก “1” ข้อมูลที่ป้อนให้ขณะนั้นเป็นข้อมูลที่ใช้ในการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลภายใน CGRAM และ DDRAM เริ่มต้นต้องกำหนดแอดเดรสที่ต้องการอ่านหรือเขียนก่อนโดยใช้คำสั่งเลือกแอดเดรส จากนั้นกำหนดให้ขา RS เป็น “1” เพื่อแจ้งให้ตัวควบคุมโมดูล LCD ทราบว่าข้อมูลที่ปรากฏต่อไปนี้เป็นข้อมูลปกติไม่ใช่คำสั่ง

ในกรณีที่ต้องการอ่านข้อมูลต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “1” ข้อมูลขนาด 8 บิต (หรือ 4 บิต) ก็จะปรากฏบนบัสนข้อมูล โดยข้อมูลที่อ่านออกมาจะเป็นข้อมูลจากแอดเดรสของ CGRAM หรือ DDRAM ตามที่ต้องการ

กรณีที่ต้องการเขียนข้อมูล เมื่อกำหนดแอดเดรสและป้อนลอจิก “1” ให้ขา RS แล้วต้องกำหนดให้ขา R/W เป็น “0” ข้อมูลที่อยู่บนบัสนข้อมูลจะถูกเขียนลงในรีจิสเตอร์ DR จากนั้นจึงถ่ายทอดลงใน DDRAM ต่อไป

2.5.9 จังหวะการทำงานของ LCD โมดูล

ในการติดต่อกับโมดูล LCD จะต้องมีกรหน่วงเวลาหลังจากการที่ทำการส่งรหัสคำสั่งหรือข้อมูลเนื่องจากต้องใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์ภายใน LCD โมดูลแปลความหมายของรหัสคำสั่งและทำตามคำสั่งให้เรียบร้อยก่อน จากนั้นจึงจะรับข้อมูลหรือดำเนินการต่อไป

ดังนั้นในการใช้งานโมดูล LCD ผู้เขียนโปรแกรมต้องมีโปรแกรมเพื่อหน่วงเวลารอให้โมดูล LCD พร้อมทำงานด้วยโดยเริ่มจ่ายไฟให้แก่โมดูล LCD ต้องรอประมาณ 10 มิลลิวินาที เพื่อให้โมดูล LCD ทำการเตรียมความพร้อมหรืออินิเชียล (Initial) หลังจากนั้นก็จะทำการกำหนดลอจิกให้แก่ขา RS ของโมดูล LCD แล้วต้องหน่วงเวลาอีกประมาณ 2 มิลลิวินาที เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ในโมดูล LCD แปลลอจิกที่ขา RS ว่าข้อมูลต่อไปที่จะรับนั้น เป็นรหัสคำสั่งหรือเป็นข้อมูลที่ต้องการแสดงผล จากนั้นจะเป็นการส่งข้อมูลมารอบที่บัสนข้อมูล D0-D7 (ในกรณีทำงานในโหมด 8 บิต) ขั้นตอนต่อไปจะเป็นการส่งสัญญาณพัลส์ไปที่ขา E เพื่อเปิดโมดูล LCD ให้รับข้อมูลจากบัสนข้อมูลเข้าไป โดยพัลส์ที่ป้อนเข้าขา E ของโมดูล LCD ต้องเป็นพัลส์ขอบขาขึ้น จากนั้นทำการหน่วงเวลา 2 มิลลิวินาที

2.6 การสื่อสารข้อมูลแบบอนุกรม

ระบบคอมพิวเตอร์สามารถส่งข้อมูลได้สองรูปแบบคือแบบขนาน (Parallel) ซึ่งจะส่งข้อมูลทุกบิตออกไปพร้อมกันและแบบอนุกรม (Serial) ซึ่งจะส่งข้อมูลออกไปครั้งละบิต การส่งข้อมูลแบบขนานนี้จะใช้สายในการส่งข้อมูลจำนวนมากซึ่งไม่เหมาะกับการส่งระยะไกล โดยมากแล้วจะใช้ส่งระยะใกล้ เช่น ระหว่างไมโครโปรเซสเซอร์กับฮาร์ดดิสก์ เครื่องพิมพ์ เป็นต้น ส่วนการส่งข้อมูลระยะไกลๆ ควรใช้ข้อมูลการส่งแบบอนุกรม โดยการส่งข้อมูลออกไปครั้งละบิต การส่งข้อมูลแบบอนุกรมนั้นจะส่งได้ช้ากว่าการส่งแบบขนานแต่ค่าใช้จ่ายจะต่ำกว่า

ในไมโครโปรเซสเซอร์ 8051 จะมีพอร์ตอนุกรมอยู่ภายในซึ่งจะรับส่งข้อมูลได้สองทิศทางในพอร์ตเดียวกัน

2.6.1 พื้นฐานการสื่อสารอนุกรม

เมื่อไมโครโปรเซสเซอร์ต้องการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกตัวมันจะส่งข้อมูลออกมาเป็นขนาดเป็นไบนารีหรือ 8 บิต แต่เนื่องจากไมโครโปรเซสเซอร์มีบัสข้อมูลขนาด 8 บิต การโอนถ่ายข้อมูลต่างๆ จะทำแบบขนาน ถ้าต้องการส่งข้อมูลออกไปแบบอนุกรม จะต้องเปลี่ยนข้อมูลแบบขนานนี้ให้เป็นข้อมูลอนุกรมเสียก่อนแล้วจึงส่งออกไป ส่วนการรับข้อมูลแบบอนุกรมนี้จะรับข้อมูลครั้งละบิตและเปลี่ยนข้อมูลให้เป็นข้อมูลแบบขนาน เพื่อส่งให้ไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผลต่อไป ในระบบคอมพิวเตอร์ตัวที่เปลี่ยนข้อมูลอนุกรมเป็นขนานและเปลี่ยนข้อมูลขนานเป็นข้อมูลอนุกรมจะใช้อุปกรณ์ที่มีชื่อว่า UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter)

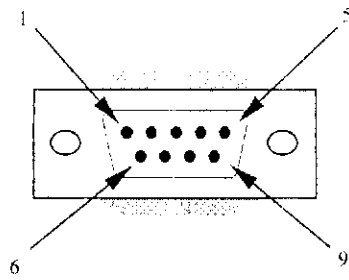
2.6.2 อัตราการรับส่งข้อมูล

ความเร็วในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมจะบอกเป็นจำนวนบิตต่อวินาที (Bit Per Second :bps) ที่เรียกว่าบอดเรต (Baud Rates) พอร์ตอนุกรมของ MCS-51 สามารถติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลได้ แต่ต้องกำหนดอัตราเร็วให้เท่ากัน ในการสื่อสารทางพอร์ตอนุกรม RS-232 ของคอมพิวเตอร์ PC ให้กำหนดอัตราเร็วไว้หลายค่าตั้งแต่ 100 ถึง 9600 bps สำหรับคอมพิวเตอร์ที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์เพนเทียม(Pentium Processor) สามารถส่งข้อมูลได้ความเร็วสูงถึง 56 กิโลบิตต่อวินาที

2.6.3 มาตรฐาน RS-232

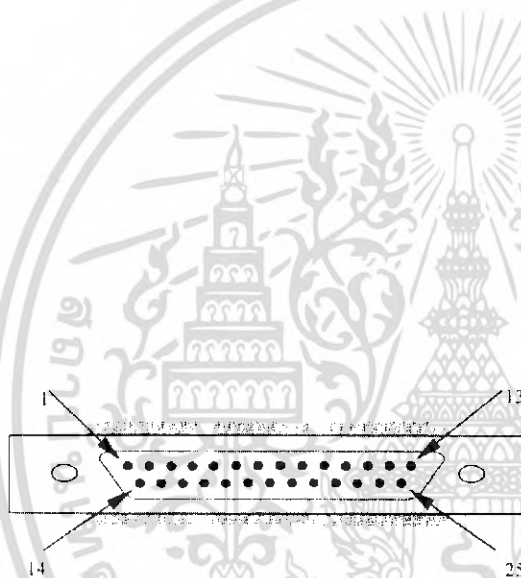
การสื่อสารแบบอนุกรมกับคอมพิวเตอร์ PC มักจะใช้รูปแบบมาตรฐาน RS-232 ซึ่งกำหนดโดย Electronics Industries Association หรือ EIA ในปี 1960 และได้มีการแก้ไขมาตรฐานในปี 1963 , 1965 และ 1969 เรียกว่า RS-232A , RS-232B และ RS-232C ตามลำดับระดับแรงดันของลอจิกที่ใช้ในการสื่อสาร RS-232 นั้นลอจิก "1" จะแทนด้วยแรงดัน -3 โวลต์ ถึง -25 โวลต์ด้วยลอจิก "0" จะแทนด้วยแรงดัน +3 โวลต์ ถึง +25 โวลต์ แรงดันในช่วง ± 3 โวลต์จะไม่กำหนดให้ใช้งานซึ่งจะเห็นว่าแรงดันดังกล่าว ไม่สามารถใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 ได้ โดยทั่วไปแล้วถ้าหากต้องการให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ติดต่อกับคอมพิวเตอร์ PC ตามมาตรฐาน RS-232 จะต้องออกแบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์เพิ่มเติม แต่ปัจจุบันจะใช้ไอซี MAX-232 ทำหน้าที่เปลี่ยนระดับแรงดันทางลอจิกให้อยู่ในมาตรฐาน RS-232 ถ้าหากจะใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์สองตัวสื่อสารกันจะไม่ใช้มาตรฐานนี้ก็ได้

ในคอมพิวเตอร์ PC จะมีขั้ว RS-232 หรือที่เรียกว่า คอนเนกเตอร์ (connector) อยู่สองแบบคือ ขั้วต่อแบบ DB-25 และขั้วต่อแบบ DB-9 ขั้วต่อแบบ DB-9 และขาต่างๆ จะแสดงได้ดังรูปที่ 2.20 ส่วนขั้วต่อแบบ DB-25 และขาต่างๆ แสดงได้ดังรูปที่ 2.21



Pin	Description
1	Data carrier detect (DCD)
2	Received data (RxD)
3	Transmitted data (TxD)
4	Data terminal ready (DTR)
5	Signal ground (GND)
6	Data set ready (DSR)
7	Request to send (RTS)
8	Clear to send (CTS)
9	Ring indicator (RI)

รูปที่ 2.20 ขั้วต่อแบบ DB-9 และหน้าที่ของขาต่างๆ



Pin	Description
1	Protective ground
2	Transmitted data (TxD)
3	Received data (RxD)
4	Request to send (RTS)
5	Clear to send (CTS)
6	Data set ready (DSR)
7	Signal ground (GND)
8	Data carrier detect (DCD)
9/10	Reserve for data testing
11	Unassigned
12	Secondary data carrier detect
13	Secondary clear to send
14	Secondary transmitted data
15	Transmit signal element timing
16	Secondary received data
17	Receive signal element timing
18	Unassigned
19	Secondary request to send
20	Data terminal ready (DTR)
21	Signal quality detector
22	Ring indicator
23	Data signal rate select
24	Transmit signal element timing
25	Unassigned

รูปที่ 2.21 ขั้วต่อแบบ DB-25 และหน้าที่ของขาต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในระบบ RS-232 มีขาต่างๆ ที่สำคัญดังนี้

DTR (Data Terminal Ready) เป็นสายสำหรับการทำแฮนเชคจาก DTE ไปยัง DCE

DSR (Data Set Ready) เป็นสายสำหรับการทำแฮนเชคจาก DCE ไปยัง DTE

RTS (Request To Send) เมื่อเป็นอุปกรณ์ DTE ต้องการส่งข้อมูลมันจะส่งสัญญาณที่ขา
นี้เป็นลอจิก “LOW” ออกไป

CTS (Clear To Send) เป็นสายสำหรับการทำแฮนเชคจาก DCE ไปยัง DTE

DCD (Carrier Detect หรือ Data Carrier Detect)

RI (Ring Indicator) เป็นสายที่ใช้โดยโมเด็มเพื่อบอกว่าตัวมันเองได้รับสัญญาณเรียกเข้า

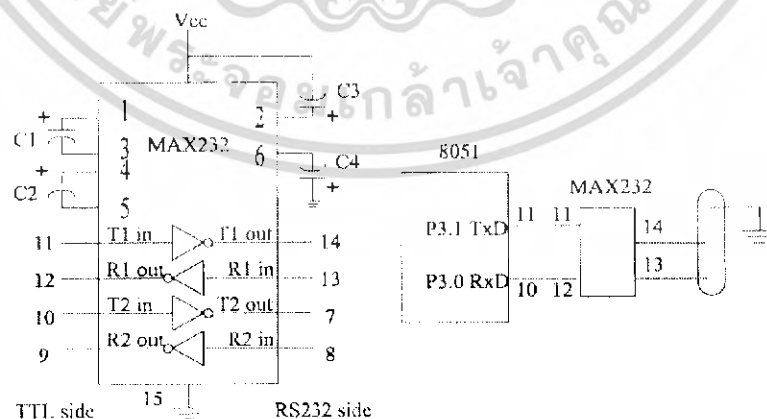
มา

ในคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล IBM ที่ใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ตระกูล X86 จะมีพอร์ตสื่อสารอนุกรมอยู่สองพอร์ตเรียกว่าพอร์ต COM1 และ COM2 โดยใช้คอนเนกเตอร์แบบ DB-25 และ DB-9 เราสามารถนำพอร์ตทั้งสองนี้มาเชื่อมต่อกับพอร์ตอนุกรมของ 8051

2.6.4 การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ กับ RS-232 โดยผ่านวงจรมี MAX-232

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการต่อพอร์ตอนุกรมของ MCS-51 กับมาตรฐาน RS-232 แต่เนื่องจากระดับสัญญาณของการสื่อสาร RS-232 ไม่เป็นไปตามมาตรฐานแรงดัน TTL เราสามารถนำชิป MAX-232 มาช่วยปรับระดับแรงดันให้กับ 8051 ได้

ขา RxD และ TxD ของ 8051 พอร์ตที่ใช้ในการรับส่งข้อมูลแบบอนุกรมของ 8051 จะรับส่งออกมาทางขา RxD และ TxD ซึ่งอยู่ในพอร์ต 3 (P3.0 และ P3.1) โดย TxD จะเป็นขาที่ 9 และ RxD จะเป็นขาที่ 10 การรับส่งข้อมูลกับมาตรฐาน RS-232 เราจะต้องติดต่อผ่านขาทั้งสองนี้โดยสามารถนำไอซี MAX-232 มาเชื่อมต่อได้ ดังวงจรในรูปที่ 2.22 ไอซีตัวนี้จะใช้ไฟเลี้ยง +5 โวลต์ เท่ากับไฟเลี้ยงของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่สามารถขยับระดับแรงดันตั้งแต่ -25 โวลต์ ถึง +25 โวลต์ ได้โดยไม่ต้องใช้แหล่งจ่ายไฟแบบคู่ (Dual Power Supplies)



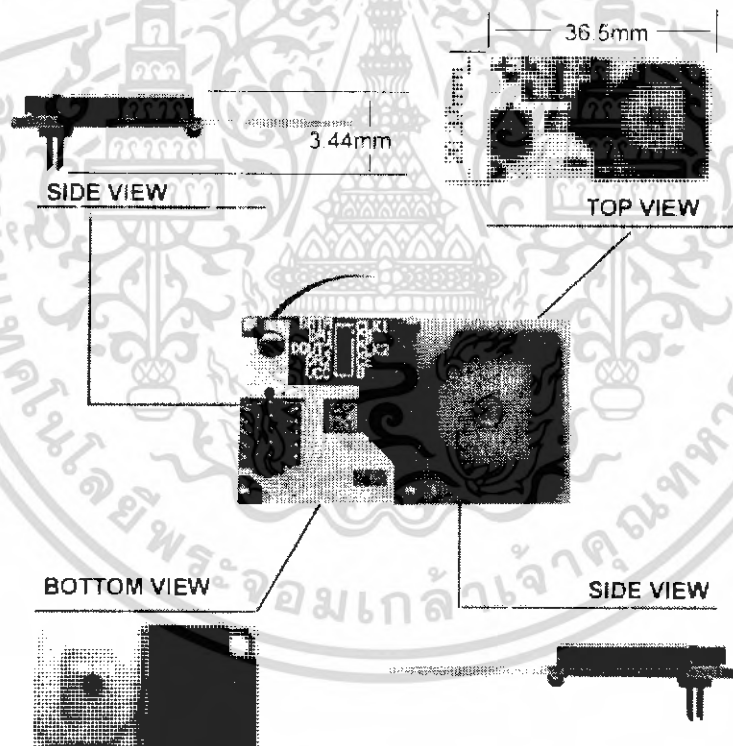
รูปที่ 2.22 โครงสร้างภายในของ MAX-232 และการเชื่อมต่อกับไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7 โมดูลความถี่วิทยุ 2.4 GHz

เป็นโมดูลสำเร็จรูปที่ใช้ รับ-ส่ง Data ในแบบอนุกรม ใช้กับความถี่ 2.4 GHz ปรับแต่งสำเร็จรูป และมีทั้งเสาอากาศในตัว ซึ่งสามารถใช้งานได้ในระยะไกล 280 m (ความเร็วข้อมูล 250 kbps) หรือระยะ 150 m (ความเร็ว 1 Mbps) ในพื้นที่โล่งแจ้ง

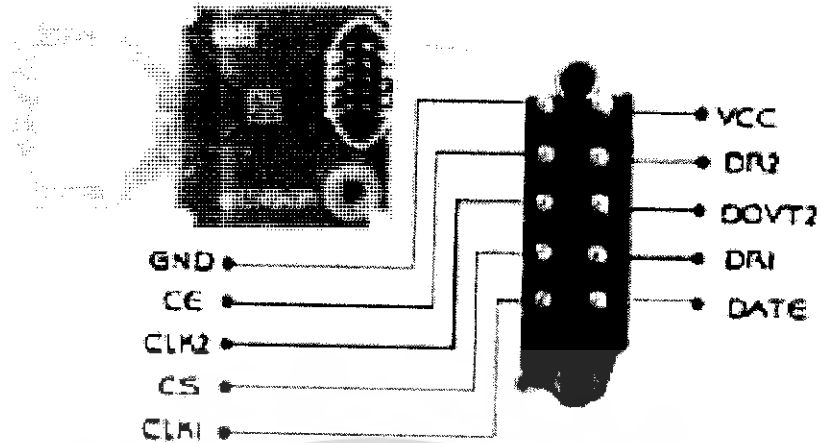
- ความถี่ในการใช้งานที่ 2.4 – 2.524 GHz
- มีรูปแบบและความเร็วในการรับ – ส่งข้อมูลโดยส่งแบบ GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying)
- ทำงานที่ความต่างศักย์ทางไฟฟ้า 3 โวลต์
- กำลังงานเอาต์พุต +4 dBm
- ความเร็วในการรับส่งข้อมูลถึง 1 Mbps;250 kbps
- ขนาด 20.0*36.7*2.4 mm
- ทำงานที่อุณหภูมิ:-40 ~+ 85 Centigrade
- ระยะทางในการรับส่งสัญญาณ 280m (250Kbps); 150m (1Mbps)
- มีเสารับส่งสัญญาณในตัวโมดูลความถี่วิทยุ



รูปที่ 2.23 รูปแสดงรายละเอียดด้านหน้า ด้านบน ด้านข้าง ของ โมดูลความถี่วิทยุ (TRW - 2.4 GHz)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Wiring Diagram



รูปที่ 2.24 รูปแสดงลักษณะขาของโมดูลความถี่วิทยุ (TRW - 2.4 GHz)

2.7.1 การจัดขาของโมดูลความถี่วิทยุ (TRW - 2.4 GHz)

ตารางที่ 2.7 รายละเอียดของขาโมดูลความถี่วิทยุ (TRW - 2.4 GHz)

ข1	ชื่อ	ลักษณะการทำงาน ของขา	รายละเอียด
1	GND	Power	Ground (0 Volt)
2	CE	Input	Chip Enable activates RX or TX mode
3	CLK2	I/O	Clock output/input for RX data channel 2
4	CS	Input	Clock Select activates Configuration mode
5	CLK1	I/O	Clock Input (TX) & I/O (RX) for data channel 13-wire interface
6	DATA	I/O	RX data channel 1/TX data input /3-wire interface
7	DR1	Output	RX data ready at data channel 1 (ShockBurst only)
8	DOUT2	Output	RX data channel 2
9	DR2	Output	RX data ready at data channel 2 (ShockBurst only)
10	VCC	Power	Power Supply (+3Volt DC)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.7.2 โหมดการทำงานของ TRW – 2.4GHz

โหมดในการใช้งานของ TRW – 2.4GHz มีอยู่ 2 โหมดคือ

1 ShockBurst Mode

2 Direct Mode

โดยในโครงการนี้ได้กำหนดให้โมดูล ความถี่วิทยุมีการทำงานในโหมด ShockBurst ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

โหมด Shock Burst

โหมด Shock Burst เป็นการใช้เทคโนโลยีรับส่งข้อมูลบนชิปแบบเข้าก่อน – ออกก่อน (First in – First Out) โดยในการส่งข้อมูลมีทั้งระดับอัตราในการส่งบิตข้อมูล มีทั้งความเร็วต่ำ และระดับความเร็วสูง เมื่อโมดูลความถี่วิทยุ ทำงานในโหมด Shock Burst สามารถเพิ่มการเข้าถึงระดับข้อมูลได้สูง (1 Mbps) โดยใช้ย่านความถี่ 2.4 GHz โดยต้องใช้ ไมโครคอนโทรลเลอร์ความเร็วสูงในการประมวลผล โดยการจัดการกระบวนการประมวลผลให้เหมาะสมกับโปรโตคอลบนชิปจะทำให้ได้รับประโยชน์จากโมดูลความถี่วิทยุที่ตามมาดังนี้

- ประหยัดกระแส
- ระบบมีราคาต่ำ(เนื่องจากไมโครคอนโทรลเลอร์มีราคาถูก)
- ลดการชนกันของข้อมูลเมื่อใช้เวลาในการส่งระยะสั้นๆ

หลักการทำงานในโหมด ShockBurst

เมื่อทำการกำหนดค่าให้โมดูลทำงานใน ShockBurst แล้ว การทำงานของ โมดูลในการรับ – ส่ง ข้อมูลมีหลักการทำงานดังนี้

การส่งข้อมูลในโหมด ShockBurst

โดยทำการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับขา CK, CLK1, DATA ของโมดูล

- เมื่อไมโครคอนโทรลเลอร์ต้องการส่งข้อมูลให้กับโมดูลต้องทำการเซตค่า CE ให้อยู่ในสถานะ “ high ” เพื่อกระตุ้นให้โมดูลทำการประมวลผลข้อมูล
- ทำการเซตไมโครคอนโทรลเลอร์ให้อยู่ในสถานะ “ low ” เพื่อกระตุ้นให้โมดูลทำการส่งข้อมูล

การรับข้อมูลในโหมด Shock Burst

โดยไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการเชื่อมต่อกับขา CK, CLK1, DRI และ DATA (กรณีที่ใช้ช่องสัญญาณเพียงช่องเดียว)

- เมื่อ RF package มีแอดเดรสที่ถูกต้องและขนาดของข้อมูลที่เข้ามาตัว โมดูลจะทำการเซตค่าให้ขา CE อยู่ในสถานะ “ high ”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เมื่อข้อมูลที่ได้รับเข้ามาถูกต้อง (แอดเดรสและ CRC ถูกต้อง) โมดูลจะทำการย้าย preamble, address และ CRC โดยจะแจ้งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์ให้ทำการเซตค่า DRI ให้อยู่สถานะ “ high ” และเซตค่า CE ให้อยู่ในสถานะ “ low ” เพื่อบอกว่าขณะนี้ทำการรับข้อมูลอยู่
- ไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการเซตค่าเพื่อให้รับข้อมูลได้เหมาะสมเมื่อทำการรับข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้วจะทำการเซตค่าให้ DRI ให้อยู่ในสถานะ “ low ” เพื่อเตรียมพร้อมที่จะรับข้อมูลที่เข้ามาใหม่

2.7.3 ส่วนประกอบของชุดข้อมูล

Preamble	Address	Payload	CRC
----------	---------	---------	-----

ส่วนประกอบของชุดข้อมูลแบ่งได้เป็น 4 ส่วนคือ

- Preamble เป็นส่วนแรกของชุดข้อมูล เพื่อแสดงจุดเริ่มต้นของเฟรมข้อมูล
- Address เป็นส่วนที่ระบุแอดเดรสของตัวรับข้อมูล
- Payload เป็นส่วนที่เก็บข้อมูล
- CRC เป็นส่วนที่ใช้ตรวจสอบความผิดพลาดบิตของชุดข้อมูล

2.7.4 ตำแหน่งบิตข้อมูลของโมดูลความถี่วิทยุ

ในการที่จะกำหนดค่าให้กับตัวโมดูลความถี่วิทยุ เพื่อให้โมดูลความถี่วิทยุทำงานในโหมดที่เราต้องการนั้น เราต้องทราบก่อนว่าต้องกำหนดค่าอะไรบ้างลงในตำแหน่งบิตที่เท่าไร ดังนั้นตารางข้างล่างนี้จะแสดงตำแหน่งของบิตภายในตัวโมดูลความถี่วิทยุที่ใช้ในการกำหนดค่าให้กับตัวโมดูลความถี่วิทยุ

ตารางที่ 2.8 แสดงรายละเอียดของตำแหน่งบิตภายในตัวโมดูลความถี่วิทยุ

ตำแหน่งบิต	จำนวนบิต	ชื่อ	ความหมาย
143 : 120	24	TEST	จองไว้สำหรับทดสอบข้อมูล
119 : 112	8	DATA2_W	จำนวนความกว้างของบิตข้อมูล channel 2
111 : 104	8	DATA1_W	จำนวนความกว้างของบิตข้อมูล channel 1
103 : 64	40	ADDR2	แอดเดรสของตัวรับ channel 2
63 : 24	40	ADDR1	แอดเดรสของตัวรับ channel 1
23 : 18	6	ADDR_W	จำนวนบิตที่จองไว้สำหรับแอดเดรสตัวรับ
17	1	CRC_L	จำนวนความกว้างของบิต CRC
16	1	CRC_EN	ยอมให้สร้าง CRC สำหรับ TX และมีการตรวจสอบ CRC สำหรับ RX
15	1	RX2_EN	กำหนดจำนวนสัญญาณ RX
14	1	CM	เลือกโหมด (Direct หรือ Shock Burst)
13	1	RFDR_SB	เลือกอัตราการส่งผ่านข้อมูล (1 Mbps และ 250 Kbps)
12 : 10	3	XO_F	ความถี่คริสตอล
9 : 8	2	RF_PWR	เลือกค่ากำลังของตัวส่ง
7 : 1	7	RF_CH#	เลือกความถี่
0	1	RXEN	เลือกโหมดรับ/ส่ง

2.8 Delphi 7

คือซอฟต์แวร์ที่เรานำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมเพื่อสร้างแอปพลิเคชัน หรือซอฟต์แวร์อื่นที่ โดยจะประกอบไปด้วยเครื่องมือชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมทำได้อย่างสะดวก

Delphi 7 จัดเป็นเครื่องมือเขียนโปรแกรมชนิด Visual Programming เช่นเดียวกับ Visual Basic หรือ Visual C++ โดยมีข้อดีคือ สามารถเขียนโปรแกรมได้ง่าย และให้ผลงานออกมาอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะแตกต่างจากเครื่องมือเขียนโปรแกรมรุ่นเดิมๆ เช่น Turbo Pascal หรือ Borland C ที่มีความยุ่งยากในการทำงานและการเรียนรู้ในการเขียนโปรแกรม ดังนั้นจึงจัดให้ Delphi 7 เป็นซอฟต์แวร์ประเภท RAD หรือ Rapid Application Development ซึ่งแปลว่าสามารถสร้างแอปพลิเคชันได้อย่างรวดเร็ว

2.8.1 จุดเด่นของ Delphi 7

Delphi 7 นั้นผ่านการพัฒนามาเกือบ 10 ปี ตั้งแต่เวอร์ชัน 1.0 ที่ทำงานบน Windows 3.1X โดยมีจุดเด่นหลายๆ ตั้งแต่สมัยนั้นคือ โปรแกรมที่ได้จากการเขียนโปรแกรมมีขนาดเล็ก ทำงานได้รวดเร็ว ซึ่งมักจะถูกนำไปเปรียบเทียบกับ Visual Basic 3.0 ในสมัยนั้น อีกประการหนึ่ง Delphi 7 ใช้ภาษาออบเจกต์ปาสคาล จึงเคยเปรียบว่าเป็น Visual Pascal มาแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวอร์ชันปัจจุบันของ Delphi 7 นั้นได้รับการพัฒนาให้สามารถสร้างแอปพลิเคชันที่ทำงานบน Windows ได้ดีเหมือนเดิม โดยมีการปรับปรุงให้สามารถพัฒนาแอปพลิเคชันตามแนวความคิดของ .NET ซึ่งจะช่วยให้สามารถเขียนโปรแกรมครั้งเดียว แล้วนำไปใช้งานบนอุปกรณ์ต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น PDA, โทรศัพท์มือถือ และบนเว็บได้



รูปที่ 2.25 ความโดดเด่นของ Delphi 7 ในปัจจุบัน

2.8.2 คำศัพท์เบื้องต้น

การเขียนโปรแกรมกับการพัฒนาแอปพลิเคชัน สองคำข้างต้นดูจะคล้ายคลึงกันมากจนแยกไม่ออก แต่ในที่นี้จะแยกความแตกต่างให้อย่างชัดเจนคือ การเขียนโปรแกรมก็คือ การนำเอาคำสั่งในภาษาโปรแกรมต่างๆ มาเขียนเพื่อควบคุมการทำงานตามที่เราร้องการ ซึ่งอาจจะเป็น โปรแกรม หรือส่วนใดส่วนหนึ่งของโปรแกรมก็ได้ ส่วนการพัฒนาแอปพลิเคชันนั้น อาจหมายถึงการเขียนโปรแกรมด้วยตัวเอง หรือการใช้งานเครื่องมือชนิดต่างๆ มาช่วยให้เราเขียนโปรแกรม และทดสอบแก้ไข จนกระทั่งได้ผลงานที่สมบูรณ์ ซึ่งพร้อมจะถูกเรียกใช้งานได้จากผู้ใช้งาน หรือแอปพลิเคชันตัวอื่นๆ

ดังนั้นความหมายของการเขียน โปรแกรมจึงแคบกว่าการพัฒนาแอปพลิเคชัน แต่ในการพัฒนาแอปพลิเคชันระดับเบื้องต้นนี้อาจมีเพียงการเขียนโปรแกรมเท่านั้น

2.8.2.1 คำสั่งกับซอร์สโค้ด

จากที่เคยให้ความหมายว่าการเขียน โปรแกรมคือ การเขียนคำสั่งเพื่อสั่งงานแอปพลิเคชันนั้นๆ ซึ่งคำสั่งดังกล่าวก็จะเป็นคำสั่งของตัวภาษาออบเจกต์ปาสคาล (Object Pascal) ซึ่งเป็นภาษาที่ใช้เขียนโปรแกรมกับ Delphi 7

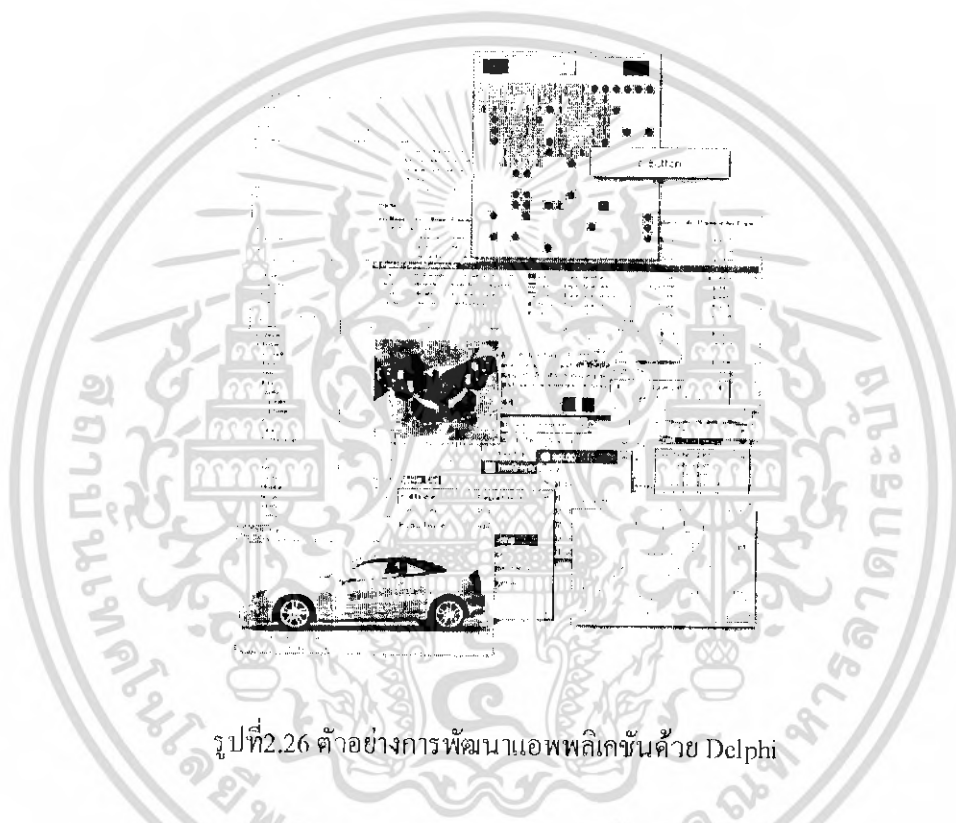
ส่วนซอร์สโค้ด (Source Code) ก็จะมีความหมายกว้างกว่า นั่นคือซอร์สโค้ดประกอบไปด้วยชุดคำสั่งในภาษาโปรแกรมที่เราเขียนขึ้นมา ซึ่งมีตั้งแต่คำสั่งของภาษาโปรแกรม ข้อมูลเพิ่มเติมอื่นๆ ที่เครื่องมือพัฒนาโปรแกรม (อย่าง Delphi 7) ช่วยเราเขียนด้วย ซึ่งซอร์สโค้ดอาจจะประกอบไปด้วยไฟล์จำนวนมากมายทั้งไฟล์ที่เก็บคำสั่ง หรือไฟล์ประกอบอื่นๆ เช่น รูปภาพ ไอคอน หรือ ไฟล์ที่เป็นระบบช่วยเหลือ (Help) เป็นต้น

2.8.3 ความสามารถของ Delphi 7

Delphi 7 นั้นมีความสามารถมากมาย ได้รับการต้อนรับเป็นอย่างดีจากนักพัฒนาแอปพลิเคชันทั่วโลก รวมทั้งเมืองไทยด้วยจะเห็นได้จาก การนำ Delphi ไปประกอบการเรียนการสอน การฝึกอบรม ตลอดจนการนำไปสร้างเป็นซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์จำนวนมาก

2.8.3.1 สร้างแอปพลิเคชันสำหรับ Windows

Delphi ได้ชื่อว่าเป็นเครื่องมือสำหรับพัฒนาแอปพลิเคชันที่ทำงานบน Windows ที่ใช้งานกันแพร่หลายมาก สามารถสร้างงานได้อย่างรวดเร็ว นิยมนำไปสร้างแอปพลิเคชันทั้งเพื่อการศึกษาและแอปพลิเคชันที่ใช้ในระบบงานจริงๆ ในโลกธุรกิจ



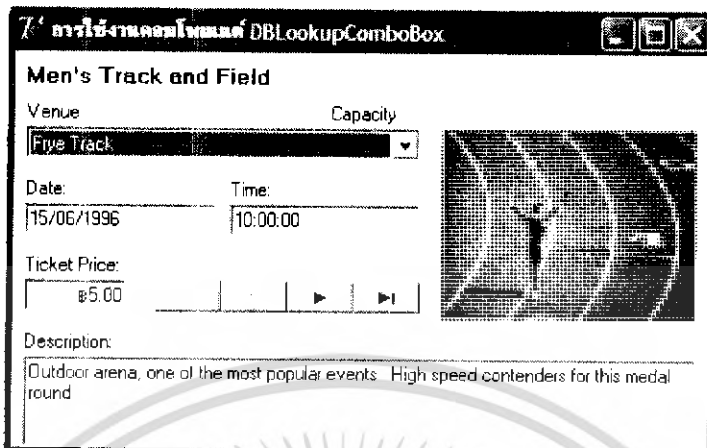
รูปที่ 2.26 ตัวอย่างการพัฒนาแอปพลิเคชันด้วย Delphi

