สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องควบคุมสายอากาศอัตโนมัติ

AUTOMATIC ANTENNA CONTROLLER

จัดทำโดย

นายก้องเกียรติ เอนกพงศ์พันธ์

นางสาวสุกุมา มุ่ยสี

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน.....86752.....
วัน,เดือน,ปี.....14 ม.ค. 2552.....

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

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปริญญานิพนธ์	เครื่องควบคุมสายอากาศอัตโนมัติ
	AUTOMATIC ANTENNA CONTROLLER
จัดทำโดย	นายก้องเกียรติ เอนกพงศ์พันธ์ 38013313
	นางสาวสุกุมา มุ่ยสี 38013348
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชวลิต เบญจางคประเสริฐ
	อาจารย์อรลาภ แสงอรุณ
ภาควิชา	เทคนิคอุตสาหกรรม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

( )

..... กรรมการ

( )

..... กรรมการ

( )

..... กรรมการ

( )

..... กรรมการ

( )

ลิขสิทธิ์ของคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง	เครื่องควบคุมสายอากาศอัตโนมัติ
โดย	นายก้องเกียรติ เอนกพงศ์พันธ์ นางสาวสุกุมา มุ่ยสี
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ชวลิต เบญจางคประเสริฐ อาจารย์อรลาภ แสงอรุณ

ปีการศึกษา 2540

บทคัดย่อ

ปัจจุบันไมโครโปรเซสเซอร์นับว่าได้เข้ามามีบทบาทต่อชีวิตประจำวันเป็นอย่างมาก ไม่โดยตรงก็ทางอ้อม เช่นเป็นส่วนหนึ่งของระบบเครื่องรับโทรทัศน์, เครื่องซักผ้า และเป็นส่วนสำคัญในการสร้างเครื่องควบคุมในโรงงานอุตสาหกรรม ในโครงงานนี้เป็นการนำเสนอถึงการประยุกต์ใช้ในส่วนของ การควบคุมสายอากาศ เครื่องรับโทรทัศน์ ซึ่งเป็นการนำเสนอวิธีการที่ไม่ยุ่งยากนัก โดยการเอาผลของแรงดันจากส่วน AGC มาใช้ในการเปรียบเทียบหาจุดที่รับสัญญาณได้ชัดที่สุด เพื่อควบคุมการหมุนหาทิศทางของเสาอากาศในตำแหน่งที่ถูกต้อง โดยทั้งหมดจะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ 8051 ในการประมวลผล ในโครงงานนี้จะเป็นประโยชน์และแก้ปัญหาของทิศทางของสัญญาณที่มาถึงเครื่องรับในทิศทางที่ต่างกัน โดยเฉพาะในต่างจังหวัด และจะช่วยลดผลของ Ghost effect ที่ชุมชนใหญ่ๆ

นอกจากนี้ ในโครงงานครั้งนี้มีความเป็นไปได้ที่จะสามารถนำเอาไปพัฒนาเพิ่มเติมได้ในส่วนของการหาระดับความแรงของสัญญาณ ซึ่งก็จะสามารถประยุกต์ใช้งานกับ เครื่องรับชนิดอื่นๆ ได้อีกมากมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Title

Automatic Antenna Controller

By

Mr. Kongkiat Anekpongpun

Miss Sukuma Muysee

Advisor

Assistant Professor Chawalit Benjangkaprasert

Miss Ornlarp Sangaroon

Abstract

In current day, Microprocessor is most importance device for using in many fields of electronics, telecommunication and measurement engineering. In this thesis we proposed the one of application of 8051 MPU to control the direction of television antenna. By using the AGC comparison technique, the correct direction can be found easily. The information will be then processed, saved and sent to control direction of antenna, respectively.

This thesis should be useful in multi-direction receiver and reduction the Ghost effect. Further more, This thesis can be extended the many kind of receiver machine by improving the detecting signal part.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษาทุกท่าน คืออาจารย์ชวลิต เบญจางคประเสริฐ อาจารย์อรลาภ แสงอรุณ และหัวหน้าภาควิชาเทคนิคอุตสาหกรรม ที่ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ และได้ช่วยเหลือทางด้านอุปกรณ์ที่ต้องการใช้บางอย่างในการดำเนินงานเกี่ยวกับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมทั้งเพื่อน ๆ ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือหลาย ๆ อย่าง แต่ที่จะขาดไม่ได้คือ บิดา มารดา ผู้ซึ่งให้ความสนับสนุนทุก ๆ อย่าง ซึ่งทุก ๆ คนที่กล่าวถึงนี้มีส่วนช่วยผลักดันให้โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณทุก ๆ ท่านไว้ ณ ที่นี้ด้วย

นายก้องเกียรติ เอนกพงศ์พันธ์

นางสาวสุกุมา มุ่ยสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์	1
1.2 ขอบข่ายของโครงงาน	1
1.3 แนวคิดและที่มาของโครงงาน	1
1.4 คุณสมบัติของโครงงานเมื่อพัฒนาเสร็จ	2
1.5 ส่วนประกอบของโครงงาน	2
1.6 แผนการดำเนินงาน	4
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.1วงจรควบคุมอัตราการขยายสัญญาณโดยอัตโนมัติ (AGC)	6
2.2 ระบบสายอากาศเครื่องรับโทรทัศน์	11
2.3 สเต็ปปิ้งมอเตอร์ (Stepping Motors)	17
2.4 วงจรแปลงอะนาลอกเป็นดิจิตอล	20
2.5 ออปแอมป์ (Op Amp)	23
2.6 DOT MATRIX LCD MODULE	27
2.7 โครงสร้างของ MCS-51	28
2.8 การเชื่อมโยง MCS-51 กับหน่วยความจำ	49
บทที่ 3 การออกแบบ	57
3.1วงจรภาคส่ง	57
3.2การออกแบบชุดตรวจสอบแรงดัน AGC	60
3.3 ชุดควบคุมการหมุนของสายอากาศ	68
3.4 หลักการทำงานของภาครีโมทคอนโทรล	71
3.5 ANT-C51	75
3.6 การออกแบบโปรแกรม	81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4 ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง 97
4.1 ผลการทดลอง 97
4.2 สรุปผลการทดลอง 98
4.3 ปัญหาที่พบ 98
4.4 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของวงจร 99
4.5 วิธีการใช้งาน 102

เอกสารอ้างอิง

ภาคผนวก ก ลายวงจร

ภาคผนวก ข DATA SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1

บทนำ

1.1 วัตถุประสงค์

1. เพื่อสร้างสายอากาศอัตโนมัติที่ติดตั้งง่ายและสะดวกในการใช้งาน

2.เพื่อหาวิธีการใหม่ๆ เพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพของสายอากาศที่ใช้รับสัญญาณโทรทัศน์

3. เพื่อนำไมโครโปรเซสเซอร์ไปประยุกต์ใช้งานด้านการควบคุมอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้

1.2 ขอบข่ายของโครงงาน

1. ประยุกต์ใช้งานไมโครโปรเซสเซอร์ เพื่อควบคุมการหมุนของสายอากาศแบบยากิ

2. สามารถเลือกรูปแบบการทำงานของสายอากาศปรับทิศทางอัตโนมัติได้

3. สามารถแสดงความแรงของสัญญาณ RF เป็น dB ได้

1.3 แนวคิดและที่มาของโครงงาน

เนื่องจากปัจจุบันสายอากาศที่ติดตั้งตามบ้านเรือนทั่ว ๆ ไป จะมีตำแหน่งที่แน่นอน ทำให้ไม่สามารถติดตั้งสายอากาศให้สามารถรับสัญญาณได้ชัดเจนทุกช่อง โดยใช้สายอากาศเพียงแค่แผงเดียว นอกจากการใช้หลาย ๆ แผงรวมกัน ทำให้มีการติดตั้งที่ยุ่งยากและสิ้นเปลือง และบางทีก็ติดตั้งลำบาก เนื่องจากความจำกัดของพื้นที่ทำให้เกิดแนวความคิดที่ทำอย่างไรให้สายอากาศสามารถติดตั้งได้สะดวก และสามารถที่จะรับสัญญาณโทรทัศน์ได้ชัดเจนทุกช่องความถี่

ตำแหน่งการติดตั้งสายอากาศโดยปกติจะติดตั้งในตำแหน่งคงที่ ดังนั้นการที่จะรับสัญญาณได้ชัดเจน ทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนช่องความถี่ของโทรทัศน์ สามารถที่จะทำได้ 2 วิธี คือ

1. การจูนที่เครื่องรับโทรทัศน์

2. การหมุนสายอากาศไปยังทิศทางที่มีสัญญาณชัดเจนที่สุด

วิธีแรกจะมีความยุ่งยากกว่าวิธีที่ 2 ซึ่ง เราสามารถใช้ไมโครโปรเซสเซอร์หมุนสายอากาศแทนผู้ใช้ได้ และอีกประการหนึ่ง เราสามารถนำหลักการทำงานนี้ไปประยุกต์ใช้กับสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

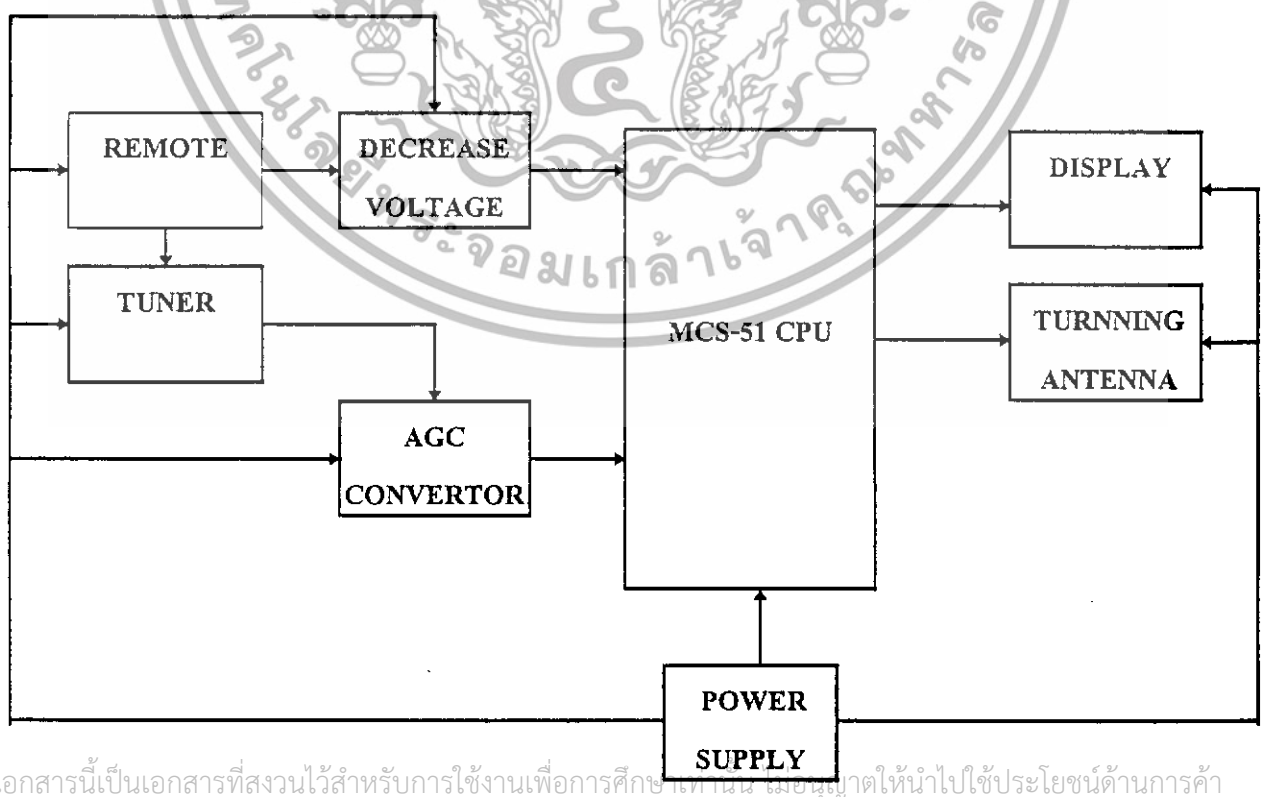
อากาศที่เครื่องส่งมีทิศทางไม่แน่นอนหรือมีเครื่องส่งหลายเครื่องที่ต้องการรับข่าวสารที่มีลักษณะการส่งคลื่นเป็นแบบ Line of Sight ได้

1.4 คุณสมบัติของโครงงานเมื่อพัฒนาเสร็จ

1. โครงงานนี้จะสะดวกสบายในการเคลื่อนย้ายเสาอากาศ
2. สามารถนำแนวความคิดไปประยุกต์ใช้ในงานควบคุมด้านอื่น ๆ
3. เครื่องควบคุมสายอากาศอัตโนมัตินี้สามารถติดตั้งได้ทั้งในกลางแจ้งและในตัวอาคาร
4. ได้เครื่องควบคุมสายอากาศอัตโนมัติโดยมีทิศทางตามทิศทางของสถานีส่งสัญญาณโทรทัศน์
5. ได้สายอากาศอัตโนมัติที่มีการใช้งานที่ง่ายและสะดวก

1.5 ส่วนประกอบของโครงงาน

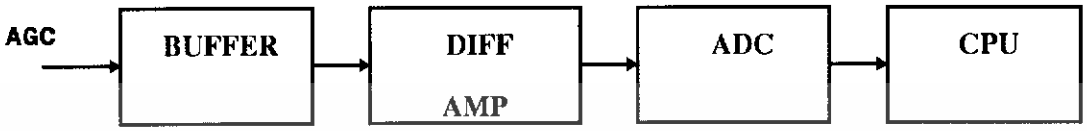
โครงงานนี้ประกอบด้วยส่วนหลัก ๆ ดังบล็อกไดอะแกรมข้างล่างดังนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งหน้าที่ของแต่ละบล็อกมีดังนี้

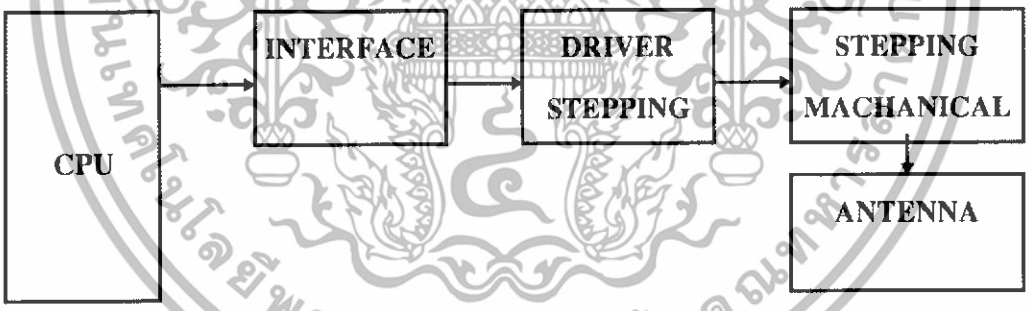
1. AGC CONVERTOR เป็นส่วนที่ทำหน้าที่แปลงแรงดัน AGC ให้เป็น BINARY 8 BIT เพื่อให้เป็นข้อมูลในการประมวลผลของ CPU ซึ่งภายในบล็อกนี้จะประกอบด้วยวงจรดังบล็อกข้างล่าง



โดยจะมี BUFFER ทำหน้าที่ป้องกันการเพิ่ม LOAD ให้กับวงจรเครื่องรับโทรทัศน์จากนั้นก็จะส่งแรงดัน AGC เข้ายังภาค DIFF AMP ซึ่งทำหน้าที่ทำ SCALE แล้วส่งเข้าเป็นอินพุทของภาค ADC ซึ่งภาค ADC จะทำการแปลงแรงดัน AGC ให้เป็นข้อมูลดิจิตอลแล้วนำเข้าไปประมวลใน CPU

2. DISPLAY เป็นภาคในการแสดงผลค่ามุมที่มอเตอร์หมุนเป็นองศาและระดับความแรงของสัญญาณ โดยใช้การแสดงผลเป็นแบบ LCD

3. TURNNING ANTENNA ภาคนี้เป็นภาคที่ทำหน้าที่หมุนสายอากาศไปในทิศทางและตามตำแหน่งที่ต้องการซึ่งประกอบด้วยวงจรบล็อกข้างล่างนี้



เมื่อ CPU ทำการประมวลผลค่าแรงดัน AGC แล้วก็จะทำการสั่งให้มอเตอร์หมุนเสาอากาศโดยผ่านทางบล็อก INTERFACE ส่วนวงจรบล็อก DRIVER STEPPING จะเป็นตัวที่ทำหน้าที่ขับมอเตอร์ให้หมุนไปตามทิศทางที่ CPU สั่งงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ภาคจ่ายไฟเป็นภาคที่จ่ายแรงดันเลี้ยงวงจรทั้งระบบโดยจะแบ่งออกเป็น 2 ชุด โดยชุดแรกจะจ่ายให้กับ AGC CONVERTER , TUNNER, REMOTE CONTROL และอีกชุดหนึ่งซึ่งต้องจ่ายกระแสได้สูงจะจ่ายให้กับวงจรภาค TURNNING ANTENNA

5. ภาครับสัญญาณจะประกอบด้วย ชุดส่ง , ชุดรับและเลือกช่องของ REMOTE CONTROL ซึ่งจะใช้เลือกรับสัญญาณ และส่วนของวงจร TUNNER และ IF BLOCK ที่จะทำการ DETECT ออกมาเป็นสัญญาณภาพและเสียง

6. ภาคลดแรงดัน เนื่องจากแรงดันที่ออกมาจากชุดปรีเซ็ทเป็นแรงไฟ 30 โวลต์ ซึ่งจะนำไปใช้ประมวลผลไม่ได้จึงต้องใช้ส่วนนี้เพื่อลดแรงดันลงมาเหลือประมาณ 5 โวลต์

1.6 แผนการดำเนินงาน

1.ศึกษาการทำงานของเครื่องรับโทรทัศน์และการทำงานภาคต่าง ๆ ของเครื่องรับโทรทัศน์โดยเฉพาะภาค AGC และ IF

2. รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสายอากาศแบบต่าง ๆ หลักการรับสัญญาณโทรทัศน์ของสายอากาศ ทิศทาง และคุณสมบัติของสายอากาศ

3. ศึกษาการทำงานและการใช้งาน MCS-51 CPU การอ่านข้อมูล การเขียนข้อมูล การติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก และการเขียนโปรแกรม

4. ศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับ STEPPING MORTOR ชนิดต่าง ๆ และการทำงานของมอเตอร์ การควบคุมมอเตอร์และการควบคุมโดยใช้ไมโครโปรเซสเซอร์รวมทั้งวงจร DRIVE STEPPING MORTOR

5. ศึกษาหาข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนสัญญาณอะนาล็อกเป็นสัญญาณดิจิตอล และวงจร DRIVE LCD ที่จะนำมาใช้ในโครงงาน

6. ออกแบบภาค AGC CONVERTOR และทำการทดสอบการทำงานของวงจร

7. ออกแบบภาค DRIVER STEPPING MOTOR ภาค POWER SUPPLY และทำการทดสอบการทำงานของวงจร

8.ออกแบบภาคแสดงผลซึ่งเป็นแบบ LCD และวงจรลดแรงดัน ที่ใช้ในโครงงานและทำการทดสอบการทำงานของวงจร

9.ทำการออกแบบรูปแบบของโปรแกรมและทำการเขียนโปรแกรมตามที่ออกแบบพร้อมทั้งทดสอบการทำงานของโปรแกรม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. ทดสอบการทำงานทั้งระบบ โดยนำทุกภาคของโครงงานมาประกอบกันและทำการทดสอบการทำงานของโครงงานว่าเป็นไปตามเป้าหมายที่วางไว้หรือไม่

11. ทำการทดลองใช้งานจริงและปรับปรุงแก้ไขจุดบกพร่องต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

12. สรุปผลรายงานในแต่ละขั้นตอนของการทำงานและปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นและรวบรวมเป็นปริญญานิพนธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

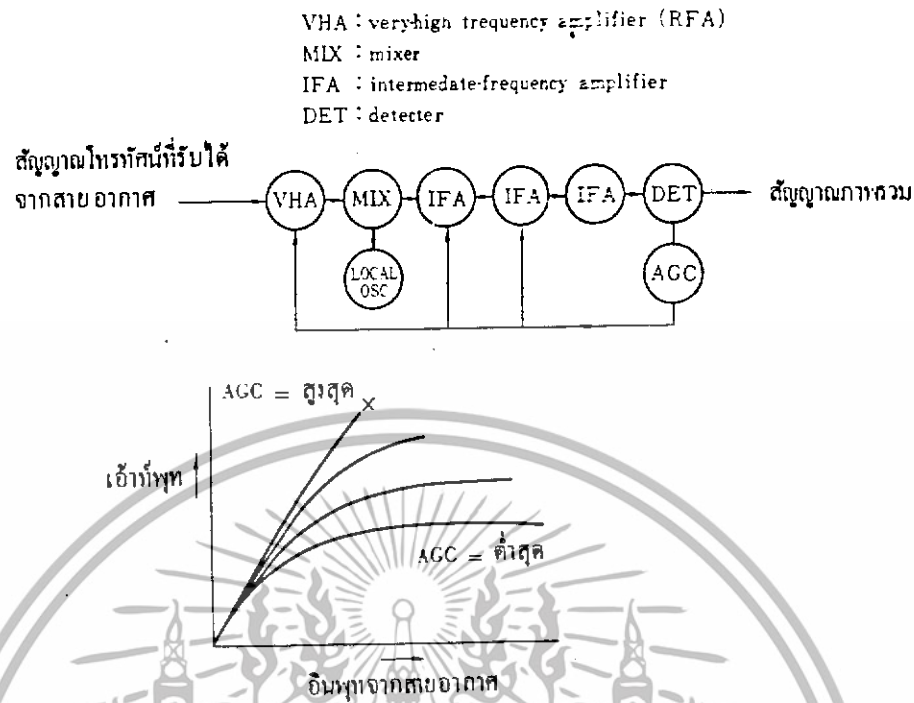
บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 วงจรควบคุมอัตราการขยายสัญญาณโดยอัตโนมัติ
(Automatic Gain Control Circuit or AGC.)

