ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

หัวข้อปริญญานิพนธ์ เครื่องวัดกราฟคุณสมบัติสารกึ่งตัวนำโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

PC - BASED CURVE TRACER

ชื่อนักศึกษา 1. น.ส.วราภรณ์ มากสังข์ **รหัสประจำตัว** 37031320

2. นายวีระ พูลชื่น **รหัสประจำตัว** 37031324

3. นายสมเดช สุวรรณปิณฑะ **รหัสประจำตัว** 370313126

หลักสูตร ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต **สาขาวิชา** อิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์

1. อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์
2. อาจารย์โกศล ตราชู
3. อาจารย์สุชิน อาจหาญ

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์	ลายมือชื่อ
1. อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์	.....
2. อาจารย์โกศล ตราชู	.....
3. อาจารย์สุชิน อาจหาญ	.....
4. อาจารย์ประเสริฐ เคนพันค้อ	.....

วัน/เดือน/ปี ที่สอบ..... **เวลา**.....**น.** **ถึงเวลา**.....**น.**

สถานที่สอบ ห้อง..... **คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม**

ภาควิชารับรองแล้ว

ลงชื่อ.....

(ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

วันที่ 11 **เดือน** ..... **พ.ศ.** 2548

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เครื่องวัดกราฟคุณสมบัติสารกึ่งตัวนำโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

PC-BASED CURVE TRACER

นางสาววราภรณ์ มากสังข์

นายวีระ พูลชื่น

นายสมเดช สุวรรณปิณฑะ

A021308

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน 1539 021308

วัน เดือน ปี 29 ตค 2539

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

ภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2538

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องวัดกราฟคุณสมบัติสารกึ่งตัวนำโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

PC - BASED CURVE TRACER

ผู้จัดทำ

1. น.ส.วราภรณ์ มากสังข์
2. นายวีระ พูลชื่น
3. นายสมเดช สุวรรณปัณฑะ

อาจารย์ที่ปรึกษา

ลงนาม.....

(อาจารย์พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์)

ลงนาม.....

(อาจารย์โกศล ตราชู)

ลงนาม.....

(อาจารย์สุชิน อาจหาญ)

หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์วิศวกรรม

ลงนาม.....

(ผศ. ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง เครื่องวัดกราฟคุณสมบัติสารกึ่งตัวนำโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

PC - BASED CURVE TRACER

จุดประสงค์

1. เพื่อศึกษาการทำงาน เครื่องวัดกราฟคุณสมบัติ ของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ได้
2. เพื่อออกแบบวงจรเครื่องวัดกราฟคุณสมบัติของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำให้สามารถแสดงผลออกทางไมโครคอมพิวเตอร์ได้
3. เพื่อสร้างอุปกรณ์ที่เชื่อมต่อ ระหว่างคอมพิวเตอร์ กับเครื่องวัดกราฟคุณสมบัติสารกึ่งตัวนำได้
4. เพื่อแสดงให้เห็นว่าคอมพิวเตอร์ สามารถแสดงผลที่ได้จาก การวัดคุณสมบัติของสารกึ่งตัวนำได้
5. เพื่อสามารถนำ เครื่องวัดกราฟคุณสมบัติของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ไปใช้ในห้องปฏิบัติการอิเล็กทรอนิกส์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถนำเครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องวัดกราฟคุณสมบัติสารกึ่งตัวนำมาประยุกต์ใช้ร่วมกันในการทดลองทางอิเล็กทรอนิกส์
2. สามารถนำหลักการดังกล่าวนี้ไปสร้างเครื่องวัดกราฟคุณสมบัติของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มีประสิทธิภาพ และราคาถูกได้ แล้วสามารถบันทึกผลได้อย่างถูกต้อง
3. สามารถเก็บข้อมูล หรือ ผลการทดลองไว้ใน หน่วยความจำของ เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์และเวลาจะใช้งานก็สามารถเรียกออกมาใช้งานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดกราฟคุณสมบัติสารกึ่งตัวนำโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

นางสาววราภรณ์ มากสังข์
นายวีระ พูลชื่น
นายสมเดช สุวรรณปิณฑะ

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ. พีระวุฒิ สุวรรณจันทร์
อ. โกศล ตราชู
อ. สุชิน อาจหาญ

ปีการศึกษา 2538

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เสนอเครื่องวัดกราฟคุณสมบัติสารกึ่งตัวนำโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ใช้หลักการเปลี่ยนสัญญาณแอนะลอก แรงดันไบอัสดีซี ไปเป็นสัญญาณดิจิตอล และนำผลสัญญาณดิจิตอล มาประมวลผล เพื่อมาแสดงเป็นกราฟคุณลักษณะของสารกึ่งตัวนำ โดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม การทำงานและการแสดงผล ซึ่งสามารถพิมพ์กราฟออกสู่เครื่องพิมพ์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PC - BASED CURVE TRACER

MISS. VARAPORN MARKSANG

MS. WEERA POONCHUEN

MS. SUMDET SUWANPINTHA

ADVISOR

MS. PEERAWUT SUWANJAN

MS. KOSON TRACHU

MS. SUCHIN ADHAN

1995

ABSTRACT

This thesis presents the PC - BASED CURVE TRACER that it uses the analog to digitol converter principol to change an analog DC - bias voltoge into a digital signal. Then, it brings the digitol signal to process and displau in Scmiconductor characteristic graph form. The project uses micro comperter to control the operation and displaying. Furthermore, it cam dlisplay a result into the printer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	3
2.1 วงจร D to A Conversion	5
D to A conversion แบบ Binary weight ladder	6
DAC แบบ R/2R ladder	7
Inverted R/2R ladder DAC	8
2.2 Analog to digital convertor circuit	9
2.2.1 Basic convertion method	9
2.2.2 Counter type ADC	10
2.2.3 Tracking ADC	11
2.2.4 Integrating ADC	12
2.2.5 Sucessive Appoximtion ADC	16
2.2.6 Parallel (Flash) ADC	18
2.3 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิฟเดียวตระกูล 51	19
2.3.1 MCS - 51 มีข้อดี	20
2.3.2 โครงสร้างของ 8051	21
2.3.3 การจัดหน่วยความจำ 8051	24
2.4 อินเตอร์เฟส RS - 232C	27
2.4.1 ระบบจำลองของวงจรการสื่อสาร	27
2.4.2 ข้อกำหนดทางไฟฟ้า	29
2.4.3 ขาขั้วต่อ RS - 232C และหน้าที่	31
2.4.4 การควบคุมคลื่นพาห์	34
2.4.5 ช่องสัญญาณรอง	36
2.4.6 การตอบรับอย่างอัตโนมัติ	37
2.4.7 การให้จังหวะเวลาแก่วงจรซิงโคนัส	39
2.4.8 ข้อกำหนดของ RS - 232C	41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การออกแบบและการสร้าง 43
3.1 ผังการทำงานของ CT 43
3.2 ส่วนประกอบของเครื่อง CT 44
3.2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล 44
3.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์ 44
3.2.3 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก 45
3.2.4 วงจรขับ 45
3.2.5 ชุดเลือกชนิดอุปกรณ์ 45
3.2.6 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล 45
3.3 การออกแบบในส่วนต่าง ๆ 45
3.3.1 การออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์ 47
ผังการทำงานในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ 47
การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรมหน่วยความจำข้อมูลและพอร์ท 48
การเชื่อมต่อกับวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก 48
การเชื่อมต่อกับวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล 49
การออกแบบวงจรขับ RS - 232C 49
3.3.2 การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก 51
3.3.3 การออกแบบจ่ายแรงดันและวงจรขับกระแส 56
3.3.4 การออกแบบชุดเลือกชนิดอุปกรณ์ 56
การออกแบบวงจรจ่ายกระแส 59
กรณีต้องการกระแสบวก 59
กรณีต้องการแรงดันบวก 59
กรณีต้องการกระแสลบ 59
กรณีต้องการแรงดันลบ 59
การออกแบบวงจรควบคุม Relay 60
3.3.5 การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล 61
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง 62
4.1 การทดลองและผลการทดลอง 62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 บทวิจารณ์สรุป และแนวทางการพัฒนา 67
5.1 บทสรุป 67
5.2 ปัญหา และแนวทางแก้ไข 67
5.3 แนวทางการพัฒนา 69

ภาคผนวก ก. วงจรสมบูรณ์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ และวงจรสมบูรณ์เครื่องวัดกราฟคุณสมบัติของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ 70
ภาคผนวก ข. การใช้งานของเครื่องวัดกราฟคุณสมบัติของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ 72
ภาคผนวก ค. โฟลว์ชาร์ตของเครื่องวัดกราฟคุณสมบัติของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ 80
ภาคผนวก ง. โปรแกรมการแสดงผล และโปรแกรมการควบคุม 86
ภาคผนวก จ. ข้อมูลอ้างอิง 144

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของทรานซิสเตอร์	3
รูปที่ 2.2 การเขียนกราฟคุณลักษณะของทรานซิสเตอร์จาก IC กับ VCE	4
รูปที่ 2.3 ทรานเฟอร์ฟังก์ชั่นของ DAC 3 บิทตามทฤษฎี	5
รูปที่ 2.4 ผังการทำงานของ DAC	6
รูปที่ 2.5 DAC แบบ Binary weinry ladder	7
รูปที่ 2.6 วงจร DAC แบบ R/2R ladder ขนาด 4 บิท	7
รูปที่ 2.7 วงจรซีสทีฟแลคเตอร์	8
รูปที่ 2.8 วงจร Invert R/2R ladder DAC	8
รูปที่ 2.9 วิธีการพื้นฐานของ ADC	9
รูปที่ 2.10 ทรานเฟอร์ฟังก์ชั่นของคอมพาเรเตอร์	9
รูปที่ 2.11 Counter type ADC	10
รูปที่ 2.12 ผังการทำงานของวงจร Tracking Convertor	12
รูปที่ 2.13 Timming Diagram	12
รูปที่ 2.14 Single slope convertor	13
รูปที่ 2.15 วงจร ramp voltage genertor	14
รูปที่ 2.16 ผังการทำงานของ Dual slope ADC	15
รูปที่ 2.17 รูปคลื่น เอาท์พุท ของ Dual slope ADC	15
รูปที่ 2.18 ผังการทำงาน Sucessive Appoximation converter	17
รูปที่ 2.19 Timming Diagram ของ SAR	17
รูปที่ 2.20 ผังการทำงานของ Parallel ADC	18
รูปที่ 2.21 ผังการทำงานโครงสร้างของ 8051	21
รูปที่ 2.22 แผนภูมิหน่วยความจำของ 8051	25
รูปที่ 2.23 แบบจำลองของวงจรการสื่อสารที่ใช้ RS - 232C	27
รูปที่ 2.24 ขั้วต่อตัวเมียของ RS - 232C	28
รูปที่ 2.25 ระดับโวลท์เตจของสัญญาณ RS - 232C กำหนดใช้	30
รูปที่ 2.26 วงจรอินเตอร์เฟส RS - 232C	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การแสวงหาผลประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ หรือการใช้งานในเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.27 การควบคุมคลื่นพาห์ในระบบฮาร์ฟดูเพล็กซ์ 34
รูปที่ 2.28 การควบคุมคลื่นพาห์ในระบบฟลูดูเพล็กซ์ 36
รูปที่ 2.29 การสลับสถานะ แบบที่มีช่องย้อนกลับ 37
รูปที่ 2.30 DTE การควบคุมการตอบรับและการติดต่อการเรียกทางโทรศัพท์ 38
รูปที่ 2.31 รูปแบบข้อมูลตามแอสกีแบบซิงโคนัส 39
รูปที่ 2.32 ผังการทำงานของการส่งระบบซิงโคนัส 40
รูปที่ 2.33 การเลือกขา Tras clock ซิงโคนัสโมเด็ม 40
รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของ CT. 43
รูปที่ 3.2 ผังการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์ 47
รูปที่ 3.3 การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์กับหน่วยความจำและพอร์ท 48
รูปที่ 3.4 การต่อวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอกกับ
ไมโครคอนโทรลเลอร์ 48
รูปที่ 3.5 การต่อวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 49
รูปที่ 3.6 วงจรขับพอร์ทอนุกรม RS - 232C 49
รูปที่ 3.7 วงจรสมบูรณ์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ 50
รูปที่ 3.8 สัญญาณต่าง ๆ ของ MC 1408 DAC 51
รูปที่ 3.9 วงจรใช้งานของ MC 1408 และ 4558 51
รูปที่ 3.10 วงจรภายในของ IC#ILQ74 52
รูปที่ 3.11 วงจรสมบูรณ์ของ D to A Conversion 54
รูปที่ 3.12 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอก 55
รูปที่ 3.13 วงจรจ่ายแรงดันไฟ DC 56
รูปที่ 3.14 รหัสควบคุมที่ใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลป้อนกลับกับไมโครคอนโทรลเลอร์ 58
รูปที่ 3.15 รายละเอียดแต่ละบิทของพอร์ท 1 ที่ใช้ควบคุมรีเลย์ 58
รูปที่ 3.16 วงจรจ่ายแรงดัน 59
รูปที่ 3.17 วงจรควบคุม Relay 60
รูปที่ 3.18 วงจร DAC 61
รูปที่ 4.1 กราฟคุณลักษณะทรานซิสเตอร์จากการวัดครั้งแรก 63
รูปที่ 4.2 กราฟคุณลักษณะทรานซิสเตอร์หลังการแก้ไขข้อบกพร่อง 63
รูปที่ 4.3 กราฟคุณลักษณะทรานซิสเตอร์ที่ใช้ค่าสเตป 128 ขั้นต่อเส้น 64

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า การแสวงหาผลกำไร หรือการอื่นใดที่ต่างไปจากวัตถุประสงค์ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.4 กราฟคุณลักษณะทรานซิสเตอร์เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าสตาร์ท 65
รูปที่ 4.5 กราฟคุณลักษณะทรานซิสเตอร์เมื่อเปลี่ยนแปลงอินพุทต่อสเตป 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตารางของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิฟเดียวตระกูล 51	19
ตารางที่ 2.2 ภาพเสมือนของหน่วยความจำ	22
ตารางที่ 2.3 หน้าที่ของสายและความหมายของโวลท์เตจที่กำหนดให้	30
ตารางที่ 2.4 การกำหนดขาขั้วต่อ RS-232C	32
ตารางที่ 3.1 ความสัมพันธ์ของรหัสของบิท 2,3,4,5 และ ชนิดของอุปกรณ์	57
ตารางที่ 4.1 การเลือกค่าต่าง ๆ ในการทดลอง	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

เนื่องจากในปัจจุบันนี้ความก้าวหน้าทางด้านเทคโนโลยี เกี่ยวกับทางด้านคอมพิวเตอร์ ซึ่งนั้นก็เป็น เทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ ที่ทันสมัยนั่นเอง ซึ่งได้เข้ามามีบทบาท ในชีวิตประจำวันของมนุษย์มากขึ้น ไม่ว่าจะเป็นไปโดยในทางตรงหรือทางอ้อม ซึ่งเราก็เห็นได้ในสิ่งรอบข้าง ซึ่งนั้นจะเห็นว่าจะมีประโยชน์อย่างมากอย่างเห็นได้ชัด โดยเฉพาะเทคโนโลยีทางด้านอิเล็กทรอนิกส์ และคอมพิวเตอร์จะเห็นได้ว่า ปัจจุบัน ได้มี การนำเอาคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้งานในทางด้านต่าง ๆ อย่างกว้างขวางยกตัวอย่างเช่น ด้านโรงงานอุตสาหกรรม ก็ได้มีการนำเอาระบบคอมพิวเตอร์มา ใช้ในการควบคุมเครื่องจักรกลต่าง ๆ เพื่อให้งานเสร็จลุล่วงไปด้วยดี และเพื่อความสะดวกรวดเร็วในการผลิตสินค้าออกมาอย่างมีคุณภาพและประสิทธิภาพได้ตามมาตราฐานตามที่โรงงานอุตสาหกรรมได้ตั้งเกณฑ์ไว้ ด้านการศึกษาได้มีการนำเอาคอมพิวเตอร์มาทำเป็นสื่อการเรียนการสอน เช่น ใช้ในการออกแบบการ วิเคราะห์วงจรทางด้านไฟฟ้า และอิเล็กทรอนิกส์ รวมทั้งนำไปทำเป็นเครื่องมือในการวิจัยแ ล ะ พัฒนา นวัตกรรมใหม่ให้เกิดขึ้น ส่วนในทางราชการ ได้นำเอาคอมพิวเตอร์มาใช้ควบคุมการทำงานต่าง ๆ เช่น การควบคุมบัญชี ในส่วนการจ่ายเงินเดือนของข้าราชการต่าง ๆ ซึ่งถ้าเป็นส่วนของวิทยาลัย หรือสถาบันก็นำมาใช้เกี่ยวกับ การกรอกแบบฟอร์มประวัติของนักศึกษาใหม่และนักศึกษาเก่า การลงทะเบียนเรียนของนักศึกษา ซึ่งนั่นก็เป็นการพัฒนามนุษย์ ที่รู้จักนำสิ่งใหม่ ๆ เข้ามาปรับปรุงความเป็นอยู่ให้ดียิ่ง ๆ ขึ้นไป ซึ่งในการเก็บรายชื่อนักศึกษาใหม่นั้น ก็ยังต้องใช้คอมพิวเตอร์เข้าไปเก็บข้อมูล เพื่อง่ายต่อการค้นหา และรวมไปถึงการคิดเกรด การเรียน ของนักศึกษาอีกด้วย ส่วนในสถานศึกษา ก็ดูได้อีกสถานที่หนึ่ง คือ ห้องสมุด ทางสถาบันก็ได้นำเอาคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้งานเพื่อจัดเก็บรายการหนังสือต่าง ๆ การเก็บประวัตินักศึกษาที่ยืมหนังสือไป และการคืนหนังสือ ซึ่งนั่นก็หมายถึงว่า การทำงานของเจ้าหน้าที่ห้องสมุดก็จะได้ทำงานได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น ส่วนทางด้านเอกชน ก็นำคอมพิวเตอร์มาทำงานเกี่ยวกับทางด้านธุรกิจต่าง ๆ เช่น การแลกขายซื้อหุ้น ซึ่งนำมาใช้ในการติดต่อสื่อสารในการซื้อหุ้น, การควบคุมสต็อกสินค้า การควบคุมการให้เงินเดือนแก่พนักงานบริษัท การตรวจเช็คของ การตรอกบัตรของพนักงาน และอีกหลาย ๆ อย่าง ส่วนทางด้านธนาคารต่าง ๆ ซึ่งนั่นก็ใช้คอมพิวเตอร์ควบคุมการทำงาน ซึ่งสามารถติดต่อกันได้ทุกสาขา ทุกธนาคารก็โดยการนำเอาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์มาทำการลิงค์ข้อมูลถึงกัน ซึ่งนิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในประเทศไทย และทั่วโลก ซึ่งในระบบดังกล่าวเป็นที่ยอมรับกันในความสามารถทางด้านอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ว่าสามารถที่จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำให้มีการติดต่อสื่อสารกันได้อย่างรวดเร็ว และติดต่อกันได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในทางด้านโทรคมนาคม ก็มีการติดต่อสื่อสารทางสายโทรศัพท์ และร่วมด้วยกับคอมพิวเตอร์ และในการสร้างนวัตกรรมครั้งนี้ก็เพื่อที่จะวัดค่าต่าง ๆ ของอุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำ เช่น ไดโอด ไดแอค ทรานซิสเตอร์ชนิดต่าง ๆ เพื่อให้สะดวกและรวดเร็วโดยไม่ต้องมาเสียเวลาในการวัดค่าแต่ละครั้ง และมาเปิดค่าตารางค่าต่าง ๆ ให้ยุ่งยากซึ่งเครื่องวัดกราฟคุณสมบัติของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์นี้ สามารถวัดอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำชนิดต่าง ๆ สามารถทำให้เราประหยัดและสะดวกเวลาในการทำงาน ในขั้นตอนต่อไปได้ดีขึ้นกว่าเดิม โดยไม่ต้องมาเสียเวลาคำนวณ

จากที่ได้กล่าวมาแล้ว ทางผู้จัดทำจึงเกิดแนวความคิดที่จะสร้างและพัฒนา ขึ้นมาซึ่งสามารถเพิ่มความสะดวกในด้านการ พล็อตกราฟ คุณลักษณะของค่าสารกึ่งตัวนำชนิดต่าง ๆ ซึ่งสามารถบอกค่า พารามิเตอร์ต่าง ๆ โดยใช้ส่วนประกอบที่สำคัญ คือ วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณอนาลอก วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอก เป็นสัญญาณดิจิตอล ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ พอร์ทสื่อสาร RS - 232C วงจรการควบคุมการทำงานของเครื่องซึ่งเป็นการนำเอาไมโครคอมพิวเตอร์มา ประยุกต์ใช้งานในเครื่องมือวัดกราฟคุณสมบัติของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำรวมทั้งสามารถเก็บข้อมูลเพื่อใช้เป็นสื่ออ้างอิงได้อย่างดีอีกด้วยซึ่งจะเห็นว่ามีประโยชน์มากในการนำมาใช้งานประกอบการศึกษาในสาขาวิชาทางอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์

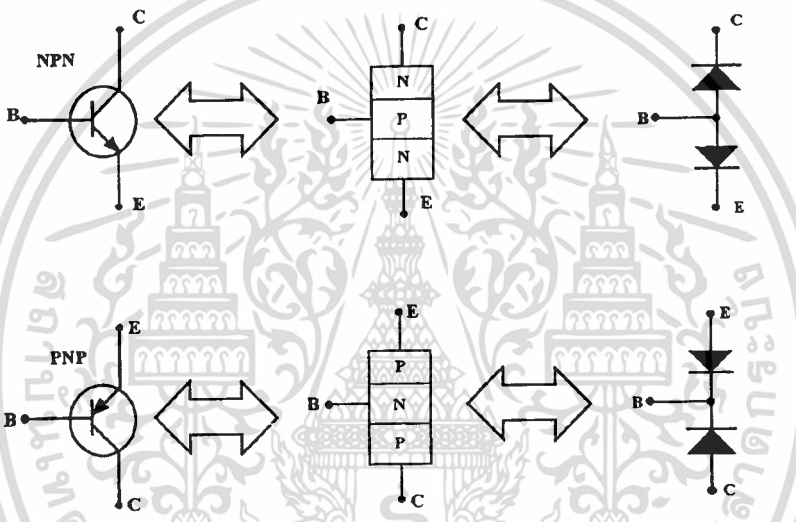
อีกประการหนึ่งก็คือ เนื่องจากว่าเครื่องวัดกราฟคุณสมบัติของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่มีจำหน่ายอยู่ ในท้องตลาดนั้นมีราคาสูงมากจึงเป็นเหตุผลที่สำคัญทางผู้จัดทำเล็งเห็นจึงได้จัดทำโครงงานนี้ขึ้นมาซึ่งคิดว่าจะมีประสิทธิภาพและขีดความสามารถ ใกล้เคียงกัน

ทางผู้จัดทำหวังว่าปริญญานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์ในการศึกษาและการนำไปใช้ประโยชน์ในงานต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

การวัดและการทดสอบอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำต่าง ๆ จะได้ผลดีก็ต่อเมื่อเข้าใจถึงโครงสร้างพื้นฐานภายในของอุปกรณ์นั้น เช่น ทรานซิสเตอร์ จะเสมือนว่าประกอบด้วย ไดโอด 2 ตัว ต่อในลักษณะกลับขั้วกันอยู่ ดังรูปที่ 2.1

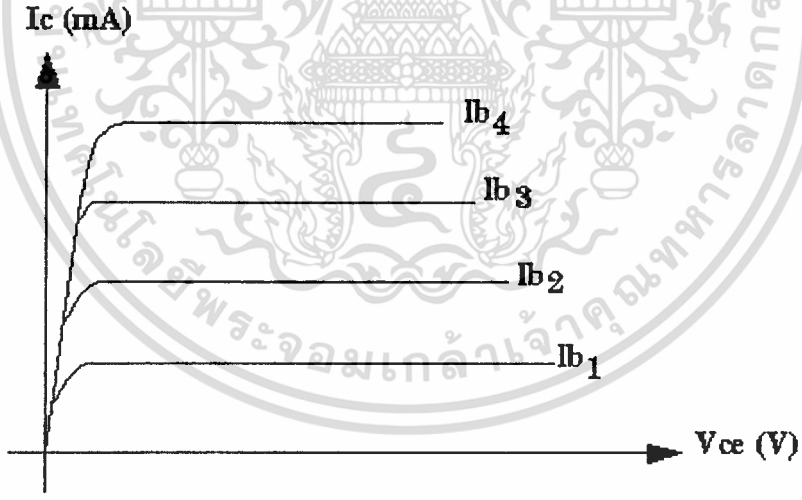


รูปที่ 2.1 โครงสร้างพื้นฐานของ ทรานซิสเตอร์

โดยปกติ ทรานซิสเตอร์จะมี 3 ขา ซึ่งประกอบด้วย ขาเบส (B) ขาคอลเล็กเตอร์ (C) และขาอีมิตเตอร์ (E) เมื่อพิจารณาทางไฟฟ้าจะมีค่าที่สำคัญอยู่ 4 ค่า คือ กระแสอินพุทที่ ขาเบส (Ib) แรงดันอินพุท (Vbe) กระแสเอาท์พุทที่คอลเล็กเตอร์ (Ic) และแรงดันเอาท์พุท (Vce) เมื่อเรารู้โครงสร้างของทรานซิสเตอร์แล้ว เราสามารถที่จะวัดหาคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ โดยการวัดด้วยเครื่องวัดกราฟคุณสมบัติของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์ ในการแสดงผลของการวัดจะแสดงผลออกเป็นกราฟ ซึ่งเส้นกราฟที่ได้จากการวัดเป็นสิ่งสำคัญมากที่จะแสดงให้เห็นถึงคุณสมบัติการทำงานของตัวเครื่องโดยในด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แกน X จะแสดงค่าของกระแสคอลเล็กเตอร์ (Ic) และแกน Y แสดงค่าของ แรงดันไฟฟ้าระหว่างขาคอลเล็กเตอร์กับขาอิมิตเตอร์ (Vce) ซึ่งกระแสของขาเบสจะมีความสัมพันธ์กับการไบอัสตามที่กำหนดไว้ การเพิ่มกระแสเบส เป็นขั้น ๆ ในย่านการทำงานของทรานซิสเตอร์ซึ่งจะทำให้เราเห็นเส้นกราฟที่แตกต่างกันปรากฏที่หน้าจอของคอมพิวเตอร์เส้นกราฟเหล่านี้จะแสดงให้เห็นว่าทรานซิสเตอร์ทำงานถูกต้องหรือผิดพลาดซึ่งทำให้เราสามารถคำนวณหาเกณฑ์การขยายของทรานซิสเตอร์ได้ การแสดงผลทางคอมพิวเตอร์ จะทำให้การทำงานและการแสดงผลมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นโดยจะใช้โปรแกรมในการควบคุมการทำงาน และการแสดงผลซึ่งจะทำการกล่าวถึงต่อไป เครื่องวัดกราฟคุณสมบัติของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำแสดงผลออกทางคอมพิวเตอร์ จะทำงานในลักษณะการทดลอง ทรานซิสเตอร์ เพื่อหาจุดทำงาน โดยจะป้อน Ib เป็นขั้นเพิ่มขึ้นทีละขั้น และป้อนแรงดันที่ขาคอลเล็กเตอร์ ในแต่ละขั้นของ Ib จาก 0 โวลท์ ไปจนถึงแรงดันสูงสุด เพื่อจะได้กราฟการทำงานของทรานซิสเตอร์ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 การเขียนกราฟคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ จาก Ic กับ Vce

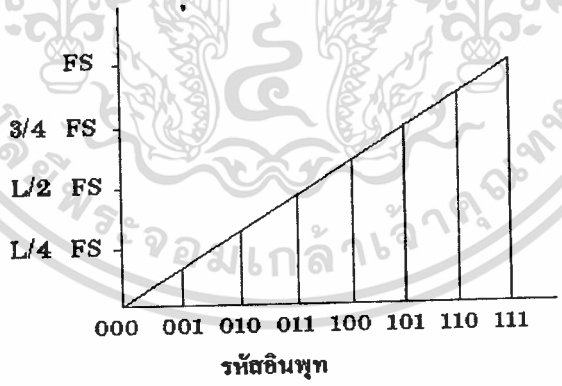
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เครื่องวัดกราฟคุณสมบัติของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ซึ่งจะมีส่วนประกอบที่สำคัญของตัวเครื่องดังนี้

1. วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอก
2. วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล
3. ส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์
4. พอร์ทสื่อสาร RS-232C
5. วงจรการควบคุมการทำงานของเครื่อง

2.1 วงจร Digital to analog Conversion

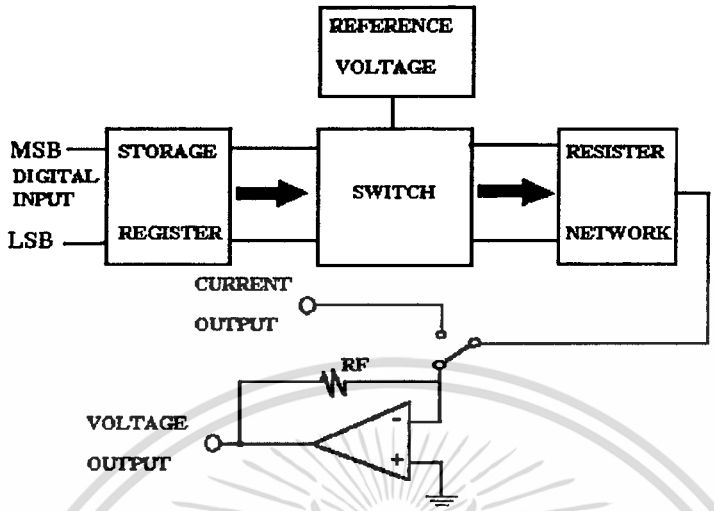
DAC นับเป็นอุปกรณ์สำคัญที่ทำให้ดิจิตอลคอมพิวเตอร์เชื่อมโยงกับอุปกรณ์ หรือวงจร แอนะลอกอื่นๆ ตัวอย่างการใช้งาน DAC คือ ระบบแสดงผลบนจอภาพระบบสังเคราะห์เสียงเป็นต้น และที่สำคัญ DAC ยังเป็นส่วนประกอบสำคัญในระบบ ADC ที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน รูปที่ 2.3 แสดงทรานเฟอร์ฟังก์ชั่น ของ DAC 3 บิทจะเห็นว่ารหัสดิจิตอลอินพุท 1 Word จะแปลงเป็นแรงดันแอนะลอก 1 ค่า



รูปที่ 2.3 ทรานเฟอร์ฟังก์ชั่นของ DAC 3 บิท ตามทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลักษณะการจัดวงจร DAC เป็นลักษณะดังรูปที่ 2.4



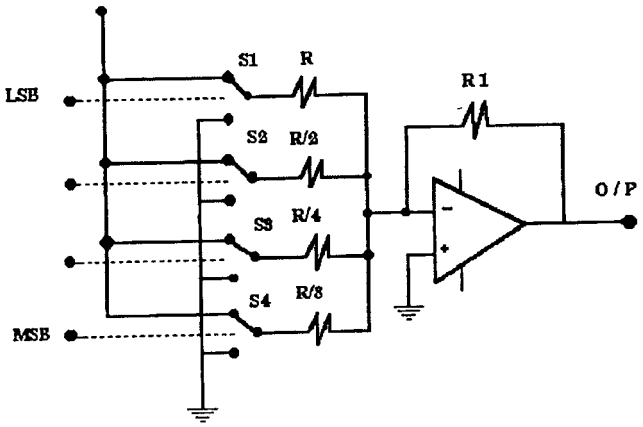
รูปที่ 2.4 ผังการทำงานของ DAC

หัวใจสำคัญของ DAC คือ อาเรย์สวิทช์ที่ควบคุมด้วยลอจิก ซึ่งมีจำนวน n ชุดเท่ากับจำนวนไบนารี่บิท สวิทช์เหล่านี้จะตัดต่อแรงดันอ้างอิงขนาดหนึ่งเท่ากับวงจรอาเรย์รีเปลี่ยนกระแสที่ถูก Weight โดยวงจรรีซิสเตอร์ให้เป็นแรงดันแอนะลอกที่สัมพันธ์ต่อกัน ใน DAC บางวงจรมี digital register อยู่ในตัวเพื่อแลทช์รหัสอินพุทไว้ในขณะที่ DAC กำลังทำการเปลี่ยนสัญญาณแอนะลอก

Digital to analog conversion แบบ Binary weight ladder

การจัดวงจร Binary weight ladder มีลักษณะตามรูปที่ 2.5 สวิทช์ S1-S4 จะถูกควบคุม เปิด-ปิด ด้วยรหัสดิจิตอลเพื่อ ตัด / ต่อ แรงดันอ้างอิงเข้ากับวงจร รีซิสเตอร์ที่มีค่า R 2R 4R...2 R ตัวอย่างในกรณี DAC เป็นแบบ 4 บิท ก็จะใช้รีซิสเตอร์เป็น 10 กิโลโอห์ม 20 กิโลโอหม์ และ 80 กิโลโอห์ม เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



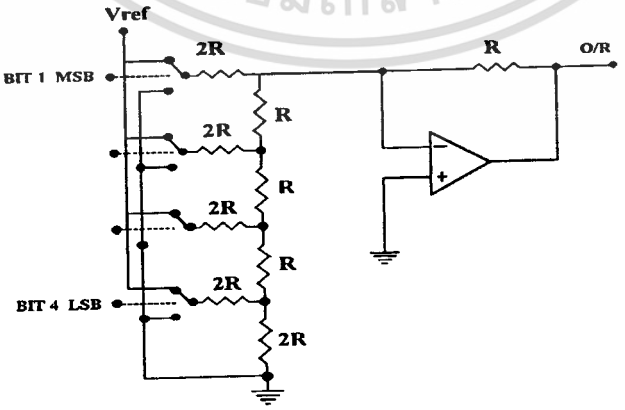
รูปที่ 2.5 DAC แบบ Binary weighted ladder

ค่ารีซิสเตอร์ที่ weight ค่าตามรหัสดิจิตอลที่เพิ่มขึ้นจะทำให้กระแสผ่าน รีซิสเตอร์เข้าไปรวมกันก่อนเข้าออปแอมป์ลดลงด้วยแฟคเตอร์ 2 ตามค่าความต้านทานที่เพิ่มขึ้น เช่น หาก แรงดันอ้างอิงเป็น 10 โวลท์ในตัวอย่างนี้ กระแสที่ผ่านรีจิสเตอร์จะเป็น 1.0 0.5 0.25 และ 0.125

$$Vo = - Vref\, Rf/R \quad (8S4 + 4S3 + 2S2 + S1)\ \text{S closed} = 1$$

DAC แบบ R/2R ladder

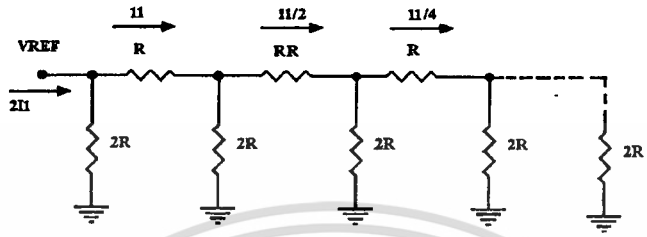
ถึงแม้ว่า DAC แบบ Binary weight จะใช้รีซิสเตอร์เพียง 4 ค่าก็ตาม แต่ในการผลิต DAC แบบนี้เป็นชิปไอซีเดียวกันก็ยังเป็นปัญหายุ่งยากในการผลิตอยู่ดีซึ่งรูปแบบที่ดีกว่าคือการจัดวงจรแบบ R/2R ดังรูปที่ 2.6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.6 วงจร DAC แบบ R/2R ladder ขนาด 4 บิท

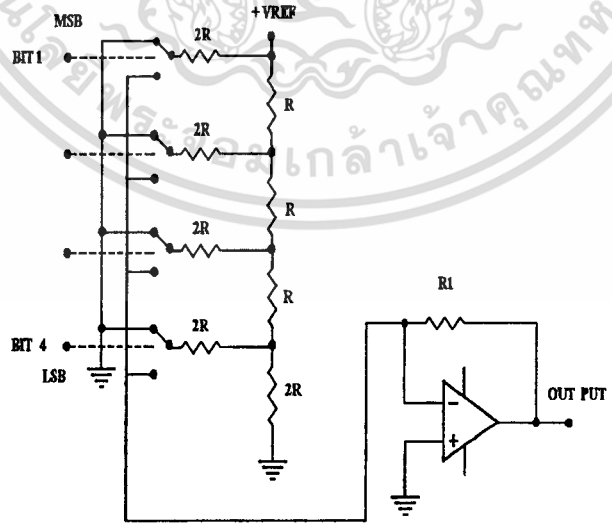
ในวงจรนี้สวิทช์จะตัดต่อให้แรงดันอ้างอิงต่อเข้ากับวงจร Ladder หรือต่อ Ladder ลงกราวด์ที่ขา 2R จะเห็นได้ว่า swith input resister (2R) มองเข้าไปจะเห็นคู่ของรีซิสเตอร์ระหว่างจุดต่อ R / 2R ที่ติดกันกระแสจะถูกบั่นทอนไปในอัตรา 2 / 1 ซึ่งจะสอดคล้องกับไบนารีดังแสดงในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 วงจรรีซีสทีฟแลดเดอร์

Inverted R/2R ladder DAC

ลักษณะการจัดวงจรแบบนี้จะคล้ายกันแบบ R / 2R Ladder เพียงแต่สวิทช์จะตัดต่อขา R กับกราวด์และอินพุทของ Summing Amplifier แทนที่จะเป็น Vref วิธีการนี้จะนิยมใช้ในการทำ DAC ในวงจรรวมเพราะสวิทช์จะตัดต่อที่แรงดันตกคร่อมต่ำกว่าซึ่งสร้างได้ง่ายกว่า



รูปที่ 2.8 วงจร Invert R/2R ladder DAC

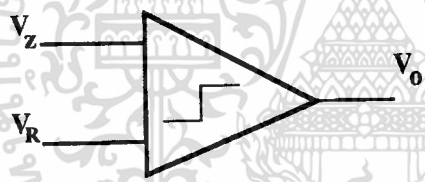
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$Vo = - Vref\ Rf\ /\ 16R(\ 8S4 + 4S3 + 2S2 + S1)$$ S - Closed = 1

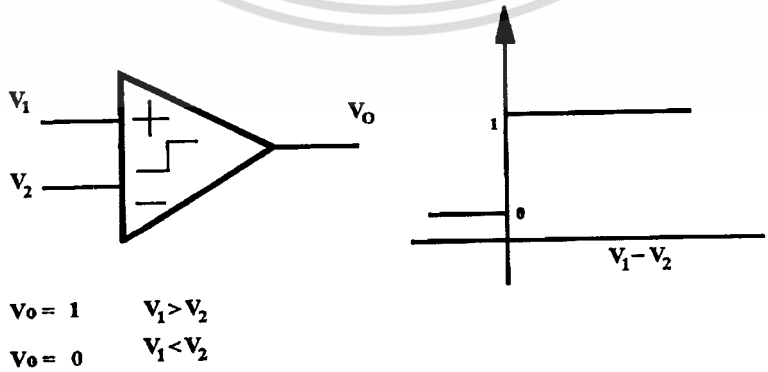
S - Open = 0

2.2.1 Basic conversion method

วิธีการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลแบบง่ายที่แสดงใน รูปที่ 2.9 แรงดันอินพุทที่ไม่ทราบค่า Vx จะต่อเข้ากับขาอินพุทขาหนึ่งของแอนะลอกคอมพาเรเตอร์ และแรงดันอ้างอิงที่ขนาดแปรตามเวลา (Vr) ที่ต่อเข้ากับอินพุทหนึ่งของคอมพาเรเตอร์ลักษณะของทรานเฟอร์ฟังก์ชั่นของคอมพาเรเตอร์แสดงในรูปที่ 2.10 ถ้าแรงดันอินพุท V1 มากกว่าอินพุท V2 แล้วแรงดันเอาท์พุทจะเป็นลอ จิก 1 ถ้าอินพุท V2 มากกว่า V1 แล้ว เอาท์พุทจะเป็นศูนย์ วิธีการแปลงข้อมูล คือ แรงดันอ้างอิงจะถูกแปรค่าไปจนกระทั่งรู้ค่าแรงดันที่ผิดพลาดไม่เกิน Quantization error ของคอนเวอร์เตอร์ ในแนวความคิดแล้วลอจิกของ ADC คือพยามยามเลือกกลุ่ม ของสัมประสิทธิ์ไบนารี่ ai เพื่อให้ผลต่างระหว่างแรงดันอินพุทและค่าที่ Quantize ได้ครั้งสุดท้ายน้อยกว่า 0.5 LSB เขียนเป็นสมการได้



รูปที่ 2.9 วิธีการพื้นฐานของ ADC

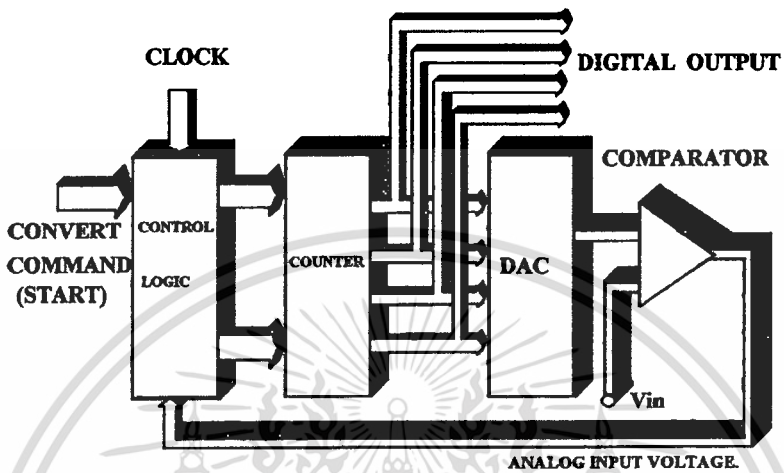


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.10 ทรานเฟอร์ฟังก์ชั่นของคอมพาเรเตอร์

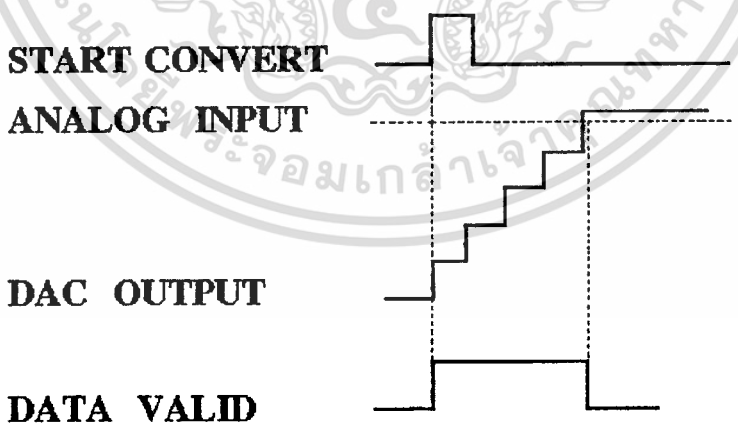
2.2.2 Counter type ADC

การจัดวงจร ADC ลักษณะนี้เป็น ADC ที่ใช้งานแบบง่ายที่สุด



Block Diagram

รูปที่ 2.11 Counter type ADC



Timming Diagram

รูปที่ 2.11 Counter type ADC (ต่อ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงานของวงจร คือ การเปรียบเทียบขนาดของแรงดันที่เอาท์พุทของ DAC กับสัญญาณแอนะลอกที่ไม่ทราบค่า Vin นั้น การทำงานจะเริ่มโดยที่สัญญาณ Start จากลอจิกคอนโทรลจะรีเซ็ทเคาน์เตอร์ให้เป็นศูนย์แล้ว เริ่มขึ้นจากศูนย์ เอาท์พุทเคาน์เตอร์จะป้อนให้ DAC เพื่อแปลงเป็นสัญญาณแอนะลอกได้เป็นลักษณะขั้นบันได นำมาเปรียบเทียบกับสัญญาณแอนะลอกที่อินพุทคอมพาเรเตอร์โดยเคาน์เตอร์จะยังนับจนเอาเอาท์พุทเท่ากับสัญญาณแอนะลอก หรือจะต่างกันไม่เกิน 1 LSB คอมพาเรเตอร์จะเปลี่ยนสถานะไปหยุดการนับของเคาน์เตอร์ และแลทช์ค่าจากเคาน์เตอร์ เพื่อรอการประมวลต่อไปและได้รับสัญญาณ Start ใหม่

วงจรนี้มีข้อเสียที่ทำงานได้ช้า เพราะการแปลงสัญญาณแต่ละครั้ง เคาน์เตอร์จะต้องถูกรีเซ็ทและเริ่มจากศูนย์ทุกครั้ง ดังนั้นในการแปลงสัญญาณเป็นดิจิตอล n บิท จะใช้จำนวน Clock 2 เพื่อเปลี่ยนได้ค่าสูงสุดเต็มสเกล ส่วนข้อดีคือ สร้างได้ง่าย รวดเร็ว และ ราคาถูกแต่ความแม่นยำขึ้นอยู่กับ DAC ที่ใช้

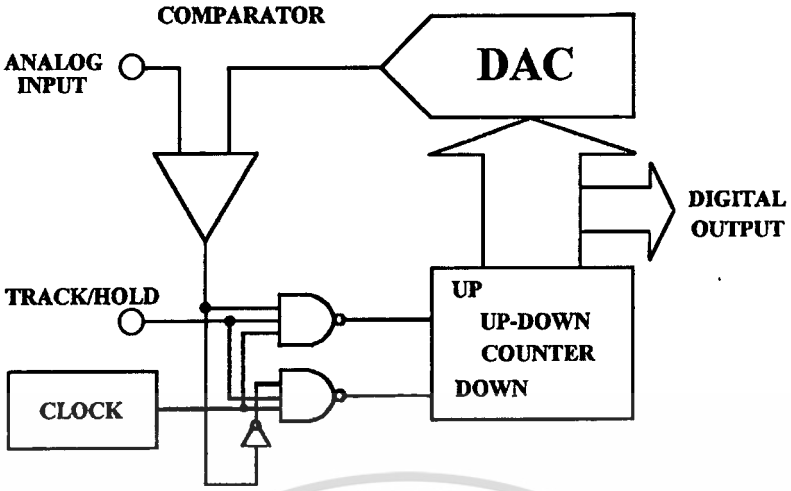
2.2.3 Tracking ADC

Tracking DAC จะปรับปรุงวงจรแบบ Counter type โดยใช้เคาน์เตอร์แบบขึ้นและลงได้ทุกครั้งโดยไม่เริ่มจากศูนย์ทุกครั้ง แต่จะเริ่มนับจากค่าที่ได้ทำการแลทช์ไว้จาก การเปลี่ยนสัญญาณครั้งหลังสุด ดังนั้นส่วนควบคุมทางลอจิกจึงซับซ้อนมากกว่า โดยการทำงานจะเป็นดังนี้ เอาท์พุทจาก ADC จะเปรียบเทียบกับสัญญาณอินพุท Vin น้อยกว่าเคาน์เตอร์ จะนับลงจนกว่าค่าหลังสุดของเคาน์เตอร์ จะต่างจากสัญญาณแอนะลอก อินพุทจนได้ค่าเท่ากันอีกก็จะแลทช์ค่าใหม่ จากลักษณะการทำงาน Vin จะต้องไม่เปลี่ยนแปลงเร็วมากกว่าการทำงานของเคาน์เตอร์ มิฉะนั้นค่าเอาท์พุทของเคาน์เตอร์ คือ 1 LSB/period ดังนั้นถ้าต้องให้