Delphi สามารถสร้างแอปพลิเคชันบน Windows ได้หลายเวอร์ชันซึ่งแอปพลิเคชันที่สร้างจาก Delphi ได้รับการยกย่องเป็นอย่างมากในด้านขนาดโปรแกรมที่เล็กกระทัดรัด และทำงานได้อย่างรวดเร็ว เมื่อเทียบกับแอปพลิเคชันที่สร้างจากเครื่องมือตัวอื่นๆ ทำให้ Delphi แต่ละเวอร์ชันได้รับรางวัลเกียรติยศจากสถาบันต่างๆ ทั่วโลกมาตลอด

2.8.3.2 สร้างระบบงานด้านฐานข้อมูล

ถ้าจะถามว่า Delphi ถูกนำไปสร้างผลงานอะไรมากที่สุด สำหรับเมืองไทยแล้ว หนีไม่พ้นเรื่องของการพัฒนาระบบงานด้านฐานข้อมูล ซึ่งถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายตั้งแต่องค์กรขนาดเล็กไปจนถึงองค์กรระดับประเทศ โดย Delphi มีจุดเด่นในการสร้างแอปพลิเคชันที่ติดต่อกับฐานข้อมูลได้หลายรูปแบบ มีวิธีการและเครื่องมือในการสร้างระบบงาน ระบบรายงานสำหรับงานในด้านต่างๆ ซึ่งเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลายๆ คนอาจได้เคยสัมผัสมาแล้ว ไม่ว่าจะเป็นระบบบัญชี ระบบบริหารงานบุคคล ระบบคลังสินค้า หรือแม้แต่วางระบบจองตั๋วในโรงภาพยนตร์ชั้นนำ

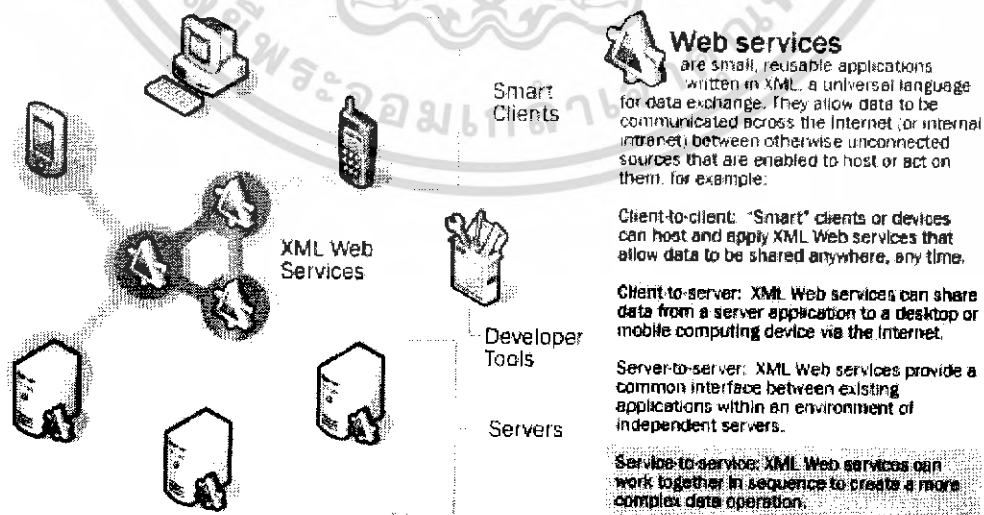


รูปที่ 2.27 ตัวอย่างการสร้างระบบฐานข้อมูลด้วย Delphi

แอปพลิเคชันที่เกี่ยวกับฐานข้อมูลที่สร้างจาก Delphi สามารถนำไปใช้งานกับระบบฐานข้อมูลชั้นนำแทบทุกชนิดทั่วโลก ตั้งแต่ระบบฐานข้อมูลส่วนบุคคลทั้ง Access , Paradox , Foxpro ไปจนถึงระบบฐานข้อมูลขนาดใหญ่ทั้ง Oracle , Sybase , SQL , Server รวมถึงระบบไฟล์ชนิดต่างๆ ได้ด้วย

2.8.3.3 สร้างแอปพลิเคชันรองรับ .NET Web Service

แนวโน้มการพัฒนาแอปพลิเคชันในยุคหน้าที่เราต้องเตรียมตัวให้พร้อมก็คือ การพัฒนาแอปพลิเคชันด้วยเทคโนโลยี .NET ซึ่งจะช่วยให้แอปพลิเคชันชนิดต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นทำงานบนพีซี โน้ตบุ๊ก PDA หรือแม้แต่โทรศัพท์มือถือ สามารถเชื่อมโยงข้อมูล และคุยกันได้



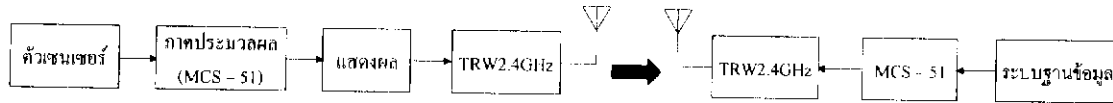
รูปที่ 2.28 แนวคิดของ .NET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบและการสร้าง

3.1 การออกแบบเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์แบบไร้สาย

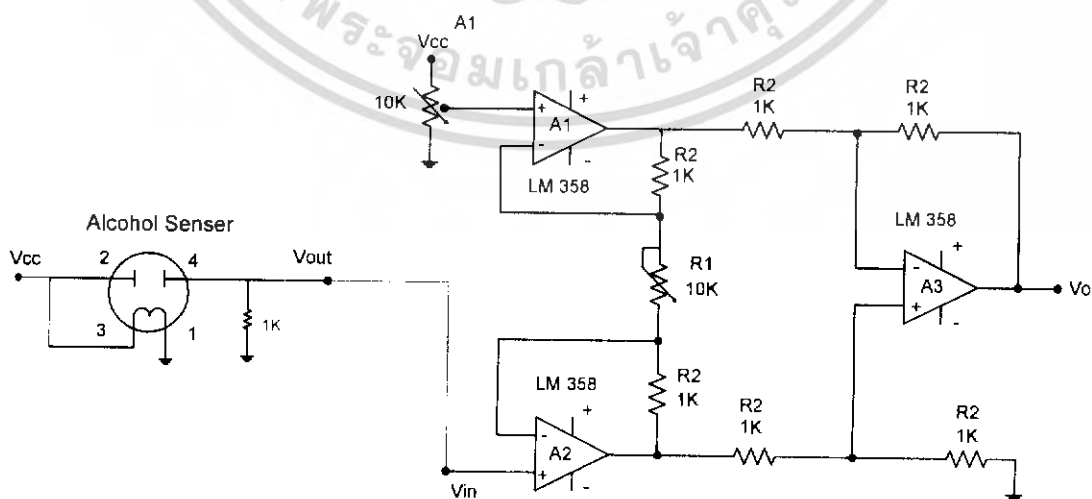


รูปที่ 3.1 บล็อกไดอะแกรมของเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ (Alcohol) แบบไร้สาย

จากรูปที่ 3.1 เป็นบล็อกไดอะแกรมอธิบายการทำงานของเครื่องตรวจวัดระดับแอลกอฮอล์ เมื่อทำการเป่าลมหายใจที่ตัวเซ็นเซอร์ตัวเซ็นเซอร์ก็จะทำการเปลี่ยนปริมาณแอลกอฮอล์เป็นแรงดันไฟฟ้า แล้วทำการส่งต่อไปยังภาคประมวลผล ซึ่งในภาคประมวลผลก็จะประกอบไปด้วย วงจรขยาย วงจรถอดรหัส สัญญาณ และ ตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ วงจรขยายจะทำการขยายแรงดันให้สูงขึ้นเนื่องจากแรงดันที่ได้จากตัวเซ็นเซอร์นั้นมีค่าต่ำมาก หลังจากนั้นก็จะส่งสัญญาณไปยังภาคถอดรหัสเพื่อทำการแปลงสัญญาณจากอนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิทัล เมื่อได้สัญญาณดิจิทัลแล้วก็นำมาประมวลผล หาปริมาณแอลกอฮอล์ที่วัดได้เพื่อทำการแสดงผลและส่งค่าที่วัดได้ออกไปยังภาครับ โดยส่งผ่านตัว โมดูลความถี่วิทยุ (TRW-2.4GHz) ซึ่งจะถูควบคุมการทำงานด้วยตัวไมโครคอนโทรลเลอร์ ทางฝั่งรับก็จะรับข้อมูลเข้ามาทางตัวโมดูลความถี่วิทยุ แล้วตัวไมโครคอนโทรลเลอร์จะทำการส่งต่อข้อมูลไปยังฐานข้อมูลผ่านทาง พอร์ตอนุกรม (RS - 232) เพื่อนำไปเก็บในระบบฐานข้อมูล

3.1.1 การออกแบบภาคประมวลผล

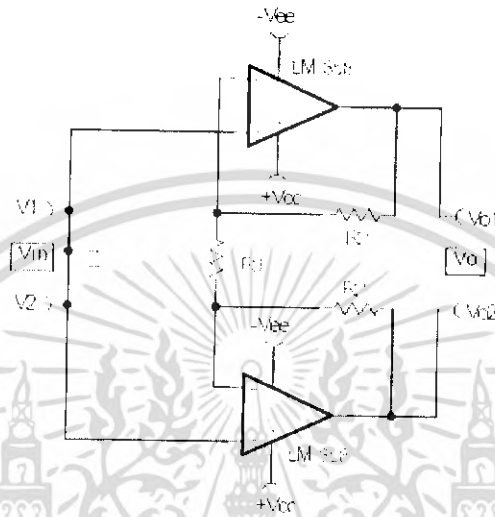
3.1.1.1 การเชื่อมต่อของตัวแอลกอฮอล์เซ็นเซอร์กับวงจขยายอินส์ทรูเมน



รูปที่ 3.2 แสดงการเชื่อมต่อตัวแอลกอฮอล์เซ็นเซอร์กับวงจขยายอินส์ทรูเมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 เป็นการเชื่อมต่อตัวแอสกอสส์เซ็นเซอร์เข้ากับวงจรถ่ายอินส์ทรูเมน โดยนำขาที่ 4 ของ ตัวเซ็นเซอร์ซึ่งเป็นขาแรงดันเอาต์พุตเข้าที่ขาบวกของออปแอมป์ และเนื่องจากสัญญาณที่ได้มาจาก เซ็นเซอร์เป็นไฮอิมพีแดนซ์ (High impedance) คือมีสัญญาณรบกวนมาก และกำลังไฟที่ได้มาก่อนข้าง จะต่ำ (Low Power Output) ทำให้ต้องใช้วงจรถ่ายสำหรับเครื่องมือวัด (Instrumentation amplifier) ดังรูป ที่ 3.2 ซึ่งวงจรถ่ายสำหรับเครื่องมือวัดจะแบ่งการทำงานออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ ส่วนแรกวงจรถ่าย สัญญาณแบบไม่กลับเฟสแสดงดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วงจรถ่ายสัญญาณแบบไม่กลับเฟสที่อยู่ในวงจรถ่ายอินส์ทรูเมน

เราจะทำการเชื่อมต่อ v_{out} ของ แอสกอสส์เซ็นเซอร์เข้ากับ v_m ของวงจรถ่ายสำหรับเครื่องมือ วัดและ เชื่อมต่อไฟพร้อมกันกับตัวต้านทานปรับค่าที่ v_{cc} เพื่อปรับเท่าการขยายเริ่มแรกให้เป็น 0 โวลต์ เนื่องจาก v_{out} ของ เซ็นเซอร์เมื่อเริ่มแรกค่าที่ออกมาจะไม่ใช่ 0 โวลต์ เราจึงต้องใช้ไฟจาก v_{cc} มาปรับเท่าให้ ค่าที่ v_0 เป็น 0 โวลต์ ซึ่งสามารถดูได้จากสมการ

$$V_{o1} = v_1 + \left(\frac{v_1 - v_2}{R_1} \right) R_2$$

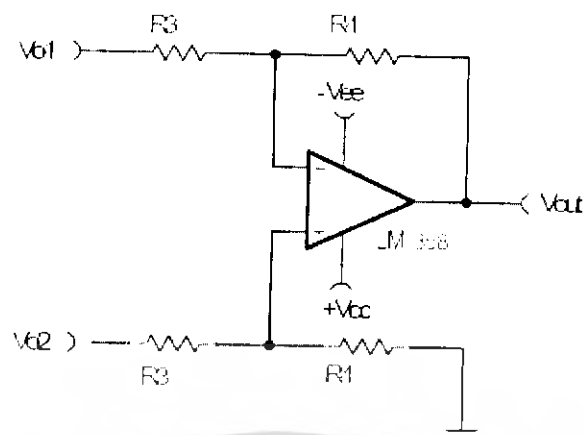
$$V_{o2} = v_2 - \left(\frac{v_1 - v_2}{R_2} \right) R_2$$

จากผลต่างของแรงดัน $(v_{o1} - v_{o2})$ ของวงจรถ่ายผลต่างจะเป็นสัดส่วนตรงกับ v_0

$$v_0 = -\frac{R_4}{R_3} (v_{o1} - v_{o2})$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนที่สองวงจรขยายสัญญาณผลต่างแสดงดังรูปที่ 3.4

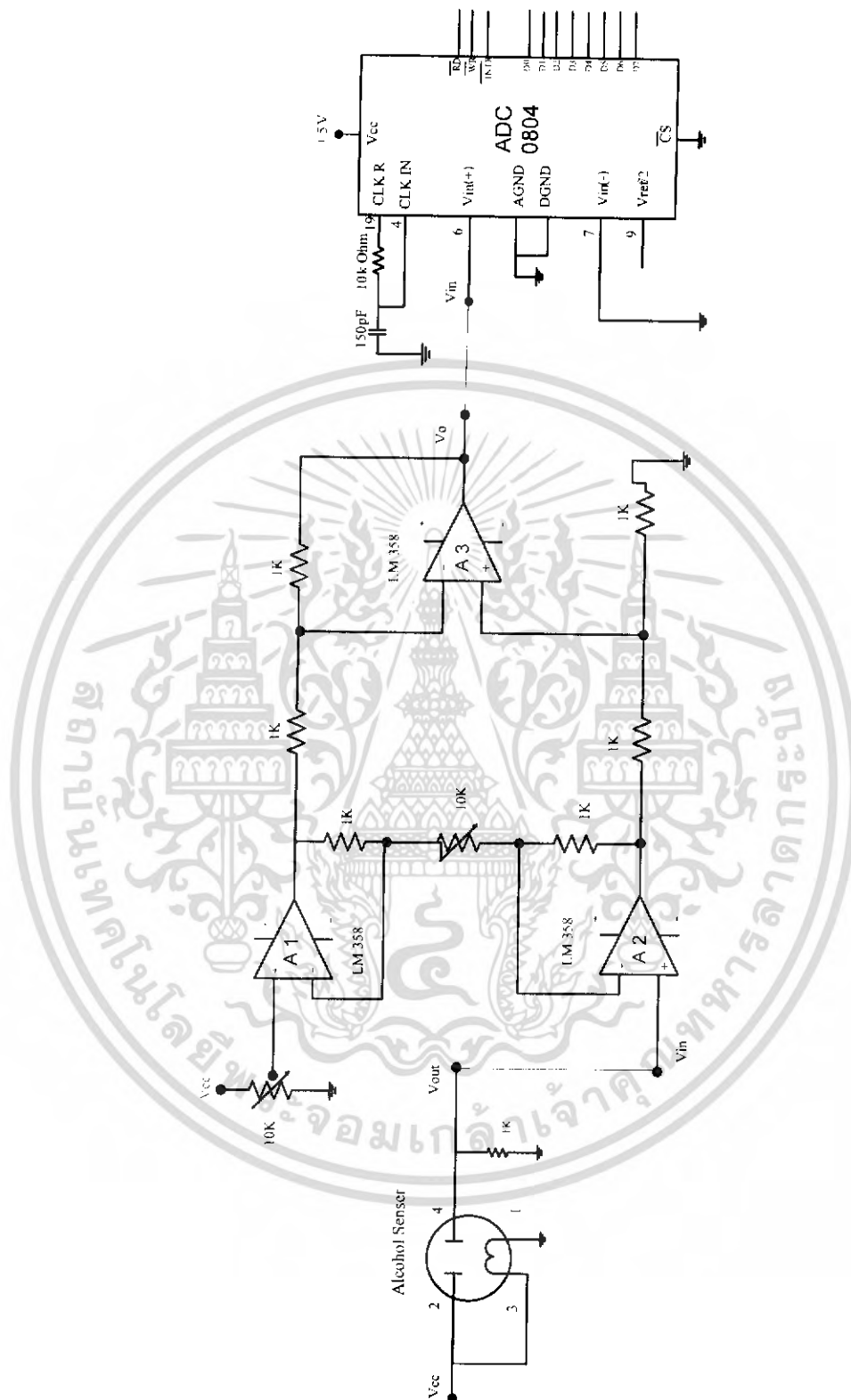


รูปที่ 3.4 วงจรขยายสัญญาณผลต่างที่อยู่ในวงจรขยายอินส์ทรูเมน

ใช้ทฤษฎีของซูเปอร์โพสิชัน (Super position) โดยตัวต้านทาน $R1$ ในรูปที่ 3.2 ใช้เพื่อปรับละเอียด เพื่อให้อัตราขยายของวงจรของออปแอมป์ส่วนหน้าทั้ง 2 เท่ากัน จากนั้นจึงส่งต่อไปให้วงจรขยายสัญญาณผลต่าง ซึ่งจะทำหน้าที่ขยายผลต่างที่ได้ออกมาตามเกณฑ์ $R1$ ปรับตั้งไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.1.2 การเชื่อมต่อของวงจรขยายอินสัทรูเมนกับตัว A/D

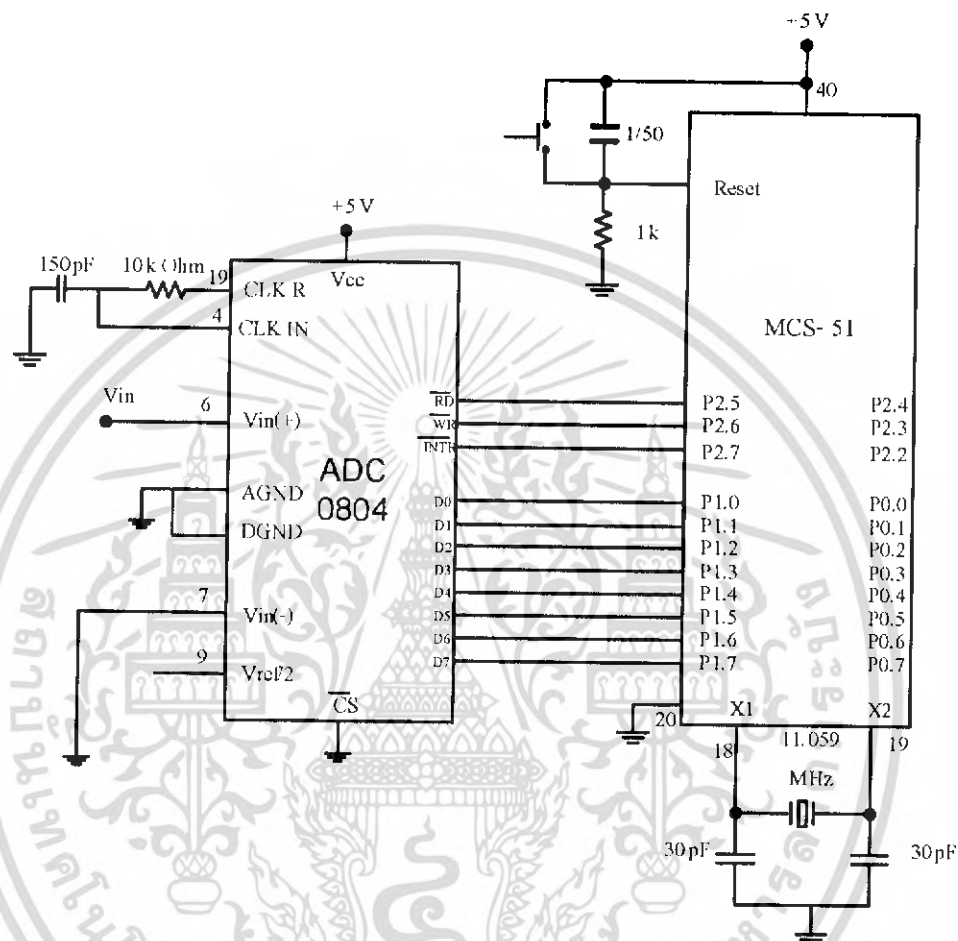


รูปที่ 3.5 แสดงการเชื่อมต่อวงจรขยายอินสัทรูเมนกับตัว A/D

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.5 จะเป็นการนำเอาวงจรถบายอินสัทรูเมน ต่อเข้ากับ ตัวถอดรหัสสัญญาณ จากอนาลอกเป็นดิจิตอล โดยเราจะนำเอาค่าแรงดันเอาต์พุตที่ได้จากวงจรถบายต่อเข้ากับขา อินพุต โวลต์แดง (Vin) ของตัว ADC 0804 เพื่อที่จะนำไปถอดรหัสจากสัญญาณอนาลอกไปเป็นสัญญาณดิจิตอล

3.1.1.3 การเชื่อมต่อของตัวถอดรหัสอนาลอกทุกดิจิตอลกับไมโครคอนโทรลเลอร์



รูปที่ 3.6 แสดงการเชื่อมต่อของตัว A/D กับ ไมโครคอนโทรลเลอร์

จากรูปที่ 3.6 การเชื่อมต่อตัว ADC0804 เชื่อมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ ในการเชื่อมต่อข้อมูลที่ได้จาก A/D ใช้การเชื่อมต่อแบบ I/O พอร์ต จะมีข้อมูลเป็นรหัสฐานสอง ซึ่งมีจำนวนผลเป็น 2 ยกกำลังขีดความสามารถในการสุ่มค่า ผู้จัดทำได้นำ A/D 8 บิต มาใช้ในโครงการ ซึ่งจะให้ได้ 256 ค่า (0-255 สถานะ) ในการใช้งานจริงนั้น A/D จะมีค่าแรงดันสูงสุดที่ 5 โวลต์ เพราะฉะนั้นมันจะให้ข้อมูลเราได้ที่มีความละเอียด 5 โวลต์/256 สเต็ป = 0.0195 โวลต์ สเต็ป ยกตัวอย่างการอ่านค่า คือ

ค่าจาก A/D -> 00000000 (0 ฐาน 10) = 0 โวลต์ ของการแสดงผล

ค่าจาก A/D -> 00000001 (1 ฐาน 10) = 0.0195 โวลต์ ของการแสดงผล

ค่าจาก A/D -> 00000010 (2 ฐาน 10) = 0.0390 โวลต์ ของการแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

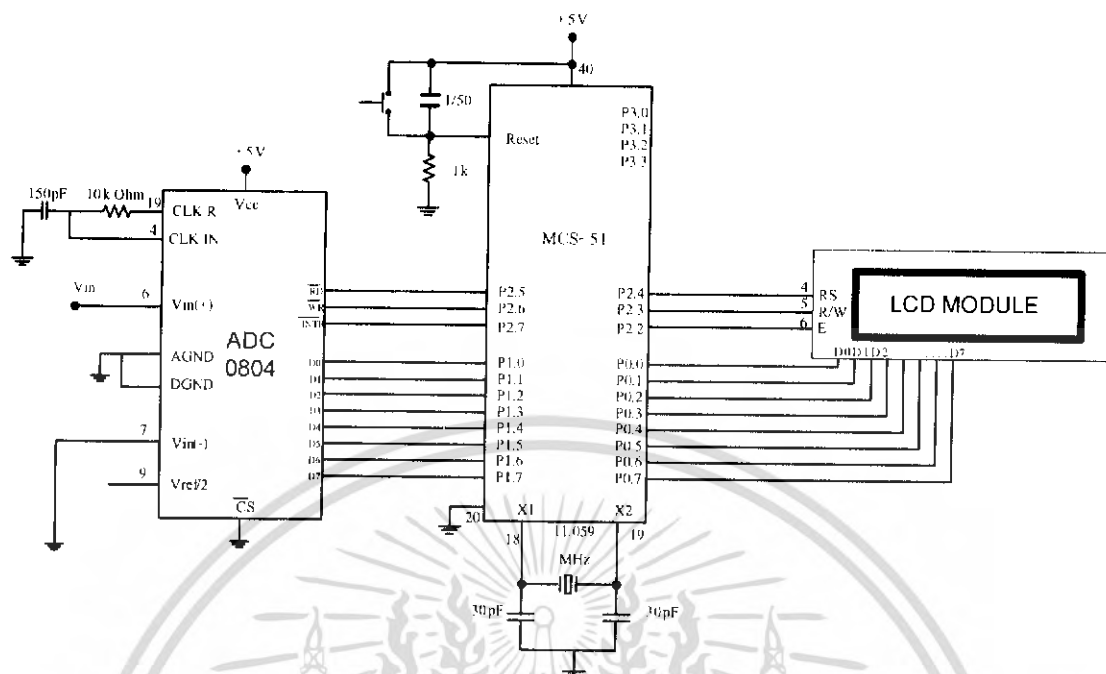
ค่าจาก A/D \rightarrow 00000011 (3 ฐาน 10) = 0.0585 โวลต์ ของการแสดงผล

ค่าจาก A/D \rightarrow 11111111 (256 ฐาน 10) = 4.992 โวลต์ ของการแสดงผล

จะเห็นได้ว่าความละเอียดของสเต็ปการแปลงคือ 0.0195 โวลต์ ซึ่งในการแสดงผลก็เพียงอ่านค่าที่ได้จาก A/D ซึ่งเป็นเลขฐานสอง แล้วแปลงเป็นฐาน 10 จากนั้นนำมาคูณกับค่าการอ่านต่อสเต็ป การอ่านให้ละเอียดกว่านี้ทำได้โดยหา A/D ค่าละเอียดกว่านี้ เช่น 10 บิต 16 บิต เป็นต้น ข้อคิดอีกประการหนึ่งคือ หากย่านวัดต่ำเช่น 5 โวลต์ จะได้ค่าความละเอียดอีกค่าหนึ่ง หากย่านวัดสูงขึ้นความละเอียดในการวัดจะน้อยลง เพราะช่วงสัญญาณไฟฟ้ามีขนาดกว้างขึ้นการที่จะสั่งให้ A/D ทำงานได้นั้นจะต้องทำการส่งสัญญาณเข้าขา \overline{WR} และ \overline{CS} ด้วยสัปดาห์แล้วรออีกประมาณ 100 μ S หลังจากนั้น A/D จะส่งสัญญาณออกมาที่ขา \overline{INTR} ซึ่งมีระดับสัญญาณเป็น LOW เป็นสัญญาณที่บอกว่าการแปลงสัญญาณเสร็จแล้ว ซึ่งจะต่อกับขาที่ 28 ซึ่งก็คือ P2.7 ของซีพียู (CPU) เพื่อบอกให้ CPU ทำขบวนการอินเตอร์รัพท์ เพื่อนำข้อมูลที่แปลงแล้วไปเก็บ ซึ่งในการอ่านข้อมูลไปเก็บ CPU ต้องส่งสัญญาณเป็น LOW มาเข้า \overline{RD} ของ A/D การทดสอบ A/D ทำได้โดยป้อน ($V_{ref}/2$) = 2.560 โวลต์ คงที่ แล้วป้อนแรงดัน v_m ที่ขา $v_m(+)$ มีค่า 0 ถึง 5 โวลต์ แล้วกดสวิตช์ สตาร์ท (Start) แล้วปล่อยให้กลับมายู่ตำแหน่งโอเพ่น เซอร์किิต (Open Circuit) ก็จะได้ LED ติดหรือดับเปลี่ยนแปลงตามค่าอินพุตที่เข้ามาป้อน $v_m(+)$ = 0 โวลต์ จะได้ดิจิตอลเอาต์พุต = 0000 0000B ป้อน $v_m(+)$ = 5 โวลต์ จะได้ดิจิตอลเอาต์พุต = 1111 1111B Span Adjust ใช้ปรับค่าช่วงกว้างแรงดันอินพุต (Span) โดยจะต้องป้อนเข้ามาที่ขา ($v_{ref/2}$) ซึ่งค่า ($v_{ref/2}$) จะใช้กำหนด Span Voltage โดยที่ Span Voltage = $2(v_{ref/2})$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

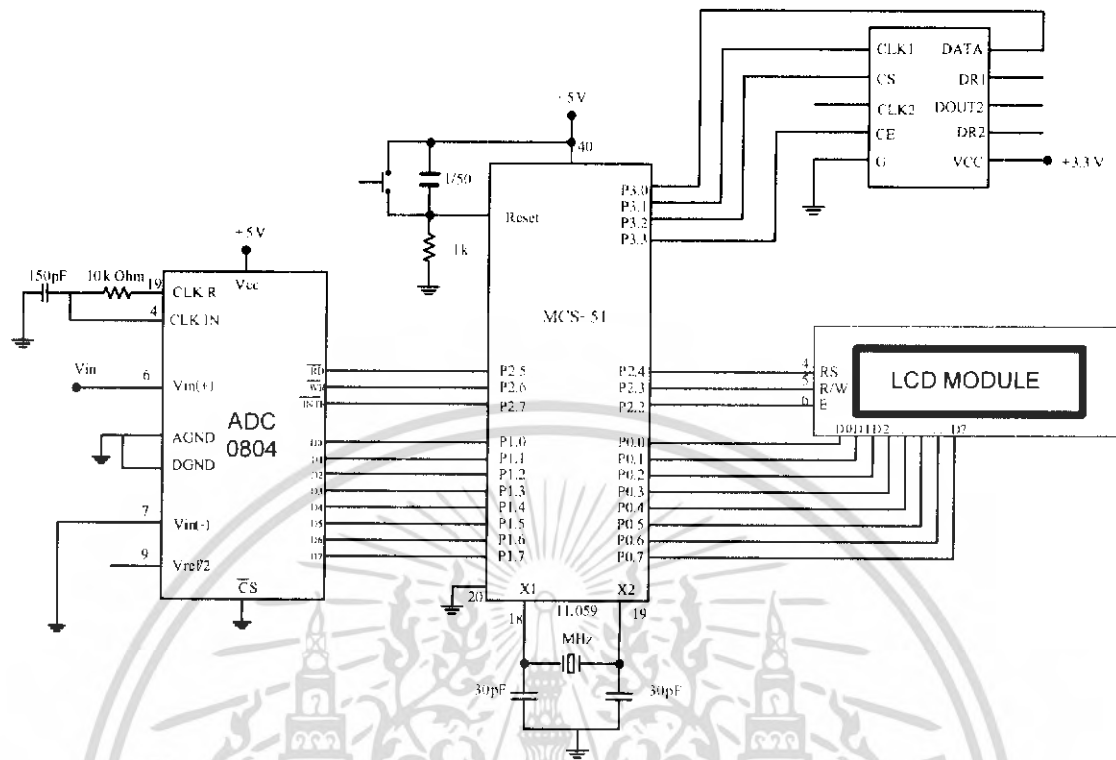
3.1.2 การออกแบบภาคแสดงผล



รูปที่ 3.7 แสดงการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับจอ LCD

จากรูปที่ 3.7 เมื่อวงจร A/D รับข้อมูลเข้ามาแล้วก็จะทำการแปลงสัญญาณจากอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิทัล จากนั้นจึงส่งต่อไปให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ประมวลผลเปรียบเทียบ หาค่าปริมาณ แอลกอฮอล์ที่วัดได้จริงแล้วจึงส่งไปให้โมดูล LCD แสดงผลผ่านทาง พอร์ต 0 ซึ่งควบคุมการทำงานโดย P2.4 ควบคุมขา RS ใช้สำหรับบอก LCD ว่าข้อมูลที่ส่งไปให้มันเป็น Instruction หรือ Data P2.3 ควบคุมขา R/W ใช้สำหรับกำหนดว่าเป็นการอ่านหรือเขียนข้อมูลให้กับ LCD P2.2 ควบคุมขา E เป็นขา Enable ใช้บอก LCD ว่ามีอุปกรณ์ภายนอกต้องการติดต่อด้วยหรือไม่

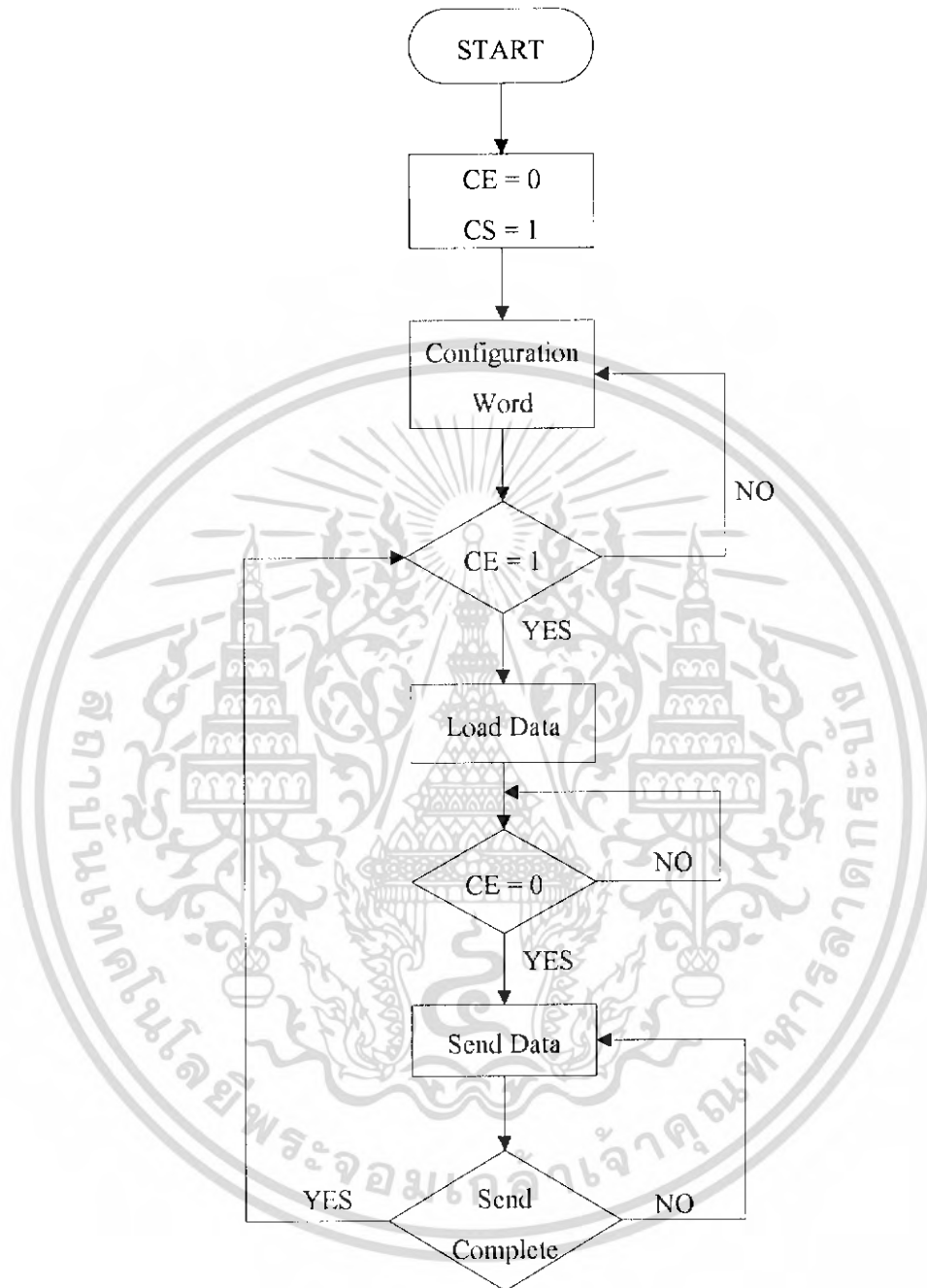
3.1.3 การออกแบบภาคส่ง



รูปที่ 3.8 แสดงการเชื่อมต่อไมโครคอนโทรลเลอร์เข้ากับ โมดูลความถี่วิทยุ (TRW = 2.4 GHz)