วงจรควบคุมการขยายสัญญาณอัตโนมัติ

กล่าวกันโดยทั่วไปแล้ว เครื่องรับโทรทัศน์ที่อยู่ในเขตบริการของสถานีโทรทัศน์ก็ย่อมสามารถเปิดรับชมรายการโทรทัศน์ได้เสมอ อย่างไรก็ดี สัญญาณโทรทัศน์ที่รับได้นี้ มิได้มีความเข้มหรือความแรงของสัญญาณเท่ากันตลอดเวลา สถานีโทรทัศน์ที่มีกำลังออกอากาศสูง หรืออยู่ใกล้เคียงกับเครื่องรับโทรทัศน์ ก็ย่อมให้ความเข้มของสัญญาณแรงกว่าสถานีโทรทัศน์ที่มีกำลังต่ำกว่าหรืออยู่ห่างไกลออกไป อีกประการหนึ่ง การกระจายคลื่นโทรทัศน์ออกไปในบรรยากาศนี้ ก็อาจเกิดอาการจางหายได้บ้าง ทำให้สัญญาณโทรทัศน์ที่รับได้มีความแรงสูง ๆ ต่ำ ๆ ไม่สม่ำเสมอ และไม่เท่ากันตลอดเวลา หากไม่มีการควบคุมที่ดีพอทางเครื่องรับโทรทัศน์ เราก็จะได้ภาพที่ชัดเจนแต่เฉพาะในเวลาที่สัญญาณโทรทัศน์มีความเข้มสูง แต่ในขณะที่สัญญาณโทรทัศน์มีความแรงต่ำ หรือมีอาการจางหายภาพก็จะเริ่มมัว เครื่องรับโทรทัศน์จึงจำเป็นต้องมีวงจรอัตโนมัติวงจรหนึ่ง เรียกว่าวงจรเอ.จี.ซี. สำหรับทำหน้าที่ควบคุมให้ความแตกต่างของภาพหรือ คอนแทรสท์ของภาพมีค่าคงที่ค่าใดค่าหนึ่งตลอดเวลา ไม่ว่าสัญญาณโทรทัศน์ที่รับได้จะเปลี่ยนแปลงสูงต่ำขึ้น ๆ ลง ๆ ไปอย่างไรก็ตาม หลักการทำงานของวงจรนี้ได้แสดงไว้ในรูปที่ 1 โดยจะมีสัญญาณภาพส่วนหนึ่ง ถูกส่งกลับจากเอาท์พุทของดีเทคเตอร์ไปยังกริดของหลอดขยายสัญญาณไอ.เอฟ. และหลอดขยายสัญญาณอาร์เอฟ สัญญาณที่ส่งย้อนกลับนี้เป็น เนกกาทีฟ ฟีดแบค โวลเทจ ซึ่งใช้เป็นสัญญาณควบคุมการขยายของวงจรอย่างอัตโนมัติ กล่าวคือ ในขณะที่มีสัญญาณแรง ฟีดแบค โวลเทจนี้ ก็มีค่ามาก การขยายสัญญาณก็จะถูกบังคับให้มีน้อยลง และในขณะที่มีสัญญาณต่ำ ฟีดแบค โวลเทจ จะมีค่าน้อย การขยายกำลังจะเริ่มมีค่ามากขึ้น สัญญาณนี้ มักเรียกกันสั้น ๆ ว่า เอ.จี.ซี.โวลเทจ ความสัมพันธ์ระหว่างโวลเทจทางเอาท์พุทของดีเทคเตอร์ กับสัญญาณโทรทัศน์ หรือสัญญาณอินพุทของสายอากาศได้แสดงไว้แล้วในรูปเดียวกัน ค่าของเอ.จี.ซี.โวลเทจนี้ มักจะปรับเอาไว้จุดใดจุดหนึ่ง ระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุด เพื่อทำให้เครื่องรับโทรทัศน์ทำงานได้เป็นปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

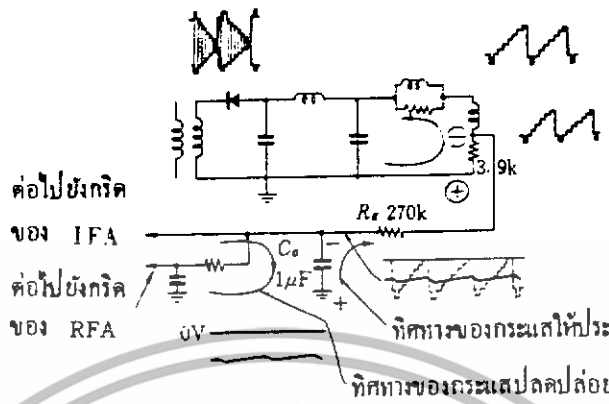


รูปที่ 2.1 การทำงานของวงจรควบคุมการขยายสัญญาณอัตโนมัติ

วงจรควบคุมการขยายสัญญาณอัตโนมัตินี้ มีอยู่หลายแบบด้วยกัน แล้วแต่ชนิดของเอ.จี.ซี.โวลเทจ หากทำให้ค่าความต่างศักดิ์นี้ เป็นสัดส่วนกับค่าเฉลี่ยของสัญญาณภาพ เราก็นิยมเรียกวงจรนั้นว่า วงจรเอ.จี.ซี.ชนิดที่ทำงานด้วยค่าเฉลี่ย ในทำนองเดียวกัน หากค่าของเอ.จี.ซี.โวลเทจนี้ เป็นสัดส่วนกับค่าสูงสุดของสัญญาณภาพ ก็เรียกวงจรนั้นว่า วงจรเอ.จี.ซี. ชนิดที่ทำงานด้วยค่าสูงสุด วงจรทั้งสองแบบที่กล่าวถึงนี้ ก็ยังมีข้อเสียอยู่เหมือนกันที่ต้องใช้ คอนเดนเซอร์และรีซิสเตอร์ ซึ่งมีค่าสูง ๆ ในวงจรกรองกระแสที่มีความถี่ 60 และ 15,750 เฮิร์ท อันเกิดจากสัญญาณซิ้งค์สำหรับวงจรหักเหทางแนวตั้ง และวงจรของการหักเหทางแนวนอน ทำให้ค่าของไทม์คอนซแทนท์ ในการให้ประจุและปลดปล่อยประจุของวงจรเอ.จี.ซี. มีค่ามาก หากสัญญาณโทรทัศน์เปลี่ยนแปลงรวดเร็ว วงจรเอ.จี.ซี จะทำงานล่าช้าไม่ทันการ เช่น ในขณะที่มีเครื่องบินผ่านสัญญาณโทรทัศน์ จะสะท้อนจากเครื่องบินมายังสายอากาศ เมื่อวงจรเอ.จี.ซี. ทำงานล่าช้าไม่ทันการก็จะเห็นเป็นภาพซ้อนเคลื่อนไหวอยู่ระยะหนึ่ง เป็นต้น นอกจากนี้ หากมี นอยส์ พัลส์ สูง ๆ รบกวนก็จะสังเกตเห็นได้ทางจอหลอดภาพ หากต้องการให้วงจรเอ.จี.ซี. นี้ทำงานเร็วขึ้น ก็จะต้องลดค่าของรีซิสเตอร์และคอนเดนเซอร์ลงไปบ้าง วงจรที่ทำงานได้รวดเร็วทันใจนั้นเรียกว่า วงจรคีย์เอ.จี.ซี. ซึ่งใช้สัญญาณซิ้งค์สำหรับวงจรหักเหทางแนวนอนเข้าช่วยเหลือด้วย ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป

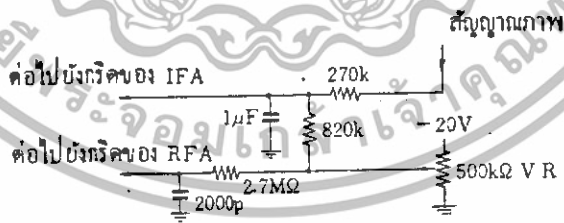
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วงจรที่ทำงานตามค่าเฉลี่ยของสัญญาณภาพ



รูปที่ 2.2 วงจรควบคุมการขยายสัญญาณอัตโนมัติที่ขึ้นอยู่กับค่าเฉลี่ยของสัญญาณาภาพ

รูปที่ 2.2 แสดงให้เห็นส่วนประกอบของวงจรนี้ รีซิสเตอร์และคอนเดนเซอร์ในวงจรกรองกระแสจะทำหน้าที่กรองสัญญาณเอ.จี.ซี. ค่าของ ไทม์ คอนซเทนท์ ในการให้ประจุและปลดปล่อยประจุของคอนเดนเซอร์ จะมีค่าสูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาในช่วงหนึ่ง ๆ ของสัญญาณภาพ ความต่างศักย์ของคอนเดนเซอร์นี้ จะนำไปใช้เป็นเอ.จี.ซี. โวลเทจ ซึ่งเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าเฉลี่ยของสัญญาณภาพ อย่างไรก็ตาม เมื่อสัญญาณภาพเปลี่ยนแปลงไปตามภาพในห้องส่งโทรทัศน์ ค่าของเอ.จี.ซี. โวลเทจ จะเปลี่ยนไปด้วย อันจะทำให้คอนแทรสท์ของภาพไม่คงที่ตลอดเวลา นอกจากนั้น นอยส์ พัลส์ ก็ยังเข้าไปรบกวนสัญญาณภาพได้อีกด้วย ในวงจรจริง ๆ จึงนิยมใช้ไปแอสซิ่ง โวลเทจ เข้าช่วยเหลือการทำงานของวงจรเอ.จี.ซี.ด้วย ตามรูปที่ 2.3



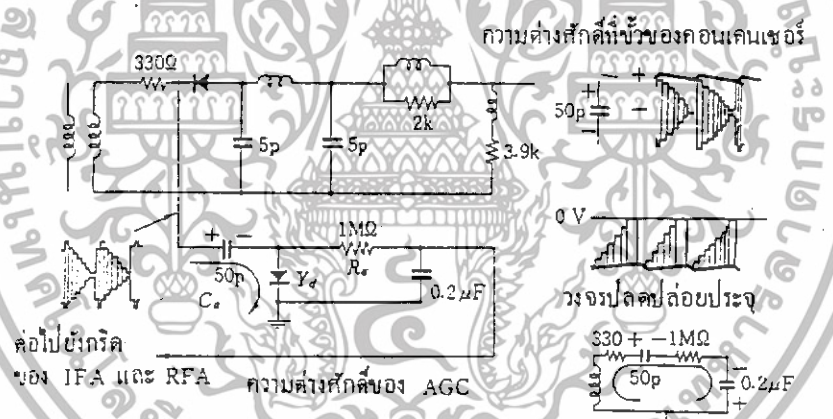
รูปที่ 2.3 การใช้ความต่างศักย์พิเศษ ช่วยเหลือการทำงานของวงจรควบคุมการขยายสัญญาณอัตโนมัติ

2. วงจรที่ทำงานตามค่าสูงสุดของสัญญาณภาพ

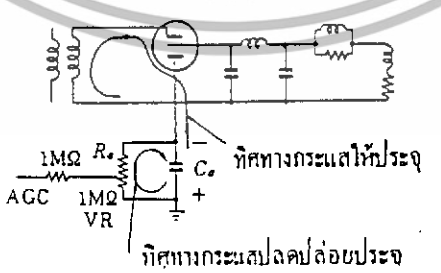
ในขณะที่สัญญาณภาพเปลี่ยนแปลงไปตามภาพจริง ๆในห้องส่งโทรทัศน์ ค่าของสัญญาณซิ้งค์ยังคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลง เนื่องจากระดับของสัญญาณซิ้งค์ตรงกับระดับค่าสูงสุดของสัญญาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพ และเพื่อป้องกันไม่ให้เอ.จี.ซี. โวลเทจ เปลี่ยนไปตามสัญญาณภาพ จึงอาจหาวิธีการทำให้เอ.จี.ซี.โวลเท่จนี้ เป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าสูงสุดของสัญญาณภาพ แทนที่จะใช้ค่าเฉลี่ย วงจรที่กล่าวถึงนี้ ได้แสดงไว้แล้วในรูปที่ 2.4 รีซิสแทนซ์ของไดโอดในขณะที่มีกระแสไหลผ่านมีค่าน้อยมาก ทำให้คอนเดนเซอร์ได้รับประจุในระยะเวลาอันสั้น ส่วนรีซิสเตอร์ Ra นั้น มีค่าสูงจึงทำให้ไทม์คอนซแทนท์ ของการปลดปล่อยประจุมีค่ามาก เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการให้ประจุ โดยวิธีนี้เอ.จี.ซี.โวลเทจจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าสูงสุดของสัญญาณภาพ อย่างไรก็ตาม หากมีนอยส์พัลซ์รวมอยู่ด้วย จะทำให้คอนเดนเซอร์นี้ ได้รับประจุมาเป็นห้วง ๆ จึงทำให้เกิดการรบกวนภาพได้ง่าย ข้อขัดข้องนี้ พอจะทำให้ผ่อนเบาลงได้ โดยการใช้รีซิสเตอร์ขนาดประมาณ 330 โอห์ม ต่ออย่างอันดับกับคอนเดนเซอร์ เนื่องจากวงจรนี้มีส่วนประกอบหลายอย่างมาก จึงนิยมใช้หลอดไทรโอดทำหน้าที่แทนไดโอด เพื่อลดจำนวนส่วนประกอบต่าง ๆ ลง ตามรูปที่ 2.5 ซึ่งในกรณีนี้ วงจรระหว่างกริดกับแคโถดของหลอด ก็จะทำหน้าที่เป็นดีเทคเตอร์ด้านภาพ และวงจรระหว่าง เพลทกับแคโถดของหลอดก็จะทำหน้าที่แทนหลอดไดโอด ค่าของเอ.จี.ซี. โวลเทจ จะได้จากคอนเดนเซอร์ซึ่งต่อกับแคโถดของหลอด



รูปที่ 2.4 วงจรควบคุมการขยายสัญญาณอัตโนมัติดที่ขึ้นอยู่กับค่าสูงสุดของสัญญาณภาพ



รูปที่ 2.5 การใช้หลอดไทรโอดเพียงหลอดเดียว ให้ทำหน้าที่ควบคุมการขยายสัญญาณอัตโนมัติและผลิตสัญญาณภาพจากคลื่นพาห์ของภาพ

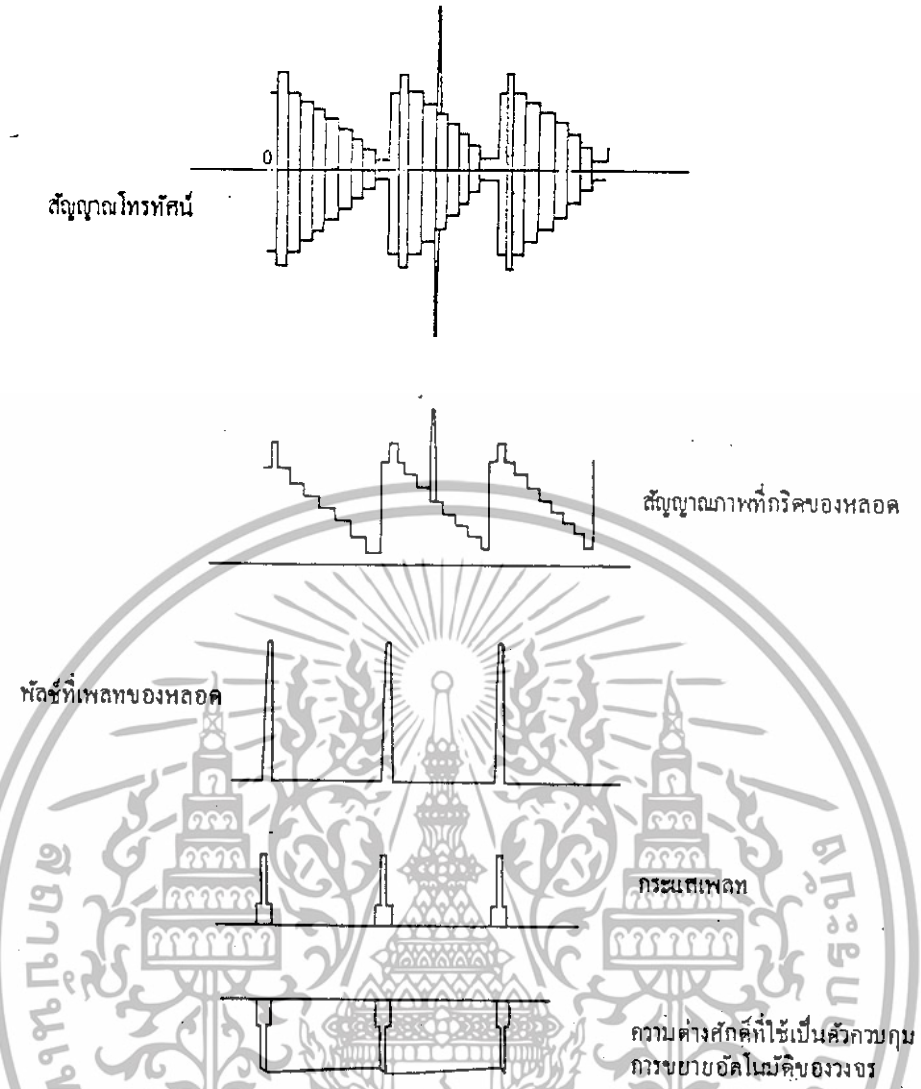
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. วงจรควบคุมการขยายอัตโนมัติแบบ คีย์ เอ.จี.ซี.

วงจรนี้แสดงไว้ในรูปที่ 2.6 โดยใช้คุณลักษณะของหลอด ไทรโอด หรือ เพนโถด เข้าช่วยเหลือกริดที่หนึ่งของหลอดนี้ ต่อกับวงจรขยายกำลังสัญญาณภาพ เพื่อรับสัญญาณภาพที่มีสัญญาณซิ้งค์เป็นค่าบวก ส่วนเพลทของหลอดนี้ ก็ต่อกับเอาท์พุททรานซ์ฟอร์มเมอร์ทางแนวนอน หรือที่เรียกว่าฟลาย - แบค ทรานซ์ฟอร์มเมอร์ เพื่อรับสัญญาณบวกที่มีความถี่ 15,750 เฮิร์ท หลอดนี้มักเรียกว่าหลอดควบคุม และจะมีค่าของ ไบแอสซิ่ง โวลเทจ ไว้พอเหมาะที่จะทำให้มีกระแสไหลผ่านหลอดแต่เฉพาะในระยะเวลาที่ทั้งกริด และเพลท ได้รับ พัลซ์ ที่มีค่าบวกพร้อม ๆ กัน หากมีเพียงพัลซ์ซึ่งมีค่าบวกแต่เฉพาะที่กริดอย่างเดียว หรือที่เพลทอย่างเดียว หลอดนี้ก็จะไม่ทำงาน ฉะนั้น ก็จะมีกระแสไหลผ่านหลอดแต่เฉพาะในชั่วระยะเวลาที่มีพัลซ์ซึ่งมีความถี่ 15,750 เฮิร์ท เท่านั้น ในขณะที่มีกระแสไหลผ่านหลอด คอนเดนเซอร์ก็จะได้รับประจุเอาไว้ หลังจากนั้นก็จะเริ่มปลดปล่อยประจุผ่านทางรีซิสเตอร์ในวงจรเพลทในระหว่างที่ไม่มีสัญญาณซิ้งค์ ค่าของ ไทม์ คอนซแทนท์ของการปลดปล่อยประจุ จะปรับเอาไว้ค่อนข้างสูงมาก ทำให้คอนเดนเซอร์สามารถรักษาระดับความต่างศักย์ไว้ได้เกือบคงที่ และนำเอาไปใช้เป็น เอ.จี.ซี. โวลเทจ ได้ แม้ว่าจะมีนอยส์ พัลซ์ ปะปนเข้ามากับสัญญาณโทรทัศน์ก็ตาม แต่ก็จะไม่มารบกวนภาพที่จอหลอดภาพเลย ด้วยเหตุที่ว่า มีกระแสไหลผ่านหลอดแต่เฉพาะในระยะเวลาที่มีสัญญาณซิ้งค์เท่านั้น ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ 2.7

รูปที่ 2.6 วงจรของคีย์ เอ.จี.ซี.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.7 รูปร่างของกระแสและความต่างศักย์ตามจุดต่าง ๆ ในวงจรของรูปที่ 2.6

2.2 ระบบสายอากาศเครื่องรับโทรทัศน์

การส่งสัญญาณความถี่วิทยุเป็นวิธีการแพร่กระจายคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าออกไปในอากาศ ซึ่งเป็นผลงานการค้นคว้าของ ไฮน์ริช เฮิร์ตซ์ นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมัน โดยการนำเอาความถี่จากเครื่องส่งผ่านระบบสายส่ง (TRANSMISSION LINE) ออกไปสู่ระบบสายอากาศเหมือนระบบจ่ายกำลังทางไฟฟ้าออกไปยังผู้ที่ต้องการใช้งาน เพียงแต่ระบบนี้ไม่มีสายส่งมีเพียงอากาศเป็นตัวกลาง

เครื่องรับโทรทัศน์จะรับพลังงานในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า อุปกรณ์ในการรับสัญญาณเป็นอุปกรณ์ในระบบพาสซีฟ (PASSIVE DEVICE) ซึ่งโดยตัวของมันเองนั้นมีการเสื่อม

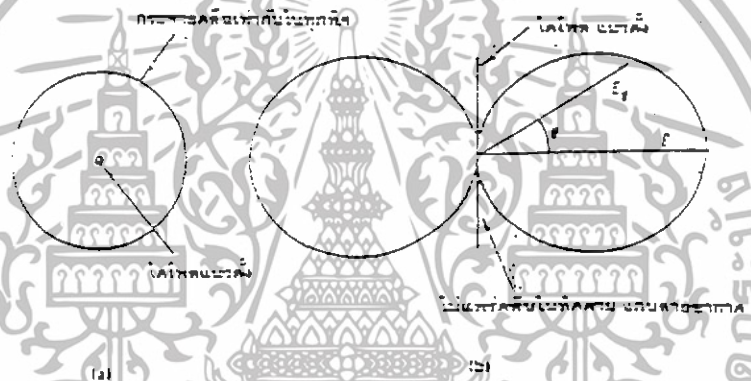
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณภาพน้อยมากเมื่อเทียบกับอุปกรณ์แอคทีฟ (ACTIVE DEVICE) ในการรับสัญญาณโทรทัศน์ปัจจุบันโดยส่วนมากจะใช้สายอากาศแบบ ยากิ

สายอากาศแบบยากิ (YAGI ANTENNA)

เราสร้างสายอากาศแบบยากิจากไดโพลแบบ $\lambda/2$ และพาราซิติก อีลีเมนท์ (Prasitic element) ความหมายของ พาราซิติก อีลีเมนท์ คือส่วนของสายอากาศที่ไม่ได้ต่อโดยตรงกับสายนำสัญญาณจากเครื่องรับหรือเครื่องส่ง แต่สามารถเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสหรือแรงดันบนตัวมันได้และสายอากาศที่นำมาใช้งานร่วมกับ พาราซิติก เรียกว่า พาราซิติก อาร์เรย์

คุณสมบัติของไดโพลแบบ $\lambda/2$ มีรูปแบบการแพร่คลื่นในระนาบแนวราบของไดโพลที่วางแนวตั้งเป็นวงกลมดังรูป



รูปที่ 2.8 แสดงแบบการแพร่คลื่นของสายอากาศไดโพลแบบแนวตั้ง (ขนาด $\lambda/2$)