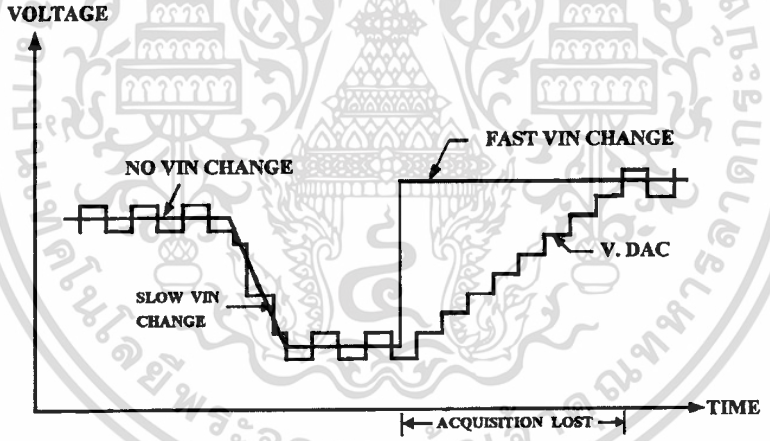
$$Vfs\ Wo / 2 < Vfs\ fc/2^n$$

หรือ $fo < fc / 2^n$ โดย fc คือ ความถี่ของ Clock

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12ผังการทำงานของวงจร tracking converter



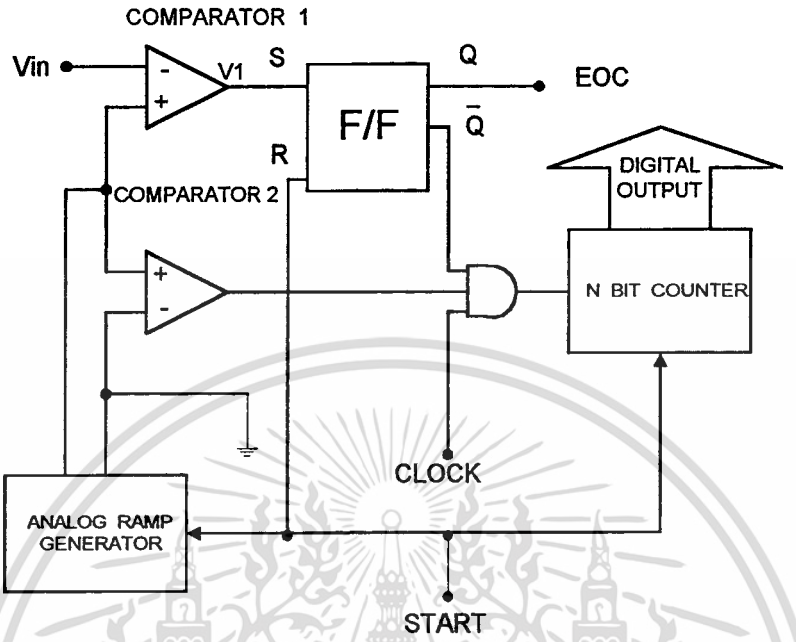
รูปที่ 2.13 ผังเวลาของวงจรเทร็ดไดรน์เวอร์เตอร์

2.2.4 Integrating ADC

หัวใจสำคัญของวงจร ADC ชนิดนี้คือวงจร integtor เทคนิคของ ADC แบบ Integration คือ จะใช้สัญญาณ ramp ต่อเนื่องแทนสัญญาณขั้นบันไดจาก DAC ซึ่งแบ่งตามลักษณะการทำงานได้สองแบบ คือ Single slope converter และ Dual slope converter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. Single slope converter



รูปที่ 2.14 วงจร ADC ชนิด Single slope converter

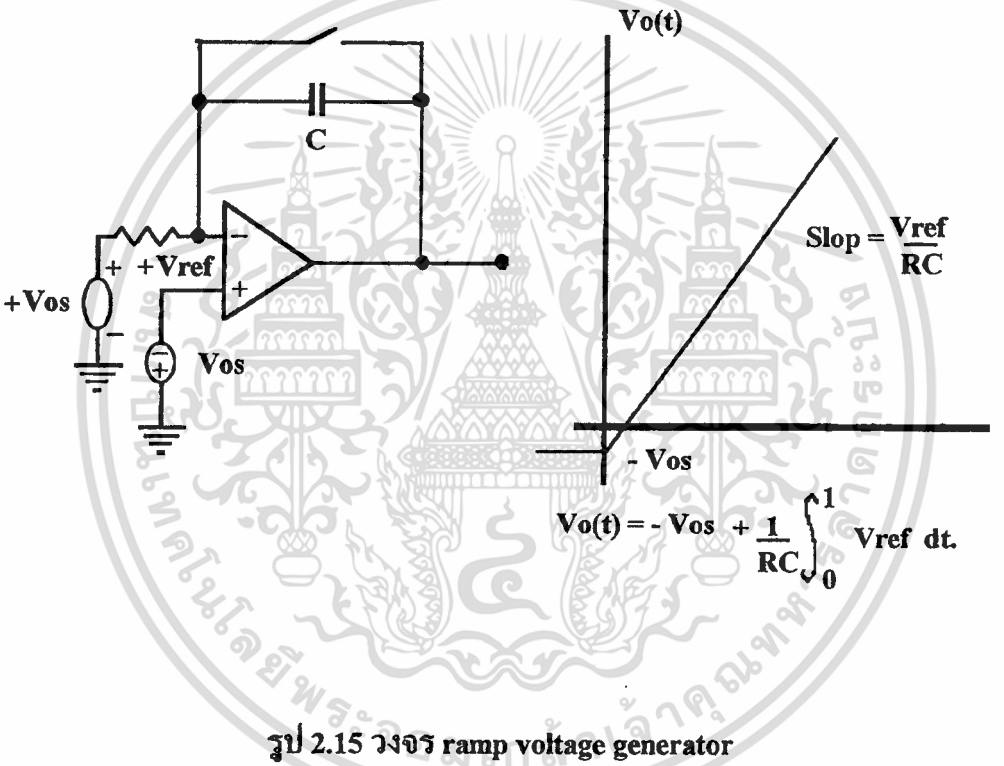
สัญญาณแอนะลอก ramp จะใช้เป็นแรงดันอ้างอิงที่เพิ่มขึ้นอย่างคงที่ จากค่าต่ำกว่าศูนย์เล็กน้อย จนถึงค่าสูงสุดกว่าค่าเต็มสเกลเล็กน้อย ซึ่งเวลาที่จะใช้จากการสแกนของสัญญาณ n ramp จากศูนย์ถึงค่าแรงดันอินพุทจะเป็นสัดส่วนกับแรงดันอินพุท

การแปลงสัญญาณนั้นจะเริ่มด้วยสัญญาณ start conversion ทำการรีเซ็ทไบนารี่เคาน์เตอร์และเริ่มสร้างสัญญาณ ramp จากแรงดันที่ต่ำกว่าศูนย์โวลท์ เมื่อสัญญาณ ramp ผ่านศูนย์โวลท์ เอาท์พุทจากคอมพาเรเตอร์ 2 จะ high จะเปิดเกทปล่อยพัลส์เข้าสู่อินพุทเคาน์เตอร์จะเริ่มนับจนกระทั่งสัญญาณ ramp มีขนาดแรงดันแอนะลอก อินพุท Vin ในเวลานี้เอาท์พุทจากคอมพาเรเตอร์ 1 จะ high และเปิดเกทไม่ให้ clock เข้าสู่เคาน์เตอร์จำนวนพัลส์จากเคาน์เตอร์จะเป็นส่วนสัดแรงดันอินพุทเนื่องจาก VR = KT โดย R เป็นสโลปของ ramp (ซึ่งคงที่) ในหน่วยโวลท์/วินาที และ T เป็นจำนวนในการเคาน์เตอร์หารด้วย fc ซึ่งเป็นความถี่สัญญาณ clock ถ้าเลือกให้ สโลปของ ramp เป็น Vfsr fc / 2 จำนวนที่เคาน์เตอร์นับได้จะเท่ากับอัตราส่วนทางไบนารี่ หรือ Vin/Vfsr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาในการเปลี่ยน Tc ของ ADC แบบนี้จะแปรเปลี่ยนสัดส่วนกับแรงดันอินพุท Vin ไม่เกิน 0.5 LSB

แรงดัน ramp ที่ให้กำเนิดโดยต่อแรงดันอ้างอิงกับวงจรอินทิเกรเตอร์ดังแสดงในรูปที่ 2.15 เมื่อสวิทช์เปิดเอาท์พุท เป็นข้อเสียอันหนึ่ง ซึ่งหากใช้งานไปนานๆ การเปลี่ยนแปลงค่า RC ตามอุณหภูมิจะทำให้สโลปคลาดเคลื่อน ด้วยเหตุนี้ ADC ชนิดนี้ จึงไม่เป็นที่นิยมใช้ในปัจจุบัน



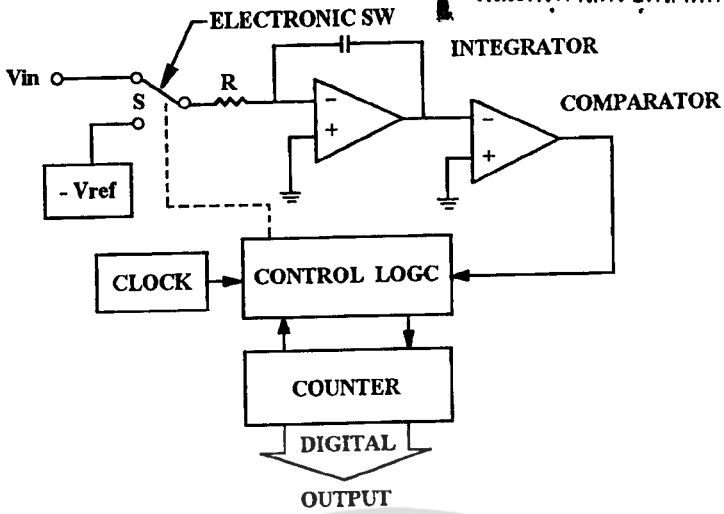
รูป 2.15 วงจร ramp voltage generator

2) Dual slope converter

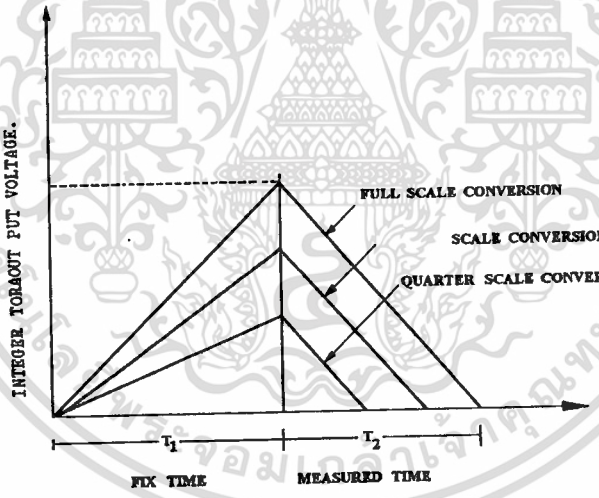
ADC แบบ dual slope ได้รับการพัฒนาขึ้นมาเพื่อแก้ไขจุดบกพร่องของ single slope ADC การจัดวงจรดังแสดงในรูปที่ 2.16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปพ.
15 ต.ค. 2538
ห้องสมุด
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล.



รูปที่ 2.16 ก. ผังการทำงานของ Dual Slope ADC



รูปที่ 2.17 ข. รูปคลื่นเอาท์พุทของ dual slope ADC

ในไซเคิลการทำงานของวงจรจะมีสองช่วง คือ t1 และ t2 ในเวลา t1 จะเป็นช่วงเวลาที่ได้รับการออกแบบที่มีค่าที่แน่นอนคงที่ ในช่วงนี้สัญญาณอินพุทจะต่อเข้ากับอินทิเกรเตอร์ผ่านสวิทช์ S ซึ่งทำให้เอาท์พุทที่ถูกอินทิเกรท Vin เป็นรูป ramp เพิ่มขึ้นทางบวกและสโลปขึ้นอยู่กับขนาดของ Vin จนกระทั่ง Vint ถึงค่าๆ หนึ่งเมื่อสิ้นสุด t1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1539
021308

ในช่วงเวลา t2 อินพุทจะถูกตัดจากอินทิเกรเตอร์ และต่อกับแรงดันอ้างอิงที่มีค่าเป็นลบเข้ากับอินพุทของอินทิเกรเตอร์ โดยการควบคุมทางลอจิก ในลักษณะเช่นนั้นจะทำให้ Vin ลดลงด้วยสโลปคงที่จากการคายประจุผ่านลง -Vref เมื่อเริ่มต้นเวลา t2 เคาน์เตอร์จะรีเซ็ทและเริ่มนับ และจนเมื่อ Vint มีค่าลดลงถึงศูนย์ คอมพาเรเตอร์จะเปลี่ยนสถานะไปบอกส่วนควบคุมลอจิกช่วงเวลา กับแรงดันอินพุทจะเป็นไปตามสมการ

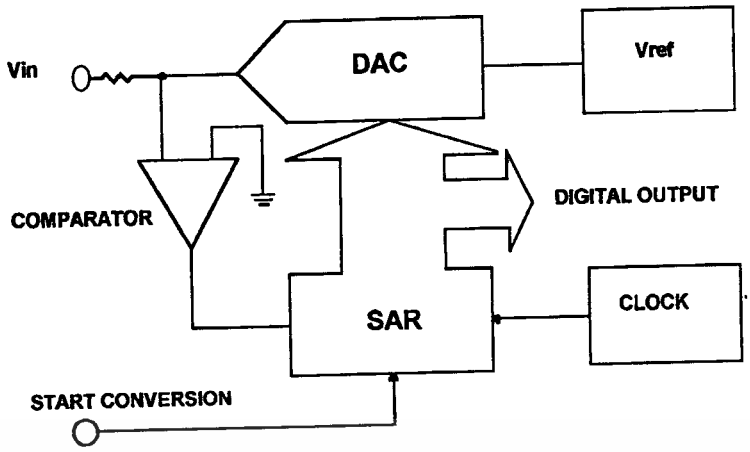
$$t2 = t1 \ Vin / Vref$$

ดังนั้นรหัสที่แสดงค่า t2 จะแสดงค่าอัตราส่วนของแรงดันอินพุทต่อแรงดันอ้างอิง ด้วยคุณลักษณะสำคัญของ Dual Slope มีหลายประการคือ ประการแรก ความแม่นยำของมันไม่ขึ้นอยู่กับเสถียรภาพของสัญญาณ Clock และตัวเก็บประจุจะขึ้นอยู่กับค่าความเที่ยงตรงของแรงดันอ้างอิง และความเป็นเชิงเส้นของอินทิเกรเตอร์ ส่วนประการที่สอง การจำกัดสัญญาณรบกวนด้วยตัวเองของวงจรสามารถกระทำได้ ถ้าเซ็ทให้ t1 มีขนาดเท่ากับคาบเวลาของสัญญาณรบกวน เช่น ในการจำกัดสัญญาณ 50 เฮิร์ท t1 จะให้มีค่า 20 ms

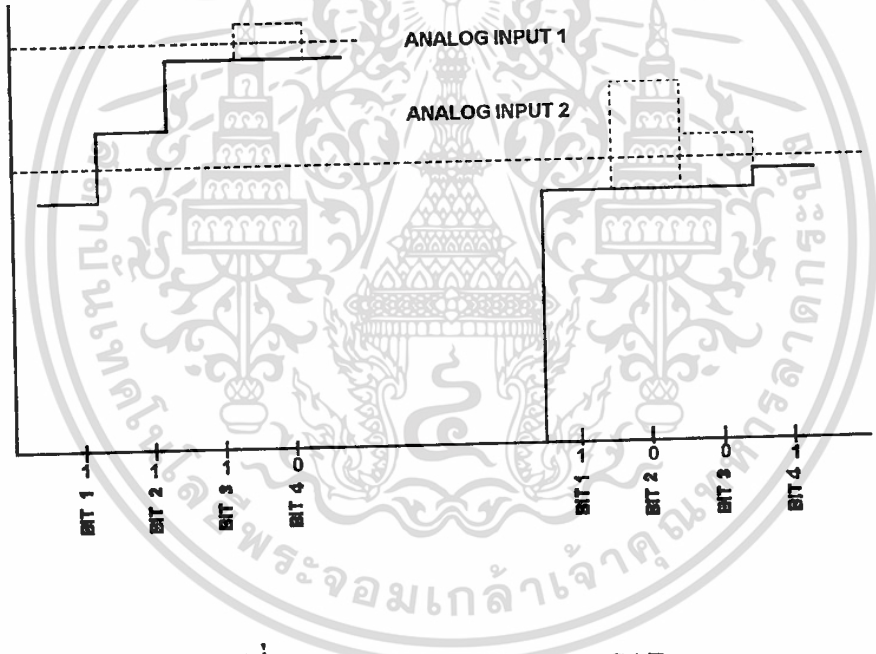
2.2.5 Sucessive Approximation ADC

วงจร ADC ชนิดนี้ เป็นเทคนิคที่นิยมใช้มากในงานประยุกต์ที่ต้องการความเร็วสูง และปานกลาง การจัดวงจรคล้ายกับ ADC แบบเคาน์เตอร์ที่ทำงานในลักษณะการป้อนกลับผังการทำงาน ในรูปที่ 2.18 แสดงฟังก์ชั่นต่าง ๆ ใน ADC ชนิดนี้ คอมพาเรเตอร์จะคอยเปรียบเทียบเอาท์พุทจาก Dac กับอนาลอกอินพุท Vin เอาท์พุทจะไปควบคุม Sucessive Approximation register (SAR) ซึ่งเป็นไอซี MSI ที่ได้รับการออกแบบเป็นพิเศษเพื่อทำหน้าที่นี้โดยเฉพาะ การทำงานของ SAR เป็นดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.18 ผังการทำงานของ Sucessive Appoximation converter



รูปที่ 2.19 Timing Diagram ของ SAR

ในรูปที่ 2.19 แสดงไทมิ่งไดอะแกรมของ ADC ที่มีระดับแอนะลอก 1 และ 2 ที่ระดับ 1 เมื่อ clock เข้าไปสู่ 1 ลูก จะทำให้ MAB (most significant bit) (บิท 1) เป็น 1 และบิทอื่น ๆ ยังคงเป็นศูนย์ DAC จะเปลี่ยนเอาท์พุทของ SAR เป็นแอนะลอกเปรียบเทียบที่คอมพาเรเตอร์ว่าน้อยกว่าอินพุท ให้คงบิทนั้นเป็น 1 ไว้แล้วทดสอบบิทถัดไป กรรมวิธีดังกล่าวจำกระทำต่อไปจนครบทุกบิท หรือจนกว่าเอาท์พุทจะต่างจาก Vin ไม่เกิน 1 LSB ในตัวอย่างแสดงการทำงานเมื่อ Vin ต่ำลงมาอีกระดับหนึ่ง

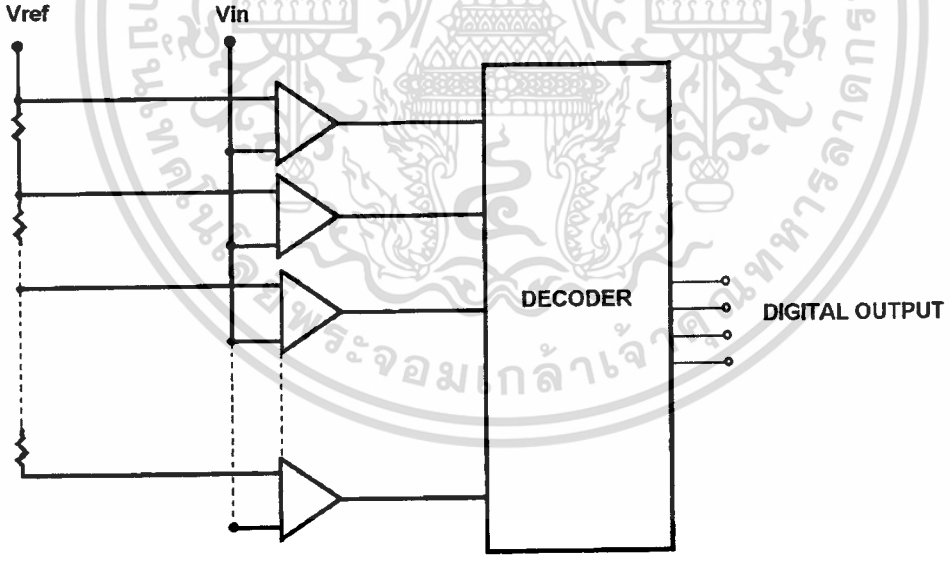
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีข้อจำกัดประการหนึ่ง สำหรับการแปลงสัญญาณ คือ สัญญาณแอนะลอกอินพุทต้องคงที่ในเวลาที่ทำการเปลี่ยนแปลงสัญญาณระดับ เปลี่ยนได้ไม่เกิน 1/2 LSB ในช่วงสุดท้ายของการเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอล เอาท์พุทจะออกมาขนานกันทุกบิท แต่บางแบบจะให้เอาท์พุทออกมาในลักษณะอนุกรม

วงจร ADC แบบนี้สามารถทำงานได้สองโหมด คือ โหมดที่ทำงานโดยอิสระ (Freerun) และโหมดที่รอคำสั่ง start conversion จากภายนอก เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนสัญญาณใช้ (n+1) ลูกของพัลส์ clock โดย clock ลูกแรกจะใช้ในการรีเซ็ท รีจิสเตอร์ภายในและคุณภาพของระบบจะแย่ลงหาก Dac ไม่มีคุณภาพ

2.2.6 Parallel (Flash) ADC

สำหรับการแปลงสัญญาณที่ต้องการความเร็วที่สูงมาก ๆ เช่น การแปลงสัญญาณภาพโทรทัศน์, เรดาร์ จำเป็นต้องใช้ ADC แบบพิเศษ ที่เรียกว่า Parallel ADC ซึ่งแสดงผังการทำงานดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 ผังการทำงานของ Parallel ADC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการทำงาน คือ จะใช้คอมพาเรเตอร์ ทำการเปรียบเทียบสัญญาณแอนะลอกอินพุท กับแรงดันอ้างอิง ที่แบ่งแรงดันให้สอดคล้องกับรหัสดิจิตอล โดยใช้ตัวต้านทานและแปลงเอาท์พุท จากคอมพาเรเตอร์ให้ตรงกับรหัสดิจิตอล ซึ่งจะเห็นว่าอุปสรรคทางด้านความเร็วนั้น จะถูกจำกัดเพียง Propagation time ของ คอมพาเรเตอร์เท่านั้น และอุปสรรคที่สำคัญต่อ การพัฒนาวงจรชิปไอซี คือ วงจรนี้ต้องการคอมพาเรเตอร์ คือ $2^n - 1$ ตัว สำหรับ ADC แต่ ADC ชนิดนี้ทำงานได้เร็วที่สุด

2.3 สถาปัตยกรรมของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดียวตระกูล 51

Single Chip Microcontroller system - 51 fimily Architectural

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดียว (Single Chip Microcontroller) คือ ไมโครคอมพิวเตอร์ที่มีขนาดเล็ก โดยบรรจุในแผ่นวงจรรวม (Integrated Circuit) เพียงชิพเดียว เหมาะสำหรับงานควบคุมอุปกรณ์อื่น ๆ แบบอัตโนมัติเพราะผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานได้ตามต้องการ ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดียวตระกูล 51 หรือ MCS51 อันได้แก่ เบอร์ 8051 และ 8052 ซึ่งมีโครงสร้างและชุดคำสั่งแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย ดังตารางที่ 2.1

Device	Romless Version	EPROM Version	ROM Bytes	RAM Bytes	8-BIT I/O Ports	16-BIT Timer/ Counter	Programmable Counter Array (PCA)	UART	Serial Expansion Port (SSP)	Global Serial Channels (GSC)	DMA Channels	A/D Channels	Interrupt Sources/ Vectors	Power Down and idle Modes
8051	8051	-	4 K	128	4	2		/					6/5	
8051AH	8051AH	8751H 87C51BH	4 K	128	4	2		/					6/5	
8032AH	8032AH	87C52BH	8 K	256	4	3		/					8/6	
80C51BH	80C51BH		4 K	128	4	2		/					8/5	/
80C52	80C52	-	8 K	256	4	3		/					8/6	/
83C51FA	80C51FA	87C51FA	4 K	256	4	3	/	/					14/7	/
83C51FB	80C51FA	87C51FB	8K	256	4	3	/	/					14/7	/
83C152JA	80C152JA	-	8 K	256	3	2		/		/	2		10/11	/
	80C152JB	-	-	256	7	2		/		/	2		10/11	/
83C152JC	80C152JC	/	8 K	256	5	2		/		/	2		10/11	/
-	80C152JD	-	-	256	7	2		/					9/5	/
89C52	89C52	87C 52P	8 K	256	5	2		/						

ตารางที่ 2.1 ตารางของไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดียวในตระกูล 51

ตาราง ที่ 2.1 แต่ละคอลัมน์บอกถึงคุณสมบัติ หรือโครงสร้างของไมโครคอนโทรลเลอร์แต่ละเบอร์ในตระกูล MCS - 51 เช่น มี ROM หรือ RAM ภายในอยู่เท่าใด ถ้าเป็นรุ่นที่ไม่มี ROM อยู่ภายในจะเป็นเบอร์อะไร หรือ เป็นรุ่นที่มีหน่วยความจำ สำหรับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่เป็นแบบ EPROM จะเป็นเบอร์อะไร เช่นในบรรทัดแรกจะบอกว่า 8051 มี ROM อยู่ภายในขนาด 4 กิโลไบท์ แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8031 จะไม่มี ROM ขนาด 4 กิโลไบท์ อยู่ภายใน นอกจากนี้ตารางยังบอกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นเบอร์ใดบ้างที่มีพอร์ทใช้สำหรับอ่านเขียนข้อมูลขนาด 8 บิท อยู่กี่ชุด (8 Bit I/O Port) มี Timer/Counters ขนาด 16 บิทกี่ชุด (16 Bit Timer/Counters) และยังบอกถึงคุณสมบัติอื่นๆ อีก ทำให้ผู้ใช้สามารถเลือกใช้แต่ละเบอร์ได้อย่างเหมาะสมกับการใช้งานได้อย่างดีที่สุด

Mcs - 51 ผลิตโดยบริษัท Inter มีการทำงานแบบ 8 บิท ส่วนการทำหน้าที่ในการคำนวณ (Arithmetic Logic Unit , ALU) จะทำงานสูงสุดทีละ 8 บิท

2.3.1 MCS - 51 มีข้อดีดังนี้

- สามารถนำข้อมูลมา AND OR หรือทำ Complement ทั้งแบบทีละ 8 บิท และ 1 บิท

- สามารถใช้กับหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรม (Program Memory) ซึ่งมีหน่วยความจำที่ใช้สำหรับเก็บชุดคำสั่งที่จะให้ MCS - 51 ทำงานได้สูงสุด 64 กิโลไบท์ (64 x 1024 byte) ทำให้โปรแกรมการควบคุมการทำงานได้มาก

- สามารถต่อเข้ากับความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) ซึ่งเป็นหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูลในระหว่างการทำงานของโปรแกรมได้สูงสุด 64 กิโลไบท์

- ใน 8051 และ 8751 มีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจำนวน 4 กิโลไบท์ (ใน 8052 และ 8752 มีหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมจำนวน 8 กิโลไบท์) อยู่ภายในวงจรทำให้ไม่ต้องต่อหน่วยความจำสำหรับรับโปรแกรมอยู่ภายนอก ระบบรวมทั้งหมด จึงขนาดเล็ก และสัญญาณรบกวนจากภายนอกจะทำให้ MCS - 51 ทำงานผิดพลาดได้ยาก

- มีพอร์ทแบบขนาน (Parallel Port) สำหรับข้อมูลเข้าและออก จำนวน 32 บิท ที่ข้อมูลแต่ละบิทเป็นอิสระต่อกัน

- มีวงจร Timer / Counter ขนาด 16 บิท 2 ชุด (8052 มี 3 ชุด) ที่ทำงานในโหมดต่าง ๆ ได้ถึง 4 โหมด

- มี Universal Asynchronous Receiver Transmitter (UART) สำหรับ รับ - ส่ง ข้อมูลอนุกรม (Serial) แบบ Full Duplex สามารถเลือกรูปแบบ การรับ - ส่ง ข้อมูลได้ 4 แบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

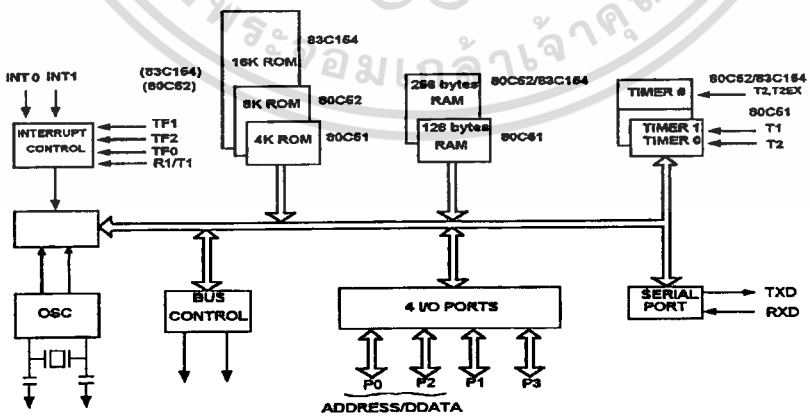
-มีแหล่งกำเนิดสัญญาณขอขัดจังหวะการทำงานของโปรแกรม (Interrupt Request - Signal) ทั้งหมด 6 แหล่งซึ่งสามารถทำการกระโดดไปทำงานการตอบสนอง การขัดจังหวะ (Interrupt service Routine) ได้ต่าง ๆ กัน 5 ตำแหน่ง

- สามารถเลือกการทำงานให้อยู่ในโหมด Idle และ Power Down ซึ่งจะประหยัดกำลังงานไฟฟ้าในการทำงาน

ซึ่งจากข้อดีดังกล่าวจึงทำให้ MCS - 51 เป็นที่นิยมนำมาใช้ในการควบคุมระบบอัตโนมัติมาก คุณสมบัติดังกล่าวบรรจุอยู่ในวงจรรวมเดียว (Single Chip) ขนาด 40 ขา ดังนั้นจึงสามารถออกแบบให้ระบบทั้งหมดมีขนาดเล็ก และการที่รวมกันทั้งหมดบรรจุรวมอยู่ในวงจรเดียวจึงทำให้ตรวจสอบหาข้อผิดพลาดในระบบง่ายไม่สลับ MCS - 51 มาใช้งานได้ จำเป็นที่จะต้องศึกษาทำความเข้าใจถึงโครงสร้าง และองค์ประกอบของ MCS - 51 เสียก่อนแล้วจึงจะเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ MCS - 51 ให้เป็นไปตามต้องการ ในปริญญานิพนธ์เล่มนี้ จะอธิบายถึงวิธีการใช้งานของ MCS - 51 โดยใช้ 8051 เป็นตัวอย่างในการอธิบาย เพราะไมโครคอนโทรลเลอร์ ในตระกูลนี้ จะแตกต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

2.3.2 โครงสร้างของ 8051

ภายใน 8051 จะประกอบขึ้นด้วย GATE ต่าง ๆ เช่น AND OR NOT ซึ่ง GATE เหล่านี้จะถูกนำเอามาออกแบบให้มีขนาดฟังก์ชั่นการทำงานต่าง ๆ เช่น วงจรถอดรหัสคำสั่ง (Intruction Decoder) วงจรสร้างสัญญาณนาฬิกา (Clock Signal Generator) โครงสร้างภายในของ 8051 จะประกอบด้วยส่วนย่อย ๆ ดังผังการทำงานในรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 ผังการทำงานโครงสร้างของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผังการทำงานในรูปที่ 2.21 เป็นโครงสร้างใหญ่ ๆ ของ 8051 เนื่องจากลักษณะ 8051 เป็นคอมพิวเตอร์จึงประกอบด้วย 3 ส่วนหลัก ๆ คือ

ส่วนที่ 1 คือ CPU (Central Processing Unit) หรือ ตัวประมวลผลส่วนนี้จะมีวงจรทำหน้าที่ สร้างสัญญาณควบคุมในการติดต่อส่วน อื่น ๆ เรียกว่าวงจรควบคุม (Control Unit) สัญญาณที่สร้างจากวงจรควบคุม ได้แก่ สัญญาณที่ใช้สำหรับการติดต่อหน่วยความจำอุปกรณ์ที่รับข้อมูลเข้าหรือออกจากตัว 8051 ซึ่งส่วนควบคุมการขัดจังหวะ (Interrupt Control) และส่วนควบคุมบัส (Bus Control) ก็เป็นส่วนหนึ่งของวงจรควบคุมด้วยการสร้างสัญญาณควบคุมจากส่วน CPU นี้ จะทำการสร้างสัญญาณโดยทำการถอดรหัสจากคำสั่ง (Instruction) ตามที่มีการกำหนดไว้ และสัญญาณที่สร้างขึ้นมาจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกาที่สร้างจากวงจรออสซิลเลเตอร์ เพื่อให้ทุก ๆ ส่วนในวงจรทำงานประสานกัน (Synchronize) อย่างถูกต้อง

ใน CPU นี้ยังประกอบด้วยส่วนย่อยอีกส่วน ที่เรียกว่าส่วนประมวล (Arithmetic Logic Unit) ส่วนที่จะทำหน้าที่ประมวลผลข้อมูล เช่น การบวก ลบ คูณ หรือหาร ข้อมูลแล้วนำผลลัพธ์ ไปเก็บไว้ในรีจีสเตอร์ หรือหน่วยความจำที่ต้องการส่วนที่ 2 คือ หน่วยความจำ (Memory) ไว้สำหรับจดจำข้อมูล ถ้าจะให้เห็นภาพพจน์ ของหน่วยความจำได้ดีก็คือ หน่วยความจำเปรียบเสมือนกล่องเก็บเอกสารจำนวนมากที่นำมาต่อเรียง กันไว้ แต่ละกล่องมีเอกสาร 1 แผ่น ดังตารางที่ 2.2 จะมีกล่องเอกสารทั้งหมด 15 กล่อง

1	2	3	4	....	15

ตารางที่ 2.2 ภาพเสมือนของหน่วยความจำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ถ้าต้องการเอกสารจากกล่องใด หรือ เอาเอกสารไปเก็บไว้ที่กล่องใด จะต้องรู้หมายเลขของกล่องนั้นเสียก่อนซึ่งถ้าเป็นหน่วยความจำแล้วหมายเลขของกล่องก็ คือ ตำแหน่งของหน่วยความจำ หรือ แอดเดรสนั่นเองการเอาข้อมูลไปเก็บไว้ในหน่วยความจำนั้น เรียกว่า " การอ่านข้อมูล " ซึ่งแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำ จะเก็บข้อมูลได้เพียงค่าเดียวเท่านั้น

ในไมโครโปรเซสเซอร์ โดยทั่วไปรวมทั้ง 8051 นั้น ข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำ จะมีค่าเพียง 8 หลัก ของเลขฐาน 2 (8 บิท เท่ากับ 1 ไบท์) เพราะฉะนั้นในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำก็จะเก็บข้อมูลมีค่าได้ระหว่าง 0 ถึง 255 (00000000 ถึง 11111111 ของเลขฐานสอง) แต่จำนวนที่สามารถจะเก็บข้อมูลได้นั้นขึ้นอยู่กับไมโครโปร-เซส เซอร์แต่ละเบอร์ การติดต่อกับหน่วยความจำจะต้องมีสัญญาณ 3 กลุ่ม คือ

1. แอสเดรส หรือค่าตำแหน่งที่ต้องการติดต่อกับหน่วยความจำ ใน 8051 จะติดต่อกับหน่วยความจำประเภท Program Memory หรือ Data Memory ได้สูงสุดชนิดละ 65536 ตำแหน่ง ดังนั้นการอ้างอิง แต่ละตำแหน่งในเลขฐาน 2 ทั้งหมด 16 เส้น (2^{16} เท่ากับ 64 x 1024 = 65536)

2. ข้อมูลที่จะอ่านหรือเขียนกับหน่วยความจำที่ตำแหน่งในข้อ 1

3. สัญญาณที่จะส่งไปยังหน่วยความจำ เพื่อบอกกับหน่วยความจำ ว่าต้องการอ่านหรือเขียนข้อมูลสัญญาณเหล่านี้ จะถูกวงจรควบคุมภายใน 8051 สร้างมาจากวงจรถอดรหัสของคำสั่งที่ 8051 อ่านจากหน่วยความจำ Program Memory เข้าไปทำงานนั่นเอง ในรูปที่ 2.36 หน่วยความจำ ได้แก่ 4K Byte ROM และ 128 Byte RAM ซึ่งขนาดของหน่วยความจำนี้มีขนาดต่าง ๆ กันตามเบอร์ของไมโครคอนโทรลเลอร์

ส่วนที่ 3 คือ อุปกรณ์อินพุทและเอาท์พุท (Input / Output Device) เป็นส่วนที่ส่งข้อมูลเข้าหรือออกจาก 8051 ทำให้ติดต่อกับภายนอกได้ ดังนั้นผังการทำงานรูปที่ 36 อุปกรณ์อินพุท เอาท์พุทได้แก่ 4 I/O Port Timer 0 Timer 1 serial Port การทำงานของแต่ละส่วนมีดังนี้

1) 4 I/O Port คำว่า พอร์ท หมายถึง จุดที่ติดต่อกับส่วนที่อยู่ภายนอก 4 I/O Port ของ 8051 เป็นที่ใช้สำหรับ รับ - ส่ง ข้อมูล ซึ่งเป็นสัญญาณดิจิตอล เข้าหรือออกจากตัว MCS - 51 พอร์ททั้งหมด 4 พอร์ท โดยแต่ละพอร์ทจะ รับ - ส่ง ข้อมูล ได้ 8 บิท มีพอร์ท P0 P1 P2 และ P3 บางพอร์ทจะใช้ทำงานมากกว่า 1 อย่างก็ได้ เช่น P0 กับ P2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จะใช้สำหรับการส่งค่าตำแหน่ง (Address) ของหน่วยความจำที่จะติดต่อ และพอร์ท P0 จะใช้สำหรับส่งข้อมูล

เมื่อติดต่อกับหน่วยความจำได้ด้วย แต่สิ่งเหล่านี้ไม่ได้เกิดขึ้นที่เวลาเดียวกัน แต่จะใช้วิธีทำงานตามลำดับ โดยควบคุมจากสัญญาณควบคุมที่ถอดรหัสมาจากแต่ละคำสั่งที่ให้คอมพิวเตอร์ทำงานนั้นเอง และสัญญาณทั้งหมดจะอ้างอิงกับสัญญาณนาฬิกา

2) Timer 0 และ Timer 1 เป็นวงจรนับที่สามารถกำหนดให้ทำการนับจำนวนไซเคิลของสัญญาณที่ต่อจากภายนอก 8051 หรือสัญญาณไซเคิลนาฬิกาจากภายใน 8051 ก็ได้ค่าจากการนับจะถูกอ่าน หรือตั้งค่าเริ่มต้นของการนับด้วย CPU

3) Serial Port หรือพอร์ทอนุกรม CPU จะอ่านและเขียนข้อมูลกับ Serial Port เป็นแบบ 8 บิท แต่ข้อมูลจะถูกส่งออกจาก 8051 เรียงออกไปทีละบิทออกจากขา TXD และการรับข้อมูลเข้าก็จะระบบเข้าทีละบิททางขา RXD แล้วจัดเรียงใหม่เป็น 8 บิท ให้ CPU อ่านไปใช้งานต่อไป 8051 มีพอร์ทให้ใช้งานหลายแบบทำให้สะดวกต่อการนำไปใช้งานได้ จะต้องเขียนโปรแกรมขึ้นมาควบคุมที่จะได้กล่าวต่อไป

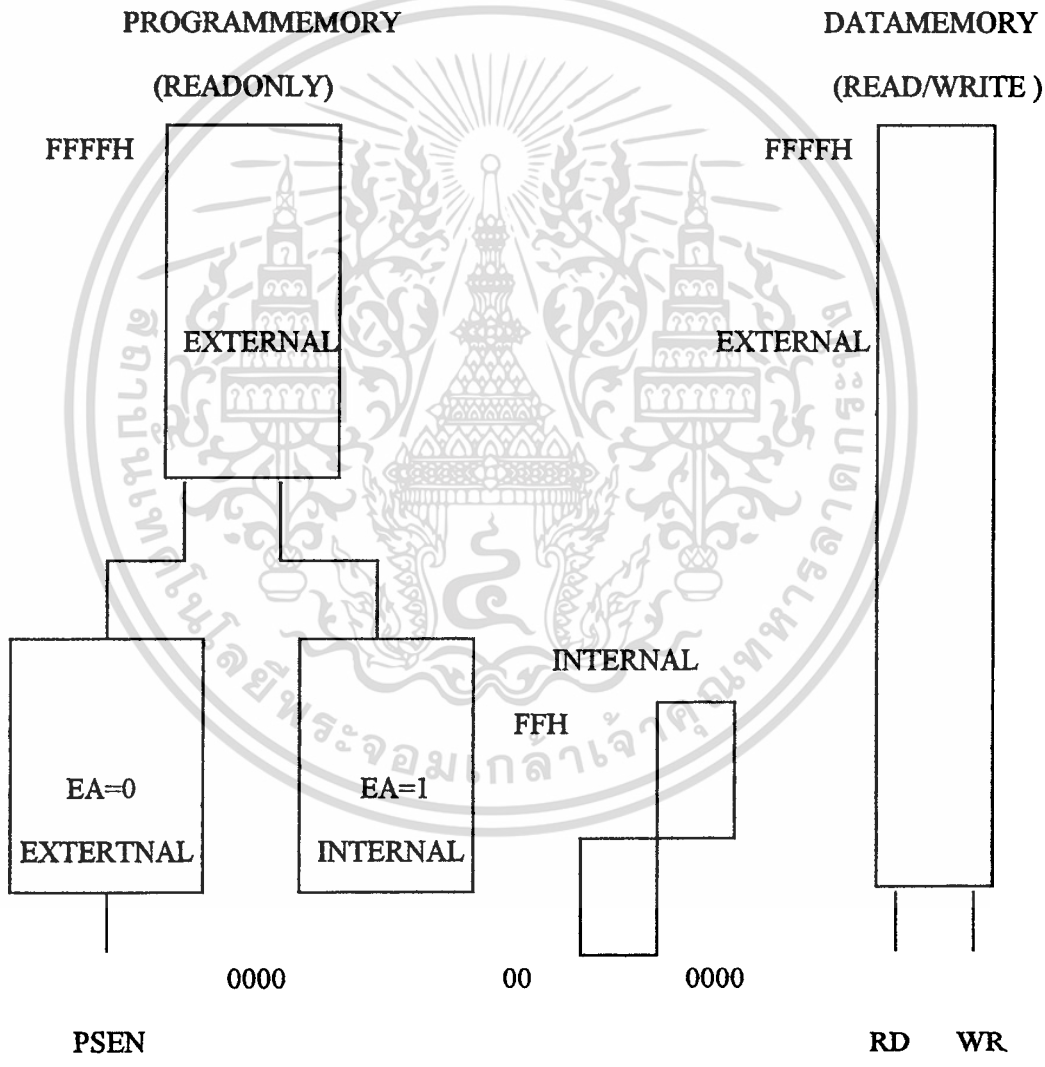
2.3.3 การจัดหน่วยความจำของ 8051

หน่วยความจำของ 8051 แบ่งได้ 2 แบบ ตามลักษณะของการใช้งาน คือ

1. Program Memory เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บคำสั่งในรูปรหัสภาษาเครื่อง (Machinc Language) ซึ่งต้องการให้ 8051 ทำงานเมื่อ 8051 ทำงานจะอ่านข้อมูลที่เก็บไว้ในหน่วยความจำประเภทนี้เข้าไปถอดรหัสแล้วสร้างสัญญาณควบคุมส่วนอื่น ๆ ตามการทำงานแต่ละคำสั่งนั้น ด้วยความจำนี้ จะต้องเป็นแบบ Read Only Memory (ROM) และผู้ใช้ต้องเขียนข้อมูลในแต่ละตำแหน่งของหน่วยความจำเป็นรหัสภาษาเครื่องของ 8051 ตามลำดับการทำงานที่ต้องการ (การทำงานแบบ ROM เป็นแบบ Non volatite ซึ่งเมื่อปิดไฟแล้วข้อมูลก็ไม่มีการสูญหาย) การเขียนข้อมูลลงบน ROM จะต้องใช้เครื่องมือพิเศษในระหว่างการทำงานของ 8051 ผู้ใช้จะไม่สามารถใช้คำสั่งทำการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำแบบนี้ได้ จำนวนตำแหน่งสูงสุดของหน่วยความจำแบบนี้ที่ 8051 จะใช้งานได้ คือ 65536 ตำแหน่ง ค่าของตำแหน่ง 0000H ถึง FFFFH หน่วยความจำตำแหน่ง ของ ROM ที่อยู่ภายใน หรือภายนอก 8051 ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ อื่น ๆ เช่น 8052 มีขนาดของ ROM ส่วนนี้ได้ถึง 8 กิโลไบท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตำแหน่ง 0000 H ถึง 1FFFH) ถ้าต้องการให้ 8051 ทำงานตามคำสั่งที่เก็บไว้ใน ROM ภายใน 8051 ก็ป้อนสัญญาณสภาวะลอจิก High (1) เข้าที่ขา EA ของ 8051 แต่ถ้าต้องการให้ทำงานในโปรแกรมที่เก็บไว้ใน ROM ภายนอก 8051 ให้ต่อลอจิก Low (0) เข้าที่ขา EA ของ 8051 ส่วนหน่วยความจำที่ตำแหน่ง 1FFFH ถึง FFFFH จะต้องต่ออยู่ภายนอก 8051 เสมอดังแสดงในแผนภูมิ หน่วยความจำ (Memory Map) ในรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 แผนภูมิหน่วยความจำของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Internal Memory หมายถึง หน่วยความจำนั้นอยู่ภายใน 8051 ส่วน External Memory หมายถึง หน่วยความจำนั้นอยู่ภายนอก 8051

ไมโครคอนโทรลเลอร์เบอร์ 8031 8051 และ 8751 นั้น โดยโครงสร้างและรหัสคำสั่งจะเหมือนกันทุกประการแตกต่างกันที่

- 8031 จะไม่มี ROM ขนาด 4 กิโลไบท์อยู่ภายใน ผู้ใช้จะต้องเลือกการใช้งาน Program - Memory อยู่ภายนอกวงจรทั้งหมด 64 กิโลไบท์

- 8051 จะมี ROM ขนาด 4 กิโลไบท์อยู่ภายใน ถ้าต้องการเก็บคำสั่งควบคุมการทำงานไว้ในหน่วยความจำส่วนนี้ จะต้องส่งคำสั่งไปให้โรงงานผู้ผลิตทำการเขียนใส่ใน ROM ใช้ตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตวงจรรวมผู้ใช้สามารถแก้ไขโปรแกรมได้เอง ถ้าจะนำมาใช้งานโดยเก็บโปรแกรมไว้ในหน่วยความจำช่วง 4 กิโลไบท์แรกอยู่ภายนอกก็สามารถทำได้โดยการต่อ ROM ไว้ภายนอกแล้วต่อขา EA ของ 8051 ไว้กับสัญญาณที่มีสภาวะลอจิกเป็น 0

- 8751 จะมี หน่วยความจำขนาด 4 กิโลไบท์เป็นแบบ EPROM (Erasable Program Read Only Memory) อยู่ภายในวงจรรวมเอาไว้ ใช้เก็บโปรแกรมคำสั่งที่จะให้ 8751 ทำงาน ผู้ใช้สามารถเขียนคำสั่งลงไปใน EPROM ได้เองโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่าเครื่องโปรแกรม EPROM (EPROM Programmer) และผู้ใช้สามารถแก้ไขโปรแกรมที่อยู่ภายใน EPROM ได้โดยการล้างข้อมูลในทุกตำแหน่งของ EPROM ออกด้วยการฉายแสงอุลตร้าไวโอเลต (Ultravioret) ผ่านกระจกใสบนวงจรรวมเข้าไปที่วงจรภายในตามเวลาที่กำหนดให้ในคู่มือเฉพาะ (Datasheet) ของ 8751 จากนั้นก็ใช้เครื่องโปรแกรม EPROM เขียนโปรแกรมลงไปใหม่ 8751 นี้จะสะดวกมากสำหรับการพัฒนาโปรแกรม