จากรูปที่ 3.8 เป็นวงจรทางด้านภาคส่ง โดยใช้พอร์ต 3 ของไมโครคอนโทรลเลอร์ต่ออยู่กับ โมดูลความถี่วิทยุ ซึ่งมีโมดูลความถี่วิทยุเป็นตัวส่งข้อมูลโดยใช้การมอดูเลตข้อมูลแบบ GFSK (Gaussian Frequency Shift Keying) ซึ่งสามารถกำหนดอัตราการส่งผ่านข้อมูลได้โดยต้องเขียนโปรแกรมให้กับตัวไมโครคอนโทรลเลอร์โดยลักษณะของโปรแกรมที่ใช้เขียนควบคุมตัวโมดูลความถี่วิทยุทางด้านตัวส่งสามารถเขียนออกมาเป็นรูปแบบของผังงานได้ดังรูปที่ 3.9

3.1.3.1 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของภาครับภาคส่ง



รูปที่ 3.9 แสดงโฟลว์ชาร์ตของการเขียนโปรแกรมควบคุมโมดูลความถี่วิทยุทางด้านภาคส่ง

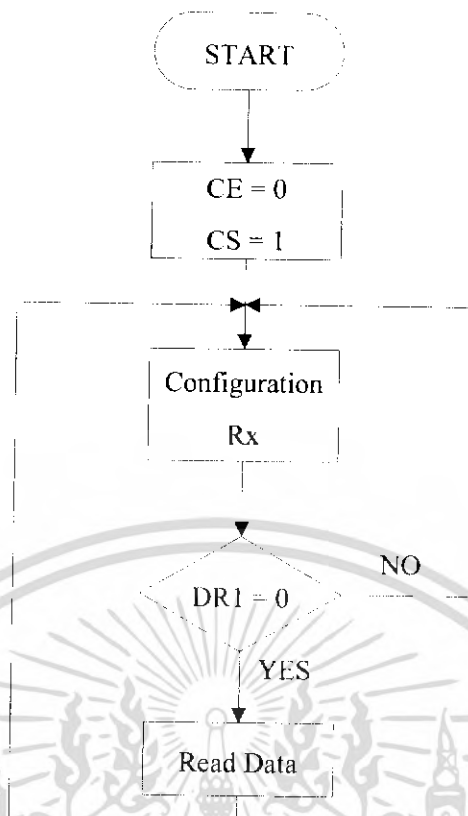
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.4.1 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของภาครับ



รูปที่ 3.11 แสดงโฟลว์ชาร์ตภาครับของเครื่องวัดปริมาณแอสกอสอล

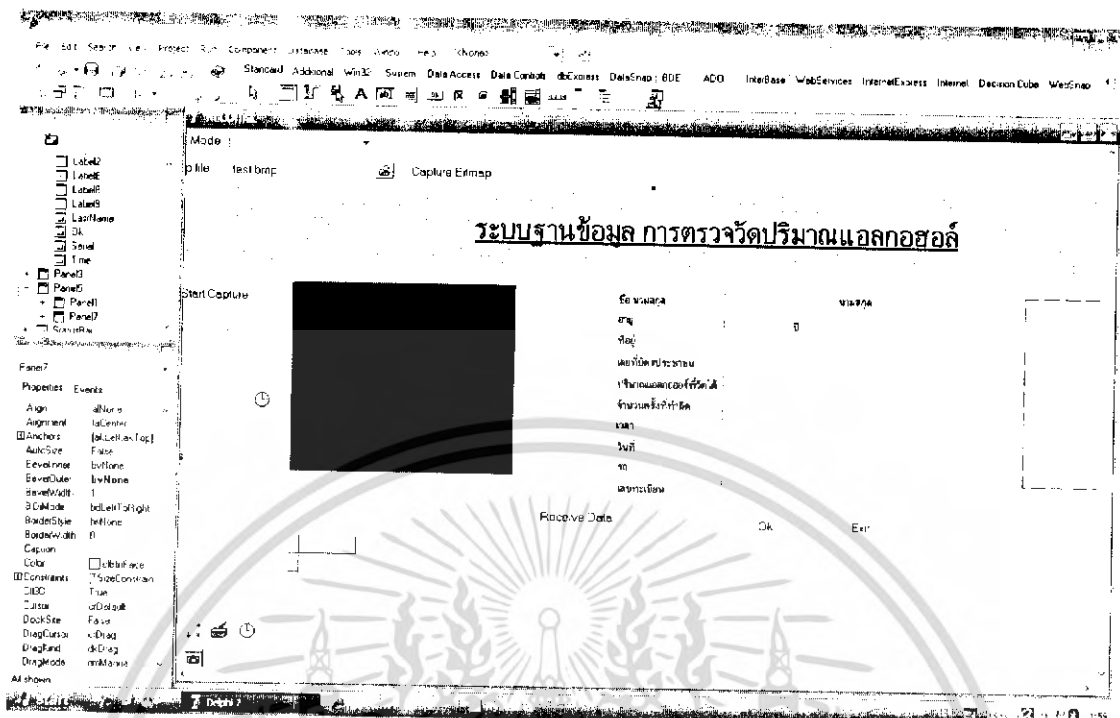
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.12 แสดงโฟลว์ชาร์ตของการเขียนโปรแกรมควบคุมไมโครความถี่วิทยุทางด้านภาครับ

จากรูปที่ 3.12 เป็นผังงานในส่วนควบคุมไมโครความถี่วิทยุทางด้านภาครับซึ่งมีลักษณะการทำงานคือต้องทำการกำหนดค่าให้กับไมโครความถี่วิทยุโดยทำการกำหนดค่าลงในเฟรมข้อมูล เพื่อให้ตัวไมโครความถี่วิทยุทราบก่อนว่าต้องการให้ไมโครความถี่วิทยุทำงานเป็นตัวรับก่อน ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 144 บิต ในการที่จะทำการส่งเฟรมข้อมูลต้องทำการกำหนดค่าให้ขา CE มีสถานะ “Low” และ CS มีสถานะ “High” ก่อน เมื่อทำการกำหนดเรียบร้อยแล้ว ทางด้านฝั่งรับจะทำการรอรับข้อมูลโดยการตรวจเช็ค ขา DR1 ซึ่งขา DR1 เป็นขาที่แสดงความพร้อมที่จะรับข้อมูลเมื่ออยู่ในสถานะ “Low” ดังนั้นเมื่อขา DR1 ของไมโครความถี่วิทยุอยู่ในสถานะ “Low” เมื่อมีข้อมูลเข้ามาจึงสามารถรับข้อมูลได้ทันที ในขณะที่ทำการรับข้อมูล DR1 จะอยู่ในสถานะ “High” เมื่อรับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว DR1 จะกลับมาอยู่ในสถานะ “Low” อีกครั้งเพื่อเตรียมพร้อมที่จะรับข้อมูลที่จะมีเข้ามาใหม่ โดยข้อมูลที่รับมาจะทำการป้อนให้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ เพื่อให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ทำการประมวลผลและทำการแสดงผลต่อไป

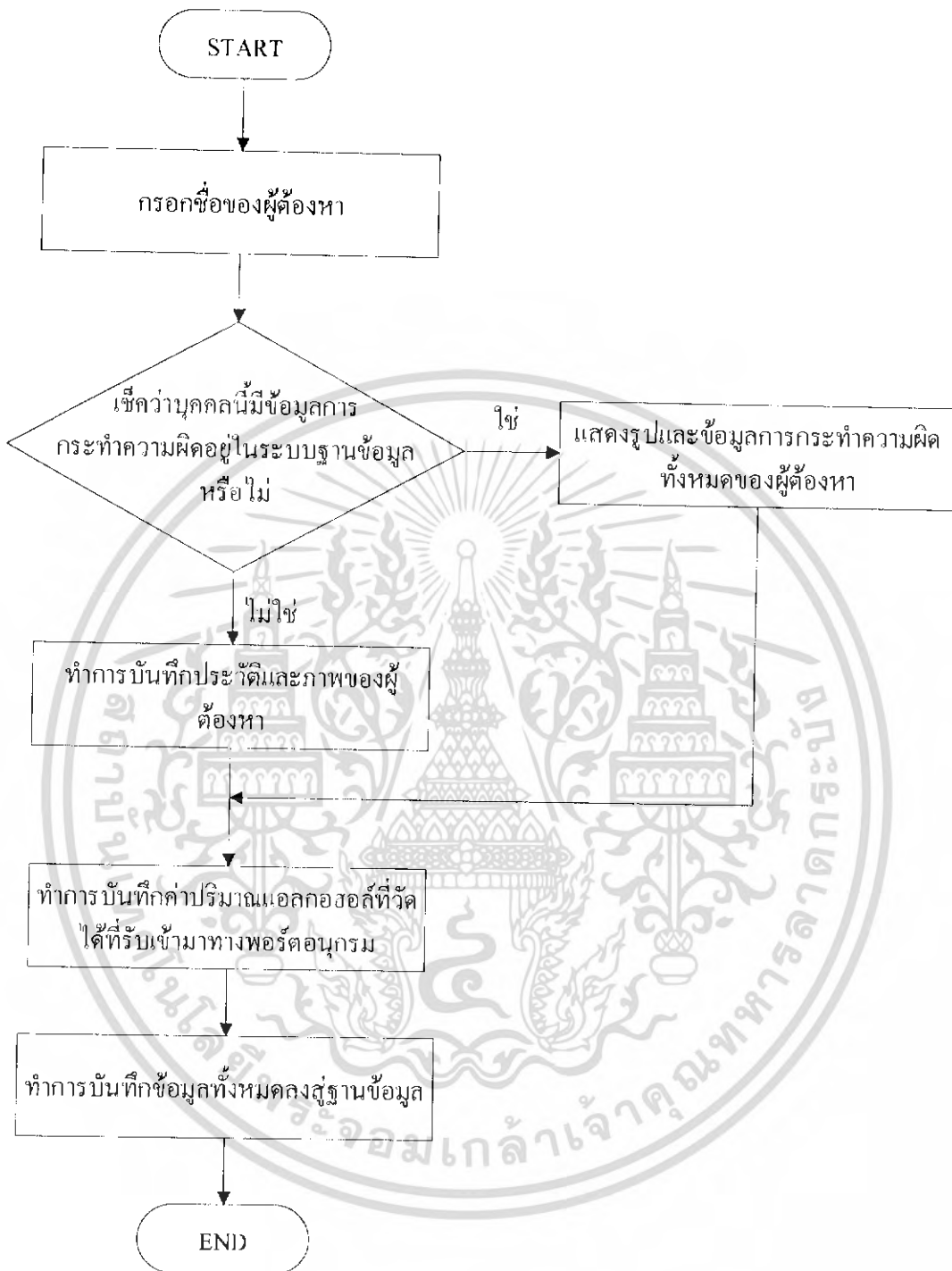
3.2 การออกแบบโปรแกรมฐานข้อมูล



รูปที่ 3.13 แสดงการออกแบบโปรแกรมฐานข้อมูล

ส่วนโปรแกรมฐานข้อมูลภายในโครงการนี้ จะพัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษา Delphi7 และใช้ระบบฐานข้อมูลแบบ Paradox ซึ่งมีลักษณะการทำงานของโปรแกรมห้างนี้ เมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมา จะปรากฏหน้าต่างให้กรอกข้อมูลของผู้ต้องหาลงไปและเมื่อกรอกชื่อแล้ว โปรแกรมจะทำการเช็คว่ามีชื่อนี้หรือไม่ถ้ามีก็จะทำการแสดงข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคนๆ นั้นทั้งหมดออกมา แต่ถ้าไม่มีก็จะทำการกรอกข้อมูลใหม่ลงไป และถ้าหากต้องการดูข้อมูลเฉพาะบุคคลก็ให้คลิกไปที่ชื่อของบุคคลนั้นๆ โปรแกรมก็จะทำการแสดงรูปและรายละเอียดของคนๆ นั้นออกมา จากนั้นก็ทำการกรอกข้อมูลที่เหลือแล้วรับปริมาณแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ ผ่านระบบ Wireless แล้วทำการเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลในลำดับต่อไป

3.2.1 โฟลว์ชาร์ตระบบฐานข้อมูล



รูปที่ 3.14 แสดงโฟลว์ชาร์ตของระบบฐานข้อมูล

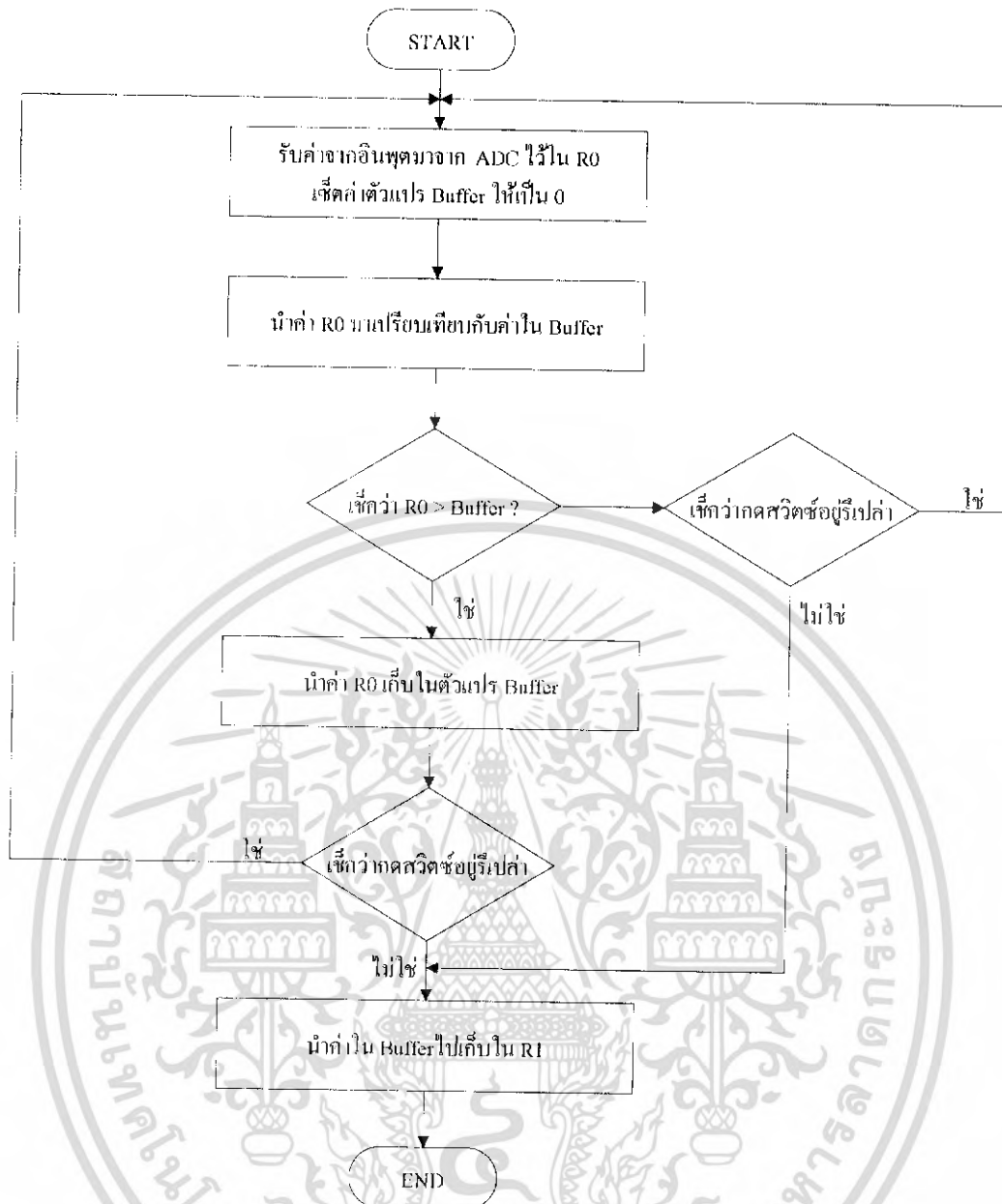
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.2 โฟลว์ชาร์ตแสดงการทำงานของโปรแกรมเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์



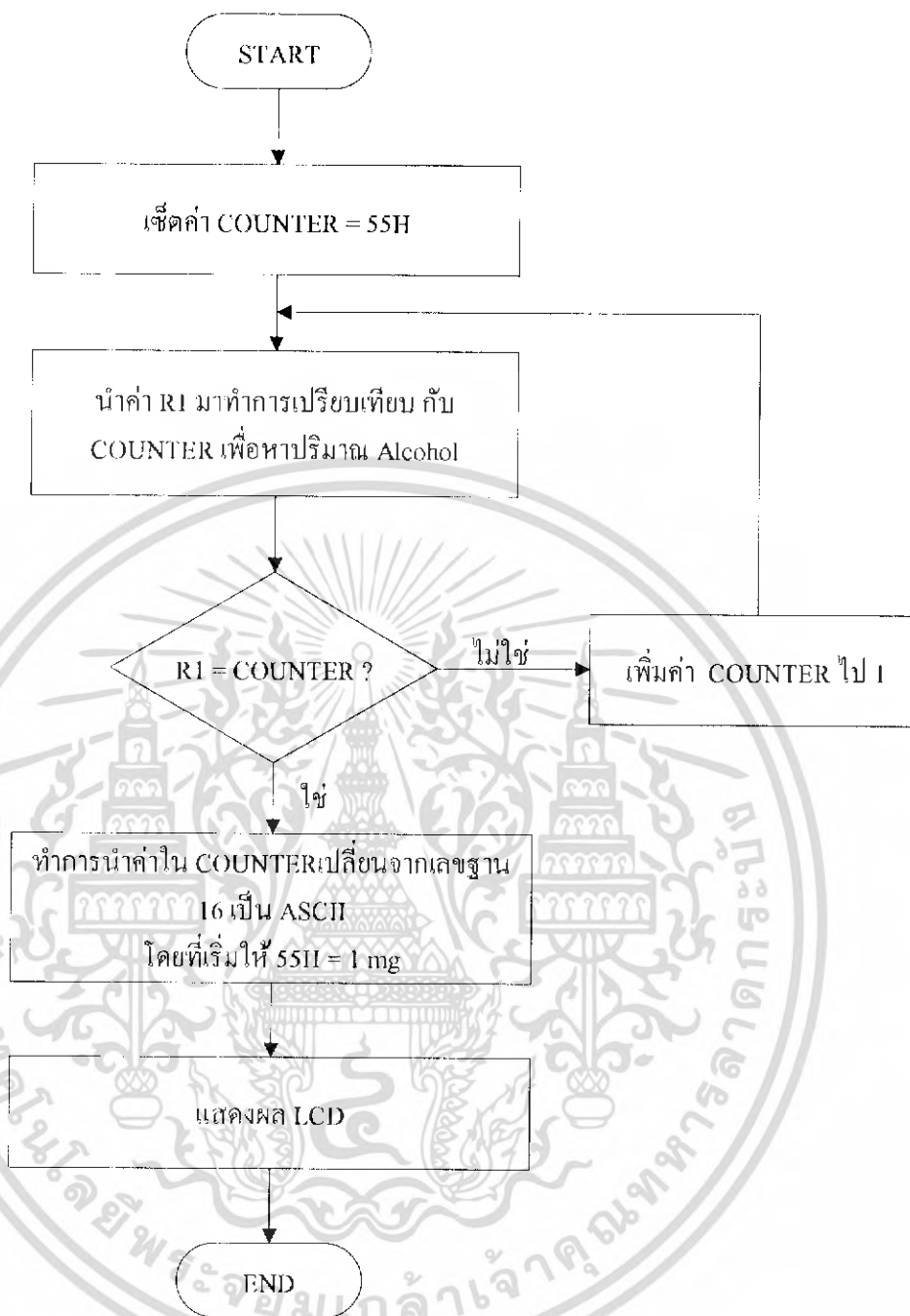
รูปที่ 3.15 แสดงโฟลว์ชาร์ตของโปรแกรมเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 แสดงโฟลว์ชาร์ตของการหาค่าสูงสุดที่รับมาจากตัวเซ็นเซอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.17 แสดงโปรแกรมการคำนวณและแสดงผลปริมาณแอลกอฮอล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การตั้งค่าโมดูลความถี่วิทยุ (TRW-2.4GHz)

RF_CH# กับ RXEN

ตารางที่ 3.1 แสดงตำแหน่งบิตของช่องสัญญาณความถี่และโหมดการทำงาน

ชื่อ	RF_CH#							RXEN
ตำแหน่งบิต	7	6	5	4	3	2	1	0

จากตารางที่ 3.1 บิต RXEN เป็นบิตอยู่ที่บิตศูนย์เป็นบิตที่ให้กำหนดค่าให้ตัวโมดูลความถี่วิทยุให้ทำงานในภาครับหรือทำงานในภาคส่ง ถ้าต้องการให้โมดูลทำหน้าที่เป็นตัวส่งต้องกำหนดค่าให้บิต RXEN เป็น “1” ส่วน RF_CH# เป็นตำแหน่งบิตที่ 1 ถึงบิต 7 จะเป็นบิตที่กำหนดความถี่ที่ใช้รับ/ส่งซึ่งมีความถี่ในช่วง 2400 MHz – 2524 MHz โดยคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$\text{ช่องสัญญาณ} = 2400\text{MHz} + [(\text{RF_CH\#})(1.0 \text{ MHz})]$$

ในโครงงานนี้ในตัวส่งได้กำหนดค่าไว้ดังนี้

ตารางที่ 3.2 แสดงการกำหนดค่าให้กับตัวส่ง

RF_CH#							RXEN
0	0	0	1	0	1	0	0

ซึ่งเมื่อนำค่าใน RF_CH# ซึ่งก็คือค่าในบิต 1-7 มาทำการแปลงเป็นเลขฐานสิบ ในโครงงานนี้ได้ค่าเป็นเลขฐานสิบเท่ากับ 10 แล้วนำเลขฐานสิบไปคูณกับ 1.0 MHz แล้วนำไปบวกกับ 2400MHz จะได้เป็นค่าความถี่ที่ใช้ส่งสัญญาณ ซึ่งถ้าต้องการที่จะไม่ใช้ความถี่นี้ก็สามารถทำการคำนวณได้ดังตัวอย่างแต่ความถี่ต้องอยู่ในช่วง 2400 MHz ถึง 2524 MHz และถ้าต้องการที่จะทำการส่งสองช่องสัญญาณสามารถคำนวณหาความถี่ที่ใช้ได้จากสูตรดังนี้

$$\text{ช่องสัญญาณ} = 2400\text{MHz} + [(\text{RF_CH\#})(1.0 \text{ MHz})] + 8\text{MHz}$$

ส่วนทางด้านภาครับของโครงงานนี้ได้กำหนดค่าดังนี้

ตารางที่ 3.3 แสดงการกำหนดค่าให้กับตัวรับ

RF_CH#							RXEN
0	0	0	1	0	1	0	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RF_PWR

ตารางที่ 3.4 แสดงการกำหนดค่ากำลังงานของภาคส่ง

กำลังงานของภาคส่ง		
D9	D8	P(dBm)
0	0	- 20
0	1	- 10
1	0	-5
1	1	0

ในโครงงานนี้ได้ทำการเลือกค่ากำลังงานของภาคส่งเท่ากับ 0 dBm บิตที่ 8 และ 9 จึงได้รหัสคือ 11

XO_F

ตารางที่ 3.5 แสดงการกำหนดค่าสถานะของตำแหน่งบิตที่ 10 ถึง 12

ตำแหน่งบิต	12	11	10
สถานะ	0	1	1

RFDR_SB

จะใช้ตำแหน่งบิตที่ 13 โดยเป็นบิตที่เลือกค่าอัตราการส่งผ่านข้อมูลของ โมดูลความถี่วิทยุ

สถานะ 0 : อัตราการส่งผ่านข้อมูลเท่ากับ 250 Kbps

สถานะ 1 : อัตราการส่งผ่านข้อมูลเท่ากับ 1 Mbps

ในโครงงานนี้ได้กำหนดอัตราการส่งผ่านข้อมูลไว้ 1 Mbps

CM

ตำแหน่งบิตที่ 14 เป็นบิตที่เลือกโหมดการส่งข้อมูลกำหนดให้มีสถานะเป็น 1 เนื่องจากส่งข้อมูลในโหมด Shock Burst

RX2_EN

ตำแหน่งบิตที่ 15 เป็นบิตที่เลือกจำนวนช่องสัญญาณของภาครับ

สถานะ 0 : จำนวน 1 ช่องสัญญาณ

สถานะ 1 : จำนวน 2 ช่องสัญญาณ

ในโครงงานนี้ได้มีการกำหนดให้ช่องสัญญาณเพียง 1 ช่องสัญญาณดังนั้นในตำแหน่งนี้จึงได้กำหนดไว้เป็น 0 ดังนั้นบิตที่ 8-5 จะได้ค่าที่กำหนดคือดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 แสดงการกำหนดสถานะบิตตำแหน่งที่ 8 – 15

ชื่อ	RX2_EN	CM	RFDR_SB	XO_F			RF_PWR	
ตำแหน่งบิต	15	14	13	12	11	10	9	8
สถานะ	0	1	1	0	1	1	1	1

CRC_EN

เป็นตำแหน่งบิตที่ 16 ใช้ในการกำหนดให้มีการสร้าง CRC สำหรับภาคส่ง และให้มีการตรวจสอบบิต CRC สำหรับภาครับ ถ้ากำหนดให้สถานะบิตเป็นสถานะบิตเป็น 1

CRC_L

เป็นตำแหน่งบิตที่ 17 ใช้ในการกำหนดความกว้างของบิต CRC

สถานะ 0 : ให้ CRC มีความกว้าง 8 บิต

สถานะ 1 : ให้ CRC มีความกว้าง 16 บิต

ในโครงงานนี้ได้มีการกำหนดให้มีสถานะเป็น 1

ADDR_W

เป็นตำแหน่งบิตที่ 18 - 23 ใช้ในการกำหนดจำนวนที่จองไว้สำหรับแอดเดรสภาครับโดยที่จองไว้สูงสุดถึง 40 บิต (5 ไบต์) กำหนดให้มีจำนวนการจองบิตสูงสุดจะต้องกำหนดค่าดังแสดงในตารางดังต่อไปนี้

ตารางที่ 3.7 แสดงตารางการกำหนดค่า ADDR_W

ชื่อ	ADDR_W					
ตำแหน่งบิต	23	22	21	20	19	18
สถานะ	1	0	1	0	0	0

และการกำหนดค่าตั้งแต่บิตที่ 16 – 23 กำหนดได้ดังนี้

ตารางที่ 3.8 แสดงตารางการกำหนดค่าในตำแหน่งบิตที่ 16 – 23

ชื่อ	ADDR_W						CRC_L	CRC_EN
ตำแหน่งบิต	23	22	21	20	19	18	17	16
สถานะ	1	0	1	0	0	0	1	1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ADDRx

เป็นตำแหน่งบิตที่ 23 – 63 ขนาด 40 บิต (5 ไบต์) ใช้ในการกำหนดแอดเดรสให้กับตัวรับในช่องสัญญาณที่ 1 คือ ADDR1 และตำแหน่งบิตที่ 64 – 103 (5 ไบต์) ใช้ในการกำหนดแอดเดรสให้กับตัวรับในช่องสัญญาณที่ 2 คือ ADDR2

DATAx_W

เป็นตำแหน่งบิตที่ 104 – 111 ขนาด 8 บิตในการกำหนดความกว้างของบิตข้อมูลช่องสัญญาณที่ 1 ซึ่งก็คือ DATA1_W และใช้ตำแหน่งบิตที่ 112 – 119 ขนาด 8 บิตในการกำหนดความกว้างของช่องสัญญาณที่ 2 โดยในโครงการนี้ได้มีการกำหนดค่าดังนี้

ตารางที่ 3.9 ตารางแสดงจำนวนความกว้างของบิตข้อมูลในช่องสัญญาณที่ 1

DATA1_W								
ตำแหน่งบิต	111	110	109	108	107	106	105	104
สถานะ	0	0	0	0	1	0	0	0

ตารางที่ 3.10 ตารางแสดงจำนวนความกว้างของบิตข้อมูลในช่องสัญญาณที่ 2

DATA2_W								
ตำแหน่งบิต	119	118	117	116	115	114	113	112
สถานะ	0	0	0	0	1	0	0	0

TEST

เป็นตำแหน่งบิตที่ 120 – 143 ขนาด 3 ไบต์โดยเป็นจำนวนบิตที่จองไว้สำรอง โดยได้กำหนดค่าดังนี้

ตารางที่ 3.11 ตารางแสดงจำนวนบิตที่จองไว้สำรอง

ชื่อ	TEST							
ตำแหน่งบิต	143	142	141	140	139	138	137	136
สถานะ	1	0	0	0	1	1	1	0
ตำแหน่งบิต	135	134	133	132	131	130	129	128
สถานะ	0	0	0	0	1	0	0	0
ตำแหน่งบิต	127	126	125	124	123	122	121	120
สถานะ	0	0	0	1	1	1	0	0

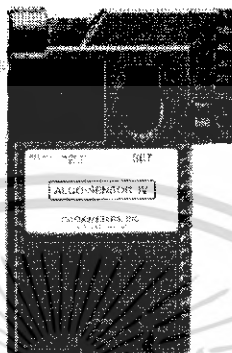
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลองวัดปริมาณแอลกอฮอล์

4.1.1 การวัดปริมาณแอลกอฮอล์



รูปที่ 4.1 เครื่องตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ทางเจ้าหน้าที่ตำรวจใช้ในปัจจุบัน

ทดลองเป่าลมหายใจที่เครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ของทางเจ้าหน้าที่ตำรวจ (ดังรูปที่ 4.1) และบันทึกค่าที่วัดได้ จากนั้นทำการทดลองเป่าลมหายใจที่เครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่สร้างขึ้นโดยผ่านตัวเซ็นเซอร์แล้วบันทึกแรงดันที่วัดได้จากภาชนะ ได้ค่าการทดลองดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองที่ได้จากการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ (mg %) จากเครื่องวัดจริงและแรงดันที่วัดได้จากภาชนะจากเครื่องวัดที่สร้างขึ้น

ปริมาณแอลกอฮอล์ (mg%) จากเครื่องวัดจริง	ค่าแรงดันที่วัดได้จากภาชนะ(โวลต์)
36	2.0766
40	2.1050
67	2.3160
69	2.3900
71	2.4530
72	2.4130
74	2.3900
75	2.4400
79	2.5400
88	2.6300

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การคำนวณหาค่าแรงดันเอาต์พุตของภาคขยายของเซ็นเซอร์

นำค่าแรงดันที่วัดได้จากภาคขยายของเซ็นเซอร์มาทำการสร้างสมการการคำนวณหาค่าแรงดันที่ออกจากภาคขยายเพื่อนำมาคำนวณการสร้างเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ ดังสมการข้างล่าง

$$0.01135 (\text{จำนวนมิลลิกรัม } K) + M = V_{out}$$

V_{out} คือ แรงดันออกจากภาคขยาย (Instrument amp)

K คือ ค่าปริมาณแอลกอฮอล์เริ่มต้นที่ใช้อ้างอิงมีค่า = 36 mg

M คือ ค่าแรงดันเริ่มต้นที่ใช้อ้างอิงมีค่า = 2.0766 โวลต์

จากการคำนวณได้ค่าดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าแรงดันที่ได้จากการคำนวณและเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้จริง

ปริมาณแอลกอฮอล์ (mg%) จากเครื่องวัดจริง	ค่าแรงดันที่วัดได้จากภาคขยาย ของเซ็นเซอร์	ค่าที่ได้จากการคำนวณ (V_{out})
36	2.0766	2.0766
40	2.1050	2.1220
67	2.3160	2.2582
69	2.3900	2.4284
71	2.4530	2.4738
72	2.4130	2.4852
74	2.4900	2.5079
75	2.500	2.5192
79	2.5400	2.5646
88	2.6300	2.6668

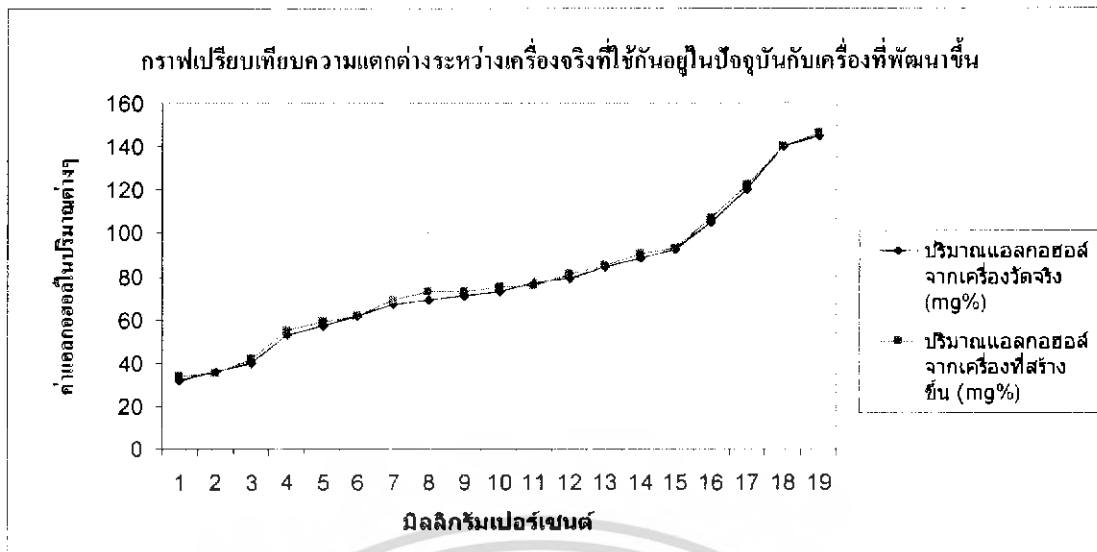
4.1.3 การเปรียบเทียบค่าปริมาณแอลกอฮอล์ที่วัดได้จากเครื่องของเจ้าหน้าที่ตำรวจกับเครื่องที่สร้างขึ้น

ทำการเป่าลมหายใจที่เครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ของทางเจ้าหน้าที่ตำรวจ แล้วบันทึกค่าที่วัดได้และทำการเป่าลมหายใจที่เครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่สร้างขึ้นได้ผลดังตารางที่ 4.3

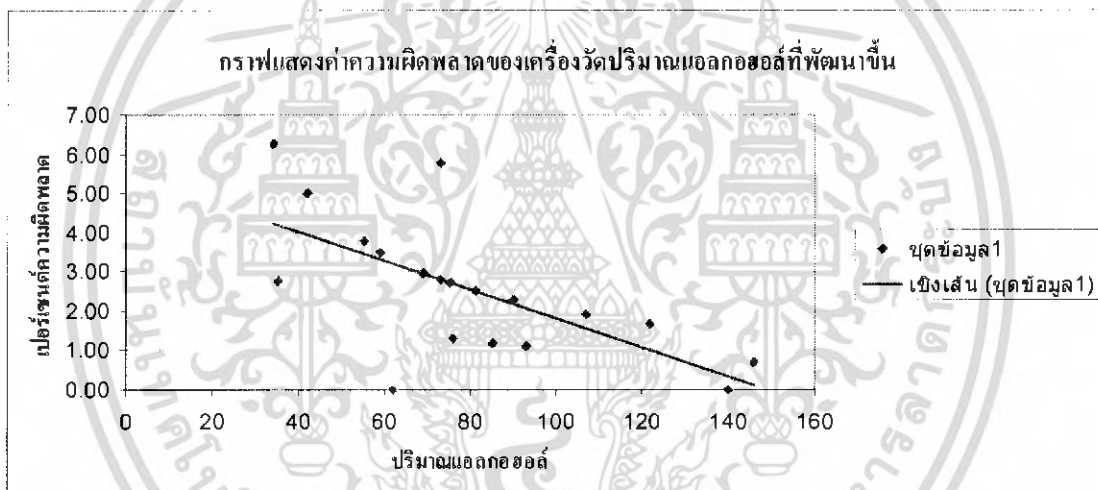
ตารางที่ 4.3 แสดงค่าที่วัดได้จากเครื่องจริงและเครื่องที่สร้างขึ้น