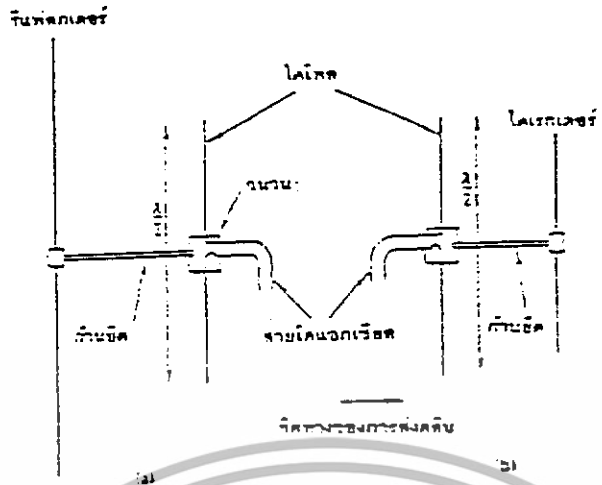
(a) รูปแบบระนาบแนวนอน

(b) รูปแบบระนาบแนวตั้ง

และในระนาบแนวตั้งพบว่าไม่มีการแพร่หรือรับคลื่นเลยซึ่งในระบบสื่อสารวิทยุทั่วไปการประสิทธิภาพของสายอากาศที่มีไดเร็คติวิตี้มากกว่าหนึ่ง

การเพิ่มพลังงานในไดเร็คติวิตี้ทำได้โดยการใช้ไดโพลแบบ $\lambda/2$ ร่วมกับพาราซิติกไว้อีกด้านของสายอากาศในทิศทางตรงข้ามกับทิศที่มีการแพร่คลื่นมากที่สุดดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.9 แสดงสายอากาศไดโพลแบบ $\lambda/2$ พร้อมกับ

(a) รีแฟลกเตอร์

(b) ไดเรกเตอร์

รีแฟลกเตอร์มีผลต่อรูปแบบการแพร่คลื่นของไดโพลแบบ $\lambda/2$ เนื่องจากมีสนามแม่เหล็กไฟฟ้าถูกเหนี่ยวนำที่มีผลให้ตัวรีแฟลกเตอร์สามารถแพร่คลื่นเองได้

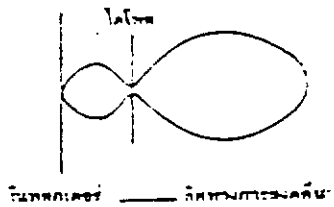
ตัวแปรที่มีผลต่อรูปแบบการแพร่คลื่น มี

1. ความยาวของรีแฟลกเตอร์
2. ระยะห่างจากไดโพล

พิจารณาในรูปที่ 2.10

แสดงรูปแบบการแพร่คลื่นของไดโพล $\lambda/2$ และรีแฟลกเตอร์ในระนาบแนวราบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



แสดงรูปแบบการแพร่คลื่นของไดโพล $\lambda/2$ และรีแฟลกเตอร์ในระนาบแนวตั้ง

รูปที่ 2.10

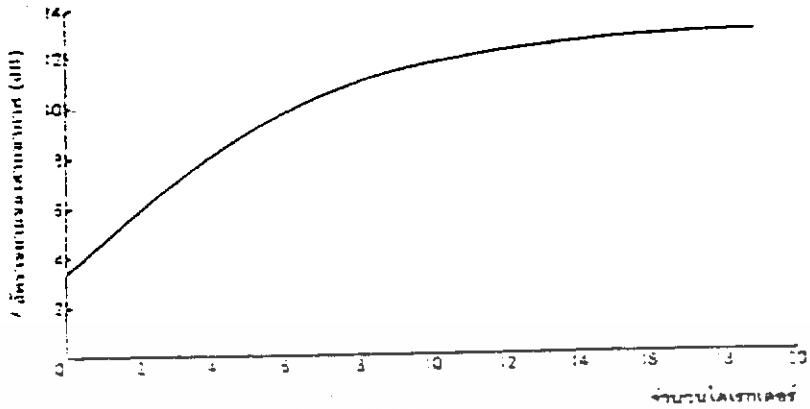
จากรูปทั้งสองเห็นได้ชัดว่า ไดเร็คติวิตี้ของอาร์เรย์ดีกว่าไดโพลอย่างเดียว เหตุที่รีแฟลกเตอร์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงนี้ อธิบายได้ว่า เมื่อเราป้อนแรงดันไฟฟ้า (ที่ความถี่รีโซแนนซ์) และกระแสให้กับไดโพลจะมีการแพร่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าไปทุกทิศในแนวตั้งฉากกับไดโพล พลังงานบางส่วนมาที่รีแฟลกเตอร์ และเหนี่ยวนำสนามแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้น ซึ่งมีเฟสตามหลังแรงดันไฟฟ้าส่วนที่ป้อนให้ไดโพลอยู่โดยคิดจากระยะห่างของอีลีเมนท์ ถ้าความยาวของรีแฟลกเตอร์และระยะห่างระหว่างไดโพล/รีแฟลกเตอร์ถูกเลือกมาอย่างเหมาะสมแล้วพลังส่วนที่แพร่มาจากรีแฟลกเตอร์จะไปเสริมในส่วนของไดโพลในทิศทางที่ต้องการ

การเพิ่มค่าไดเร็กติวิตี้และอัตราการขยายของไดโพลสามารถทำได้โดยเพิ่มพาราซิติกอีลีเมนท์อันใหม่ลงไปโดยวางในตำแหน่งตรงข้ามกับรีแฟลกเตอร์เราเรียกอีลีเมนท์ใหม่ว่าไดเร็กเตอร์ (Director) ที่มีขนาดสั้นกว่า $\lambda/2$ อยู่ประมาณ 5% ขณะที่ไดโพลแพร่คลื่นจะมีบางส่วนเหนี่ยวให้ไดเร็กเตอร์สามารถแพร่คลื่นได้เช่นเดียวกับรีแฟลกเตอร์

การพิจารณาเลือกความยาวของไดเร็กเตอร์และระยะห่างระหว่างไดโพล/ไดเรกเตอร์นับว่าสำคัญมาก เพราะถ้าเลือกค่าที่ถูกต้องพลังงานที่แพร่จากไดเร็กเตอร์จะไปเสริมส่วนของ ไดโพลเป็นการเพิ่มค่าไดเร็กติวิตี้และอัตราขยายมากขึ้น

การเพิ่มค่าไดเร็กติวิตี้ หรืออัตราขยายของสายอากาศให้มากกว่านี้ไม่อาจทำได้โดยเพิ่มรีแฟลกเตอร์ตัวที่สองลงไปเพราะว่าสนามแม่เหล็กหลังรีแฟลกเตอร์ตัวแรกมีค่าอ่อนมากจนนำมาเหนี่ยวนำไม่ได้แต่การเพิ่มไดเร็กเตอร์ให้มากจำนวนขึ้นมีผลให้ค่าอัตราขยายของสายอากาศเพิ่มได้จริงดังรูปดังกราฟ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของจำนวนไดเร็กเตอร์กับอัตราขยายของสายอากาศยากิในทิศที่มีการแพร่มากที่สุด

ในทางปฏิบัติการเลือกค่าระยะห่างระหว่างอีลีเมนท์ต้องคำนึงถึง 2 สิ่ง คือ

1. อัตราขยายที่ต้องการของอาร์เรย์

2. อัตราส่วนฟรอนต์ทูแบคที่ต้องการ

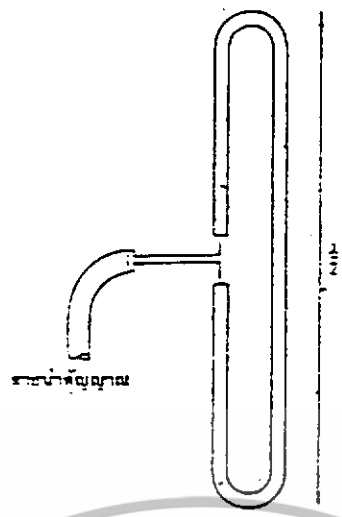
โดยทั่วไปแล้วระยะห่างระหว่างไดโพล/รีแฟลกเตอร์ มีค่าระหว่าง 0.15 λ - 0.25 λ และระยะห่างระหว่างไดโพล/ไดเร็กเตอร์มีค่าระหว่าง 0.1 λ - 0.15 λ

ไดโพลแบบห่วง (Folded Dipole)

ค่าอินพุทอิมพีแดนซ์ของไดโพลแบบ $\lambda/2$ ที่รีโซแนนซ์มีค่าเท่ากับ 73 โอห์มในขณะที่การเพิ่มพาราซิติก อีลีเมนท์ จะมีผลลดค่าอิมพีแดนซ์ลง อาจเหลือแค่ 50 โอห์ม สำหรับการมีรีแฟลกเตอร์และไดเร็กเตอร์อย่างละหนึ่งอัน หรือเหลือ 20 โอห์มถ้ามีไดเร็กเตอร์หลายอัน แต่สายนำสัญญาณที่ใช้กับอาร์เรย์แบบยากิจะมีค่าอิมพีแดนซ์มาตรฐานคือ 50 โอห์ม หรือ 75 โอห์ม ถ้าสายอากาศที่ใช้งานไม่แม็ชท์หรือมีค่าอิมพีแดนซ์ไม่เท่ากับสายนำสัญญาณอาจเกิดคลื่นนิ่งหรือสแตนดิ้งเวฟบนสายนำสัญญาณเป็นการสูญเสียพลังงานของระบบ ทางแก้ปัญหานี้คือต้องเพิ่มค่าอิมพีแดนซ์ของไดโพลให้มากขึ้นจากเดิมเพื่อว่าเวลาใช้งานกับพาราซิติก อีลีเมนท์ค่าอิมพีแดนซ์ที่ลดลงมายังมีโอกาสเท่ากับค่า 50 โอห์ม หรือ 75 โอห์มของสายนำสัญญาณได้

ไดโพลที่มีค่าอิมพีแดนซ์สูงกว่าค่าเดิมเราใช้ไดโพลแบบห่วงแก้ปัญหานี้ดังแสดงในรูป

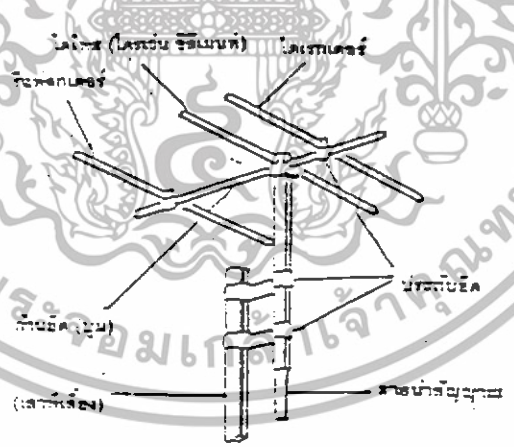
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.12 แสดงไดโพลแบบห่วงขนาด $\lambda/2$

ค่าอิมพีแดนซ์ของไดโพลแบบห่วงมีขนาดเป็นสี่เท่าของไดโพลธรรมดานั่นคือมีค่าเท่ากับ 4 x 37 = 292 โอห์ม นอกจากนี้ยังมีวิธีที่ทำให้จำนวนเท่าของอิมพีแดนซ์มากกว่านี้ได้โดยการให้แต่ละครึ่งของไดโพลแบบห่วงใช้ตัวนำที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางต่างกัน

แถบความถี่ของสายอากาศแบบยากิยังมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยเมื่อใช้ไดโพลแบบห่วงสายอากาศแบบยากิที่เป็นมาตรฐานแสดงไว้ดังรูป



รูปที่ 2.13 แสดงสายอากาศแบบยากิที่ใช้งานจริง

การทำงานของสายอากาศแบบยากิมีตัวแปร 2 อย่างที่ควรคำนึงถึงอย่างมากคือ

1. ความยาวของอีลีเมนท์แต่ละอัน

2. ระยะห่างระหว่างอีลีเมนท์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทั้งสองข้อนี้มีหน่วยเป็นความยาวคลื่นดังนั้นการใช้งานควรอยู่ในย่านความถี่ VHF และ UHF ส่วนในย่าน HF และ MF ไม่ควรใช้สายอากาศแบบยากิ เพราะขนาดโครงสร้างของสายอากาศจะใหญ่มาก สายอากาศยากิมีใช้มากในงานรับสัญญาณโทรทัศน์ตามบ้านซึ่งเห็นได้ทั่วไปบนหลังคา หรือนำไปใช้ในการรับ/ส่ง ระบบวิทยุโทรทัศน์แบบจุดต่อจุดย่าน VHF ได้

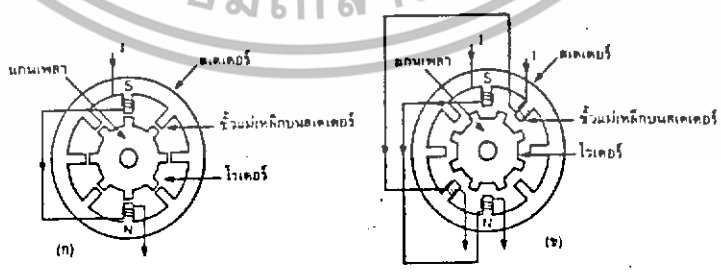
2.3 สเต็ปปิ้งมอเตอร์

(stepping motors)

สเต็ปปิ้งมอเตอร์มีความแตกต่างจากมอเตอร์ทั่ว ๆ ไป โดยเมื่อป้อนกำลังไฟฟ้าให้กับมัน ๆ จะหมุนเพียงเล็กน้อยตามเส้นรอบวงและหยุด ซึ่งแตกต่างจากมอเตอร์ทั่ว ๆ ไปซึ่งจะหมุนทันทีและตลอดเวลาสเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถกำหนดตำแหน่งของการหมุนด้วยตัวเลขได้อย่างละเอียดโดยการใช้คอมพิวเตอร์เป็นตัวกำหนดและจัดเก็บตัวเลขเหล่านั้นไว้

สเต็ปปิ้งมอเตอร์สามารถใช้งานในระบบเปิด (open loop system) นั่นก็คือมันทำงานได้โดยไม่ต้องการการป้อนกลับ (feedback) แต่ทุกวิธีที่ต้องการกำหนดตำแหน่งได้อย่างถูกต้องจำเป็นที่ต้องการการป้อนกลับไปยังระบบให้รับรู้ และอะไรจะเป็นตัวบอกให้ได้ว่าตำแหน่งถูกต้องแล้วหรือเกิดการผิดพลาด (error)

โครงสร้างของขั้วแม่เหล็กบนสเต็ปปิ้งมอเตอร์ประกอบขึ้นจากแผ่นเหล็กวงแหวนที่มีซี่ยื่นออกมา แต่ละซี่เหล่านั้นจะมีคอยล์พันสวมอยู่ ดังนั้นเมื่อป้อนกระแสไฟฟ้าผ่านคอยล์ทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic) ขึ้น ด้านตรงข้ามของแต่ละขั้วแม่เหล็กจะได้รับกระแสไฟฟ้าในขณะเดียวกัน แต่ว่าจะไหลวนในทิศทางตรงกันข้ามทำให้เกิดสนามแม่เหล็กไฟฟ้าในทิศตรงข้าม ดังแสดงในรูปที่ 2.14 (ก) ดังนั้นถ้าเพิ่มจำนวนของขั้วแม่เหล็กมากขึ้นจะเพิ่มจำนวนของสเต็ปต่อวงรอบมากขึ้นตามไปด้วย



รูปที่ 2.14 แสดงสเต็ปปิ้งมอเตอร์ที่มีการต่อวงจรขดลวดภายใน

86752
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อย่างไรก็ตามผู้ใช้งานสามารถเพิ่มจำนวนของสเต็ปได้อีกวิธีหนึ่งโดยไม่ต้องปรับเปลี่ยนโครงสร้างภายใน โดยทำการจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขั้วแม่เหล็ก 2 ขั้วที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้โรเตอร์หยุดหมุนอยู่ระหว่างกลางของ 2 ขั้วแม่เหล็กนั้นหรือเคลื่อนที่ไปครึ่งสเต็ปเท่านั้น และวิธีการนี้ยังช่วยให้เกิดแรงบิด (torque) มากขึ้นด้วย ดังแสดงในรูปที่ 2.14 (ข)

สเต็ปปิ้งมอเตอร์แบ่งตามพื้นฐานได้เป็น 3 ชนิดคือ วาริเอเบิลรีลักแตนซ์ (variable reluctance : VR) , เพอร์มาเนนต์แมกเน็ต (permanent magnet : PM) และแบบไฮบริด (hybrid)

การกระตุ้นและควบคุมการหมุนของมอเตอร์ให้เคลื่อนที่ไปแต่ละสเต็ปทำได้โดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปยังขดลวดแต่ละขดบนสเตเตอร์ ซึ่งต้องป้อนเป็นแบบซีเควนเชียลในรูปแบบที่ถูกต้องด้วยแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบคือ แบบเวฟ (wave) , แบบ 2 เฟส (two phase) และแบบครึ่งสเต็ป (half step) ทั้ง 3 แบบต่างก็มีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป

1. แบบเวฟเป็นการกระตุ้นรูปแบบที่ง่ายที่สุด โดยทำการกระตุ้นขดลวดทีละขดในเวลาหนึ่งและเรียงถัดกันไป ขึ้นอยู่กับทิศทางที่ต้องการให้หมุน ดังนั้นจึงมีขดลวดเพียงขดเดียวในเวลาหนึ่งที่ถูกกระตุ้นเท่านั้น วงจรกระตุ้นแบบเวฟจึงมีราคาถูกและง่าย ขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ แสดงดังในตารางที่ 2.1

	$\varnothing_1$	$\varnothing_2$	$\varnothing_3$	$\varnothing_4$
1	1	0	0	0
2	0	1	0	0
3	0	0	1	0
4	0	0	0	1

ตารางที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบเวฟ

2. แบบ 2 เฟสเป็นการกระตุ้นอีกรูปแบบหนึ่งซึ่งคล้ายกับแบบเวฟ แต่การกระตุ้นแบบนี้จะทำการกระตุ้นโดยจ่ายกำลังไฟฟ้าไปที่ขดลวด 2 ขด ที่อยู่ใกล้กันในเวลาเดียวกัน และเรียงถัดกันไปเช่นเดียวกับแบบเวฟ คือขดลวดที่ถูกกระตุ้น 12 , 23 , 34 , 41 , 12 หรือ 14 ,43 , 32 , 21 , 14 ขึ้นอยู่กับทิศทางการหมุน การเพิ่มจำนวนของขดลวดที่ถูกกระตุ้นนี้ทำให้เพิ่มแรงบิดได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มากกว่าแบบเวฟ โรเตอร์จะเคลื่อนที่ด้วยแรงดึงอย่างเต็มแรงจาก 2 ขดลวดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน และต่อไปด้วยแรงดึงจากอีก 2 ขดลวดถัดไป สำหรับข้อเสียก็คือการกระตุ้นแบบนี้ต้องใช้แหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้ามากขึ้น ขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ แสดงดังในตารางที่ 2.2

	$\varnothing_1$	$\varnothing_2$	$\varnothing_3$	$\varnothing_4$
1	1	1	0	0
2	0	1	1	0
3	0	0	1	1
4	1	0	0	1

ตารางที่ 2.2 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบ 2 เฟส

3. แบบครึ่งสเต็ปเป็นรูปแบบที่เกิดจากการผสมผสานระหว่างการกระตุ้นแบบเวฟและแบบ 2 เฟสเพื่อเพิ่มจำนวนของสเต็ปต่อรอบอีกเท่าตัวหนึ่ง ในระบบนี้จะทำการกระตุ้นขดลวดเรียงกันไปเป็นลำดับดังนี้ ขดลวดที่ถูกกระตุ้น 1 , 12 , 2 , 23 , 3 , 34 , 4 , 41 , 1 หรือในการหมุนอีกทิศทางหนึ่งจะได้เป็น 1 , 14 , 4 , 43 , 3 , 32 , 2 , 21 , 1 แรงบิดที่ได้จากกระตุ้นแบบนี้จะเพิ่มมากขึ้นอีก เพราะช่วงสเต็ปมีระยะสั้นลงและแต่ละสเต็ปเกิดแรงดึงจากขดลวด 2 ขดที่ถูกกระตุ้นพร้อมกัน ความถูกต้องของตำแหน่งมีเพิ่มมากขึ้น แต่ต้องพึงระวังไว้อีกประการหนึ่งว่าเมื่อกระตุ้นให้ทำงาน ในรูปแบบนี้จะต้องทำการหมุนถึง 2 สเต็ป จึงจะได้เท่ากับ 1 สเต็ปเต็มเหมือนกับในการควบคุม 2 แบบแรก สำหรับแหล่งจ่ายกำลังไฟฟ้าต้องใช้เทียบเท่ากับแบบ 2 เฟส จึงจะเพียงพอ ขั้นตอนการทำงานต่าง ๆ แสดงดังในตารางที่ 2.3

	$\varnothing_1$	$\varnothing_2$	$\varnothing_3$	$\varnothing_4$
1	1	0	0	0
2	1	1	0	0
3	0	1	0	0
4	0	1	1	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5	0	0	1	0
6	0	0	1	1
7	0	0	0	1
8	1	0	0	1

ตารางที่ 2.3 แสดงขั้นตอนการกระตุ้นขดลวดแต่ละเฟสแบบครึ่งสเต็ป

ในการควบคุมสเต็ปการทำงานของสเต็ปปิ้งทั้งสามรูปแบบ ที่ทราบมานั้นเราสามารถทำได้เป็นสองลักษณะคือ ใช้วงจรซีเควนลอจิกและการใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ควบคุมแต่ที่นิยมใช้กันคือ จะใช้ไมโครโปรเซสเซอร์ได้ถูกลงมากในปัจจุบันและผู้ใช้สามารถพลิกแพลงการใช้ได้ตามต้องการ

2.4 วงจรแปลงอะนาลอกเป็นดิจิตอล

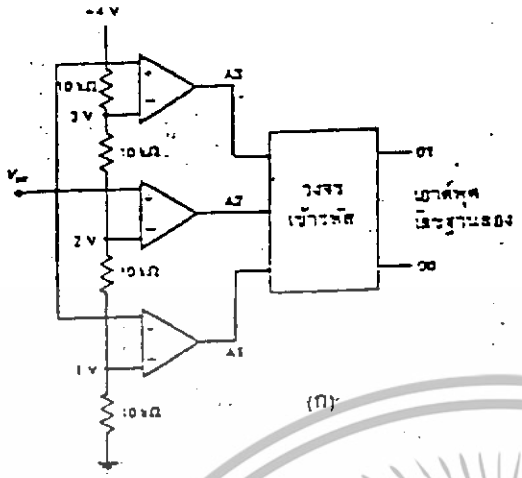
(Analog to Digital converter)

วงจรเปลี่ยนสัญญาณอะนาลอกเป็นดิจิตอล ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมีหลายแบบด้วยกันคือ

1. แบบใช้วงจรเปรียบเทียบขนานหรือแบบแฟลช(Parallel Comparator Simultaneous "Flash" A/D CONVERTER)