2. Data Memory เป็นหน่วยความจำที่ 8051 จะใช้สำหรับพักเก็บข้อมูล แล้วเรียกมาใช้ใหม่ระหว่างการทำงานของ 8051 การอ่านหรือเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำจะกระทำโดยคำสั่งที่เก็บไว้ใน Program Memory หน่วยความจำแบบนี้เป็นประเภท Random Access Memory (RAM) ถ้ามีไฟเลี้ยงอยู่ข้อมูลที่เก็บไว้จะไม่สูญหาย แต่ถ้าปิดเครื่อง หรือไม่จ่ายไฟให้แก่ RAM แล้วข้อมูลใน RAM ก็จะสูญหายไป การสูญหายของ ข้อมูลไม่หมายความว่าไม่มีอะไร เลย แต่เป็นการที่มีข้อมูลใหม่ซึ่งไม่ใช่ข้อมูลที่เก็บไว้เดิมเข้ามาอยู่แทนที่ เช่นเดิม เก็บข้อมูล 18 H ไว้ที่ตำแหน่ง 1900H เมื่อ ปิดไฟแล้วเปิดใหม่ ข้อมูลที่ตำแหน่ง 900H จะไม่ใช่ 18H อ าจเป็นค่าอะไรก็ได้ ซึ่งเรียกลักษณะเช่นนี้ว่าข้อมูลสูญหายไปหน่วยความจำแบบ Data Memory ของ 8051 จะมีอยู่ 2 ชุด ชุดหนึ่งอยู่ภายใน 8051 จำนวน 128ไบท์ที่ตำแหน่ง 00H ถึง 7FH (เบอร์ 8052 จะมี 256 ไบท์อยู่ที่ตำแหน่ง 00H ถึง FFH) และอีกชุดต้องต่ออยู่ภาย

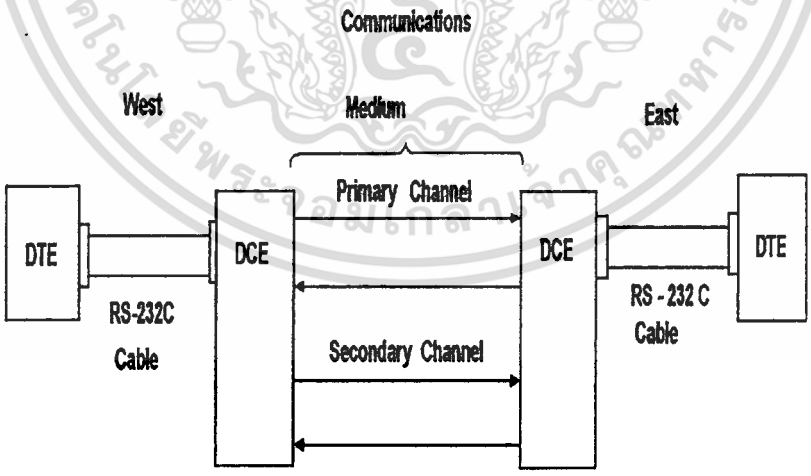
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารนี้ทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกวงจรรวม 8051 มีได้สูงสุด 65536 ไบท์ (64 กิโลไบท์) อยู่ที่ตำแหน่ง 0000H ถึง FFFFH ดังแสดง ในรูปที่ 2.22 หน่วยความจำ Data Memory ภายใน 8051 ที่ตำแหน่ง 80H ถึง FFH นั้นไม่ได้มีอยู่ทุกตำแหน่ง จะมีเฉพาะบางตำแหน่งซึ่งเรียกหน่วยความจำบางตำแหน่งนี้ว่า Special Function egister (SFR) เพราะใช้หน่วยความจำแบบ SFR นี้อาจเป็น RAM หรือวงจรนับ (Counter) วงจรตั้งเวลา (Timer) ก็ได้เช่น Timer 0 Timer 1 ดังนั้น 8051 จึงไม่ถือว่า SFR เ ป็น Data Memory ถ้าเป็น 8052 ซึ่งมี Data Memory ขนาด 256 ไบท์ จะใช้บางตำแหน่งของหน่วยความจำ ตำแหน่ง 80H ถึง FFH เป็น SFR

2.4 อินเตอร์เฟส RS - 232C

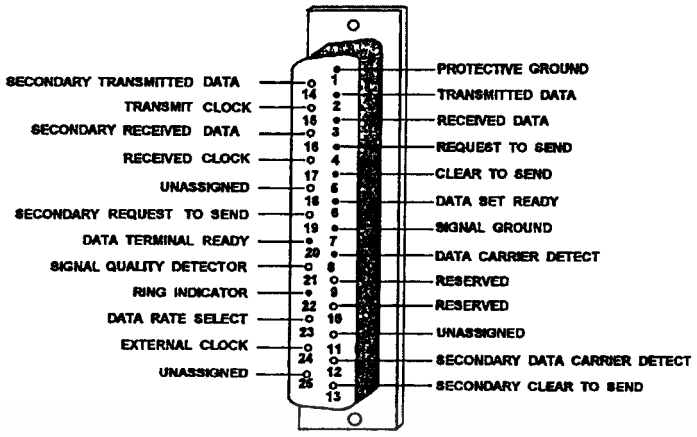
2.4.1 ระบบจำลองของวงจรการสื่อสารแบบ RS - 232C

ข้อกำหนดตาม RS - 232C นั้น บอกถึงการเดินสายในเคเบิ้ลที่ต่อระหว่าง DTE (Data -Terminal Equiment) กัน DCE (Data Communic Equipment) ตามรูปที่ 2.23 เป็นเคเบิ้ลที่ต่อกับปลั๊ก 25 ขา ที่เสียบเข้ากับคอนเนคเตอร์ "serial port" ที่ตั้ง PC หรืออุปกรณ์ปลายทางต่าง ๆ ปลั๊กนี้มีลักษณะดังรูปที่ 2.23



รูปที่ 2.23 แบบจำลองของวงจรการสื่อสารที่ใช้ RS - 232C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 ขั้วต่อตัวเมียของ RS - 232C

ประการแรกข้อกำหนดจะกำหนดระดับแรงดัน และ คุณสมบัติทางไฟฟ้าอย่างอื่นของสายเคเบิ้ลพร้อมทั้งอธิบายหน้าที่ของมันซึ่งจะได้กล่าวถึงในหัวข้อต่อไป และเพื่อที่จะให้เข้าใจ DTE เราจำเป็นต้องเข้าใจแบบจำลองหรือแสดงรูปแบบแสดงแนวความคิดของตัวกลาง การสื่อสารที่ใช้ในข้อกำหนด RS - 232C ด้วยรูปแบบจำลองนี้แสดงในรูปที่ 2.24 ต่อไปเมื่อกล่าวถึงอุปกรณ์ที่อยู่ด้านซ้ายมือ และ ด้านขวามือของตัวกลางการสื่อสารเราจะอ้างว่า เป็นอุปกรณ์ด้านตะวันตก และ ด้านตะวันออกตามลำดับ ตัวกลางการสื่อสารประกอบด้วย ช่องสัญญาณหลัก (primary channel) และช่องสัญญาณรอง (secondary channel) ช่องสัญญาณนั้นเป็นช่องทาง (pipeline) ที่สัญญาณไหลผ่านเท่านั้น ดังนั้นช่องสัญญาณหลัก และช่องสัญญาณรองนั้นอาจจะมีอยู่ในสายคู่เดียวกัน หรือคนละคู่ก็ได้

เกี่ยวเนื่องกับช่องสัญญาณ ก็คือ แนวความคิดเรื่องคลื่นพาห์ (carrier) คลื่นพาห์ คือ สัญญาณแอนะลอก (ปกติเป็นคลื่นรูปไซน์) ที่ความถี่ที่เหมาะสมที่จะเคลื่อนผ่านตัวกลางของการสื่อสารได้ตัวพาห์เป็นตัวบรรทุกข้อมูลที่เรียกว่า มอดดูเลทข้อมูลเพื่อนำข้อมูลผ่านตัวกลาง การสื่อสารไปสู่จุดหมาย มีวิธีการมอดดูเลทหลายวิธี ในแต่ละช่องสัญญาณมีสัญญาณคลื่นพาห์ 2 สัญญาณแต่ละสัญญาณใช้สำหรับการส่งแต่ละทิศทาง ถ้าคลื่นพาห์ทั้งสองสามารถใช้พร้อมกันได้ ช่องสัญญาณก็จะเป็นชนิดฟูลดูเพล็กซ์ แต่ถ้าต้องใช้สลับเวลากัน ช่องสัญญาณนั้นก็เป็นชนิด ฮาล์ฟดูเพล็กซ์ ช่องสัญญาณมีค่าความจุ ซึ่งมีค่าเท่ากับจำนวนบิทต่อวินาที ที่มากที่สุดที่ช่องสัญญาณยอมให้ผ่านตัวมันไปได้ ช่องสัญญาณรองไม่จำเป็นต้องมีใช้ แต่ถ้ามีอยู่แล้วค่าความจุ

เอกสารนี้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(ความเร็ว) ของมันจะน้อยกว่าค่าความจุของช่องสัญญาณหลัก เพราะถ้าไม่เป็นเช่นนั้นก็จะไม่มีแนวความแตกต่างระหว่างช่องสัญญาณหลักกับช่องสัญญาณรอง ข้อกำหนด RS - 232C กำหนดว่ามันไม่สามารถจะประยุกต์ใช้ได้กับตัวกลางการสื่อสารที่ มีค่าสูงกว่า 200,000 บิทต่อวินาที RS - 232C ปล่อยการเลือกหลายอย่างไว้ให้ขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบ เป็นต้นว่า

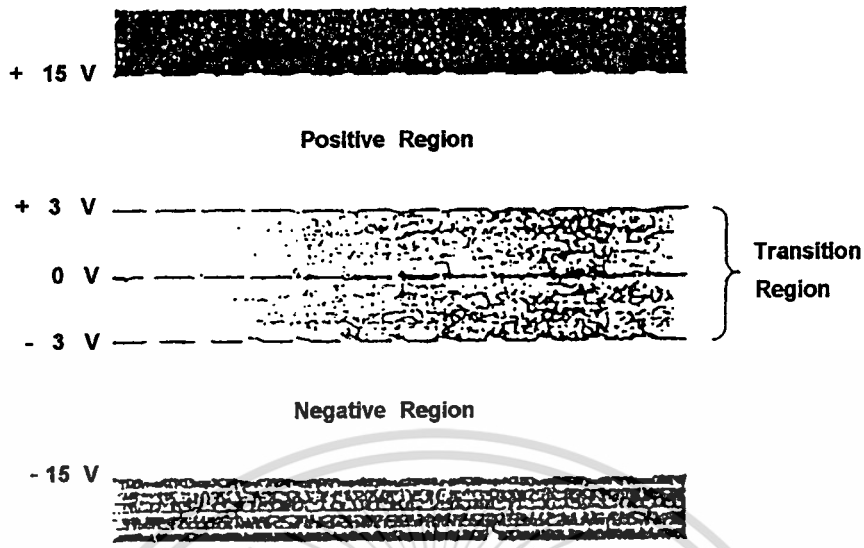
- ช่องสัญญาณจะเป็น ฮาล์ฟ หรือ ฟลูดูเพล็กซ์
- ตัวกลางการสื่อสารจะเป็นสวิตช์หรือเช่าเฉพาะ
- ช่องสัญญาณจะเป็นแบบซิงโครนัส หรืออะซิงโครนัส
- ช่องสัญญาณรองจะมีหรือไม่

เหล่านี้ล้วนแล้วแต่ผู้ออกแบบจะต้องการอย่างไรก็ได้ ผล คือ จำนวนของสายในเคเบิ้ล RS - 232C ที่ใช้ควบคุม DCE จะถูกใช้ไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับการออกแบบบางทีอาจจะไม่มีแบบหนึ่งแบบใดเลยก็ได้ที่ใช้สายครบทุกสาย ตาม RS - 232C

2.4.2 ข้อกำหนดทางไฟฟ้า

มีรายละเอียดเกี่ยวกับคุณสมบัติของสัญญาณไฟฟ้าบนสายแต่ละสายในเคเบิล S - 232C มากมายแต่ เพราะเราเกี่ยวข้องกับสัญญาณไบนารี่ ข้อจำกัดเกี่ยวกับโวลท์เตจ จึงถูกกำหนดลงในสองบริเวณ ดังแสดงในรูปที่ 2.25 บริเวณบวก (positive region) อยู่ระหว่าง -3 โวลท์ ถึง -15 โวลท์ บริเวณระหว่าง -3 โวลท์ ถึง 3 โวลท์ ถือเป็นบริเวณเปลี่ยนถ่ายสถานะ (transittion region) มีข้อกำหนดให้สัญญาณจะมีสถานะอยู่ในบริเวณนี้ได้ไม่เกิน 1 มิลลิวินาที ในบริเวณเปลี่ยนถ่ายสถานะไม่มีการกำหนดสถานสภาพให้กับสัญญาณแต่อย่างใด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.25 ระดับโวลท์เตจของสัญญาณ RS - 232C กำหนดใช้

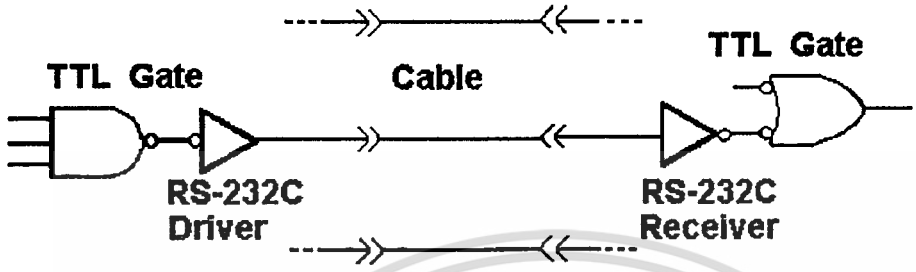
บริเวณเหล่านี้ใช้เกี่ยวพันกับสถานะไบนารีของสัญญาณในลักษณะที่เป็นเอกเทศ การแปลความหมายของ ระดับโวลท์เตจขึ้นอยู่กับหน้าที่ ของสายซึ่งกำหนดแบ่งเป็นไปตามตารางที่ 2.3

WIRE FUNCTION	VOLTAGE LEVEL	
	Positive	Negative
Delta	SPACE (0)	MARK (1)
Modem Control & Timing	on (asserted)	off (negated)

ตารางที่ 2.3 หน้าที่ของสายและความหมายของแรงดันที่กำหนดให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากระดับแรงดันดังกล่าว ไม่พอเหมาะที่จะใช้ได้กับ TTL ดังนั้นอินเตอร์เฟสสู่เคเบิล RS - 232C จึงต้องการวงจรภาคขับและภาครับเป็นพิเศษ ดังแสดงในรูปที่ 2.26 ภาคขับและภาครับนี้สามารถหาได้ในรูป IC ตามท้องตลาดทั่วไป



รูปที่ 2.26 วงจรอินเตอร์เฟส RS - 232C

RS - 232C นั้นจำกัดค่าความจุไฟฟ้าของสายสัญญาณ (วัดเทียบกับกราวด์) อย่างมากสุด คือ 2,500 pF สำหรับสายเคเบิ้ลที่มีฉนวน และช่องว่างระหว่างสายอย่างสามัญทั่วไป สายยาวประมาณ 50 ฟุต จะมีค่าความจุไฟฟ้าประมาณนั้น ดังนั้นถ้าไม่ใช้สายชนิดพิเศษแล้ว ระยะห่างมากสุดระหว่าง DTE คือ 50 ฟุต หรือประมาณ 15 เมตร

2.4.3 ขาขั้วต่อ RS-232C และหน้าที่

ตารางที่ 2.3 แสดงรายการขาขั้วต่อของ RS - 232C และชื่อสัญญาณที่ใช้ร่วมกับขาขั้วต่อนั้นคอลัมน์ขวามือย่อที่ใช้เรียกขานั้น ๆ (ชื่อย่อนี้ยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานใช้เรียกโดย-สากล) ในหัวข้อนี้จะขอให้ข้อมูลเกี่ยวกับขาต่าง ๆ โดยจะจัดอธิบายเป็นกลุ่มตามประเภทของสัญญาณและหน้าที่ของมันโดยย่อ

ขาที่ 1 และ ขาที่ 7 เป็นขากราวด์ โดยขาที่ 1 เป็นขากราด์ของเครื่อง เพื่อวัตถุประสงค์หลักในการป้องกันสัญญาณรบกวนโดยรอบ และ ลดการสอดแทรกของสัญญาณอันจะเกิดมีขึ้นได้ขาที่ 7 เป็นกราวด์ซึ่งใช้เพื่อต่อแห้ เกิดเส้นทางหรือจุดอ้างอิงร่วมกันของสัญญาณทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นข้อมูล สัญญาณนาฬิกา หรือสัญญาณควบคุมต่าง ๆ ขา 7 นั้นจำเป็นต้องต่อระหว่าง DTE และ DCE เพื่อให้เครื่องทำงานร่วมกันได้อย่างถูกต้อง การต่อกราวด์ขา 7 นี้ ควรระมัดระวังเรื่องความแตกต่างศักย์อันเนื่องมาจาก ความต้านทานของสาย ถ้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กราวด์ไม่ดี มักจะเป็นสาเหตุทำให้การรับข้อมูลมาตีความไม่ถูกต้องได้

ขาที่ 2 และ ขาที่ 3 เป็นขาสำหรับส่งและรับข้อมูลตามลำดับ คำว่าส่ง หรือรับในที่นี้ให้ยึดเอาตัว CPU หรือ DTE เป็นหลักว่าเป็นผู้ส่ง และรับ ตามเกณฑ์ของ RS - 232C DTE จะส่งข้อมูลออกมาที่ขา 2 และรับข้อมูลจากขา 3

Pin	Signal Name	Direction DDTE DCE	Addreviation
1	PROTECTIVE (FRAME) GROND	→	XMT
2	TRANSMIT DATA	←	RCV
3	RECEIVE DATA	→	RTS
4	REQUEST TO SEND	←	RTS
5	CLEAR TO SEND	←	CTS
6	DATA SET READY	←	DSR
7	SIGNALROUND(COMMON RETURN)		GRD
8	CARRIER DETECT	←	CAR_DET
9	-		
10	-		
11	-		
12	SECONDARY CARRIER DELECT	←	SEC_CAR_DET
13	SECONDARY CLEAR TO SNED	←	SEC_CTS
14	SECONDARY TRANSMI DATA	→	SEC_XMT
15	TRANSMIT CLOCK (DC SOURCE)	←	XMT_CLK
16	SECONDARY RECEIVE DATA	←	SEC_RCV
17	RECEIVE CLOCK	←	RCV_CLK
18	-		
19	SECONDARY REQUEST TO SEND	→	SEC_RTS
20	DATA TERMINAL REDA	→	
21	SIGNAL QUALITY DETETOR	←	DTR
22	RING INDICATOR	←	SQD
23	DATA RATE SELECTOR	→	RI
24	TRANSMIT CLOCK (DTESOURCE)	→	DR_SEL
25	-		XMT_CLK

ตารางที่ 2.4 การกำหนดขาขั้วต่อ RS - 232C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาที่ 4 และ 5 คือ ขา RTS และ CTS สัญญาณบนขา 4 นั้น DTE ใช้แสดงต่อ DEC เมื่อประสงค์จะส่งข้อมูล สัญญาณ RTS นี้อาจจะใช้เพื่อเปิดเครื่อง DCE จะไม่ส่งข้อมูลจนกระทั่งได้รับสัญญาณ CTS บนขา 5 จาก DCE หรือ CTS เป็นสัญญาณการตอบรับจาก DCE ว่าตัว DCE นั้นพร้อมในการสื่อสารแล้วในกรณีที่ DCE มีความพร้อมและเตรียมคลื่นพาห์ที่จะใช้ในการส่งข้อมูลอยู่แล้ว ก็ไม่มีความจำเป็นจะต้องหน่วงเวลาระหว่าง RTS และ CTS

ขาที่ 6 และ 20 เป็นขา DSR และ DTR สัญญาณ DSR นั้น DCE ใช้แจ้ง DTE ให้รู้ว่าได้เปิดเครื่องรออยู่แล้ว และก็ไม่ได้ปฏิบัติตัวอยู่ในโหมดทดลอง (T e st mode) กล่ าวคือ ชุดสาร (Communication set) นั้นเตรียมพร้อมอยู่แล้ว สัญญาณ DTR นั้นใ ช้เพื่อ DTE แจ้ง DECในการพร้อมที่จะตอบรับการสื่อสารที่จะมีผ่านเข้ามาแล้ว

ขาที่ 8 เป็น ขาที่ใช้ในการตรวจจับการรับของสัญญาณจากสาย บางครั้งอาจ เรียกว่า Data Carrier Detect แทนคำว่า Carrier Detect ที่ใช้ในตารางที่ 2.3 การส่งข้อมูลโดยตรงระหว่าง DTE ต่อ DTE ขาที่ 8 นั้นปกติจะถูกต่อโดยตรงกับขาที่ 20

ขาที่ 22 เป็นขา RI (Ring Indicator) สัญญาณนี้เป็นสัญญาณที่ DEC บอก DTE ว่ามีการเรียกโทรศัพท์เข้ามาตามปกติ โมเด็มจะถูกออกแบบให้เสมือนต่อโดยตรงอยู่กับสายโทรศัพท์ในกรณีที่โมเด็มเป็นแบบตอบรับอัตโนมัติ โมเด็มจะมีความสามารถในการตรวจรับสัญญาณ เรียกเข้ามาทางโทรศัพท์ได้ และจะส่งสัญญาณ RI สู่ DTE ในขณะที่มีสัญญาณเรียก (Ringing tone) เข้ามา และโมเด็มจะทำการตอบรับ โดยการจัดวงจรเสมือนมีการยกหูโทรศัพท์ รับ เมื่อได้คำสั่งจาก DTE ซึ่งปกติ DTE จะสั่งให้โมเด็มตอบรับการสื่อสารนั้นโดยใช้สัญญาณ DTE ส่งผ่านขาที่ 20 ปกติสำหรับเครื่องคอมพิวเตอร์เล็ก ๆ ตามท้องตลาดมักจะเกี่ยวข้องอยู่กับขาขั้วต่อ 10 ขาที่กล่าวมาแล้วข้างต้นเป็นสำคัญ ขาอื่น ๆ นั้นจะมีความสำคัญรองลงไป

ขาที่ 15,17,21 และ 24 นั้นจะให้เมื่อทำงานแบบซิงโครนัส เพราะทางด้านส่งจะต้องส่งข้อมูลบางอย่าง (0 หรือ 1) ที่แต่ละช่องเวลาบิท (Bit time) โมเด็มจะควบคุมจังหวะสัญญาณนาฬิกาจาก DTE และ ในทำนองเดียวกันโมเด็มที่ทำหน้าที่ทับก็จะต้องส่งบิทข้อมูล และจังหวะสัญญาณนาฬิกาที่ร่วมมาด้วยกันออกมาด้วย ขาที่ 15 และ 17 จะใช้สนองความต้องการเหล่านี้ และในกรณีที่สัญญาณควบคุมผ่านขาที่ 21 นั้น จะใช้เพื่อแสดงว่าคลื่นพาห์ที่รับเข้ามานั้นมีคุณสมบัติเป็นไปตามเงื่อนไขที่ได้กำหนดไว้ก่อนแล้ว

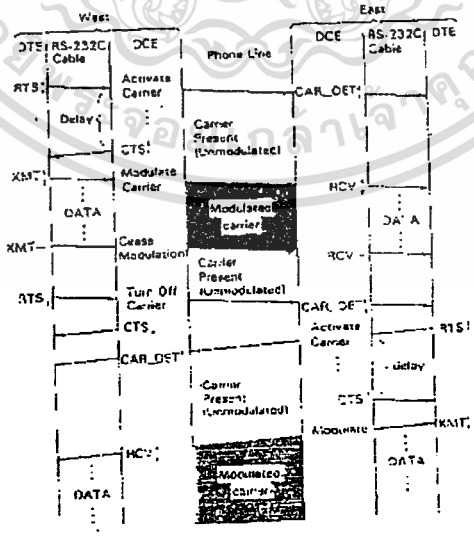
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาที่ 23 ใช้เพื่อส่งสัญญาณเลือกอัตราการส่งสัญญาณข้อมูล ในกรณีที่เป็นแบบชนิดที่สามารถเปลี่ยนอัตราส่งข้อมูลนี้ จะแจ้งให้ทั้ง DTE ด้านส่งและด้านรับให้บอก DTE ด้านรับอีกต่อหนึ่ง

ขาที่ 12,13,14,16 และ 19 เป็นขาสัญญาณที่ใช้กับช่องสัญญาณรอง โมเด็มเครื่องจะมีช่องสัญญาณใช้สองช่อง คือ ช่องสัญญาณหลัก และช่องสัญญาณรอง ขาสัญญาณทั้ง 5 ขาของช่องสัญญาณรองนั้น มีหน้าที่เหมือนกันกับหน้าที่ทางช่องสัญญาณหลัก แตกต่างกันแต่อัตราการส่งสัญญาณทางช่องสัญญาณรองนั้น ปกติมักจะช้ากว่าอัตราการส่งของช่องสัญญาณหลัก และช่องสัญญาณรองนั้น จะมีทิศทางการส่งสัญญาณสวนกันกับทิศทางของช่องสัญญาณหลัก

2.4.4 การควบคุมคลื่นพาห์และการส่งข้อมูล

กระบวนการควบคุมคลื่นพาห์ และการส่งข้อมูล สามารถอธิบายให้เข้าใจได้ง่าย โดยใช้ตามรูปที่ 2.27 ในรูปนี้ เราใช้เครื่องหมายลูกศรที่พุ่งขึ้นท้ายตัวอักษรย่อแสดงถึงการเปิดส่งสัญญาณ และใช้เครื่องหมายอักษรพุ่งลงแสดงการปิดเลิกสัญญาณ เครื่องหมายอักษรสองหัวชี้ขึ้น และลงแสดงถึงการเริ่มรับส่งข้อมูลการส่งข่าวสาร และการตอบรับได้แสดงโดยลูกศรที่พุ่งผ่านข้ามช่องการสื่อสาร โดยเวลาที่ผ่านไปนั้นแสดงโดยการเคลื่อนลงในแนวดิ่งของรูปไดอะแกรมนั้น เครื่องหมายขีด (-) แสดงสถานะสงบ (Quiescent)



รูปที่ 2.27 การควบคุมคลื่นพาห์ในระบบฮาลฟดูเพล็กซ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

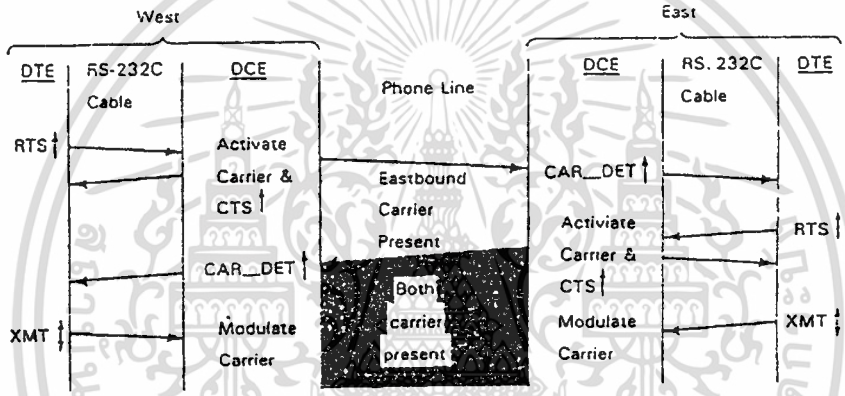
เราเริ่มต้นด้วย DTE ด้านตะวันตกกระตุ้น DCE ด้วยสัญญาณ RST ทำให้ DEC ส่งคลื่นพาห์ไปกระตุ้น CAR - DET ด้านตะวันออก ให้แจ้งให้ DTE ด้านตะวันออกรู้ตัวหลังจากหน่วงเวลาประมาณ 150 มิลลิวินาที DCE ด้านตะวันตกจะส่ง CTS ไปแจ้ง DTE ว่าพร้อมแล้วจึงได้มีการส่งข้อมูลเกิดขึ้น ข้อมูลจะถูกมอดดูเลทกับคลื่นพาห์ส่งไปยังสถานีตะวันออก เมื่อสถานีตะวันตกส่งข้อมูลหมด ก็จะปิด RTS ลง คลื่นพาห์ก็จะถูกปิดพร้อมกับ DCE ก็จะปิดตัด CAR - DET ลงด้วย ในตอนนี้ถ้า DTE ของสถานีตะวันออกต้อง การส่งข้อมูลไปถึงสถานีด้านตะวันตกบ้างก็จะต้องปฏิบัติกระบวนการเหมือนกันกับกระบวน การที่สถานีด้านตะวันตกได้กระทำแล้วทุกประการ จะเห็นว่าการสื่อสารแบบที่ได้อธิบายอยู่นี้เป็นการสื่อสารที่ เรียกว่า ฮาล์ฟดูเพล็กซ์

ในระบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์นี้จะต้องมีการกลับทิศทางการส่งสัญญาณและในการกลับทิศทางการสื่อสารนี้ คลื่นพาห์ในระบบจะต้องถูกจัดส่งใหม่ เพราะคลื่นพาห์จะต้องออกจากเครื่องส่งเสมอ ปรากฏการณ์สลับทิศทางของคลื่นพาห์มีศัพท์เฉพาะ เรียกว่า " ส ายวกกลับ " (line turn around) ซึ่งจะเกิดขึ้นในระบบฮาล์ฟดูเพล็กซ์ เป็นปกติ ดังที่ได้อธิบายมาแล้วว่าการที่ DCE จะตอบรับสัญญาณ RTS จาก DTE ด้วย CTS นั้นจะต้องหน่วงเวลาไว้ก่อนประมาณ 150 มิลลิวินาที ดังนั้นการวกกลับสายแต่ละครั้งจะต้องใช้เวลาไม่น้อยกว่า 150 มิลลิวินาที และในระบบสื่อสารข้อมูลระยะไกล (long - distance data call) จะเกิดการสะท้อน (echo) ของสัญญาณอยู่เป็นปกติ ในการที่จะวกกลับสายได้จะต้องรอให้คลื่นพาห์ที่เกิดจากการสะท้อนลดหายไปก่อนด้วย ซึ่งจะต้องรอเวลาประมาณ 150 มิลลิวินาที ดังนั้นช่วงเวลาการวกกลับสายนี้จะทำให้ประสิทธิภาพในการใช้สายลดลงเป็นอย่างมาก เวลา 150 มิลลิวินาทีอาจจะดูเล็กน้อย แต่ลองพิจารณาถึงระบบที่ใช้อัตราส่งข้อมูล 9,600 บิท/วินาที ที่ใช้รหัสอักษรซิงโครนัสที่มีความยาว 8 บิท เราจะพบว่าจำนวนอักษรที่ส่งต่อวินาที คือ 9,600/8 = 1,200 อักษร/วินาที ดังนั้นในเวลา 150 มิลลิวินาที เป็นเวลาที่ส่งตัวอักษรได้เท่ากับ 1,200 x 0.15 = 180 ตัวอักษร จะเห็นได้ว่าในช่วงเวลาการวกกลับสายนี้ทำให้การส่งอักษรช้าลงไปถึง 180 ตัวอักษร ซึ่งปกติแล้ว ข้อมูล 180 ตัวอักษรนี้ จะเป็นขนาดของบล็อกตัวอักษรที่ใช้กันในการสื่อสารข้อมูลธรรมดา ดังนั้นจึงนับว่าการวกกลับสายนั้นจะลดประสิทธิภาพการใช้สายลงมากซึ่งเหตุ ดังกล่าวนี้เองในการส่งข้อมูลที่มีความเร็วสูงจึงนิยมทำการล่างในระบบฟูลดูเพล็กซ์

ในระบบฟูลดูเพล็กซ์ไม่มีการวกกลับสาย เพราะว่าคลื่นพาห์ที่ใช้กันสถานีละความถี่จึงสามารถที่จะรักษาคลื่นพาห์ให้มีอยู่บนสายการสื่อสารได้ตลอดเวลาที่ทำการสื่อสาร เมื่อไม่มีการเปลี่ยนส่งคลื่นพาห์ก็จึงไม่มีความจำเป็นในการสลับสาย สถานภาพการส่งข้อมูลระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฟลูดูเพล็กซ์แบบหนึ่งมีลักษณะแสดงในรูปที่ 44 ตามรูปนี้ สถานีด้านตะวันตกได้เริ่ม การสื่อสารโดยการส่ง RST ไปก่อน DEC ด้านตะวันตกเมื่อรับสัญญาณ RST ก็จะส่งคลื่นพาห์หลักไปสู่ DCE ด้านตะวันออกตรวจพบคลื่นพาห์บนสาย DCE ก็จะส่ง CAR - DET ไปยัง DTE ด้านเดียวกัน DTE ด้านตะวันออกเมื่อได้รับ CAR - DET ก็จะส่ง RST กลับมายัง DCE ให้ส่งคลื่นพาห์รองไปสู่ DCE ด้านตะวันตก พร้อมกับส่ง CTS มายัง DTE ด้านตะวันออกด้วย เมื่อ DCE ด้านตะวันตกตรวจจับคลื่นพาห์รองได้ ก็จะส่ง CAR-DET ไปบอก DTE ด้านตะวันตกว่าได้มีการจัดระบบคลื่นพาห์บนสายการสื่อสาร เรียบร้อยแล้วจากช่วงเวลานี้ การสื่อสารข้อมูลก็จะเริ่มต้นได้พร้อมกันทั้งสองสถานี



รูปที่ 2.28 การควบคุมคลื่นพาห์ของระบบฟลูดูเพล็กซ์

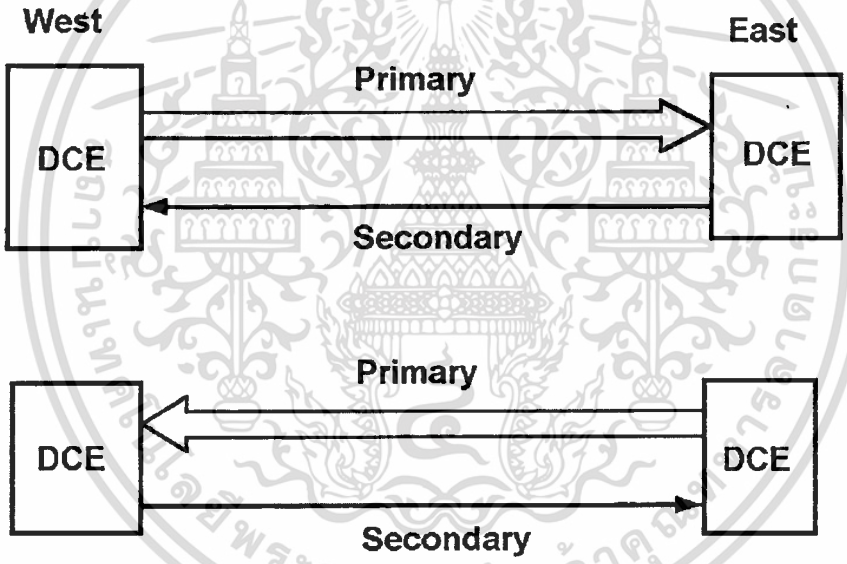
เพราะคลื่นพาห์จะปรากฏมีอยู่บนสายตลอดเวลา ที่ทำการสื่อสารจึงไม่มีปรากฏการณ์สายวกกลับอันเป็นเหตุให้ประสิทธิภาพใน การใช้สายเสียไป จึงสามารถปรับปรุงเวลาของการส่งผ่านข้อมูลเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก

2.4.5 ช่องสัญญาณรอง

ดังได้กล่าวมาแล้วในหัวข้อ 2.7.3 ว่าหน้าที่ของช่องสัญญาณรองจะคล้าย ๆ กับหน้าที่ของช่องสัญญาณหลัก ช่องสัญญาณรองนี้ปกติจะมีบอดเรท (baud rate) ต่ำกว่าบอดเรทของช่องสัญญาณหลัก และใช้ในทิศทางสวนกันกับทิศทางของช่องสัญญาณหลัก ดังนั้นจึงมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่ออีกอย่างหนึ่งว่าช่องย้อนกลับ (reverse channel)อาจทำการสับเปลี่ยนการใช้ช่องสัญญาณได้สองแบบดังใน รูปที่ 2.29 ช่องสัญญาณหลัก (แสดงโดยลูกศรใหญ่) เป็นฮาล์ฟดูเพล็กซ์ และถูกควบคุมด้วยวิธีการเหมือนกับที่ได้อธิบายมาแล้ว เครื่องส่งที่ใช้คลื่นพาห์รองจะถูกขัดสลัก (inter lock) กับคลื่นพาห์รองของสถานีนั้น จะไม่มีโอกาสทำปฏิบัติการขึ้นมาได้เลย (แม้นว่าสัญญาณ request to sent ของช่องสัญญาณรองจะถูกยืนยันขึ้นมาก็ตาม) อันนี้เป็นผลให้เกิดเรียกการส่งสัญญาณในระบบตาม รูปที่ 2.29 ว่าระบบดูเพล็กซ์สามในสี่ (threequarter-duplex) กล่าวคือ ระบบนี้มีการติดต่อกันได้ในสองทิศทางหนึ่ง จะมีความจุของการสื่อสารในช่องสัญญาณรองเพียง 5 บอดเท่านั้น ทั้งนี้เพราะวัตถุประสงค์ของการใช้ช่องสัญญาณรองก็เพียง เพื่อที่จะใช้ในการตอบรับ การติดต่อเกี่ยวกับเรื่องการควบคุมการไหลของสัญญาณ (flow control) การควบคุมความผิดพลาด (error control) หรือการส่งสัญญาณควบคุมเท่านั้น



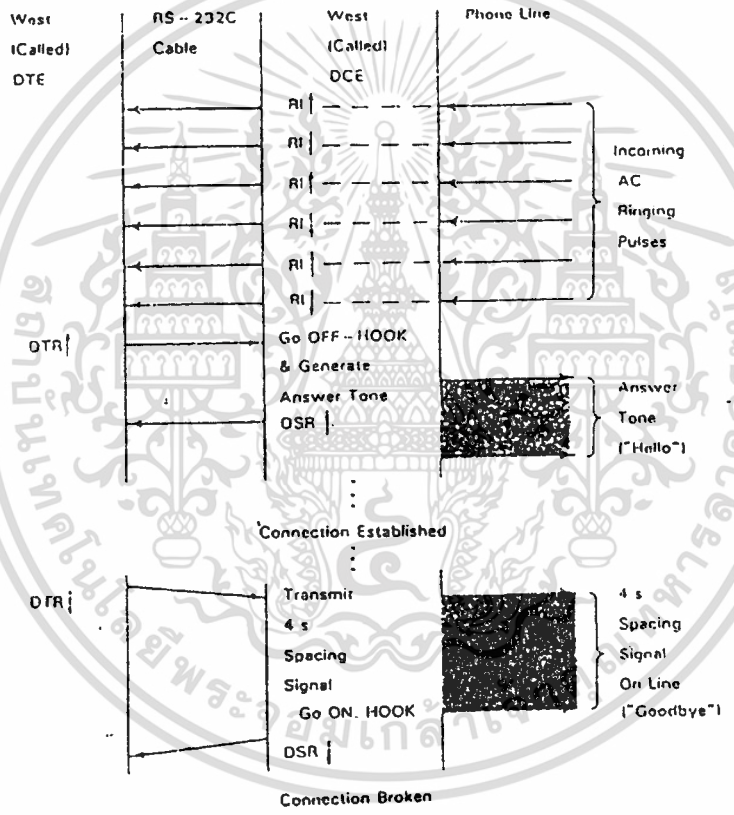
รูปที่ 2.29 การสลับสถานะ แบบที่มีช่องย้อนกลับ

2.4.6 การตอบรับอย่างอัตโนมัติ

ในการตอบรับการติดต่ออย่างอัตโนมัติ เราอาจจัดระบบโดยการอาศัยสัญญาณบนขา DSR DTR และ RI มาใช้ประโยชน์โดยมีแผนภูมิเวลาการทำงานดังรูปที่ 2.30 ในรูปนี้เราสมมุติว่ามีการเรียกจากสถานีตะวันออกมายังสถานีตะวันตก สัญญาณกระดิ่งโทรศัพท์จะทำให้ DCE ด้านตะวันตกตรวจจับสัญญาณกระดิ่งได้ และส่งสัญญาณ RI ไปหา DTE ด้านตะวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตก เพื่อบอกว่ามีการติดต่อเข้ามาเมื่อสัญญาณ RI ได้รับการยืนยัน 3 ครั้ง ถ้า DTE ด้านตะวันตกพร้อมจะรับข้อมูลมันก็จะตอบรับด้วยการยืนยันสัญญาณ DTE มายัง DCE ด้านตะวันตก DCE จะตัดต่อวงจรเพื่อเลียนแบบการยกหูโทรศัพท์พร้อมกับส่งสัญญาณตอบรับ (answer tone) ซึ่งปกติจะเป็นสัญญาณรูปไซน์ความถี่ประมาณ 2,000 Hz ติดต่อกันประมาณ 2 วินาที ไปยัง DCE ด้านตะวันออกและจากนั้นก็จะยืนยันด้วยสัญญาณ DSR กลับไปยัง DTE ด้านตะวันตก เพื่อบอกให้ DTE รู้ว่าข่ายการสื่อสารได้ถูกต่อให้เรียบร้อยจากนี้ ก็จะเป็นกระบวนติดต่อข้อมูลกันระหว่าง สถานีด้านตะวันออก และ ด้านตะวันตก



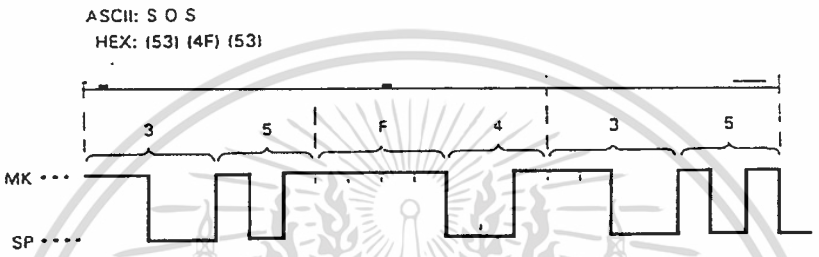
รูปที่ 2.30 DTE การควบคุมการตอบรับและหยุดการติดต่อการเรียกทางโทรศัพท์

ในกระบวนการที่จะยกเลิกการใช้ข่ายสาย DTE ออก DCE ก็จะส่งสัญญาณเป็นสเปสไป 4 วินาที เพื่อบอกลาสถานีคู่สื่อสารว่าการติดต่อได้เสร็จสิ้นแล้วแล้วจะตัดสัญญาณ DSR ออกเพื่อเป็นการแจ้งให้ DTE จองตัวเองรู้ว่าได้ยกเลิกสายการติดต่อเรียบร้อยแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.7 การให้จังหวะเวลาแก่วงจรซิงโครนัส

เราได้กล่าวถึง รูปแบบข้อมูลซิงโครนัสมาบ้างแล้ว ข้อดีของระบบซิงโครนัสก็คือ ลดเวลาว่างระหว่างการส่งตัวอักษรลงตัวอย่างส่วนหนึ่งของสัญญาณข้อมูลซึ่งตรงกับอักษร SOS ในระบบรหัสแอสกี้มีลักษณะดังแสดงในรูปที่ 2.31 จะเห็นได้ว่าเพราะไม่มีขีดแบ่งระหว่างรหัสตัวอักษรอย่างชัดเจน ดังนั้นถ้าหากข้อมูลติดต่อกันมายาวๆ เช่น 200 ตัวอักษร ก็จะมีปัญหาเกิดขึ้น ทั้งนี้เพราะไม่มีการใช้บิทเริ่มต้นเหมือนอย่างในระบบซิงโครนัส



รูปที่ 2.31 รูปแบบข้อมูลเนื้อความแอสกี้แบบซิงโครนัส

ในระบบอะซิงโครนัส บิทเริ่มต้นจะมีหน้าที่ที่สำคัญ 2 ประการ คือ

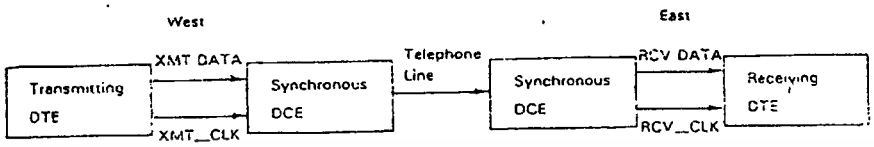
1. แยกตัวอักษรออกเป็นหน่วยที่บ่งชัดออกมา
2. ทำให้เกิดความสัมพันธ์ระหว่างสัญญาณนาฬิกาที่ใช้ในชิพรีจิสเตอร์ภาครับกับจุดกึ่งกลางบิท ของข้อมูลที่มีเข้ามา

เพื่อจะให้ระบบซิงโครนัสทำงานได้จะต้องมีการแก้ปัญหา 2 ประการ ที่เกิดจากการตัดบิทเริ่มต้นออกไปให้ได้ การแก้ปัญหาแรกเป็นเรื่องของการจัดระบบโปรโตคอลให้เหมาะสม ปัญหาที่สองจะปล่อยให้เป็นเรื่องของซิงโครนัส และ RS-232C อินเตอร์เฟส

ซิงโครนัส DTE จะมีอุปกรณ์ที่แปลงสัญญาณแบบลำดับเป็นสัญญาณแบบขนานคล้ายกับ UART ในระบบซิงโครนัสเพราะฉะนั้นจะต้องมีการอาศัยชิฟรีจิสเตอร์ และสัญญาณนาฬิกาสำหรับเลื่อนข้อมูล ในการส่งและรับข้อมูลตามตารางที่ 2 นั้นจะมีสายสัญญาณนาฬิกาภาคส่ง และภาครับอยู่ สัญญาณนาฬิกาภาคส่งจาก DTE จะใช้เลื่อนข้อมูลจากซิงโครนัส DCE ไปสู่สายการสื่อสารตามจังหวะนาฬิกานั้น และสัญญาณนาฬิกาภาครับจาก DCE จะต้องมีค่าเท่ากับสัญญาณนาฬิกาภาคส่งพอดี เพื่อเลื่อนข้อมูลเข้าสู่ DTE ภาครับได้อย่างถูกต้อง

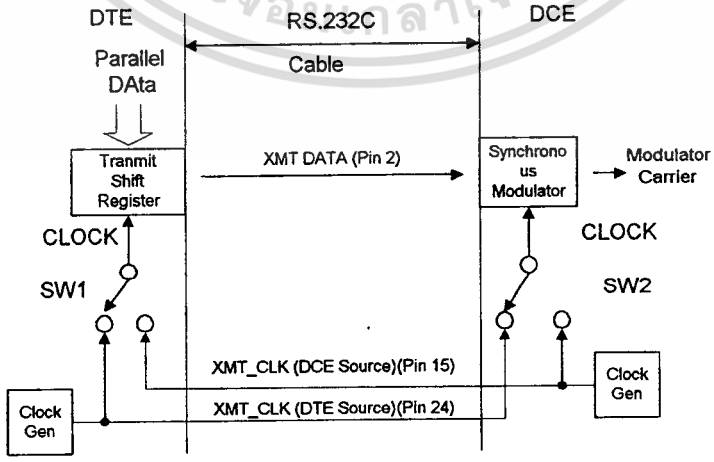
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่จุดกึ่งกลางบิทพอดี ปัญหาก็เกิดขึ้นว่าจะมีการส่งสัญญาณนาฬิกานี้ไปในสาย การสื่อสารระหว่าง DCE ได้อย่างไร เพราะสายการสื่อสารมีอยู่คู่เดียวดังแสดงใน รูปที่ 2.32 ปัญหานี้ได้แก้โดยอาศัยเทคนิคการมอดดูเลชั่น ที่จะบรรจุทั้งสัญญาณข้อมูลและ สัญญาณนาฬิกาบาดคลื่นพาห์คลื่นเดียวกันจากเครื่องส่งไปยังเครื่องรับ