ปริมาณแอลกอฮอล์จาก เครื่องวัดจริง (mg%)	ปริมาณแอลกอฮอล์จากเครื่องที่ สร้างขึ้น (mg%)	เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดจาก เครื่องที่สร้างขึ้นเทียบกับ เครื่องวัดจริง (%)
32	34	6.25
36	35	2.78
40	42	5.00
53	55	3.77
57	59	3.51
62	62	0.00
67	69	2.99
69	73	5.80
71	73	2.82
73	75	2.74
77	76	1.30
79	81	2.53
84	85	1.19
88	90	2.27
92	93	1.09
105	107	1.90
120	122	1.67
140	140	0.00
145	146	0.69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 กราฟเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเครื่องจริงที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันกับเครื่องที่พัฒนาขึ้น



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงค่าความผิดพลาดของเครื่องวัดปริมาณแอสกอสต์ที่พัฒนาขึ้น

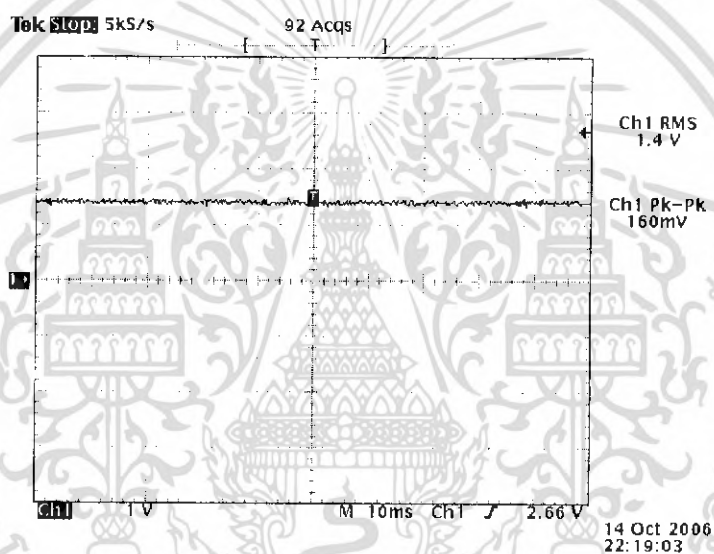
จากตารางที่ 4.3 เมื่อทำการวัดปริมาณแอสกอสต์เปรียบเทียบระหว่างเครื่องที่ทางการใช้ใน ปัจจุบันกับเครื่องที่สร้างขึ้น จะเห็นได้ว่าในช่วง 30 – 70 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ จะมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ย ประมาณ 3-5% แต่ถ้าในช่วง 71 – 150 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ จะมีค่าความผิดพลาดเฉลี่ยประมาณ 2-3% ซึ่ง เราสามารถแก้ไขความผิดพลาดนี้ได้ โดยนำค่าความผิดพลาดไปบวกเข้ากับสูตรคำนวณการถอดรหัส จากนั้นจึงนำไปแก้ในโปรแกรมอีกครั้งหนึ่ง

4.2 การวัดค่าแรงดันที่ได้จากวงจรขยายอินัส์ทรูเมนและเซ็นเซอร์

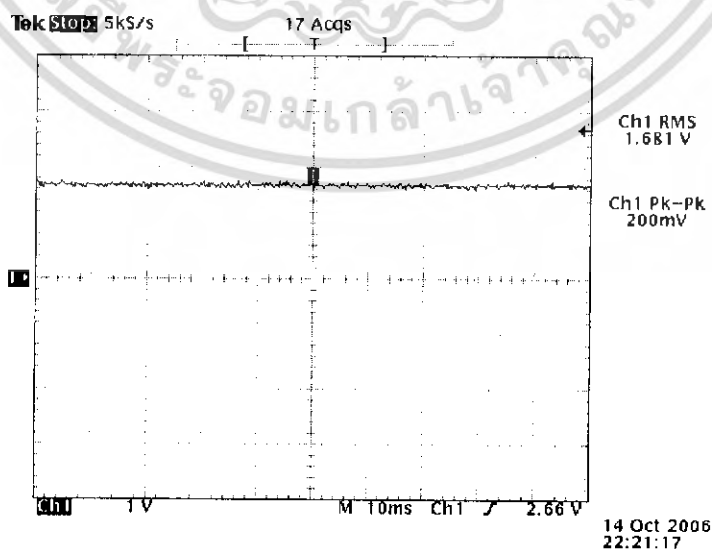
4.2.1 ค่าแรงดันที่วัดได้จากเอาต์พุตของวงจรขยายอินัส์ทรูเมนและเซ็นเซอร์ในปริมาณแอลกอฮอล์ 1 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.4 ส่วนแสดงผลของเครื่องที่พัฒนาขึ้นแสดงปริมาณแอลกอฮอล์ 1 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์



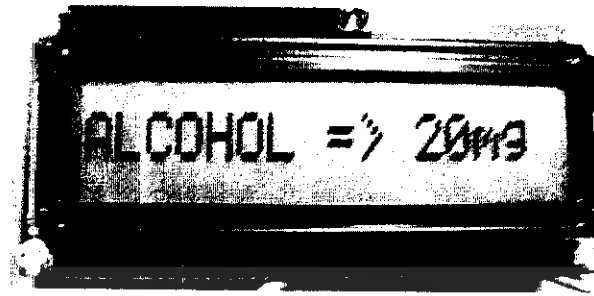
รูปที่ 4.5 ค่าแรงดันที่วัดได้จาก เอาต์พุต ของเซ็นเซอร์



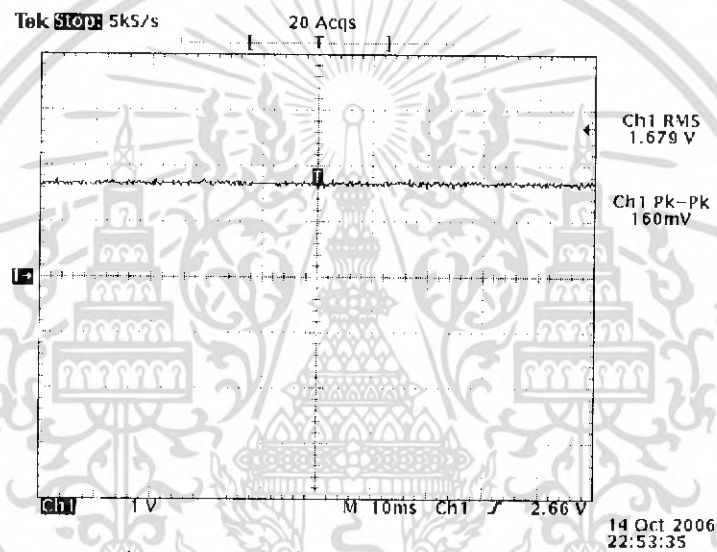
รูปที่ 4.6 ค่าแรงดันที่วัดได้จาก เอาต์พุต ของวงจรขยายอินัส์ทรูเมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

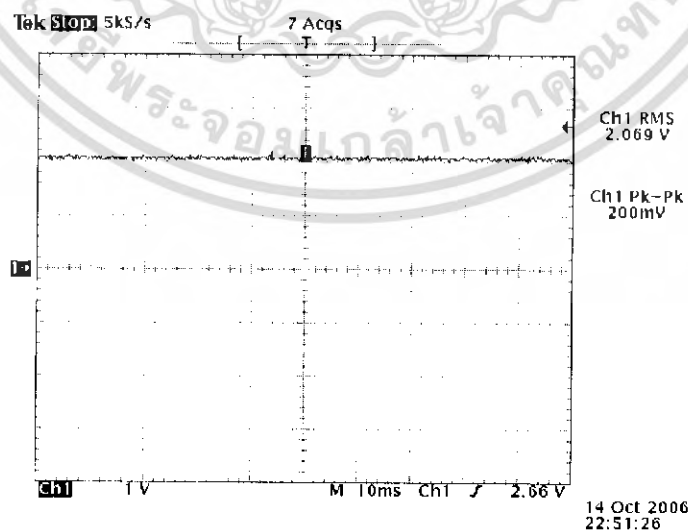
4.2.2 ค่าแรงดันที่วัดได้จาก เอาท์พุท ของวงจรขยายอินส์ทรูเมนและเซ็นเซอร์ในปริมาณ แอลกอฮอล์ 20 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.7 ส่วนแสดงผลของเครื่องที่พัฒนาขึ้นแสดงปริมาณแอลกอฮอล์ 20 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์



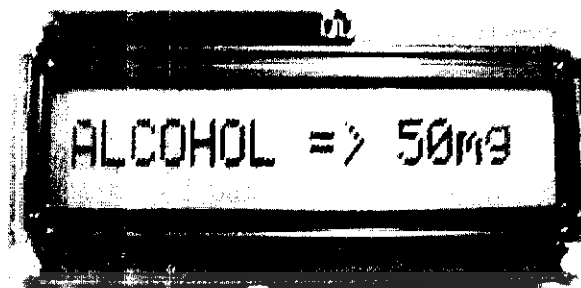
รูปที่ 4.8 ค่าแรงดันที่วัดได้จาก เอาท์พุท ของเซ็นเซอร์



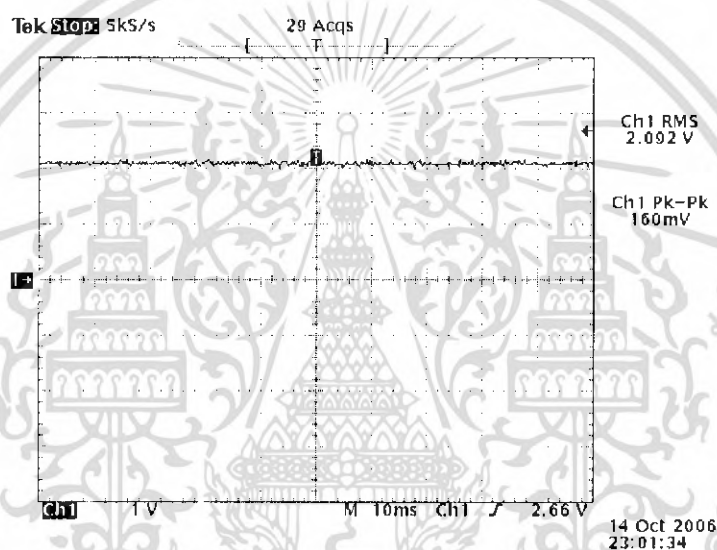
รูปที่ 4.9 ค่าแรงดันที่วัดได้จาก เอาท์พุท ของวงจรขยายอินส์ทรูเมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

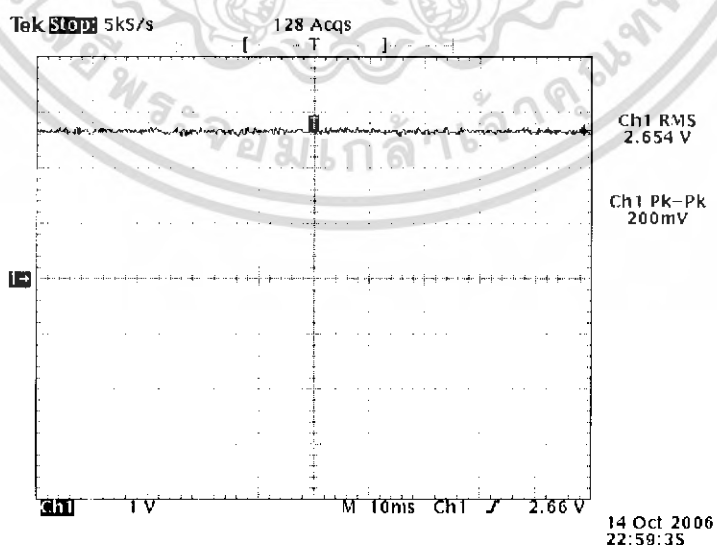
4.2.3 ค่าแรงดันที่วัดได้จาก เอาท์พุท ของวงจรถยายอินส์ทรูเมนและเซ็นเซอร์ในปริมาณ แอลกอฮอล์ 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.10 ส่วนแสดงผลของเครื่องที่พัฒนาขึ้นแสดงปริมาณแอลกอฮอล์ 50 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์



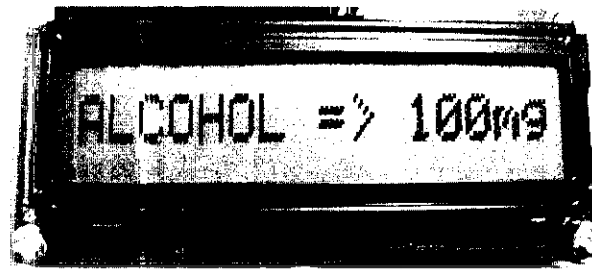
รูปที่ 4.11 ค่าแรงดันที่วัดได้จากเอาท์พุท ของเซ็นเซอร์



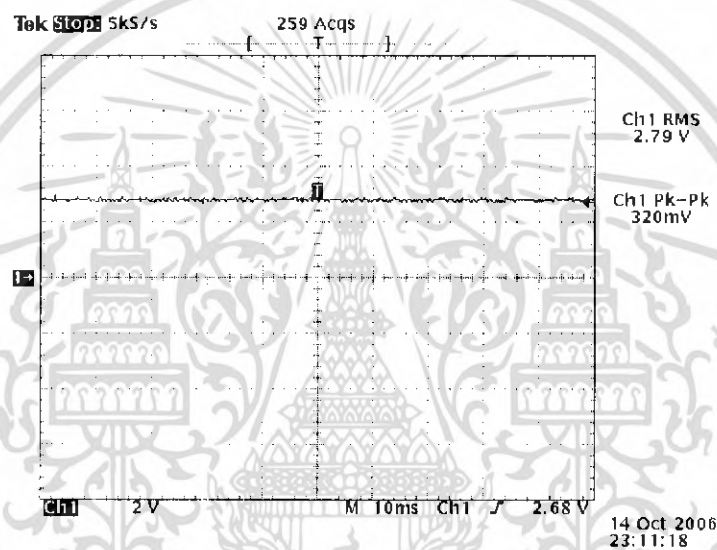
รูปที่ 4.12 ค่าแรงดันที่วัดได้จาก เอาท์พุท ของวงจรถยายอินส์ทรูเมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

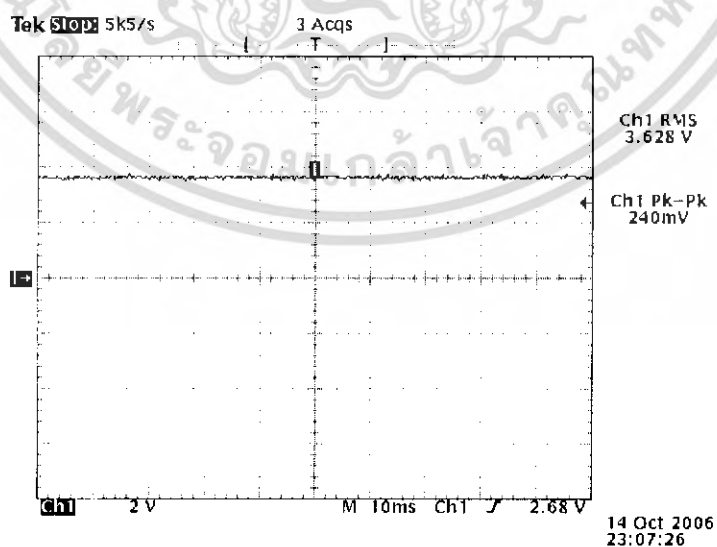
4.2.4 ค่าแรงดันที่วัดได้จาก เอาท์พุท ของวงจรถยายอินส์ทรูเมนและเซ็นเซอร์ในปริมาณ แอลกอฮอล์ 100 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.13 ส่วนแสดงผลของเครื่องที่พัฒนาขึ้นแสดงปริมาณแอลกอฮอล์ 100 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์



รูปที่ 4.14 ค่าแรงดันที่วัดได้จาก เอาท์พุท ของเซ็นเซอร์



รูปที่ 4.15 ค่าแรงดันที่วัดได้จาก เอาท์พุท ของวงจรถยายอินส์ทรูเมน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

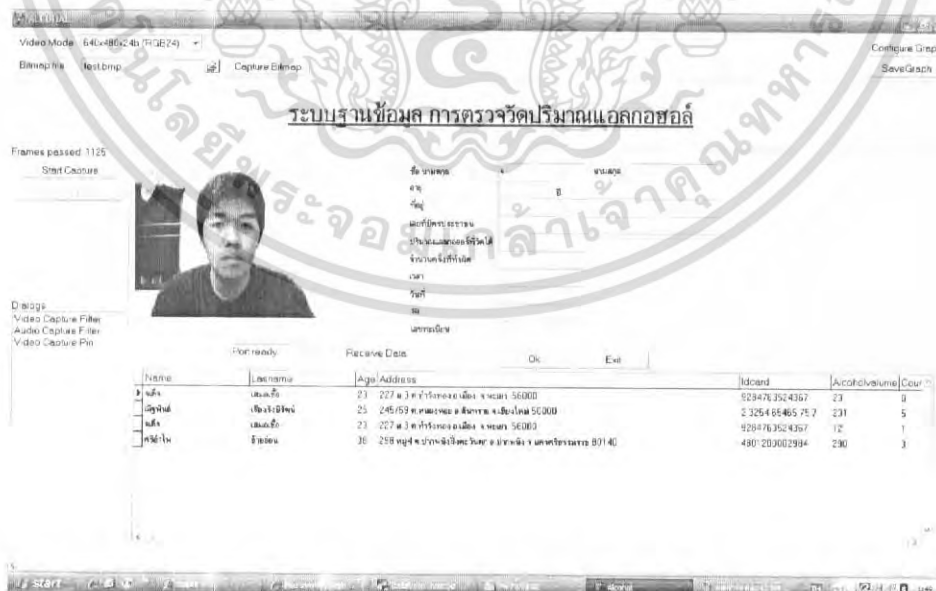
4.3 โปรแกรมบันทึกประวัติผู้กระทำผิด

เมื่อเริ่ม โปรแกรม โปรแกรมจะทำการดึงภาพจากกล้องออกมาแสดงผลที่หน้าต่างของโปรแกรม เพื่อเตรียมที่จะบันทึกภาพของผู้กระทำผิดและข้อมูลอื่นๆของผู้กระทำผิดลงในฐานข้อมูลซึ่งจะมีฟังก์ชันการทำงานดังนี้ Start Capture , Stop Capture , OK , Label รอรับข้อมูลดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 แสดงหน้าต่างหลักของโปรแกรม

เมื่อพิมพ์ตัวอักษรตัวใดตัวหนึ่งลงไปที่ Label ชื่อ แล้ว Enter โปรแกรมจะทำการค้นหาชื่อที่มีอักษรตรงกับที่เราพิมพ์จากฐานข้อมูล แล้วทำการแสดงข้อมูลให้เราเห็นแสดงดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 แสดงการค้นหาข้อมูลด้วยตัวอักษร

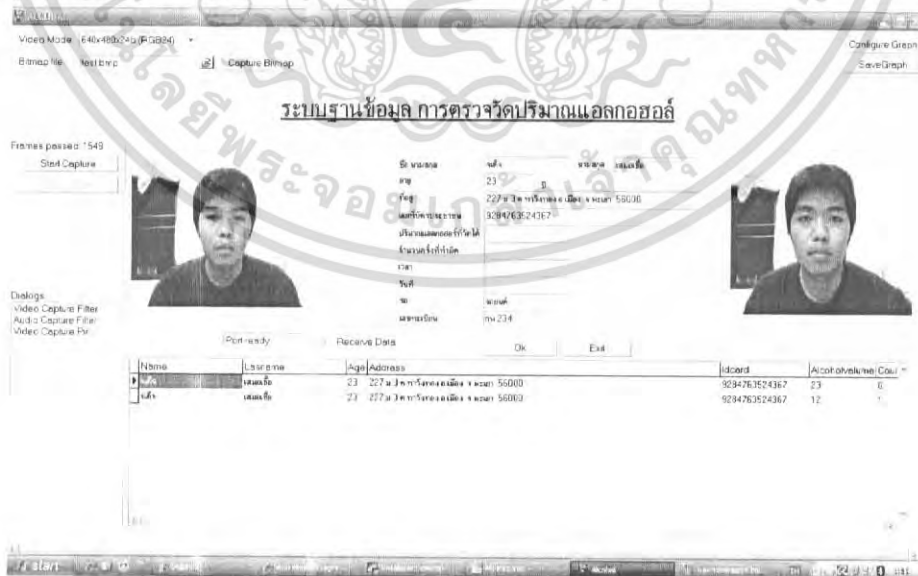
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าเราต้องการตรวจสอบว่าบุคคลนี้เคยกระทำผิดมาแล้วหรือไม่ และกระทำผิดมาแล้วกี่ครั้ง เราก็แค่พิมพ์ชื่อของบุคคลนั้นลงไปใน Label ชื่อ แล้วกด Enter โปรแกรมจะทำการค้นหาข้อมูลทั้งหมดของคนๆ นั้นจากฐานข้อมูลมาแสดงในตาราง แล้วเมื่อค้นหาเสร็จ ก็จะแสดงกรอบตอบโต้ขึ้นมา และถ้าหากโปรแกรมค้นหาข้อมูลไม่เจอ แสดงว่าบุคคลนี้ยังไม่เคยกระทำผิดให้เราทำการบันทึกข้อมูลลงไปใหม่ แสดงดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 แสดงการค้นหาข้อมูลด้วยชื่อ

ถ้าหากเราต้องการจะดูข้อมูลของคนๆ นั้นเพิ่มเติมก็ให้ไปคลิกที่ชื่อของคนๆ นั้น โปรแกรมก็จะแสดงข้อมูลทั้งหมดของคนๆ นั้นออกมา ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 แสดงการค้นหาข้อมูลโดยการเลือกที่ชื่อ

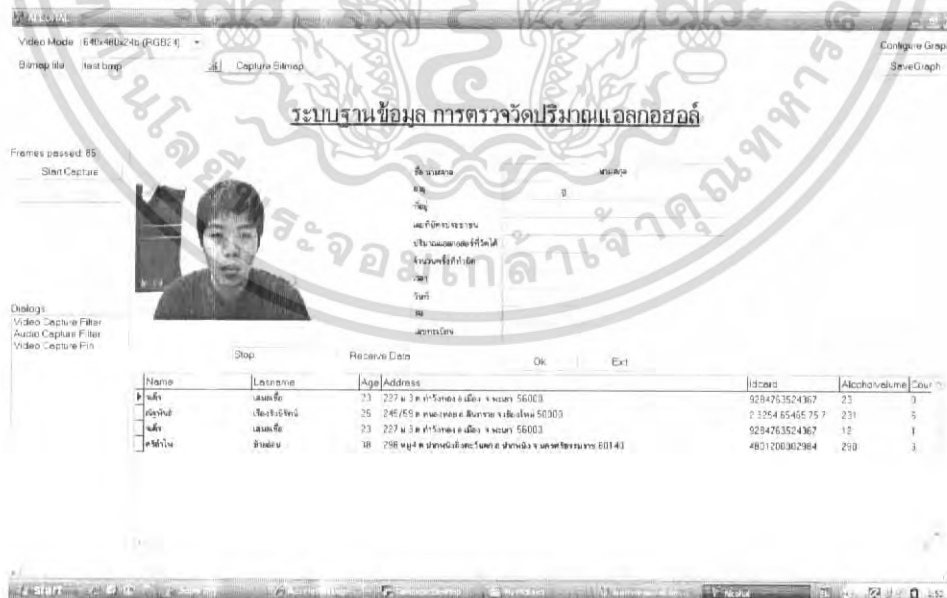
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.19 เมื่อเรารอค่าข้อมูลครบทุกอย่างแล้วก็ทำการรับค่าปริมาณแอลกอฮอล์ที่ส่งมาจากเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ผ่าน Wireless เข้าทางพอร์ตอนุกรม RS-232 จากนั้นจึงค่อยบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูลดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 แสดงการรับค่าข้อมูลจากเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ไร้สาย

เมื่อบันทึกข้อมูลลงไปในฐานข้อมูลแล้วโปรแกรมก็จะทำการแสดงข้อมูลที่บันทึกล่าสุดในตารางฐานข้อมูล ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 แสดงตารางฐานข้อมูลที่ถูกบันทึกลงไปแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การทดลองการรับ/ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์กับโปรแกรมฐานข้อมูล

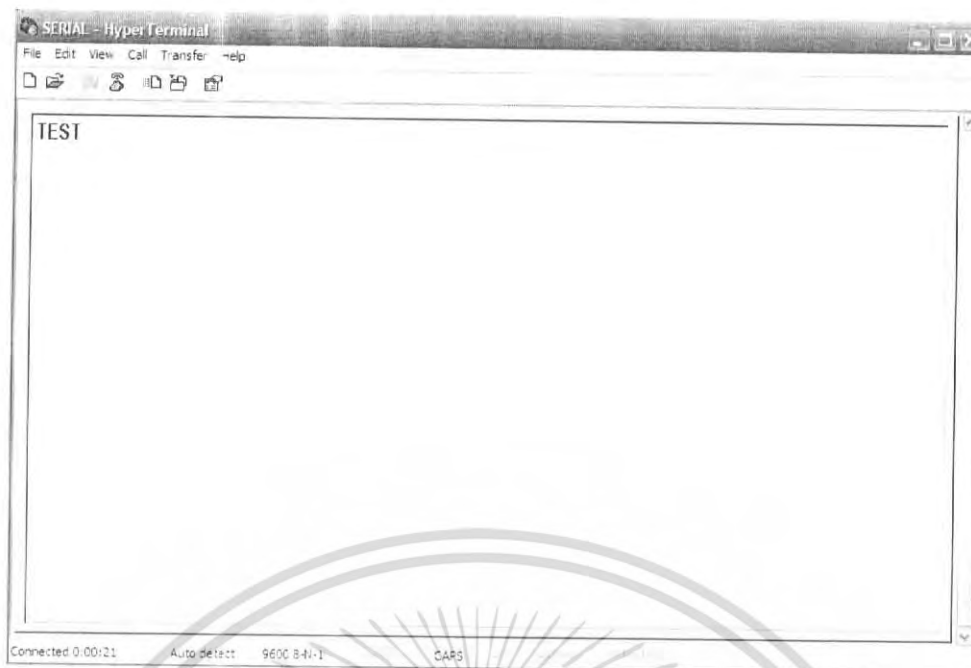
ในการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในการรับ/ส่งข้อมูลระหว่างเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์กับโปรแกรมฐานข้อมูล



รูปที่ 4.22 ภาควัดส่งข้อมูลด้วยโมดูลความถี่วิทยุ (TRW - 2.4 GHz)

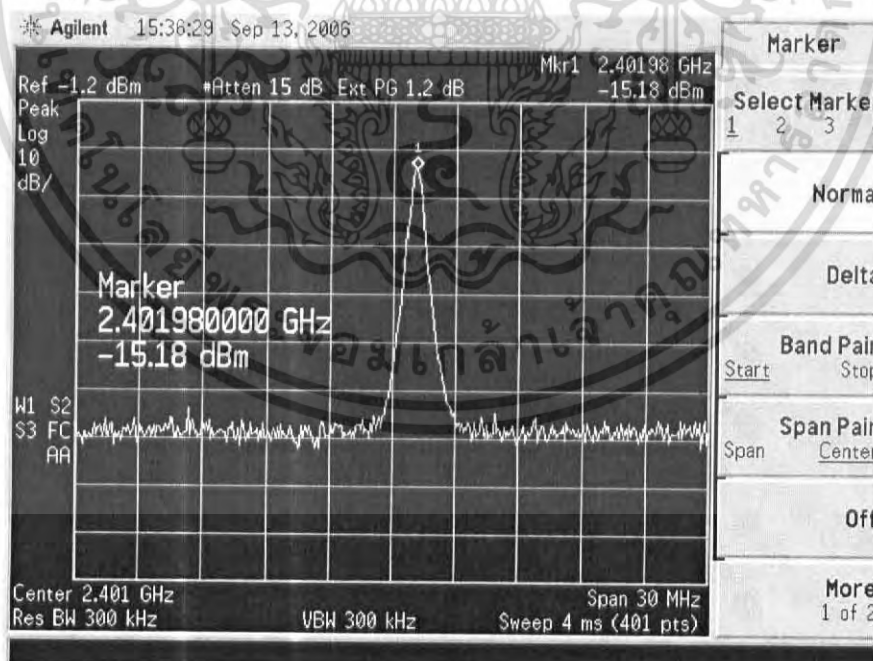
รูปที่ 4.23 ภาควัดรับข้อมูลด้วยโมดูลความถี่วิทยุส่งข้อมูลผ่านพอร์ตอนุกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.24 ค่าที่รับได้จากโมดูลความถี่วิทยุ(TRW - 2.4 GHz) โดยใช้โปรแกรม HyperTerminal

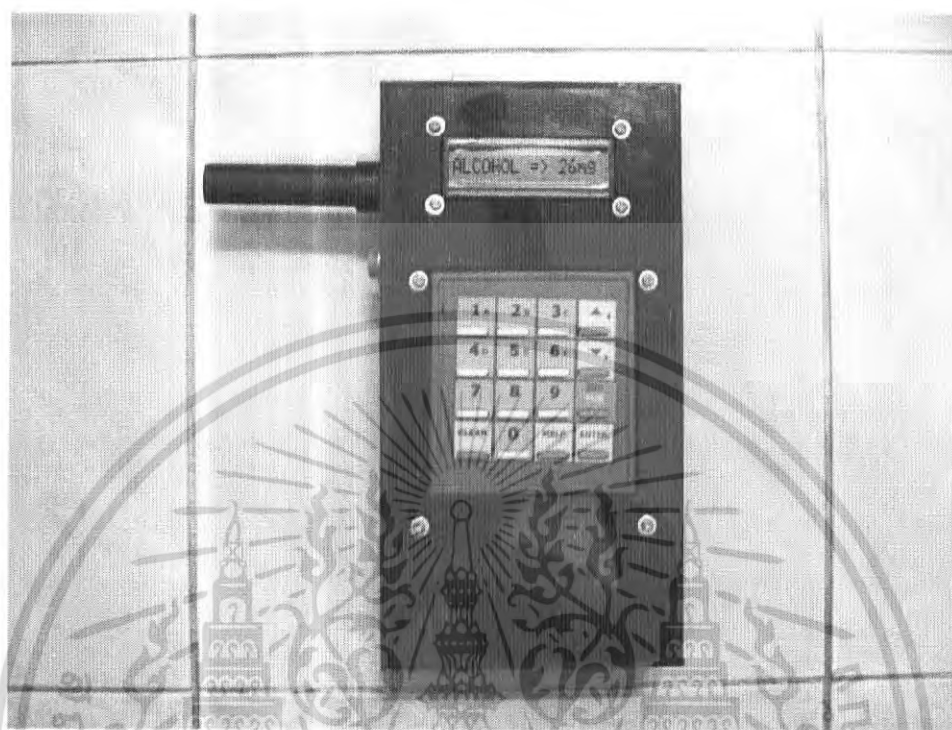
และนอกจากนี้ยังได้ทำการวัดช่องสัญญาณขณะที่ได้มีการส่งข้อมูลไปยังภาครับ ซึ่งจากการวัดช่องสัญญาณที่ใช้ในการส่งข้อมูลมีความกว้างของแบนด์วิดท์ (Bandwidth) อยู่ในช่วงความถี่ 2.4GHz - 2.5GHz ซึ่งแสดงในรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 แสดงลักษณะสเปกตรัมของช่องสัญญาณความถี่ที่ถูกส่งออกไปยังภาครับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.24 ซึ่งเป็นการทดลองการรับ/ส่งข้อมูลระหว่างโมดูลความถี่วิทยุ ซึ่งในการทดลองต่อไปจะเป็นการทดสอบความถูกต้องของการรับข้อมูลจากตัวส่งซึ่งสามารถดูได้จากรูปที่ 4.26 และ รูปที่ 4.27



รูปที่ 4.26 ภาควัดส่งข้อมูลด้วยโมดูลความถี่วิทยุมีค่าแอลกอฮอล์ที่วัดได้เป็น 26 mg%

ระบบงานข้อมูล การตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์

Start Capture

Video Capture Filter
Audio Capture Filter
Video Capture Pin

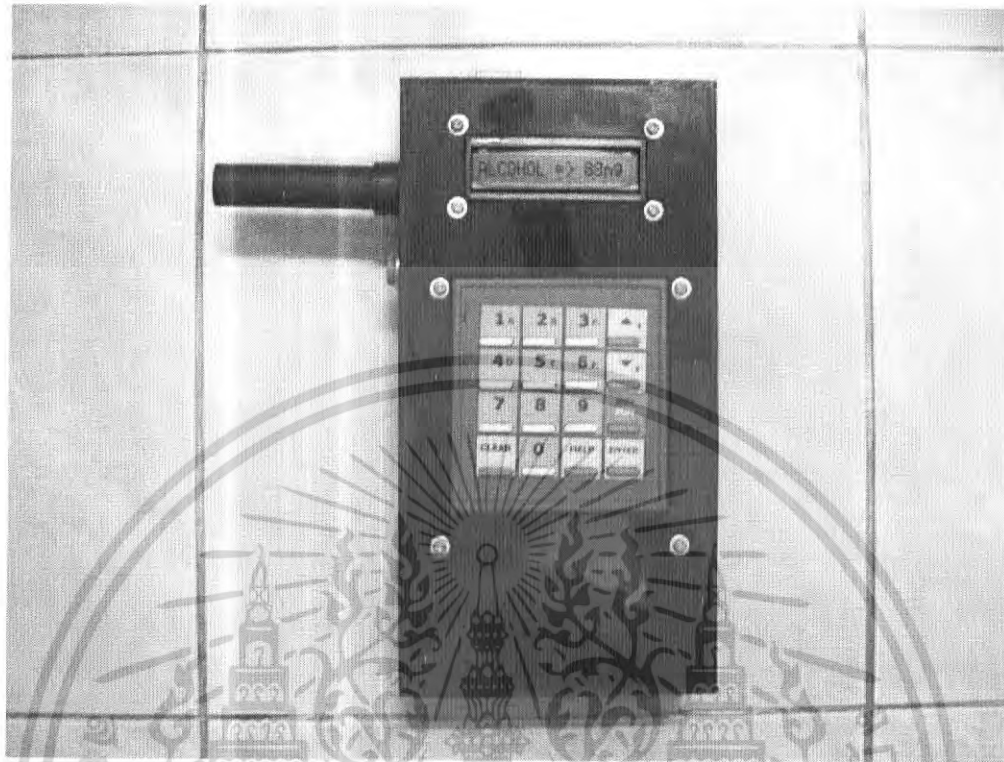
Port ready
 Receive Data

Name	Lastname	Age	Address	Idcard	Alcohol volume	Cour
พงศ์	เกษมศรี	23	227 ม.3 ซ.ท่าเรือ อ.เมือง จ.นครราชสีมา 56000	9284763524367	23	0
สุวิทย์	เฟื่องฟ้ารัตน์	25	245/59 ซ.หนองจอก อ.สีดา จ.นครราชสีมา 53003	2325465465757	231	5
พงศ์	เกษมศรี	23	227 ม.3 ซ.ท่าเรือ อ.เมือง จ.นครราชสีมา 56000	9284763524367	12	1
ศุภศิรินทร์	ธัญญา	38	298 หมู่ 5 ต.บ้านใหม่ อ.สีดา จ.นครราชสีมา 53140	480120002384	250	3