วงจรแบบนี้จะใช้วงจรเปรียบเทียบที่ต่อขนานกันดัง รูป 2.15(ก)ประกอบด้วยออปแอมป์ที่ต่อเป็นวงจรเปรียบเทียบและตัวต้านทานต่อไว้เพื่อแบ่งแรงดันที่ขาอินพุทแบบกลับ(inverting) หรือขาลบให้มีขนาดต่าง ๆ กัน จากหลักการของวงจรเปรียบเทียบทั่วไป เมื่อแรงดันอินพุทที่ขาอินพุทแบบไม่กลับ (noninverting) หรือขาบวก มีค่าสูงกว่าที่ขาลบเอาท์พุทจะได้แรงดันค่าสูง ดูได้จากตารางที่รูป 2.15 (ข) ซึ่งเอาท์พุทที่ได้จากวงจรเปรียบเทียบนี้จะนำไปเข้าระหัสให้เป็นเลขฐานสองต่อไป เมื่อต้องการวงจรที่ความละเอียดสูงขึ้น จำเป็นต้องใช้วงจรเปรียบเทียบเพิ่มขึ้นโดยหาจำนวนวงจรเปรียบเทียบได้จาก สูตร 2^N - 1 เมื่อ N แทนจำนวนบิทหรือความละเอียดที่ต้องการแต่จะเห็นว่าที่ความละเอียด 8 บิท ต้องใช้วงจรเปรียบเทียบมากถึง 255 ตัวซึ่งเป็นข้อเสียของวงจรแบบนี้ ข้อเสียอีกประการหนึ่งคือ เอาท์พุทไม่เป็นเลขฐานสองต้องมีวงจรเพิ่มเติมไปทำการเข้าระหัส ข้อดีของวงจรคือมีความเร็วสูงมาก บางครั้งจึงต้องเรียกวงจรเอทูดีแบบนี้ว่าแบบ แฟลช วงจรชนิดนี้ใช้เวลาในการปลงได้เร็วในระดับนาโนวินาที ทีเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

แรงดันอินพุต V_{in} (โวลต์)	เอาต์พุตของวงจรเปรียบเทียบ A1	A2	A3	เอาต์พุตเลขฐานสอง D1	D0
0 – 1	0	0	0	0	0
1 – 2	1	0	0	0	1
2 – 3	1	1	0	1	0
3 – 4	1	1	1	1	1

(ข)

รูปที่ 2.15 (ก) แสดงการต่อวงจร PARALLEL COMPARATOR A\D CONVERTER

(ข)ตารางความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันอินพุทที่เป็นอะนาลอกกับเอาท์พุทที่เป็นดิจิตอล

2. วงจรเอทูดีที่ใช้การอินทีเกรต

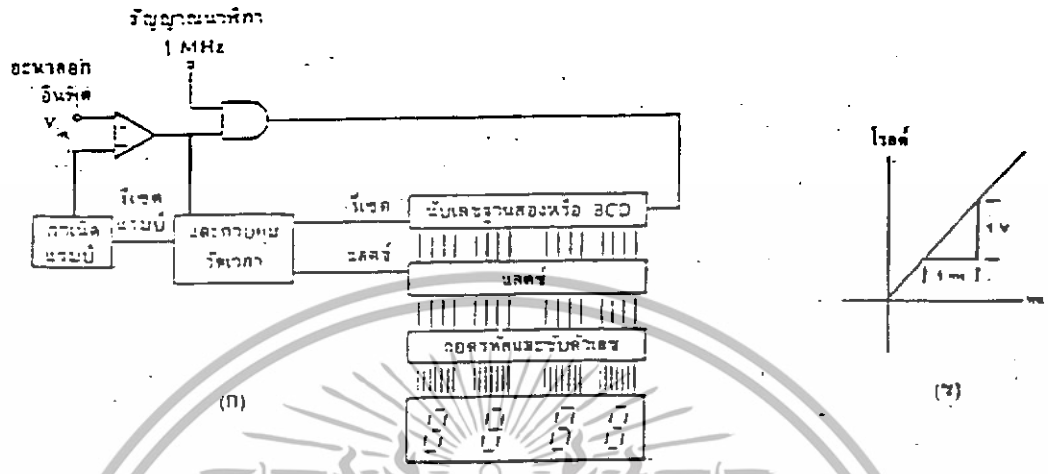
วงจรเปลี่ยนสัญญาณเอทูดีที่ใช้เทคนิคการอินทีเกรตสัญญาณมีหลายแบบ คือ

2.1 แบบสโลปเดี่ยวหรือแบบแรมป์ (Single Ramp หรือ Single Slop A/D Converter)

วงจรเอทูดีแบบนี้แสดงไว้ดังรูปที่ 2.16 ประกอบไปด้วย วงจรกำเนิดสัญญาณแรมป์ วงจรเปรียบเทียบ วงจรนับ BCD เมื่อเริ่มทำการเปลี่ยนสัญญาณ สัญญาณแรมป์และวงจรนับจะถูกรีเซตให้เป็น 0 แรงดันอะนาลอกถูกป้อนไปยังวงจรเปรียบเทียบทางขาอินพุทบวก เมื่อแรงดันที่ขานี้มีค่าเป็นบวกมากกว่าขาลบ วงจรเปรียบเทียบจะให้เอาท์พุทออกมาเป็นระดับ high ทำให้แอนด์เกทปล่อยสัญญาณนาฬิกาผ่านไปยังวงจรนับได้และทำให้เกิดสัญญาณแรมป์ เมื่อสัญญาณแรมป์มีแรงดันเป็นบวกขึ้นเรื่อย ๆ จนกว่าระดับแรงดันอินพุท เอาท์พุทของวงจรเปรียบเทียบก็ตกลงมาเป็นระดับ LOW ปิดแอนด์เกทไม่มีสัญญาณผ่านไปให้วงจรนับ วงจรนับจะหยุดนับและเก็บค่าไว้ที่วงจรแลตช์ จากนั้นจึงทำการรีเซตวงจรนับและวงจรกำเนิดสัญญาณแรมป์ สมมุติให้สัญญาณนาฬิกามีความถี่ 1 Mhz วงจรนับ BCD 4 หลัก แรงดันอินพุท VIN = 2 V สัญญาณแรมป์มีความชัน 1 V/ms ดังแสดงในรูป 2.16 (ข) จากจุดเริ่มต้นจนถึงแรงดันสูงสุด (2 โวลท์) สัญญาณแรมป์ใช้เวลา 2 ms หลังจากนี้จึงปิดสัญญาณที่ส่งไปให้วงจรนับ ซึ่งวงจรนับทำการนับถึง 200 ลูก วงจรลักษณะนี้มักนำไปใช้งานในการเปลี่ยนเวลาเป็นขนาดสัญญาณหรืออาจใช้ในดิจิตอลโวลท์มิเตอร์ แต่ไม่ใช้กับงานที่ต้องการความถูกต้อง เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แหล่งกำเนิดสัญญาณแรมป์ขึ้นกับอุณหภูมิและผลตอบสนองต่อสัญญาณอินพุททำให้ ไม่มีความถี่คงที่ดังนั้นจึงมีการปรับปรุงให้ดีขึ้นกลายเป็นแบบสโลปคู่

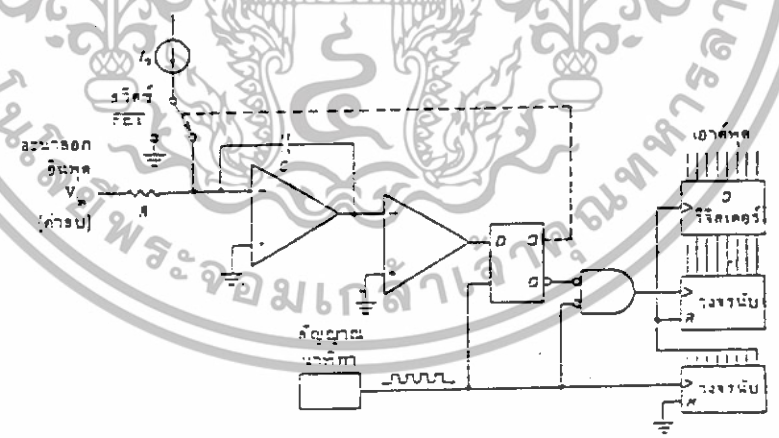


รูปที่ 2.16 วงจรเปลี่ยนสัญญาณแอทูดิแบบสโลปเดี่ยว

(ก) แสดงบล็อกไดอะแกรม

(ข) ความชันของสัญญาณแรมป์

2.2 แบบเดลต้า-ซิกม่า (Delta-Sigma A/D Converters)



รูปที่ 2.17 วงจรเปลี่ยนสัญญาณแบบเดลต้า-ซิกม่า

จากวงจรรูปที่ 2.17 เมื่อมีแรงดันอินพุทป้อนเข้ามาที่วงจรอินทิเกรตเตอร์จะให้เอาท์พุทไปเข้าวงจรเปรียบเทียบ เปรียบเทียบกับแรงดันคงที่ (จากรูปคือกราวด์) พัลส์ของกระแสที่ได้ขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อยู่กับเอาท์พุทของวงจรเปรียบเทียบ โดยการสวิทช์ที่ทำขึ้นจากเฟตจะควบคุมให้กระแสเข้าไปยังที่จุดรวมหรือลงกราวด์ไป ส่วนวงจรนับจะนับจำนวนพัลส์ด้วยหลักการที่คล้ายกัน

ข้อสรุปของเอทูดีแบบอินทิเกรตสัญญาณ

จุดสำคัญของอินทิเกรติ้ง เทคนิคคืออินพุทที่ให้กับวงจรอินทิเกรเตอร์ต้องเป็นกระแสไอซีคอนเวอร์เตอร์บางตัวอาจมีอินพุทให้สองขา แต่จะมีขาหนึ่งต่อตรงกับจุด summing point ใช้กับอุปกรณ์ที่เป็นแหล่งจ่ายกระแสโดยตรง ถ้าให้อินพุทเป็นกระแสก็ไม่ต้องคำนึงถึงแรงดันออฟเซตของวงจรอินทิเกรเตอร์แต่ถ้าใช้กับอินพุทที่เป็นแรงดันต้องปรับออฟเซตของออปแอมป์เสียก่อน การใช้อินพุทเป็นกระแสทำให้ย่านการใช้งานทางไฟสลับกว้าง

2.5 ออปแอมป์ (OP AMP)

ออปแอมป์เป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งซึ่งถูกออกแบบมาให้สามารถทำงานได้หลายรูปแบบและยังเน้นความสะดวกในการนำไปใช้งานอีกด้วย โดยสามารถประกอบเป็นวงจรได้โดยการต่อร่วมกับอุปกรณ์ภายนอกเพียงไม่กี่ตัวเท่านั้น ในอดีตออปแอมป์จะประกอบขึ้นจากอุปกรณ์หลายตัวที่ถูกนำมาบรรจุไว้ในภาชนะชิ้นเดียวกันซึ่งนอกจากจะทำให้ออปแอมป์มีขนาดใหญ่แล้วยังอาจมีประสิทธิภาพค่อนข้างต่ำด้วย แต่ปัจจุบัน เราสามารถซื้อออปแอมป์ในรูปแบบของวงจรรวม (IC) ได้ตามท้องตลาด และจากคุณสมบัติ IC ออปแอมป์ที่ได้พัฒนาขึ้นทำให้อุปกรณ์ชนิดนี้เป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย

ค่าใช้งานต่าง ๆ ที่ควรเข้าใจ

การนำไอซีออปแอมป์ไปใช้งาน ผู้ใช้ควรศึกษาดาต้าชีทของบริษัทผู้ผลิตให้ละเอียดเสียก่อน เพื่อป้องกันออปแอมป์ชำรุดเสียหาย ค่าต่าง ๆที่ควรรู้ได้แก่

ก) แรงดันจากแหล่งจ่ายไฟเลี้ยง ±V (SUPPLY VOLTAGE)

ข) กำลังที่สูญเสียในตัวไอซี (POWER DISSIPATION) ซึ่งแสดงกำลังสูงสุดที่อุปกรณ์สามารถปลดปล่อยออกมา โดยที่อุณหภูมิไม่สูงจนทำให้ไอซีพัง

ค) แรงดันสูงสุดระหว่างขั้วอินพุท (DIFFERENTIAL INPUT VOLTAGE)

ง) แรงดันสูงสุดที่อินพุทแต่ละขั้ว (INPUT VOLTAGE)

จ) ความสามารถในการทนภาวะลัดวงจรที่เอาท์พุท (OUTPUT SHORT-CIRCUIT DURATION)

ฉ) อุณหภูมิที่ใช้งาน (OPERATING TEMPERATURE)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ช) อุณหภูมิที่ใช้เก็บอุปกรณ์ (STORAGE-TEMPERATURE)

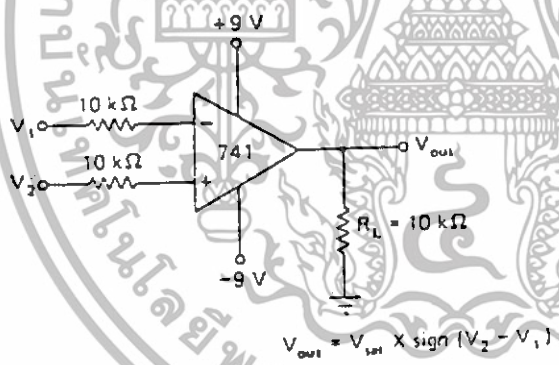
ณ) อุณหภูมิของขาอุปกรณ์ (LEAD TEMPERATURE) แสดงอุณหภูมิที่ไอซีสามารถทนได้ในขณะถูกบัดกรี

วงจรออปแอมป์พื้นฐาน

ในหัวข้อนี้ จะกล่าวถึงวงจรพื้นฐานของการนำออปแอมป์ไปใช้งาน ซึ่งวงจรเหล่านี้จะเป็นพื้นฐานที่ดีในการนำไปประกอบวงจรที่สลับซับซ้อนมากขึ้นไป โดยจะแบ่งออกเป็นชนิดการทำงานแบบลูปเปิด เช่น คอมพาราเตอร์ ตัวตรวจวัดระดับสัญญาณ เป็นต้น และแบบลูปปิด เช่น วงจรขยายแรงดัน เป็นต้น

1. วงจรเปรียบเทียบแรงดัน (คอมพาราเตอร์)

การทำงาน เป็นคอมพาราเตอร์ในขณะเปิดลูปนั้น ออปแอมป์จะสามารถเปรียบเทียบระดับสัญญาณระหว่างขั้วอินพุททั้งสองได้ค่อนข้างแม่นยำ โดยให้หลักเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างขั้วอินพุทที่ได้ เมื่อแรงดันที่ขั้วลบมีค่าเป็นบวกสูงกว่าแรงดันอินพุทที่ขั้วบวก สัญญาณที่เอาท์พุทจะเป็นลบ และมีขนาดเกือบเท่ากับ -Vcc จากแหล่งจ่ายไฟ ดังในรูปที่ 2.18



Input voltage		Output voltage
V_1	V_2	$\pm V_{sat}$
+1	+2	+8
+2	+1	-8
0	0	0
+1	-1	-8
-1	+1	+8
-1	-2	-8
-2	-1	+8

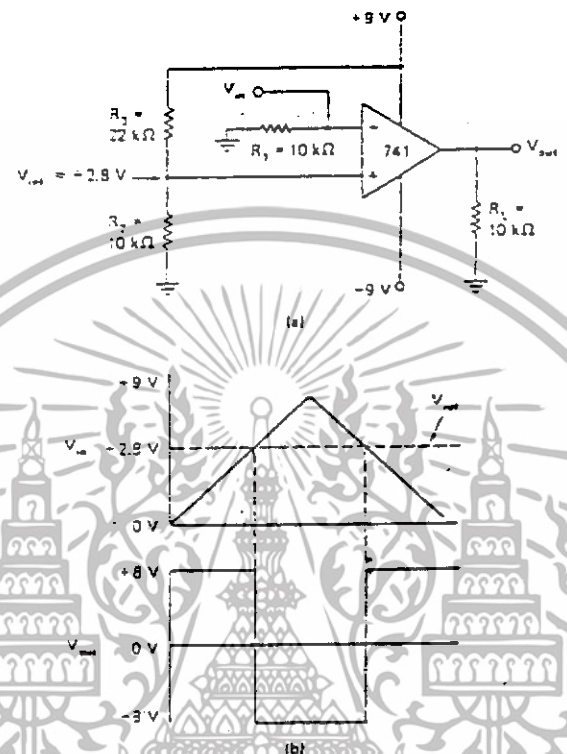
รูปที่ 2.18

นอกจากนี้ เราสามารถใช้วงจรคอมพาราเตอร์สำหรับตรวจวัดระดับสัญญาณว่ามีค่าเท่ากับแรงดันอ้างอิงหรือยัง โดยใช้หลักการเช่นเดียวกันกับที่ได้ศึกษามา ต่างกันเพียงการป้อนแรงดันอ้างอิงเท่านั้น แทนที่จะป้อนศึกดากราวด์เช่นเดิม โดยที่แรงดันอ้างอิง (Vref) จะมีค่า

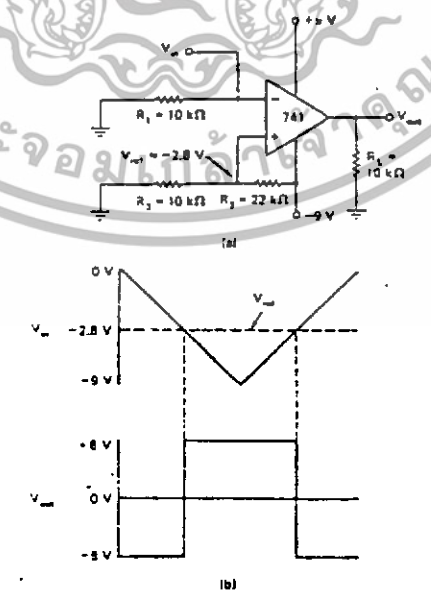
$$Vref = R2/(R2+R3)\ (+V)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีนี้ ป้อนแรงดันอ้างอิงที่ค่าบวก และป้อนสัญญาณที่ต้องการจะวัด ณ ขั้วอินพุท ลบ ดังนั้น สัญญาณที่เอาท์พุทจึงมีลักษณะกลับเฟสกับอินพุท 180 องศา ส่วนรูปที่ 2.20 เป็นการตรวจระดับสัญญาณอ้างอิงที่เป็นลบค่าหนึ่ง



รูปที่ 2.19 Voltage Detector Circuit

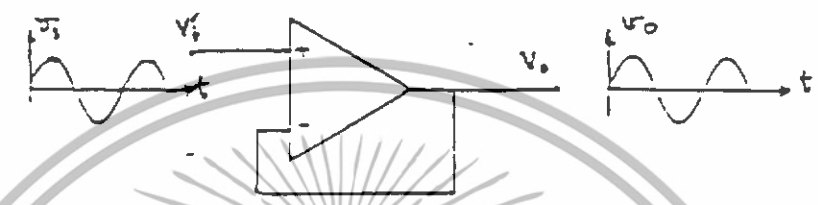


รูปที่ 2.20 Voltage Detector Circuit

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.Voltage Follower Amplifier

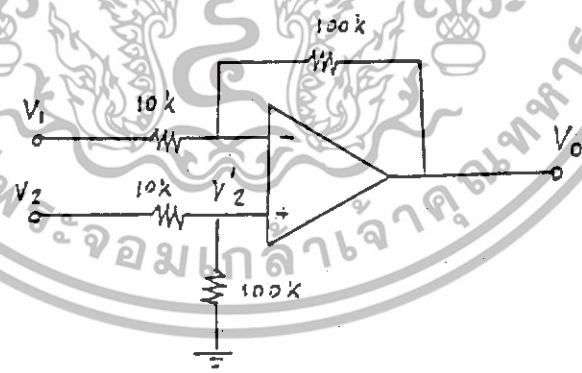
Voltage Follower Amplifier หรือเรียกว่า Source Follower แสดงในรูปที่ 2.21 เป็นการต่อวงจรภายนอก ให้ออปแอมป์ทำหน้าที่ขยายสัญญาณแบบ Non-inverting โดยมีการขยาย (An) เป็นหนึ่ง คือ สัญญาณของแรงดันเอาท์พุท จะ Inphase และเท่ากับสัญญาณแรงดันอินพุท (1+R2/R1)



รูปที่ 2.21 Voltage Follower Amplifier

3. Difference Amplifier

วงจรขยายความแตกต่างของสัญญาณ ที่เรียกว่า Difference Amplifier มีอินพุทต่อเข้าทั้ง Inverting และ Non-inverting ของออปแอมป์ดังแสดงในรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 Difference Amplifier

ใช้หลักการของ Superposition คือคิดว่า V ลัดวงจรลงกราวด์ ดังนั้นแรงดันเอาท์พุทจะเท่ากับ

$$V_{01} = \frac{-RF}{R1}(V1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และถ้า V1 ลัดวงจรลงกราวด์ จะได้แรงดันเอาท์พุทเท่ากับ

$$V_{02} = (1+\frac{R2}{R1})v2$$

ดังนั้น $$Vo = V_{01} + V_{02}$$

2.6 DOT MATRIX LCD MODULE

อุปกรณ์ในปัจจุบันนี้ในส่วนแสดงผลนั้นจะใช้ LCD เสียเป็นส่วนใหญ่ไม่ว่าจะเป็นเครื่องเล่น VIDEO , เครื่องถ่ายเอกสาร , เครื่องมือวัดคุมต่าง ๆ , เครื่องคอมพิวเตอร์ เราพอจะแบ่ง DOT MATRIX LCD MODULE นี้ออกได้เป็นพวกดังนี้

1. CHARACTER LCD MODULE
2. GRAPHIC LCD MODULE
3. SEGMENT DISPLAY TYPE LCD MODULE

โดยในแต่ละแบบนี้ก็จะมีส่วนประกอบใหญ่ ๆแบ่งได้เป็น

1. DOT MATRIX LCD เป็นตัวแสดงผลให้เรามองเห็นในลักษณะการปิดและเปิดตัวเองกับแสงก็คือ ส่วนของที่เป็นตัวกระจกบรรจุผลึก

2. DRIVER เป็นตัวรับสัญญาณจากตัวควบคุมมาขับผลึก LCD อีกทีหนึ่งโดยมีเบอร์ที่นิยมใช้ใน LCD MODULE เช่น HD44100H , MSM5259

3. CONTROLLER เป็นตัวรับข้อมูลจากอุปกรณ์ภายนอกมาและจัดการควบคุม LCD MODULE ให้ทำงานแสดงผลต่าง ๆเช่น การลบจอภาพ , การเกิดตัวอักษร , เป็นต้น โดยมีเบอร์ IC ที่นิยมใช้กันคือ HD4478 ซึ่งจะใช้ในแบบ CHARACTER LCD MODULE เป็นส่วนใหญ่และเบอร์ IC HD61830 จะใช้แบบ GRAPHIC LCD MODULE

ในการศึกษาการทำงานและใช้งาน LCD MODULE นั้นไม่ใช่เรื่องยากเลยถ้าเราสามารถทำความเข้าใจในส่วนของ CONTROLLER ได้ก็เพียงพอแล้วและโดยมาก LCD MODULE ในแต่ละบริษัทแล้วจะใช้ตัวอักษรหรือจำนวนบรรทัดก็มีหลักการทำงานแบบเดียวกันทั้งหมด IC ที่นิยมกันมากที่สุดตัวหนึ่งที่เป็น CONTROLLER LCD ก็คือเบอร์ HD44780 โดยรูปแบบการทำงานของมันได้เป็นมาตรฐานให้กับ CONTROLLER LCD ตัวอื่น ๆด้วย