รูปที่ 2.32 ผังการทำงานของการส่งระบบซิงโครนัส

เกี่ยวกับอินเตอร์เฟสดังที่กล่าวมาแล้วจะเห็นได้ว่าจะมีรูปแบบให้จัดการได้อย่างหลากหลายตามรูปที่ 2.32 สัญญาณนาฬิกาภาคส่งบนอินเตอร์เฟส RS-232C ระหว่าง DTE และ DCE ด้านตะวันตกต้องเป็นสัญญาณที่ใช้กับข้อมูลภาคส่งใน DTE ด้านตะวันตก ตามรูปที่ 10 นี้ เราใช้สัญญาณนาฬิกานี้ผ่านสายที่ต่อขาที่ 24 คือ Transmit clock (DTE source) ของ RS-232C แต่อย่างไรก็ตามในบางกรณีอาจใช้สัญญาณนาฬิกาจาก DCE ในการควบคุม การขับข้อมูลของ DTE ก็ได้ ดังนั้นในกรณีนี้เราอาจจะใช้ขา Transmit clock (DTE source) ซึ่งเป็นขาที่ 15 ของRS - 232C แทนขาที่ 24 ปกติแล้วจะมีการต่อสวิตช์ดังแสดงในรูปที่ 2.33 เพื่อให้ผู้ใช้เลือกแหล่งกำเนิดสัญญาณนาฬิกาได้



รูปที่ 2.33 การเลือกขา Trans clock ของ ซิงโครนัสโมเด็ม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้สัญญาณนาฬิกาจาก DCE มีข้อได้เปรียบอยู่บ้างเล็กน้อย คือ เราสามารถทำการเปลี่ยนสวิตช์ไปยังบอดเรทที่แตกต่างกันออกไปได้ โดยที่ DTE ไม่ต้องถูกจัดระบบใหม่

2.4.8 ข้อจำกัดของ ES - 232C

ตัวประกอบหลัก 3 อย่าง ที่จำกัดการใช้งานของการอินเตอร์เฟส RS - 232C ก็คือ ระยะทางอัตราส่งข้อมูล และ สัญญาณรบกวน

ระยะทาง

ในเคเบิล RS - 232C ค่าความจุไฟฟ้า ระหว่างสายสัญญาณต่าง ๆ กับสายกราวด์เป็น พารามิเตอร์หลักที่จำกัดระยะทางการใช้เคเบิ้ลนั้น ตามข้อกำหนดมีว่าค่าความจุไฟฟ้าที่มองไปจากวงจรขับ (drive) จะต้องไม่เกิน 2,500 pF การเพิ่มระยะทางของเคเบิ้ล ก็จะเพิ่มค่าความจุไฟฟ้า ที่มาเป็นภาระของวงจรขับธรรมดาเคเบิ้ลที่ใช้อยู่จะมีความจุไฟฟ้า 2,500 pF ที่ความยาวประมาณ 50 ฟุต (15 เมตร)

อัตราส่งข้อมูล

ข้อกำหนดที่ชัดเจนอีกอย่างหนึ่ง คือ อัตราสัญญาณจะต้องไม่เกิน 20,000 บิท / วินาที ปัญหานี้ก็เกี่ยวข้อง กับค่าความจุไฟฟ้าของสายเคเบิ้ลอีกเช่นกัน RS - 232C นั้นได้กำหนดค่าความต้านทานทางอินพุทของวงจรภาครับไว้ค่อนข้างสูง (3,000 - 7,000 โอห์ม) เราจะเห็นค่าความต้านทานนี้ จะจำกัดอัตราการประจุ และการคายประจุของเคเบิ้ลคาปาซิเตอร์ ทำให้เกิดการวน (round) ที่ขอบของสัญญาณและ เกิดความผิดเพี้ยนที่อัตราข้อมูลสูง การขอบหน้า (leading edge) จะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ค่าเวลาบิดผิดไป

ค่าจำกัดนี้ แตกต่างไปจากทางปฏิบัติเล็กน้อย เพราะที่เร็วที่สุดนั้นทำงานที่อัตรา 19,200 บิท / วินาที และส่วนใหญ่จะมีอัตราส่งสัญญาณต่ำกว่าอัตราดังกล่าวนั้น แต่วงจร RS - 232C จะไม่สามารถใช้ได้ในกรณีนั้น

สัญญาณรบกวน

สัญญาณรบกวนจะทำให้สัญญาณข้อมูลผิดพลาดได้มีสาเหตุจากแหล่งกำเนิด 2 แบบ คือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. กำเนิดสัญญาณเทียมนี้ ได้แก่ มอเตอร์ไฟฟ้า สถานีส่งวิทยุ และหลอดฟลูออเรสเซนท์ เป็นต้น

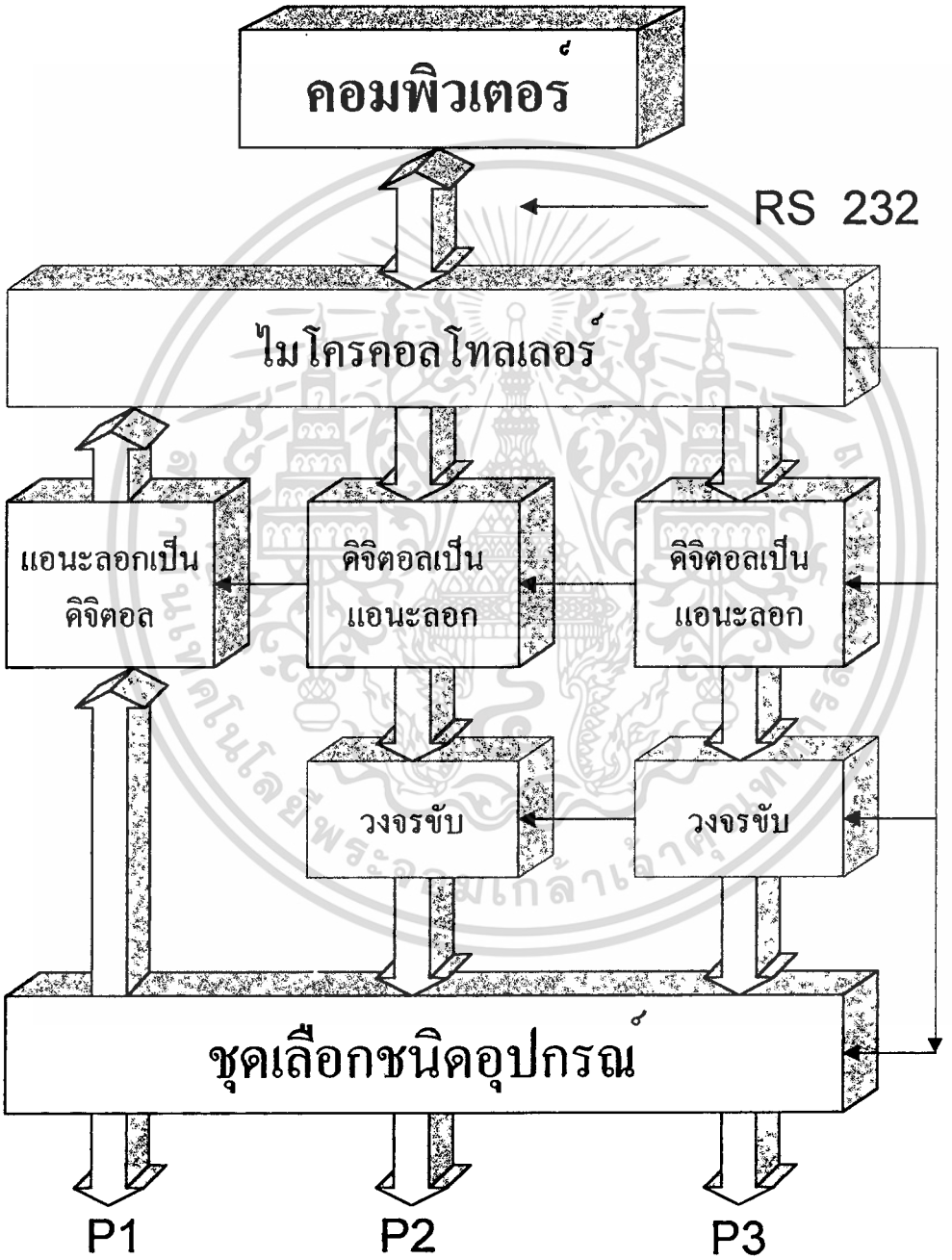
2. แหล่งกำเนิดภายใน เช่น ถ้าสายกราวด์ของสัญญาณรวม (common return signal) เกิดไม่เป็นตัวนำที่สมบูรณ์ คือ ความต้านทานไม่เป็นศูนย์ การกระจายของกระแส จากสายสัญญาณต่าง ๆ ที่ใช้สายกราวด์รวมกันนี้ จะทำให้เกิดศักย์ไฟฟ้าในลักษณะต่าง ๆ ตกคร่อมสายกราวด์ สัญญาณรวมนี้และ ส่งผลไปที่ภาครับสัญญาณ ในลักษณะที่เป็นตัวก่อสัญญาณรบกวนเพิ่มขึ้น จากสาเหตุดังกล่าวทั้ง 2 ประการนี้ เมื่อสายเคเบิ้ลยาวมากขึ้นก็จะก่อให้เกิดสัญญาณรบกวนมากขึ้น สายที่ยาวจะทำตัวคล้ายสายอากาศที่ดีที่คอยจับสัญญาณรบกวนเข้ามา และจะมีความต้านทานสูงขึ้นอันเป็นเหตุให้เกิดสัญญาณรบกวนเพิ่มขึ้น

ข้อกำหนดใหม่ได้รับการปรับปรุงทำให้ลดจุดอ่อนของ RS - 232C ลงไม่มากก็น้อย เช่น การใช้วงจรอินเตอร์เฟส สมดุลย์ (balanced interface circuit) เข้ามาแทน วงจรอินเตอร์เฟสไม่สมดุลย์ (unbalanced interface circuit) วงจรสมดุลย์นั้น ใช้สายคู่ตีเกลียวสำหรับสัญญาณแต่ละสัญญาณ และแนวการออกแบบวงจรภาคส่งและภาครับที่ ต่างไปจากวงจรไม่สมดุลย์ วงจรที่ไม่สมดุลย์นั้นใช้สายเพียงเส้นเดียวสำหรับแต่ละสัญญาณและใช้สายกราวด์ร่วมกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบและการสร้าง

3.1 ผังการทำงานของเครื่อง CT



รูปที่ 3.1 ผังการทำงานของเครื่อง CT

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 ส่วนประกอบของเครื่อง CT

จากผังการทำงานของเครื่อง CT (รูปที่ 3.1) จะเห็นว่า เครื่อง CT นั้นมีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 6 ส่วน ดังนี้คือ

3.2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

- ใช้ทำหน้าที่เลือกอุปกรณ์และสภาวะต่าง ๆ ทางอินพุทและเอาท์พุทของอุปกรณ์ที่ผู้ใช้ต้องการวัดออกมาเป็นเส้นคุณสมบัติของอุปกรณ์ที่เลือกนั้น โดยเลือกผ่านทางกราฟฟิคที่ใช้ติดต่อกับผู้ใช้สามารถใช้เมาส์และสภาวะต่าง ๆ ทางอินพุทและเอาท์พุทของอุปกรณ์ หรืออาจจะใช้แป้นพิมพ์ได้บ้างบางส่วน

- ใช้ทำหน้าที่นำข้อมูลที่เลือกจากกราฟฟิค ส่งให้ไมโครคอนโทรลเลอร์ผ่านทางพอร์ทอนุกรม RS - 232C เพื่อทำการประมาวลผลในการพล็อทเส้นคุณสมบัติของอุปกรณ์ต่อไป

- ใช้ทำหน้าที่รับข้อมูลที่ส่งมาจากส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ผ่านทางพอร์ทอนุกรม RS-232C และนำข้อมูลที่ได้รับนั้นมาพล็อทเส้นคุณสมบัติของอุปกรณ์ออกทางจอมอนิเตอร์ของคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

- ใช้ทำหน้าที่จัดเก็บเส้นคุณสมบัติของอุปกรณ์ในลักษณะของกราฟฟิค เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ กับเส้นคุณสมบัติอื่น ๆ และสามารถพิมพ์ออกทางเครื่องพิมพ์ เพื่อจัดเป็นข้อมูลไว้อ้างอิงได้ และ ยังสามารถนำกราฟฟิคที่ได้จากการพล็อทนี้ไปจัดทำเอกสาร โดยใช้เวิร์ดโปรเซสเซอร์ หรือกราฟฟิคพรีเซนท์เตชั่น ได้โดยใช้คลิปบอร์ด

3.2.2 ไมโครคอนโทรลเลอร์

- ใช้ทำหน้าที่นำข้อมูลที่ได้รับจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลผ่านทางพอร์ทอนุกรม RS-232C มากระทำกระบวนการควบคุมการทำงานส่วนที่ใช้พล็อท เส้นคุณสมบัติของอุปกรณ์ดังต่อไปนี้

- ใช้ทำหน้าที่ป้อนข้อมูลที่กำหนดโดยคอมพิวเตอร์ ส่วนบุคคลทีละค่าให้ DAC ในส่วนที่เป็นแหล่งจ่ายให้กับส่วนอินพุทของอุปกรณ์ เช่น ขาเบส และ ขาเกต เป็นต้น เพื่อ DAC นั้นจะทำการแปลงข้อมูลดิจิตอลที่ป้อนให้ในแต่ละขั้นเป็นสัญญาณแอนะลอก ส่งให้วงจรขับทำการขับออกเป็นแหล่งจ่ายให้กับส่วนอินพุท

- ใช้ทำหน้าที่ป้อนข้อมูลที่กำหนดโดยคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลทีละค่าให้ DAC ในส่วนที่เป็นแหล่งจ่ายให้กับส่วนเอาท์พุทของอุปกรณ์ เช่น ขาคอลเลคเตอร์ ขาอีมิตเตอร์ ขาเดรน ขา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซอร์ส ขาอาโหนด และขาคาโถด เป็นต้น เพื่อที่ DAC นั้นจะทำการแปลงข้อมูลดิจิตอลที่ป้อนให้ในแต่ละขั้น เป็นสัญญาณแอนะลอก ส่งให้วงจรขับออกเป็นแหล่งจ่ายให้เอาท์พุท

- ใช้ทำหน้าที่รับข้อมูลจากส่วนของ ADC แล้วนำไปเก็บไว้ในหน่วยความจำชั่วคราว แล้วนำข้อมูลที่เก็บไว้นั้นส่งให้กับ คอมพิวเตอร์ทำการพล็อทกราฟคุณสมบัติของอุปกรณ์ต่อไป

- ใช้ทำหน้าที่เลือกชนิดของอุปกรณ์ ตามรหัสที่ควบคุมที่รับมาจากคอมพิวเตอร์ ส่วนบุคคล

3.2.3 วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอก

- ใช้ทำหน้าที่แปลงข้อมูลดิจิตอล ที่รับมาจากไมโครคอนโทรลเลอร์ เป็นสัญญาณแอนะลอก เพื่อป้อนให้วงจรขับทำการขับออกเป็นแหล่งจ่ายให้กับส่วนอินพุท และส่วนเอาท์พุทต่อไป

3.2.4 วงจรขับ

- ใช้ทำหน้าที่ขับสัญญาณที่รับมาจากวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอล เป็นสัญญาณแอนะลอก แล้วป้อนให้กับอุปกรณ์ทั้งส่วนอินพุท และเอาท์พุท

3.2.5 ชุดเลือกชนิดอุปกรณ์

- ใช้ทำหน้าที่เลือกชนิดของอุปกรณ์ที่จะวัดนั้นว่าเป็นชนิดใด เช่น เป็นทรานซิสเตอร์ เอ็นพีเอ็น เป็นทรานซิสเตอร์พีเอ็นพี เป็นไดโอด หรือเป็นชนิดอื่น เป็นต้น ซึ่งชุดเลือกอุปกรณ์นี้จะถูกควบคุมโดยไมโครคอนโทรลเลอร์ โดยที่ไมโครคอนโทรลเลอร์นั้นจะรับรหัสควบคุมจากคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลมากระทำการ

3.2.6 วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

- ใช้ทำหน้าที่แปลงสัญญาณแอนะลอกที่รับมาจากเซนเซอร์ ที่ใช้จับสัญญาณจากอุปกรณ์ที่นำมาทำการวัดเป็นข้อมูลดิจิตอล เพื่อป้อนให้วงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ รับข้อมูลไปเก็บไว้ในหน่วยความจำชั่วคราว แล้วส่งไปยังคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

3.3 การออกแบบในส่วนต่าง ๆ

ในการออกแบบส่วนต่าง ๆ นั้น จะต้องพิจารณารายละเอียดทางเทคนิคของระบบดังต่อไปนี้

คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

- ใช้ตระกูลไอบีเอ็มรุ่น 80386SX ขึ้นไปหรือใช้ร่วมกันได้
- หน่วยความจำอย่างน้อย 4 เมกกะไบท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ใช้ระบบปฏิบัติการ ดอส เวอร์ชั่น 3.0 ขึ้นไป และ ไมโครซอฟท์วินโดว์ เวอร์ชั่น 3.1 ไทยเอดิชั่น
- ใช้เนื้อที่ฮาร์ดดิสค์อย่างน้อย 5 เมกกะไบท์

ไมโครคอนโทรลเลอร์

- ใช้ตระกูล MCS - 51
- ใช้หน่วยความจำโปรแกรมขนาด 8 กิโลไบท์
- ใช้หน่วยความจำข้อมูลขนาด 8 กิโลไบท์
- ใช้พอร์ทอินพุทและเอาท์พุท ภายนอก 24 บิท และ ภายใน 8+2 บิท
- ใช้พอร์ทอนุกรม RS - 232C

วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอก

- ใช้ชนิด R - 2R ขนาด 8 บิท

วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

- ใช้ชนิดประมาณค่าขนาด 8 บิท

วงจรขับ

- ส่วนขับอินพุทขับได้ 0 - 25 โวลท์ 0 - 25 มิลลิแอมป์
- ส่วนขับเอาท์พุทขับได้ 0 - 25 โวลท์ 0 - 2 แอมป์

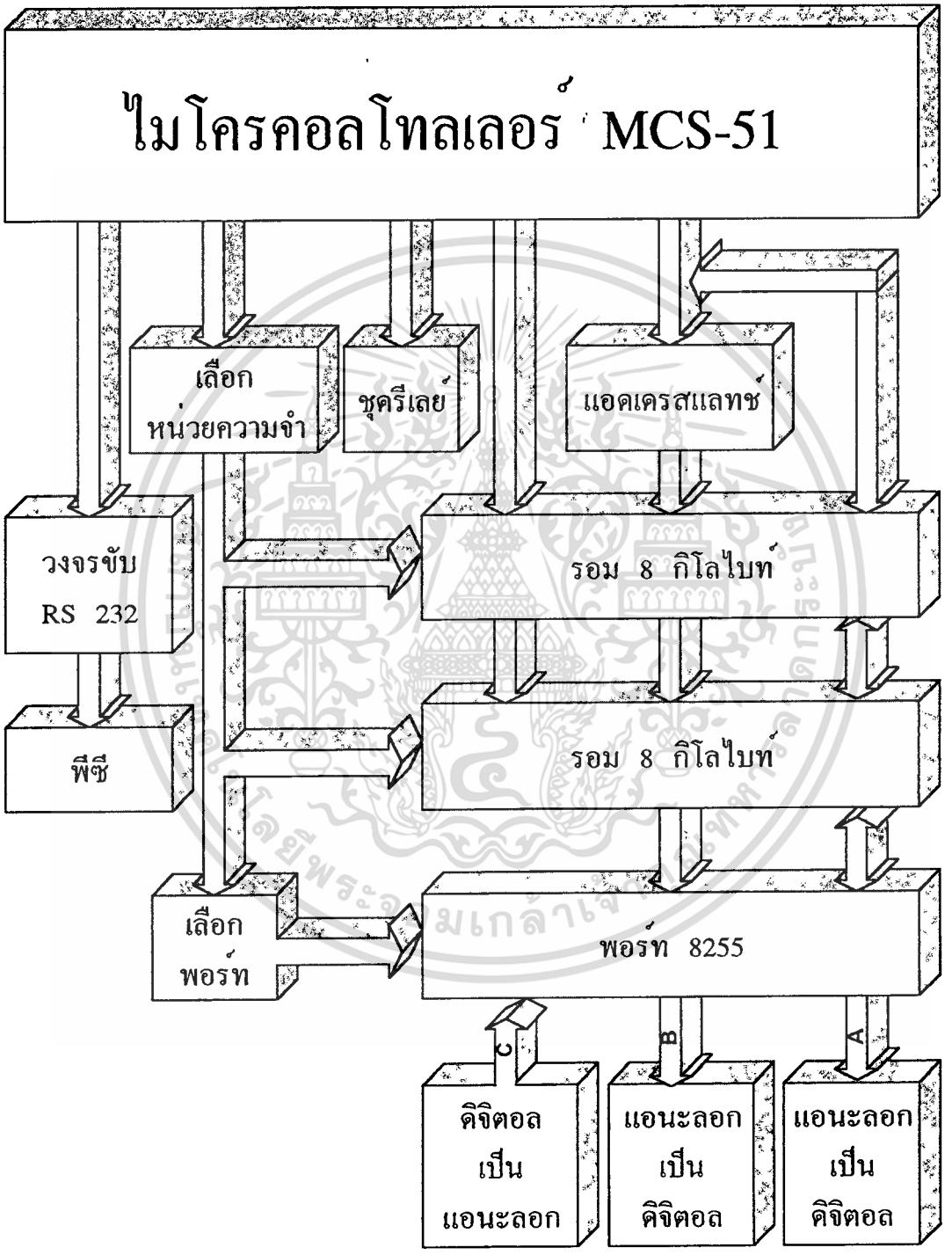
ชุดเลือกชนิดอุปกรณ์

- ใช้รีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.1 การออกแบบไมโครคอนโทรลเลอร์

ผังการทำงานในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

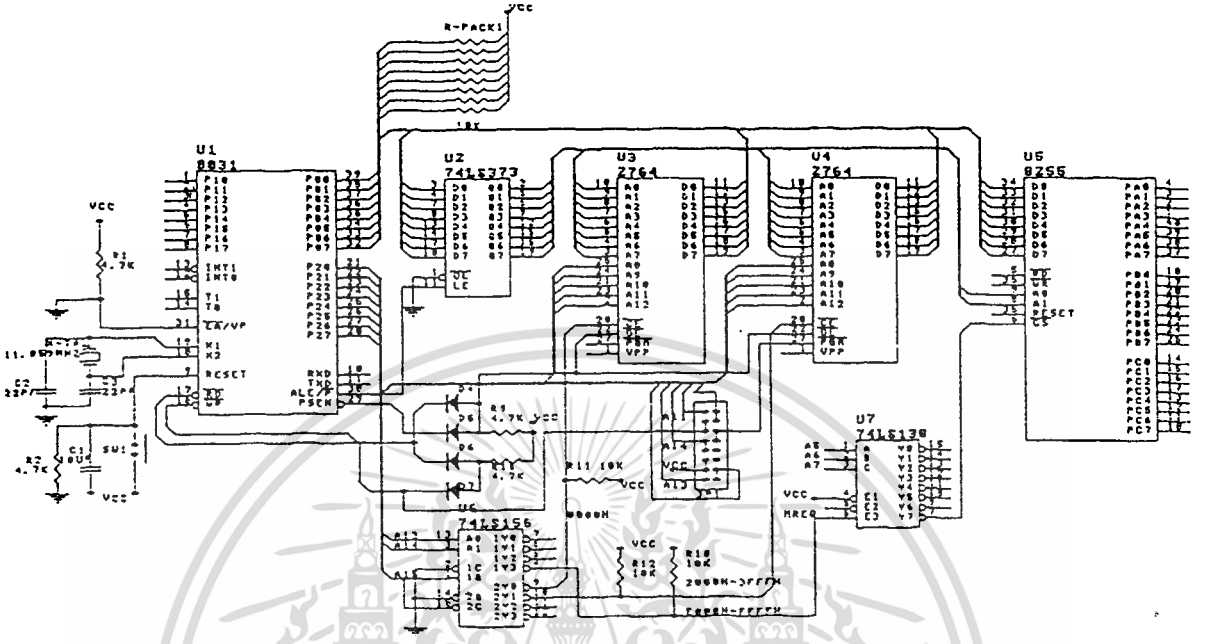


รูปที่ 3.2 ผังการทำงานในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม หน่วยความจำข้อมูล และพอร์ท

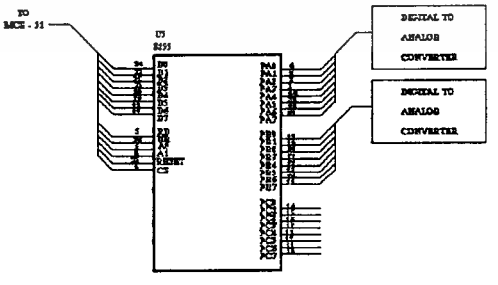
จากรายละเอียดทางเทคนิคที่กล่าวมาข้างต้น จำทำการเชื่อมต่อกับหน่วยความจำโปรแกรม หน่วยความจำข้อมูล และพอร์ท ได้ดังวงจรรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 การต่อไมโครคอนโทรลเลอร์ กับหน่วยความจำและพอร์ท

การเชื่อมต่อกับวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอก

ทำการเชื่อมต่อกับวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอกได้โดยผ่านพอร์ท A และ B ของ 8255 โดยให้วงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอก ส่วนอินพุทต่อกับพอร์ท A และวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอก ส่วนเอาท์พุทต่อกับพอร์ท B ดังรูปที่ 3.4

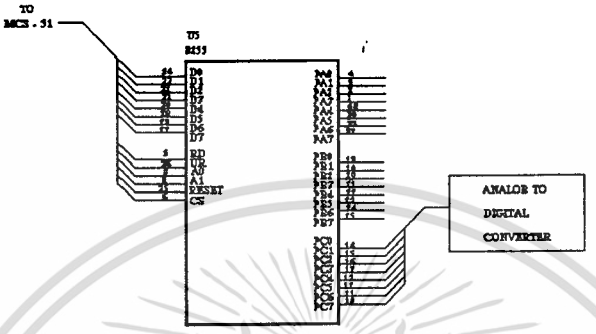


รูปที่ 3.4 การต่อวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอกไมโครคอนโทรลเลอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเชื่อมต่อกับวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล

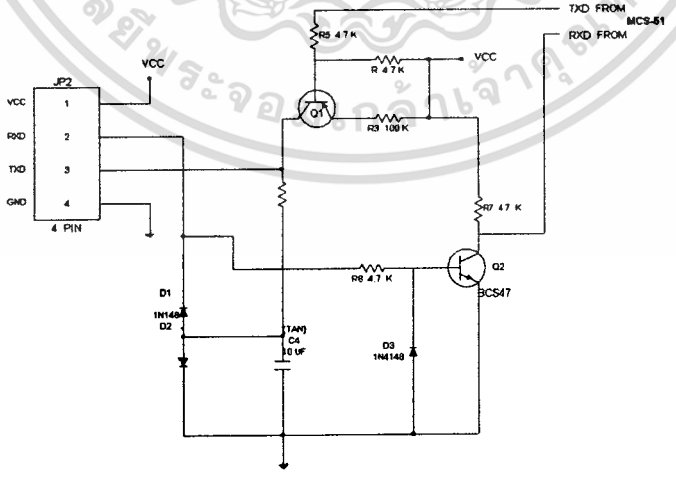
ทำการเชื่อมต่อกับวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลได้โดยผ่านพอร์ท C ของ 8255 ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การต่อวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลกับไมโครคอนโทรลเลอร์

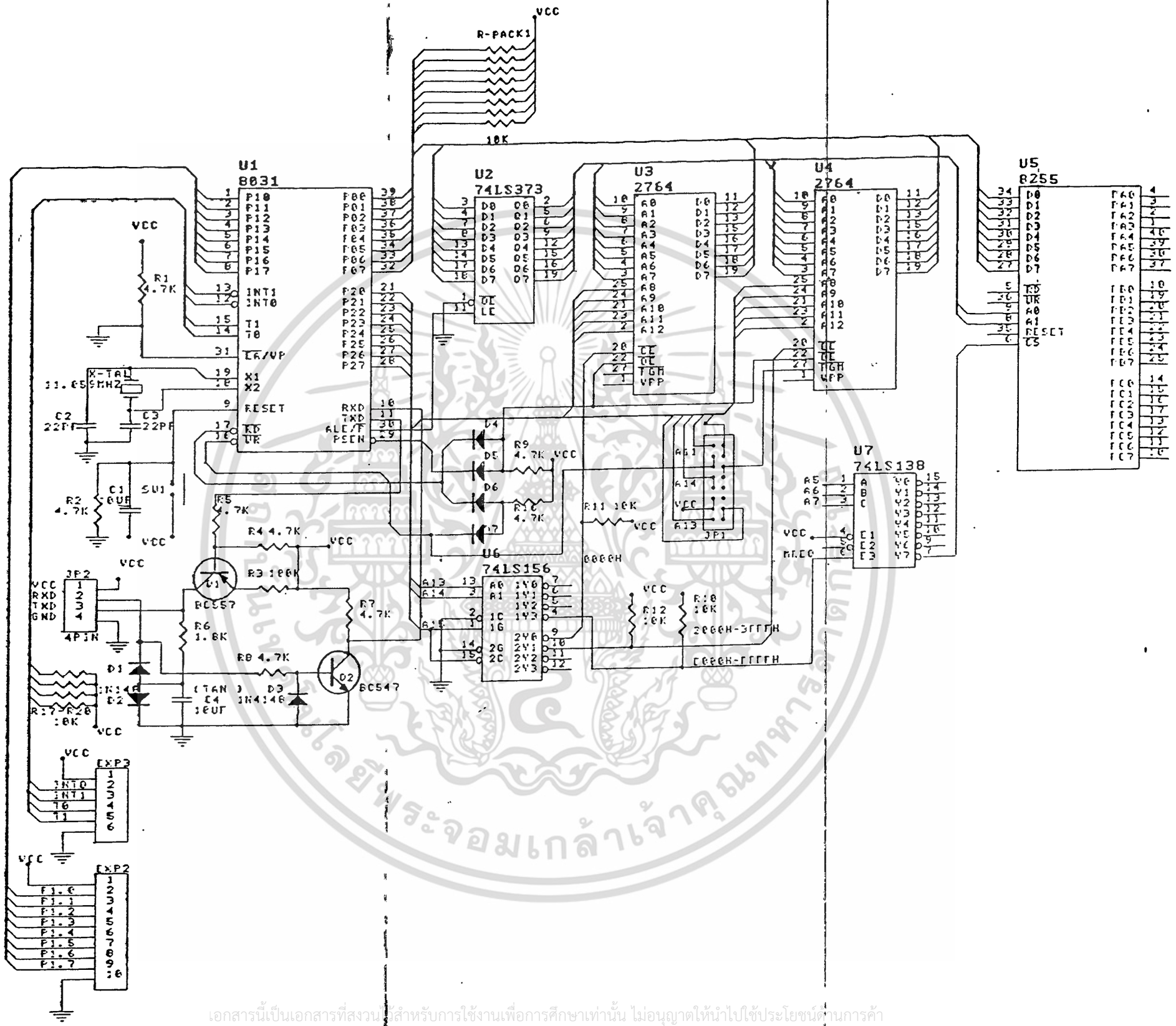
การออกแบบวงจรขับ RS - 232C

วงจรขับพอร์ทอนุกรม RS - 232C นั้นสามารถที่ใช้ทรานซิสเตอร์ขับทั้งรับและส่งได้ดังวงจรในรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 วงจรขับพอร์ทอนุกรม RS - 232C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

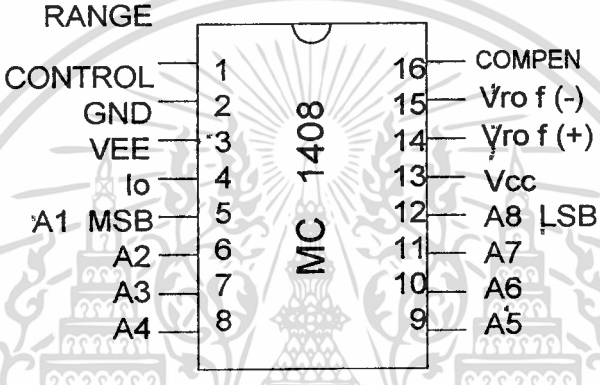


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

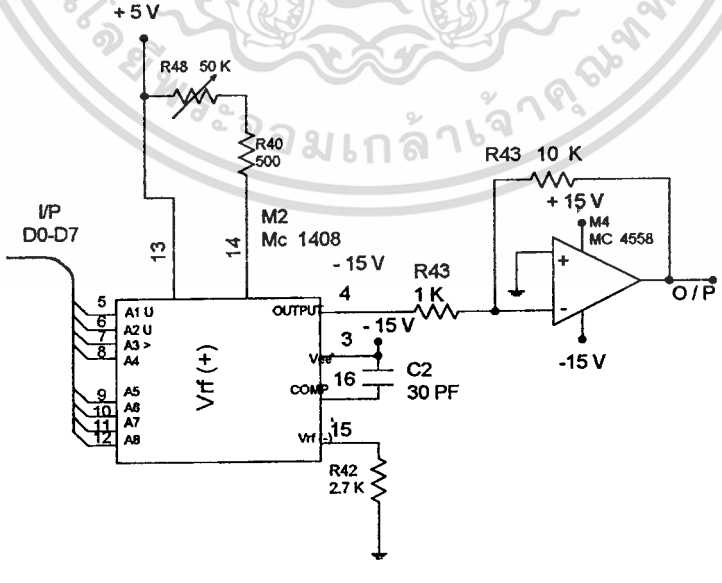
รูปที่ 3.7 วงจรสมบูรณ์ของไมโครคอนโทรลเลอร์ CURVETRACCER DISPLAY ON PC

3.3.2 การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอก

การใช้งานจริงนั้น วงจรสำหรับเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลเป็นสัญญาณแอนะลอก จะถูกรวมอยู่ในอุปกรณ์ตัวเดียวเช่น เบอร์ MC1408 ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ของโมโตโรล่าใช้สำหรับเปลี่ยนสัญญาณดิจิตอลขนาด 8 บิต เป็นสัญญาณแอนะลอก มีสัญญาณต่าง ๆ แสดงอยู่ในรูปที่ 3.8 และวงจรการใช้งานแสดงอยู่ในรูปที่ 3.9 ซึ่งเราสามารถปรับค่าของ Reference Voltage ให้เปลี่ยนแปลงไปได้ MC 1408 จะให้ output อยู่ในช่วงประมาณ 0 - 2 mA โดยจะมี op - amp เบอร์ 4558 ทำหน้าที่เปลี่ยนกระแสเป็นแรงดัน (Current to Voltage Converter) เพื่อทำให้ได้แรงดัน output อยู่ในช่วง 0 - 5 โวลท์



รูปที่ 3.8 สัญญาณต่าง ๆ ของ MC 1408 DAC



รูปที่ 3.9 วงจรใช้งานของ MC 1408 และ เบอร์ 4558

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บิทที่	7	6	5	4	3	2	1	0
รายละเอียด	-	-	TS_3	TS_2	TS_1	TS_0	VS_1	VS_0

บิท 0 และ 1 - ใช้เลือกอุปกรณ์ว่าใช้กับสัญญาณขนาดใดมี 3 ขนาดดังตารางที่ 3.2

บิท 2 3 4 และ 5 - ใช้เลือกชนิดของอุปกรณ์ ซึ่งมีด้วยกัน 10 ชนิด ดังตารางที่ 3.1

TS_3	TS_2	TS_1	TS_0	ชนิดของอุปกรณ์
0	0	0	0	ไม่ใช้
0	0	0	1	ทรานซิสเตอร์เอ็นพีเอ็น
0	0	1	0	ทรานซิสเตอร์พีเอ็นพี
0	0	1	1	เฟ็ทชนิดเอ็นแชนแนล
0	1	0	0	เฟ็ทชนิดพีแชนแนล
0	1	0	1	ไดโอดแบบไบอัสตรง
0	1	1	0	ไดโอดแบบไบอัสกลับ
0	1	1	1	เอสซีอาร์
1	0	0	0	ยูเจที
1	0	0	1	ไตรแอค
1	0	1	0	ไดโอด
1	0	1	1	ไม่ใช้
1	1	0	0	ไม่ใช้
1	1	0	1	ไม่ใช้
1	1	1	0	ไม่ใช้
1	1	1	1	ไม่ใช้

ตารางที่ 3.1 ความสัมพันธ์ของรหัสของบิท 2 3 4 และ 5 และชนิดของอุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น การนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ต้องได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษรจากมหาวิทยาลัยเท่านั้น

บิท 6 และ 7 - ไม่ใช้

VS_1	VS_0	ขนาด
0	0	ไม่ใช้
0	1	ขยายสัญญาณขนาดเล็ก
1	0	ขยายกำลังต่ำ
1	1	ขยายกำลังสูง

รูปที่ 3.14 รหัสควบคุมที่ใช้คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลป้อนให้ไมโครคอนโทรลเลอร์

บิทที่	7	6	5	4	3	2	1	0
	RY_9	RY_8	RY_7	RY_6	RY_5	RY_4	RY_3	$RY_{1\&2}$

รายละเอียด

บิท P1.0 - ใช้ควบคุมรีเลย์ตัวที่ 1 และตัวที่ 2

บิท P1.1 - ใช้ควบคุมรีเลย์ตัวที่ 3

บิท P1.2 - ใช้ควบคุมรีเลย์ตัวที่ 4

บิท P1.3 - ใช้ควบคุมรีเลย์ตัวที่ 5

บิท P1.4 - ใช้ควบคุมรีเลย์ตัวที่ 6

บิท P1.5 - ใช้ควบคุมรีเลย์ตัวที่ 7

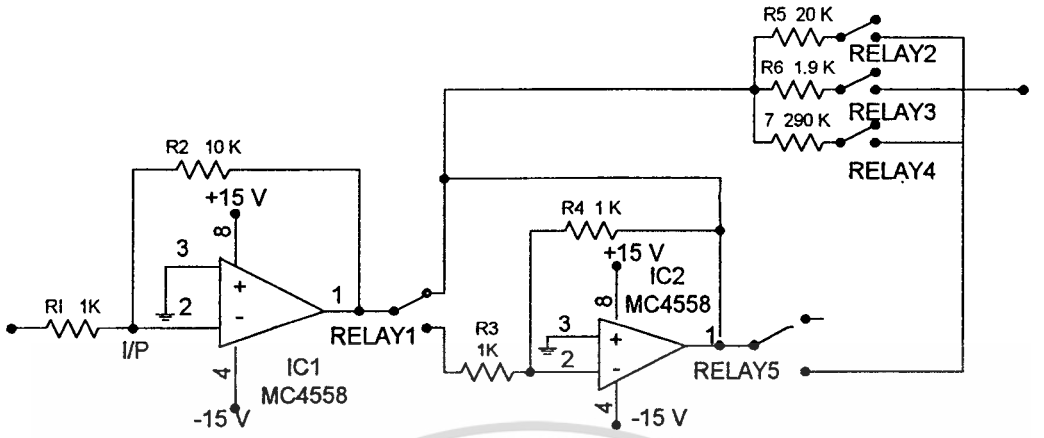
บิท P1.6 - ใช้ควบคุมรีเลย์ตัวที่ 8

บิท P1.7 - ใช้ควบคุมรีเลย์ตัวที่ 9

รูปที่ 3.15 รายละเอียดแต่ละบิทของพอร์ท 1 ที่ใช้ควบคุมรีเลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบวงจรจ่ายกระแส



รูปที่ 3.16 วงจรจ่ายกระแส

กรณีต้องการกระแสบวก

จากวงจรเอาท์พุทที่ได้จากไอซีเบอร์ 1408 ที่เป็นแรงไฟลบจะถูกป้อนให้กับวงจรขยายออปแอมป์แบบกลับเฟส จะได้เอาท์พุทที่เป็นแรงดันไฟลบจะผ่าน รีเลย์ ทางขา NC แล้วไปผ่าน Resister ที่ต่อเอาไว้ เพื่อเป็นย่านการเลือกกระแสซึ่งมีทั้งหมด 3 ย่าน คือ 2 μA/Step 20 μA/Step และ 200 μA/Step ซึ่งสามารถเลือกได้ตามความเหมาะสมกับตัวอุปกรณ์ที่จะนำมาวัด

กรณีต้องการแรงดันบวก

ก็กระทำได้โดยการสั่งให้ รีเลย์ ตัวที่ 2 ไปอยู่ในตำแหน่ง NO แรงดันที่ได้จากการขยายของออปแอมป์ก็จะออกไปทางดอาท์พุทที่ Port (P1) ทันที

กรณีที่ต้องการกระแสเป็นลบ

ก็จะกระทำได้โดยสั่งให้ รีเลย์ 1 ไปอยู่ในตำแหน่ง NO เพื่อที่จะให้นำเอาแรงดันที่เป็นบวกกับเฟส ที่ออปแอมป์ตัวที่ 2 ซึ่งมีเกณฑ์การขยายเท่ากับ 1 เท่า ก็จะได้แรงดันลบจากนั้นก็ให้ รีเลย์ 2 อยู่ที่ตำแหน่ง NC ก็จะสามารถเลือกย่านของกระแสได้เหมือนกัน

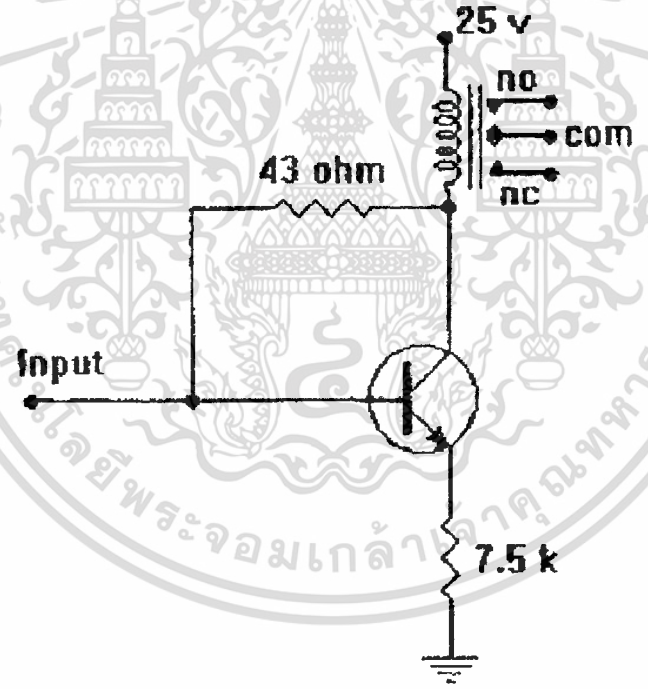
กรณีที่ต้องการกระแสเป็นลบ

ก็กระทำได้โดยการสั่งงานให้ รีเลย์ 1 อยู่ที่ตำแหน่ง NO รีเลย์ 2 อยู่ที่ตำแหน่ง NO รีเลย์ 3,4,5 อยู่ที่ตำแหน่ง NO แรงดันที่เป็นลบก็จะออกไปที่ P1 ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบวงจรควบคุมรีเลย์

วงจรสำหรับควบคุม รีเลย์ นั้นเราจะใช้ทรานซิสเตอร์เบอร์ C458 ทำหน้าที่เป็นสวิตช์ปิดเปิด รีเลย์ ทำงานโดยทรานซิสเตอร์นั้นจะรับสัญญาณมาป้อนให้ ขาเบสของทรานซิสเตอร์จากพอร์ทเอาท์พุทมีระดับแรงดัน 5 โวลท์ เป็นสัญญาณไฟ DC ไบอัส ทรานซิสเตอร์ทำงานมีผลทำให้ รีเลย์ ที่ต่ออยู่กับขา คอลเล็คเตอร์ทำงานด้วยดังแสดงไว้ ในรูปที่ 3.17 แสดงวงจรการต่อรีเลย์ ร่วมกับทรานซิสเตอร์เบอร์ C458 และขณะที่มีสัญญาณมาป้อนให้ขาเบสของทรานซิสเตอร์ จะทำงานในกรณีที่เราต้องการจะควบคุมไปให้รีเลย์ ทำงาน เราทำได้โดยการให้สัญญาณที่ป้อนขาเบสมีค่าเท่ากับ 0 โวลท์ หรือไม่ ป้อนสัญญาณจากพอร์ทนั่นเอง เราสามารถเลือกได้ว่าสั่งให้ รีเลย์ ตัวไหนทำงานก็ได้ โดยการนำสัญญาณจากพอร์ท 1 ของไมโครคอนโทรลเลอร์



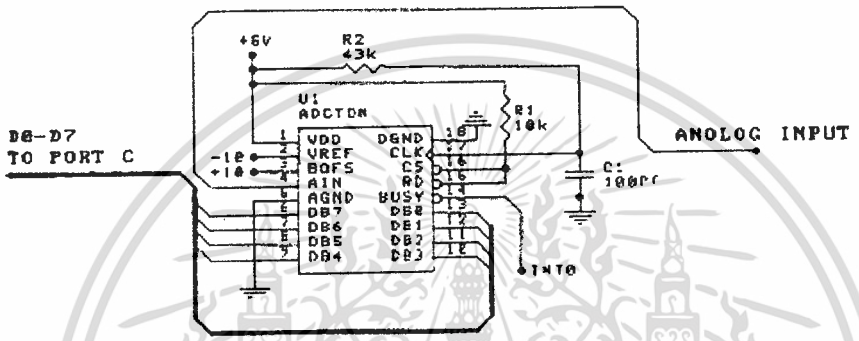
รูปที่ 3.17 วงจรควบคุม รีเลย์

จากวงจรจะเห็นได้ว่าเราใช้แรงดัน VCC ค่า 24 โวลท์ ไบอัสให้วงจรเนื่องจากว่า รีเลย์ ที่เรานำมาสร้างนั้นเป็นรีเลย์ ขนาด 24 โวลท์ กระแส 2 แอมป์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3.5 การออกแบบวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

ค่าแรงดันซึ่งได้จากการวัดค่าของอุปกรณ์ต่าง ๆ จะจ่ายให้กับอินพุทของไอซีเบอร์ ADC 908HP ซึ่งเป็นไอซีแปลงสัญญาณจากสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล ซึ่งสามารถควบคุม การเช็คสัญญาณ BUSY ซึ่งเป็นการเช็คว่าทำการแปลงเสร็จแล้ว หรือยัง ถ้าแปลงเสร็จแล้วก็จะให้ BUSY = 0 เมื่อเช็คว่า BUSY = 0 แล้วส่งค่า RD และ CS ให้เป็น "0" เพื่อที่จะอ่านค่าอื่นเข้ามาทำการแปลงเป็นดิจิตอลไปจนครบ



รูปที่ 3.18 วงจร ADC

ค่าที่เป็นเอาท์พุทดิจิตอลแล้วจะถูกส่งให้กับ RAM ใน MPU เพื่อที่จะส่งให้ PC ประมวลผลและพล็อทเป็นกราฟคุณสมบัติของอุปกรณ์แต่ละตัวต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

4.1 การทดลอง

1. การทดลองวัดคุณสมบัติทรานซิสเตอร์โดยตั้งค่าต่าง ๆ ดังตาราง

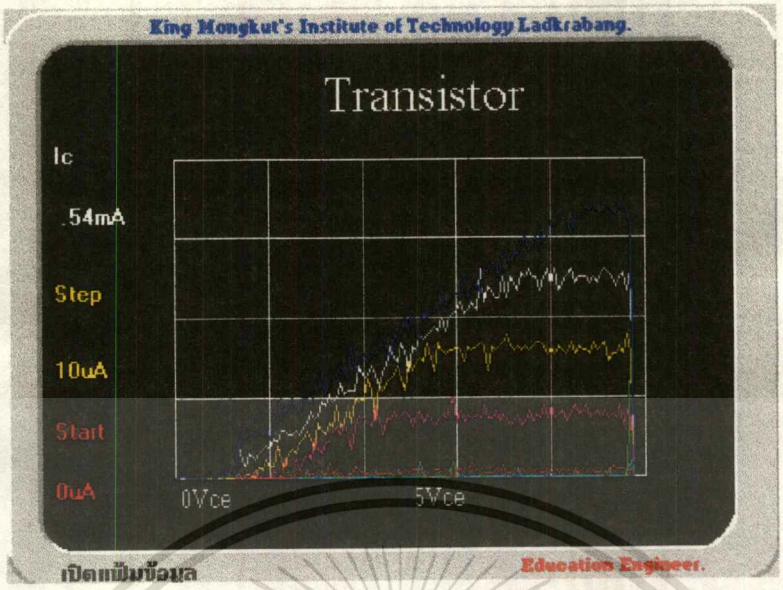
สวิตช์	ค่าที่เลือก
Device	Transistor
Polarity	NPN
Current Limit	Signal
Base Current/Gate Voltage	10 μA
Collector/Drain Sweep Voltage	10