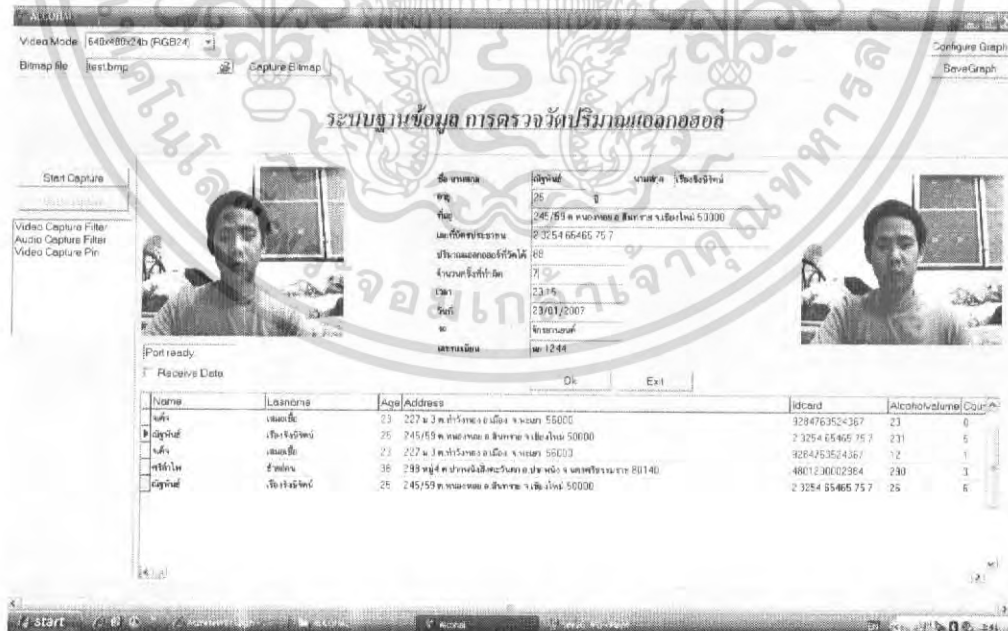
รูปที่ 4.27 โปรแกรมฐานข้อมูลที่รับค่าปริมาณแอลกอฮอล์มาจากเครื่องส่งได้ 26mg%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการทดลองในครั้งแรกที่ค่าปริมาณแอลกอฮอล์ 26mg% ผลปรากฏว่าข้อมูลถูกต้องเราจึงทดลองอีกครั้งที่ค่าปริมาณแอลกอฮอล์ 88mg% ซึ่งผลปรากฏว่าข้อมูลถูกต้อง



รูปที่ 4.28 ภาควงข้อมูลด้วยโมดูลความถี่วิทยุมีค่าแอลกอฮอล์ที่วัดได้เป็น 88 mg%



รูปที่ 4.29 โปรแกรมฐานข้อมูลที่รับค่าปริมาณแอลกอฮอล์มาจากเครื่องส่งได้ 88mg%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์และสรุป

ลักษณะการทำงานของเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ เมื่อต้องการตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์ จะต้องทำการกดสวิตช์ก่อนแปลคมาหาใจจากนั้นเมื่อเป่าเสร็จ จึงปล่อยสวิตช์ เครื่องจะทำการประมวลผล จากนั้นจึงส่งค่าปริมาณแอลกอฮอล์ไปแสดงที่จอ LCD พร้อมทั้งส่งค่าปริมาณแอลกอฮอล์ที่วัดได้ไปยังฐานข้อมูล ผ่านโมดูลความถี่วิทยุ (TRW - 2.4 GHz) เมื่อทางฝั่งรับได้รับข้อมูลแล้ว ก็จะนำมาแสดงที่หน้าต่างของโปรแกรมฐานข้อมูลก่อนที่จะเก็บลงฐานข้อมูลในขั้นตอนนี้ ซึ่งในส่วนนี้ของระบบฐานข้อมูลนั้นจะทำการเก็บภาพ พร้อมทั้งประวัติของผู้ต้องหา แต่ถ้าหากผู้ต้องหาเคยกระทำความผิดมาก่อนแล้ว เมื่อพิมพ์ชื่อผู้ต้องหาลงไป โปรแกรมก็จะทำการค้นหาข้อมูลของผู้ต้องหาขึ้นมาแสดงในตาราง จากนั้น เราก็สามารถกรอกข้อมูลของผู้ต้องหาครั้งใหม่ลงไปได้ เมื่อเสร็จแล้วจึงทำการบันทึกลงฐานข้อมูล

ปัญหาที่พบจากการทดลองส่วนใหญ่พบว่ามาจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองเช่น ตัวเซ็นเซอร์ที่ใช้ตรวจวัดปริมาณแอลกอฮอล์ มีความไวและความละเอียดในการรับปริมาณแอลกอฮอล์อยู่ในระดับที่ต่ำ ซึ่งทำให้เป็นอุปสรรคในการแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิทัลและมีผลทำให้มีค่าความผิดพลาดอยู่ที่บวกลบ 3 มิลลิกรัมเปอร์เซ็นต์ ซึ่งในส่วนนี้ของ เซ็นเซอร์นั้นจะไม่มีขายทั่วไปตามท้องตลาดและถ้าหากสั่งซื้อจากต่างประเทศก็จะมีราคาแพง นอกจากนี้ยังมีปัญหาในเรื่องอุปกรณ์โมดูลความถี่วิทยุ (TRW - 2.4 GHz) ซึ่งมีความถี่สูงทำให้เมื่อมีสัญญาณมารบกวน จะทำให้ข้อมูลที่ได้รับเกิดความผิดพลาดหรือทำให้ไม่สามารถส่งข้อมูลได้เลย

แนวทางการแก้ปัญหา มี 3 วิธีคือ

1. การปรับในส่วนของภาคขยายให้ได้ค่าใกล้เคียงกับเครื่องวัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ทางเจ้าหน้าที่ตำรวจใช้ในปัจจุบันมากที่สุด
2. ทำการทดลองกับเซ็นเซอร์หลายชนิดจนได้เซ็นเซอร์ที่เหมาะสมที่สุด
3. เปลี่ยนใช้ตัวแปลงสัญญาณอนาล็อกไปเป็นดิจิทัลที่มีความละเอียดเพิ่มขึ้นจาก 8bit เป็น 16bit

บรรณานุกรม

- [1] สมยศ จุณณะปิยะ การประยุกต์ใช้งาน ไมโครคอนโทรลเลอร์ ตระกูล MCS-51 พิมพ์ครั้งที่ 5 : กรุงเทพมหานคร : ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง , 2546.
- [2] วีรวัฒน์ ประกอบผล ภาษาแอสเซมบลีสำหรับ MCS-51 กรุงเทพฯ : สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) , 2546.
- [3] สันติ นุราช, อุกฤษฏ์ ตันทสุทรานนท์ เรียนรู้ไมโครคอนโทรลเลอร์ MCS-51 ฉบับภาษา C
- [4] สัจจะ จรัสรุ่งรวีร, จักรพงษ์ สุขประเสริฐ เริ่มต้นอย่างมืออาชีพด้วย Delphi7 นนทบุรี: ไอดีซี อินโฟ คิสทรีบิวเตอร์ เซ็นเตอร์ จำกัด . 2547.
- [5] <http://www.cpe.ku.ac.th/~yuen/204471/conversion/adc/>
- [6] <http://www.thai-programmer.com/?DPage=90300100>
- [7] http://www.thaidev.com/board1/index.php?st=480&how=60&bn=board_delphi&flag

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมคำนวณวัดปริมาณแอลกอฮอล์ปัสสาวะ

```
ORG 0000H
;***** ALCOHOL *****
COUNT1 EQU 30H
TEN EQU 31H
HUNDRED EQU 32H
COUNT2 EQU 33H
BUFFER EQU 34H
BUFF EQU 35H

;***** TX TRW2.4GH *****
DATA BIT P3.0
CLK1 BIT P3.1
CS BIT P3.2
CE BIT P3.3

COMM EQU 40H
COMM2 EQU 41H
COUNTER EQU 42H

ACALL DELAY
; ***** INITIAL TRW2.4G *****
ACALL DELAY_TX
ACALL DELAY_TX
CLR DATA
CLR CLK1
CLR CE
CLR CS
ACALL DELAY_5USEC
ACALL SETMODE_TRW
ACALL DELAY_5USEC

; ***** LCD INITIAL *****
MOV A, #06H ; ENTRY MODE SET I/D=1
ACALL COMMAND
MOV A, #01H ; CLEAR DISPLAY
ACALL COMMAND
ACALL DELAY
MOV A, #3CH ; FUNCTION SET DL=1, N=1,
F=0 (5*8)
ACALL COMMAND
MOV A, #0CH ; DISPLAY=ON, CURSOR=OFF,
BLINK=OFF
ACALL COMMAND
MOV DPTR, #DATA1
MOV A, #80H
MOV R2, #8
ACALL SHOW

MOV DPTR, #DATA2
MOV A, #0C0H
MOV R2, #8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ACALL    SHOW
ACALL    DELAY
ACALL    DELAY
MOV      A, #01H      ; CLEAR DISPLAY
ACALL    COMMAND
SJMP     MAIN

; ***** MAIN *****

MAIN:    ACALL    DERA
MOV      BUFFER, #00H
MOV      BUFF, #00H

STOP:    CLR      P2.1
JNB     P2.1, STOP

MOV      R0, #00H
MOV      R5, #1      ; CHECK 10
MOV      R6, #31H

; ***** START *****

MOV      COUNT1, #55H ; COUNT COMPAIR DATA MG%
MOV      COUNT2, #1   ; COUNT FOR CHECK 10 - 99 (1-9)
MOV      TEN, #31H
MOV      HUNDRED, #31H

; ***** HEADER *****

MOV      DPTR, #HEAD
MOV      A, #80H
MOV      R2, #8
ACALL    SHOW

MOV      A, #0C0H
ACALL    COMMAND
MOV      DPTR, #DD
MOV      R2, #3
ACALL    SHOW_DATA

MOV      DPTR, #TEXT+1

; ***** CHECK DATA MAXIMUM *****

START:   ACALL    DERA
ACALL    RE_DATA
MOV      A, BUFF
MOV      BUFFER, R0
SUBB    A, BUFFER
JC      MAX

ACALL    DERA
JB      P2.1, START
ACALL    DERA
SJMP    CHECK_START

MAX:     MOV      BUFF, BUFFER
ACALL    DERA

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        JB          P2.1, START
        ACALL      DELAY
        SJMP      CHECK_START

; ***** CHECK DATA 1 mg% *****
CHECK_START: MOV     R2, #1
             MOV     A, BUFF
             SUBB   A, #55H
             JC     ZE_RO
             MOV     A, BUFF
             CJNE  A, COUNT1, CHECK_DATA
             MOV     R2, #1
             ACALL  SHOW_DATA_TX
             ACALL  SEND_13
             ACALL  SHOW_MG
             SJMP   $

; ***** SHOW ZERO *****
ZE_RO:      MOV     DPTR, #D0

             MOV     COMM2, #"0"
             ACALL  SEND_TRW
             ACALL  DELAY_TX

             ACALL  SEND_13

             MOV     A, #0C0H
             MOV     R2, #8
             ACALL  SHOW
             SJMP   $

; ***** CHECK DATA 1-9 *****
CHECK_DATA: INC     R5
             INC     COUNT1
             INC     DPTR
             CJNE  R5, #10, LL
             MOV     R5, #0
             MOV     DPTR, #TEXT
             SJMP   TT ; JUMP TO CHECK HUNDRED

LL:         CJNE  A, COUNT1, CHECK_DATA ; CHECK FOR SHOW DATA
                                                1-9 MG%
             ACALL  SHOW_DATA_TX ; SHOW DATA
             ACALL  SEND_13
             ACALL  SHOW_MG ; SHOW MG
             SJMP   $

; ***** CHECK DATA 10-99 *****

CHECK_DATA_TEN: INC     R5
                INC     COUNT1
                INC     DPTR
                CJNE  R5, #10, TT
                MOV     R5, #0
                MOV     DPTR, #TEXT
                INC     TEN
                INC     COUNT2
                MOV     R3, COUNT2

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                CJNE     R3,#10,TT
                MOV      TEN,#30H
                SJMP     HUN

TT:             CJNE     A,COUNT1,CHECK_DATA_TEN
                ACALL    SHOW_TEN
                ACALL    SHOW_DATA_TX
                ACALL    SEND_13
                ACALL    SHOW_MG
                SJMP     $

; ***** CHECK DATA 100 - 200 *****

CHECK_DATA_HUN:  INC      R5
                INC      COUNT1
                INC      DPTR
                CJNE     R5,#10,HUN
                MOV      R5,#0
                MOV      DPTR,#TEXT
                INC      TEN
                MOV      R3,TEN
                CJNE     R3,#40H,HUN
                MOV      TEN,#30H
                INC      HUNDRED
                MOV      R3,HUNDRED
                CJNE     R3,#32H,HUN
                SJMP     FIN

HUN:            CJNE     A,COUNT1,CHECK_DATA_HUN
                ACALL    SHOW_HUN
                ACALL    SHOW_TEN
                ACALL    SHOW_DATA_TX
                ACALL    SEND_13
                ACALL    SHOW_MG
                SJMP     $

FIN:            MOV      A,#0C0H
                ACALL    COMMAND
                MOV      DPTR,#FINISH
                MOV      R2,#8
                ACALL    SHOW_DATA
                SJMP     $

; ***** SHOW HUNDRED *****
SHOW_HUN:       MOV      R3,A
                MOV      COMM2,HUNDRED
                MOV      A,HUNDRED
                ACALL    COMM_DATA

                ACALL    SEND_TRW
                ACALL    DELAY_TX

                MOV      A,R3
                RET

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

; ***** SHOW DATA TEN *****
SHOW_TEN:  MOV      R3,A
           MOV      COMM2,TEN
           MOV      A,TEN
           ACALL    COMM_DATA

           ACALL    SEND_TRW
           ACALL    DELAY_TX

           MOV      A,R3
           RET

SHOW_MG:   MOV      R2,#2
           MOV      DPTR,#MG
           ACALL    SHOW_DATA
           RET

; ***** SEND_13 *****
SEND_13:   MOV      COMM2,#13
           ACALL    SEND_TRW
           ACALL    DELAY_TX
           RET

; ***** SHOW_DATA_TX *****
SHOW_DATA_TX: CLR    A
            MOVC   A,@A+DPTR
            ACALL  COMM_DATA

            MOV    COMM2,A
            ACALL  SEND_TRW
            ACALL  DELAY_TX

            INC    DPTR
            DJNZ   R2,SHOW_DATA
            RET

; ***** SHOW_DATA *****
SHOW:      ACALL    COMMAND
SHOW_DATA: CLR    A
            MOVC   A,@A+DPTR
            ACALL  COMM_DATA
            INC    DPTR
            DJNZ   R2,SHOW_DATA
            RET

;***** SETMODE_OF TRW *****
SETMODE_TRW: ACALL  DELAY_200USEC
            CLR    CE
            SETB   CS
            MOV    COMM,#8EH      ;RESERVED FOR TESTING

            ACALL  WRITE_TRW
            MOV    COMM,#08H      ;RESERVED FOR TESTING

            ACALL  WRITE_TRW

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

MOV          COMM,#1CH          ;RESERVED FOR TESTING

ACALL       WRITE_TRW
MOV         COMM,#08H          ;LENGTH OF BIT CH2
ACALL       WRITE_TRW
MOV         COMM,#08H          ;LENGTH OF BIT CH2
ACALL       WRITE_TRW
; Address 5 Byte Ch 2
MOV         COMM,#0C0H          ;ADDRESS 5 BYTE OF CH2
ACALL       WRITE_TRW
MOV         COMM,#0AAH
ACALL       WRITE_TRW
MOV         COMM,#55H
ACALL       WRITE_TRW
MOV         COMM,#0AAH
ACALL       WRITE_TRW
MOV         COMM,#55H
ACALL       WRITE_TRW
;* Address 5 Byte Ch 1 *
MOV         COMM,#0AAH          ;ADDRESS 5 BYTE OF CH1
ACALL       WRITE_TRW
MOV         COMM,#55H
ACALL       WRITE_TRW
MOV         COMM,#0AAH
ACALL       WRITE_TRW
MOV         COMM,#55H
ACALL       WRITE_TRW
MOV         COMM,#0AAH
ACALL       WRITE_TRW
;* Number of Address bit + CRC *
MOV         COMM,#0A3H          ;ADDRESS BIT AND CRC
ACALL       WRITE_TRW
MOV         COMM,#6FH          ;RF PROGRAMMING 8-15
ACALL       WRITE_TRW
; ***** TX MODE *****
MOV         COMM,#14H
ACALL       WRITE_TRW
CLR         CS
ACALL       DELAY_5USEC
RET

; ***** SEND TRW *****
SEND_TRW:   ACALL       DELAY_200USEC
CLR         CS
SETB       CE
MOV         COMM,#00H          ;address 5 byte send
ACALL       WRITE_TRW
MOV         COMM,#00H
ACALL       WRITE_TRW
MOV         COMM,#00H
ACALL       WRITE_TRW
MOV         COMM,#00H
ACALL       WRITE_TRW
MOV         COMM,#00H
ACALL       WRITE_TRW
MOV         COMM,#02H
ACALL       WRITE_TRW

MOV         COMM,COMM2          ;SEND DATA
ACALL       WRITE_TRW
ACALL       DELAY_200USEC
CLR         CLK1

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

CLR          CE
ACALL        DELAY_5USEC
RET

; ***** WRITE_TRW *****
WRITE_TRW:  MOV          COUNTER,#8
            MOV          A,COMM
LOOP:       RLC          A
            MOV          DATA,C
            ACALL        CLK_TRW
            DJNZ        COUNTER,LOOP
            RET

; ***** CLK_TRW *****
CLK_TRW:    CLR          CLK1
            SETB         CLK1
            RET

; ***** DATA FORM ADC *****
RE_DATA:    MOV          P1,#0FFH
            SETB         P2.5
            SETB         P2.6

            CLR          P2.6
            NOP
            SETB         P2.6
WAIT:       JB          P2.7,WAIT
            CLR          P2.5
            MOV          R0,P1
            SETB         P2.5
            RET

; ***** LCD TO CONTROL *****
COMMAND:    MOV          P0,A
            CLR          P2.4      ;RS = 0
            CLR          P2.3      ;R/W = 0
            CLR          P2.2      ;E = 0

            SETB         P2.2
            NOP
            NOP
            CLR          P2.2

            MOV          R1,#00H
            DJNZ        R1,$
            RET

; ***** DATA TO LCD *****

COMM_DATA:  MOV          P0,A

            SETB         P2.4      ;RS = 0
            CLR          P2.3      ;R/W = 0
            CLR          P2.2      ;E = 0

            SETB         P2.2      ;E = 0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

NOP
NOP
CLR          P2.2          ;E = 0

MOV         R1,#00H
DJNZ       R1,$
RET

;***** DELAY TIME *****
DELAY:      MOV         R1,#03H
DELAY1:     MOV         R3,#00H
DELAY2:     MOV         R4,#00H
            DJNZ       R4,$
            DJNZ       R3,DELAY2
            DJNZ       R1,DELAY1
            RET

DERAY:      MOV         R4,#00H
            DJNZ       R4,$
            RET

; ***** DELAY *****
DELAY_TX:   MOV         R1,#00H
DELAY2_TX:  MOV         R4,#00H
            DJNZ       R4,$
            DJNZ       R1,DELAY2_TX
            RET

; ***** DELAY 5 USEC *****
DELAY_5USEC:  NOP
            NOP
            NOP
            RET

; ***** DELAY 10 USEC *****
DELAY_10USEC: MOV         R1,#02H
DELAY_LOOP:  NOP
            NOP
            DJNZ       R1,DELAY_LOOP
            RET

; ***** DELAY 200 USEC *****
DELAY_200USEC: MOV         R4,#09H
DELAY200_LOOP: ACALL      DELAY_10USEC
            DJNZ       R4,DELAY200_LOOP
            RET

DATA1:      DB          "PLEASE "
DATA2:      DB          "WAIT..."
HEAD:       DB          "ALCOHOL "
D0:         DB          "=> 0 mg"
DD:         DB          "=> "
TEXT:       DB          "0123456789"
FINISH:     DB          "MAXIMUM "
MG:         DB          "mg"