HD44780 เป็นไอซี LSI ตัวหนึ่งใช้ควบคุม LCD โดยแสดงผลในรูปตัวอักษรหรือสัญลักษณ์ต่าง ๆ ตัวมันเองสามารถต่อใช้งานแบบ 4BIT หรือ 8BIT โดยถ้าเราต่อแบบ 4BIT จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ต่อใช้งานที่ DB7-DB4 เท่านั้น โดยข้อมูลครั้งแรกที่ส่งนั้น HD44780 จะถือเป็นข้อมูล 4BIT บน และข้อมูลที่ส่งต่อมานั้นเป็นข้อมูล 4BIT ล่าง

2.7โครงสร้างของ MCS-51

ไมโครคอนโทรลเลอร์แบบชิพเดี่ยวตระกูล MCS-51 นี้ผลิตโดยบริษัทอินเทลมีอยู่ด้วยกันหลายเบอร์ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 2.4

Device	ROMless Version	EPROM Version	ROM Bytes	RAM Bytes	8-Bit I/O Ports	16-Bit Timer/ Counters	Programmable Counter Array (PCA)	UART	Serial Expansion Port (SEP)	Global Serial Channel (GSC)	DMA Channels	A/D Channels	Interrupt Sources/ Vectors	Power Down and Idle Modes
8051	8031	—	4K	128	4	2		✓					6/5	
8051AH	8031AH	8751H 8751BH	4K	128	4	2		✓					6/5	
8052AH	8032AH	8752BH	8K	256	4	3		✓					8/6	
80C51BH	80C31BH	87C51	4K	128	4	2		✓					6/5	✓
80C52	80C32	—	8K	256	4	3		✓					8/6	✓
83C51FA	80C51FA	87C51FA	8K	256	4	3	✓	✓					14/7	✓
83C51FB	80C51FA	87C51FB	16K	256	4	3	✓	✓					14/7	✓
83C152JA	80C152JA	—	3K	256	5	2		✓		✓	2		10/11	✓
—	80C152JB	—	—	256	7	2		✓		✓	2		10/11	✓
83C152JC	80C152JC	—	8K	256	5	2		✓		✓	2		10/11	✓
—	80C152JD	—	—	256	7	2		✓		✓	2		10/11	✓
83C452	80C452	87C452P	8K	256	5	2		✓					9/6	✓

ตารางที่ 2.4

ตระกูล MCS-51 ได้ถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมมาตรฐานขนาด 8 บิทไมโครคอนโทรลเลอร์ และให้มีความสามารถในการงานควบคุมประยุกต์ใช้งานในเรื่อง sequential real time control , close loop control และ data control และมีส่วนคล้ายกับ MCS-48 แต่จะทำงานได้เร็วกว่าเป็น 2 ถึง 5 เท่า รวมทั้งอุปกรณ์ที่เพิ่มขึ้นตามลักษณะหลักทั่ว ๆ ไป

คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51

- ต้องการแหล่งจ่ายไฟ +5 V ชุดเดียว
- มีหน่วยความจำโปรแกรม (Program Memory) ขนาด 4 กิโลไบท์สำหรับเบอร์ 8051 และ 8031 , 8032 ไม่มีหน่วยความจำชุดนี้ ส่วน 8052 มีหน่วยความจำถึง 8 กิโลไบท์
- มีวงจรออสซิลเลเตอร์ และวงจรนาฬิกาบนชิป
- ตัวโพรเซสเซอร์สามารถใช้งานแบบบูลีนได้ สำหรับการใช้กับกระบวนการงานควบคุม
- มีหน่วยความจำสำหรับเก็บข้อมูล (Data Memory) ขนาด 128 ไบท์ สำหรับ 8052 มีถึง 256 ไบท์
- หน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและดาต้า (Program Memory และ Data Memory แยกจากกันอย่างละ 64 กิโลไบท์)
- คำสั่งที่ใช้เวลาน้อยที่สุดประมาณ 1 us เมื่อทำงานที่ความถี่ 12 MHz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

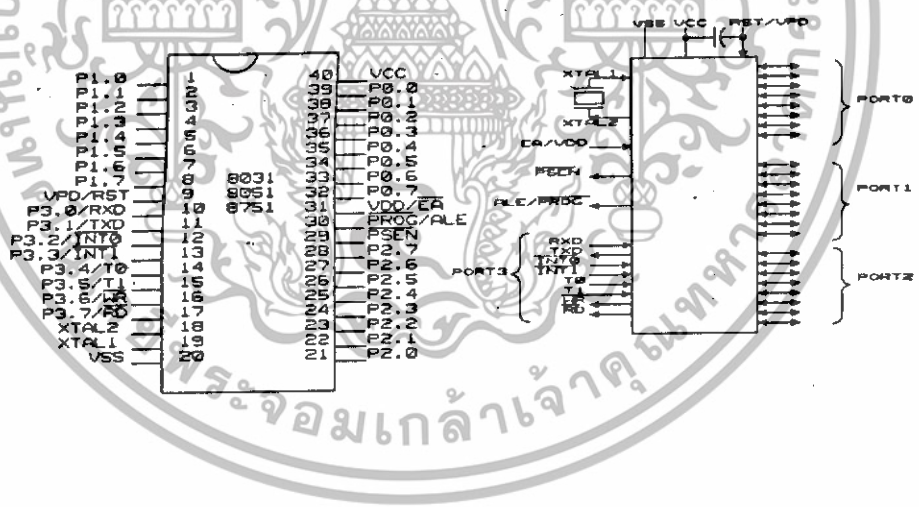
- มี Timer /Counter ขนาด 16 บิท 2 ชุด (สำหรับ 8052 มี 3 ชุด) ทำงานได้ 4 โหมด
- รับอินเตอร์รัพท์ได้ 6 แหล่ง 5 เวคเตอร์
- มีพอร์ทรับส่งข้อมูลอนุกรม (UART) 2 พอร์ท ทั้งรับและส่งในเวลาเดียวกันได้ (Full Duplex) เลือกรูปแบบการส่งข้อมูลได้ 4 โหมด
- มีคำสั่งในการทำ AND , OR หรือ COMPLEMENT ได้ทั้งแบบ 8 บิทและ 1 บิท

1. การจัดขาลักษณะภายนอกของ MCS-51

รูปที่ 2.23 แสดงการจัดขาตามลักษณะภายนอกของชิป MCS-51 ซึ่งจะมีการแบ่งกลุ่มการจัด

ขาตามสถาปัตยกรรมของ MCS-51 อยู่ 4 กลุ่ม คือ

1. กลุ่มขารับแหล่งจ่ายไฟฟ้า และระบบสัญญาณนาฬิกา
2. กลุ่มขาแอดเดรสและข้อมูล
3. กลุ่มขาควบคุม
4. กลุ่มขาพอร์ทแบบขนานและอนุกรม



รูปที่ 2.23 ลักษณะการจัดขาภายนอกของ MCS-51

ขาบางขาจะทำหน้าที่ได้สองหน้าที่ขึ้นอยู่กับการติดตั้งด้วยซอฟต์แวร์หรือฮาร์ดแวร์ เช่น ขาที่ 32-39 จะทำหน้าที่ได้เป็นกลุ่มขาแอดเดรสและข้อมูลหรือจะทำหน้าที่เป็นกลุ่มขาพอร์ทแบบขนานเป็นต้น รายละเอียดหน้าที่ขาแต่ละขาจะมีดังนี้

ขา Vss (ขา 20)

เป็นขาสำหรับต่อลงดิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา Vcc (ขา40)

เป็นขาที่ต่อแรงดันไฟกระแสตรงขนาด 5V และใช้สำหรับการโปรแกรม

ขา PORT 0 (P0.0-P0.7/AD0-AD7) (ขา 32-39)

ทำหน้าที่เป็นพอร์ทไอโอ 8 บิทแบบ Open Drain Bidirectional สามารถที่จะรับโหลดทีทีแอลได้ 8 ตัว การเขียนค่า '1' ไปที่พอร์ทนี้ จะเป็นการปล่อยลอย ขาของพอร์ทนี้ ทำให้มันทำงานเป็นอินพุท มีสถานะอิมพีแดนซ์สูง ในการให้พอร์ทนี้บริการแบบไอโอและอีกหน้าที่หนึ่งของพอร์ท 0 จะทำงานเป็นมัลติเพลกซ์ ด้วยสัญญาณแอดเดรสไบท์ต่ำกับบัสข้อมูล สำหรับการใช้งานด้านหน่วยความจำภายนอก ในการใช้งานแบบนี้จะใช้ลักษณะภายในเป็นตัวพูลอัพนอกจากหน้าที่หลัก 2 หน้าที่ ดังกล่าวแล้ว พอร์ท 0 ยังใช้งานพิเศษเป็นตัวส่งข้อมูลออกทางพอร์ทนี้ เมื่อใช้บริการทางด้านการตรวจสอบโปรแกรม ROM ภายใน และการโปรแกรมตัว EPROM ภายใน ถ้าใช้งานในลักษณะนี้การพูลอัพจากภายนอกจะต้องต่อด้วยค่า 10 กิโลโอห์ม

ขา PORT 1 (P1.0-P1.7) (ขา 1-8)

เป็นพอร์ทไอโอ 8 บิทแบบ Open Drain Bidirectional พร้อมด้วยการพูลอัพภายใน ถ้าเป็นพอร์ทเอาท์พุท บัฟเฟอร์สามารถขับโหลดทีทีแอลตระกูลแอลเอสไอได้ 4 ตัว พอร์ท 1 เมื่อถูกเขียนค่า '1' ด้วยโปรแกรมมันจะมีสถานะสูงด้วยการพูลอัพภายใน การให้สถานะเช่นนี้ จะเป็นการ Initial ใช้งานพอร์ทนี้ให้เป็นอินพุท ขณะที่พอร์ท 1 เป็นอินพุท การให้สัญญาณลงต่ำจะเป็นการจ่ายกระแสออกเนื่องจากการพูลอัพภายใน ในเบอร์ 8052 ขา P1.0 และ P1.7 จะใช้งานเป็น T2 และ T2EX โดยขา T2 จะทำหน้าที่รับสัญญาณจากภายนอกให้ตัวจับเวลา 2 ทำงาน และขา T2EX จะเป็นอินพุทผ่านเข้าตัวจับเวลา 2 ถูกกระตุ้นให้ทำงานแบบปกติตามโปรแกรมที่ติดตั้งไว้ หรือ เค็ปเจอร์

ขา PORT 2 (P2.0-P2.7) (ขา 21-28)

เป็นพอร์ทไอโอ 8 บิทแบบ Open Drain Bidirectional ด้วยการพูลอัพภายใน พอร์ท 2 ที่ทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์เอาท์พุทสามารถจ่ายโหลดทีทีแอลตระกูลแอลเอสได้ 4 ตัว อีกหน้าที่หนึ่งของพอร์ทจะถูกใช้งานเป็นตัวส่งแอดเดรสไบท์สูงด้วย เมื่อใช้งานร่วมกับหน่วยความจำภายนอกเพื่อให้แอดเดรสได้ถึง 16 บิท ด้วยการใช้งานแบบนี้มันจะมีพูลอัพภายในที่ช่วยให้การส่งค่า '1' ได้ระดับที่แน่นอนนอกจากการใช้งานสำหรับแอดเดรสอันดับสูงยังใช้เป็นขาควบคุมในการใช้งานตรวจสอบ และเขียนโปรแกรมเบอร์ 8751 และตรวจสอบโปรแกรมภายใน 8051

ขา PORT 3 (P3.0-P3.7) (ขา 10-17)

เป็นพอร์ทไอโอ 8 บิท แบบพูลอัพภายใน นอกจากทำเป็นพอร์ทไอโอที่สามารถรับโหลดทีทีแอลพวกตระกูลแอลเอสได้ 4 ตัว แล้วยังมีอีกหน้าที่หนึ่งของตระกูล MCS-51 ตามรายการข้างล่างนี้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขาพอร์ท	ขา	การทำงานตามฟังก์ชั่นพิเศษ
P3.0	10	RxD พอร์ทอนุกรมอินพุท
P3.1	11	TxD พอร์ทอนุกรมเอาท์พุท
P3.2	12	$\overline{\text{INT0}}$ อินเตอร์รัพท์ภายนอกตัวที่ 1
P3.3	13	$\overline{\text{INT1}}$ อินเตอร์รัพท์ภายนอกตัวที่ 2
P3.4	14	T0 สัญญาณกระตุ้นเข้าที่ตัวจับเวลา /ตัวนับ 0
P3.5	15	T1 สัญญาณกระตุ้นเข้าที่ตัวจับเวลา/ตัวนับ 1
P3.6	16	$\overline{\text{WR}}$ สัญญาณควบคุมการเขียน
P3.7	17	$\overline{\text{RD}}$ สัญญาณควบคุมการอ่าน

การที่จะให้ทำงานตามฟังก์ชั่นข้างบนได้ จะต้องติดตั้งโปรแกรมด้วยการส่งค่า '1' ไปแลทช์ไว้ก่อนที่ให้ทำงานตามฟังก์ชั่นข้างบน

ขา RST (ขา 9)

ต้องคงสถานะค่าสูงเป็นเวลาประมาณอย่างน้อยสองวัฏจักรระหว่างที่ออสซิเลเตอร์ทำงานขณะที่ต้องการรีเซทท้งระบบงาน โดยจะต่อรีซิสเตอร์พูลดาวน์จากขา RST ไปลงดิน และเพื่อให้ตัวชิปรีเซทได้โดยอัตโนมัติ ขณะเปิดไฟจะใช้คาปาซิเตอร์ ต่อคร่อมระหว่างขา RST กับขา Vcc

ขา $\overline{\text{ALE/PROG}}$ (ขา 30)

เป็นขาแอดเดรสแลทช์อีนาเบิ้ลด้วยการส่งพัลส์ออกไปใช้สำหรับแลทช์ค่าแอดเดรสไบท์ต่ำจากพอร์ท 0 ในระหว่างการเข้าถึงข้อมูลจากหน่วยความจำภายใน ALE จะถูกส่งสัญญาณนาฬิกาออกมาอัตราความเร็วคงที่ ที่ 1/8 ของความถี่ออสซิเลเตอร์ตลอดเวลาแม้ว่าบางช่วงจังหวะจะไม่มีการเข้าถึงข้อมูลจากภายใน ดังนั้นจึงสามารถที่จะใช้สัญญาณจากขานี้เป็นตัวจับเวลาภายนอกหรือเป็นความถี่สัญญาณนาฬิกา แต่อย่างไรก็ตามความถี่สัญญาณนี้จะลดความถี่ช้าลงไปเท่าหนึ่งระหว่างการทำงานแบบการเข้าถึงของหน่วยความจำข้อมูลภายนอก ขานี้ยังจะใช้เป็นสัญญาณพัลซ์เข้า สำหรับการควบคุมการโปรแกรม EPROM ภายในชิป

ขา $\overline{\text{PSEN}}$ (ขา 29)

Program Storage Enable เป็นสโตรบอ่านข้อมูลจากโปรแกรมหน่วยความจำภายนอก เมื่อชิปทำงานด้วยโปรแกรมภายนอก ขา PSEN จะสร้างสโตรบต่ำสองครั้งภายในแต่ละวัฏจักรแมชชีนสัญญาณจะมีสถานะสูง หรือพัลส์ต่ำทั้งสองลูกจะหายไป เมื่อทำงานในช่วงการอ่านหรือเขียนข้อมูลจากหน่วยความจำข้อมูลภายนอกและ PSEN จะไม่มีพัลส์ส่งออกถ้าชิปทำงานด้วยโปรแกรมหน่วยความจำภายใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา $\overline{\text{EA}}$ */Vpp (ขา 31)*

มีสถานะสูง ตัวซีพียูในชิปจะทำงานตามโปรแกรมที่อยู่ในหน่วยความจำภายใน การทำให้ EA สถานะต่ำจะเป็นการควบคุมให้ซีพียูทำงานตามโปรแกรมหน่วยความจำภายนอก ซึ่งขยายโปรแกรมได้ยาวถึง 64 กิโลไบท์ ในตัว 8031 AH และ 8032 AH ขา EA จะต้องต่อลงดินเช่นกันแม้ว่าจะไม่มี ROM อยู่ภายในก็ตาม ในตัว 8751 H จะใช้ขานี้จ่ายแรงดันขนาด 21V ขณะทำการเขียนโปรแกรมเข้า EPROM ของชิป 8751 H ตัวนี้

ขา XTAL1 (ขา19)

ใช้เป็นตัวอินพุทเข้าสู่ตัวออสซิเลเตอร์ขยายแบบ Invert

ขา XTAL2 (ขา 18)

ใช้เป็นตัวเอาท์พุทจากตัวออสซิเลเตอร์ขยายแบบ Invert

เบอร์	หน่วยความจำภายใน		ตัวจับเวลา/ตัวนับจำนวน	อินเตอร์รัพต์
	โปรแกรม	ข้อมูล		
8052 AH	8K x 8 ROM	256 x 8 RAM	3 x 16 BIT	6
8051 AH	4K x 8 ROM	128 x 8 RAM	2 x 16 BIT	5
8051	4K x 8 ROM	128 x 8 RAM	2 x 16 BIT	5
8032 AH	NO ROM	256 x 8 RAM	3 x 16 BIT	6
8031 AH	NO ROM	128 x 8 RAM	2 x 16 BIT	5
8031	NO ROM	128 x 8 RAM	2 x 16 BIT	5
8751 H	4Kx8 EPROM	128 x 8 RAM	2 x 16 BIT	5
8752 H	8Kx8 EPROM	256 x 8 RAM	3 x 16 BIT	6

ตารางที่ 2.5 ตารางรายละเอียดของตระกูล MCS-51

ตามตารางที่ 2.5 MCS-51 ทั้งสามกลุ่ม คือ กลุ่มที่มี ROM ไม่มี ROM และพวก EPROM จะมีขาใช้งานเหมือนกันหมด ยกเว้นขา 1 จะใช้งานเป็น T2 และขา 2 เป็น T2EX ในเบอร์ 8032/8052 ตลอดถึงจังหวะเวลา และคุณสมบัติทางไฟฟ้าทั้งสามจะแตกต่างกันเฉพาะการโปรแกรมบนชิป MCS-51 เท่านั้น ซึ่งแต่ละแบบจัดไปตามความต้องการของผู้ใช้เช่น 8751 จะมี 4 กิโลไบท์ของ Ultraviolet Erasable Programmable Read Only Memory (EPROM) เหมาะสำหรับการพัฒนาเครื่องต้นแบบ และการผลิตอุปกรณ์ที่มีจำนวนจำกัด เมื่อต้องการจะเขียนโปรแกรมเข้า EPROM จะมีตัวเขียนโปรแกรมพิเศษสำหรับเขียนโปรแกรมที่ผู้ออกแบบเขียนขึ้นมาได้ ถ้าโปรแกรมมีบักหรือส่วนผิดพลาดที่ต้องการจะแก้ไข ก็สามารถแก้ไขได้โดยการนำตัว 8751 นี้ไปล้างโปรแกรมเดิมออกด้วยแสงอุลตร้าไวโอเลท และอัดข้อมูลโปรแกรมที่ได้แก้ไขแล้ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

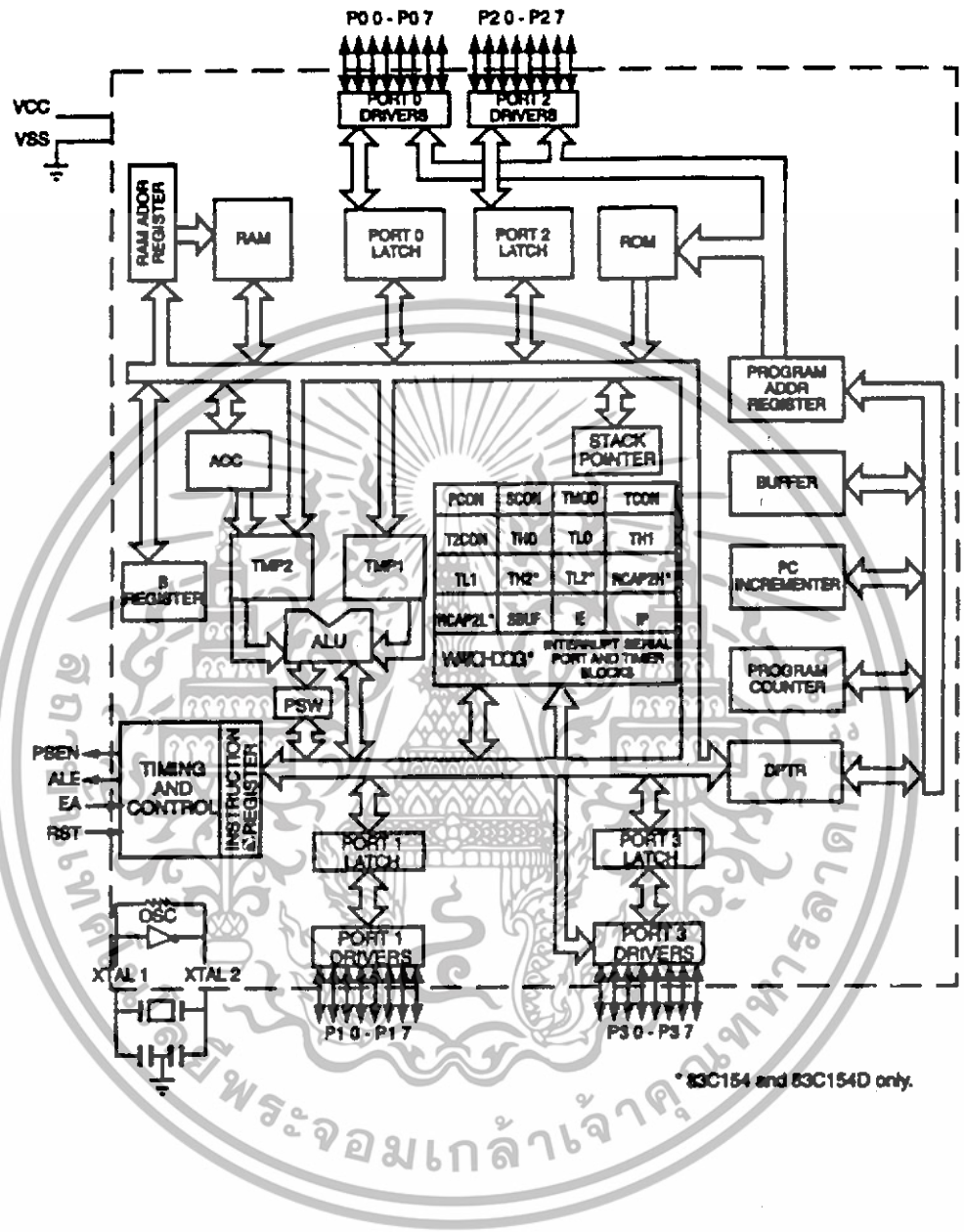
เข้าไปใหม่ ทำเช่นนี้จนกระทั่งได้โปรแกรมสมบูรณ์ และเมื่อต้องการผลิตจำนวนมากก็สามารถที่จะใช้ MCS-51 เบอร์ 8051 ที่มี 4 กิโลไบท์ ของ ROM ซึ่งจะถูกอัดข้อมูลโปรแกรมตามความต้องการของผู้ออกแบบโดยโรงงานผู้ผลิตชิปเบอร์นี้ การผลิตลักษณะนี้จะถูกกว่าการใช้เบอร์ 8751 แต่โปรแกรมภายในจะไม่สามารถลบ และโปรแกรมใหม่ได้หลังการผลิตไปแล้ว