ตารางที่ 4.1

เมื่อทำการกำหนดค่าต่าง ๆ ลงไปเพื่อที่จะทำการวัดของการทดลองตามตารางที่ 4.1 การกำหนดค่าครั้งแรกของการทดลอง ก็ควรจะกำหนดค่าให้ต่ำ ๆ ก่อน เพื่อป้องกันการเสียหายของอุปกรณ์ที่เรามาทำการวัด

ทำการรันโปรแกรมจากนั้นจะปรากฏรูปกราฟคุณสมบัติของทรานซิสเตอร์ออกมาทางจอคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะแสดงผลตรงบริเวณส่วนที่ได้ออกแบบเอาไว้ซึ่งท่านจะสามารถเห็นผลลัพธ์ที่ได้ ดังรูปที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



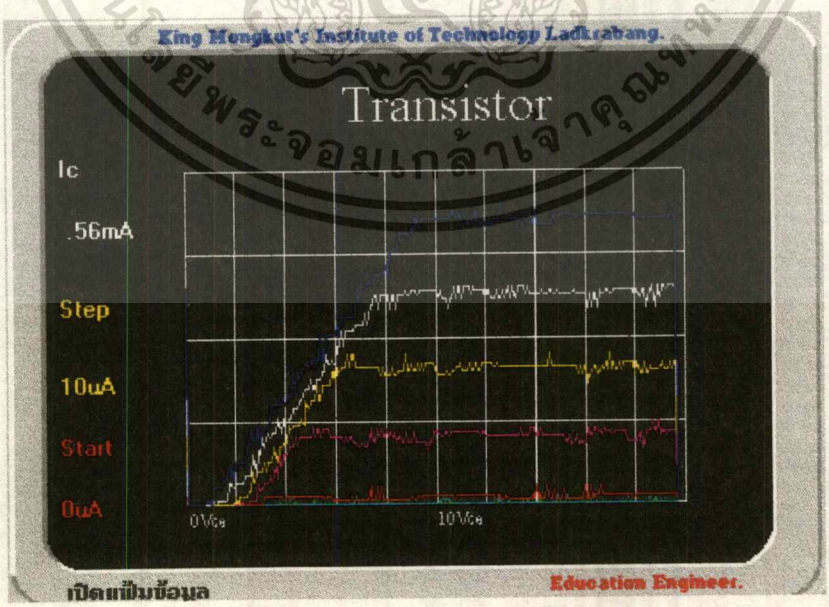
รูปที่ 4.1 กราฟคุณลักษณะทรานซิสเตอร์จากการวัดครั้งแรก

ผลปรากฏแสดงให้เห็นถึงความบกพร่อง 2 กรณี

กรณีแรก - การแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอล

กรณีที่ 2 - การรับส่งข้อมูลระหว่างบอร์ดควบคุมกับเครื่องคอมพิวเตอร์

ทำการแก้ไขวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นดิจิตอลใหม่ และแก้ไขโปรแกรมโดยเพิ่มหน่วยความจำชั่วคราวในการรับส่งข้อมูล ทำการทดลองอีกครั้งโดยใช้ค่าตามตารางเดิม

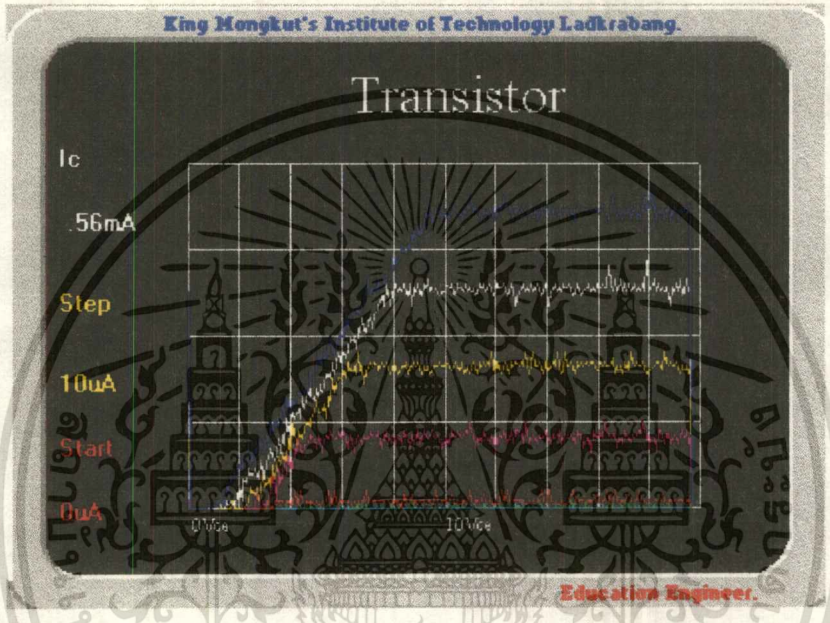


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น รวมทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 กราฟคุณลักษณะทรานซิสเตอร์หลังการแก้ไขข้อบกพร่อง

จากรูปที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าการแปลงสัญญาณดิจิตอลเป็นแอนะลอกและรับส่งข้อมูลใช้งานได้ดีพอสมควร

2. ทำการลดค่าสเตปของแหล่งจ่ายให้มีค่าน้อยลงโดยทำการลดลงจาก 256 ขั้นต่อเส้น เป็น 128 ขั้นต่อเส้น

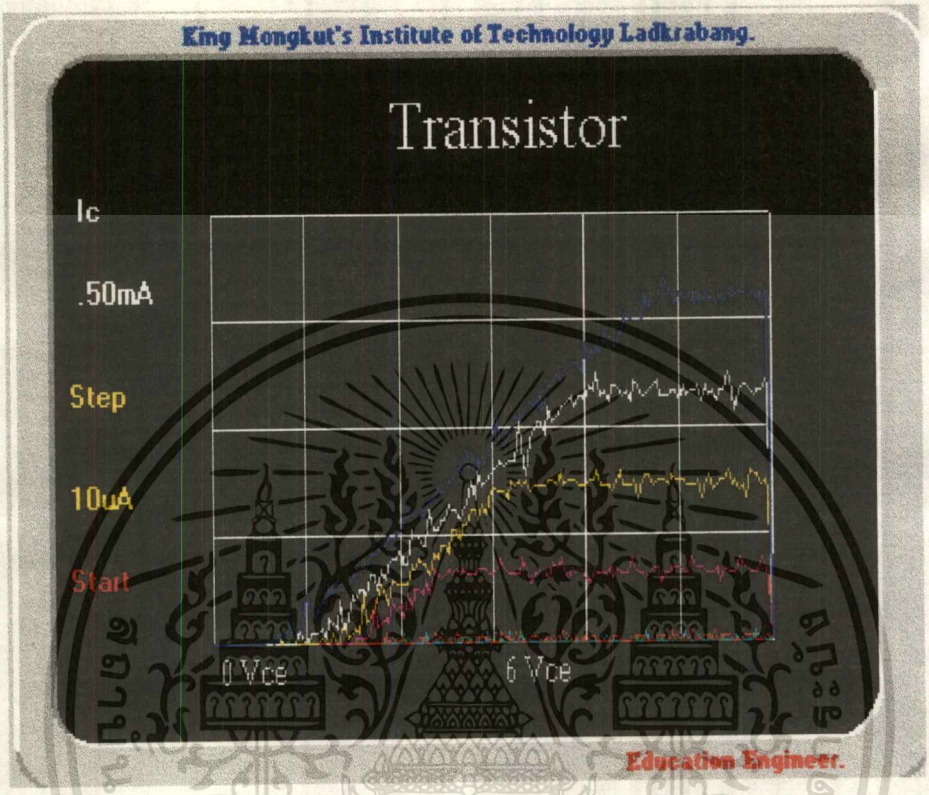


รูปที่ 4.3 กราฟคุณลักษณะทรานซิสเตอร์ที่ใช้ค่าสเตป 128 ขั้นต่อเส้น

แสดงให้เห็นว่าส่วนของกราฟบางส่วนจะลดลงไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ทำการเพิ่มค่าเริ่มต้นโดยตั้งค่าอื่น ๆ ตามตารางที่ 4.1

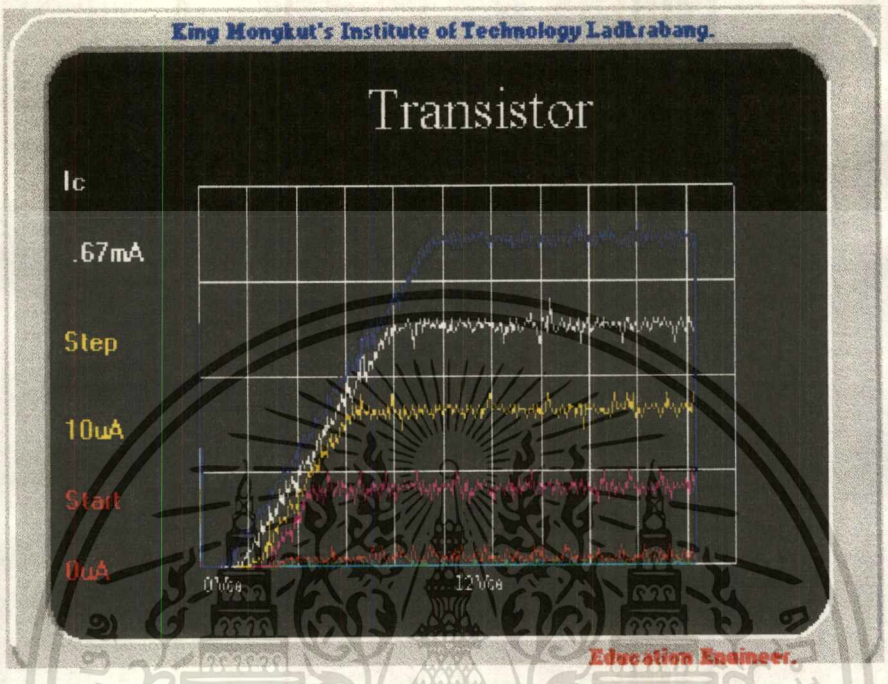


รูปที่ 4.4 กราฟคุณลักษณะทรานซิสเตอร์เมื่อเปลี่ยนแปลงค่าสตาร์ท

จะเห็นว่าการเริ่มต้นของเส้นกราฟจะสูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ทำการเพิ่มค่าอินพุทต่อสเตป โดยตั้งค่าอื่น ๆ ตามตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.5 กราฟคุณลักษณะทรานซิสเตอร์เมื่อเปลี่ยนแปลงอินพุทต่อสเตป

แสดงให้เห็นว่าเมื่อเราเพิ่มค่าอินพุทต่อสเตป ทำให้เส้นกราฟแต่ละเส้นมีความห่างกันมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทวิจารณ์ สรุป และแนวทางในการพัฒนา

5.1 บทสรุป

การสร้างเครื่องวัดกราฟคุณสมบัติของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ทำการแสดงผลโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์ ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จัดทำขึ้นเพื่อศึกษา และสร้างเครื่องวัดกราฟคุณสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำแสดงผล โดยไมโครคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพมีความสะดวกต่อการใช้งาน และราคาประหยัด ซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้กำหนดขอบเขตของเครื่องวัดกราฟคุณสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำแสดงผล โดยไมโครคอมพิวเตอร์ ที่ทำการจัดสร้างขึ้นดังต่อไปนี้

- สามารถสื่อสารข้อมูลผ่านทางพอร์ทอนุกรม (COM1 หรือ COM2) เพื่อลดจำนวนของสายสัญญาณ
- สามารถวัดคุณสมบัติของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำที่ทำงานในระดับแรงดันสูงถึง 25 V กระแสสูงสุด 2 A
- สามารถควบคุมการทำงานทั้งหมดโดยใช้คอมพิวเตอร์ โดยสามารถให้ความละเอียดได้ตามต้องการ
- สามารถวัดคุณสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำได้ ดังนี้ คือ ทรานซิสเตอร์ ไดโอด ซีเนอร์ไดโอด เอสซีอาร์ เฟท ไดแอค ไตรแอค
- สามารถบันทึกข้อมูล และแสดงผลทางเครื่องพิมพ์ เพื่อที่จะเก็บไว้อ้างอิงต่อไปได้

จากการที่ได้ทำการศึกษา ทดลอง และทำการสร้างเครื่องวัดกราฟคุณสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำแสดงผลโดยไมโครคอมพิวเตอร์ ปรากฏว่าผลเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่ง เพราะเครื่องวัดกราฟคุณสมบัติอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำ แสดงผลโดยไมโครคอมพิวเตอร์ ที่สร้างเสร็จนั้นผลเป็นไปตามขอบเขตที่วางไว้ในหลาย ๆ ด้าน และยังสามารถที่จะนำไปพัฒนาประสิทธิภาพได้อีกต่อไปในอนาคต

5.2 ปัญหาและแนวทางแก้ไข

ในระหว่างการทำปริญญานิพนธ์เกิดปัญหาและอุปสรรคขึ้นซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้ทำการรวบรวมปัญหาและแนวทางการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นไว้พอสังเขปดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัญหา

- ปัญหาทางด้านการทดลอง คือ ในการทดลองวงจรจะทำการทดลองโดยใช้มือเป็นตัวควบคุมวงจร แต่ในการใช้งานจริง จะใช้ไมโครคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุม ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูล

แนวทางการแก้ไข

- ต้องมีการคำนวณไว้ก่อนว่าค่าที่ป้อนให้กับวงจรนั้นจะใช้ค่าใดบ้าง แล้วจึงนำค่านั้นไปเขียนโปรแกรมควบคุม

ปัญหา

- ปัญหาในส่วนของคำสั่งของไมโครคอนโทรลเลอร์บางคำสั่งมีลักษณะคล้ายกัน เมื่อทำการแอสเซมเบลอร์แล้วจะไม่เกิดข้อผิดพลาดขึ้น แต่จะทำให้การทำงานไม่ตรงกับที่ต้องการ

แนวทางการแก้ไข

- เมื่อเขียนโปรแกรมเสร็จแล้ว ต้องพิจารณาคำสั่ง แต่ละคำสั่งให้ละเอียดว่าคำสั่งที่ใช้ตรงกับจุดประสงค์ที่ต้องการหรือไม่อีกครั้ง

ปัญหา

- ปัญหาทางด้านความเร็วในการแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลต่ำ

แนวทางแก้ไข

- ใช้วงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเปียสัญญาณดิจิตอล ที่มีความเร็วในการแปลงสัญญาณสูงกว่าเดิม

ปัญหา

- ปัญหาในส่วนของการสื่อสารข้อมูลระหว่างคอมพิวเตอร์กับไมโครคอนโทรลเลอร์ไม่ค่อยมีเสถียรภาพมากนัก เมื่อมีการรับส่งข้อมูลทีละมาก ๆ เนื่องจากใช้การสื่อสารแบบอะซิงโครนัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แนวทางแก้ไข

- เปลี่ยนการสื่อสารเป็นแบบซิงโครนัส หรือปรับปรุงให้การสื่อสารมีการตรวจสอบข้อมูลโดยอาจทำเป็นซอฟท์แวร์แฮนด์เช็คกิ้ง หรือฮาร์ดแวร์แฮนด์เช็คกิ้งก็ได้

ปัญหา

- การทำงานที่ล่าช้าของโปรแกรมเนื่องมาจากการทำงานในระบบปฏิบัติการวินโดว์ซึ่งมีการทำงานที่สลับซับซ้อนมาก

แนวทางการแก้ไข

- เราต้องนำฟังก์ชั่นมาตรฐานในวินโดว์ออกมาใช้ให้มากขึ้น (API) หรือ เปลี่ยนที่มีความไวมากกว่านี้มาใช้เขียนโปรแกรมแทน เช่น Visual C

5.3 แนวทางการพัฒนา

ทางคณะผู้จัดทำพยายามที่จะจัดทำปริญญานิพนธ์นี้ให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด เท่าที่จะทำได้ในระยะเวลา และงบประมาณที่จำกัด แต่ก็ยังมีสิ่งที่เป็นข้อจำกัดและจุดบกพร่องบางจุดที่ควรได้รับหารพัฒนาให้ดีขึ้นดังต่อไปนี้

1.ข้อจำกัดในการวัดอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำในปริญญานิพนธ์นี้สามารถวัดทรานซิสเตอร์ไดโอด ซีเนอร์ไดโอด ซึ่งสามารถออกแบบ และพัฒนาให้เครื่องมีขอบเขตความสามารถวัดอุปกรณ์ได้หลายตัวขึ้น โดยการพัฒนาทางด้านโปรแกรมในส่วนของการควบคุม และส่วนโปรแกรมการแสดงผล อีกทั้งต้องเพิ่มในส่วนของตัวเครื่องให้สามารถวัดอุปกรณ์ที่ใช้ในงานกระแสและแรงดันสูง ๆ

2. จะเห็นได้ว่าปริญญานิพนธ์ มีความสามารถวัดแรงดันที่ค่า 25 โวลท์ กระแสมีค่า 2 แอมป์ เราสามารถเพิ่มให้มีแรงดัน และกระแสสูงขึ้นได้โดยการเปลี่ยนชุดจ่ายไฟที่นำมาใช้ในการวัดให้มีค่าสูงขึ้น

3. ความเร็วในการแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอล ควรมีความเร็วมากกว่านี้ โดยการใช้วงจรแปลงสัญญาณแอนะลอก เป็นสัญญาณดิจิตอลที่มีความเร็วในการแปลงสัญญาณสูงกว่าเดิม เช่น เบอร์ ADC908HP

4. ในส่วนของไมโครคอนโทรลเลอร์ ควรใช้เบอร์ที่มีประสิทธิภาพมากกว่านี้ เช่น เบอร์ 68HC11 เพราะมีวงจรแปลงสัญญาณแอนะลอกเป็นสัญญาณดิจิตอลอยู่ในตัว จะทำให้มีประสิทธิภาพในการแปลงสัญญาณดีกว่าไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้อยู่ เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

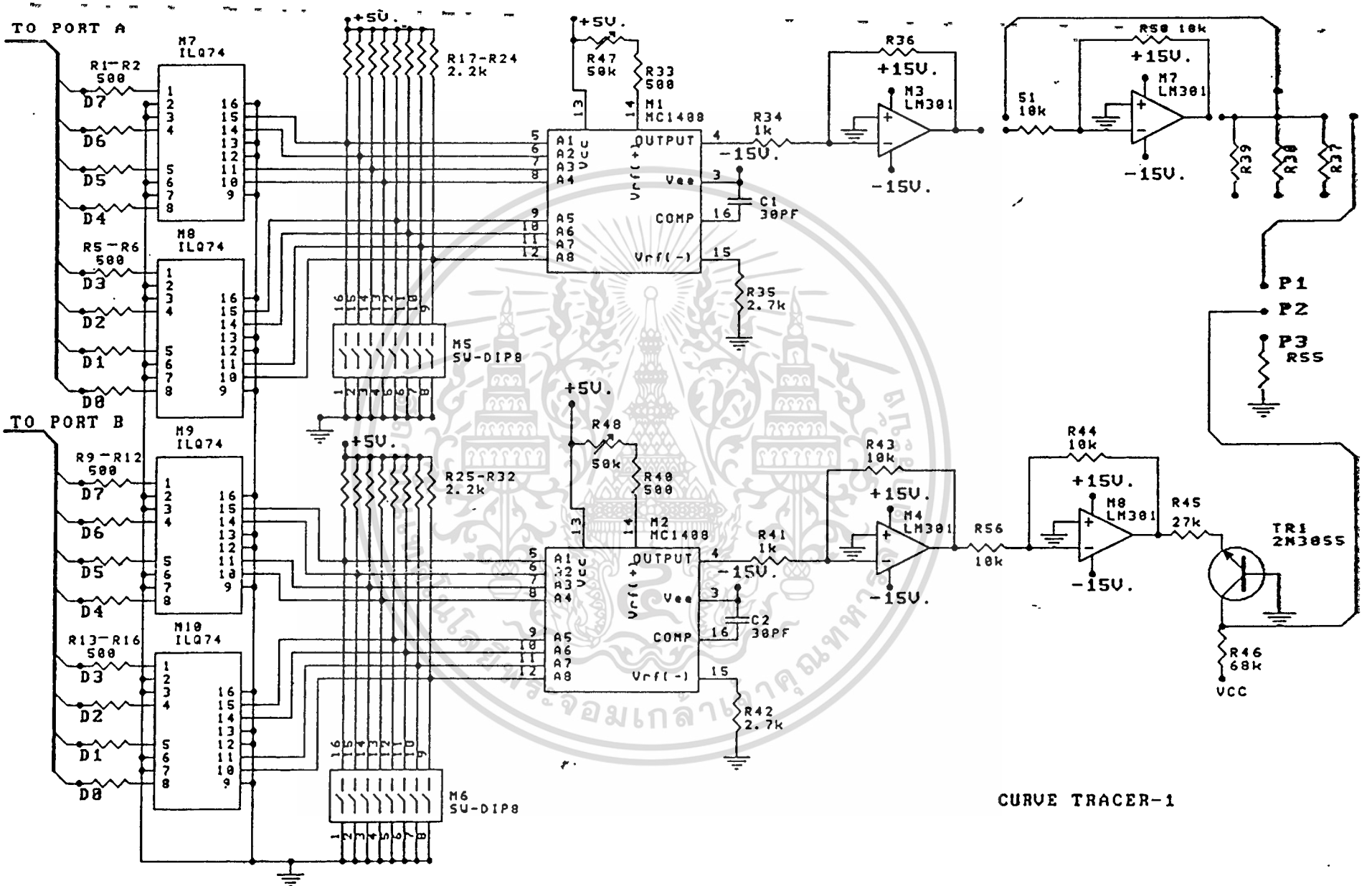
ภาคผนวก ก.

วงจรสมบูรณ์ของไมโครคอนโทรลเลอร์

และ

วงจรสมบูรณ์ของเครื่องวัดกราฟคุณสมบัติสารกึ่งตัวนำโดยไมโครคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


TO PORT A
TO PORT B
M7 ILQ74
M8 ILQ74
M9 ILQ74
M10 ILQ74
R1-R2 500
R5-R6 500
R9-R12 500
R13-R16 500
D7
D6
D5
D4
D3
D2
D1
D0
+5V.
R17-R24 2.2k
R25-R32 2.2k
M5 SU-DIP8
M6 SU-DIP8
R47 50k
R33 500
R48 50k
R40 500
M1 MC1408
M2 MC1408
OUTPUT
Vee
COMP
Vref(-)
C1 30PF
C2 30PF
R34 1k
R41 1k
R35 2.7k
R42 2.7k
-15V.
R36
R43 10k
R44 10k
R50 10k
51 10k
R56 10k
+15V.
M3 LM301
M4 LM301
M7 LM301
M8 LM301
R39
R38
R37
P1
P2
P3
R55
R45 27k
R46 68k
TR1 2N3055
VCC
CURVE TRACER-1

ภาคผนวก ข.

การใช้งานของเครื่องวัดกราฟคุณสมบัติสารกึ่งตัวนำโดยไมโครคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งาน

ของ

เครื่องวัดกราฟคุณสมบัติของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

1. นำอุปกรณ์ที่ต้องการจะวัดมาเสียบในช่องเสียบอุปกรณ์สำหรับวัดลงบนเครื่อง CT. ตรวจดูขาของอุปกรณ์นั้นให้เรียบร้อยก่อนที่จะเริ่มการทำงานแต่ละครั้ง

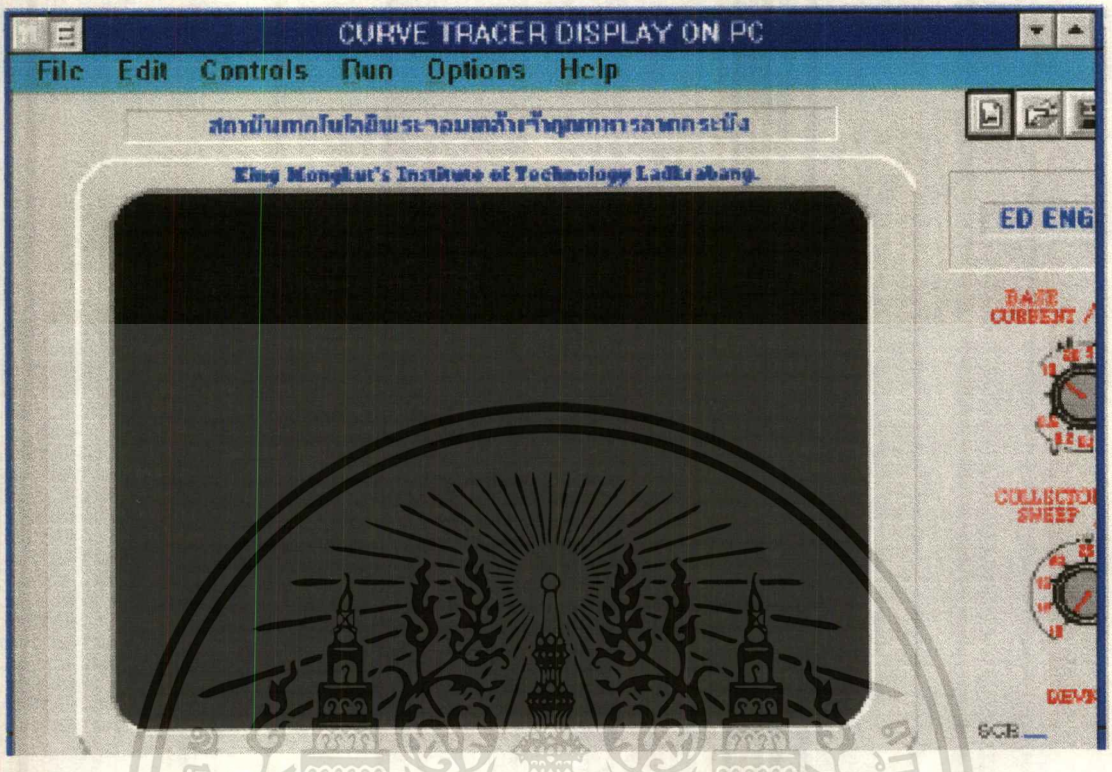
2. ตรวจดูสายต่อระหว่าง PC กับเครื่อง CT . ว่าถูกต้องเรียบร้อยหรือไม่ แล้วเปิดสวิตช์ของเครื่องเตรียมพร้อมที่จะทำงาน

3. เข้าสู่ระบบปฏิบัติการ วินโดว์ ดับเบิ้ลคลิ๊กที่ไอคอน CT. โปรแกรมจะแสดงโลโกออกมาดังรูป

โลโกการทำงาน

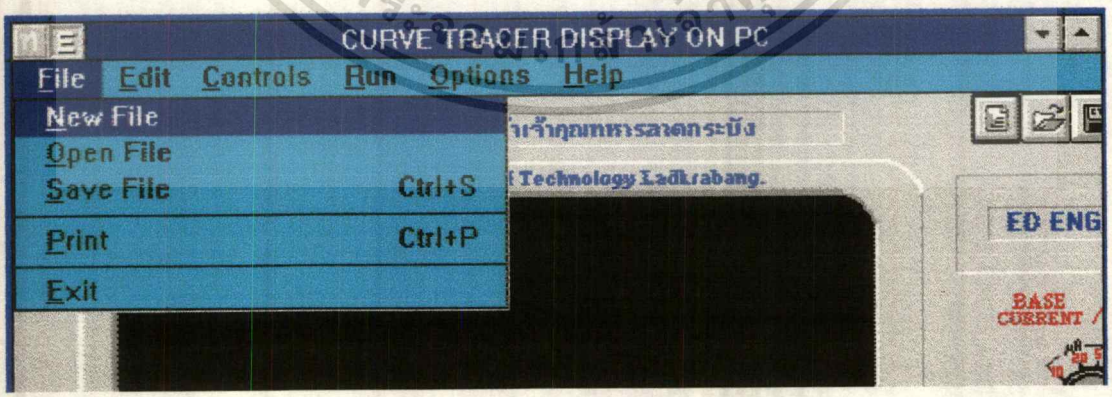
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. หลังจากนั้นเครื่องก็จะแสดงเมนูหลักออกมาดังรูป



เมนูหลักของ CT.

5. เมนู File ใช้ในการเคลียร์ไฟล์ เปิดไฟล์ บันทึกข้อมูลลงไฟล์ พิมพ์กราฟ และออกจากโปรแกรมดังรูป



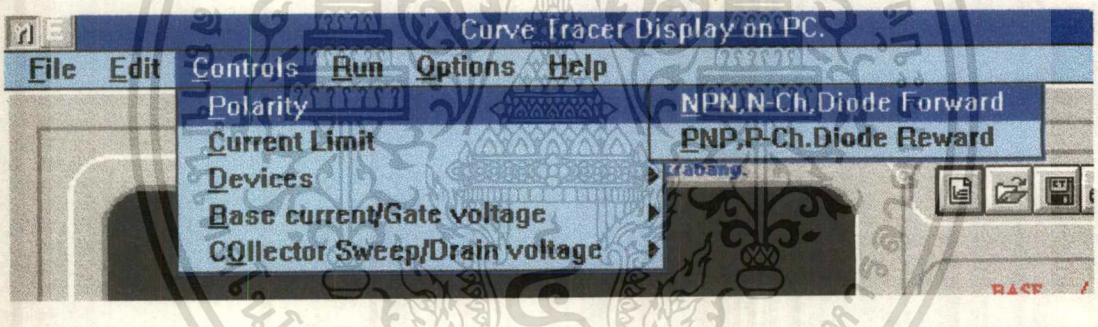
เมนูไฟล์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. เมนู Edit ใช้ในการทำสำเนาลงคลิปบอร์ดดังรูป

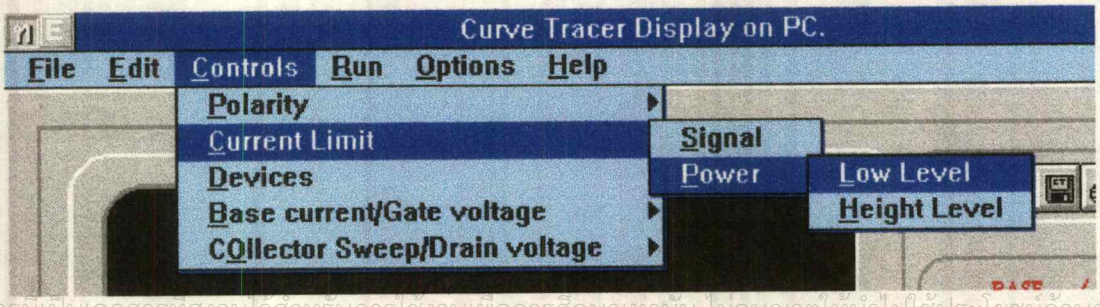
เมนู Edit

7. เมนู Control ใช้ในการเลือกคุณสมบัติของอุปกรณ์ Polarity เป็นการเลือกชนิดของประเภทอุปกรณ์ดังรูป



เมนู Conmintrols (polarity)

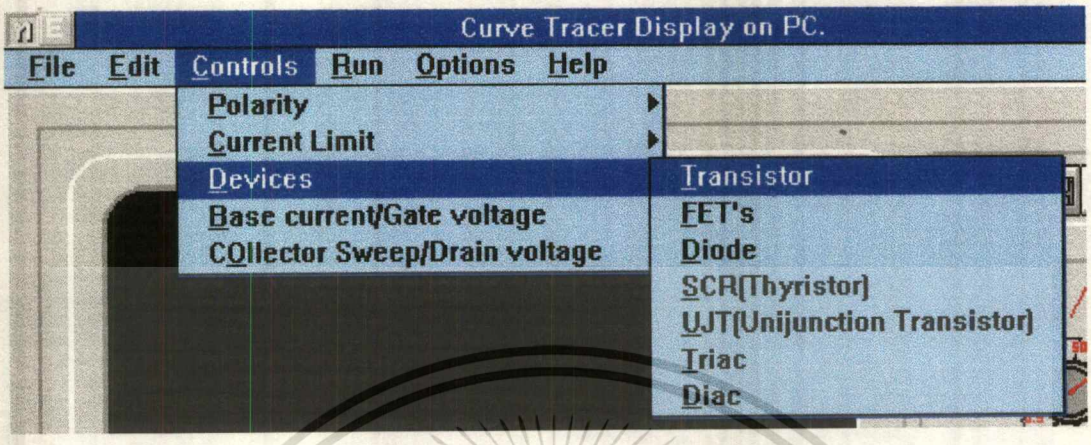
Current Limit. ใช้ในการกำหนดว่าอุปกรณ์นั้นใช้ในงานประเภทไหน เพื่อต้องการคุณสมบัติที่ถูกต้อง และต้องการคุณสมบัติที่ถูกต้อง และป้องกันอุปกรณ์เสียหาย



เมนู Controls (Currentlimit)

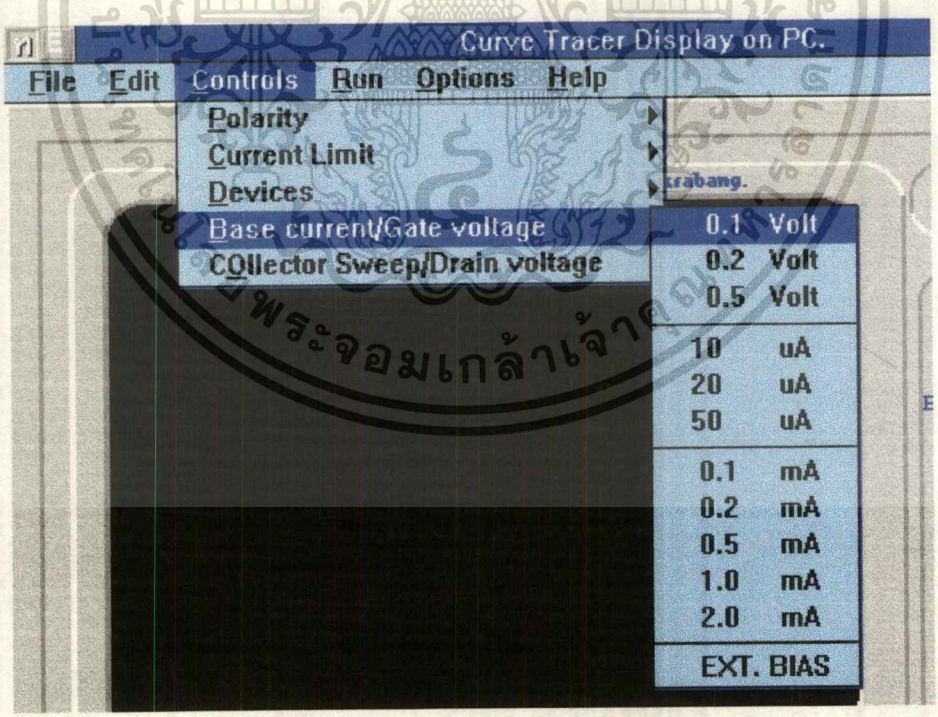
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Devices ใช้ในการเลือกชนิดของอุปกรณ์



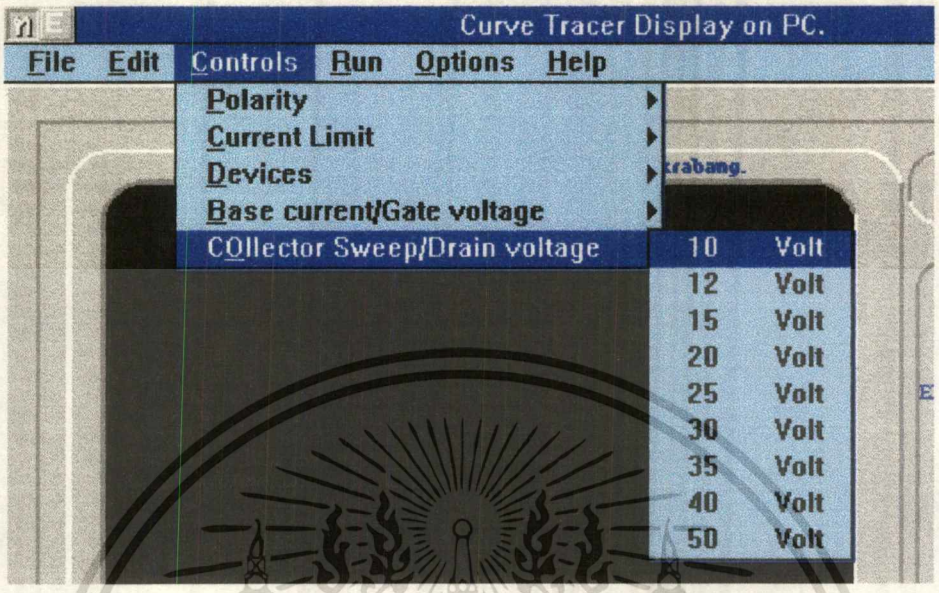
เมนู Control (Devices)

Base Current/Gate Voltage ใช้ในการกำหนดค่าไบอัสให้กับ ขาเบส หรือกาเกท ของอุปกรณ์ดังรูป

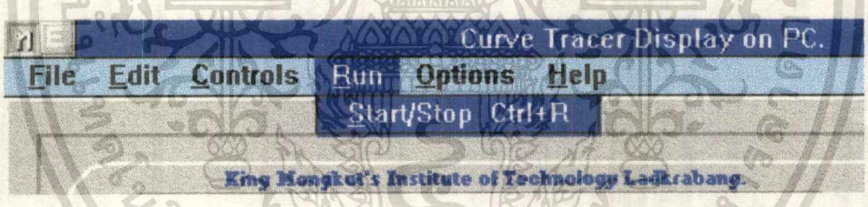


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

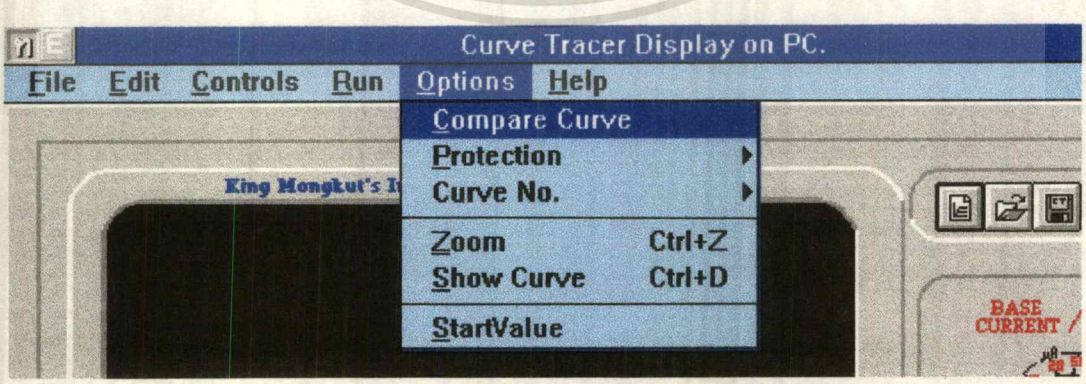
Collector Sweep/Drian Voltage ใช้ในการเลือกแรงดันสูงสุดที่ขาคอลเลคเตอร์ หรือเดรน



8. เมนู RUN เป็นการกำหนดให้เริ่มทำงานดังแสดงในรูป



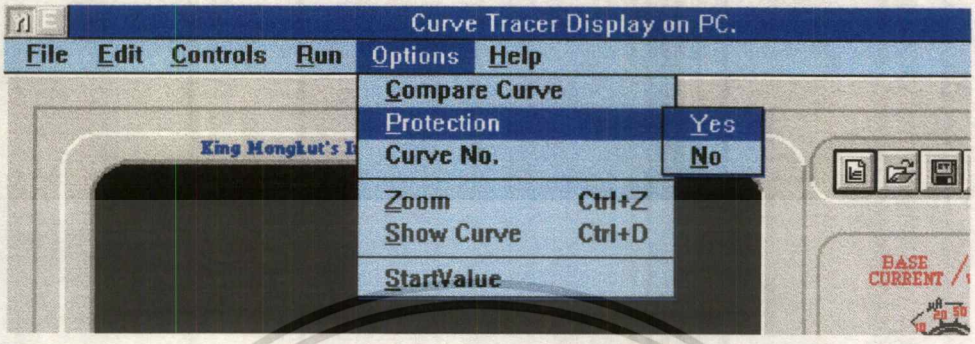
9. เมนู Option ใช้ในการเลือกใช้คุณสมบัติเพิ่มเติม



เมนู Option

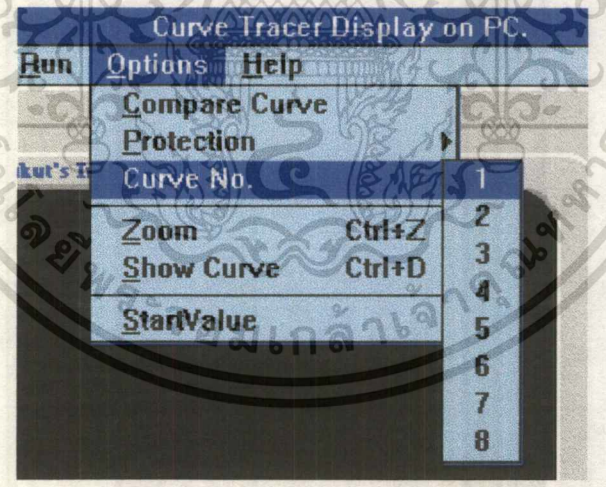
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Compare Curve ใช้ในการเปรียบเทียบกราฟ Protection ใช้ในการป้องกันอุปกรณ์ที่เสียหายโดยโปรแกรม จะทำการกำหนดค่าให้ดังรูป



เมนู Option (Protection)

Curve NO. ใช้ในการกำหนดจำนวนเส้นกราฟ ให้ทำการทดสอบเส้นกราฟเท่าที่กำหนด

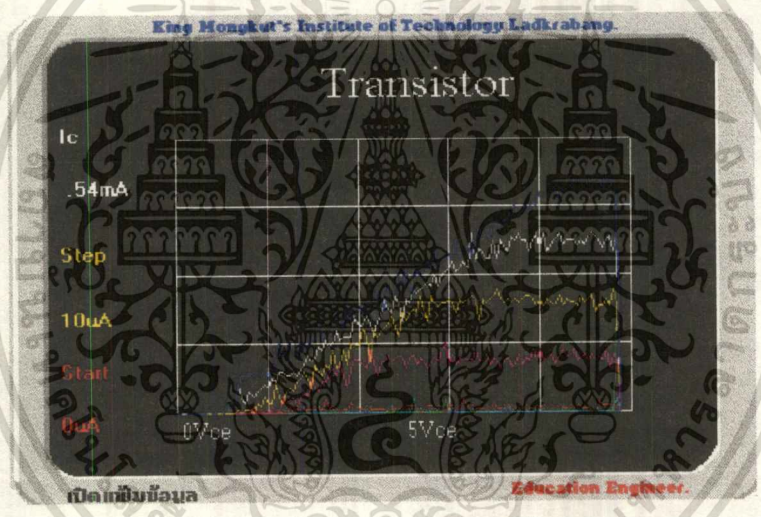


Option (Curve NO.)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

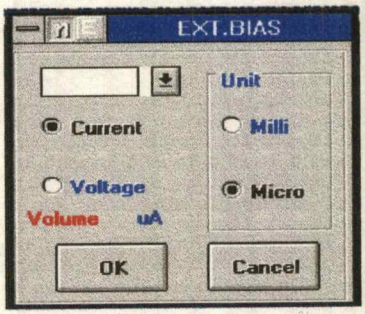
10. เมนู Help เป็นระบบให้การช่วยเหลือ โดยมีหัวข้อ ซึ่งเปลี่ยนข้อความเมนูเป็นภาษาไทย ส่วนประกอบเรียนรู้การใช้งาน และแสดงส่วนที่เกี่ยวข้องกับ CT. ดังรูป

เมนู Help



ตัวอย่างการวัดคุณลักษณะของทรานซิสเตอร์

ถ้าเลือก EXT.BIAS จะเป็นการกำหนดค่าเองโดยจะปรากฏรูปแบบดังรูป



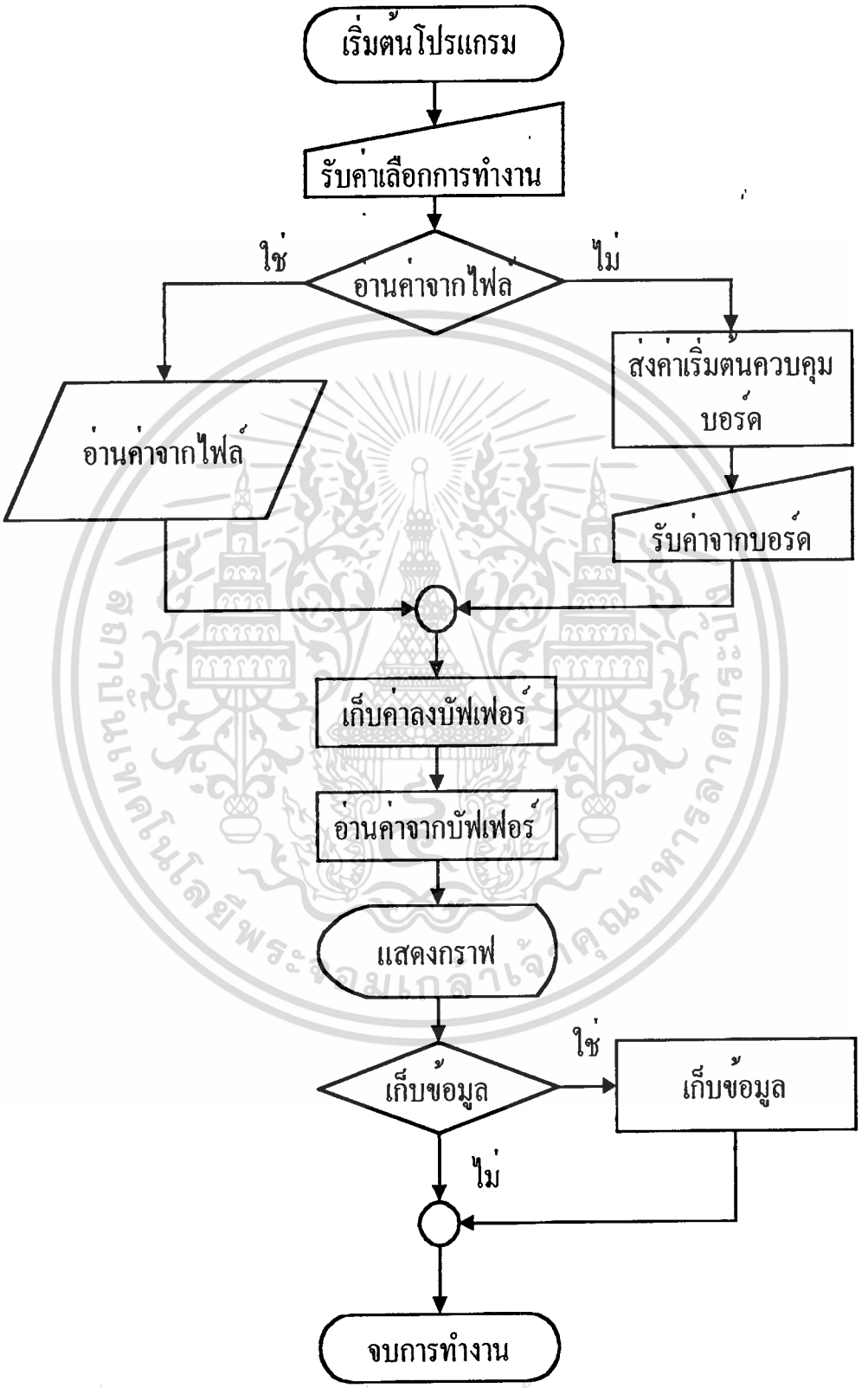
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