```

END

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมส่วนไมโครคอนโทรลเลอร์ฝั่งรับและติดต่อกับพอร์ตอนุกรม

```
                ORG 0000H

DATA           BIT           P2.0
CLK1           BIT           P2.1
DR1            BIT           P2.2
CS             BIT           P2.3
CE             BIT           P2.4

COMM           EQU           40H
COMM2          EQU           41H
COUNTER        EQU           42H
COUNTER2       EQU           43H
RECV           EQU           44H

; ***** MAIN PROGRAM *****
MAIN:          ACALL DELAY
               ACALL DELAY

LOOP_RECEIVE:  MOV          RECV,#00H
               ACALL      SET_SERIAL
               CLR         DATA
               CLR         DR1
               CLR         CLK1
               CLR         CE
               CLR         CS
               ACALL      DELAY_5USEC
               ACALL      SETMODE_TRW
               ACALL      DELAY_5USEC

; ***** RECEIVE DATA *****
WAIT_DATA:    JNB          DR1,WAIT_DATA
               ACALL      RECV_TRW
               MOV         A,RECV
               ACALL      SEND
               SJMP       LOOP_RECEIVE

; ***** SETMODE_OF TRW *****
SETMODE_TRW:  ACALL      DELAY_200USEC
               CLR         CE
               SETB        CS
               MOV         COMM,#8EH      ;RESERVED FOR TESTING

               ACALL      WRITE_TRW
               MOV         COMM,#08H     ;RESERVED FOR TESTING

               ACALL      WRITE_TRW
               MOV         COMM,#1CH     ;RESERVED FOR TESTING
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ACALL WRITE_TRW
MOV COMM,#08H ;LENGTH OF BIT CH2
ACALL WRITE_TRW
MOV COMM,#08H ;LENGTH OF BIT CH2
ACALL WRITE_TRW
; Address 5 Byte Ch 2
MOV COMM,#0C0H ;ADDRESS 5 BYTE OF CH2
ACALL WRITE_TRW
MOV COMM,#0AAH
ACALL WRITE_TRW
MOV COMM,#55H
ACALL WRITE_TRW
MOV COMM,#0AAH
ACALL WRITE_TRW
MOV COMM,#55H
ACALL WRITE_TRW
; * Address 5 Byte Ch 1 *
MOV COMM,#00H ;ADDRESS 5 BYTE OF CH1
ACALL WRITE_TRW
MOV COMM,#00H
ACALL WRITE_TRW
MOV COMM,#00H
ACALL WRITE_TRW
MOV COMM,#00H
ACALL WRITE_TRW
MOV COMM,#02H
ACALL WRITE_TRW
; * Number of Address bit + CRC *
MOV COMM,#0A3H ;ADDRESS BIT AND CRC
ACALL WRITE_TRW
MOV COMM,#6FH ;RF PROGRAMMING 8-15
ACALL WRITE_TRW
; *****RX MODE *****
MOV COMM,#15H
ACALL WRITE_TRW
SETB DATA
SETB DRI
SETB CE
CLR CS
ACALL DELAY_5USEC
RET

; *****RECEIVE *****
RECV_TRW: MOV COUNTER2,#8
SETB DATA
LOOP_RECV: SETB CLK1
ACALL DELAY_5USEC
JNB DATA,ZERO
MOV A,RECV
ADD A,#01H
MOV RECV,A
CLR CLK1
DJNZ COUNTER2,CHECK2
RET

CHECK2: ACALL DELAY_5USEC
MOV A,RECV
RL A
MOV RECV,A

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

                                SJMP          LOOP_RECV

ZERO:                          CLR           CLK1
                                DJNZ        COUNTER2,CHECK2
                                RET

; *****WRITE TRW *****
WRITE_TRW:                      MOV          COUNTER,#8
                                MOV          A,COMM
LOOP:                            RLC         A
                                MOV          DATA,C
                                ACALL       CLK_TRW
                                DJNZ        COUNTER,LOOP
                                RET

; *****CLK_TRW *****
CLK_TRW:                        CLR          CLK1
                                SETB       CLK1
                                RET

; ***** SET MODE SERIAL PORT *****
SET_SERIAL: MOV      TMOD,#20H      ;TIMER 1 MODE 2
                                MOV      TH1,#-3      ;BOTRATE = 9600
                                MOV      SCON,#50H    ; SEND 8 BIT ONE STOPBIT (REN ENABLE)
                                SETB    TR1
                                RET

; ***** SEND DATA TO SERIAL *****
SEND:                            MOV          SBUF,A
HERE:                            JNB        TI,HERE
                                CLR         TI
                                RET

; *****DELAY *****
DELAY:                            MOV          R1,#00H
DELAY2:                          MOV          R2,#00H
                                DJNZ        R2,$
                                DJNZ        R1,DELAY2
                                RET

; ***** DELAY 5 USEC *****
DELAY_5USEC:                      NOP
                                NOP
                                NOP
                                RET

; ***** DELAY 10 USEC *****
DELAY_10USEC:                     MOV          R1,#02H
DELAY_LOOP:                       NOP
                                NOP
                                DJNZ        R1,DELAY_LOOP
                                RET

; ***** DELAY 200 USEC *****
DELAY_200USEC:                    MOV          R2,#09H
DELAY200_LOOP:                   ACALL       DELAY_10USEC
                                DJNZ        R2,DELAY200_LOOP
                                RET

                                END

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



GAS SENSORS : TYPE AF63

ETHANOL (C₂H₅OH) SENSOR

DESCRIPTION:

Alcohol gas sensor made with thick film sensing element.

FEATURES:

- Constant heater voltage
- Tight resistance tolerance
- Short initial stabilisation time
- Typical applications include gas leak detection, alcohol detection

DATA:

Operating conditions:

Operating temperature	-10 to +55°C
Storage temperature	-30 to +60°C
Load Resistor R _L	Variable
Heater resistance	19Ω (nom)
Rated power consumption P _s	<15mW
Rated working voltage of circuit V _c	5V d.c. or 5V rms a.c. (max 12V)
Rated working voltage of heater	5 ± 0.2V d.c.
.....	5 ± 0.2 V rms a.c.

Parts and material:

Sensing element	Semi-conducting oxide
Thick film heater	Platinum
Case	Nylon 66
Pin	Nickel alloy
Flame arrestor
... Double 100-mesh stainless gauze (SUS316)

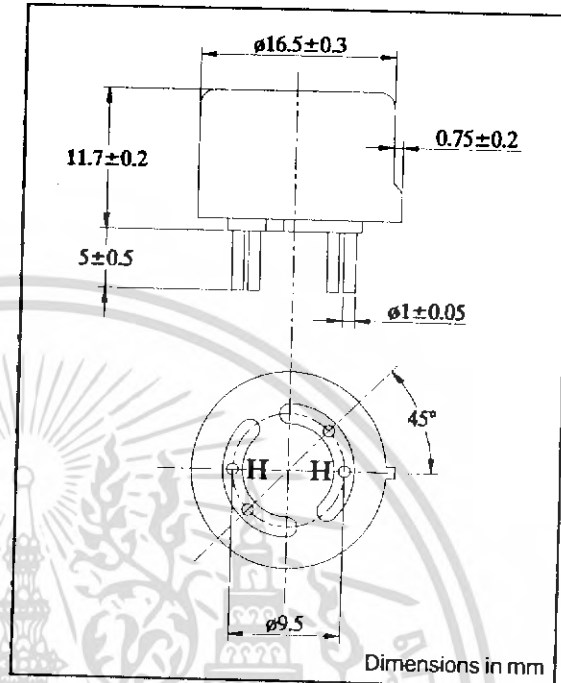
Sensitivity characteristics:

	Specification	Conditions
Sensor resistance R _{gas}	3k to 12k Ω	In clean air
Gas sensitivity R _{gas} /R _{air}	0.07 to 0.20	Resistance ratio at 100ppm ethanol to clean air
Power consumption	680mW (max)	

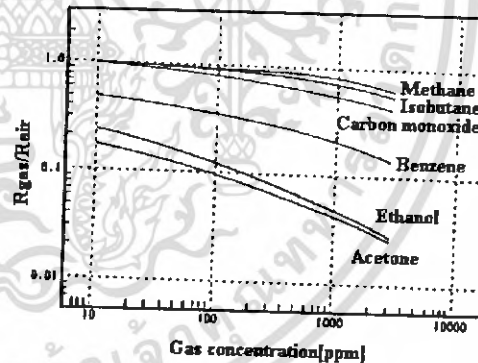
Mechanical characteristics:

Test	Condition	Performance
Vibration	Frequency:	10 - 500 Hz
	Amplitude (10 - 50Hz):	2 mm
	Acceleration (50 - 500 Hz)	10G
	Reciprical scanning time:	5 min
	Test time: 2 hours each for X, Y and Z directions	
Shock	Acceleration:	100G
	Number of impacts:	5

DIMENSIONS:



Typical gas sensitivity:



Crown Industrial Estate, Priorswood Rd
Taunton, Somerset TA2 8QY UK
Tel +44 (0)1823 335200
Fax +44 (0)1823 332637

808 US Highway 1
Edison, New Jersey 08817-4695 USA
Tel +1 (732) 287 2870
Fax +1 (732) 287 8847

967 Windfall Road
St Marys, Pennsylvania 15857-3397 USA
Tel +1 (814) 834 9140
Fax +1 (814) 781 7969

Data sheet D-AF63-1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

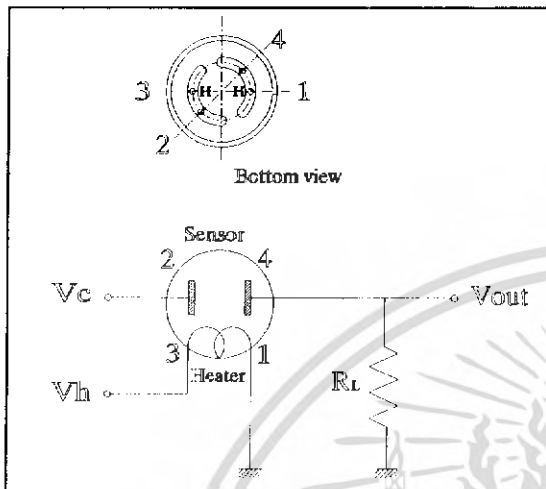


GAS SENSORS : TYPE AF63

ALCOHOL (C₂H₅OH) SENSOR

NOTES:

Pin allocation and standard test circuit:



Test conditions:

Atmosphere

Clean air at 25± 2°C and 50±5% RH without noise gas.

Circuit condition

Vc (circuit voltage)..... 5±0.05V

Vh (heater voltage)..... 5±0.05V

Preheat time..... 48 hours

Test gas

Ethanol 100ppm

WARNING:

Do not use if the case or wire netting is damaged, otherwise built-in heater may cause explosions or fires.

Do not disassemble or change any parts.

Use only within specified conditions.

Data sheet D-AF63-1

Crown Industrial Estate, Priorswood Rd 808 US Highway 1

Taunton, Somerset TA2 8QY UK

Tel +44 (0)1823 335200

Fax +44 (0)1823 332637

Edison, New Jersey 08817-4695 USA

Tel +1 (732) 287 2870

Fax +1 (732) 287 8847

967 Windfall Road

St Marys, Pennsylvania 15857-3397 USA

Tel +1 (814) 834 9140

Fax +1 (814) 781 7969

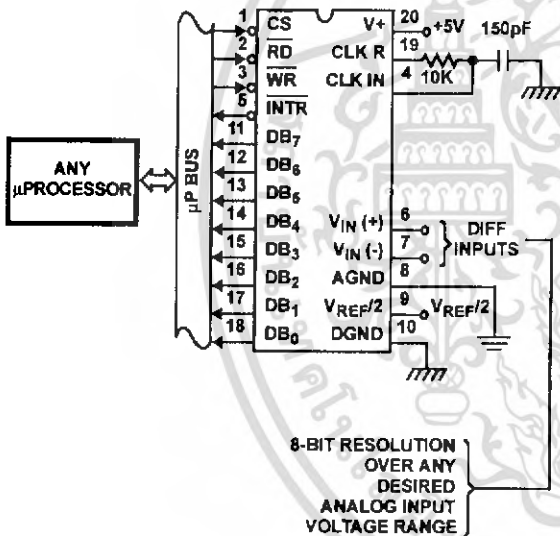
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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

The ADC080X family are CMOS 8-Bit, successive-approximation A/D converters which use a modified potentiometric ladder and are designed to operate with the 8080A control bus via three-state outputs. These converters appear to the processor as memory locations or I/O ports, and hence no interfacing logic is required.

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

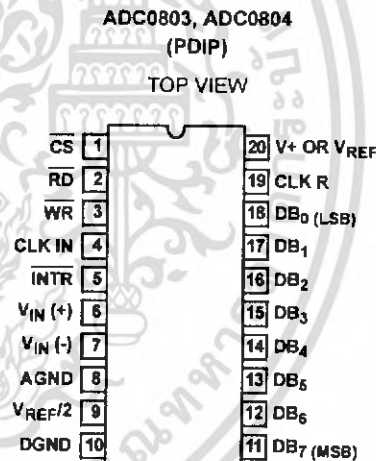
Typical Application Schematic



Features

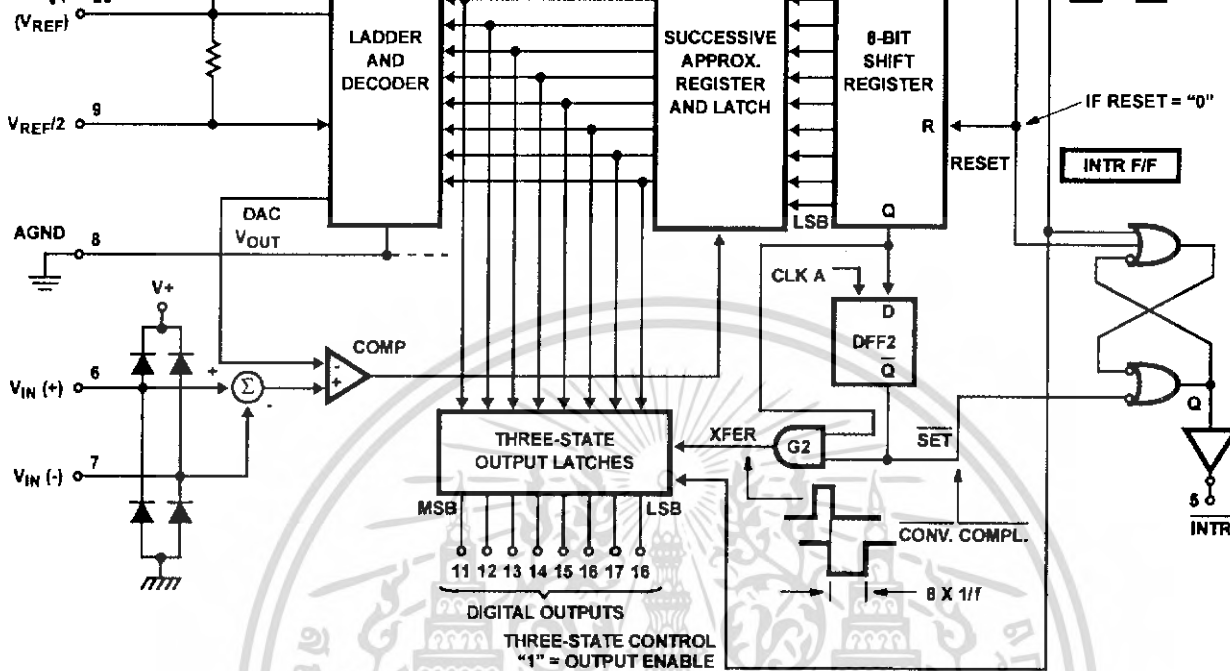
- 80C48 and 80C80/85 Bus Compatible - No Interfacing Logic Required
- Conversion Time <100µs
- Easy Interface to Most Microprocessors
- Will Operate in a "Stand Alone" Mode
- Differential Analog Voltage Inputs
- Works with Bandgap Voltage References
- TTL Compatible Inputs and Outputs
- On-Chip Clock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

Pinout



Ordering Information

PART NUMBER	ERROR	EXTERNAL CONDITIONS	TEMP. RANGE (°C)	PACKAGE	PKG. NO
ADC0803LCN	±1/2 LSB	VREF/2 Adjusted for Correct Full Scale Reading	0 to 70	20 Ld PDIP	E20.3
ADC0804LCN	±1 LSB	VREF/2 = 2.500VDC (No Adjustments)	0 to 70	20 Ld PDIP	E20.3



ADC0803, ADC0804

Absolute Maximum Ratings

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

Operating Conditions

Temperature Range 0°C to 70°C

Thermal Information

Thermal Resistance (Typical, Note 1) θ_{JA} (°C/W)
 PDIP Package 80
 Maximum Junction Temperature
 Plastic Package 150°C
 Maximum Storage Temperature Range -65°C to 150°C
 Maximum Lead Temperature (Soldering, 10s) 300°C

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

NOTE:

- θ_{JA} is measured with the component mounted on a low effective thermal conductivity test board in free air. See Tech Brief TB379 for details.

Electrical Specifications (Notes 2, 8)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
CONVERTER SPECIFICATIONS V ⁺ = 5V, T _A = 25°C and f _{CLK} = 640kHz, Unless Otherwise Specified					
Total Unadjusted Error					
ADC0803	V _{REF/2} Adjusted for Correct Full Scale Reading	-	-	±1/2	LSB
ADC0804	V _{REF/2} = 2.500V	-	-	±1	LSB
V _{REF/2} Input Resistance	Input Resistance at Pin 9	1.0	1.3	-	kΩ
Analog Input Voltage Range	(Note 3)	GND-0.05	-	(V ⁺) + 0.05	V
DC Common-Mode Rejection	Over Analog Input Voltage Range	-	±1/16	±1/8	LSB
Power Supply Sensitivity	V ⁺ = 5V ±10% Over Allowed Input Voltage Range	-	±1/16	±1/8	LSB
CONVERTER SPECIFICATIONS V ⁺ = 5V, 0°C to 70°C and f _{CLK} = 640kHz, Unless Otherwise Specified					
Total Unadjusted Error					
ADC0803	V _{REF/2} Adjusted for Correct Full Scale Reading	-	-	±1/2	LSB
ADC0804	V _{REF/2} = 2.500V	-	-	±1	LSB
V _{REF/2} Input Resistance	Input Resistance at Pin 9	1.0	1.3	-	kΩ
Analog Input Voltage Range	(Note 3)	GND-0.05	-	(V ⁺) + 0.05	V
DC Common-Mode Rejection	Over Analog Input Voltage Range	-	±1/8	±1/4	LSB
Power Supply Sensitivity	V ⁺ = 5V ±10% Over Allowed Input Voltage Range	-	±1/16	±1/8	LSB
AC TIMING SPECIFICATIONS V ⁺ = 5V, and T _A = 25°C, Unless Otherwise Specified					
Clock Frequency, f _{CLK}	V ⁺ = 6V (Note 4)	100	640	1280	kHz
	V ⁺ = 5V	100	640	800	kHz
Clock Periods per Conversion (Note 5), t _{CONV}		62	-	73	Clocks/Conv
Conversion Rate in Free-Running Mode, CR	INTR tied to WR with CS = 0V, f _{CLK} = 640kHz	-	-	8888	Conv/s
Width of WR Input (Start Pulse Width), t _{W(WR)}	CS = 0V (Note 6)	100	-	-	ns
Access Time (Delay from Falling Edge of RD to Output Data Valid), t _{ACC}	C _L = 100pF (Use Bus Driver IC for Larger C _L)	-	135	200	ns
Three-State Control (Delay from Rising Edge of RD to Hi-Z State), t _{1H} , t _{0H}	C _L = 10pF, R _L = 10K (See Three-State Test Circuits)	-	125	250	ns
Delay from Falling Edge of WR to Reset of INTR, t _{WT} , t _{RI}		-	300	450	ns
Input Capacitance of Logic Control Inputs, C _{IN}		-	5	-	pF
Three-State Output Capacitance (Data Buffers), C _{OUT}		-	5	-	pF

Electrical Specifications (Notes 2, 8) (Continued)

PARAMETER	TEST CONDITIONS	MIN	TYP	MAX	UNITS
DC DIGITAL LEVELS AND DC SPECIFICATIONS $V_+ = 5V$, and T_{MIN} to T_{MAX} , Unless Otherwise Specified					
CONTROL INPUTS (Note 7)					
Logic "1" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN), V_{INH}	$V_+ = 5.25V$	2.0	-	V_+	V
Logic "0" Input Voltage (Except Pin 4 CLK IN), V_{INL}	$V_+ = 4.75V$	-	-	0.8	V
CLK IN (Pin 4) Positive Going Threshold Voltage, V_{+CLK}		2.7	3.1	3.5	V
CLK IN (Pin 4) Negative Going Threshold Voltage, V_{-CLK}		1.5	1.8	2.1	V
CLK IN (Pin 4) Hysteresis, V_H		0.6	1.3	2.0	V
Logic "1" Input Current (All Inputs), I_{INH1}	$V_{IN} = 5V$	-	0.005	1	μA
Logic "0" Input Current (All Inputs), I_{INL0}	$V_{IN} = 0V$	-1	-0.005	-	μA
Supply Current (Includes Ladder Current), I_+	$f_{CLK} = 640kHz$, $T_A = 25^\circ C$ and $\overline{CS} = HI$	-	1.3	2.5	mA
DATA OUTPUTS AND INTR					
Logic "0" Output Voltage, V_{OL}	$I_O = 1.6mA$, $V_+ = 4.75V$	-	-	0.4	V
Logic "1" Output Voltage, V_{OH}	$I_O = -360\mu A$, $V_+ = 4.75V$	2.4	-	-	V
Three-State Disabled Output Leakage (All Data Buffers), I_{LO}	$V_{OUT} = 0V$	-3	-	-	μA
	$V_{OUT} = 5V$	-	-	3	μA
Output Short Circuit Current, I_{SOURCE}	V_{OUT} Short to GND, $T_A = 25^\circ C$	4.5	6	-	mA
Output Short Circuit Current, I_{SINK}	V_{OUT} Short to V_+ , $T_A = 25^\circ C$	9.0	16	-	mA

NOTES:

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

Timing Waveforms

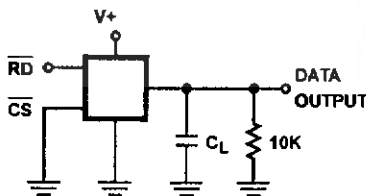


FIGURE 1A. t_{1H}

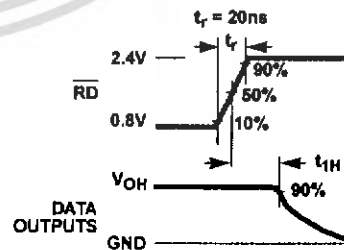


FIGURE 1B. t_{1H} , $C_L = 10pF$

Timing Waveforms (Continued)

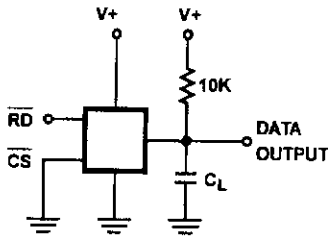


FIGURE 1C. t_{0H}

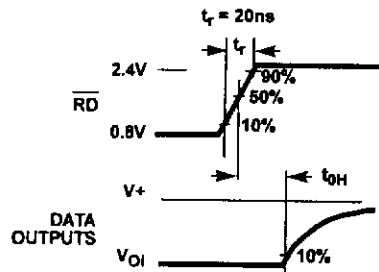


FIGURE 1D. t_{0H} , $C_L = 10\text{pF}$

FIGURE 1. THREE-STATE CIRCUITS AND WAVEFORMS

Typical Performance Curves

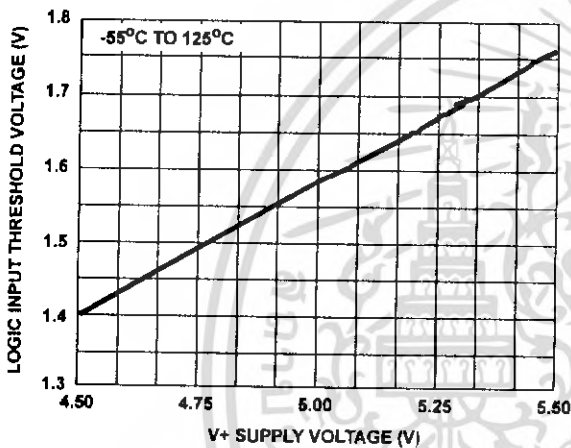


FIGURE 2. LOGIC INPUT THRESHOLD VOLTAGE vs SUPPLY VOLTAGE

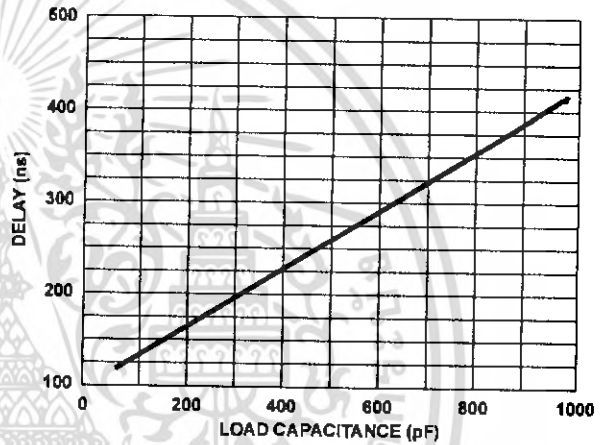


FIGURE 3. DELAY FROM FALLING EDGE OF \overline{RD} TO OUTPUT DATA VALID vs LOAD CAPACITANCE

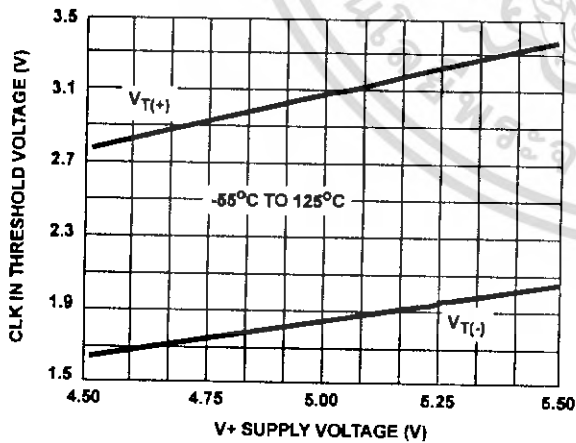


FIGURE 4. CLK IN SCHMITT TRIP LEVELS vs SUPPLY VOLTAGE

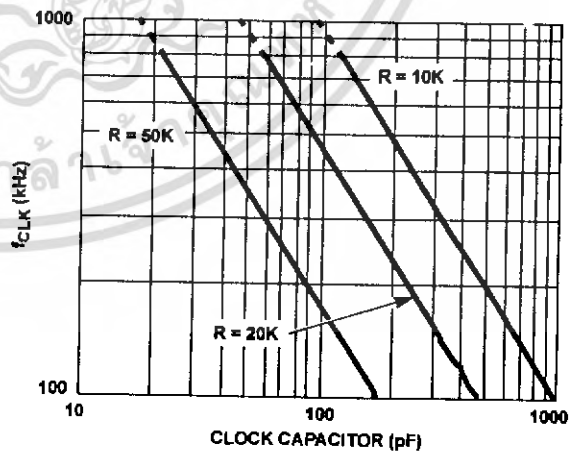


FIGURE 5. f_{CLK} vs CLOCK CAPACITOR

Typical Performance Curves (Continued)

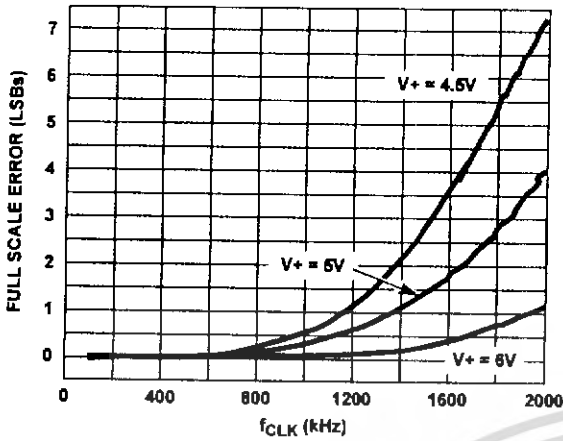


FIGURE 6. FULL SCALE ERROR vs f_{CLK}

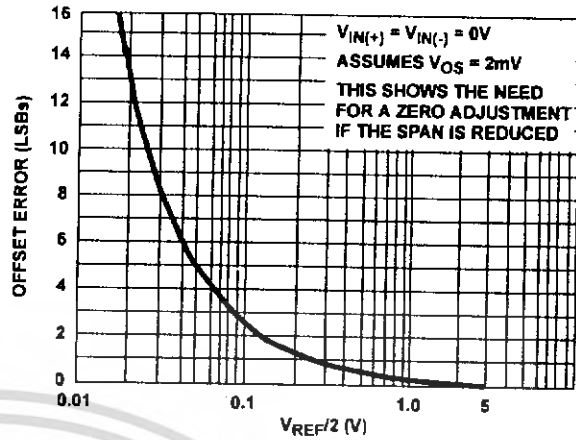


FIGURE 7. EFFECT OF UNADJUSTED OFFSET ERROR

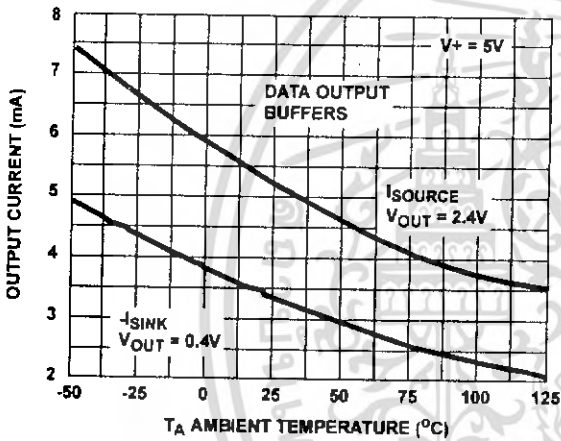


FIGURE 8. OUTPUT CURRENT vs TEMPERATURE

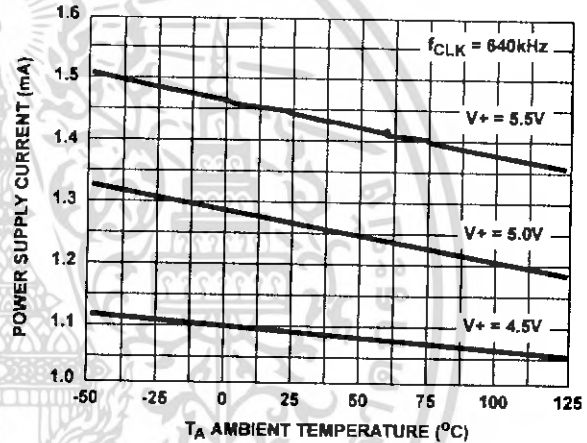


FIGURE 9. POWER SUPPLY CURRENT vs TEMPERATURE

Timing Diagrams

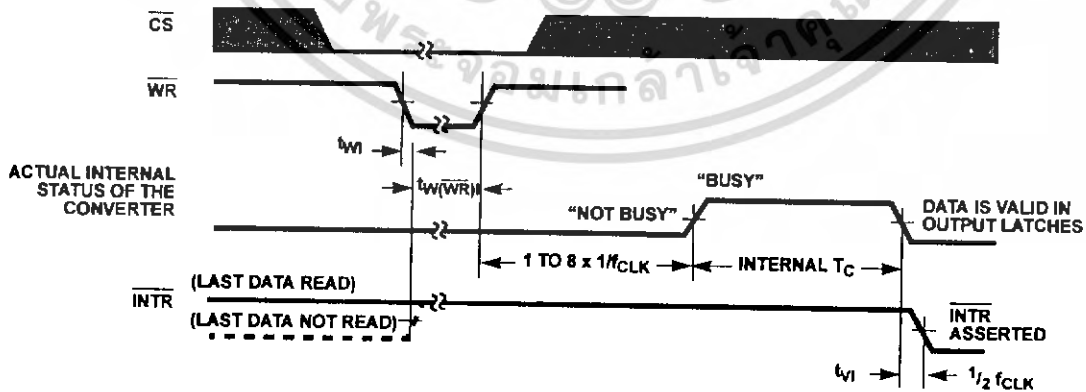


FIGURE 10A. START CONVERSION

Timing Diagrams (Continued)

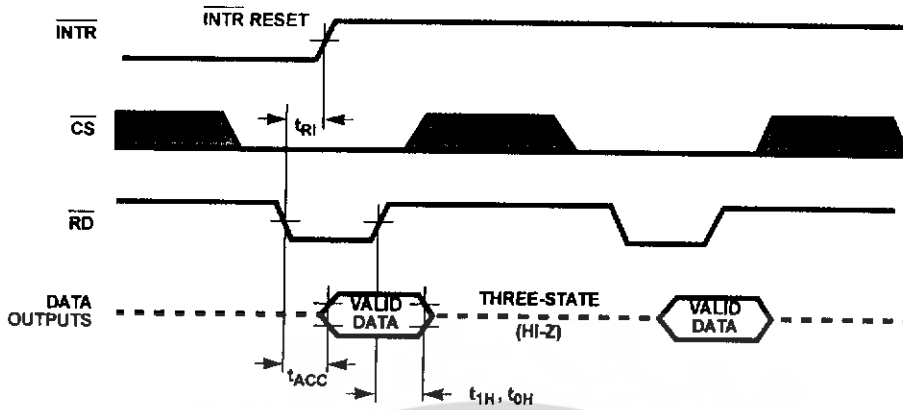


FIGURE 10B. OUTPUT ENABLE AND RESET INTR

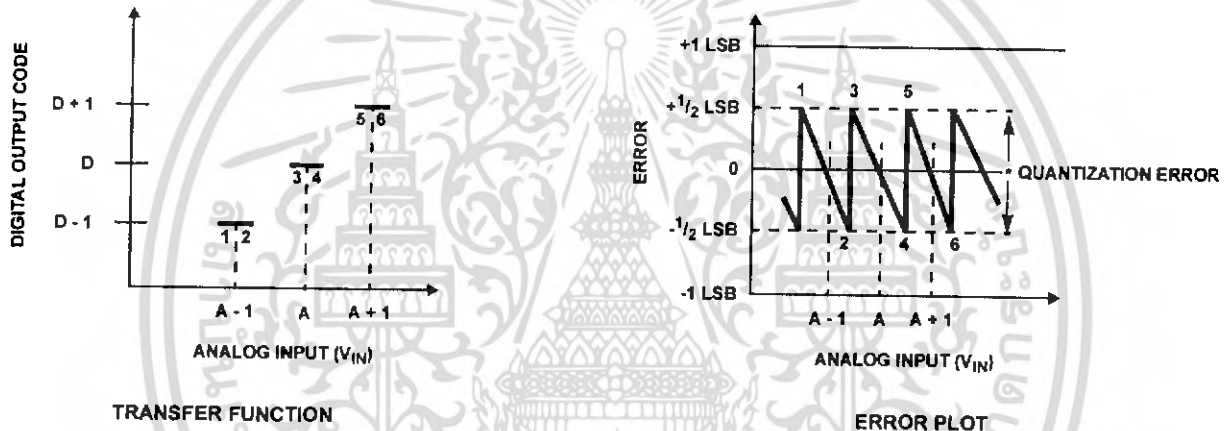


FIGURE 11A. ACCURACY = ± 0 LSB; PERFECT A/D

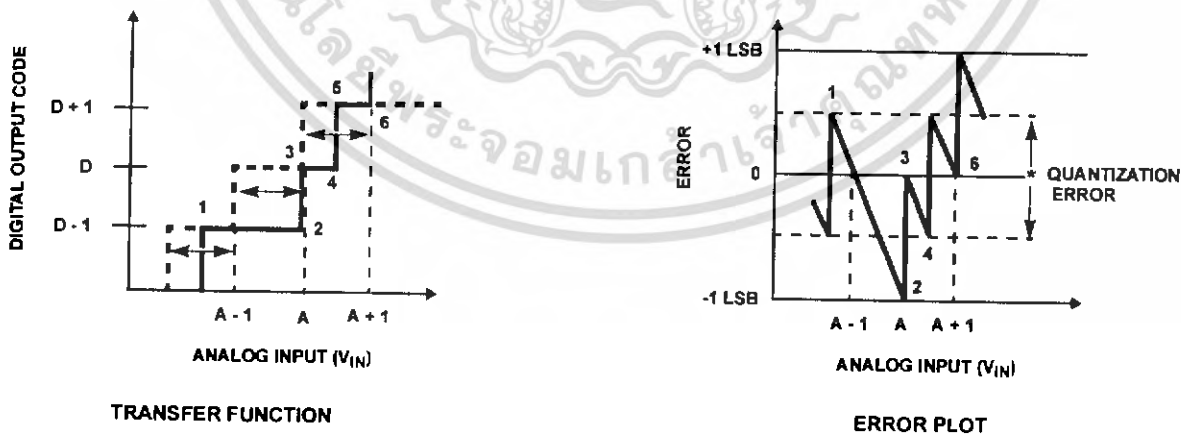


FIGURE 11B. ACCURACY = $\pm 1/2$ LSB

FIGURE 11. CLARIFYING THE ERROR SPECS OF AN A/D CONVERTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Understanding A/D Error Specs

A perfect A/D transfer characteristic (staircase wave-form) is shown in Figure 11A. The horizontal scale is analog input voltage and the particular points labeled are in steps of 1 LSB (19.53mV with 2.5V tied to the $V_{REF/2}$ pin). The digital output codes which correspond to these inputs are shown as D-1, D, and D+1. For the perfect A/D, not only will center-value (A - 1, A, A + 1, ...) analog inputs produce the correct output digital codes, but also each riser (the transitions between adjacent output codes) will be located $\pm 1/2$ LSB away from each center-value. As shown, the risers are ideal and have no width. Correct digital output codes will be provided for a range of analog input voltages which extend $\pm 1/2$ LSB from the ideal center-values. Each tread (the range of analog input voltage which provides the same digital output code) is therefore 1 LSB wide.

The error curve of Figure 11B shows the worst case transfer function for the ADC080X. Here the specification guarantees that if we apply an analog input equal to the LSB analog voltage center-value, the A/D will produce the correct digital code.

Next to each transfer function is shown the corresponding error plot. Notice that the error includes the quantization uncertainty of the A/D. For example, the error at point 1 of Figure 11A is $+1/2$ LSB because the digital code appeared $1/2$ LSB in advance of the center-value of the tread. The error plots always have a constant negative slope and the abrupt upside steps are always 1 LSB in magnitude, unless the device has missing codes.

Detailed Description

The functional diagram of the ADC080X series of A/D converters operates on the successive approximation principle (see Application Notes AN016 and AN020 for a more detailed description of this principle). Analog switches are closed sequentially by successive-approximation logic until the analog differential input voltage [$V_{IN(+)} - V_{IN(-)}$] matches a voltage derived from a tapped resistor string across the reference voltage. The most significant bit is tested first and after 8 comparisons (64 clock cycles), an 8-bit binary code (1111 1111 = full scale) is transferred to an output latch.

The normal operation proceeds as follows. On the high-to-low transition of the WR input, the internal SAR latches and the shift-register stages are reset, and the INTR output will be set high. As long as the CS input and WR input remain low, the A/D will remain in a reset state. Conversion will start from 1 to 8 clock periods after at least one of these inputs makes a low-to-high transition. After the requisite number of clock pulses to complete the conversion, the INTR pin will make a high-to-low transition. This can be used to interrupt a processor, or otherwise signal the availability of a new conversion. A RD operation (with CS low) will clear the INTR line high again. The device may be operated in the free-running mode by