2. หน่วยศูนย์กลางประมวลผลหรือซีพียู

ซีพียูเป็นมันสมองของระบบไมโครคอมพิวเตอร์ การอ่านโปรแกรม และทำงานตามคำสั่งโปรแกรมจะกระทำที่ส่วนนี้ โดยการใช้ส่วนคณิตศาสตร์ และตรรกศาสตร์ทำงานร่วม กับรีจิสเตอร์ A, B, PSW (Program Status Word) , SP (Stack Pointer) ตัวนับโปรแกรม (PC:Program Counter) ขนาด 16 บิท และตัวชี้ตำแหน่งข้อมูล ส่วนคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์ ALU นี้ทำงานในฟังก์ชั่นทางคณิตศาสตร์และตรรกศาสตร์ด้วยตัวแปรต่าง ๆ ขนาด 8 บิท ที่มีลักษณะการทำงานทางคณิตศาสตร์เป็น บวก ลบ คูณ หาร รวมทั้งทางตรรกศาสตร์ เช่น AND OR XOR รวมทั้งการเลื่อนและวนรอบบิท การเคลียร์ค่าและกลับค่า เป็นต้น ALU ยังสามารถที่จะตัดสินใจในการให้กระโดดไปทำคำสั่งของโปรแกรมในส่วนอื่น ๆ ตามเงื่อนไขที่ตั้งขึ้นและยังแบ่งเรจิสเตอร์ชั่วคราวใช้สำหรับเป็นทางผ่านชั่วคราวของข้อมูลในการถ่ายเทภายในระบบคำสั่งอื่นที่มี

การใช้ ALU ALUยังมีความสามารถที่จะเพิ่มค่าในรีจิสเตอร์ในลักษณะการบวกด้วยหนึ่งหรือ คำนวณเลขที่อยู่ของข้อมูลที่จะนำไปเก็บ หรือการลดค่าลงครั้งละหนึ่ง ในลักษณะการลบด้วยค่าหนึ่ง โดยอัตโนมัติ หรือใช้ในการเปรียบเทียบค่าของตัวแปรทั้งสอง สิ่งสำคัญในการทำงานทางสถาปัตยกรรมของ MCS-51 คือ ความสามารถในการทำงานสำหรับข้อมูลขนาด 8 บิท และ 1 บิท การใช้งานในระดับบิทในการเซท เคลียร์ หรือกลับค่า การเคลื่อนย้าย การทดสอบ และใช้ในการคำนวณทางตรรกขนาด 1 บิท ความสามารถเช่นนี้เหมาะสำหรับใช้ในงานควบคุมของสัญญาณเข้าและออกที่มีการคิดและออกแบบทางตรรกด้วยพีชคณิต Boolean ซึ่งโดยปกติทำได้ลำบากสำหรับไมโครโพรเซสเซอร์ทั่ว ๆไป งานในลักษณะเช่นนี้จึงได้ชื่ออีกอย่างหนึ่งว่าตัวประมวลผลบูลีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24 โครงสร้างสถาปัตยกรรมภายในของ MCS-51

2.1 แอกคูมิวเลเตอร์ (Accumulator : ACC)

MCS-51 ก็เช่นเดียวกับ MCS-48 ที่ใช้ ACC ที่มีขนาด 8 บิท เป็นแอกคูมิวเลเตอร์คำสั่งส่วนใหญ่จะอ้างถึงตัวเรจิสเตอร์นี้ โดยถือค่าภายในเป็นค่าตัวตั้ง และรับค่าผลลัพธ์ที่ได้จากคำสั่งทางคณิตศาสตร์ เช่น บวก ลบ คูณ หาร เข้ามาเก็บไว้ ตัว ACC ยังสามารถใช้เป็นตัวแหล่งกระทำหรือถูกกระทำในการทำงานทางตรรก และใช้เป็นตัวกลางในการถ่ายเทข้อมูลในการติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอกไอโอ และหน่วยความจำภายนอก รวมถึงการตรวจสอบตารางข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 เรจิสเตอร์ B

เป็นเรจิสเตอร์พิเศษที่ใช้งานสำหรับคำสั่งของการคูณและหาร โดยใช้เป็นที่เก็บตัวคูณหรือตัวหารและเป็นที่เก็บผลลัพธ์ตัวที่สองหลังการคูณและเศษหลังการหาร

2.3 เรจิสเตอร์คำแสดงสถานะโปรแกรม (Program Status Word :PSW)

เรจิสเตอร์ PSW เป็นเรจิสเตอร์ที่แสดงผลที่ได้หลังจากการใช้คำสั่งต่าง ๆ และใช้เป็นตัวเลือกกลุ่มการทำงานของเรจิสเตอร์กลุ่มต่าง ๆ

2.4 ตัวชี้สแตก (Stack Pointer : SP)

MCS-51 จะใช้ RAM ภายในเป็นบริเวณสแตกทางฮาร์ดแวร์สำหรับการเชื่อมต่อระหว่างโปรแกรมหลัก สแตกการผ่านพารามิเตอร์ระหว่างงานในแต่ละส่วนโปรแกรมและสแตกเก็บตัวแปรข้อมูลชั่วคราว หรือสแตกการเก็บสถานะระหว่างการบริการงานอินเตอร์รัพต์ไว้ภายในชิป โดยที่ SP จะมีขนาด 8 บิท จะเพิ่มค่าขึ้นโดยอัตโนมัติก่อนที่ข้อมูลจะนำมาเก็บในหน่วยความจำระหว่างการใช้คำสั่ง PUSH และ CALL และจะลดค่าของ SP ลงหลังจากที่ได้ถ่ายเทข้อมูลออกไปแล้วในคำสั่ง POP หรือ RETURN โดยทฤษฎีทางสถาปัตยกรรม MCS-51 สามารถใช้สแตกให้มีเนื้อที่ถึง 128 ไบท์ แต่ในทางปฏิบัติสำหรับโปรแกรมทั่วไปจะใช้น้อยกว่านี้ SP จะเริ่มที่ตำแหน่ง 07H ดังนั้น สแตกจะเริ่มบรรจุข้อมูลที่ตำแหน่ง 08H MCS-51 สามารถเปลี่ยนแปลงค่าใน SP ได้ ซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนตำแหน่งสแตกไปยังที่ใด ๆ ของ RAM ภายในชิป

2.5ตัวชี้ข้อมูล (Data Pointer : DPTR)

DPTR เรจิสเตอร์ขนาด 16 บิท ที่ประกอบด้วยไบท์สูง (DPH) และ ไบท์ต่ำ (DPL) ที่สามารถเลือกแบ่งออกเป็น เรจิสเตอร์ 8 บิท สองตัวที่ใช้ได้อย่างอิสระ หรือจะใช้รวมกันทั้ง 16 บิท ก็ได้ ในการ Increment หรือ Decrement เพื่อประโยชน์ในการใช้ฐานของเลขที่อยู่ในเรจิสเตอร์ในการกระโดดโดยทางอ้อมในการใช้คำสั่งเกี่ยวกับตารางข้อมูลและชี้ตำแหน่งของหน่วยความจำภายนอก

2.6พอร์ท 0-3

เรจิสเตอร์ P0,P1,P2 และ P3 ของกลุ่มเรจิสเตอร์ฟังก์ชั่นพิเศษ จะเป็นตัวเรจิสเตอร์ที่แลทช์ค่าของพอร์ท 0,1,2, และ 3 ตามลำดับในขณะใช้งาน

2.7บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรม (Serial Data Buffer : SBUF)

บัฟเฟอร์ข้อมูลอนุกรมแบ่งออกเป็นเรจิสเตอร์สองตัว ตัวหนึ่งเป็นบัฟเฟอร์การส่งและอีกตัวเป็นบัฟเฟอร์การรับ เมื่อข้อมูลถ่ายเทเข้า SBUF มันจะถ่ายเข้าบัฟเฟอร์ส่งซึ่งเป็นตัวจัดการส่งข้อมูลอนุกรม วิธีการเคลื่อนย้ายเข้า SBUF ขึ้นอยู่กับการติดตั้งโปรแกรม การส่งเมื่อข้อมูลย้ายออกจาก SBUF จะเป็นการรับข้อมูลจากบัฟเฟอร์ตัวรับ

2.8เรจิสเตอร์ CAPTURE

ไอซีเบอร์ 8032/8052 จะมีคู่เรจิสเตอร์ เพิ่มเติมเป็นเรจิสเตอร์เค็ปเจอร์สำหรับตัวจับเวลา 2 ในโหมดการใช้งานของเรจิสเตอร์ตัวนี้จะรับการเปลี่ยนแปลงที่เข้ามาที่ขา T2EX ตัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TH2 และ TL2 จะลอกข้อมูลเข้าไปในเรจิสเตอร์คู่ RCAP2H และ RCAP2L ด้วยการใช้ตัวจับเวลา จะมีโหมดการบรรจุอัตโนมัติขนาด 16 บิท สำหรับการใช้ตัวจับเวลา/ตัวนับ 2 ซึ่งจะมีรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

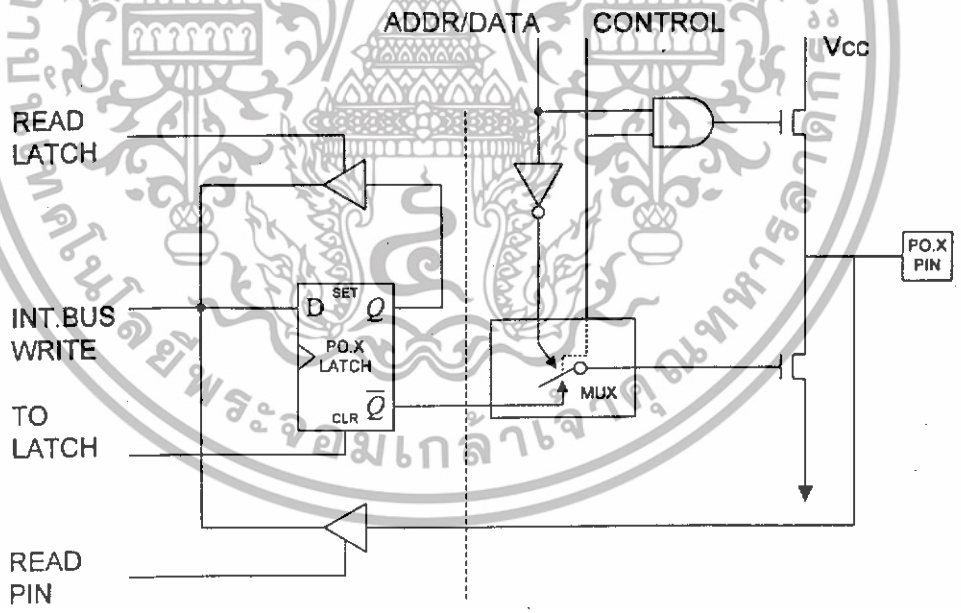
2.9เรจิสเตอร์ควบคุม (Control Register)

กลุ่ม SFR ที่เป็น IP,IE,TMOD,TCON,T2CON,SCON และ PCON จะประกอบด้วยบิทที่ใช้ในการควบคุม และแสดงสถานะของการใช้งานในระบบอินเตอร์รัพท์ ตัวจับเวลา/ตัวนับ และพอร์ทอนุกรมซึ่งจะอธิบายโดยละเอียดในหัวข้อต่อไป

3. พอร์ทของ 8051

8051 เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ขนาด 40 ขา ซึ่งมีขาต่าง ๆ ดังนี้

- Vcc (ขา40) ต่อกับ +5 V
- Vss (ขา20) เป็นขา GND
- PORT 0 (ขา 32-39)มีทั้งหมด 8 บิท คือ (P0.0-P0.7) มีโครงสร้างแบบ Open Drain Bi-directional ดังแสดงในรูปที่ 2.25



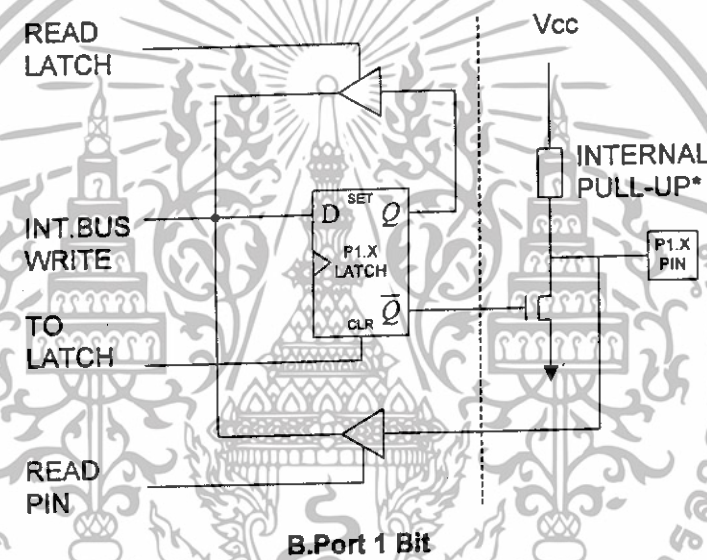
รูปที่ 2.25 แสดงโครงสร้าง พอร์ท 0 (บิท)

- พอร์ท 0 (ขา 32-39) มีทั้งหมด 8 บิท คือ (P0.0-P0.7) ใช้งานได้ 2 หน้าที่ คือ ส่งแอดเดรสและดาต้าออกไปให้หน่วยความจำภายนอกเมื่อทำการเขียนข้อมูลลงในหน่วยความจำภาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกควบคุมด้วยขา Control ดูรูปที่ 2.25 ประกอบและอีกหน้าที่หนึ่งก็คือ เป็นพอร์ท I/O ถ้าต้องการให้ทำงานเป็นอินพุทพอร์ทต้องส่งลอจิก "1" ไปยังพอร์ทนี้ จะมีผลให้ $\overline{Q}$ ของ D-FF เป็น "0" ทำให้ FET ตัวล่างมีสถานะ OFF สัญญาณที่ใช้อ่านอินพุทพอร์ท PIN (พอร์ท P0.X PIN) จะใช้สัญญาณ READ LATCH เมื่อถูกกระตุ้นที่ Tri-State Buffer ด้วบน

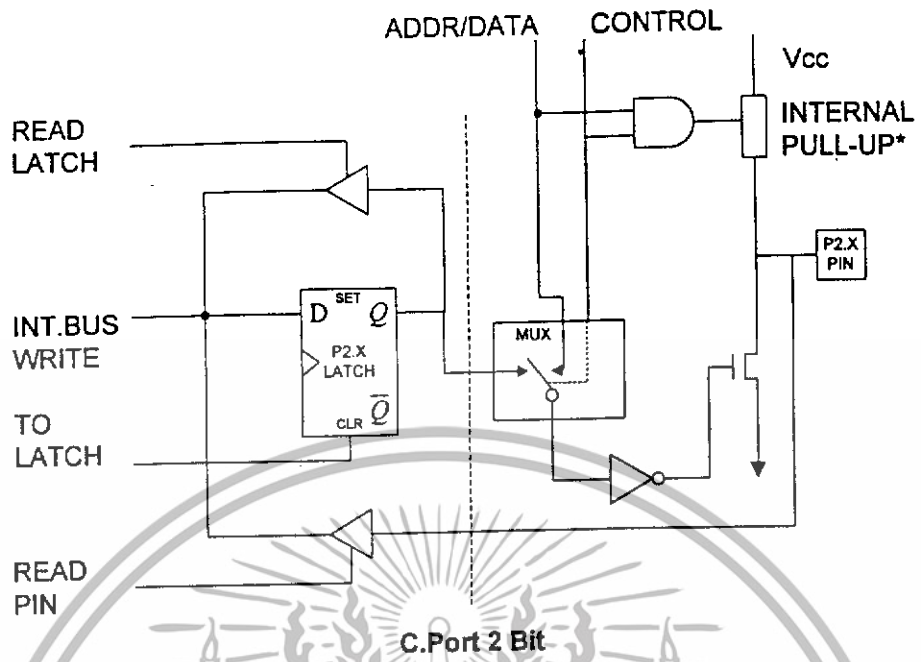
- พอร์ท 1 (ขา 1-8) มีทั้งหมด 8 บิท คือ (P1.0-P1.7) มีโครงสร้างคล้าย พอร์ท 0 แต่จะใช้ความต้านทานภายในพูลอัพแทน (Internal Pull Up Register) มีโครงสร้างดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 โครงสร้างของพอร์ท 1 (บิท)

- พอร์ท 2 (ขา 21-28) มีทั้งหมด 8 บิท คือขา (P2.0-P2.7) มีโครงสร้างคล้าย PORT 0 โดยมี FET ตัวล่างตัวเดียวส่วนด้านบนใช้ความต้านทานพูลอัพแทน (Internal PullUp) พอร์ทนี้ทำงาน 2 หน้าที่ คือสามารถใช้เป็นพอร์ทสำหรับส่งแอดเดรส 8 บิท บน (A8-A15) และเป็น I/O พอร์ทใช้งานทั่วไป เมื่อจะใช้งานเป็นอินพุทพอร์ท ต้องส่งลอจิก "1" มาที่พอร์ทนี้ก่อน เพื่อบังคับให้ FET อยู่ในสภาวะ OFF ดังแสดงในรูปที่ 2.27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.27 โครงสร้างของ พอร์ท 2 (บิท)

- พอร์ท 3 (ขา 10-17) มีทั้งหมด 8 บิท คือ ขา (P3.0-P3.7) มีโครงสร้างคล้ายพอร์ท 1 พอร์ทนี้ทำหน้าที่คือเป็น I/O พอร์ท ถ้าจะให้พอร์ทนี้เป็น I/P PORT ก็ให้ส่งลอจิก "1" มาที่พอร์ทนี้ก่อนและอีกหน้าที่หนึ่งก็คือ ส่งสัญญาณควบคุมออกมา และรับสัญญาณเข้าไป สัญญาณต่าง ๆ มีดังนี้

P3.0/RXD (Serial Input Port) เป็นขาที่ใช้รับข้อมูลแบบอนุกรม

P3.1/RXD (Serial Output Port) เป็นขาที่ใช้ส่งข้อมูลแบบอนุกรม

P3.2/$\overline{\text{INT0}}$ (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.3/$\overline{\text{INT1}}$ (External Interrupt) ใช้รับสัญญาณขัดจังหวะจากภายนอก

P3.4/TO (Timer/Counter 0 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปยังวงจร Timer/Counter 0 ที่ทำหน้าที่นับจำนวนไซเคิลของสัญญาณ T1 นี้หรือสัญญาณนาฬิกาก็ได้

P3.5/T1 (Timer/Counter 1 External Input) ขารับสัญญาณเข้าไปยัง Timer/Counter 1 ซึ่งมีการทำงานเหมือนกับ T0

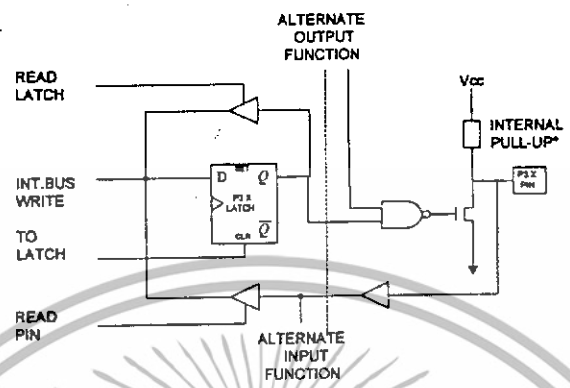
P3.6/$\overline{\text{WR}}$ (External Data Memory Write Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการเขียนข้อมูลไปยังหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก 8051

P3.7/$\overline{\text{RD}}$ (External Data Memory Read Strobe) ขาสัญญาณควบคุมการอ่านข้อมูลจากหน่วยความจำสำหรับข้อมูลภายนอก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงสร้างของ (พอร์ท 3)

ดังแสดงในรูปที่ 2.28



รูปที่ 2.28 โครงสร้างของพอร์ท 3 (บิท)

- ALE (ขา 30) เป็นขาส่งสโตรบสำหรับใช้ในการแลตช์แอดเดรสไบท์ต่ำ (A0-A7) ที่ส่งออกมาจาก (พอร์ท 0) สัญญาณนี้จะแอคทีฟทุก ๆ 2 ครั้ง ใน 1 แมชชีนไซเคิล (1/16 ของสัญญาณนาฬิกา)

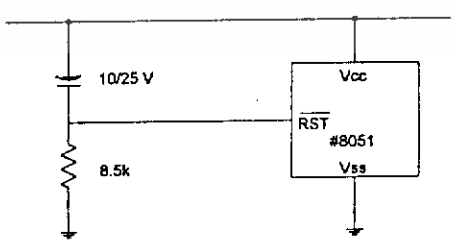
- $\overline{\text{PSEN}}$ (ขา 29) เป็นขาที่ใช้ส่งสโตรบสำหรับอ่านข้อมูลจาก Progarm Memory ภายนอก (หน่วยความจำประเภท ROM EPROM) สัญญาณนี้จะส่งออกมา 2 ครั้งในแต่ละแมชชีนไซเคิลแต่ถ้าเป็นการอ่าน Internal Program Memory จะไม่มีสัญญาณออกที่ขานี้

- $\overline{\text{EA}}$ (ขา 30) ถ้าป้อนลอจิก "0" เข้าที่ขานี้ซีพียูจะอ่านค่าจาก Program Memory ภายนอกชิพเท่านั้น แต่ถ้าถูกป้อนด้วยลอจิก "1" ก็จะอ่านโปรแกรมภายในชิพ

- RST (ขา 9) เป็นขารีเซ็ทซีพียูจะรีเซ็ทได้ก็ต่อเมื่อ ป้อนลอจิก "1" เข้าที่ขานี้นานอย่างน้อย 2 แมชชีนไซเคิล เมื่อซีพียูถูกรีเซ็ทค่าต่าง ๆ ในรีจิสเตอร์ใด ๆ จะมีคำสั่งดังตารางที่ 2.1

- XTAL1 (ขา 19) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นอินพุทเข้าสู่วงจรออสซิลเลเตอร์