โฟลว์ชาร์ตของเครื่องวัดกราฟคุณสมบัติสารกึ่งตัวนำโดยใช้ไมโครคอมพิวเตอร์

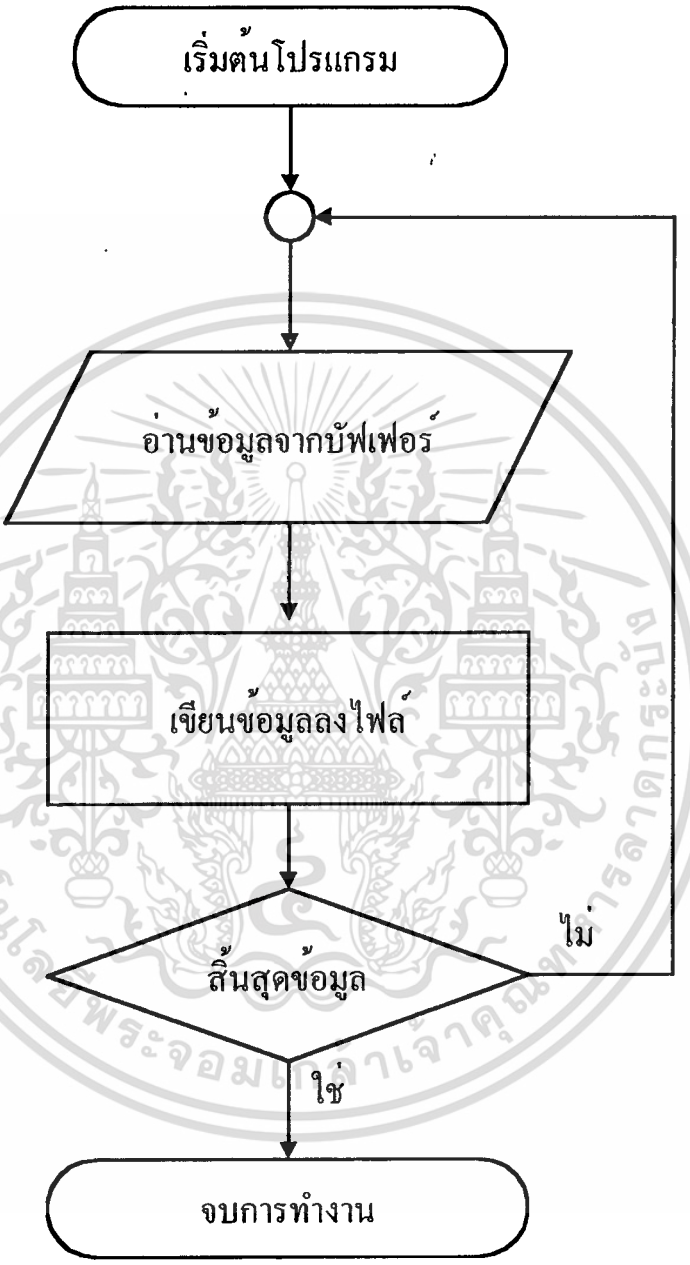
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟล์วชาร์ตการทำงานของโปรแกรม



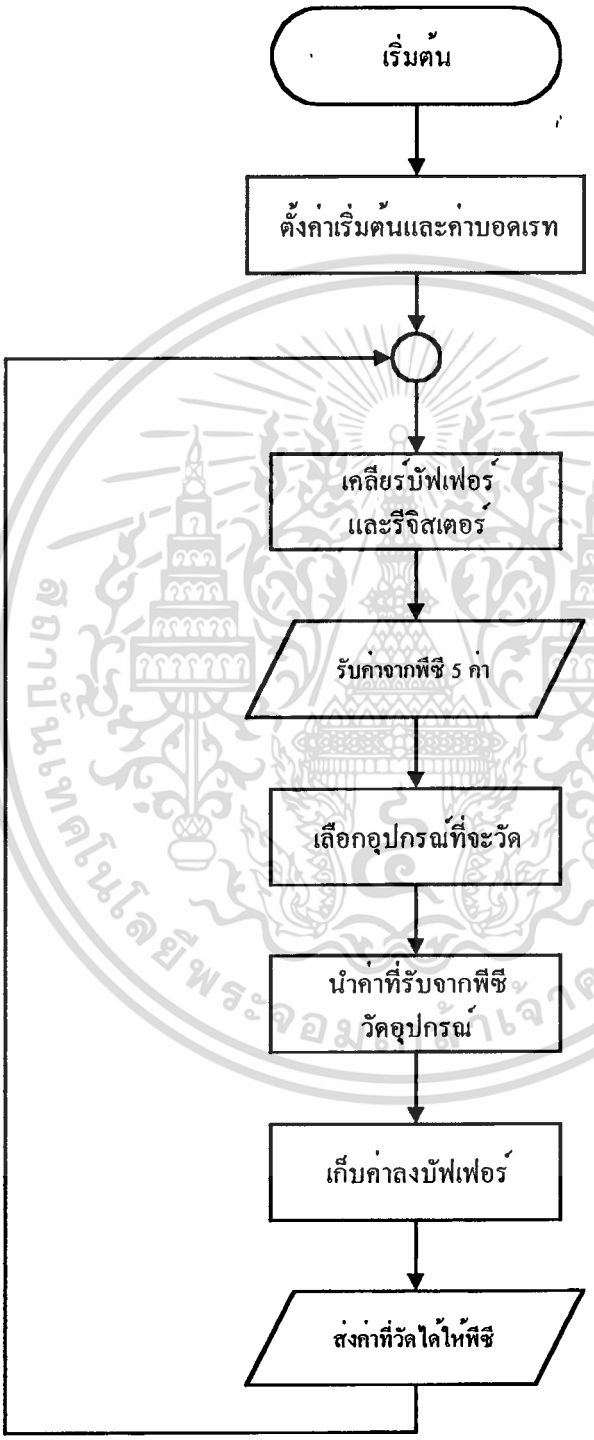
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟล์วชาร์ตการจัดเก็บข้อมูล



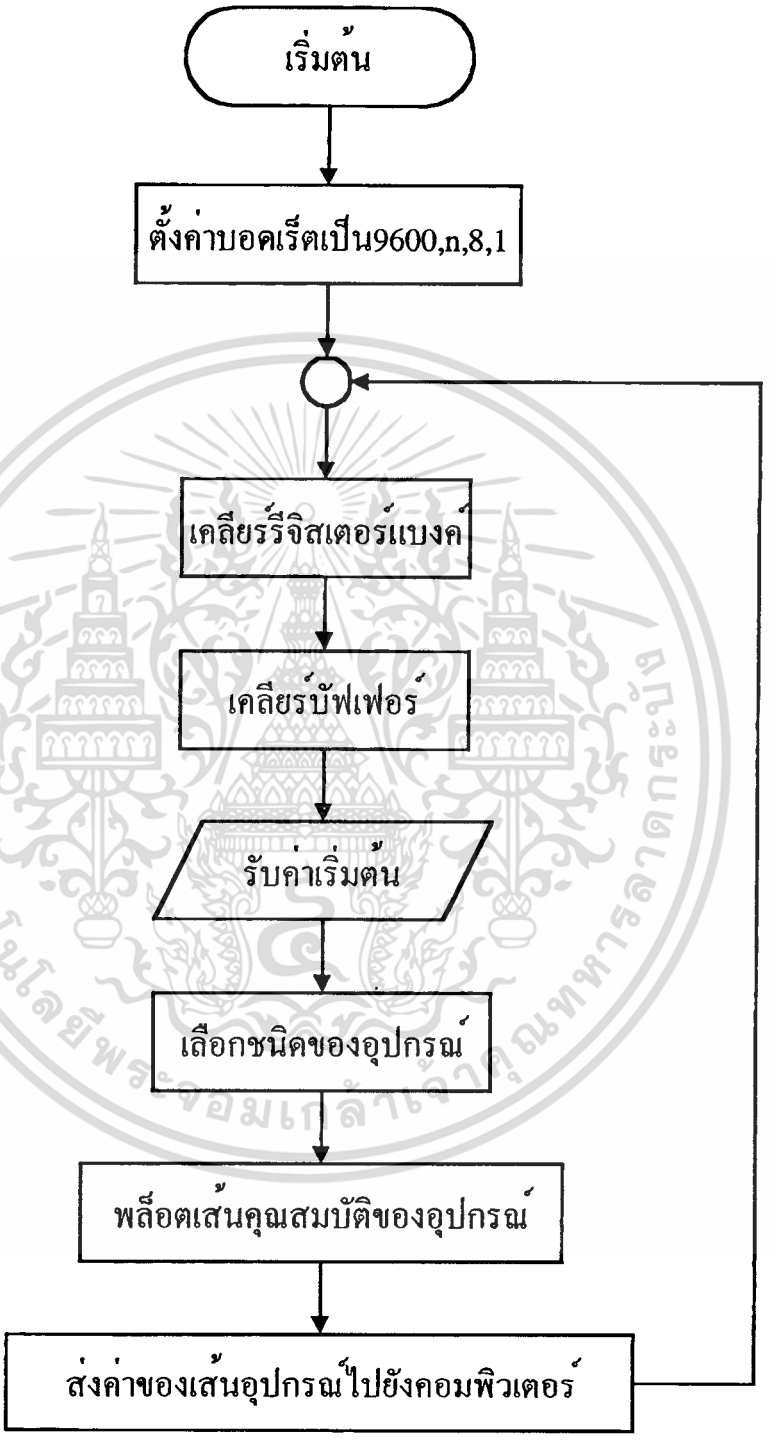
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟล์วชาร์ตโปรแกรมเครื่องวัดกราฟคุณสมบัติของอุปกรณ์สารกึ่งตัวนำแสดงผลทางพีซี



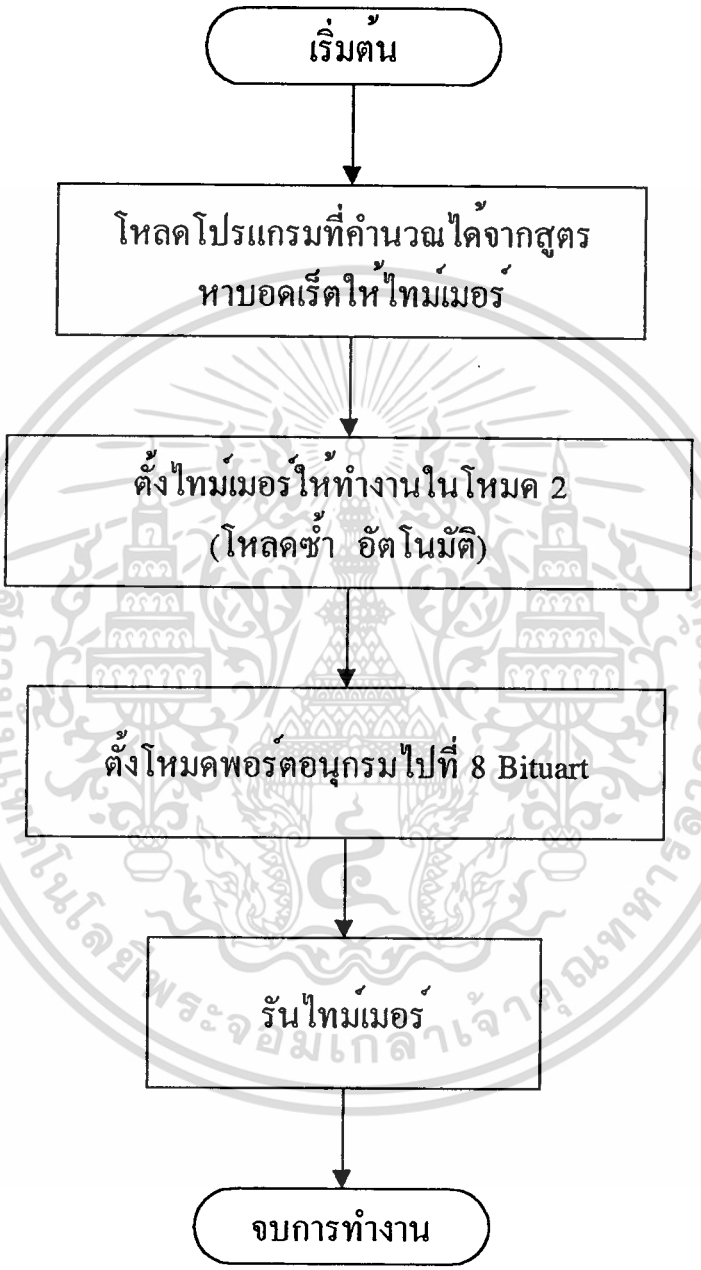
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โฟล์วชาร์ตโปรแกรมหลักบอร์ดควบคุม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนตั้งค่าเริ่มต้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง.

โปรแกรมการแสดงผล และ โปรแกรมการควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟล์ about.frm
ใช้แสดงส่วนที่เกี่ยวข้องกับ CTM

```
' ปุ่มยกเลิกการแสดงผลกับไปที่โปรแกรมหลัก
Sub Command3D1_Click ( )
    main.Enabled = True
    main.Show MODEL
   Unload Display_Frm
End Sub
' ทำการสลับรูปภาพการแสดงผล
Sub Timer1_Timer ( )
    Static PickBmp As Integer
    If  PickBmp Then
        Image4.Picture = Image2.Picture
    Else
        Image4.Picture = Image3.Picture
    End  If
    PickBmp = Not  PickBmp
End  Sub
' โปรแกรมหน่วงเวลาในการแสดงผล
Sub  Timer2_Timer ( )
    main.Enabled = True
    main.Show MODEL
    Unload Me
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟล์ mainfrm.frm
เป็นโปรแกรมหลักใช้ในการควบคุมการทำงานต่าง ๆ ของระบบ

' เป็นการจองหน่วยความจำสำหรับตัวแปร

```
Dim V_Rotate
Dim I_Rotate
Dim DV_Rotate
Dim Protec_sli As Integer
Dim Curr_sli As Integer
Dim Pola_sli As Integer
Dim Low_Hi_Integer
Dim PW_SW As Integer
Dim R As Integer
Dim StepIndex As Integer
Dim InputStarIndex As Integer
Dim VoltValume As Integer
Dim CurrValume As Integer
```

' โปรแกรมกำหนดค่าเริ่มต้นของระบบ

```
Sub Form_Load ( )
   main.Left = - 150
   main.Top = - 150
   main.Width = 9900
   main.Height = 7500
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        mnuSelecFile (0).Enabled = False ' Disable Menu "NEW"
        mnuSelecFile (2).Enabled = False  ' Disable Menu "Save"
        mnuSelecFile (4).Enabled = False  ' Disable Menu "Print"
        Timer1.Enabied = Faise
    V_Rotate   = 1
    I_Rotate    = 1
    DV_Rotate = 1
    lblDisplay_DV = "Transistor"
    lbli_Display  = "0.1" & "Volt"
    lbIV_Display = "10" & "Volt"
    PolarityIndex = 0
    CurrentIndex = 0
    DevicesIndex = 0
    Low_Hi_Index = 0
    Protec_sli = 1
    Curr_sli = 1
    Pola_sli = 1
    PW_SW = 1
    cmbCurrentLimit.AddItem " Hi-Level"
    cmbCurrentLimit.AddItem "Low-Level"
    StepIndex = 213
    StartIndex = 1
End Sub

' ใช้ในการควบคุมเมื่อหน้าต่างการทำงานเปลี่ยนแปลงขนาด

Sub Form_Resize ( )
    Const MIN = 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        If main.WindowsState = MIN Then
            Display_frm. Viaible = Faise
        Else
            Display_frm. Viaible = True
        End If
    End Sub
' ใช้ในการเรียกโปรแกรมเปรียบเทียบ
Sub cmdComp_Click ( )
    Screen.MousePointer = 11
    Screen.MousePointer = 0
    CompCurve.Show Model
    Unload main
End Sub

'โปรแกรมการตรวจสอบการเลือกใช้การไบอัสโดยการใช้ค่าเอง
Sub cmdExtNo_Click ( )
    lbli_Display = " defind "
    cmdExtYes.Visible = False
    cmdExtNo.Visible = False
End Sub
Sub cmdExtYes_Click ( )
    cmdExtYes.Visible = False
    cmdExtNo.Visible = False
    EX_BiAS_Frm.Show
    main.Enabled = False
End Sub
' เคลียร์การแสดงผล
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub cmdNew_Click ( )
    Unload Display_frm
End Sub
Sub cmdOpen_Click ( )
    Unload Display_frm
‘ เซ็ต Dialog box
CMDialog1.Filter = “All File (*.*):*.*:Curve Tracer
     File (*.ctm):*.ctm”
CMDialog1.FilterIndex = 2
CMDialog1.Action = 1
‘ เซ็ต mouse
Filename$ = CMDialog1.Filename
If Filename$ = “ Then”
Else
  Screen.MousePointer = 11
‘ โหลดโปรแกรมการแสดงผล
        plot_Graph 1
        main.Enabled = False
    End If
End Sub
Sub cmdPrint_Click ( )
    ‘ พิมพ์กราฟ
      Display_frm.graph1.DrawMode = 5
End Sub

‘ บันทึกโปรแกรม
Sub cmdSave_Click ( )
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CMDialog1.Filter = "All File (*.*):*.*:
        Curve Tracer File(*.ctm):*.ctm"
        CMDialog1.FilterIndex = 2
        CMDialog1.Action = 2
        Filename$ = CMDialog1.Filename
        Open Filename$ Output As #2
        CountEnd = Display_frm.Grid1.Rows
        R = 0
        Do Until R = countEnd
        Display_frm.Grid1.Row = R
            On Error GoTo 0
            Display_frm.Grid1.Col = 0
            lbl$ = Display_frm.Grid1.Text
            Cols = Display_frm.Grid1.Text
            Fpr C = 1 To Cols
                Display_frm.Grid1.Row = R
                Display_frm.Grid1.Col = C
                Data[C] = Val(Display_frm.Grid1.Text)
            Next C
            Write #2, lbl$, Data1, Data2, Data3, Data4, Data5, Data6,
                Data7, Data8
            R = R + 1
            Loop
            Close #2
    End Sub
    Sub ImgSelecDV_Click ( )
        lblDisplay_DV = " "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
If DV_Rotate < 7 Then
   DV_Rotate = DV_Rotate + 1
Else
   DV_Rotate = 1
End If

Select Case DV_Rotate
    Case 1 'Transistor
        imgSelecDV.Picture = imgSelecDV_TR
        lbIDisplay_DV = "Transistor"
        DevicesIndex = 0
    Case 2 'FET
        imgSelecDV.Picture = imgSelecDV_FET
        lblDisplay_DV = "FET"
        DevicesIndex = 1
    Case 3 'Diode
        imgSelecDV.Picture = imgSelecDV_D
        lblDisplay_DV = "Diode"
        DevicesIndex = 2
    Case 4 'SCRr
        imgSelecDV.Picture = imgSelecDV_SCR
        lbIDisplay_DV = "SCR"
        DevicesIndex = 3
    Case 5 'UJT
        imgSelecDV.Picture = imgSelecDV_UJT
        lblDisplay_DV = "UJT"
        DevicesIndex = 4
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Case 6 'Triac
            imgSelecDV.Picture = imgSelecDV_TRIAC
            lblDisplay_DV = "Triac"
            DevicesIndex = 5
        Case 7 'Diac
            imgSelecDV.Picture = imgSelecDV_DIAC
            lblDisplay_DV = "Diac"
            DevicesIndex = 6
        End Select
    End Sub
Sub ImgSwi_Click ( )
    Ibli_Display = " "
    If I_Rotate < 12 Then
        I_Rotate = I_Rotate + 1
      Else
        I_Rotate = 1
      End If
      Select Case I_Rotate
          Case 1
            imgSwi.Picture = imgSwi.01v
            lbli_Display = " 0.1 " & "Volt"
            cmdExtNo.Visible = False
            cmdExtyes.Visible = False
            VoltValume = (.1 / (12 / 256)) - 1
            StartIndex = VoltValume
        Case 2
            imgSwi.Picture = imgSwi_02v
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        lbli_Display = " 0.2 " & "Volt"
        cmdExtNo.Visible = False
        cmdExtYes.Visible = False
        VoltValume = (.2 / (12 / 256)) - 1
        StartIndex = VoltValume
    Case 3
        imgSwi.Picture = imgSwi_05v
        lbli_Display = " 0.5 " & "Volt"
        cmdExtNO.Visible = False
        cmdExtYes.Visible = False
        VoltValume = (.5 / (12 / 256)) - 1
        StartIndex = VoltValume
    Case 4
        imgSwi.Picture = imgSwi.EX
        lbli_Display = " defind "
        cmdExtNo.Visible = True
        cmdExtyes.Visible = True
    Case 5
        imgSwi.Picture = imgSwi_10 µ
        lbli_Display = " 10 " & " µA "
        cmdExtNo.Visible = False
        cmdExtYes.Visible = False
        CurrValume = (10 / 2 )
        StartIndex = CurrValume
    Case 6
        imgSwi.Picture = imgSwi_20µ
        lbli_Display = " 20 " & " µA "
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        cmdExtNO.Visible = False
        cmdExtYes.Visible = False
        CurrValume = (20 / 2 )
        StartIndex = CurrValume
    Case 7
        imgSwi.Picture = imgSwi_50µ
        lbli_Display = " 50 " & " uA "
        cmdExtNo.Visible = False
        cmdExtyes.Visible = False
        CurrValume = 50
        StartIndex = CurrValume / 2
    Case 8
        imgSwi.Picture = imgSwi_01m
        lbli_Display = " 0.1 " & "mA"
        cmdExtNo.Visible = False
        cmdExtYes.Visible = False
        CurrValume = 100
        StartIndex = VoltValume / 20
    Case 9
        imgSwi.Picture = imgSwi_02m
        lbli_Display = " 0.2 " & "mA"
        cmdExtNO.Visible = False
        cmdExtYes.Visible = False
        CurrValume = 200
        StartIndex = VoltValume / 20
    Case 10
        imgSwi.Picture = imgSwi._05m
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            lbli_Display = " 0.5 " & "mA"
            cmdExtNo.Visible = False
            cmdExtyes.Visible = False
            CurrValume = 500
            StartIndex = CurrValume / 20
        Case 11
            imgSwi.Picture = imgSwi_1m
            lbli_Display = " 1 " & " mA "
            cmdExtNo.Visible = False
            cmdExtYes.Visible = False
            CurrValume = 1000
            StartIndex = CurrValume / 20
        Case 12
            imgSwi.Picture = imgSwi_20m
            lbli_Display = " 20 " & " mA "
            cmdExtNO.Visible = False
            cmdExtYes.Visible = False
            CurrValume = 2000
            StartIndex = CurrValume / 20
        End Select
End Sub

Sub imgSWPW_click ( )
    'call Sub Power( ) From file Power.Bas
    Power 'use turn off/on SW. (power)
    'call Sub SandRun(Pw_Sw) From Main (object General)
    SandRun PW_SW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
End Sub
Sub imgSwSli_Curr_Click ( )
   If Curr_sli < 2 Then
      Curr_sli = Curr_sli + 1
      Else
      Curr_sli = 1
      End If
   Select Case Curr_sli
      Case 1 'ON
         ImgSwsli_Curr.Picture = ImgSwsli_on.Picture
         cmbCurrentLimit.Visible = False
         CurrentIndex = 0
         Low_Hi_Index = 0
       Case 2 'OFF
         ImgSwsli_Curr.Picture = ImgSwsli_off.Picture
         cmbCurrentLimit.Visible = True
         Low_Hi_Index = 0
   End Select
End Sub

Sub imgSwsli_Pola_Click ( )
   If Pola_sli < 2 Then
    Pola_sli = Pola_sli + 1
    Else
    Pola_sli = 1
    End If
    Select Case Pola_sli
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Case 1 'ON
            ImgSwsli_pola.Picture = ImgSwsli_on.Picture
            PolarityIndex = 0
        Case 2 'OFF
            ImgSwsli_pola.Picture = ImgSwsli_off.Picture
            PolarityIndex = 1
    End Select
End Sub
Sub imgSwSli_set_click ( )
    If Protec_sli < 2 Then
        Protec_sli = Protec_sli + 1
    Else
        Protec_sli = 1
    End If

Select Case Protec_sli
    Case 1 'ON
        ImgSwsli_Set.Picture = ImgSwsli_on.Picture
    Case 2 'OFF
        ImgSwsli_Set.Picture = ImgSwsli_off.Picture
    End Select
End Sub
Sub ImgSwvadj_Click ( )
    Unit = " Volt "
    lblV_Display = " "
    If V_Rotate < 9 Then
        V_Rotate + 1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    Else
     V_Rotate = 1
End If

Select Case V_Rotate
    Case 1
        imgSwvadj.Picture = imgSwvadj_10
        lblV_Display = " 10 " & Unit
        Vstep = 10
    Case 2
        imgSwvadj.Picture = imgSwvadj_12
        lblV_Display = " 12 " & Unit
        Vstep = 12
    Case 3
        imgSwvadj.Picture = imgSwvadj_15
        lblV_Display = " 15 " & Unit
        Vstep = 15
    Case 4
        imgSwvadj.Picture = imgSwvadj_20
        lblV_Display = " 20 " & Unit
        Vstep = 20
    Case 5
        imgSwvadj.Picture = imgSwvadj_25
        lblV_Display = " 25 " & Unit
        Vstep = 25
    Case 6
        imgSwvadj.Picture = imgSwvadj_30
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            lblV_Display = " 30 " & Unit
            Vstep = 30
        Case 7
            imgSwvadj.Picture = imgSwvadj_35
            lblV_Display = " 35 " & Unit
            Vstep = 35
        Case 8
            imgSwvadj.Picture = imgSwvadj_40
            lblV_Display = " 40 " & Unit
            Vstep = 40
        Case 9
            imgSwvadj.Picture = imgSwvadj_50
            lblV_Display = " 50 " & Unit
            Vstep = 50
        End Select
        If Vstep < 13 Then
            StepIndex = (Vstep / (12 / 256)) - 1
    Else
        If Vstep < 26 Then
            StepIndex = (Vstep / (25 / 256)) - 1
    Else
        If Vstep < 51 Then
            StepIndex = (Vstep / (50 / 256)) - 1
        End If
    End If
End If
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub mnuCompare_Click ( )
    cmdComp_Click
End Sub

Sub mnuSelecBase_Gate_Click (Index As Integer)
    Select Case Index
        Case 0 'SW 0.1 V
            I_Rotate = 0
        Case 1 'SW 0.2 V
            I_Rotate = 1
        Case 2 'SW 0.5 V
            I_Rotate = 2
        Case 4 'SW 10 uA
            I_Rotate = 4
        Case 5 'SW 20 uA
            I_Rotate = 5
        Case 6 'SW 50 uA
            I_Rotate = 6
        Case 8 'SW 0.1 mA
            I_Rotate = 7
        Case 9 'SW 0.2 mA
            I_Rotate = 8
        Case10 'SW 0.5 mA
            I_Rotate = 9
        Case 11 'SW 0.1 mA
            I_Rotate = 10
        Case 12 'SW 0.2 mA
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            I_Rotate = 11
        Case 14'SW  EXIT_BIAS
            I_Rotate = 3
        End Select
        ImgSwi_Click
End Sub

Sub mnuSelecC_Drain_Click (Index As Integer)
    Select Case Index
        Case 0
            V_Rotate = 0
        Case 1
            V_Rotate = 1
        Case 2
            V_Rotate = 2
        Case 3
            V_Rotate = 3
        Case 4
            V_Rotate = 4
        Case 5
            V_Rotate = 5
        Case 6
            V_Rotate = 6
        Case 7
            V_Rotate = 7
        Case 8
            V_Rotate = 8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        End Select
        ImgSwvadj_Click
End Sub

Sub mnuSelecCurrentLimit_Click (Index As Integer)
    Select Vase Index
        Case 0
            Curr_sli = 2
        Case 1
            Curr_sli = 1
    End Select
    imgSwSli_Curr_Click
End Sub

Sub mnuSelecDV_Click (Index As Integer)
    Select Case Index
        Case 0 ' Transistor
            DV_Rotate = 0
        Case 1 ' FET
            DV_Rotate = 1
        Case 2 ' Diode
            DV_Rotate = 2
        Case 3 ' SCR
            DV_Rotate = 3
        Case 4 ' UJT
            DV_Rotate = 4
        Case 5 ' TRIAC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            DV_Rotate = 5
        Case 6 ' DIAC
            DV_Rotate = 6
        End Select
        ImgSelecDV_Click
End Sub
Sub mnuSelecEdit_Click (Index As Integer)
    Display_frm.graph1.DrawMode = 4
End Sub
Sub mnuSelecFile_Click (Index As Integer)
    Select Case Index ' check Index volue of selected menu
        Case 0 ' If Index = 0 user chose "new"
            cmdNew_Click
        Case 1 ' If Index = 1 user chose "open"
            cmdOpen_Click
        Case 2 ' If Index = 3 user chose "Save As"
            cmdSave_Click
        Case 4 ' If Index = 5 user chose "Print"
            cmdPrint_Click
        Case 6 ' If Index = 7 user chose "EXIT"
            End
        End Select
End Sub

Sub mnuSelecHelp_Click (Index As Integer)
        Select Case Index
        Case 0 'Selec menu thai/english
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Static ThaiEng As Integer

If Thai\eng Then

ส่วนของเมนู ภาษาอังกฤษ

mnuFile.Caption = "&File"

mnuSelecFile(0).Caption = "&New"

mnuSelecFile(1).Caption = "&Open"

mnuSelecFile(2).Caption = "&Save"

mnuSelecFile(4).Caption = "&Print"

mnuSelecFile(6).Caption = "&Exit"

mnuEdit.Caption = "&Edit"

mnuSelecEdit(0).Caption = "&Copy"

mnuControl.Caption = "Controls"

mnuSelecControl(0).Caption = "&Polarity"

mnuSelecControl(1).Caption = "&Currentlimit"

mnuSelecCurrentLimit(0).Caption = "&Signel"

mnuSelecCurrentLimit(1).Caption = "&Power"

mnuSelecPower(0).Caption = "Low Level"

mnuSelecPower(1).Caption = "Height Level"

mnuSelecPower(2).Caption = "&Devices"

mnuSelecDV(0).Caption = "&Transistor"

mnuSelecDV(1).Caption = "&FET"

mnuSelecDV(2).Caption = "&Diode"

mnuSelecDV(3).Caption = "&SCR(Thysistor)"

mnuSelecDV(4).Caption = "&UJT(Unijunction Transistor)"

mnuSelecDV(5).Caption = "&Triac"

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
mnuSelecDV(6).Caption = "&Diac"
mnuSelecControl(3).Caption = "&Base Current/Gate Viltage"
mnuSelecControl(4).Caption = "&Collector Sweep/Drain Voltage"
mnuRun.Caption = "&Run"
mnuSelecRun(0).Caption = "&Start/Stop"
mnuOptions.Caption = "&Options"
mnuCompare.Caption = "&Compare Curve"
mnuProtec.Caption = "&Protection"
mnuSelecProtec(0).Caption = "&Yes"
mnuSelecProtec(1).Caption = "&No"
mnuHelp.Caption = "&Help"
mnuSelecHelp(0).Caption = "ข้อความเป็นภาษาไทย (Thai message)"
mnuSelecHelp(1).Caption = "&Content"
mnuSelecHelp(3).Caption = "&Learning [CTM.]"
mnuSelecHelp(5).Caption = About Curve Tacer using Microcomputor"
Else
'
'        ส่วนของเมนู ภาษาไทย* Thai  Menu
'
    mnuFile.Caption = "แฟ้ม"
    mnuSelecFile(0).Caption = "เริ่มใหม่"
    mnuSelecFile(1).Caption = "เปิด"
    mnuSelecFile(2).Caption = "บันทึก"
    mnuSelecFile(4).Caption = "พิมพ์"
    mnuSelecFile(6).Caption = "จบการทำงาน"
    mnuEdit.Caption = "แก้ไข"
    mnuSelecEdit(0).Caption = "คัดลอก"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

mnuControl.Caption = “ระบบควบคุม”

mnuSelecControl(0).Caption = “ชนิดอุปกรณ์”

mnuSelecControl(1).Caption = “จ่ายกระแสสำหรับ...”

mnuSelecCurrentLimit(0).Caption = “อุปกรณ์สัญญาณ”

mnuSelecCurrentLimit(1).Caption = “อุปกรณ์กำลัง”

mnuSelecPower(0).Caption = “อุปกรณ์ขยายกำลังต่ำ”

mnuSelecPower(1).Caption = “อุปกรณ์ขยายกำลังสูง”

mnuSelecControl(2).Caption = “อุปกรณ์ต้องการวัด”

mnuSelecDV(0).Caption = “ทรานซิสเตอร์”

mnuSelecDV(1).Caption = “เฟท”

mnuSelecDV(2).Caption = “ไดโอด”

mnuSelecDV(3).Caption = “เอสซีอาร์”

mnuSelecDV(4).Caption = “ยูเจที”

mnuSelecDV(5).Caption = “ไตรแอค”

mnuSelecDV(6).Caption = “ไดแอค”

mnuSelecControl(3).Caption = “กระแส ขาเบส/โวล์ทเตจ ขาเกท”

mnuSelecControl(4).Caption = “โวล์ทเตจ ขาคอลเล็กเตอร์/โวล์ทเตจ ขาเดรน”

mnuRun.Caption = “ปฏิบัติงาน”

mnuSelecRun(0).Caption = “เริ่มปฏิบัติงาน/หยุดปฏิบัติงาน”

mnuOptions.Caption = “ระบบสนับสนุน”

mnuCompare.Caption = “เปรียบเทียบ”

mnuProtec.Caption = “ระบบป้องกันอุปกรณ์เสียหาย”

mnuSelecProtec(0).Caption = “ต้องการ”

mnuSelecProtec(1).Caption = “ไม่ต้องการ”

mnuHelp.Caption = “ระบบช่วยเหลือ”

mnuSelecHelp(0).Caption = “ข้อความเป็นภาษาอังกฤษ (English message)”

mnuSelecHelp(1).Caption = “สารบัญ”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        mnuSelecHelp(3).Caption = "เรียนรู้การใช้งาน [CTM.]"
        mnuSelecHelp(5).Caption = "เกี่ยวกับ Curve Tacer using Microcomputor"
        End If
    ThaiEng = Not ThaiEng
    Case 5
        Screen.MousePointer = 11 'set Mouse
        About_frm.Show
        Screen.MousePointer = 0
        main.Enabled = False
        About_frm.Timer2.Enabled = False
  End Select
End Sub

sub mnuSelecpolarity_Click (Index As Integer)
  Select Case Index
      Case 0
        Pola_sli = 2
      Case 1
        Pola_sli = 1
      End Select
            imgSwsli_Pola_Click
      End Sub

      Sub mnuSelecPower_Click (Index As Integer)
            Select Case Index
                  Case 0
                        cmbCurrentLimit.Text = "Low-Level"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CurrentIndex = 1
            Case 1
                cmbCurrentLimit.Text = "Hi-Level"
                CurrentIndex = 2
            End Select
        End Sub

Sub mnuSelecProtec_Click (Index As Integer)
        Select Case Index
            Case 0
                Protec_sli = 2
            Case 1
                Protec_sli = 1
            End Select
            imgSwSli_set_click
        End Sub
Sub mnuSelecRun_Click (Index As Integer)
        imgSWPW_click
End Sub

Sub mnuShow_Click ( )
        Display_frm.Show
End Sub
Sub mnuZoom_click ( )
        Display_frm.WindowState = 2
          Display_frm.graph1.Left = 120
          Display_frm.graph1.Width = 6855
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Display_frm.graph1.Top = 120
            Display_frm.graph1.Height = 6015
            Display_frm.Grid1.Visible = True
            Display_frm.Grid1.Left = 7200
            Display_frm.Grid1.Width = 1935
            Display_frm.Grid1.Top = 120
            Display_frm.Grid1.Height = 6615
            Display_frm.cmdok.Visible = True
            Display_frm.cmdok.Left = 2640
            Display_frm.cmdok.Width = 1455
            Display_frm.cmdok.Top = 6350
            Display_frm.cmdok.Height = 375
End Sub

Sub SandRun (NumSelect As Integer)
        If NumSelect = NumSelect + 1
Else
        NumSelect = 1
End If

Select Case NumSelect
  Case 1 'OFF
        Commdat.Timer1.Enabled = False
  Case 2 'ON
        If Low_Hi_Index = 1 Then
          Power$ = cmbCurrentLimit.Text
                If Power$ = "Low-Level" Then
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                CurrentIndex = 1
            Else
                CurrentIndex = 2
            End If
        Else
                CurrentIndex = 0
            End If

    Selecth
    Commdat.Timer1.Enabled = True

    End Select
End Sub
'
'          ไฟล์ Comdat.frm
'      ใช้ในการควบคุมการรับส่งข้อมูล
'
DefInt A - Z
    Const Com1 = 1
    Const Com2 = 2
    Dim Datastart As String
    dim Datain1 As Integer
Sub Comm1_OnComm ( )
    Select Case Comm1.CommEvent
        Case MSCOMM_ER_BREAK
        Case MSCOMM_ER_CDTO
        Case MSCOMM_ER_CTSTO
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Case MSCOMM_ER_FRAME
            Case MSCOMM_ER_OVERRUN
            Case MSCOMM_ER_RXOVER
            Case MSCOMM_ER_RXPARITY
            Case MSCOMM_ER_TXFULL
            Case MSCOMM_EV_CD
            Case MSCOMM_EV_CTS
            Case MSCOMM_EV_DSR
            Case MSCOMM_EV_RING
            Case MSCOMM_EV_RECEIVE
            Case MSCOMM_EV_SEND
        End Select
End Sub
Sub Form_Load ( )
        Comm1.Settings = "9600,n,8,1"
        Comm1.CommPort = Com2
        Comm1.PortOpen = True
        Comm1.InputLen = 0
        Comm1.DTREnable = True
End Sub
Sub Timer1_Timer ( )
        DA$ = Comm1.Input
        If DA$ = " " Then
          main.Print "None"
        Else
          main.Print "OK"
          Commdat.Timer1.Enabled = False
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        plot_Graph 2
    End If
End Sub
'
'        ไฟล์ Display.frm
'     ใช้ในการควบคุมแสดงกราฟคุณสมบัติ
'
Sub cmdoK_Click ( )
    Graph1.Left = 0
    Graph1.Width = 5415
    Graph1.Top= 0
    Graph1.Height = 3855
    grid1.Visible = False
    grid1.Left = 1680
    grid1.Width = 1935
    grid1.Top = 360
    grid1.Height = 2175
    Windowstate = 0
    cmdoK.Visible = False
End Sub
'
'        ไฟล์ Exbias.frm
'     ใช้ในการป้อนค่าจากภายนอก
'
    Dim TypeIndex As Integer
    Dim Unit As String *5
    Dim UnitIndex As Integer
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Dim ValUnit As Integer
Sub cmdCancel_Click ( )
        End
End Sub
Sub cmdoK_Click ( )
        main.Enabled = True
        main.lbli)Display = Label1.Caption
        Unload Me
End Sub

Sub Combo1_click ( )
        Cul
End Sub
Sub Combo1_KeyUp (KeyCode As Integer, Shift As Integer)
        Check$ = Right$ (Combo1.Text, 1)
If Check$ = "0" Or Check$ = "1" Or Check$ = "2" Or Check$ = "3"
        Then
          Cul
        Else
           If Check$ = "4" Or Check$ = "5" Or Check$ = "6" Or Check$ = "7"
        Then
          Cul
        Else
          If Check$ = "8" Or Check$ = "9"
          Then
              Cul
          Else
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Beep
                FileMsg "FileMsg.Msg ", 1
                Combo1.Text = "" : Label1.Caption = "None"
            End If
        End If
    End If
    End Sub
    Sub Cul ( )
        Select Case UnitIndex
          Case 0
            Selesct Case TypeIndex
             Case 0
                Unit = "A"
             Case 1
               Unit = "V"
            End Selectr
            Case 1
              Select Case TypeIndex
                    Case 0
                          Unit = "mA"
                    Case 1
                          Unit = "mV"
                    End Select
                    Case 2
                          Select Case TypeIndex
                            Case 0
                                  Unit = "uA"
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Case 1
                    Unit = "uV'
                End Select
            End Select
        End Select
        Label1.Caption = Combol.Text & Unit
End Sub
Sub Form_Load ( )
        Combol.Text = "1"
End Sub
Sub Form_Load ( )
        Combol.Text = "1"
        Combol.AddItem "1"
For I = 5 to 100 step 5
        I$ = Str$ (I)
        Combol.AddItem I$
Next
End Sub
Sub optSelecType_Click (Index As Integer, Value As Integer)
        Select Case Index
            Case 0
                TypeIndex = 0
            Case 1
                TypeIndex = 1
            End Select
            Cul
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Sub OptSelecUnit_Click ( Index As Integer , Value As Integer)
        UnitIndex = Index
        Cul
End Sub
```

ไฟล์ Filemsg.Bas
ใช้ในการแสดงข้อความ

```
Sub FileMsg (FileName$, Section%)
    MsgFile$ = App.Path + "\" + FileName$
    Fil$ = Dir$(MsgFile$)
    If Fils = "" Then
      Msg$ = "File" + MsgFile$ + "not fount"
      MsgBox Msg$, 48, "FILEMSG"
      Exit Sub
   End If
   NL$ = Chr$ (13) + Ch$(10)
NumFile% = FreeFile
Open MsgFile$ For Input As #NumFile%
Do Until EOF (NumFile%)
        Line Input #NumFile%, FileTxt$
            If Left$ (FileTxt$, 1 ) = ">" Then
            If Val (Mid$(FileTxt$, 2)) = Section Then
                Exit Do
            End If
        End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Loop
If EOF (NumFile%) Then
        Msg$ = "Message section " + Str$(Section) + " not found"
        MsgBox Msg$
        Exit Sub
End If
FileTxt$ = RTrim$(LTrim$(Mid$(FileTxt$, 2)))
FileTxt$ = Mid$(FileTxt$, InStr(FileTxt$, InStr(FileTxt$, ",") + 1)
TypeNum% = Val(FileTxt$)
Title$ = LTrim$(Mid$(FileTxts, InStr(FileTxts, ",") + 1))
Do
        Msg$ = ""
        Do Unit EOF (NumFile% , FileTxt$
        If Left$ (FileTxt$ , 1) = ">" Then
            Exit Do
        End If
        Msg$ = Msg$ + FileTxt$ + NL$
Loop
Do While Right$(Msg$, 4) = NL$ + NL$
        Msg$ = Left$(Msg$ , Len(Msg$) - 2)
Loop
If Msg$ < > " " Then
        MsgBox Msg$,  TypeNum% , Title$
End If
Loop While Ltrim$ (RTrim$(FileTxt$)) = " > "
Close NumFile%
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟล์ Gobal.Bas

```
Global Comm As String  * 1
Global VoltStep As String * 1
Global VoltStart As String * 1
Global StepNumber As String * 1
Global StartIndex As Integer
Global DevicesIndex As Integer
Global CurrentIndex As Integer
Global  PolarityIndex As Integer
Global Input_StepIndex As Integer
```

ไฟล์ Plotgraph.Bas
ใช้ในการแสดงกราฟ

```
Dim RowCount As Integer
Dim ColCount As Integer
Dim dataIncomm As String * 1
Sub plot_Graph (Sindex As Integer)
    Select  Case Sindex
        Case 1
          Filename$  =  Main.CMDialog1.Filename
          Open Filename$ For Input As #1
          Do  Until EOF(1)
          Input #1, Lbl$, Data1, Data2, Data3, Data4, Data5,
                Data6, Data7, Data8
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Display_frm.Grid1.AddItem lbl$ + Chr$(9) + Str$(Data1)
+ Chr$(9) + Str$(Data2) + Chr$(9) + Str$(Data3)
+ Chr$(9) + Str$(Data4) + Chr$(9) + Str$(Data5)
+ Chr$(9) + Str$(Data6) + Chr$(9) + Str$(Data7)
+ Chr$(9) + Str$(Data8) , GridCount

GridCount = GridCount + 1
If GridCount = 10 Then Display_frm.Grid1.ScrollBars = 2
Display_frm.Grid1.Rows = GridCount
Loop
Close #1
  Case 2
    Display_frm.Grid1.Cols = 9
    Display_frm.Grid1.Rows = 259
     For RowCount = 0 To 255
         Display_frm.Grid1.Row = RowCount
         Display_frm.Grid1.Col = 0
         Display_frm.Grid1.Text = "X" & Str$(RowCount)
     Next RowCount
   For ColCount = 1 To 8
     For RowCount = 0 To 255
         dataIncomm = Commdat.Comm1.Input
         Display_frm.Grid1.Row = RowCount
         Display_frm.Grid1.Col = ColCount
         DataAsc = Asc (dataIncomm)
         DataStr$ = Str$(DataAsc)
         Display_frm.Grid1.Text = DataStr$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Next RowCount
            Next ColCount
        End Select
          Screen.MousePointer = 0
          Display_frm.graph1.NumSets = 8
          Display_frm.graph1.NumPoints = Display_frm.Grid1.Rows
          Display_frm.graph1.AutoInc = 1
          Display_frm.graph1.ThisSet = 1
          Display_frm.graph1.ThisPoint = 1
          For r = 0 To Display_fam.Grid1.Rows - 1 'Step 4
        Display_frm.Grid1.Row = r
        Display_frm.Grid1.Col = 0
        Lbl$ = Display_frm.Grid1.Text
        Display_frm.graph1.LabelText = lbl$
    Next r
    For Col = 1 To 8
      Display_frm.graph1.ThisSet = Col
      Display_frm. graph1.ThisPoint = 1
      For r = 0 To Display_frm.Grid1.Rows - 1
            isplay_frm.Grid1.Row = r
            Display_frm.Grid1.Col = Col
            Data1 = Val(Display_frm.Grid1.Text)
            Display_frm.graph1.GraphData = Data1
      Next r
    Next Col
      Display_frm.Show
End Sub
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไฟล์ Power.Bas

โปรแกรมทำการติดต่อกับบอร์ดควบคุม

```
Sub Power ( )
    Static PickBmp As Integer
    If PickBmp Then
      main.imgSwpw.Picture = main.imgSwpwoff.Picture 'Switch Power off
      main.Timer1.Enabled = False ' Disable LED Power Light
      main.imgPwled.Picture = main.imgPwledoff.Picture 'Set Power Light
            main.imgSwsli_Pola.Enabled = True
            main.imgSwsli_curr.Enabled = True
            main.imgSwsli_set.Enabled = True
            main.imgSwi. Enabled = True
            main.imgSwvadj.Enabled = True
            main. cmbCurrentLimit.Enabled = True
    Else
      main.imgSwpw.Picture = main.imgSwpwon.Picture
      main.Timer1.Enabled = True
      main.Print outdata
            main.imgSwsli_pola.Enabled = False
            main.imgSwsli_curr.Enabled = False
            main.imgSwsli_set.Enabled = False
            main.imgSwi. Enabled = False
            main.imgSwvadj.Enabled = False
            main. cmbCurrentLimit.Enabled = False
      End If
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        PickBmp = Not PickBmp
End If
PickBmp = Not PickBmp
End Sub
```

ไฟล์ Selecth.Bas