connecting INTR to the WR input with CS = 0. To ensure start-up under all possible conditions, an external WR pulse is required during the first power-up cycle. A conversion-in-process can be interrupted by issuing a second start command.

Digital Operation

The converter is started by having CS and WR simultaneously low. This sets the start flip-flop (F/F) and the resulting "1" level resets the 8-bit shift register, resets the Interrupt (INTR) F/F and inputs a "1" to the D flip-flop, DFF1, which is at the input end of the 8-bit shift register. Internal clock signals then transfer this "1" to the Q output of DFF1. The AND gate, G1, combines this "1" output with a clock signal to provide a reset signal to the start F/F. If the set signal is no longer present (either WR or CS is a "1"), the start F/F is reset and the 8-bit shift register then can have the "1" clocked in, which starts the conversion process. If the set signal were to still be present, this reset pulse would have no effect (both outputs of the start F/F would be at a "1" level) and the 8-bit shift register would continue to be held in the reset mode. This allows for asynchronous or wide CS and WR signals.

After the "1" is clocked through the 8-bit shift register (which completes the SAR operation) it appears as the input to DFF2. As soon as this "1" is output from the shift register, the AND gate, G2, causes the new digital word to transfer to the Three-State output latches. When DFF2 is subsequently clocked, the \bar{Q} output makes a high-to-low transition which causes the INTR F/F to set. An inverting buffer then supplies the INTR output signal.

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

Digital Control Inputs

The digital control inputs (CS, RD, and WR) meet standard TTL logic voltage levels. These signals are essentially equivalent to the standard A/D Start and Output Enable control signals, and are active low to allow an easy interface to microprocessor control busses. For non-microprocessor based applications, the CS input (pin 1) can be grounded and the standard A/D Start function obtained by an active low pulse at the WR input (pin 3). The Output Enable function is achieved by an active low pulse at the RD input (pin 2).

Analog Operation

The analog comparisons are performed by a capacitive charge summing circuit. Three capacitors (with precise ratioed values) share a common node with the input to an auto-zeroed comparator. The input capacitor is switched between $V_{IN(+)}$ and $V_{IN(-)}$, while two ratioed reference capacitors are switched between taps on the reference voltage divider string. The net charge corresponds to the weighted difference between the input and the current total value set by the

successive approximation register. A correction is made to offset the comparison by $1/2$ LSB (see Figure 11A).

Analog Differential Voltage Inputs and Common-Mode Rejection

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

The time interval between sampling $V_{IN(+)}$ and $V_{IN(-)}$ is $4^{1/2}$ clock periods. The maximum error voltage due to this slight time difference between the input voltage samples is given by:

$$\Delta V_E(\text{MAX}) = (V_{\text{PEAK}})(2\pi f_{\text{CM}}) \left[\frac{4.5}{f_{\text{CLK}}} \right]$$

where:

ΔV_E is the error voltage due to sampling delay,

V_{PEAK} is the peak value of the common-mode voltage,

f_{CM} is the common-mode frequency.

For example, with a 60Hz common-mode frequency, f_{CM} , and a 640kHz A/D clock, f_{CLK} , keeping this error to $1/4$ LSB (~5mV) would allow a common-mode voltage, V_{PEAK} , given by:

$$V_{\text{PEAK}} = \frac{[\Delta V_E(\text{MAX})(f_{\text{CLK}})]}{(2\pi f_{\text{CM}})(4.5)}$$

or

$$V_{\text{PEAK}} = \frac{(5 \times 10^{-3})(640 \times 10^3)}{(6.28)(60)(4.5)} \cong 1.9 \text{ V}$$

The allowed range of analog input voltage usually places more severe restrictions on input common-mode voltage levels than this.

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

Analog Input Current

The internal switching action causes displacement currents to flow at the analog inputs. The voltage on the on-chip capacitance to ground is switched through the analog differential input voltage, resulting in proportional currents entering the $V_{IN(+)}$ input and leaving the $V_{IN(-)}$ input. These current transients occur at the leading edge of the internal clocks. They rapidly decay and do not inherently cause errors as the on-chip comparator is strobed at the end of the clock period.

Input Bypass Capacitors

Bypass capacitors at the inputs will average these charges and cause a DC current to flow through the output resistances of the analog signal sources. This charge pumping action is worse for continuous conversions with the $V_{IN(+)}$ input voltage at full scale. For a 640kHz clock frequency with the $V_{IN(+)}$

input at 5V, this DC current is at a maximum of approximately 5µA. Therefore, **bypass capacitors should not be used at the analog inputs or the $V_{\text{REF}}/2$ pin** for high resistance sources (>1kΩ). If input bypass capacitors are necessary for noise filtering and high source resistance is desirable to minimize capacitor size, the effects of the voltage drop across this input resistance, due to the average value of the input current, can be compensated by a full scale adjustment while the given source resistor and input bypass capacitor are both in place. This is possible because the average value of the input current is a precise linear function of the differential input voltage at a constant conversion rate.

Input Source Resistance

Large values of source resistance where an input bypass capacitor is not used will not cause errors since the input currents settle out prior to the comparison time. If a low-pass filter is required in the system, use a low-value series resistor ($\leq 1\text{k}\Omega$) for a passive RC section or add an op amp RC active low-pass filter. For low-source-resistance applications ($\leq 1\text{k}\Omega$), a 0.1µF bypass capacitor at the inputs will minimize EMI due to the series lead inductance of a long wire. A 100Ω series resistor can be used to isolate this capacitor (both the R and C are placed outside the feedback loop) from the output of an op amp, if used.

Stray Pickup

The leads to the analog inputs (pins 6 and 7) should be kept as short as possible to minimize stray signal pickup (EMI). Both EMI and undesired digital-clock coupling to these inputs can cause system errors. The source resistance for these inputs should, in general, be kept below 5kΩ. Larger values of source resistance can cause undesired signal pickup. Input bypass capacitors, placed from the analog inputs to ground, will eliminate this pickup but can create analog scale errors as these capacitors will average the transient input switching currents of the A/D (see Analog Input Current). This scale error depends on both a large source resistance and the use of an input bypass capacitor. This error can be compensated by a full scale adjustment of the A/D (see Full Scale Adjustment) with the source resistance and input bypass capacitor in place, and the desired conversion rate.

Reference Voltage Span Adjust

For maximum application flexibility, these A/Ds have been designed to accommodate a 5V, 2.5V or an adjusted voltage reference. This has been achieved in the design of the IC as shown in Figure 12.

Notice that the reference voltage for the IC is either $1/2$ of the voltage which is applied to the V+ supply pin, or is equal to the voltage which is externally forced at the $V_{\text{REF}}/2$ pin. This allows for a pseudo-ratiometric voltage reference using, for the V+ supply, a 5V reference voltage. Alternatively, a voltage less than 2.5V can be applied to the $V_{\text{REF}}/2$ input. The internal gain to the $V_{\text{REF}}/2$ input is 2 to allow this factor of 2 reduction in the reference voltage.

Such an adjusted reference voltage can accommodate a reduced span or dynamic voltage range of the analog input voltage. If the analog input voltage were to range from 0.5V to 3.5V, instead of 0V to 5V, the span would be 3V. With 0.5V applied to the $V_{IN(-)}$ pin to absorb the offset, the reference voltage can be made equal to $1/2$ of the 3V span or 1.5V. The A/D now will encode the $V_{IN(+)}$ signal from 0.5V to 3.5V with the 0.5V input corresponding to zero and the 3.5V input corresponding to full scale. The full 8 bits of resolution are therefore applied over this reduced analog input voltage range. The requisite connections are shown in Figure 13. For expanded scale inputs, the circuits of Figures 14 and 15 can be used.

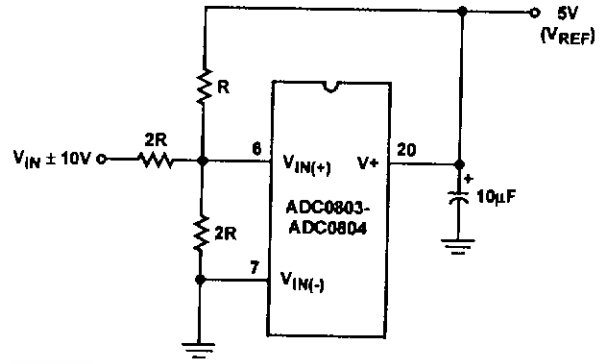


FIGURE 14. HANDLING ±10V ANALOG INPUT RANGE

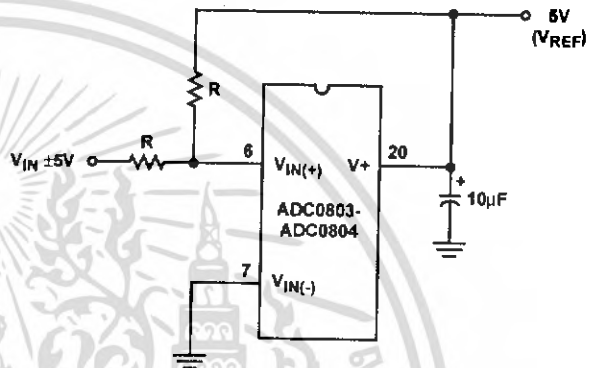


FIGURE 15. HANDLING ±5V ANALOG INPUT RANGE

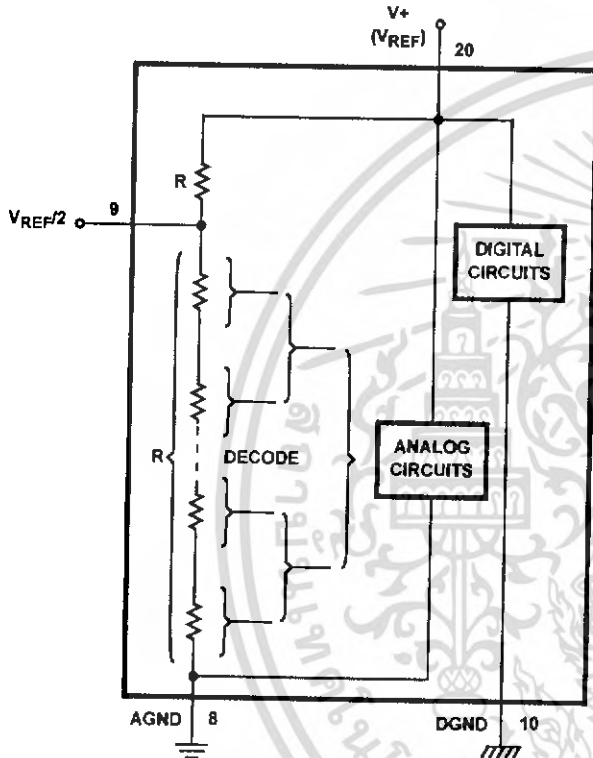


FIGURE 12. THE $V_{REFERENCE}$ DESIGN ON THE IC

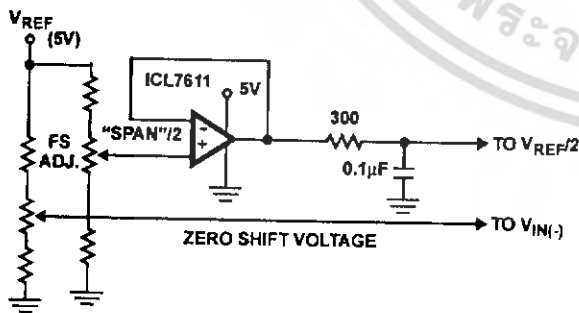


FIGURE 13. OFFSETTING THE ZERO OF THE ADC080X AND PERFORMING AN INPUT RANGE (SPAN) ADJUSTMENT

Reference Accuracy Requirements

The converter can be operated in a pseudo-ratiometric mode or an absolute mode. In ratiometric converter applications, the magnitude of the reference voltage is a factor in both the output of the source transducer and the output of the A/D converter and therefore cancels out in the final digital output code. In absolute conversion applications, both the initial value and the temperature stability of the reference voltage are important accuracy factors in the operation of the A/D converter. For $V_{REF/2}$ voltages of 2.5V nominal value, initial errors of ± 10 mV will cause conversion errors of ± 1 LSB due to the gain of 2 of the $V_{REF/2}$ input. In reduced span applications, the initial value and the stability of the $V_{REF/2}$ input voltage become even more important. For example, if the span is reduced to 2.5V, the analog input LSB voltage value is correspondingly reduced from 20mV (5V span) to 10mV and 1 LSB at the $V_{REF/2}$ input becomes 5mV. As can be seen, this reduces the allowed initial tolerance of the reference voltage and requires correspondingly less absolute change with temperature variations. Note that spans smaller than 2.5V place even tighter requirements on the initial accuracy and stability of the reference source.

In general, the reference voltage will require an initial adjustment. Errors due to an improper value of reference voltage appear as full scale errors in the A/D transfer

function. IC voltage regulators may be used for references if the ambient temperature changes are not excessive.

Zero Error

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

The zero error of the A/D converter relates to the location of the first riser of the transfer function and can be measured by grounding the $V_{IN(-)}$ input and applying a small magnitude positive voltage to the $V_{IN(+)}$ input. Zero error is the difference between the actual DC input voltage which is necessary to just cause an output digital code transition from 0000 0000 to 0000 0001 and the ideal $1/2$ LSB value ($1/2$ LSB = 9.8mV for $V_{REF}/2 = 2.500V$).

Full Scale Adjust

The full scale adjustment can be made by applying a differential input voltage which is $1 1/2$ LSB down from the desired analog full scale voltage range and then adjusting the magnitude of the $V_{REF}/2$ input (pin 9) for a digital output code which is just changing from 1111 1110 to 1111 1111. When offsetting the zero and using a span-adjusted $V_{REF}/2$ voltage, the full scale adjustment is made by inputting V_{MIN} to the $V_{IN(-)}$ input of the A/D and applying a voltage to the $V_{IN(+)}$ input which is given by:

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

where:

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

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

Clocking Option

The clock for the A/D can be derived from an external source such as the CPU clock or an external RC network can be added to provide self-clocking. The CLK IN (pin 4) makes use of a Schmitt trigger as shown in Figure 16.

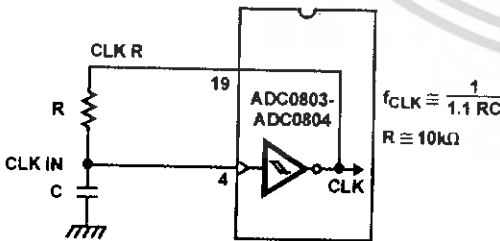


FIGURE 16. SELF-CLOCKING THE A/D

Heavy capacitive or DC loading of the CLK R pin should be avoided as this will disturb normal converter operation.

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

Restart During a Conversion

If the A/D is restarted (\overline{CS} and \overline{WR} go low and return high) during a conversion, the converter is reset and a new conversion is started. The output data latch is not updated if the conversion in progress is not completed. The data from the previous conversion remain in this latch.

Continuous Conversions

In this application, the \overline{CS} input is grounded and the \overline{WR} input is tied to the \overline{INTR} output. This \overline{WR} and \overline{INTR} node should be momentarily forced to logic low following a power-up cycle to insure circuit operation. See Figure 17 for details.

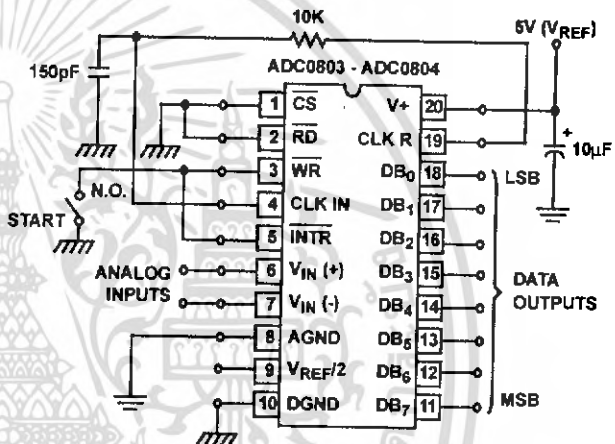


FIGURE 17. FREE-RUNNING CONNECTION

Driving the Data Bus

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

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

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

Finally, if time is short and capacitive loading is high, external bus drivers must be used. These can be three-state buffers (low power Schottky is recommended, such as the 74LS240 series) or special higher-drive-current products which are designed as bus drivers. High-current bipolar bus drivers with PNP inputs are recommended.

Power Supplies

Noise spikes on the V+ supply line can cause conversion errors as the comparator will respond to this noise. A low-inductance tantalum filter capacitor should be used close to the converter V+ pin, and values of 1µF or greater are recommended. If an unregulated voltage is available in the system, a separate 5V voltage regulator for the converter (and other analog circuitry) will greatly reduce digital noise on the V+ supply. An ICL7663 can be used to regulate such a supply from an input as low as 5.2V.

Wiring and Hook-Up Precautions

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

A single-point analog ground should be used which is separate from the logic ground points. The power supply bypass capacitor and the self-clocking capacitor (if used) should both be returned to digital ground. Any VREF/2 bypass capacitors, analog input filter capacitors, or input signal shielding should be returned to the analog ground point. A test for proper grounding is to measure the zero error of the A/D converter. Zero errors in excess of 1/4 LSB can usually be traced to improper board layout and wiring (see Zero Error for measurement). Further information can be found in Application Note AN018.

Testing the A/D Converter

There are many degrees of complexity associated with testing an A/D converter. One of the simplest tests is to apply a known analog input voltage to the converter and use LEDs to display the resulting digital output code as shown in Figure 18.

For ease of testing, the VREF/2 (pin 9) should be supplied with 2.560V and a V+ supply voltage of 5.12V should be used. This provides an LSB value of 20mV.

If a full scale adjustment is to be made, an analog input voltage of 5.090V (5.120 - 1/2 LSB) should be applied to the VIN(+) pin with the VIN(-) pin grounded. The value of the VREF/2 input voltage should be adjusted until the digital output code is just changing from 1111 1110 to 1111 1111. This value of VREF/2 should then be used for all the tests.

The digital-output LED display can be decoded by dividing the 8 bits into 2 hex characters, one with the 4 most-

significant bits (MS) and one with the 4 least-significant bits (LS). The output is then interpreted as a sum of fractions times the full scale voltage:

$$V_{OUT} = \left(\frac{MS}{16} + \frac{LS}{256} \right) (5.12)V.$$

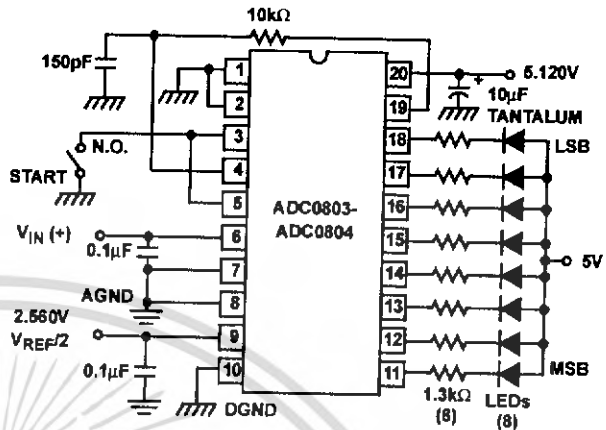


FIGURE 18. BASIC TESTER FOR THE A/D

For example, for an output LED display of 1011 0110, the MS character is hex B (decimal 11) and the LS character is hex (and decimal) 6, so:

$$V_{OUT} = \left(\frac{11}{16} + \frac{6}{256} \right) (5.12) = 3.64V.$$

Figures 19 and 20 show more sophisticated test circuits.

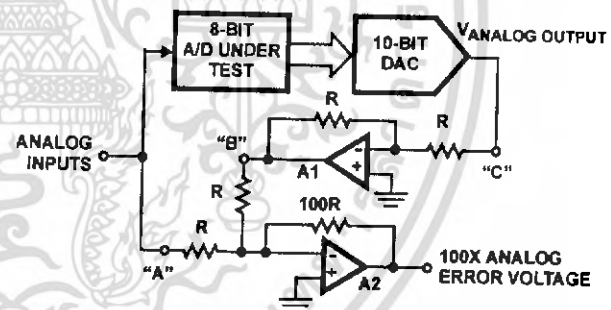


FIGURE 19. A/D TESTER WITH ANALOG ERROR OUTPUT. THIS CIRCUIT CAN BE USED TO GENERATE "ERROR PLOTS" OF FIGURE 11.

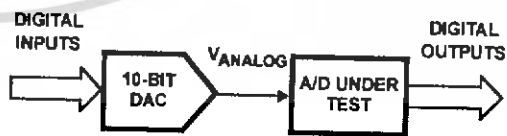


FIGURE 20. BASIC "DIGITAL" A/D TESTER

Typical Applications

Interfacing 8080/85 or Z-80 Microprocessors

This converter has been designed to directly interface with 8080/85 or Z-80 Microprocessors. The three-state output capability of the A/D eliminates the need for a peripheral interface device, although address decoding is still required to generate the appropriate \overline{CS} for the converter. The A/D can be mapped into memory space (using standard memory-address decoding for \overline{CS} and the \overline{MEMR} and \overline{MEMW} strobes) or it can be controlled as an I/O device by using the \overline{IOR} and \overline{IOW} strobes and decoding the address bits A0 → A7 (or address bits A8 → A15, since they will contain the same 8-bit address information) to obtain the \overline{CS} input. Using the I/O space provides 256 additional addresses and may allow a simpler 8-bit address decoder, but the data can only be input to the accumulator. To make use of the additional memory reference instructions, the A/D should be mapped into memory space. See AN020 for more discussion of memory-mapped vs I/O-mapped interfaces. An example of an A/D in I/O space is shown in Figure 21.