- XTAL2 (ขา 18) ใช้ต่อคริสตอลภายนอกโดยเป็นเอาท์พุทของวงจรออสซิลเลเตอร์

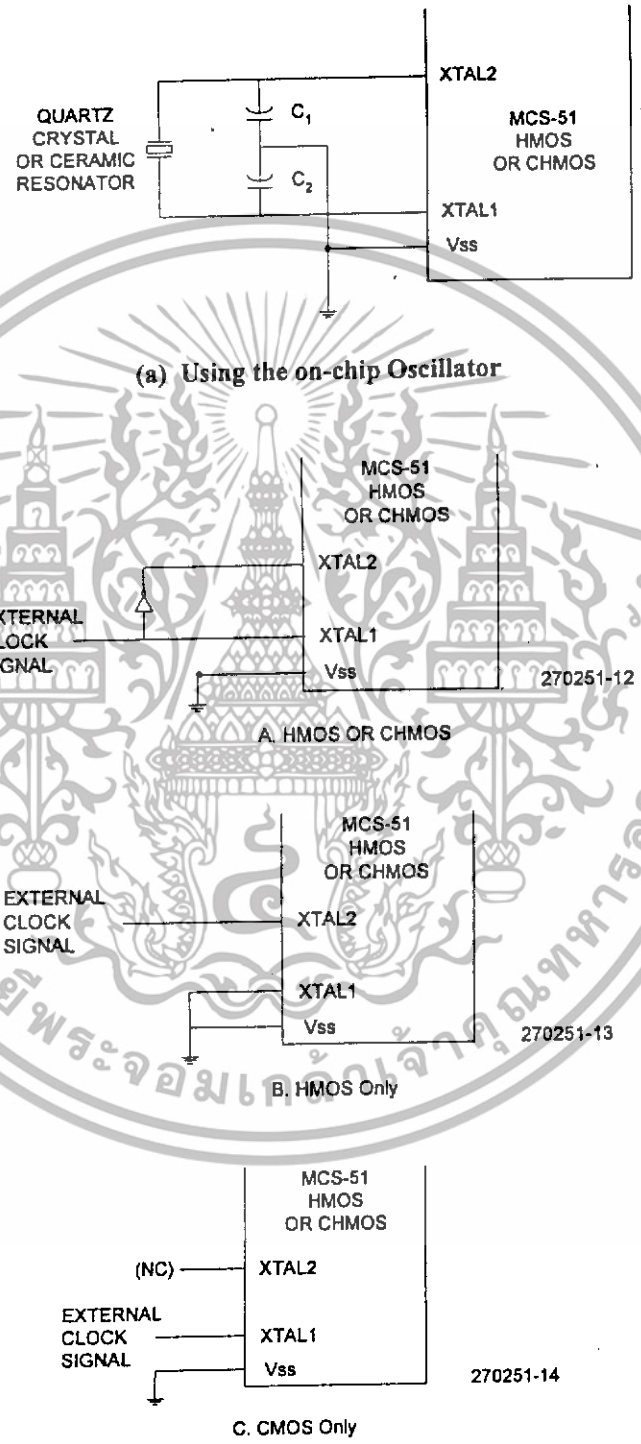


รูปที่ 2.29 การต่อขารีเซ็ทให้กับ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. วงจรล็อคของ 8051

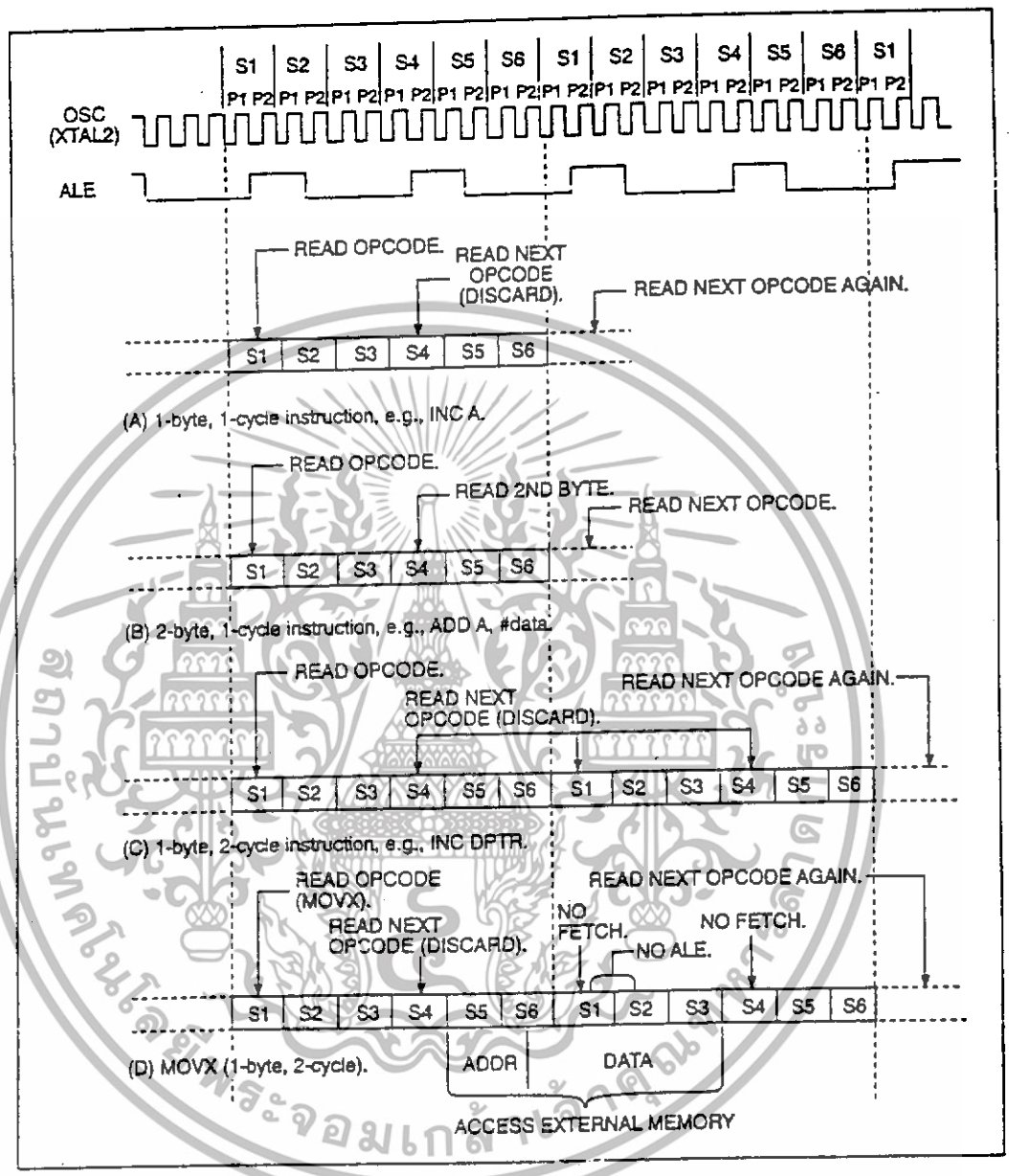
การต่อมีอยู่ด้วยกัน 2 รูปแบบ คือ แบบคล็อคภายในและคล็อคจากภายนอกมีรูปแบบการต่อดังรูป 2.30



รูปที่ 2.30 วงจรสร้างคล็อคของ 8051

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.ผังเวลาของซีพียู (CPU Timming)

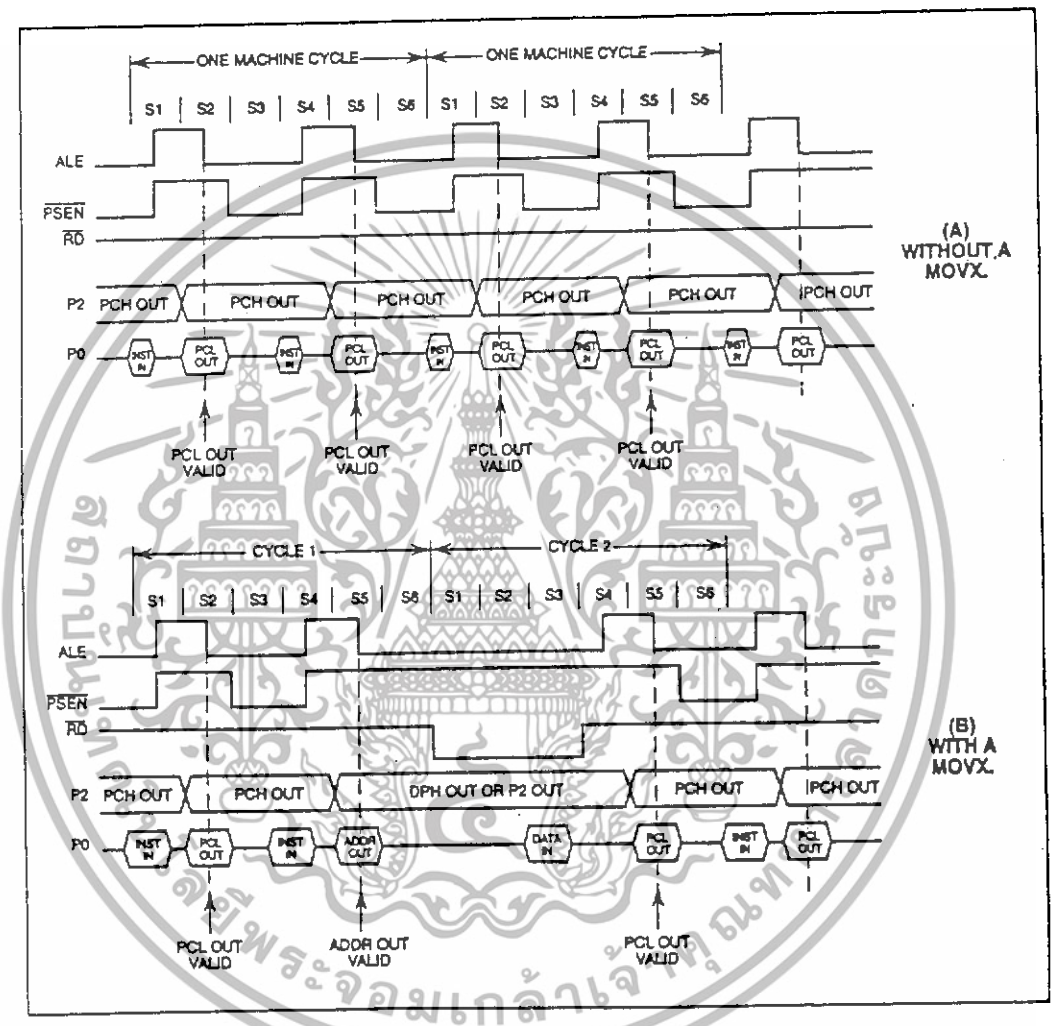


รูปที่ 2.31 ผังเวลาการทำงานของแต่ละคำสั่ง

การทำงานใน 1 คำสั่งต่ำสุดจะกินเวลาเพียง 1 uS เช่นคำสั่ง INC A ซึ่งเป็นคำสั่ง 1 ไบท์ 1 Cycle Instruction ซึ่งจะเป็นคล็อคไปเท่ากับ 12 ลูก โดยคล็อคลูกที่ 1 และ 2 จะอยู่ในช่วง S1 เฟส 1 และ S1 เฟส 2 และคล็อคลูกที่ 12 ก็จะอยู่ในช่วง S6P2 นั่นเอง (ปรกติแล้ว ซีพียูจะ RUN ด้วยความเร็วเท่ากับ 12 MHz ดังนั้น คล็อค 12 ลูกจะกินเวลาเท่ากับ (1/12)*12=1 uS (คำว่า 1 แมชชีนไซเคิล คือช่วงการทำงานตั้งแต่ S1 จนถึง S6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.31 (a) แสดงการทำงานของคำสั่ง INC A ซึ่งเป็นคำสั่ง 1 ไบท์ ทำงานเสร็จ ภายใน 1 แมชชีนไซเคิล รูปที่ 2.31 (b) แสดงการทำงานของคำสั่ง ADD A.#Data ซึ่งเป็นคำสั่ง 2 ไบท์ แต่ทำงานเสร็จใน 1 แมชชีนไซเคิล รูปที่ 2.31 (c) แสดงการทำงานของคำสั่ง INC DPTR ซึ่งเป็นคำสั่ง 1 ไบท์ แต่ทำงานเสร็จใน 2 แมชชีนไซเคิล รูปที่ 2.31 (d) แสดงการทำงานของคำสั่ง MOVX ซึ่งเป็นคำสั่ง 1 ไบท์ แต่ทำงานเสร็จใน 2 แมชชีนไซเคิล



รูปที่ 2.32 แสดงผังเวลาการติดต่อกับหน่วยความจำภายนอก

รูปที่ 2.32 (a) เป็นผังเวลาของสัญญาณซึ่งเกี่ยวข้องกับเฟิทซ์เมื่อส่วนของ Program Memory อยู่ภายนอก ดังนั้นสัญญาณที่จะนำไปใช้อ่าน OP-Code จาก Program Memory ก็คือ $\overline{\text{PSEN}}$ ซึ่งจะแอคทีฟ 2 ครั้งใน 1 แมชชีนไซเคิล ดังนั้นสัญญาณที่ใช้อ่านข้อมูลจาก Program Memory จะใช้สัญญาณ $\overline{\text{PSEN}}$

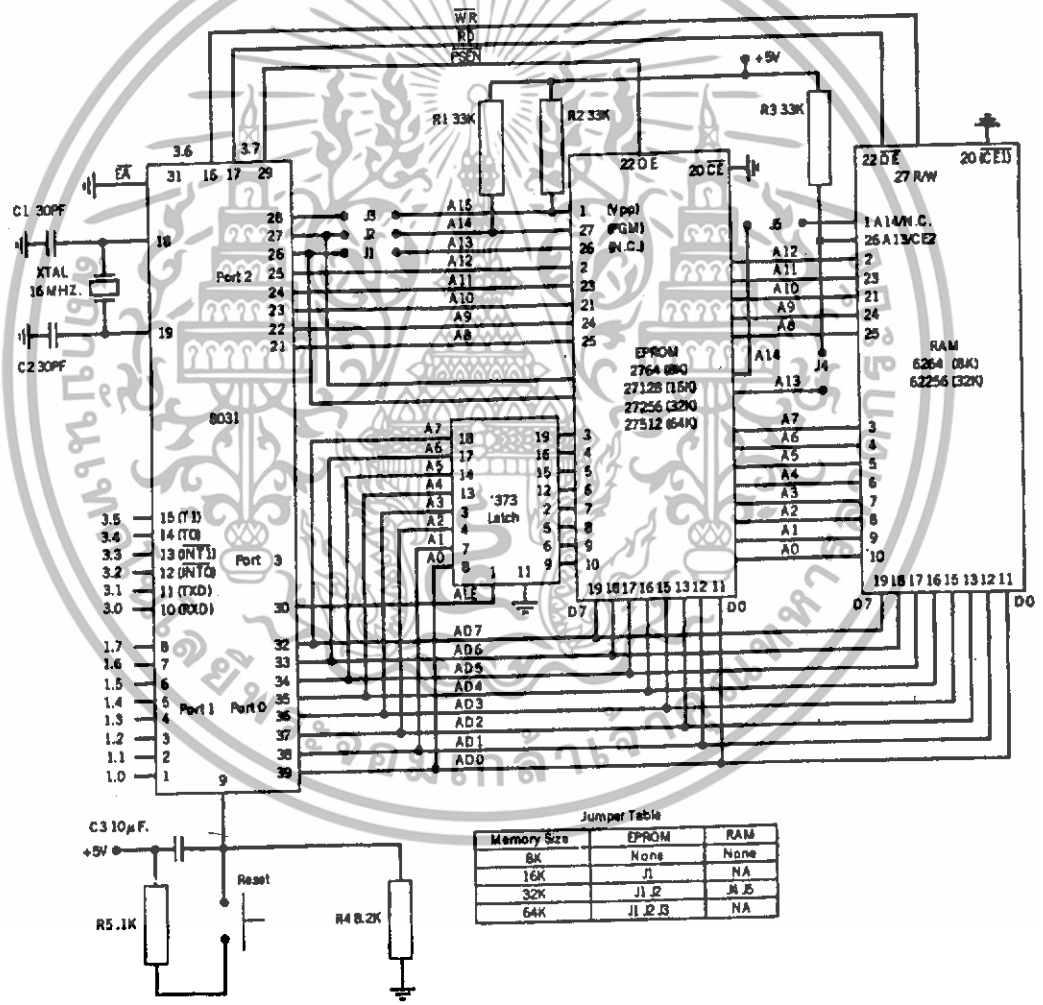
รูปที่ 2.32 (b) เป็นผังเวลาของสัญญาณที่เกี่ยวข้องกับการอ่านข้อมูลจาก Data Memory สัญญาณ $\overline{\text{PSEN}}$ จะมีเพียง 1 ลูก เพราะช่วงเวลาถัดมาจะเป็นช่วงเวลาในการอ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลจาก Data Memory โดยใช้สัญญาณ $\overline{RD}$ (อาจสรุปได้ง่าย ๆ ว่าการอ่านข้อมูลจาก Program Memory จะใช้สัญญาณ $\overline{PSEN}$ และการอ่านข้อมูลจาก Data Memory จะใช้สัญญาณ $\overline{RD}$ ส่วนสัญญาณ ALE คือ สัญญาณที่ใช้ในการ Latch Address A0-A7 นั่นเอง)

6. การต่อหน่วยความจำ Program Memory และ Data Memory ภายนอกชิพ

การต่อหน่วยความจำดังแสดงในรูปที่ 2.33

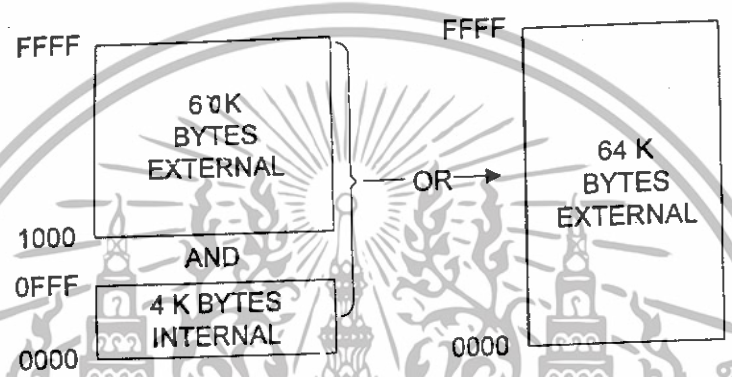


รูปที่ 2.33 การต่อหน่วยความจำโปรแกรมและดาต้า ภายนอกชิพ

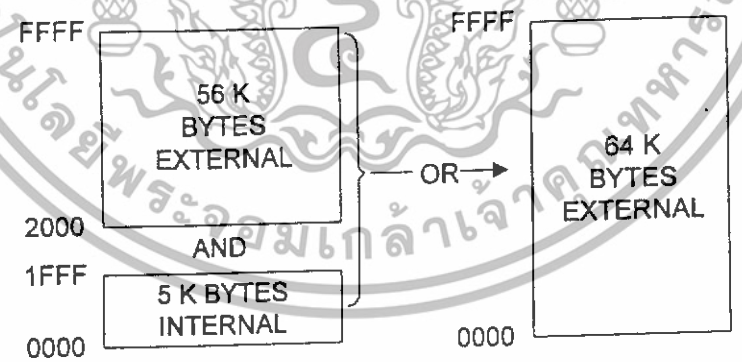
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. การแบ่งประเภทของหน่วยความจำ

หน่วยความจำที่ใช้กับ MCS-51 มีอยู่ด้วยกัน 2 ชนิด คือ Program Memory และ Data Memory Program Memory ซึ่งเป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมสั่งงานบรรจุอยู่ในชิพ 8051 ส่วนที่เป็น Program Memory ก็คือ ROM ขนาด 4 กิโลไบท์ นั่นเอง แต่ถ้าเป็นเบอร์ 8052 ก็คือ ROM ขนาด 8 กิโลไบท์ ดังแสดงในรูปที่ 2.34 และ 2.35



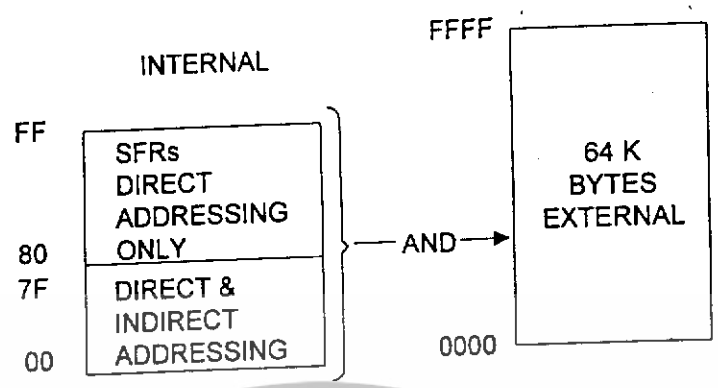
รูปที่ 2.34 ผังหน่วยความจำสำหรับเก็บโปรแกรมสำหรับเบอร์ 8051



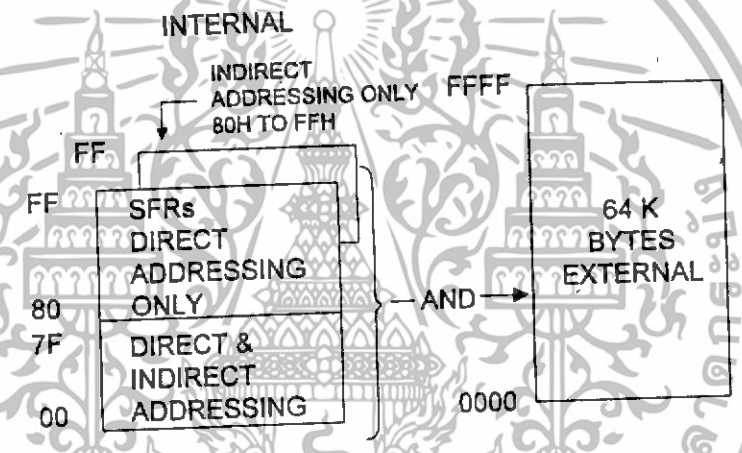
รูปที่ 2.35 ผังหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมสำหรับเบอร์ 8052

Data Memory เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูลหน่วยความจำนี้ สามารถเขียนข้อมูลลงไป และอ่านข้อมูลออกมาได้ ซึ่งเป็นหน่วยความจำภายในชิพมีเพียง 128 ไบท์ สำหรับเบอร์ 8051 และ 256 ไบท์ สำหรับเบอร์ 8051 ส่วนหน่วยความจำภายนอกชิพมี 64 กิโลไบท์ ดังแสดงในรูปที่ 2.36 และ 2.37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.36 ผังหน่วยความจำสำหรับ Data Memory เบอร์ 8051



รูปที่ 2.37 ผังหน่วยความจำสำหรับ Program Memory ของ 8052

บางครั้งอาจจะสงสัยว่าตำแหน่งของหน่วยความจำสำหรับโปรแกรมและดาต้ามีตำแหน่งที่ซ้อนกันซีพียูจะรู้ได้อย่างไรว่าติดต่อกับหน่วยความจำที่เป็นโปรแกรมและดาต้า บริษัทอินเทลได้ออกแบบแยกคำสั่งออกเป็น 3 ส่วน คือ