```
Sub Selecth ( )
    Select Case DevicesIndex
        Case 0
            Selest Case CurrentIndex
        Case 0
            Selest Case PolarityIndex
                Case 0 'NPN
                  comm_out = 5
                Case 1 'PNP
                  comm_out = 9
                End Select
            Case 1
              Select case PolarityIndex
                Case 0
                  comm_out = 6
                Case 1
                  comm_out = 10
              End Select
            Case 2
              Select case PolarityIndex
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Case 0
                  comm_out = 7
                Case 1
                  comm_out = 11
              End Select
            End Select
Case 1 'Select FET
            Select Case CurrentIndex
                Case 0 'Select Signal
                  Select case PolarityIndex
                    Case 0 ' N-CH
                      comm_out = 13
                    Case 1 'P-CH
                      comm_out = 17
                  End Select
            Case 1 'Select Power Low level
              Select Case PolarityyIndex
                Case 0 'N-CH
                  comm_out = 14
                Case 1 ' P-CH
                  comm_out = 18
              End Select
            Case 2'Select Power Height level
              Select Case PolarityyIndex
                Case 0 'N-CH
                  comm_out = 15
                Case 1 ' P-CH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                comm_out = 19
            End Select
        End Select
Case 2 'Select Diode
  Case 0 'Select Signal
        Select Case PolarityIndex
          Case 0 'FW.
                comm_out = 21
          Case 1 'RW.
                comm_out = 25
        End Select
Ca se 1 'Select Power Low level
  Select Case PolarityIndex
        Case 0 'FW
        comm_out = 22
        Case 1 'RW
        comm_out = 26
        End Select
  Case 2 'Select Power Height level
    Select  Case PolartityIndex
        Case 0 'FW
            Comm_out = 23
        Case 1 'RW
            Comm_out = 27
    End  Select
End Select
Case 3 'Select SCR
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Select  Case CurrentIndex
        Case 0 'Select Signal
            Select  Case  PolarityIndex
                Case 0 'don't Care
                    Comm_out = 29
                Case 1 'don't Care
                    Comm_out = 29
            End  Select
        Case 1 'Select Power Low level
            Select  Case  PolarityIndex
                Case 0 'don't Care
                    Comm_out = 30
                Case 1 'don't Care
                    Comm_out = 30
            End  Select
        Case 2 'Select Power Height level
            Select  Case  PolarityIndex
                Case 0 'don't Care
                    Comm_out = 31
                Case 1 'don't Care
                    Comm_out = 31
            End  Select
    End  Select
      Case 4 'Select UJT
          Select  Case  CurrentIndex
    Select  Case  PolarityIndex
                Case 0 'don't Care
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            Comm_out = 33
        Case 1 'don't Care
            Comm_out = 33
    End Select
Case 1 'Select Power Low level
    Select Case PolarityIndex
        Case 0 'don't Care
            Comm_out = 34
        Case 1 'don't Care
            Comm_out = 34
    End Select
Case 2 'Select Power Height level
    Select Case PolarityIndex
        Case 0 'don't Care
            Comm_out = 35
        Case 1 'don't Care
            Comm_out = 35
    End Select
End Select
Case 5 'Select Triac
    Select Case CurrentIndex
        Case 0 'Select Signal
            Select Case PolarityIndex
        Case 0 'don't Care
            Comm_out = 37
        Case 1 'don't Care
            Comm_out = 37
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            End Select
        Case 1 'Select Power Low level
            Select Case PolarityIndex
                Case 0 'don't Care
                    Comm_out = 38
                Case 1 'don't Care
                    Comm_out = 38
            End Select
        Case 2 'Select Power Height level
            Select Case PolarityIndex
                Case 0 'don't Care
                    Comm_out = 39
                Case 1 'don't Care
                    Comm_out = 39
            End Select
    End Select
Case 6 'Select Diac
        Select Case CurrentIndex
            Case 0 'Select Signal
                Select Case PolarityIndex
                    Case 0 'don't Care
                        Comm_out = 41
            Case 1 'don't Care
                Comm_out = 41
        End Select
    Case 1 'Select Power Low level
        Select Case PolarityIndex
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                Case 0 'don't Care
                    Comm_out = 42
                Case 1 'don't Care
                    Comm_out = 42
            End Select
        Case 2 'Select Power Height level
            Select Case PolarityIndex
                Case 0 'don't Care
                    Comm_out = 43
                Case 1 'don't Care
                    Comm_out = 43
            End Select
    End Select
End Select

'
'                    Out Data to Rs232
'

    Commdat.Comm1.Output = Chr$(Comm_out)
    Commdat.Comm1.Output = Chr$(StepIndex)
    Commdat.Comm1.Output = Chr$(StartIndex)
    Commdat.Comm1.Output = Chr$(Curve_num)
    Commdat.Comm1.Output = Chr$(Input_StepIndex)
End Sub
HEADER:             EQU   30H
STEP_SOURCE:        EQU   31H
CONTROL_BEGIN:      EQU   32H
STEP_CONTROL:       EQU   33H
CONTROL_STEP:       EQU   34H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PLOT_SEGM1:          EQU   2000H
PORT_A:              EQU   0E0E0H  ;CONTROL OUTPUT
PORT_B:              EQU   0E0E1H  ;SOURCE OUTPUT
PORT_C:              EQU   0E0E2H  ;INPUT  ADC
PORT_CONTROL:        EQU   0E0E3H

;REG_STEP_CONTROL:   R0
;REG_CONTROL_VALUE:  R1
;REG_STEP_SOURCE:    R2
;REG_SOURCE_VALUE:   R3
LOW_OFFSET           EQU   04H    ;R4
HIGH_OFFSET:         EQU   05H    ;R5
HEAD:                EQU   00H
FIRST:          EQU   100H
SECOND:         EQU   200H
THIRD:          EQU   300H
FOURTH:         EQU   400H

COUNT:          EQU   05H
POINT:          EQU   30H

                ORG   HEAD
;***********โปรแกรมหลัก**********

                LCALL       SETBAUD
MAIN:           LCALL       CLR_REG
                LCALL       CLR_BUF
                LCALL       RX_CONFIG
                LCALL       SELECT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LCALL   PLOT_CURVE
                LCALL   TX_B
                SJMP    MAIN                ;MAIN JUMPING

                ORG   FIRST
;**********ส่วนเซ็ตค่าบอดเร็ต**************

SETBAUD:        MOV     A,#0FDH             ;SET BAUDRATE SUB
                MOV     TH1,A               ;9600,N,8,1
                MOV     TL1,A               ;RUN WITH TIMER1 MODE2
                MOV     TMOD,#20H           ;8 BIT AUTO-RELOAD
                CLR     EA                  ;DISABLE INTERRUPT
                CLR     ET1
                MOV   SCON,#52H   ;SERIAL MODE 8 BIT UART & SET TIFLAG
                SETB  TR1
                RET

;**************ส่วนรับค่าเริ่มต้น****************

RX_CONFIG:      MOV   R1,#COUNT   ;RECEIVE FIVE INFO FROM PC COUNTER
                MOV   R0,#POINT   ;RECEIVE FIVE INFO FROM PC  POINTER
NEX_BYTE:       LCALL  RX_B
                MOV   @R0,A       ;LOAD INFO TO BUFFER
                INC   R0          ;POINTER+1
                DJNZ  R1,NEX_BYTE
                RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
;************ส่วนพล็อตเส้นคุณสมบัติของอุปกรณ์***************

PLOT_CORVE: SETB    P3.3
            SETB    P3.2
            MOV     DPTR,#PORT_CONTROL   ;SET PORT 8255
            MOV     A, #10001001B        ;A=B=O/P,C=I/P
            MOVX    @DPTR,A
            MOV     R0,STEP_CONTROL      ;LOAD STEP FOR CONTROL
            MOV     R1,CONTROL_BEGIN     ;START VALUE OF CONTROL
NEXT_CURVE: MOV     DPTR,#PORT_A
            MOV     A,R1
            CPL     A
            MOVX    @DPTR,A              ;OUT START VALUE
            LCALL   SOURCE               ;PLOT ONE CURVE
            ;LCALL  PDELAY
           PUSH    A                     ;SAVE VALUE INPUT FROM ADC
           MOV     A,R1
           ADD     A,CONTROL_STEP        ;START VALUE+CONTROL/STEP
           MOV     R1,A                  ;BIAS VARY
           POP     A                     ;LOAD VALUE INPUT FROM ADC
           INC     HIGH_OFFSET           ;SEGMENT+1
           MOV     LOW_OFFSET,#00H       ;CLEAR LOW_OFFSET
           DJNZ    R0,NEXT_CURVE         ;LAST STEP
           RET

;**************ส่วนส่งค่าเริ่มต้นสู่เครื่องพีซี****************

INIT_TX:    MOV     A,#45H
            MOV     SBUF,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                JNB     T1,$        ;SEND INITIAL VALUE TO PC
                CLR     T1
                ;LCALL  TDELAY
                ;LCALL  TDELAY
                RET

;**************ส่วนเคลียร์บัฟเฟอร์******************

CLR_BUF:        PUSE    DPL
                PUSE    DPH
                MOV     R7,#40H
NEXT_S:         MOV     DPH,R7
                MOV     R6,#0FFH
                MOV     A,#00H
NEXT_B:         MOVX    @DPTR,A
                INC     DPL
                DJNZ    R6,NEXT_B
                MOV     DPL,#00H
                DJNZ    R7,NEXT_S
                POP     DPH
                POP     DPL
                RET

;************ส่วนเคลียร์รีจิสเตอร์แบงค์***************

CLR_REG:        MOV     A,#00H
                MOV     R0,A
                MOV     R1,A
                MOV     R2,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งไม่อนุญาตให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV   R3,A
                MOV   R4,A
                MOV   R5,A
                MOV   R6,A
                MOV   R7,A
                RET

;************ส่วนเลือกชนิดของอุปกรณ์***************

SELECT:         MOV   A,HEADER
                ;TRANSISTOR NPN
TRNSIG:         CJNE  A,#05H,TRNLO      ;SIGNAL
                MOV   A,#24H
                MOV   P1,A
                LJMP  END_CHK
TRNLO:          CJNE    A,#06H,TRNHI    ;LOW
                MOV     A,#48H
                MOV     P1,A
                LJMP    END_CHK
TRNHI:          CJNE    A,#07H,TRPSIG   ;HIGH
                MOV     A,#90H
                MOV     P1,A
                LJMP    END_CHK

                ;TRANSISTOR PNP
TRPSIG:         CJNE    A,#09H,TRPLO    ;SIGNAL
                MOV   A,#25H
                MOV   P1,A
                LJMP  END_CHK
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งนี้ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TRPLO:    CJNE  A,#0AH,TRPHI          ;LOW
          MOV   A,#49H
          MOV   P1,A
          LJMP  END_CHK
TRNHI:    CJNE  A,#0BH,FETNSIG  ;HIGH
          MOV   A,#91H
          MOV   P1,A
          LJMP  END_CHK

          ;FET N-CH
FETNSIG:  CJNE  A,#0DH,FETNLO   ;SIGNAL
          MOV   A,#27H
          MOV   P1,A
          LJMP  END_CHK
FETNLO:   CJNE  A,#0EH,FETNHI         ;LOW
          MOV   A,#4BH
          MOV   P1,A
          LJMP  END_CHK
FETNHI:   CJNE  A,#0FH,FETNSIG  ;HIGH
          MOV   A,#93H
          MOV   P1,A
          LJMP  END_CHK

          ;FET P-CH
FETNSIG:  CJNE  A,#11H,FETNLO   ;SIGNAL
          MOV   A,#26H
          MOV   P1,A
          LJMP  END_CHK
FETNLO:   CJNE  A,#12H,FETNHI         ;LOW
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,#4AH
                MOV     P1,A
                LJMP    END_CHK
FETNHI:         CJNE    A,#13H,DFWSIG    ;HIGH
                MOV     A,#92H
                MOV     P1,A
                LJMP    END_CHK
                ;DIODE FORWARD BIAS
DFWSIG:         CJNE    A,#15H,DFWLO     ;SIGNAL
                MOV   A,#24H
                MOV   P1,A
                LJMP  END_CHK
DFWLO:          CJNE  A,#16H,DFWLO              ;LOW
                MOV     A,#48H
                MOV     P1,A
                LJMP    END_CHK
DFWHI:          CJNE    A,#17H,DFWSIG    ;HIGH
                MOV     A,#90H
                MOV     P1,A
                LJMP    END_CHK

                ;DIODE REVERESE BIAS
DFWSIG:         CJNE    A,#19H,DFWLO     ;SIGNAL
                MOV   A,#25H
                MOV   P1,A
                LJMP  END_CHK
DFWLO:          CJNE  A,#1AH,DFWLO              ;LOW
                MOV     A,#49H
                MOV     P1,A
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                LJMP    END_CHK
DFWHI:          CJNE    A,#1BH,SCRSIG     ;HIGH
                MOV     A,#91H
                MOV     P1,A
                LJMP    END_CHK

                ;SCR
SCRSIG:         CJNE  A,#1DH,SCRLO        ;SIGNAL
                MOV   A,#26H
                MOV   P1,A
                LJMP  END_CHK
SCRLO:          CJNE    A,#1EH,SCRHI      ;LOW
                MOV     A,#4AH
                MOV     P1,A
                LJMP    END_CHK
SCRHI:CJNE    A,#1FH,UJTSIG     ;HIGH
                MOV     A,#92H
                MOV     P1,A
                LJMP    END_CHK

                ;UJT
UJTSIG:         CJNE    A,#21H,UJTLO      ;SIGNAL
                MOV   A,#24H
                MOV   P1,A
                LJMP  END_CHK
UJTLO:          CJNE  A,#22H,UJTHI        ;LOW
                MOV     A,#48H
                MOV     P1,A
                LJMP    END_CHK
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
UJTHI: CJNE   A,#23H,TRIACSIG  ;HIGH
       MOV    A,#90H
       MOV    P1,A
       LJMP   END_CHK

       ;TRIAC
TRIACSIG:  CJNE   A,#25H,TRIACLO   ;SIGNAL
       MOV  A,#26H
       MOV  P1,A
       LJMP END_CHK
TRIACLO:   CJNE  A,#26H,TRIACHI          ;LOW
       MOV    A,#4AH
       MOV    P1,A
       LJMP   END_CHK
TRIACHI:   CJNE   A,#27H,DIACSIG   ;HIGH
       MOV    A,#92H
       MOV    P1,A
       LJMP   END_CHK

       ;DIAC
DIACIG:    CJNE   A,#29H,DIACLO    ;SIGNAL
       MOV  A,#25H
       MOV  P1,A
       LJMP END_CHK
DIACLO:    CJNE  A,#2AH,FETNHI           ;LOW
       MOV    A,#49H
       MOV    P1,A
       LJMP   END_CHK
DIACHI:    CJNE   A,#2BH,END_CHK  ;HIGH
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                MOV     A,#91H
                MOV     P1,A
END_CHK:        RET

;************ส่วนส่งค่าของเส้นคุณสมบัติของอุปกรณ์สูพีซี*************

TX_B:           PUSH    DPL             ;SAVE  POINTER
                PUSH    DPH
                MOV     HIGH_OFFSET,#00H;SET SEGMENT TO 1ST SEGMENT
                MOV     R0,STEP_CONTROL
                MOV     DPTR,#PLOT_SEGM1;POINT TO 1ST SEGMENT
NEX_SEG:        JNB     RI,$            ;ONE CURVE ACKNOWLEDGE
                ;MOV    SBUF,A
                ;JNB    T1,$            ;SEND INITIAL CURVE
                ;CLR    TI
                MOV     R2,STEP_SOURCE  ;LOW_OFFSET OF SEGMENT
SEG_TX:         MOVX    A,@DPTR         ;LOAD VALUE FROM SEGMENT
                MOV     SBUF,A
                JNB     TI,$
                CLR     TI
                ;LCALL  SDELAY
                INC     DPTR            ;NEXT ADDRESS
                DJNZ    R2,SEG_TX       ;LAST ADDRESS OF SEGMENT?
                INC     HIGH_OFFSET     ;SEGMENT+1
                MOV     A,HIGH_OFFSET
                ADD     A,DPH
                MOV     DPH,A
                MOV     DPL,#00H        ;CLR LOW_OFFSET
                DJNZ    R0,NEX_SEG      ;LAST CURVE?
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น ทั้งนี้ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                POP     DPH
                POP     DPL
                RET
                ORG     SECOND
;************ส่วนพล็อตเส้นคุณสมบัติของอุปกรณ์ 1 เส้น**************

SOURCE:         MOV     R2,#00H         ;LOAD STEP FOR SOURCE
NEXT:           MOV     DPTR,#PORT_B
                MOV     A,R2
                CPL     A
                MOVX    @DPTR,A         ;OUT SOURCE
ADC_RD:         CLR     P3.3            ;READ DATA FROM ADC
                JNB     P3.2,ADC_RD     ;ADC BUSY?
                ;LCALL  PDELAY
                INC     DPTR
                MOVX    A,@DPTR         ;IN RESULT
                SETB    P3.3            ;DISABLE READ ADC
                LCALL   SAVE            ;SAVE ONE CURVE
                INC     LOW_OFFSET      ;POINTER+1
                INC     R2
                MOV     A,R2
                CJNE    A,STEP_SOURCE,NEXT    ;LAST STEP?
                RET
;**************ส่วนรับ 1 ไบต์****************
RX_B:           JNB     RI,$            ;RECEIVE BYTE SUB
                MOV     A,SBUF
                CLR     RI
                ;MOV    SBUF,A
                ;JNB    TI,$
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
            ;CLR    TI
            RET
            ORG     THIRD
;*************ส่วนเก็บค่าของเส้นคุณสมบัติของอุปกรณ์ลงบัฟเฟอร์**************

SAVE:       PUSH    DPL         ;INPUT FROM ADC &
            PUSH    DPH         ;SAVE TO SEGMENT
            MOV     DPTR,#PLOT_SEGM1  ;1ST SEGMENT OF 1ST CURVE
            PUSH    A
            MOV   A,HIGH_OFFSET ;NEXT SEGMENT FOR NEXT ADDRESS
            ADD     A,DPH
            MOV     DPH,A
            MOV     A,LOW_OFFSET    ;POINT TO NEXT ADDRESS
            ADD     A,DPL
            MOV     DPL,A
            POP     A
            MOVX    @DPTR,A         SAVE VALUE TO SEGMENT
            POP     DPH
            POP     DPL
            RET

            ORG     FOURTH
;*************ส่วนหน่วงเวลา*****************

PDELAY:     MOV     R6,#050H    ;PROGRAM DELAY
PDL1:       MOV     R7,#050H
PDL2:       NOP
            DJNZ    R7,PDL2
            DJNZ    R6,PDL1
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งนี้ทั้งสิ้น ห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SDELAY:     MOV     R6,#012H    ;SERIAL DELAY
SDL1:       MOV     R7,#025H;50H
SDL2:       NOP
            DJNZ    R7,SDL2
            DJNZ    R6,SDL1
            RET

TDELAY:     MOV     R6,#0FFH    ;TX INITIAL DELAY
TDL1:       MOV     R7,#090H
TDL2:       NOP
            DJNZ    R7,TDL2
            DJNZ    R6,SDL1
            RET
;************จบโปรแกรม***************
            END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก จ.

ข้อมูลอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8255A FUNCTIONAL DESCRIPTION

General

The 8255A is a programmable peripheral interface (PPI) device designed for use in Intel microcomputer systems. Its function is that of a general purpose I/O component to interface peripheral equipment to the microcomputer system bus. The functional configuration of the 8255A is programmed by the system software so that normally no external logic is necessary to interface peripheral devices or structures.

Data Bus Buffer

This 3-state bidirectional 8-bit buffer is used to interface the 8255A to the system data bus. Data is transmitted or received by the buffer upon execution of input or output instructions by the CPU. Control words and status information are also transferred through the data bus buffer.

Read/Write and Control Logic

The function of this block is to manage all of the internal and external transfers of both Data and Control or Status words. It accepts inputs from the CPU Address and Control busses and in turn, issues commands to both of the Control Groups.

($\overline{CS}$)

Chip Select. A "low" on this input pin enables the communication between the 8255A and the CPU.

($\overline{RD}$)

Read. A "low" on this input pin enables the 8255A to send the data or status information to the CPU on the data bus. In essence, it allows the CPU to "read from" the 8255A.

($\overline{WR}$)

Write. A "low" on this input pin enables the CPU to write data or control words into the 8255A.

(A_0 and A_1)

Port Select 0 and Port Select 1. These input signals, in conjunction with the RD and WR inputs, control the selection of one of the three ports or the control word registers. They are normally connected to the least significant bits of the address bus (A_0 and A_1).

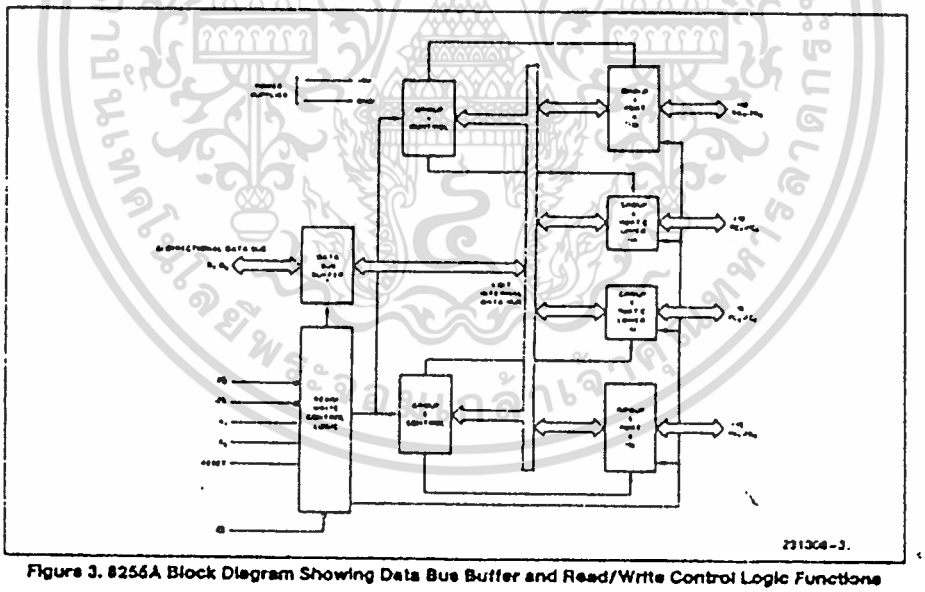


Figure 3. 8255A Block Diagram Showing Data Bus Buffer and Read/Write Control Logic Functions

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8255A BASIC OPERATION

A_1	A_0	$\overline{RD}$	$\overline{WR}$	$\overline{CS}$	Input Operation (READ)
0	0	0	1	0	Port A → Data Bus
0	1	0	1	0	Port B → Data Bus
1	0	0	1	0	Port C → Data Bus
					Output Operation (WRITE)
0	0	1	0	0	Data Bus → Port A
0	1	1	0	0	Data Bus → Port B
1	0	1	0	0	Data Bus → Port C
1	1	1	0	0	Data Bus → Control
					Disable Function
X	X	X	X	1	Data Bus → 3-State
1	1	0	1	0	Illegal Condition
X	X	1	1	0	Data Bus → 3-State

(RESET)

Reset. A "high" on this input clears the control register and all ports (A, B, C) are set to the input mode.

Group A and Group B Controls

The functional configuration of each port is programmed by the systems software. In essence, the CPU "outputs" a control word to the 8255A. The control word contains information such as "mode", "bit set", "bit reset", etc., that initializes the functional configuration of the 8255A.

Each of the Control blocks (Group A and Group B) accepts "commands" from the Read/Write Control Logic, receives "control words" from the internal data bus and issues the proper commands to its associated ports.

Control Group A—Port A and Port C upper (C7–C4)

Control Group B—Port B and Port C lower (C3–C0)

The Control Word Register can Only be written into. No Read operation of the Control Word Register is allowed.

Ports A, B, and C

The 8255A contains three 8-bit ports (A, B, and C). All can be configured in a wide variety of functional characteristics by the system software but each has its own special features or "personality" to further enhance the power and flexibility of the 8255A.

Port A. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit data input latch.

Port B. One 8-bit data input/output latch/buffer and one 8-bit data input buffer.

Port C. One 8-bit data output latch/buffer and one 8-bit data input buffer (no latch for input). This port can be divided into two 4-bit ports under the mode control. Each 4-bit port contains a 4-bit latch and it can be used for the control signal outputs and status signal inputs in conjunction with ports A and B.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

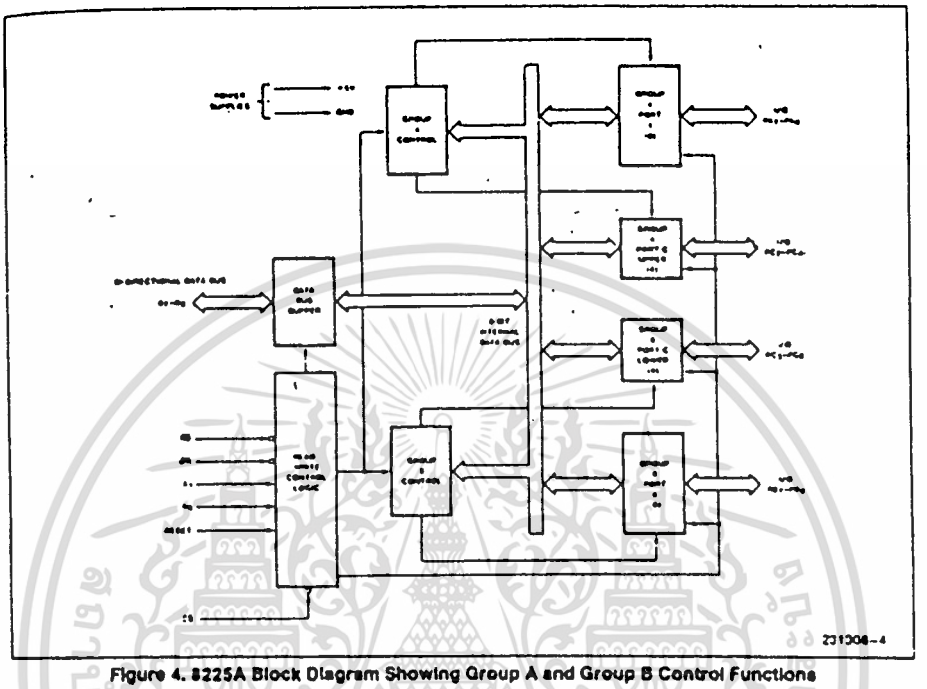
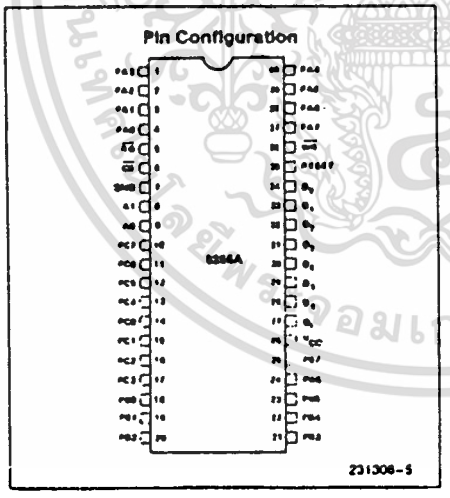


Figure 4. 8225A Block Diagram Showing Group A and Group B Control Functions



Pin Names	
D_7–D_0	Data Bus (Bi-Directional)
RESET	Reset Input
$\overline{CS}$	Chip Select
$\overline{RD}$	Read Input
$\overline{WR}$	Write Input
A0, A1	Port Address
PA7–PA0	Port A (BIT)
PB7–PB0	Port B (BIT)
PC7–PC0	Port C (BIT)
V_{CC}	+ 5 Volts
GND	0 Volts

8255A OPERATIONAL DESCRIPTION

Mode Selection

There are three basic modes of operation that can be selected by the system software:

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mode 0—Basic Input/Output

Mode 1—Strobed Input/Output

Mode 2—Bi-Directional Bus

When the reset input goes "high" all ports will be set to the input mode (i.e., all 24 lines will be in the high impedance state). After the reset is removed the 8255A can remain in the input mode with no additional initialization required. During the execution of the system program any of the other modes may be selected using a single output instruction. This allows a single 8255A to service a variety of peripheral devices with a simple software maintenance routine.

The modes for Port A and Port B can be separately defined, while Port C is divided into two portions as required by the Port A and Port B definitions. All of the output registers, including the status flip-flops, will be reset whenever the mode is changed. Modes may be combined so that their functional definition can be "tailored" to almost any I/O structure. For instance; Group B can be programmed in Mode 0 to monitor simple switch closings or display computational results. Group A could be programmed in Mode 1 to monitor a keyboard or tape reader on an interrupt-driven basis.

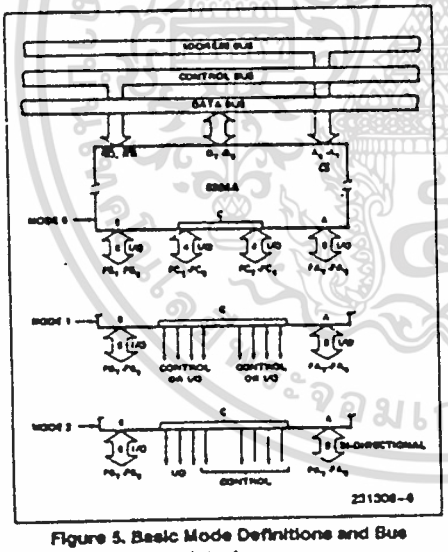


Figure 5. Basic Mode Definitions and Bus Interface

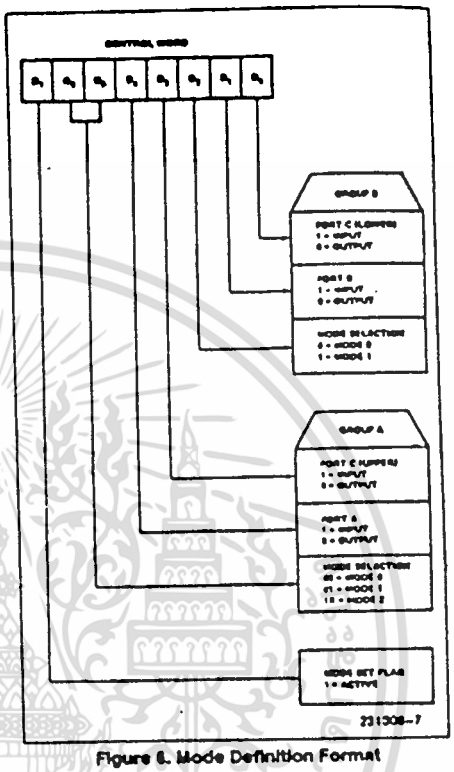


Figure 6. Mode Definition Format

The mode definitions and possible mode combinations may seem confusing at first but after a cursory review of the complete device operation a simple, logical I/O approach will surface. The design of the 8255A has taken into account things such as efficient PC board layout, control signal definition vs PC layout and complete functional flexibility to support almost any peripheral device with no external logic. Such design represents the maximum use of the available pins.

Single Bit Set/Reset Feature

Any of the eight bits of Port C can be Set or Reset using a single OUTput instruction. This feature reduces software requirements in Control-based applications.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

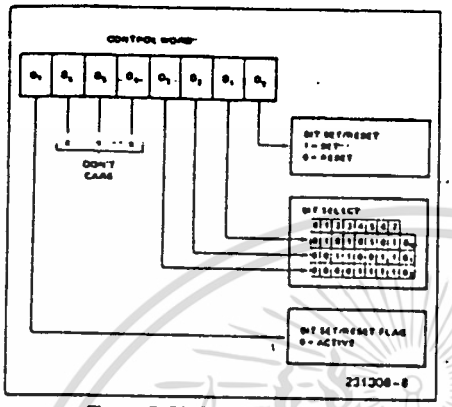


Figure 7. Bit Set/Reset Format

When Port C is being used as status/control for Port A or B, these bits can be set or reset by using the Bit Set/Reset operation just as if they were data output ports.

Interrupt Control Functions

When the 8255A is programmed to operate in mode 1 or mode 2, control signals are provided that can be used as interrupt request inputs to the CPU. The interrupt request signals, generated from port C, can be inhibited or enabled by setting or resetting the associated INTE flip-flop, using the bit set/reset function of port C.

This function allows the Programmer to disallow or allow a specific I/O device to interrupt the CPU without affecting any other device in the interrupt structure.

INTE flip-flop definition:

(BIT-SET)—INTE is set—interrupt enable

(BIT-RESET)—INTE is RESET—interrupt disable

NOTE:
All Mask flip-flops are automatically reset during mode selection and device Reset.

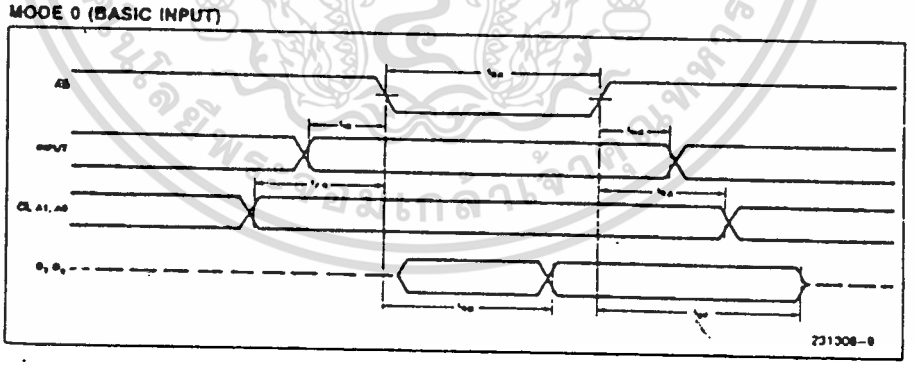
Operating Modes

MODE 0 (Basic Input/Output). This functional configuration provides simple input and output operations for each of the three ports. No "handshaking" is required, data is simply written to or read from a specified port.

Mode 0 Basic Functional Definitions:

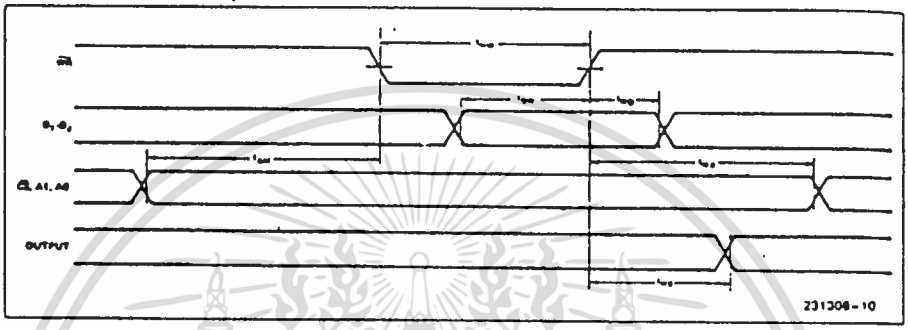
- Two 8-bit ports and two 4-bit ports.
- Any port can be input or output.
- Outputs are latched.
- Inputs are not latched.
- 16 different Input/Output configurations are possible in this Mode.

MODE 0 (BASIC INPUT)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODE 0 (BASIC OUTPUT)

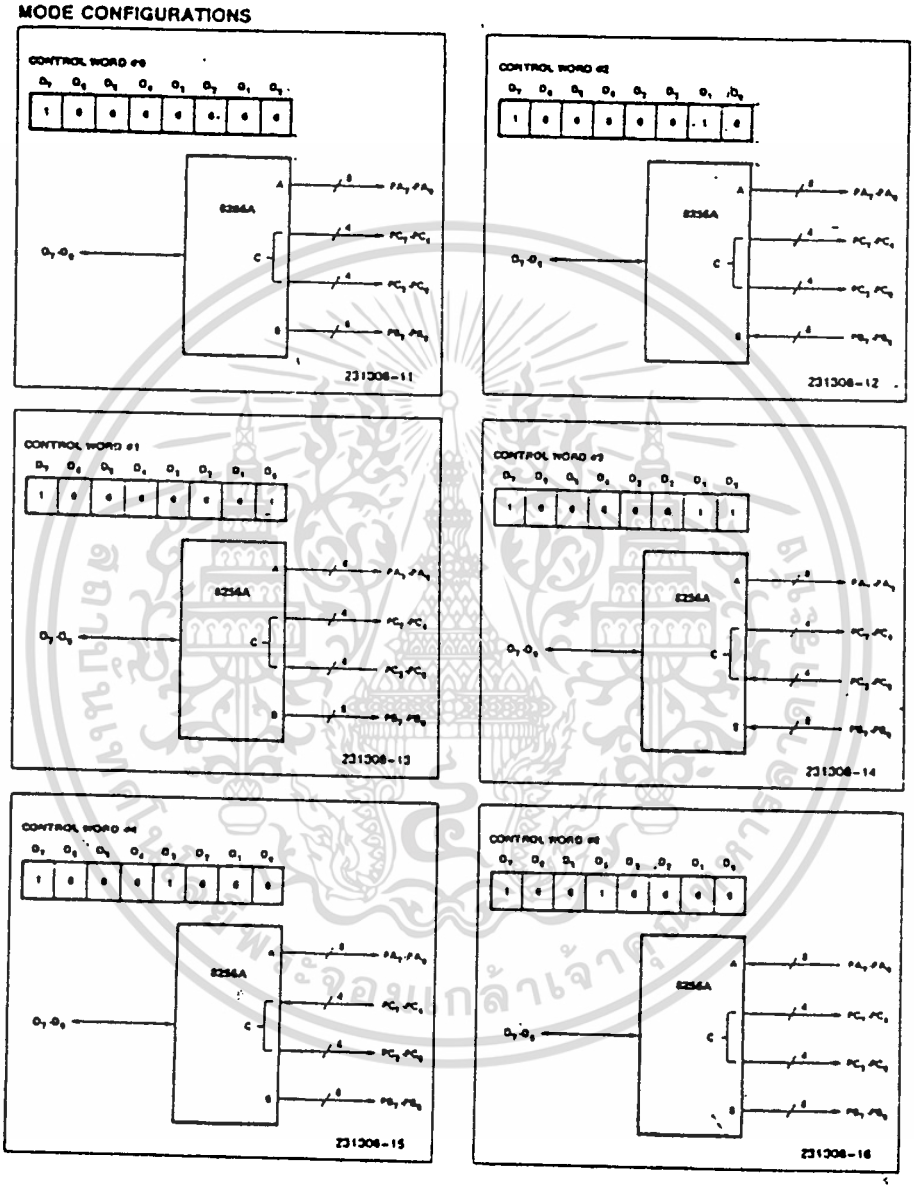


MODE 0 PORT DEFINITION

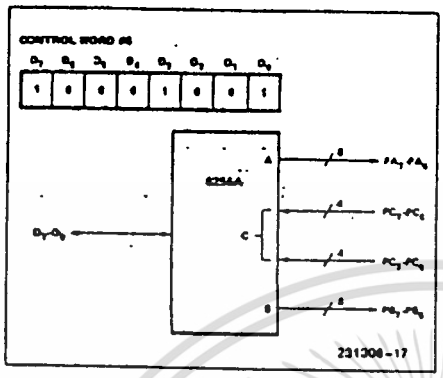
A		B		Group A			Group B	
D_4	D_3	D_1	D_0	Port A	Port C (Upper)	#	Port B	Port C (Lower)
0	0	0	0	OUTPUT	OUTPUT	0	OUTPUT	OUTPUT
0	0	0	1	OUTPUT	OUTPUT	1	OUTPUT	INPUT
0	0	1	0	OUTPUT	OUTPUT	2	INPUT	OUTPUT
0	0	1	1	OUTPUT	OUTPUT	3	INPUT	INPUT
0	1	0	0	OUTPUT	INPUT	4	OUTPUT	OUTPUT
0	1	0	1	OUTPUT	INPUT	5	OUTPUT	INPUT
0	1	1	0	OUTPUT	INPUT	6	INPUT	OUTPUT
0	1	1	1	OUTPUT	INPUT	7	INPUT	INPUT
1	0	0	0	INPUT	OUTPUT	8	OUTPUT	OUTPUT
1	0	0	1	INPUT	OUTPUT	9	OUTPUT	INPUT
1	0	1	0	INPUT	OUTPUT	10	INPUT	OUTPUT
1	0	1	1	INPUT	OUTPUT	11	INPUT	INPUT
1	1	0	0	INPUT	INPUT	12	OUTPUT	OUTPUT
1	1	0	1	INPUT	INPUT	13	OUTPUT	INPUT
1	1	1	0	INPUT	INPUT	14	INPUT	OUTPUT
1	1	1	1	INPUT	INPUT	15	INPUT	INPUT

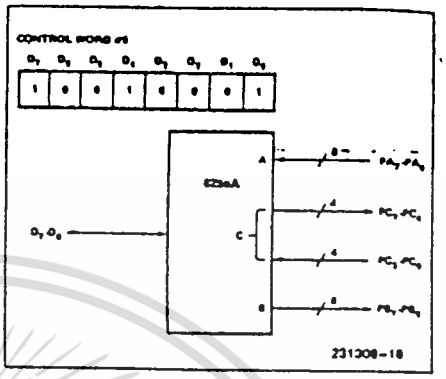
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

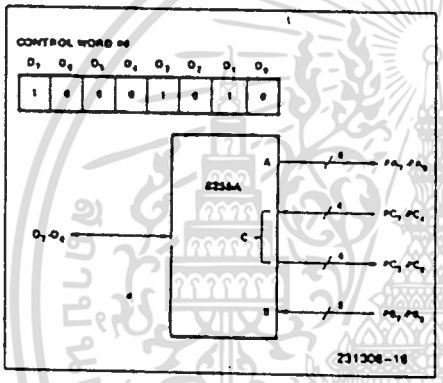
MODE CONFIGURATIONS

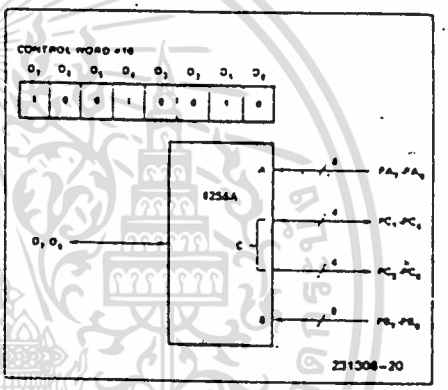


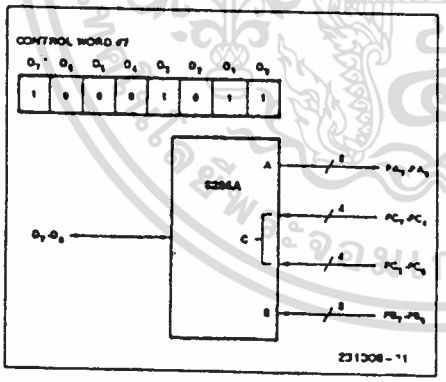
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

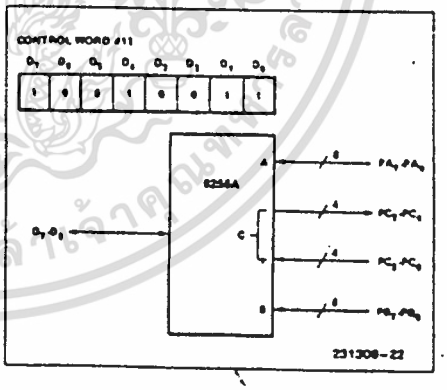




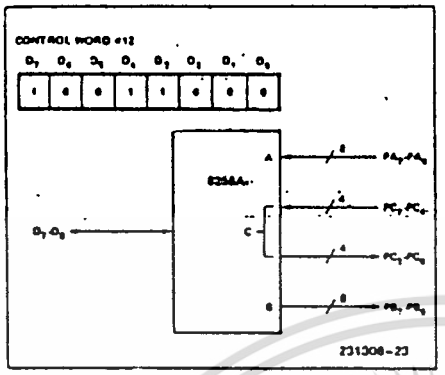


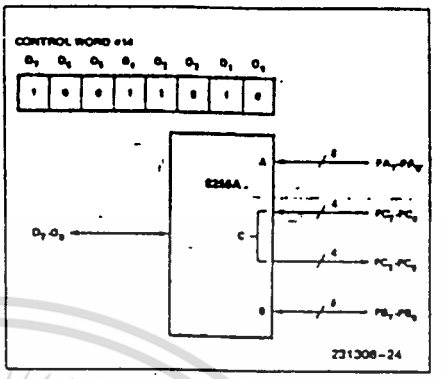


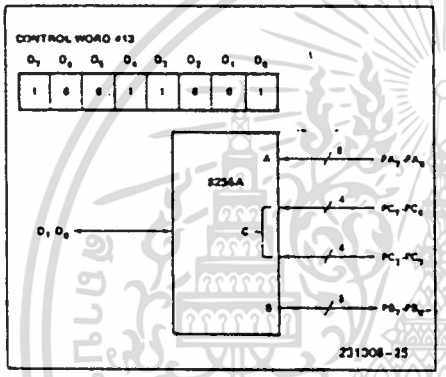


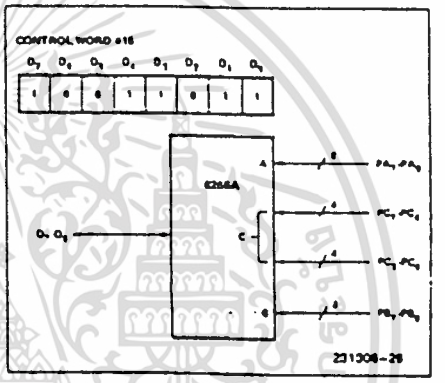


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้









Operating Modes

MODE 1 (Strobed Input/Output). This functional configuration provides a means for transferring I/O data to or from a specified port in conjunction with strobes or "handshaking" signals. In mode 1, port A and port B use the lines on port C to generate or accept these "handshaking" signals.

Mode 1 Basic Functional Definitions:

- Two Groups (Group A and Group B)
- Each group contains one 8-bit data port and one 4-bit control/data port.
- The 8-bit data port can be either input or output. Both inputs and outputs are latched.
- The 4-bit port is used for control and status of the 8-bit data port.

Input Control Signal Definition

$\overline{STB}$ (Strobe Input). A "low" on this input loads data into the input latch.

IBF (Input Buffer Full F/F)

A "high" on this output indicates that the data has been loaded into the input latch; in essence, an acknowlecgement. IBF is set by STB input being low and is reset by the rising edge of the RD input.

INTR (Interrupt Request)

A "high" on this output can be used to interrupt the CPU when an input device is requesting service. INTR is set by the $\overline{STB}$ is a "one", IBF is a "one" and INTE is a "one". It is reset by the falling edge of $\overline{RD}$. This procedure allows an input device to request service from the CPU by simply strobing its data into the port.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

INTE A

Controlled by bit set/reset of PC_4.

INTE B

Controlled by bit set/reset of PC_2.

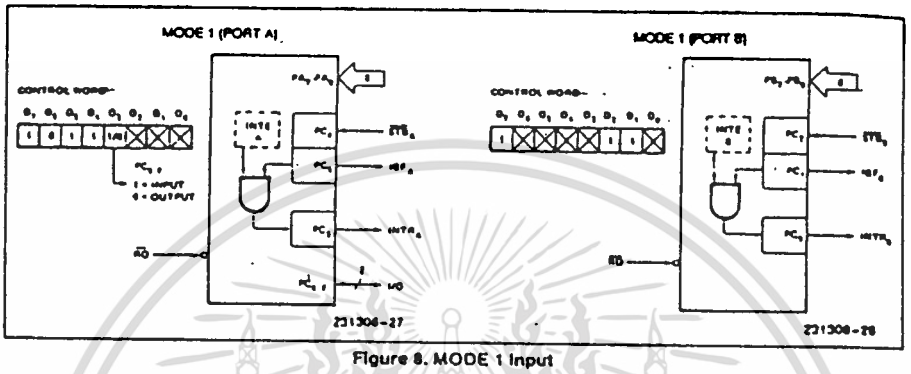


Figure 8. MODE 1 Input

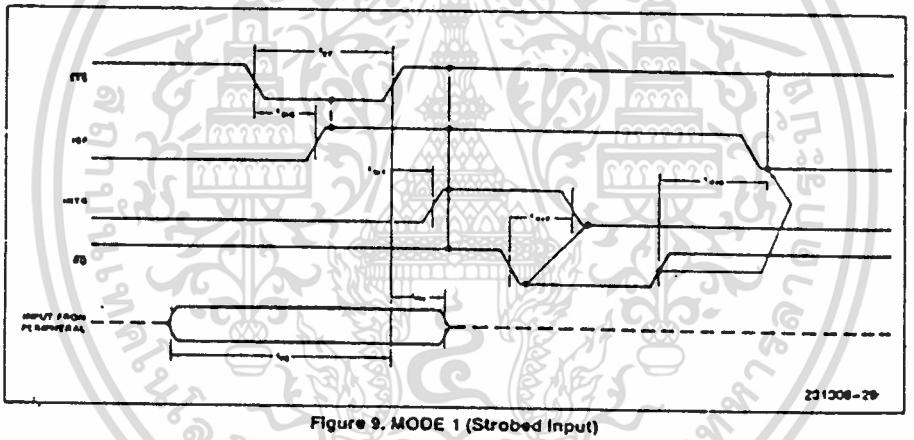


Figure 9. MODE 1 (Strobed Input)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Output Control Signal Definition

$\overline{OBF}$ (Output Buffer Full F/F). The $\overline{OBF}$ output will go "low" to indicate that the CPU has written data out to the specified port. The $\overline{OBF}$ F/F will be set by the rising edge of the $\overline{WR}$ input and reset by $\overline{ACK}$ input being low.

$\overline{ACK}$ (Acknowledge Input). A "low" on this input informs the 8255A that the data from port A or port B has been accepted. In essence, a response from the peripheral device indicating that it has received the data output by the CPU.

INTR (Interrupt Request). A "high" on this output can be used to interrupt the CPU when an output device has accepted data transmitted by the CPU. INTR is set when $\overline{ACK}$ is a "one", $\overline{OBF}$ is a "one", and INTE is a "one". It is reset by the falling edge of $\overline{WR}$.

INTE A

Controlled by bit set/reset of PC_6.

INTE B

Controlled by bit set/reset of PC_2.