The standard control-bus signals of the 8080 (\overline{CS} , \overline{RD} and \overline{WR}) can be directly wired to the digital control inputs of the A/D, since the bus timing requirements, to allow both starting the converter, and outputting the data onto the data bus, are met. A bus driver should be used for larger microprocessor systems where the data bus leaves the PC board and/or must drive capacitive loads larger than 100pF.

It is useful to note that in systems where the A/D converter is 1 of 8 or fewer I/O-mapped devices, no address-decoding circuitry is necessary. Each of the 8 address bits (A0 to A7) can be directly used as \overline{CS} inputs, one for each I/O device.

Interfacing the Z-80 and 8085

The Z-80 and 8085 control buses are slightly different from that of the 8080. General \overline{RD} and \overline{WR} strobes are provided and separate memory request, \overline{MREQ} , and I/O request, \overline{IORQ} , signals have to be combined with the generalized strobes to provide the appropriate signals. An advantage of operating the A/D in I/O space with the Z-80 is that the CPU will automatically insert one wait state (the \overline{RD} and \overline{WR} strobes are extended one clock period) to allow more time for the I/O devices to respond. Logic to map the A/D in I/O space is shown in Figure 22. By using \overline{MREQ} in place of \overline{IORQ} , a memory-mapped configuration results.

Additional I/O advantages exist as software DMA routines are available and use can be made of the output data transfer which exists on the upper 8 address lines (A8 to A15) during I/O input instructions. For example, MUX channel selection for the A/D can be accomplished with this operating mode.

The 8085 also provides a generalized \overline{RD} and \overline{WR} strobe, with an \overline{IOM} line to distinguish I/O and memory requests. The circuit of Figure 22 can again be used, with \overline{IOM} in place of \overline{IORQ} for a memory-mapped interface, and an extra inverter (or the logic equivalent) to provide \overline{IOM} for an I/O-mapped connection.

Interfacing 6800 Microprocessor Derivatives (6502, etc.)

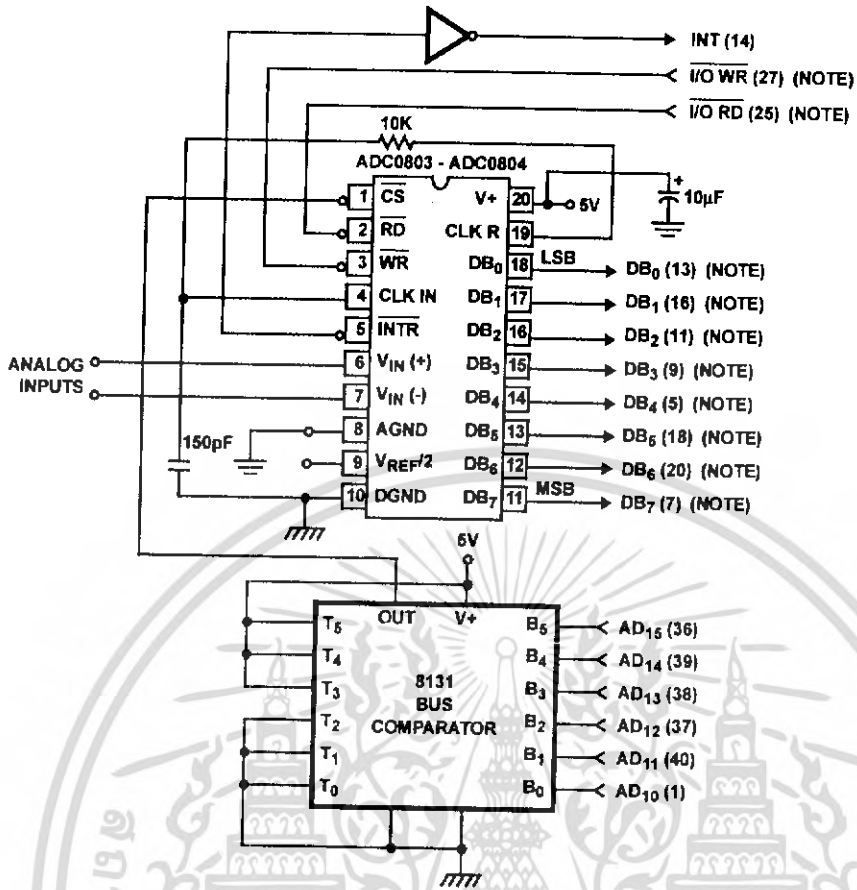
The control bus for the 6800 microprocessor derivatives does not use the RD and WR strobe signals. Instead it employs a single RW line and additional timing, if needed, can be derived from the $\phi 2$ clock. All I/O devices are memory-mapped in the 6800 system, and a special signal, VMA, indicates that the current address is valid. Figure 23 shows an interface schematic where the A/D is memory-mapped in the 6800 system. For simplicity, the CS decoding is shown using $1/2$ DM8092. Note that in many 6800 systems, an already decoded 4/5 line is brought out to the common bus at pin 21. This can be tied directly to the CS pin of the A/D, provided that no other devices are addressed at HEX ADDR: 4XXX or 5XXX.

In Figure 24 the ADC080X series is interfaced to the MC6800 microprocessor through (the arbitrarily chosen) Port B of the MC6820 or MC6821 Peripheral Interface Adapter (PIA). Here the CS pin of the A/D is grounded since the PIA is already memory-mapped in the MC6800 system and no CS decoding is necessary. Also notice that the A/D output data lines are connected to the microprocessor bus under program control through the PIA and therefore the A/D RD pin can be grounded.

Application Notes

NOTE #	DESCRIPTION
AN016	"Selecting A/D Converters"
AN018	"Do's and Don'ts of Applying A/D Converters"
AN020	"A Cookbook Approach to High Speed Data Acquisition and Microprocessor Interfacing"
AN030	"The ICL7104 - A Binary Output A/D Converter for Microprocessors"

ADC0803, ADC0804



NOTE: Pin numbers for 8228 System Controller: Others are 8080A.

FIGURE 21. ADC080X TO 8080A CPU INTERFACE

ADC0803, ADC0804

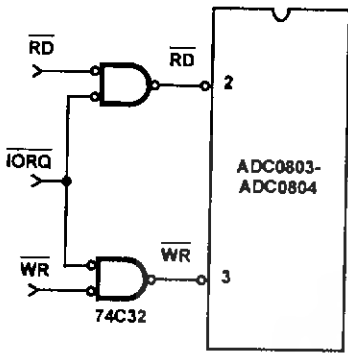
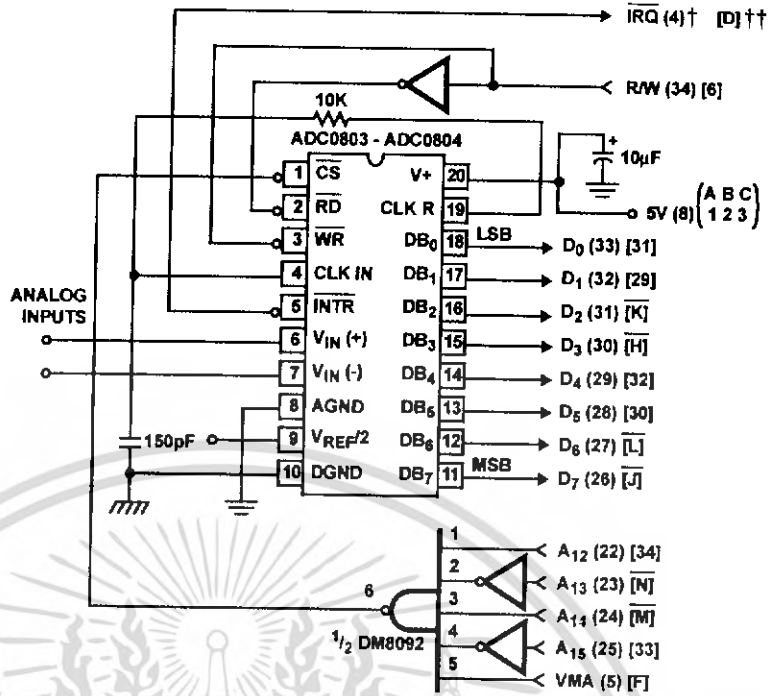


FIGURE 22. MAPPING THE A/D AS AN I/O DEVICE FOR USE WITH THE Z-80 CPU



† Numbers in parentheses refer to MC6800 CPU Pinout.
 †† Numbers or letters in brackets refer to standard MC6800 System Common Bus Code.

FIGURE 23. ADC080X TO MC6800 CPU INTERFACE

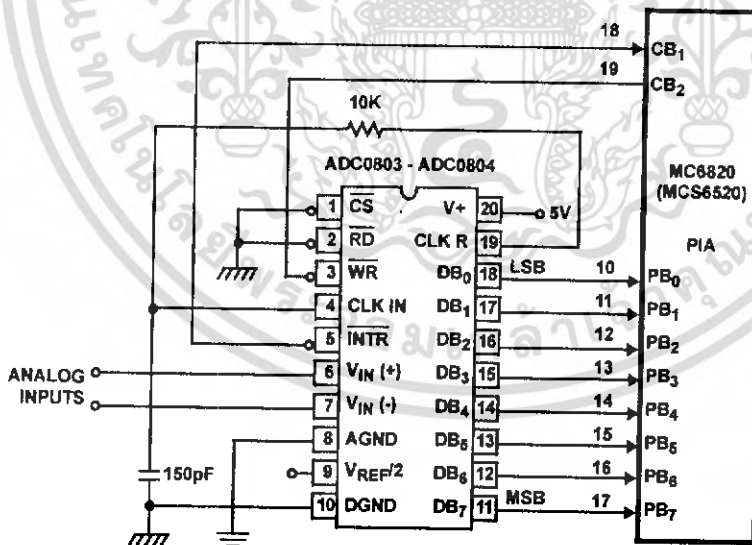


FIGURE 24. ADC080X TO MC6820 PIA INTERFACE

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Die Characteristics

DIE DIMENSIONS

101 mils x 93 mils

METALLIZATION

Type: Al

Thickness: $10k\text{\AA} \pm 1k\text{\AA}$

PASSIVATION

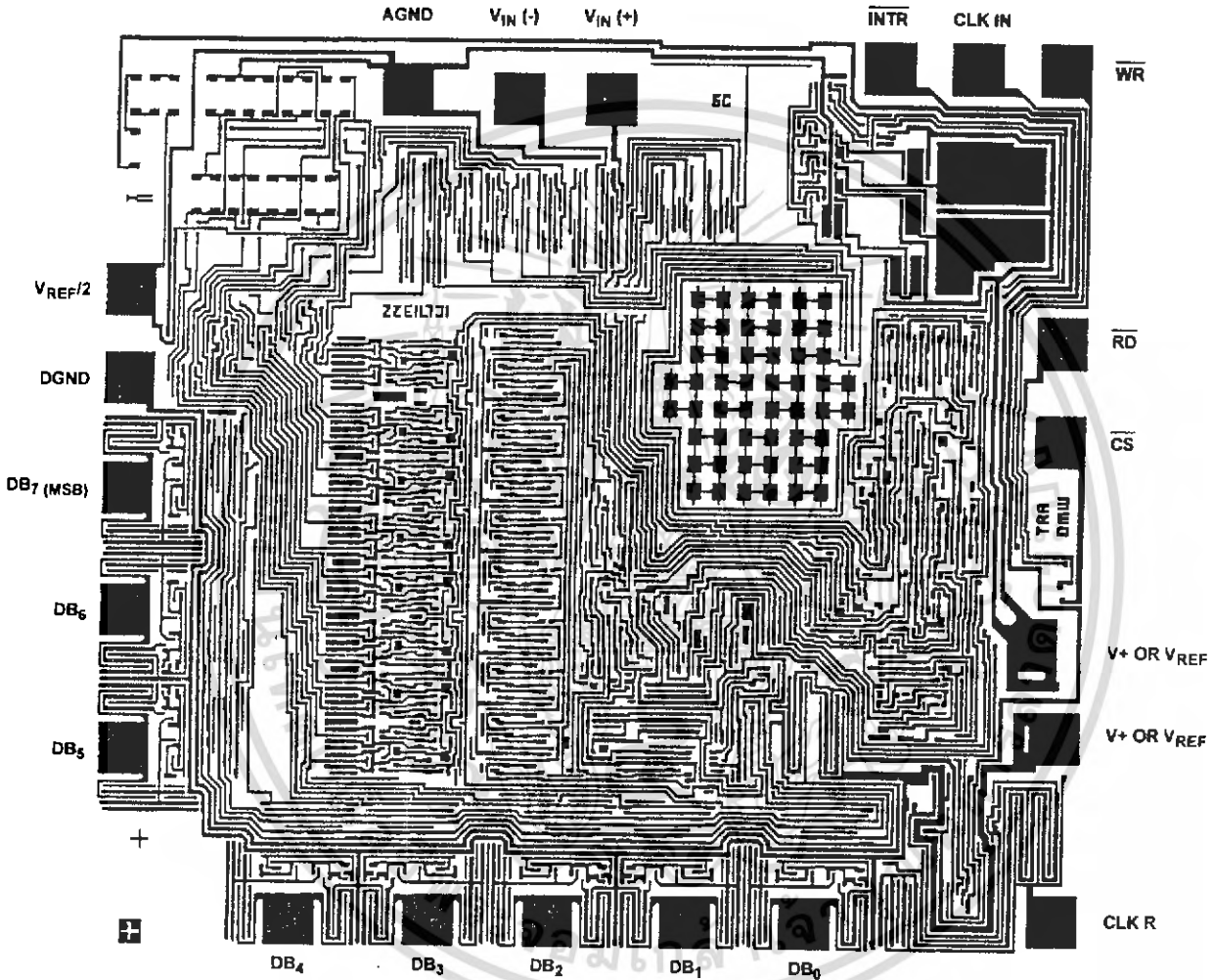
Type: Nitride over Silox

Nitride Thickness: $8k\text{\AA}$

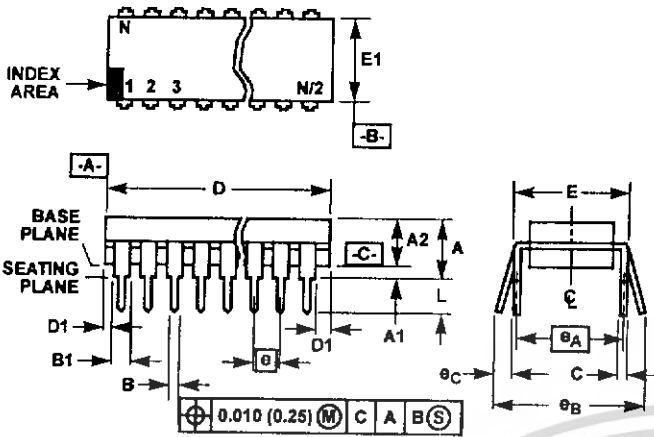
Silox Thickness: $7k\text{\AA}$

Metallization Mask Layout

ADC0803, ADC0804



Dual-In-Line Plastic Packages (PDIP)



E20.3 (JEDEC MS-001-AD ISSUE D)
20 LEAD DUAL-IN-LINE PLASTIC PACKAGE

SYMBOL	INCHES		MILLIMETERS		NOTES
	MIN	MAX	MIN	MAX	
A	-	0.210	-	5.33	4
A1	0.015	-	0.39	-	4
A2	0.115	0.195	2.93	4.95	-
B	0.014	0.022	0.356	0.558	-
B1	0.045	0.070	1.55	1.77	8
C	0.008	0.014	0.204	0.355	-
D	0.980	1.060	24.89	26.9	5
D1	0.005	-	0.13	-	5
E	0.300	0.325	7.62	8.25	6
E1	0.240	0.280	6.10	7.11	5
e	0.100 BSC		2.54 BSC		-
e _A	0.300 BSC		7.62 BSC		6
e _B	-	0.430	-	10.92	7
L	0.115	0.150	2.93	3.81	4
N	20		20		9

NOTES:

- Controlling Dimensions: INCH. In case of conflict between English and Metric dimensions, the inch dimensions control.
- Dimensioning and tolerancing per ANSI Y14.5M-1982.
- Symbols are defined in the "MO Series Symbol List" in Section 2.2 of Publication No. 95.
- Dimensions A, A1 and L are measured with the package seated in JEDEC seating plane gauge GS-3.
- D, D1, and E1 dimensions do not include mold flash or protrusions. Mold flash or protrusions shall not exceed 0.010 inch (0.25mm).
- E and e_A are measured with the leads constrained to be perpendicular to datum -C-.
- e_B and e_C are measured at the lead tips with the leads unconstrained. e_C must be zero or greater.
- B1 maximum dimensions do not include dambar protrusions. Dambar protrusions shall not exceed 0.010 inch (0.25mm).
- N is the maximum number of terminal positions.
- Comer leads (1, N, N/2 and N/2 + 1) for E8.3, E16.3, E18.3, E28.3, E42.6 will have a B1 dimension of 0.030 - 0.045 inch (0.76 - 1.14mm).

Rev. 0 12/93

All Intersil products are manufactured, assembled and tested utilizing ISO9000 quality systems. Intersil Corporation's quality certifications can be viewed at website www.intersil.com/quality/iso.asp.

Intersil products are sold by description only. Intersil Corporation reserves the right to make changes in circuit design and/or specifications at any time without notice. Accordingly, the reader is cautioned to verify that data sheets are current before placing orders. Information furnished by Intersil is believed to be accurate and reliable. However, no responsibility is assumed by Intersil or its subsidiaries for its use; nor for any infringements of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of Intersil or its subsidiaries.

For information regarding Intersil Corporation and its products, see web site www.intersil.com



LOW POWER DUAL OPERATIONAL AMPLIFIERS

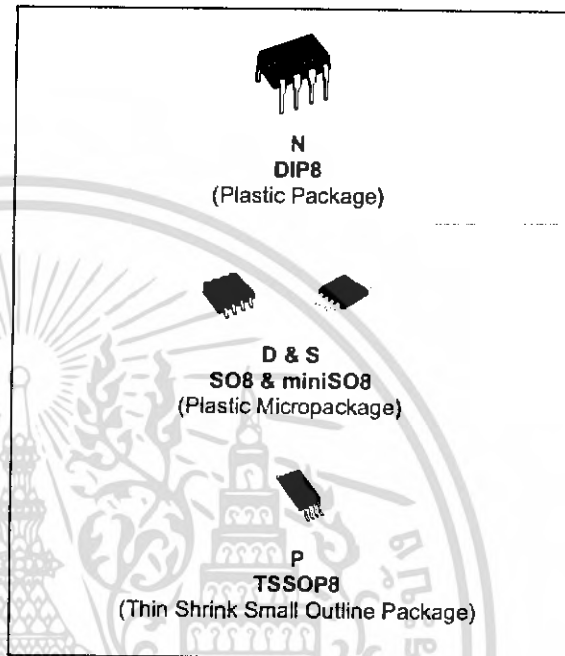
- INTERNALLY FREQUENCY COMPENSATED
- LARGE DC VOLTAGE GAIN: 100dB
- WIDE BANDWIDTH (unity gain): 1.1MHz (temperature compensated)
- VERY LOW SUPPLY CURRENT/OP (500µA) ESSENTIALLY INDEPENDENT OF SUPPLY VOLTAGE
- LOW INPUT BIAS CURRENT: 20nA (temperature compensated)
- LOW INPUT OFFSET VOLTAGE: 2mV
- LOW INPUT OFFSET CURRENT: 2nA
- INPUT COMMON-MODE VOLTAGE RANGE INCLUDES GROUND
- DIFFERENTIAL INPUT VOLTAGE RANGE EQUAL TO THE POWER SUPPLY VOLTAGE
- LARGE OUTPUT VOLTAGE SWING 0V TO (V_{cc} - 1.5V)

DESCRIPTION

These circuits consist of two independent, high gain, internally frequency compensated which were designed specifically to operate from a single power supply over a wide range of voltages. The low power supply drain is independent of the magnitude of the power supply voltage.

Application areas include transducer amplifiers, dc gain blocks and all the conventional op-amp circuits which now can be more easily implemented in single power supply systems. For example, these circuits can be directly supplied with the standard +5V which is used in logic systems and will easily provide the required interface electronics without requiring any additional power supply.

In the linear mode the input common-mode voltage range includes ground and the output voltage can also swing to ground, even though operated from only a single power supply voltage.



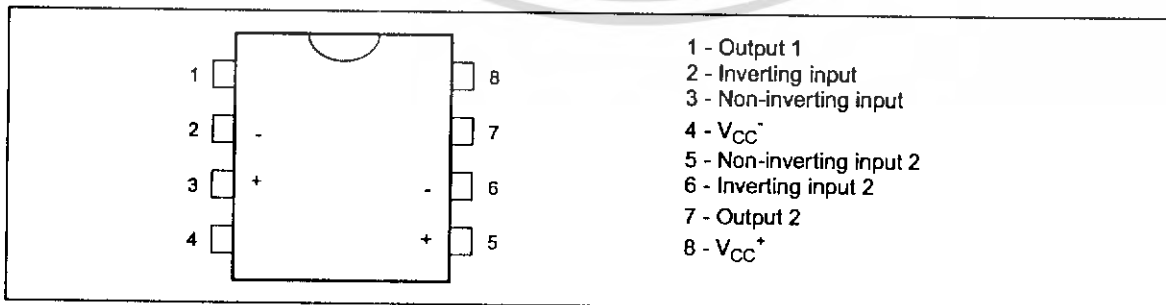
ORDER CODE

Part Number	Temperature Range	Package			
		N	S	D	P
LM158,A	-55°C, +125°C	•		•	•
LM258,A	-40°C, +105°C	•		•	•
LM358,A	0°C, +70°C	•	•	•	•

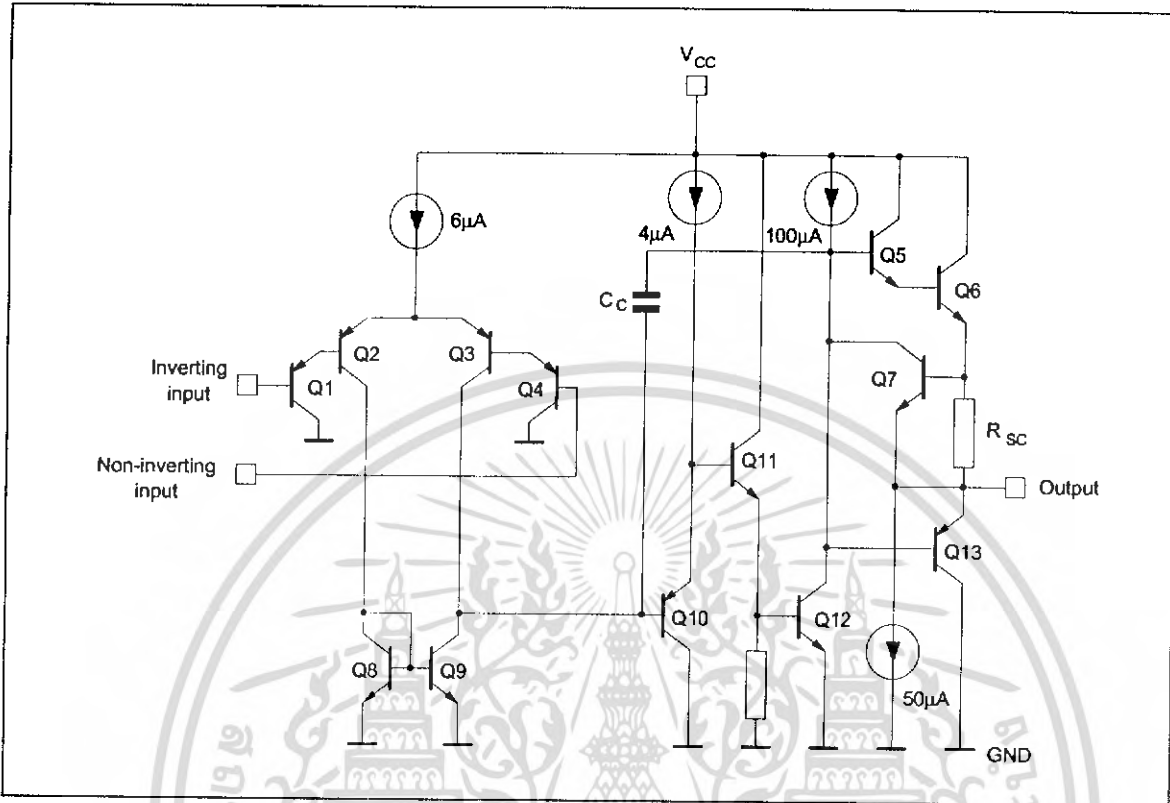
Example : LM258N

N = Dual in Line Package (DIP)
 D = Small Outline Package (SO) - also available in Tape & Reel (DT)
 S = Small Outline Package (miniSO) only available in Tape & Reel (DT)
 P = Thin Shrink Small Outline Package (TSSOP) - only available in Tape & Reel (PT)

PIN CONNECTIONS (top view)



SCHEMATIC DIAGRAM (1/2 LM158)



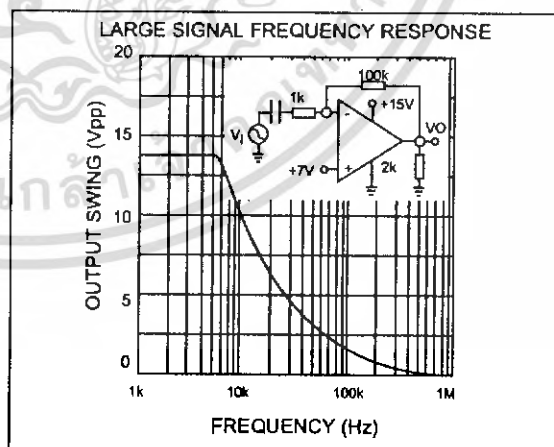
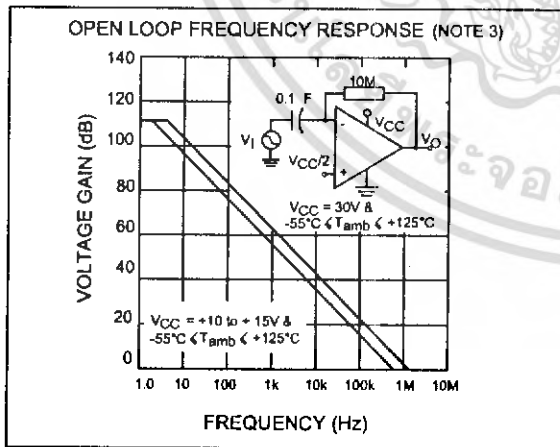
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

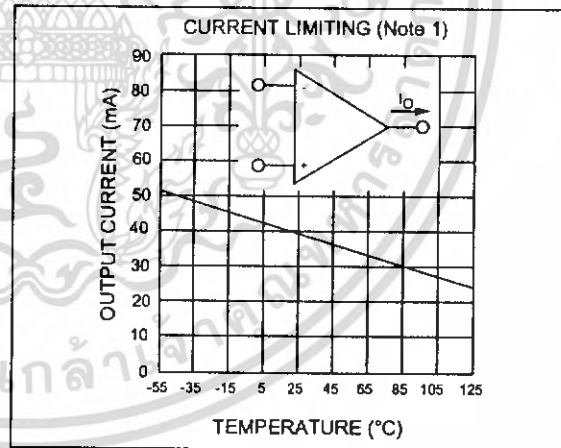
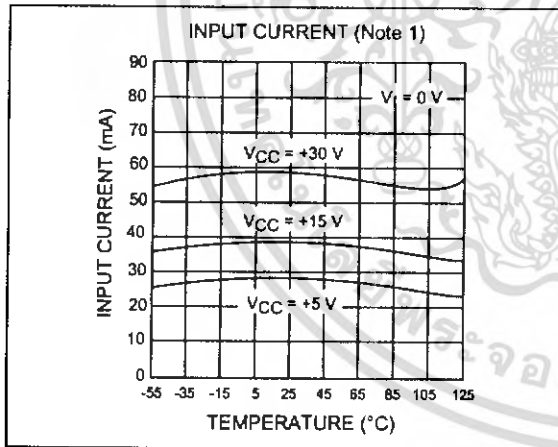
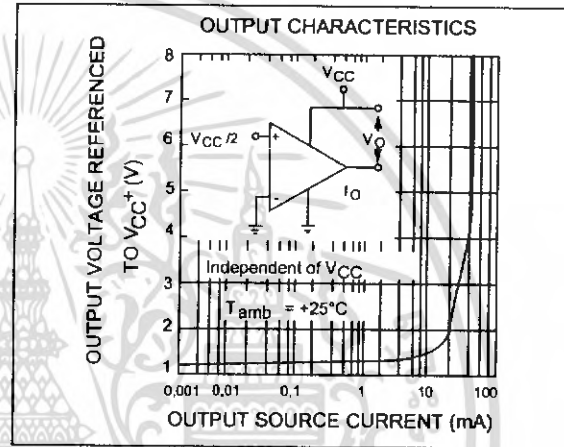
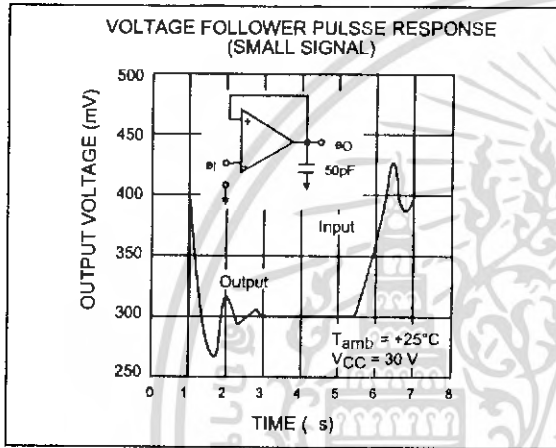
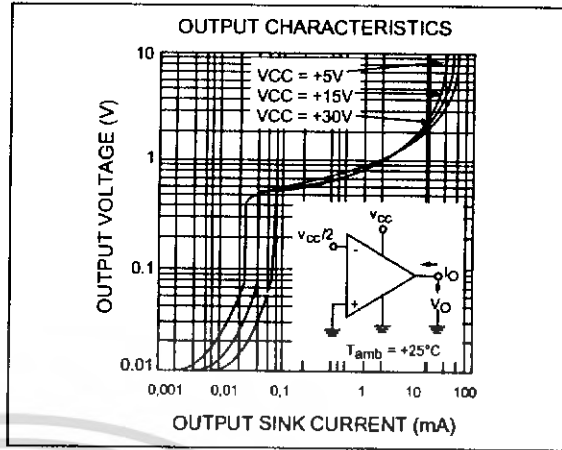
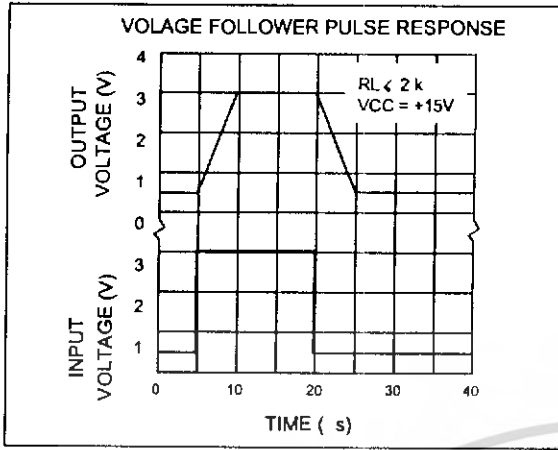
Symbol	Parameter	LM158,A	LM258,A	LM358,A	Unit
V_{CC}	Supply voltage		+32		V
V_i	Input Voltage		-0.3 to +32		V
V_{id}	Differential Input Voltage		+32		V
P_{tot}	Power Dissipation ¹⁾		500		mW
	Output Short-circuit Duration ²⁾		Infinite		
I_{in}	Input Current ³⁾		50		mA
T_{oper}	Operating Free-air Temperature Range	-55 to +125	-40 to +105	0 to +70	°C
T_{stg}	Storage Temperature Range		-65 to +150		°C

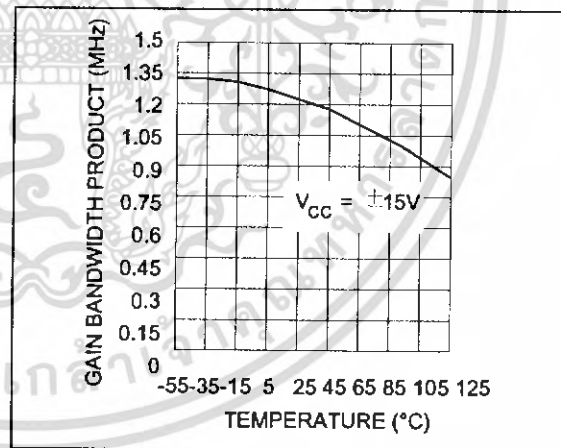
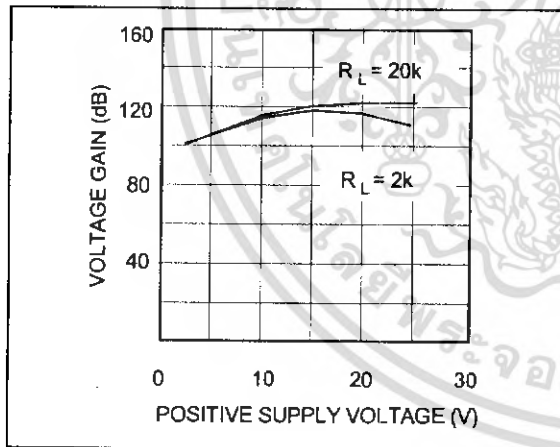
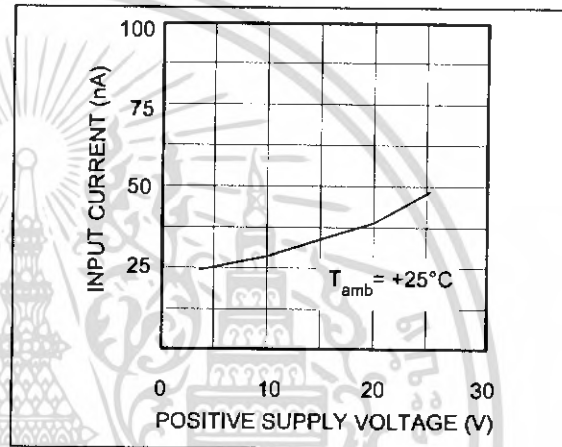
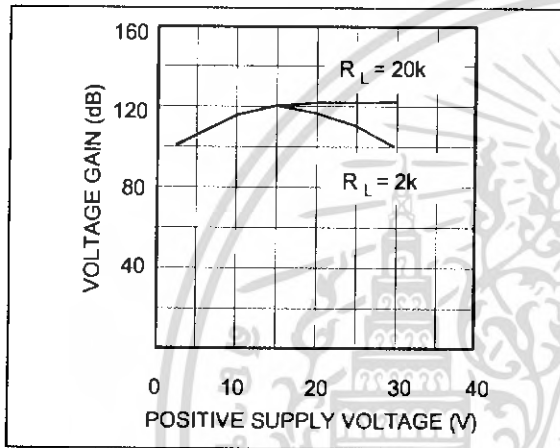
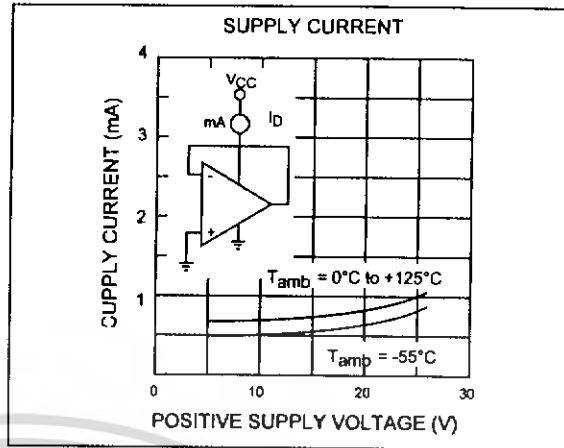
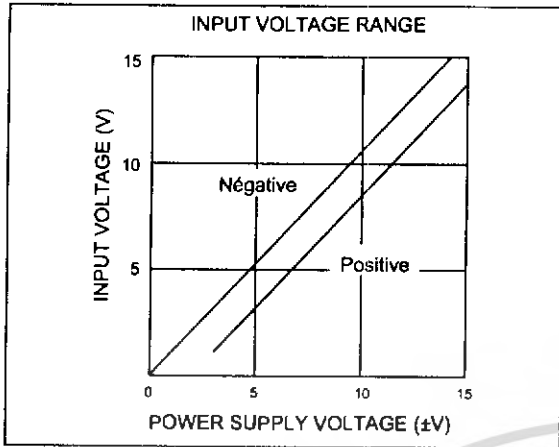
1. Power dissipation must be considered to ensure maximum junction temperature (T_J) is not exceeded.
2. Short-circuits from the output to V_{CC} can cause excessive heating if $V_{CC} > 15V$. The maximum output current is approximately 40mA independent of the magnitude of V_{CC} . Destructive dissipation can result from simultaneous short-circuit on all amplifiers.
3. This input current only exists when the voltage at any of the input leads is driven negative. It is due to the collector-base junction of the input PNP transistor becoming forward biased and thereby acting as input diodes clamps. In addition to this diode action, there is also NPN parasitic action on the IC chip: this transistor action can cause the output voltages of the Op-amps to go to the V_{CC} voltage level (or to ground for a large overdrive) for the time duration that an input is driven negative. This is not destructive and normal output will set up again for input voltage higher than -0.3V.

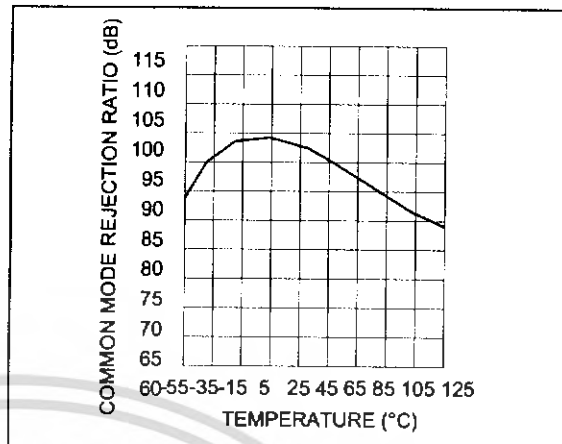
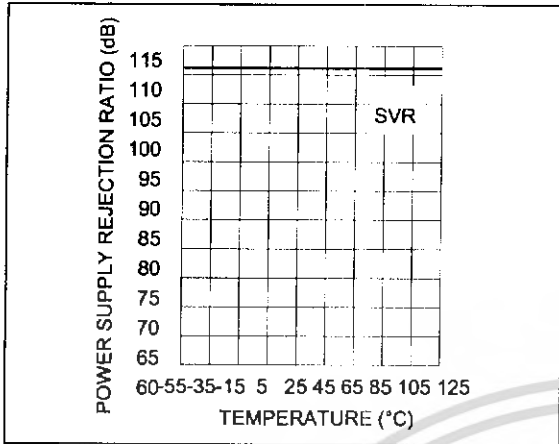
Symbol	Parameter	LM158A-LM258A LM358A			LM158-LM258 LM358			Unit
		Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.	
V _{OH}	High Level Output Voltage (V _{CC} ⁺ = 30V)							V
	T _{amb} = +25°C R _L = 2kΩ	26	27		26	27		
	T _{min} ≤ T _{amb} ≤ T _{max}	26			26			
	T _{amb} = +25°C R _L = 10kΩ	27	28		27	28		
V _{OL}	Low Level Output Voltage (R _L = 10kΩ)							mV
	T _{amb} = +25°C T _{min} ≤ T _{amb} ≤ T _{max}		5	20 20		5	20 20	
SR	Slew Rate V _{CC} = 15V, V _i = 0.5 to 3V, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF, unity Gain	0.3	0.6		0.3	0.6		V/μs
GBP	Gain Bandwidth Product V _{CC} = 30V, f = 100kHz, V _{in} = 10mV, R _L = 2kΩ, C _L = 100pF	0.7	1.1		0.7	1.1		MHz
THD	Total Harmonic Distortion f = 1kHz, A _v = 20dB, R _L = 2kΩ, V _o = 2V _{pp} , C _L = 100pF, V _O = 2V _{pp}		0.02			0.02		%
e _n	Equivalent Input Noise Voltage f = 1kHz, R _s = 100Ω, V _{CC} = 30V		55			55		$\frac{nV}{\sqrt{Hz}}$
DV _{io}	Input Offset Voltage Drift		7	15		7	30	μV/°C
DI _{io}	Input Offset Current Drift		10	200		10	300	pA/°C
V _{o1} /V _{o2}	Channel Separation - note 4) 1kHz ≤ f ≤ 20kHz		120			120		dB

- V_o = 1.4V, R_s = 0Ω, 5V < V_{CC}⁺ < 30V, 0 < V_{ic} < V_{CC}⁺ - 1.5V
- The direction of the input current is out of the IC. This current is essentially constant, independent of the state of the output so no loading change exists on the input lines.
- The input common-mode voltage of either input signal voltage should not be allowed to go negative by more than 0.3V. The upper end of the common-mode voltage range is V_{CC}⁺ - 1.5V, but either or both inputs can go to +32V without damage.
- Due to the proximity of external components insure that coupling is not originating via stray capacitance between these external parts. This typically can be detected as this type of capacitance increases at higher frequencies.



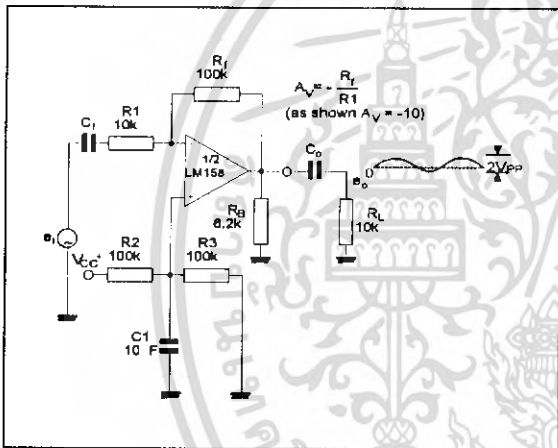




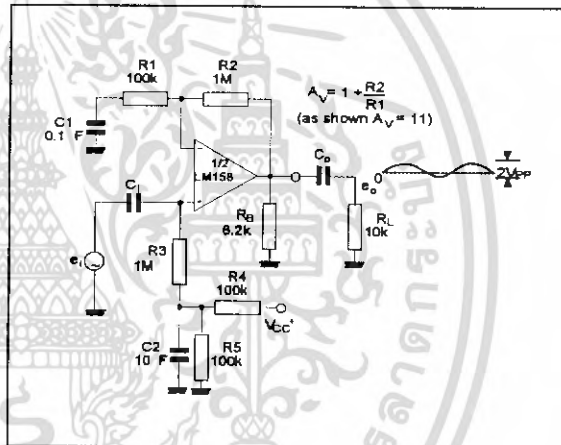


TYPICAL APPLICATIONS (single supply voltage) $V_{CC} = +5V_{dc}$

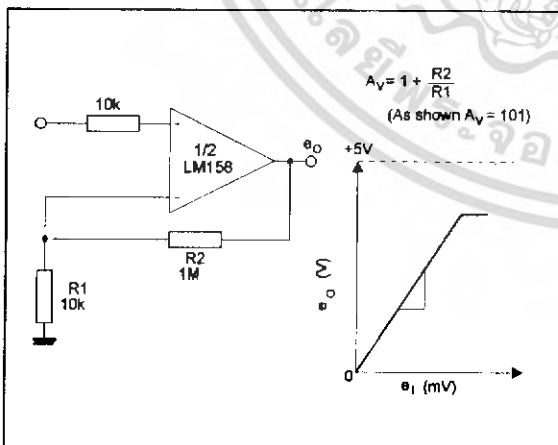
AC COUPLED INVERTING AMPLIFIER



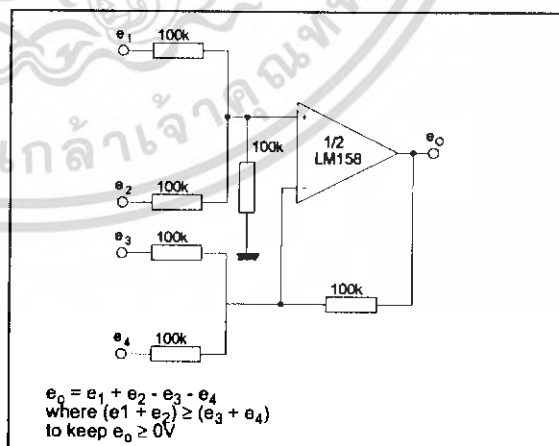
AC COUPLED NON-INVERTING AMPLIFIER



NON-INVERTING DC AMPLIFIER

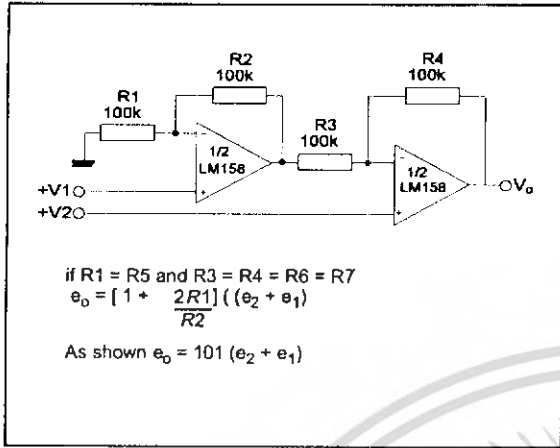


DC SUMMING AMPLIFIER

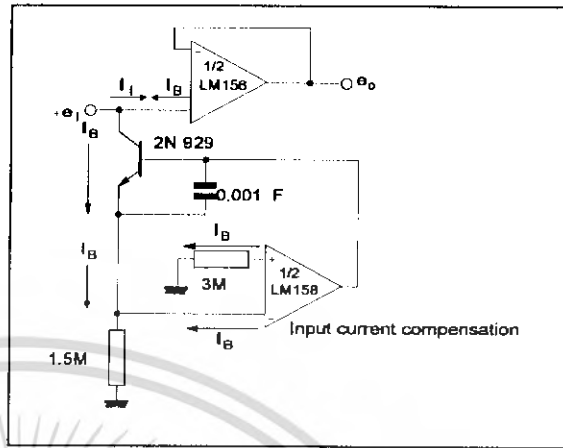


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

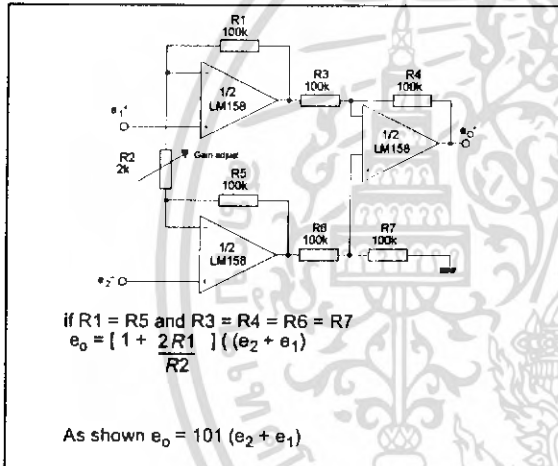
HIGH INPUT Z, DC DIFFERENTIAL AMPLIFIER



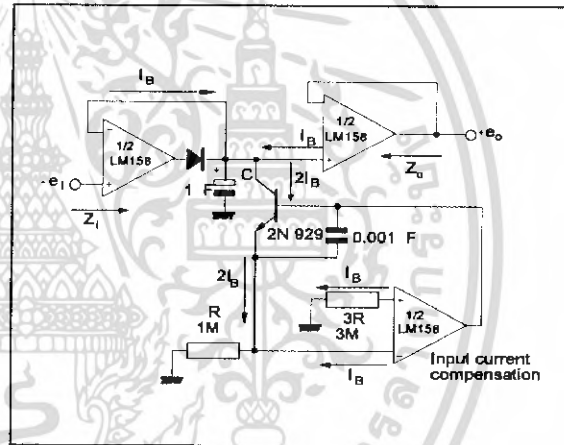
USING SYMMETRICAL AMPLIFIERS TO REDUCE INPUT CURRENT



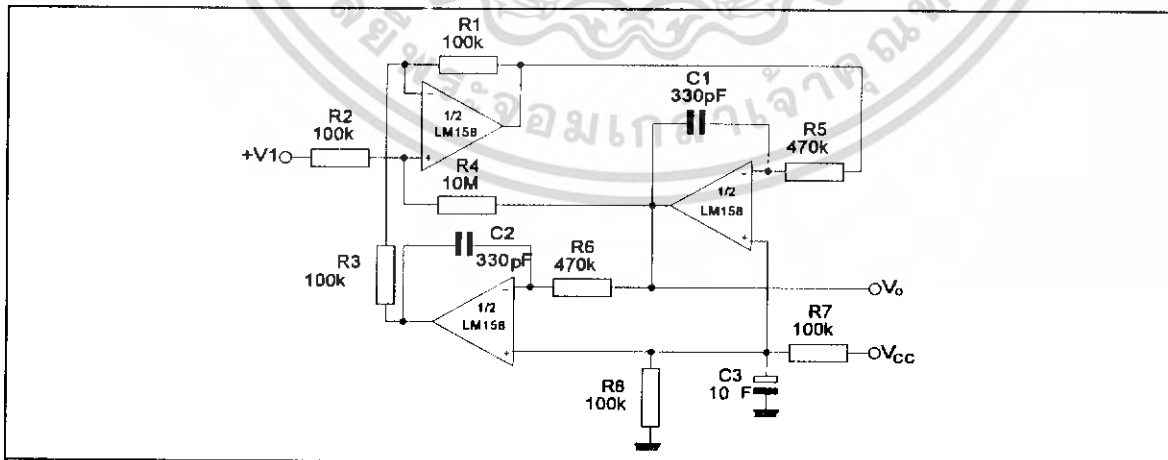
HIGH INPUT Z ADJUSTABLE GAIN DC INSTRUMENTATION AMPLIFIER



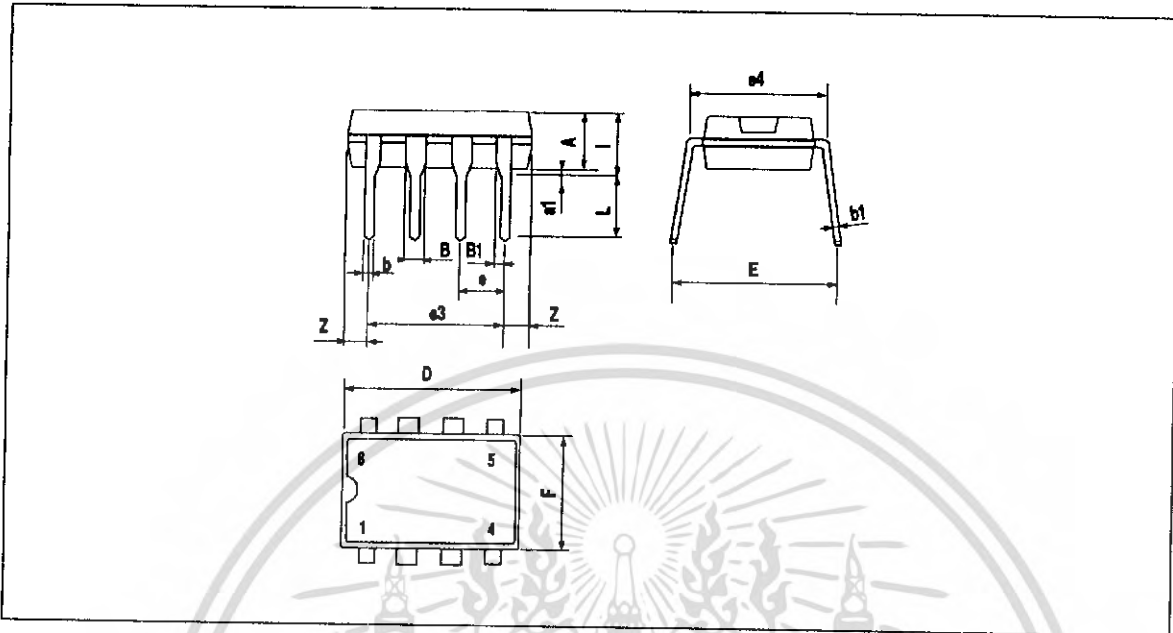
LOW DRIFT PEAK DETECTOR



ACTIVE BAND-PASS FILTER



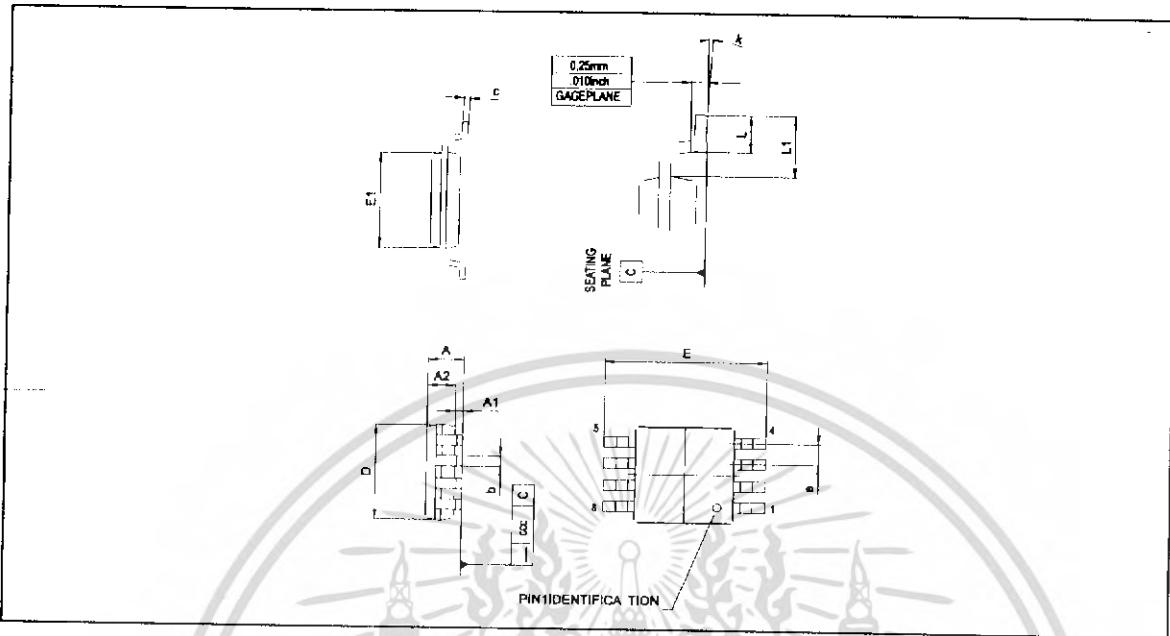
PACKAGE MECHANICAL DATA
8 PINS - PLASTIC DIP



Dim.	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A		3.32			0.131	
a1	0.51			0.020		
B	1.15		1.65	0.045		0.065
b	0.356		0.55	0.014		0.022
b1	0.204		0.304	0.008		0.012
D			10.92			0.430
E	7.95		9.75	0.313		0.384
e		2.54			0.100	
e3		7.62			0.300	
e4		7.62			0.300	
F			6.6			0.260
i			5.08			0.200
L	3.18		3.81	0.125		0.150
Z			1.52			0.060

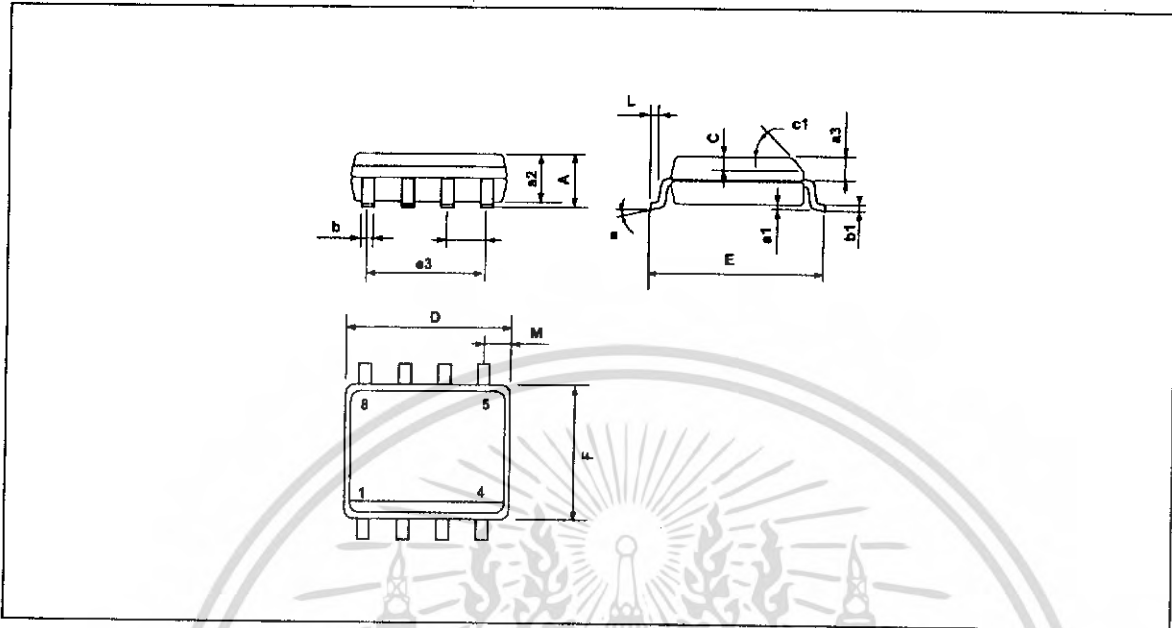
LM158,A-LM258,A-LM358,A

PACKAGE MECHANICAL DATA
8 PINS - PLASTIC MICROPACKAGE (miniSO)



Dim.	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A			1.100			0.043
A1	0.050	0.100	0.150	0.002	0.004	0.006
A2	0.780	0.860	0.940	0.031	0.034	0.037
b	0.250	0.330	0.400	0.010	0.013	0.016
c	0.130	0.180	0.230	0.005	0.007	0.009
D	2.900	3.000	3.100	0.114	0.118	0.122
E	4.750	4.900	5.050	0.187	0.193	0.199
E1	2.900	3.000	3.100	0.114	0.118	0.122
e		0.650			0.026	
L	0.400	0.550	0.700	0.016	0.022	0.028
L1		0.950			0.037	
k	0d	3d	6d	0d	3d	6d
ccc			0.100			0.004

PACKAGE MECHANICAL DATA
8 PINS - PLASTIC MICROPACKAGE (SO)



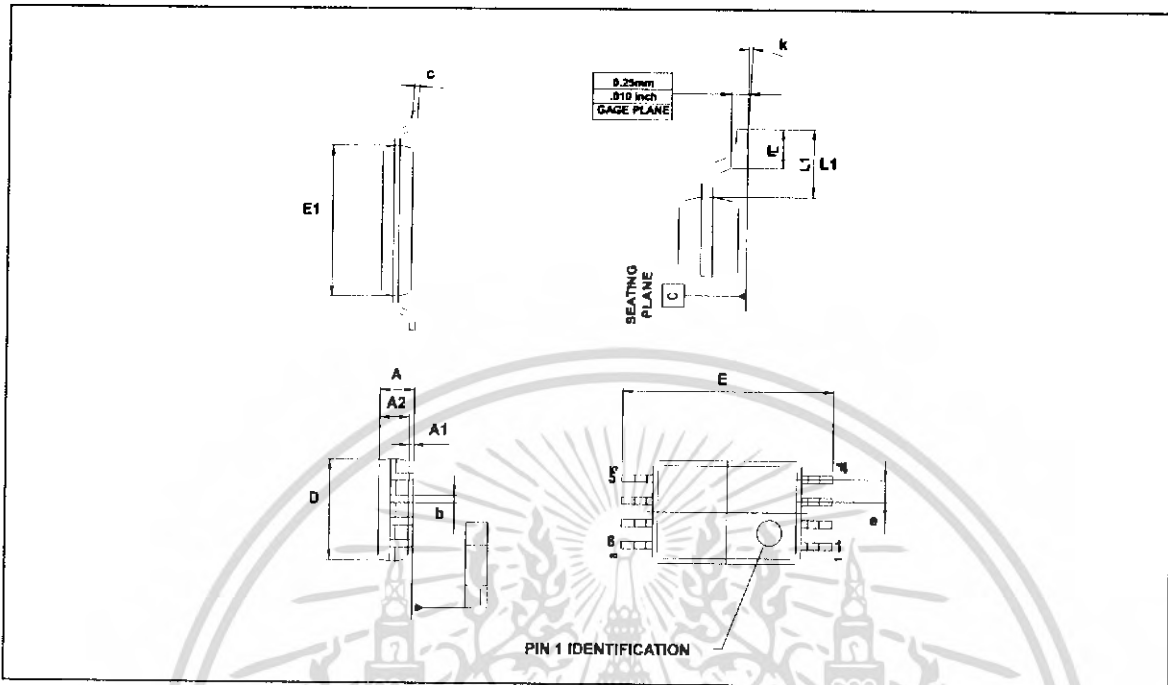
Dim.	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A			1.75			0.069
a1	0.1		0.25	0.004		0.010
a2			1.65			0.065
a3	0.65		0.85	0.026		0.033
b	0.35		0.48	0.014		0.019
b1	0.19		0.25	0.007		0.010
C	0.25		0.5	0.010		0.020
c1	45° (typ.)					
D	4.8		5.0	0.189		0.197
E	5.8		6.2	0.228		0.244
e		1.27			0.050	
e3		3.81			0.150	
F	3.8		4.0	0.150		0.157
L	0.4		1.27	0.016		0.050
M			0.6			0.024
S	8° (max.)					



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PACKAGE MECHANICAL DATA

8 PINS - THIN SHRINK SMALL OUTLINE PACKAGE (TSSOP)



Dim.	Millimeters			Inches		
	Min.	Typ.	Max.	Min.	Typ.	Max.
A			1.20			0.05
A1	0.05		0.15	0.01		0.006
A2	0.80	1.00	1.05	0.031	0.039	0.041
b	0.19		0.30	0.007		0.15
c	0.09		0.20	0.003		0.012
D	2.90	3.00	3.10	0.114	0.118	0.122
E		6.40			0.252	
E1	4.30	4.40	4.50	0.169	0.173	0.177
e		0.65			0.025	
k	0°		8°	0°		8°
l	0.50	0.60	0.75	0.09	0.0236	0.030
L	0.45	0.600	0.75	0.018	0.024	0.030
L1		1.000			0.039	

Information furnished is believed to be accurate and reliable. However, STMicroelectronics assumes no responsibility for the consequences of use of such information nor for any infringement of patents or other rights of third parties which may result from its use. No license is granted by implication or otherwise under any patent or patent rights of STMicroelectronics. Specifications mentioned in this publication are subject to change without notice. This publication supersedes and replaces all information previously supplied. STMicroelectronics products are not authorized for use as critical components in life support devices or systems without express written approval of STMicroelectronics.

© The ST logo is a registered trademark of STMicroelectronics

© 2002 STMicroelectronics - Printed in Italy - All Rights Reserved
STMicroelectronics GROUP OF COMPANIES

Australia - Brazil - Canada - China - Finland - France - Germany - Hong Kong - India - Israel - Italy - Japan - Malaysia
 Malta - Morocco - Singapore - Spain - Sweden - Switzerland - United Kingdom - United States

© <http://www.st.com>