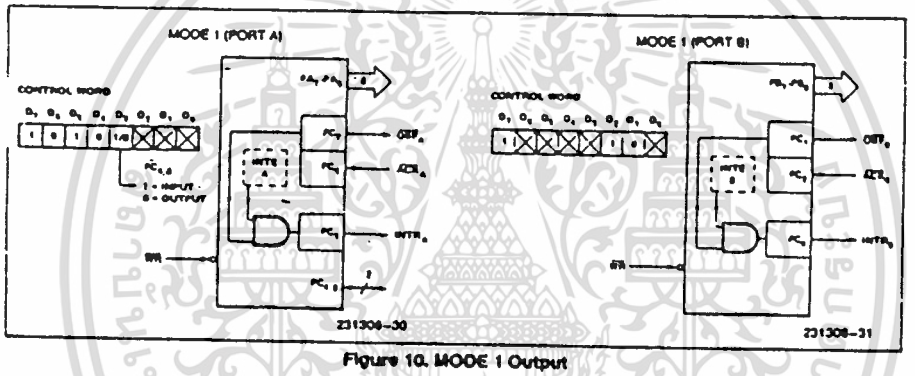


Figure 10. MODE 1 Output

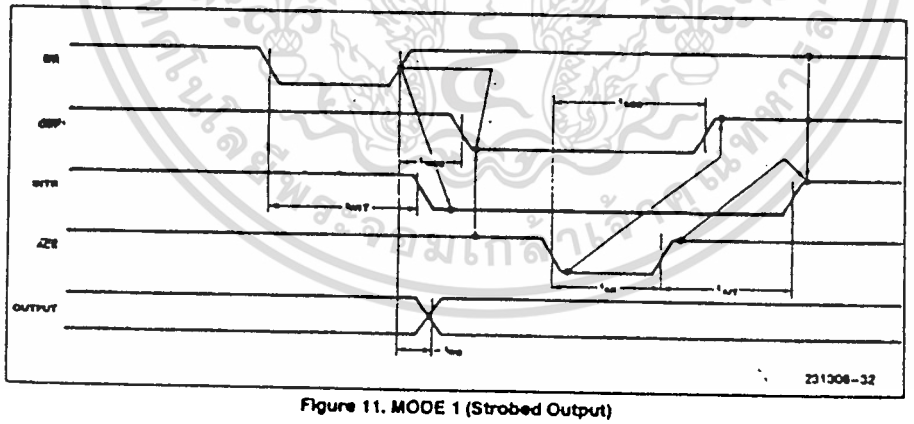


Figure 11. MODE 1 (Strobed Output)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

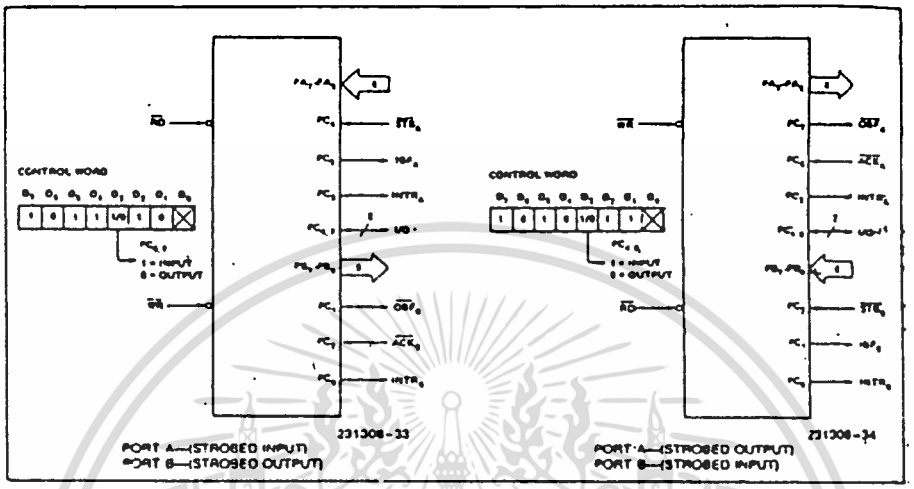


Figure 12. Combinations of MODE 1

Combinations of MODE 1

Port A and Port B can be individually defined as input or output in MODE 1 to support a wide variety of strobed I/O applications.

Operating Modes

MODE 2 (Strobed Bidirectional Bus I/O). This functional configuration provides a means for communicating with a peripheral device or structure on a single 8-bit bus for both transmitting and receiving data (bidirectional bus I/O). "Handshaking" signals are provided to maintain proper bus flow discipline in a similar manner to MODE 1. Interrupt generation and enable/disable functions are also available.

MODE 2 Basic Functional Definitions:

- Used in Group A only.
- One 8-bit, bi-directional bus Port (Port A) and a 5-bit control Port (Port C).
- Both inputs and outputs are latched.
- The 5-bit control port (Port C) is used for control and status for the 8-bit, bi-directional bus port (Port A).

Bidirectional Bus I/O Control Signal Definition

INTR (Interrupt Request). A high on this output can be used to interrupt the CPU for both input or output operations.

Output Operations

$\overline{OBF}$ (Output Buffer Full). The $\overline{OBF}$ output will go "low" to indicate that the CPU has written data out to port A.

$\overline{ACK}$ (Acknowledge). A "low" on this input enables the tri-state output buffer of port A to send out the data. Otherwise, the output buffer will be in the high impedance state.

INTE 1 (The INTE Flip-Flop Associated with OBF). Controlled by bit set/reset of PC_6.

Input Operations

$\overline{STB}$ (Strobe Input). A "low" on this input loads data into the input latch.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IBF (Input Buffer Full F/F). A "high" on this output indicates that data has been loaded into the input latch.

INTE 2 (The INTE Flip-Flop Associated with IBF). Controlled by bit set/reset of PC_4.

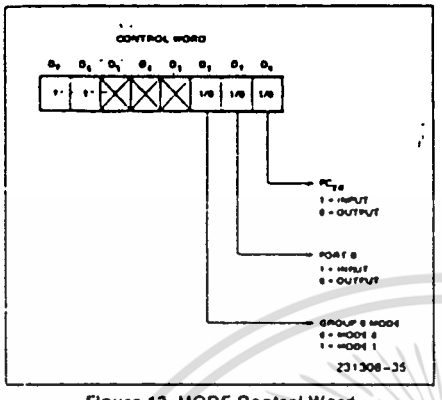


Figure 13. MODE Control Word

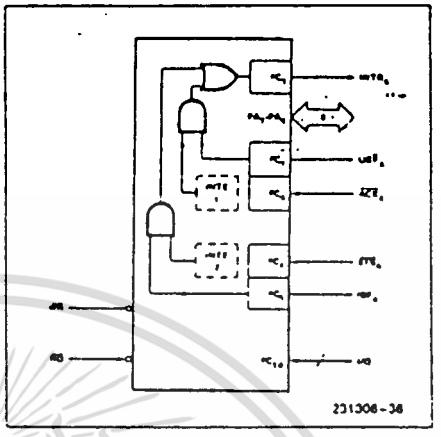
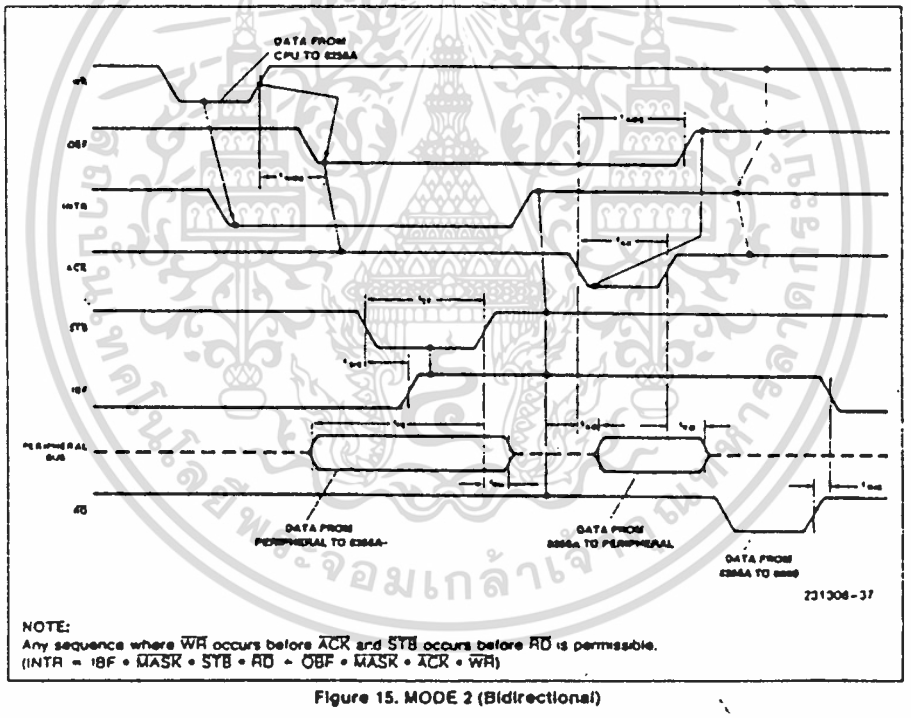


Figure 14. MODE 2



NOTE:
Any sequence where $\overline{WR}$ occurs before $\overline{ACK}$ and $\overline{STB}$ occurs before $\overline{RD}$ is permissable.
(INTR = IBF • MASK • $\overline{STB}$ • $\overline{RD}$ + OBF • MASK • $\overline{ACK}$ • $\overline{WR}$)

Figure 15. MODE 2 (Bidirectional)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

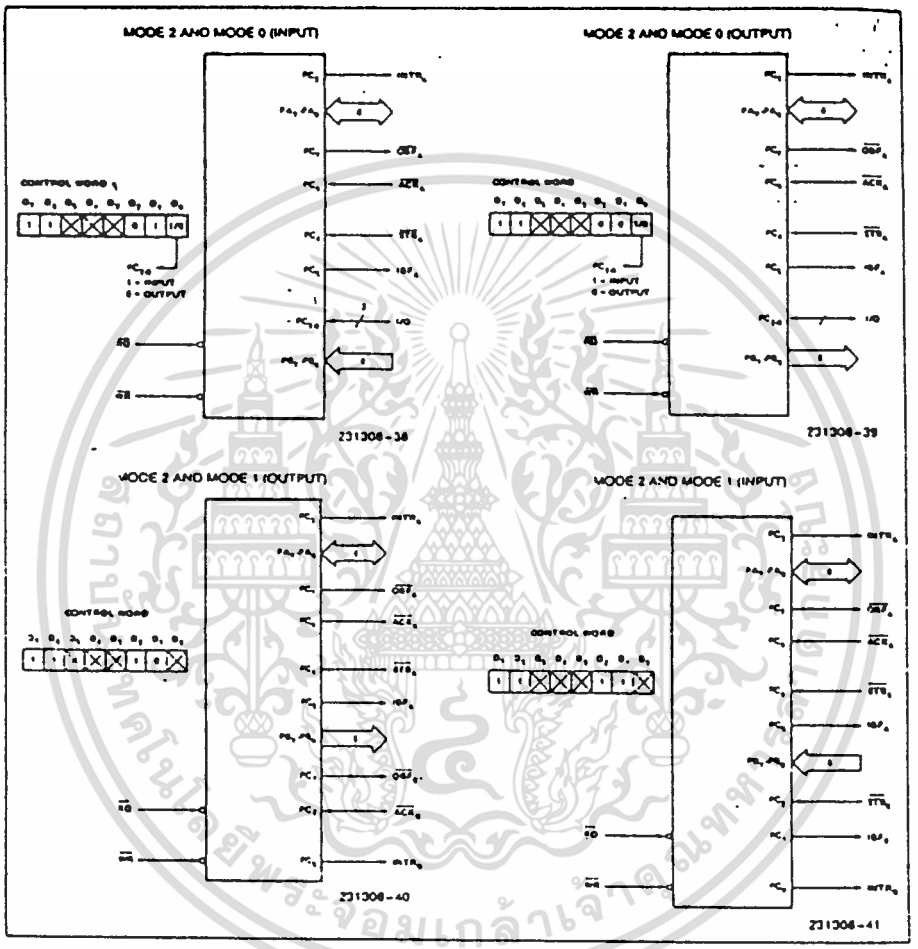


Figure 16. MODE 1/2 Combinations

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mode Definition Summary

	MODE 0		MODE 1		MODE 2	
	IN	OUT	IN	OUT	GROUP A ONLY	
PA_0	IN	OUT	IN	OUT	⟷	
PA_1	IN	OUT	IN	OUT	⟷	
PA_2	IN	OUT	IN	OUT	⟷	
PA_3	IN	OUT	IN	OUT	⟷	
PA_4	IN	OUT	IN	OUT	⟷	
PA_5	IN	OUT	IN	OUT	⟷	
PA_6	IN	OUT	IN	OUT	⟷	
PA_7	IN	OUT	IN	OUT	⟷	
PB_0	IN	OUT	IN	OUT	—	MODE 0 OR MODE 1 ONLY
PB_1	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_2	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_3	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_4	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_5	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_6	IN	OUT	IN	OUT	—	
PB_7	IN	OUT	IN	OUT	—	
PC_0	IN	OUT	$INTR_B$	$INTR_B$	I/O	
PC_1	IN	OUT	IBF_B	$\overline{OBF}_B$	I/O	
PC_2	IN	OUT	$\overline{STB}_B$	$\overline{ACK}_B$	I/O	
PC_3	IN	OUT	$INTR_A$	$INTR_A$	$INTR_A$	
PC_4	IN	OUT	$\overline{STB}_A$	I/O	$\overline{STB}_A$	
PC_5	IN	OUT	IBF_A	I/O	IBF_A	
PC_6	IN	OUT	I/O	$\overline{ACK}_A$	$\overline{ACK}_A$	
PC_7	IN	OUT	I/O	$\overline{OBF}_A$	$\overline{OBF}_A$	

Special Mode Combination Considerations

There are several combinations of modes when not all of the bits in Port C are used for control or status. The remaining bits can be used as follows:

If Programmed as Inputs—

All input lines can be accessed during a normal Port C read.

If Programmed as Outputs—

Bits in C upper (PC_7–PC_4) must be individually accessed using the bit set/reset function.

Bits in C lower (PC_3–PC_0) can be accessed using the bit set/reset function or accessed as a three-some by writing into Port C.

Source Current Capability on Port B and Port C

Any set of eight output buffers, selected randomly from Ports B and C can source 1 mA at 1.5 volts. This feature allows the 8255 to directly drive Darlington type drivers and high-voltage displays that require such source current.

Reading Port C Status

In Mode 0, Port C transfers data to or from the peripheral device. When the 8255 is programmed to function in Modes 1 or 2, Port C generates or accepts "hand-shaking" signals with the peripheral device. Reading the contents of Port C allows the programmer to test or verify the "status" of each peripheral device and change the program flow accordingly.

There is no special instruction to read the status information from Port C. A normal read operation of Port C is executed to perform this function.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

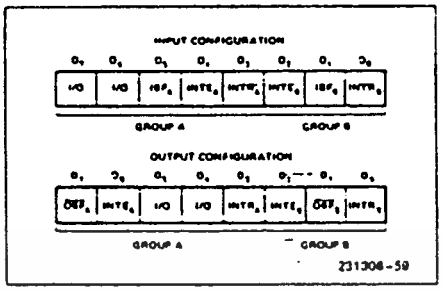


Figure 17. MODE 1 Status Word Format

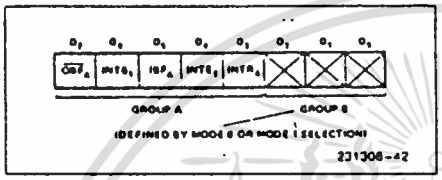


Figure 18. MODE 2 Status Word Format

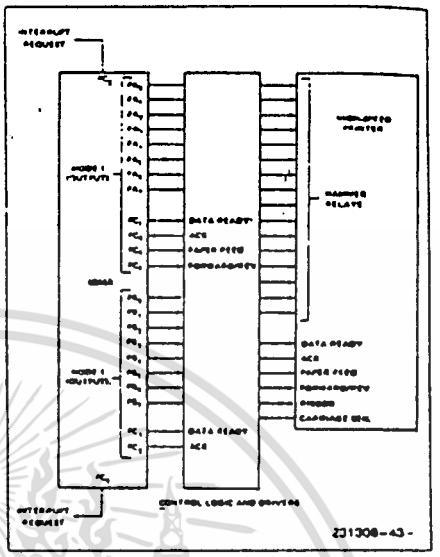


Figure 19. Printer Interface

APPLICATIONS OF THE 8255A

The 8255A is a very powerful tool for interfacing peripheral equipment to the microcomputer system. It represents the optimum use of available pins and is flexible enough to interface almost any I/O device without the need for additional external logic.

Each peripheral device in a microcomputer system usually has a "service routine" associated with it. The routine manages the software interface between the device and the CPU. The functional definition of the 8255A is programmed by the I/O service routine and becomes an extension of the system software. By examining the I/O devices interface characteristics for both data transfer and timing, and matching this information to the examples and tables in the detailed operational description, a control word can easily be developed to initialize the 8255A to exactly "fit" the application. Figures 19 through 25 represent a few examples of typical applications of the 8255A.

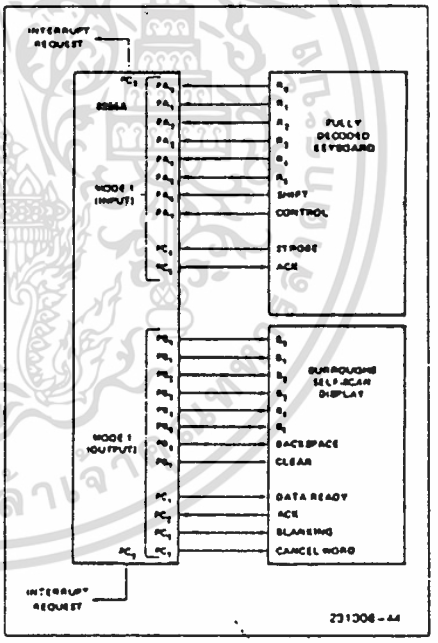


Figure 20. Keyboard and Display Interface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

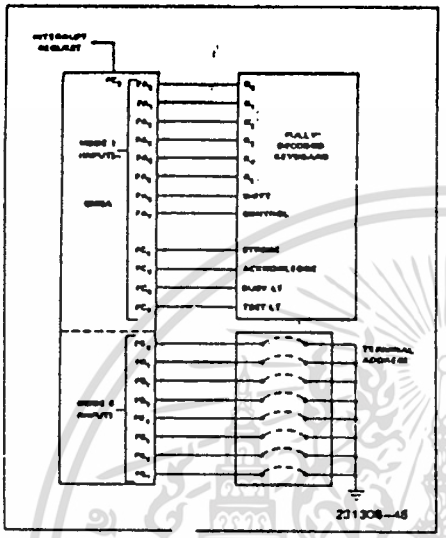


Figure 21. Keyboard and Terminal Address Interface

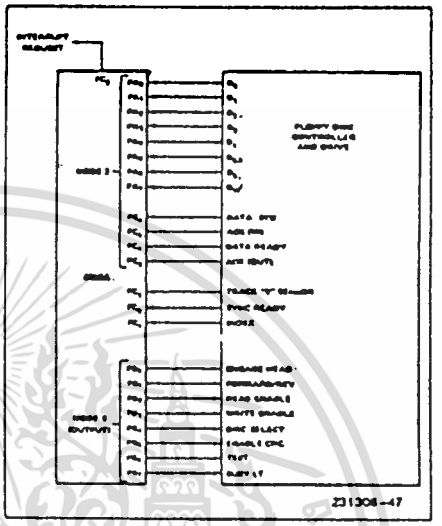


Figure 23. Basic Floppy Disk Interface

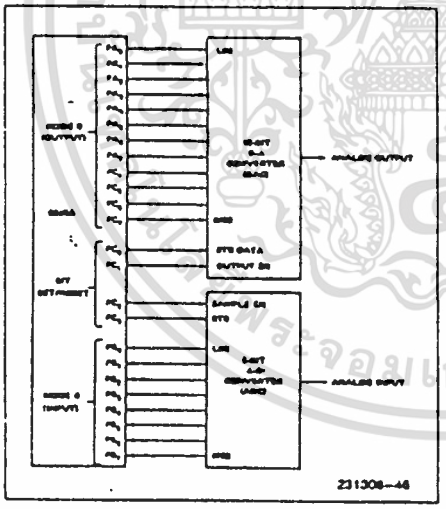


Figure 22. Digital to Analog, Analog to Digital

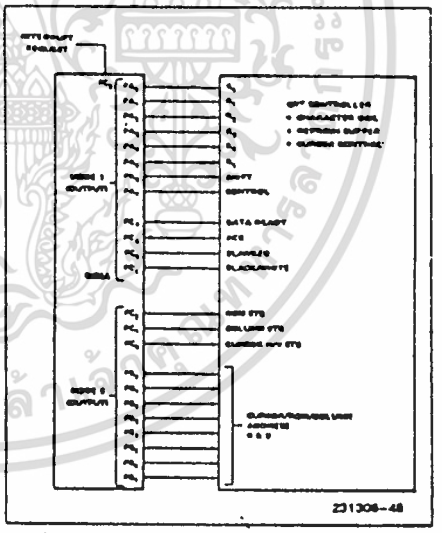


Figure 24. Basic CRT Controller Interface

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

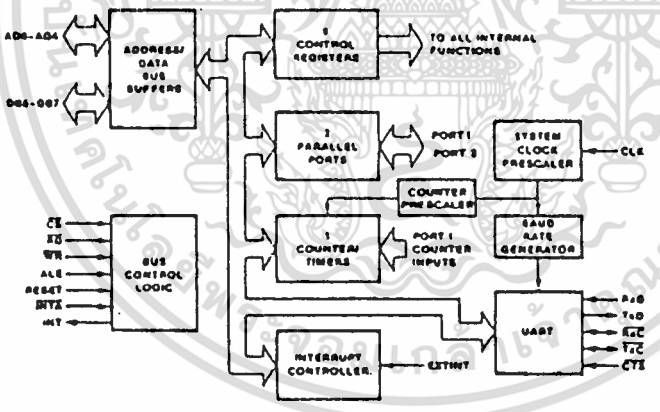
intel®

PRELIMINARY

8256AH
MULTIFUNCTION MICROPROCESSOR SUPPORT CONTROLLER

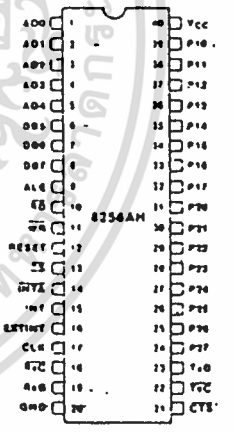
- Programmable Serial Asynchronous Communications Interface for 5-, 6-, 7-, or 8-Bit Characters, 1, 1½, or 2 Stop Bits, and Parity Generation
- On-Board Baud Rate Generator Programmable for 13 Common Baud Rates up to 19.2 KBits/Second, or an External Baud Clock Maximum of 1M Bit/Second
- Five 8-Bit Programmable Timer/Counters; Four Can Be Cascaded to Two 16-Bit Timer/Counters
- Two 8-Bit Programmable Parallel I/O Ports; Port 1 Can Be Programmed for Port 2 Handshake Controls and Event Counter Inputs
- Eight-Level Priority Interrupt Controller Programmable for 8085 or iAPX 86, iAPX 88 Systems and for Fully Nested Interrupt Capability
- Programmable System Clock to 1 ×, 2 ×, 3 × or 5 × 1.024 MHz

The Intel® 8256AH Multifunction Universal Asynchronous Receiver-Transmitter (MUART) combines five commonly used functions into a single 40-pin device. It is designed to interface to the 8086/88, iAPX 186/188, and 8051 to perform serial communications, parallel I/O, timing, event counting, and priority interrupt functions. All of these functions are fully programmable through nine internal registers. In addition, the five timer/counters and two parallel I/O ports can be accessed directly by the microprocessor.



230759-1

Figure 1. MUART Block Diagram



230759-2

Figure 2. MUART Pin Configuration

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

intel®

MCS®-51
8-BIT CONTROL-ORIENTED MICROCOMPUTERS

8031/8051
8031AH/8051AH
8032AH/8052AH
8751H/8751H-12

- High Performance HMOS Process
- Internal Timers/Event Counters
- 2-Level Interrupt Priority Structure
- 32 I/O Lines (Four 8-Bit Ports)
- 64K Program Memory Space
- Boolean Processor
- Bit-Addressable RAM
- Programmable Full Duplex Serial Channel
- 111 Instructions (64 Single-Cycle)
- 64K Data Memory Space

- Security Feature Protects EPROM Parts Against Software Piracy

The MCS®-51 products are optimized for control applications. Byte-processing and numerical operations on small data structures are facilitated by a variety of fast addressing modes for accessing the internal RAM. The instruction set provides a convenient menu of 8-bit arithmetic instructions, including multiply and divide instructions. Extensive on-chip support is provided for one-bit variables as a separate data type, allowing direct bit manipulation and testing in control and logic systems that require Boolean processing.

Device	Internal Memory		Timers/ Event Counters	Interrupts
	Program	Data		
8052AH	8K × 8 ROM	256 × 8 RAM	3 × 16-Bit	6
8051AH	4K × 8 ROM	128 × 8 RAM	2 × 16-Bit	5
8051	4K × 8 ROM	128 × 8 RAM	2 × 16-Bit	5
8032AH	none	256 × 8 RAM	3 × 16-Bit	6
8031AH	none	128 × 8 RAM	2 × 16-Bit	5
8031	none	128 × 8 RAM	2 × 16-Bit	5
8751H	4K × 8 EPROM	128 × 8 RAM	2 × 16-Bit	5
8751H-12	4K × 8 EPROM	128 × 8 RAM	2 × 16-Bit	5

The 8751H is an EPROM version of the 8051AH; that is, the on-chip Program Memory can be electrically programmed, and can be erased by exposure to ultraviolet light. It is fully compatible with its predecessor, the 8751-8, but incorporates two new features: a Program Memory Security bit that can be used to protect the EPROM against unauthorized read-out, and a programmable baud rate modification bit (SMOD). SMOD is not present in the 8751H-12.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

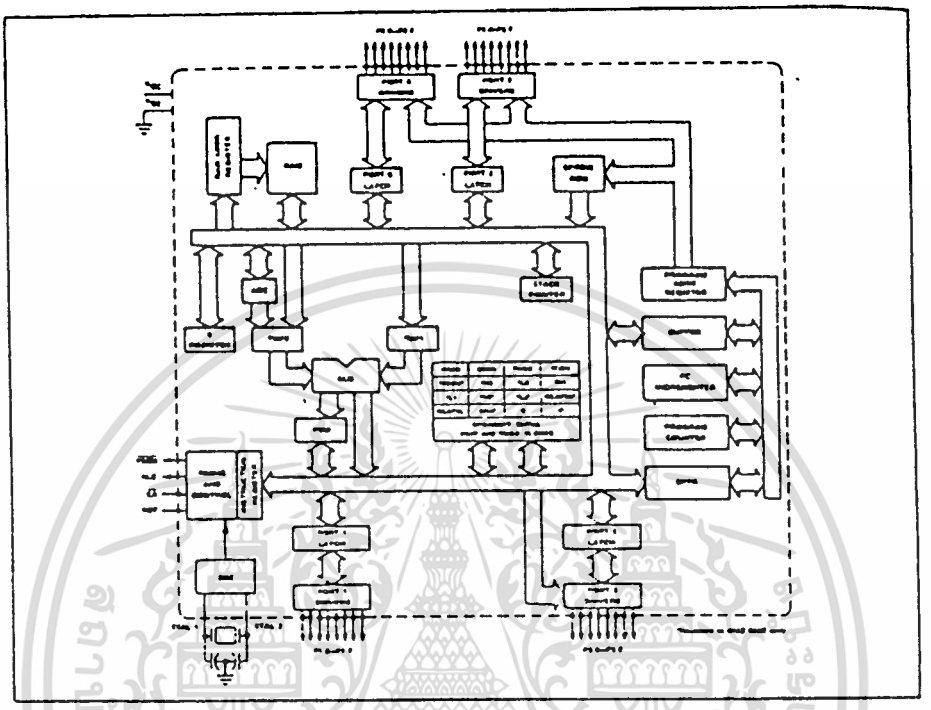


Figure 1. MCS®-51 Block Diagram

PIN DESCRIPTIONS

VCC

Supply voltage.

VSS

Circuit ground.

Port 0

Port 0 is an 8-bit open drain bidirectional I/O port. As an output port each pin can sink 8 LS TTL inputs. Port 0 pins that have 1s written to them float, and in that state can be used as high-impedance inputs.

Port 0 is also the multiplexed low-order address and data bus during accesses to external Program and Data Memory. In this application it uses strong internal pullups when emitting 1s, and can source and sink 8 LS TTL inputs.

Port 0 also receives the code bytes during programming of the EPROM parts, and outputs the code bytes during program verification of the ROM and EPROM parts. External pullups are required during program verification.

Port 1

Port 1 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 1 output buffers can sink/source 4 LS TTL inputs. Port 1 pins that have 1s written to them are pulled high by the internal pullups, and in that state can be used as inputs. As inputs, Port 1 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}, on the data sheet) because of the internal pullups.

Port 1 also receives the low-order address bytes during programming of the EPROM parts and during program verification of the ROM and EPROM parts.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

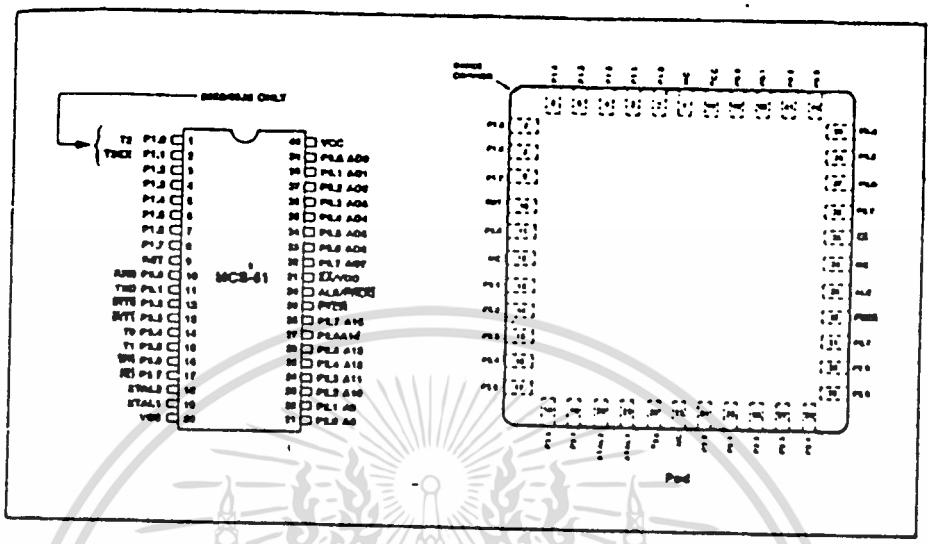


Figure 2. MCS®-51 Pin Connections

In the 8032AH and 8052AH, Port 1 pins P1.0 and P1.1 also serve the T2 and T2EX functions, respectively.

Port 2

Port 2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 2 output buffers can sink/source 4 LS TTL inputs. Port 2 pins that have 1s written to them are pulled high by the internal pullups, and in that state can be used as inputs. As inputs, Port 2 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}, on the data sheet) because of the internal pullups.

Port 2 emits the high-order address byte during fetches from external Program Memory and during accesses to external Data Memory that use 16-bit addresses (MOVX @DPTR). In this application it uses strong internal pullups when emitting 1s. During accesses to external Data Memory that use 8-bit addresses (MOVX @RI), Port 2 emits the contents of the P2 Special Function Register.

Port 2 also receives the high-order address bits during programming of the EPROM parts and during program verification of the ROM and EPROM parts.

Port 3

Port 3 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. The Port 3 output buffers can sink/source 4 LS TTL inputs. Port 3 pins that have 1s written to them are pulled high by the internal pullups, and in that state can be used as inputs. As inputs, Port 3 pins that are externally being pulled low will source current (I_{IL}, on the data sheet) because of the pullups.

Port 3 also serves the functions of various special features of the MCS-51 Family, as listed below:

Port Pin	Alternative Function
P3.0	RXD (serial input port)
P3.1	TXD (serial output port)
P3.2	$\overline{INT0}$ (external interrupt 0)
P3.3	$\overline{INT1}$ (external interrupt 1)
P3.4	T0 (Timer 0 external input)
P3.5	T1 (Timer 1 external input)
P3.6	$\overline{WR}$ (external data memory write strobe)
P3.7	$\overline{RD}$ (external data memory read strobe)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RST

Reset input. A high on this pin for two machine cycles while the oscillator is running resets the device.

ALE/$\overline{PROG}$

Address Latch Enable output pulse for latching the low byte of the address during accesses to external memory. ALE can drive 8 LS TTL inputs. This pin is also the program pulse input ($\overline{PROG}$) during programming of the EPROM parts.

In normal operation ALE is emitted at a constant rate of 1/6 the oscillator frequency, and may be used for external timing or clocking purposes. Note, however, that one ALE pulse is skipped during each access to external Data Memory.

$\overline{PSEN}$

Program Store Enable is the read strobe to external Program Memory. $\overline{PSEN}$ can drive 8 LS TTL inputs.

When the device is executing code from external Program Memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine cycle, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during each access to external Data Memory.

$\overline{EA}$/VPP

External Access enable $\overline{EA}$ must be externally held low in order to enable any MCS-51 device to fetch code from external Program Memory locations 0 to 0FFFFH (0 to 1FFFH, in the 8032AH and 8052AH).

Note, however, that if the Security Bit in the EPROM devices is programmed, the device will not fetch code from any location in external Program Memory.

This pin also receives the 21V programming supply voltage (VPP) during programming of the EPROM parts.

XTAL1

Input to the inverting oscillator amplifier.

XTAL2

Output from the inverting oscillator amplifier.

OSCILLATOR CHARACTERISTICS

XTAL1 and XTAL2 are the input and output, respectively, of an inverting amplifier which can be configured for use as an on-chip oscillator, as shown in Figure 3. Either a quartz crystal or ceramic resonator may be used. More detailed information concerning the use of the on-chip oscillator is available in Application Note AP-155, "Oscillators for Microcontrollers."

To drive the device from an external clock source, XTAL1 should be grounded, while XTAL2 is driven, as shown in Figure 4. There are no requirements on the duty cycle of the external clock signal, since the input to the internal clocking circuitry is through a divide-by-two flip-flop, but minimum and maximum high and low times specified on the Data Sheet must be observed.

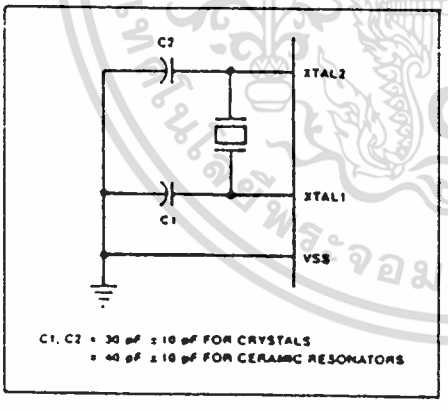


Figure 3. Oscillator Connections

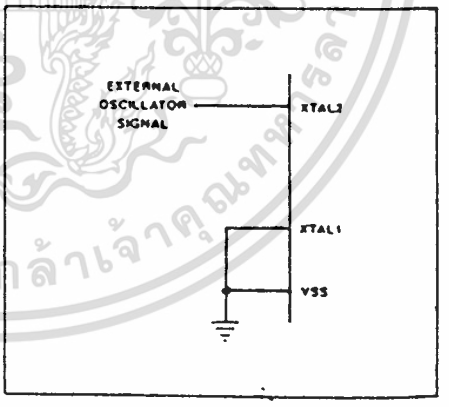


Figure 4. External Drive Configuration

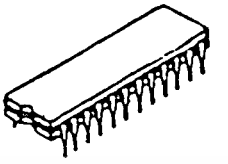
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2048-word × 8-bit High Speed Static CMOS RAM

■FEATURES

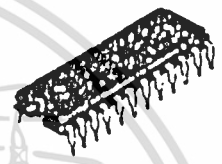
- Single 5V Supply and High Density 24 Pin Package
- High speed: Fast Access Time 120ns/150ns/200ns (max.)
- Low Power Standby and Low Power Operation Standby: 100μW (typ.) Operation: 180mW (typ.)
- Completely Static RAM: . No clock or Timing Strobe Required
- Directly TTL Compatible: . All Input and Output
- Pin Out Compatible with Standard 16K EPROM/MASK ROM
- Equal Access and Cycle Time

HM6116-2, HM6116-3, HM6116-4



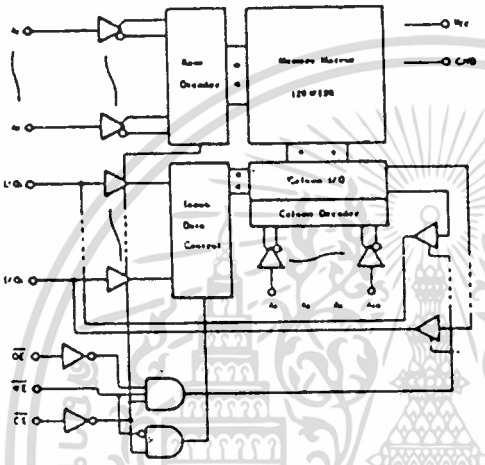
DG-24

HM6116P-2, HM6116P-3, HM6116P-4

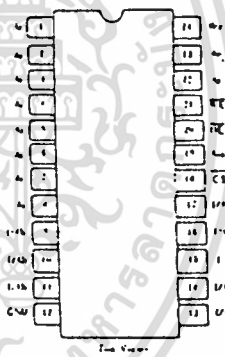


DP-24

■FUNCTIONAL BLOCK DIAGRAM



■PIN ARRANGEMENT



■ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Item	Symbol	Rating	Unit
Voltage on Any Pin Relative to GND	V_T	−0.5* to +7.0	V
Operating Temperature	T_{opr}	0 to +70	°C
Storage Temperature (Plastic)	T_{stg}	−55 to +125	°C
Storage Temperature (Ceramic)	T_{stg}	−65 to +150	°C
Temperature Under Bias	T_{bias}	−10 to +85	°C
Power Dissipation	P_T	1.0	W

* Pulse Width 30ns : −1.5 V

■TRUTH TABLE

$\overline{CS}$	$\overline{OE}$	$\overline{WE}$	Mode	V_{CC} Current	I/O Pin	Ref. Cycle
H	×	×	Not Selected	I_{SB}, I_{SB1}	High Z	
L	L	H	Read	I_{CC}	D_{out}	Read Cycle (1)–(3)
L	H	L	Write	I_{CC}	D_{in}	Write Cycle (1)
L	L	L	Write	I_{CC}	D_{in}	Write Cycle (2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor Corporation

ADC1210, ADC1211 12-Bit CMOS A/D Converters

General Description

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

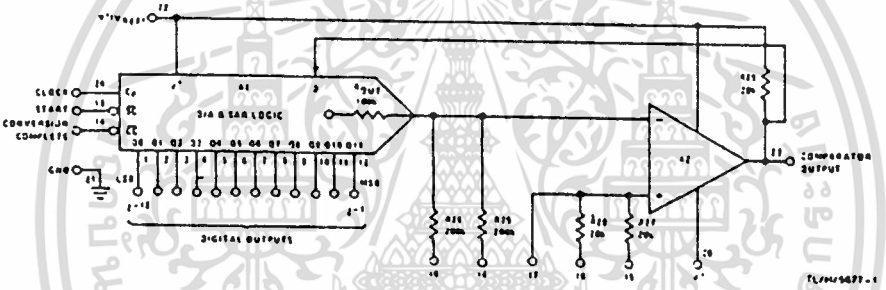
The ADC1210 offers 12-bit resolution and 12-bit accuracy, and the ADC1211 offers 12-bit resolution with 10-bit accuracy. The inverted binary outputs are directly compatible with CMOS logic. The ADC1210, ADC1211 will operate over a wide supply range, convert both bipolar and unipolar analog inputs, and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

Both devices are available in military and industrial temperature ranges.

Features

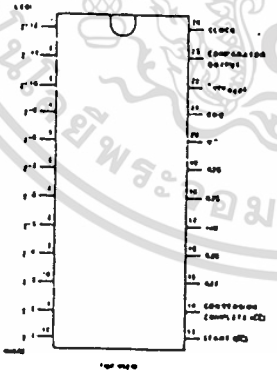
- 12-bit resolution
- ±¼ LSB or ±2 LSB nonlinearity
- Single +5V to ±15V supply range
- 100 µs 12-bit, 30 µs 10-bit conversion rate
- CMOS compatible outputs
- Bipolar or unipolar analog inputs
- 200 kΩ analog input impedance

Block Diagram



Connection Diagram

Dual-In-Line Package



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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

National Semiconductor Corporation

DAC0808, DAC0807, DAC0806 8-Bit D/A Converters

General Description

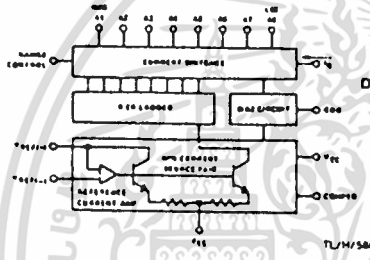
The DAC0808 series is an 8-bit monolithic digital-to-analog converter (DAC) featuring a full scale output current settling time of 150 ns while dissipating only 33 mW with ±5V supplies. No reference current (I_{REF}) trimming is required for most applications since the full scale output current is typically ±1 LSB of 255 I_{REF}/ 256. Relative accuracies of better than ±0.19% assure 8-bit monotonicity and linearity while zero level output current of less than 4 μA provides 8-bit zero accuracy for $I_{REF} \geq 2$ mA. The power supply currents of the DAC0808 series are independent of bit codes, and exhibits essentially constant device characteristics over the entire supply voltage range.

The DAC0808 will interface directly with popular TTL, DTL or CMOS logic levels, and is a direct replacement for the MC1508/MC1408. For higher speed applications, see DAC0800 data sheet.

Features

- Relative accuracy: ±0.19% error maximum (DAC0808)
- Full scale current match: ±1 LSB typ
- 7 and 8-bit accuracy available (DAC0807, DAC0806)
- Fast settling time: 150 ns typ
- Noninverting digital inputs are TTL and CMOS compatible
- High speed multiplying input slew rate: 8 mA/μs
- Power supply voltage range: ±4.5V to ±18V
- Low power consumption: 33 mW @ ±5V

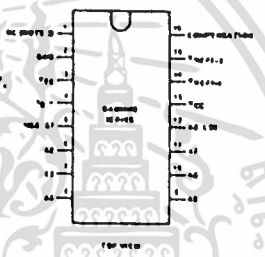
Block and Connection Diagrams



TL/H/5807-1

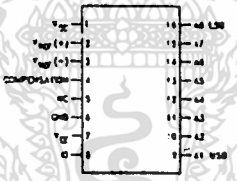
Order Number DAC0808, DAC0807, or DAC0806
See NS Package Number J16A, M16A or N16A

Dual-In-Line Package



TL/H/5807-2

Small-Outline Package



Top View

TL/H/5807-13

Ordering Information

ACCURACY	OPERATING TEMPERATURE RANGE	ORDER NUMBERS				
		J PACKAGE (J16A)*		N PACKAGE (N16A)*		SO PACKAGE (M16A)
8-bit	$-55°C \leq T_A \leq +125°C$	DAC0808LJ	MC1508L8			
8-bit	$0°C \leq T_A \leq +75°C$	DAC0808LCJ	MC1408L8	DAC0808LCN	MC1408P8	DAC0808LCM
7-bit	$0°C \leq T_A \leq +75°C$	DAC0807LCJ	MC1408L7	DAC0807LCN	MC1408P7	DAC0807LCM
6-bit	$0°C \leq T_A \leq +75°C$	DAC0806LCJ	MC1408L6	DAC0806LCN	MC1408P6	DAC0806LCM

*Note. Devices may be ordered by using either order number.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TIMER 556

SE556-F, T, V NE556-F, T, V

FEATURES

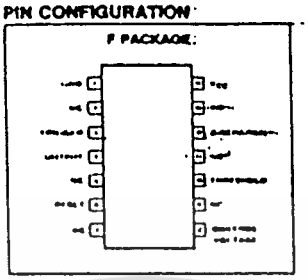
- TIMING FROM MICROSECONDS THROUGH HOURS
- OPERATES IN BOTH ASTABLE AND MONOSTABLE MODES
- ADJUSTABLE DUTY CYCLE
- HIGH CURRENT OUTPUT CAN SOURCE OR SINK 200mA
- OUTPUT CAN DRIVE TTL
- TEMPERATURE STABILITY OF 0.005% PER °C
- NORMALLY ON AND NORMALLY OFF OUTPUT

APPLICATIONS

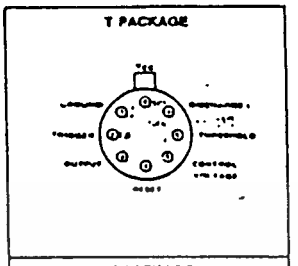
PRECISION TIMING
PULSE GENERATION
SEQUENTIAL TIMING
TIME DELAY GENERATION
PULSE WIDTH MODULATION
PULSE POSITION MODULATION
MISSING PULSE DETECTOR

PIN CONFIGURATION

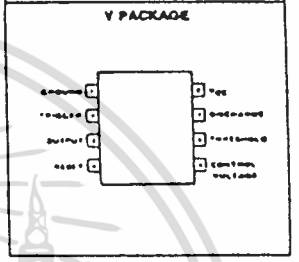
F PACKAGE



T PACKAGE



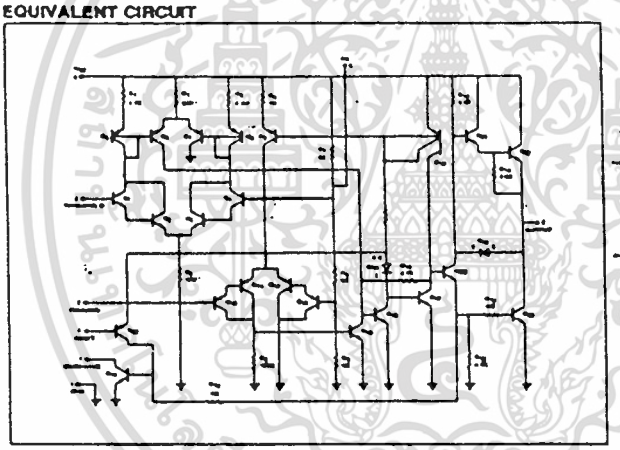
V PACKAGE



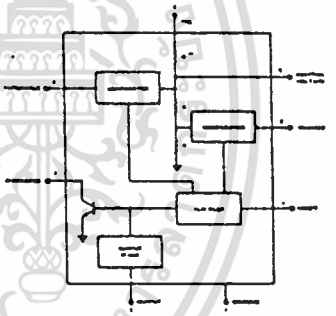
ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS

Supply Voltage	
SE556	+18V
NE556	+16V
Power Dissipation	600 mW
Operating Temperature Range	
NE556	0°C to +70°C
SE556	−55°C to +125°C
Storage Temperature Range	−65°C to +150°C
Lead Temperature (Soldering, 60 seconds)	+300°C

EQUIVALENT CIRCUIT



BLOCK DIAGRAM



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บรรณานุกรม

บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด. เซมิคอนดักเตอร์อิเลคทรอนิคส์ ฉบับที่ 112 ธันวาคม 2534.
กรุงเทพมหานคร: OS PRINTING HOUSE.

บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่นจำกัด. คู่มือไอซีไมโครโปรเซสเซอร์และไอซีที่เกี่ยวข้อง.
กรุงเทพมหานคร: พิมพ์ที่ หจก. เอช-เอน การพิมพ์,2536

บริษัท อีทีทีจำกัด. ET-DEBUGGER31 VERSION1.0 REFFERENCE MANUAL.

บริษัท อีทีทีจำกัด. PC-SB31 USER MANUAL.

สุเจตน์ จันทรังษี. ไมโครคอนโทรลเลอร์ชิพเดี่ยว 8051.
โครงการตำราวิชาการ, วิทยาลัยมหานคร.

John clark craig. "Microsoft Visual Basic Workshop Windows Edition":
Washington USA., Nicrosoft Corporation, 1993.

Programmer's Guide Microsoft Visual Basic, Programming System forwindows
Version 3.0, Microsoft Coration, USA., 1993.

Microsoft Quick BASIC compiler Version 3.0, Microsoft Corporation,
USA., 1987.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้