MOV ใช้ติดต่อกับ RAM ภายใน

MOVC ใช้ติดต่อ Program Memory

MOVX ใช้ติดต่อ Data Memory ภายนอกชิพ โดยระบุตำแหน่งผ่านรีจิสเตอร์ DPTR

ชิพเบอร์ 8052 จะมีพื้นที่บริเวณ 80h-FFh ซึ่งถ้าจะเขียนอ่านข้อมูล ณ บริเวณนี้จะเข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อมเท่านั้น ดังผังหน่วยความจำดังรูป 2.37

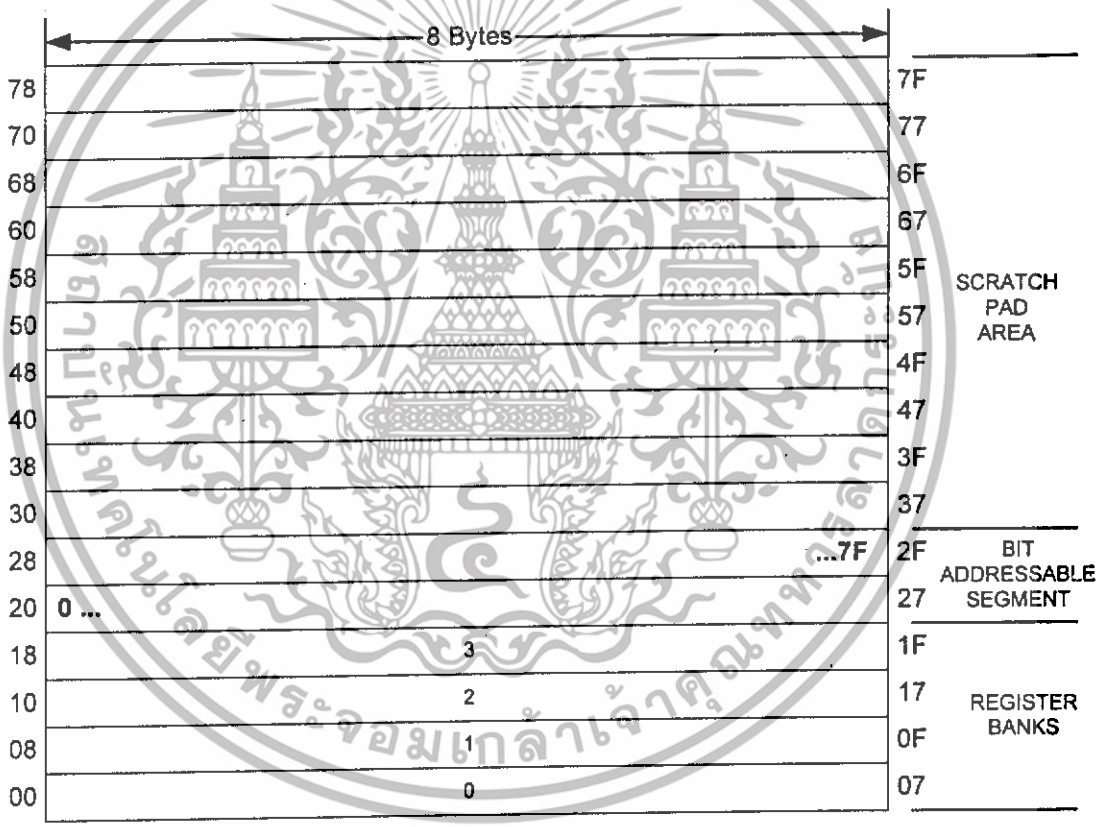
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยทางอ้อมเท่านั้น (Indiret Address Area)

พื้นที่หน่วยความจำบริเวณ (80h-FFh) ตามรูปที่ 2.37 เป็นพื้นที่ซ้อนกันอยู่อย่างละ 128 ไบท์ โดยส่วนแรกจะเป็น SFR แอดเดรสและ Indirect Address Area ดังนั้น ผู้เขียนโปรแกรมถ้าจะติดต่อกับ SFR จะต้องใช้คำสั่งแบบเข้าถึงข้อมูลโดยตรงเท่านั้น (Direct Address Area) ส่วนพื้นที่อีกส่วนหนึ่งจะเข้าถึงข้อมูลแบบทางอ้อมเท่านั้น (Indirect Address Only)

พื้นที่หน่วยความจำที่เข้าถึงข้อมูลโดยตรงและทางอ้อม (Direct and Indirect Address Area)

พื้นที่ 128 ไบท์ ล่างสุดจะแบ่งเป็น 3 ส่วนดังรูปที่ 2.38



รูปที่ 2.38 128 ไบท์ของ RAM ที่เข้าถึงข้อมูลแบบทางตรงและทางอ้อม

1. รีจิสเตอร์แบงค์ (Register Banks 0-3)

ตั้งแต่ตำแหน่ง (00-1Fh) จะเป็นส่วนของรีจิสเตอร์แบงค์ (0-3) โดยแบ่งเป็นแบงค์ละ ไบท์รวมแล้วได้ 32 ไบท์ ถ้าซีพียูทำงานอยู่ที่แบงค์ 3 เมื่อถูกรีเซ็ทก็จะกลับมาทำงานที่แบงค์ 0 เสมอ และ SP จะมาเริ่มต้นที่ตำแหน่ง 07h ทันที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. บริเวณหน่วยความจำที่ใช้คำสั่งเขียนเอ่านเกี่ยวกับบิทได้ (Bit Addressable Area)

พื้นที่ตั้งแต่แอดเดรส (20h-7Fh) จำนวน 16 ไบท์หรือถ้านับเป็นบิทจะได้เท่ากับ 128 บิท ซึ่งตำแหน่งบิท 00,01,02,03,04,05,06,07 ก็คือ ตำแหน่งหน่วยความจำตำแหน่ง 20h ที่ บิท 0,1,2,3,4,5,6,7 ตามลำดับ ดูรูปที่ 2.39 เช่น ต้องการเซ็ทบิท D0 ของตำแหน่ง 20h ก็จะต้องเขียนคำสั่งว่า SET 00h

Symbol	Name	Address
*ACC	Accumulator	0E0H
*B	B Register	0F0H
*PSW	Program Status Word	0D0H
SP	Stack Pointer	81H
DPTR	Data Pointer 2 Bytes	
DPL	Low Byte	82H
DPH	High Byte	83H
*P0	Port 0	80H
*P1	Port 1	90H
*P2	Port 2	0A0H
*P3	Port 3	0B0H
*IP	Interrupt Priority Control	0B8H
*IE	Interrupt Enable Control	0A8H
TMOD	Timer/Counter Mode Control	89H
*TCON	Timer/Counter Control	88H
*+T2CON	Timer/Counter 2 Control	0C8H
TH0	Timer 7 Counter 0 High Byte	8CH
TL0	Timer/Counter 0 Low Byte	8AH
TH1	Timer/Counter 1 High Byte	8DH
TL1	Timer/Counter 1 Low Byte	8BH
+TH2	Timer/Counter 2 High Byte	0CDH
+TL2	Timer/Counter 2 Low Byte	0CCH
+RCAP2H	T/C 2 Capture Reg. High	0CBH
+RCAP2L	Byte	0CAH
*SCON	T/C 2 Capture Reg. Low	98H
SBUF	Byte	99H
PCON	Serial Control	87H
	Serial Data Buffer	
	Power Control	

* = Bit addressable

+ = 8052 only

ตารางที่ 2.6 แสดงสัญลักษณ์ชื่อและตำแหน่งต่าง ๆ ที่มีอยู่ใน SFR

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

RAM

Byte	(MSB)							(LSB)
7FH								
2FH	7F	7E	7D	7C	7B	7A	79	78
2EH	77	76	75	74	73	72	71	70
2DH	6F	6E	6D	6C	6B	6A	69	68
2CH	67	66	65	64	63	62	61	60
2BH	5F	5E	5D	5C	5B	5A	59	58
2AH	57	56	55	54	53	52	51	50
29H	4F	4E	4D	4C	4B	4A	49	48
28H	47	46	45	44	43	42	41	40
27H	3F	3E	3D	3C	3B	3A	39	38
26H	37	36	35	34	33	32	31	30
25H	2F	2E	2D	2C	2B	2A	29	28
24H	27	26	25	24	23	22	21	20
23H	1F	1E	1D	1C	1B	1A	19	18
22H	17	16	15	14	13	12	11	10
21H	0F	0E	0D	0C	0B	0A	09	08
20H	07	06	05	04	03	02	01	00

รูปที่ 2.39 แสดงตำแหน่งบิทต่าง ๆ ในตำแหน่งแอดเดรส (20h-2Fh) รีจิสเตอร์หน้าที่พิเศษ รายละเอียดดังตารางที่ 2.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.บริเวณหน่วยความจำที่ใช้งานทั่วไป (Scratch Pad Area)

พื้นที่ตั้งแต่ (30h-7Fh) จะเขียนข้อมูลได้ทีละไบท์เท่านั้น ไม่สามารถใช้คำสั่งเกี่ยวกับบิทได้ ถ้าย้ายเนื้อที่สแตคมาบริเวณนี้โปรดระวังในการเขียนข้อมูลมาทับสแตค

2.8 การเชื่อมโยง MCS-51 กับหน่วยความจำ

1.การจัดหน่วยความจำสำหรับ MCS-51

แบ่งได้เป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

- Data Memory
- Program Memory

Data Memory

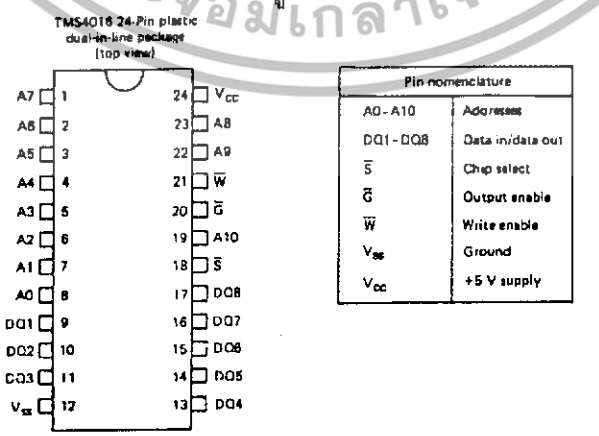
เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บข้อมูล มีความจุได้ถึง 64 Kbytes เป็นหน่วยความจำประเภทอ่านและเขียนได้ (RAM) สัญญาณจาก MCS-51 ที่ใช้ในการอ่านข้อมูลจาก RAM คือ $\overline{RD}$ และสัญญาณที่ใช้ในการเขียนข้อมูลลง Ram คือ $\overline{WR}$

RAM (Random Access Memory)

เป็นหน่วยความจำที่สามารถเขียนและอ่านข้อมูลได้ ข้อมูลจะสูญหายทันทีที่ขาดไฟเลี้ยง แบ่งเป็น 2 ชนิด คือ Static RAM และ Dynamic RAM

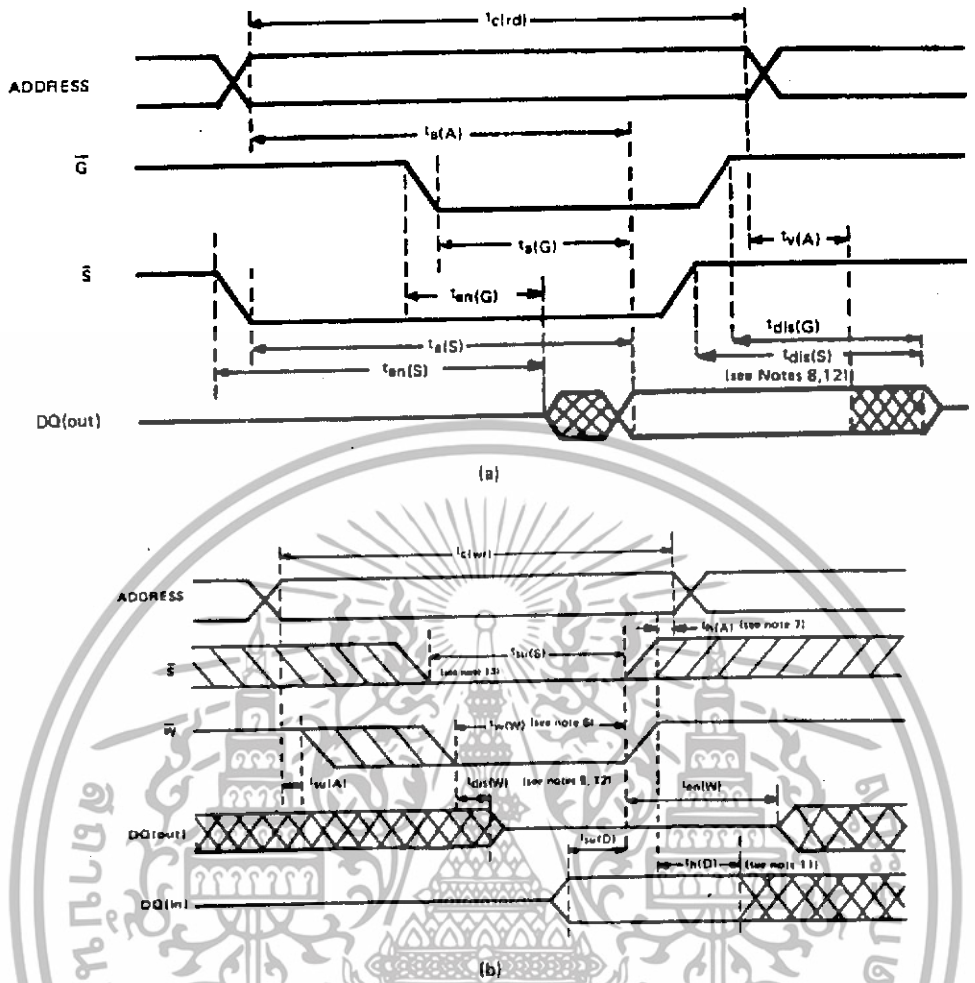
STATIC RAM

เป็นหน่วยความจำชนิดหนึ่งที่ง่ายในการนำมาใช้งานแต่ราคาจะสูงเมื่อเทียบกับ Dynamic RAM ซึ่งราคาถูกกว่าแต่ ยุ่งยากขึ้นมาก็คือต้องทำการ refresh หน่วยความจำตลอดเวลา Static RAM ที่มีใช้อย่างแพร่หลายมีอยู่ด้วยกันหลายเบอร์ตามขนาดความจุของหน่วยความจำ เบอร์ที่นิยมกันมากสำหรับงานที่ไม่ใหญ่มากนัก คือ เบอร์ TMS4016 หรือ 6116 ซึ่งมีขนาดความจุ 2K X 8 ดังมีการจัดวางขาตามรูปที่ 2.40 และผังเวลาของ TMS4016 ดังแสดงในรูปที่ 2.41



รูปที่ 2.40 การจัดวางขาของ Static RAM เบอร์ TMS4016

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.41 (a) Read cycle timing for the TMS4016 and (b) write cycle timing

PROGRAM MEMORY

เป็นหน่วยความจำที่ใช้เก็บโปรแกรมเป็นหน่วยความจำที่อ่านข้อมูลได้อย่างเดียว (ROM) สัญญาณจาก MCS-51 ที่ใช้ในการอ่าน ROM คือ $\overline{PSEN}$

ROM (Read Only Memory)

เป็นหน่วยความจำแบบถาวร เมื่อขาดไฟเลี้ยงข้อมูลไม่สูญหาย เป็นหน่วยความจำชนิดอ่านข้อมูลได้อย่างเดียว

EPROM (Erasable Programmable read-only Memory)

เป็นหน่วยความจำแบบถาวรชนิดหนึ่งซึ่งผู้ใช้นำมาโปรแกรมเองได้และสามารถ ใช้แสง UV ลบข้อมูลได้

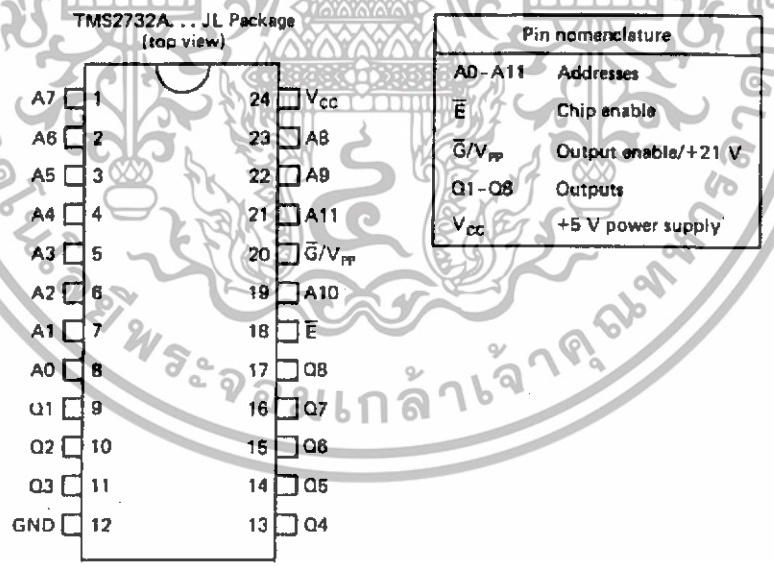
The 27xx Family of EPROM

ดังรายละเอียดดัง ตารางที่ 2.6 การจัดวางขาดังรูปที่ 2.42 และมีผังเวลาดังรูปที่ 2.43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

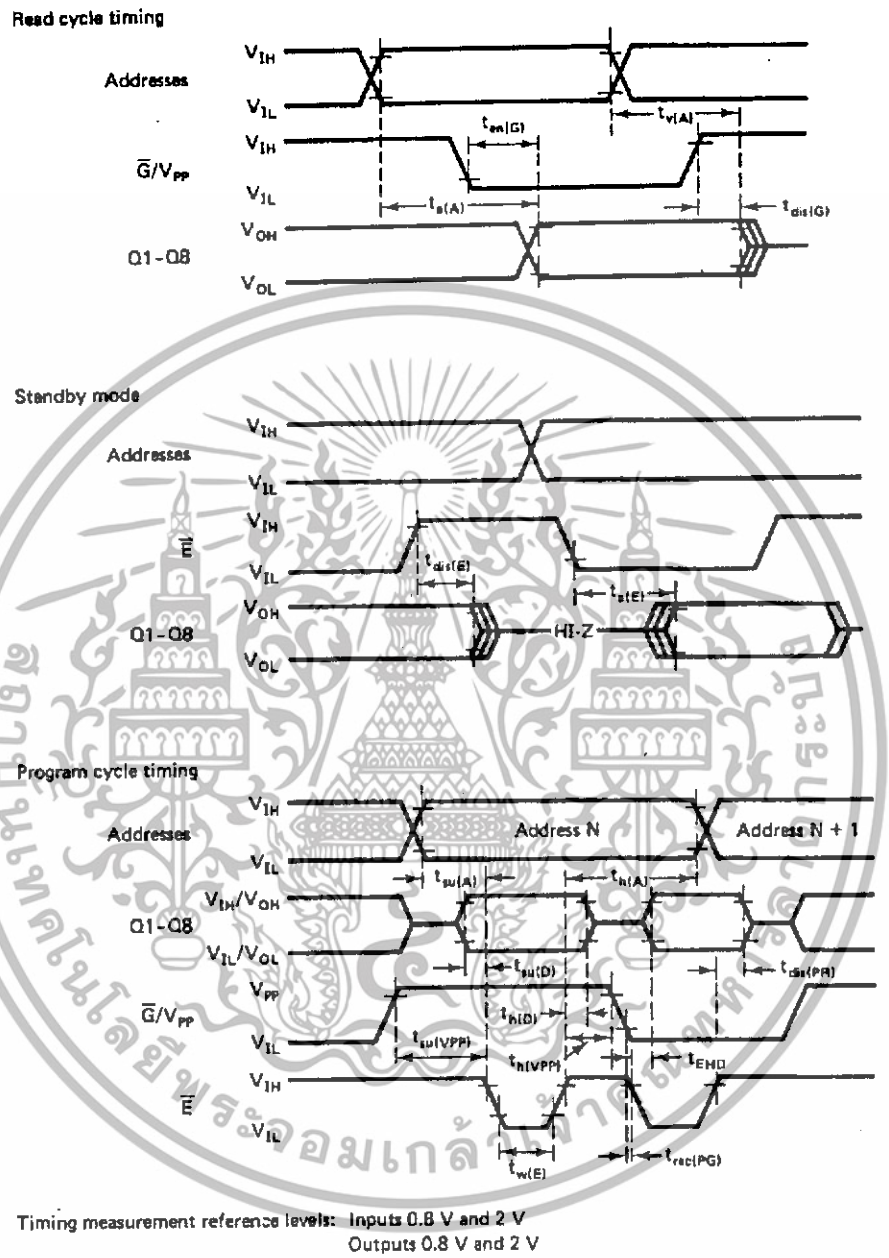
เบอร์	ความจุ
2704	512 x 8
2708	1K x 8
2716	2K x 8
2732	4K x 8
2764	8K x 8
27128	16K x 8
27256	32K x 8
27512	64K x 8

ตารางที่ 2.6



รูปที่ 2.42 การจัดวางขาของ TMS 2732A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.42 ผังเวลาในการอ่านและโปรแกรมของ TMS 2732A

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.การถอดรหัสตำแหน่งของหน่วยความจำ

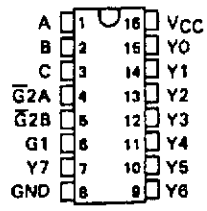
การถอดรหัสตำแหน่งของหน่วยความจำมีความจำเป็นอย่างยิ่งเพราะว่าหน่วยความจำที่นำมาใช้มีขนาดเล็กกว่า 64 Kbytes ดังนั้น จึงต้องนำมาเรียงกันแล้วใช้วงจรถอดรหัสตำแหน่งของหน่วยความจำแยกเป็นแต่ละช่วง ถ้าใช้หน่วยความจำขนาด 4 Kbytes จำนวน 8 ตัว จะได้เท่ากับ 32 Kbytes ถ้าให้ตัวแรกเริ่มที่แอดเดรส 8000H ตัวที่ 2 ก็จะเริ่มที่แอดเดรส 9000H ดังรายละเอียดดัง ตารางที่ 2.7

EPROM ตัวที่	แอดเดรส	A_{15}	A_{14}	A_{13}	A_{12}	A_{11} ..... A_0
1	8000-8FFF	1	0	0	0	X X
2	9000-9FFF	1	0	0	1	X X
3	A000-AFFF	1	0	1	0	X X
4	B000-BFFF	1	0	1	1	X X
5	C000-BFFF	1	1	0	0	X X
6	D000-DFFF	1	1	0	1	X X
7	E000-EFFF	1	1	1	0	X X
8	F000-FFFF	1	1	1	1	X X

ตารางที่ 2.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(TOP VIEW)



(a)

FUNCTION TABLE

ENABLE INPUTS		SELECT INPUTS			OUTPUTS							
G1	$\overline{G2}$*	C	B	A	Y0	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7
X	H	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
L	X	X	X	X	H	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	L	L	H	H	H	H	H	H	H
H	L	L	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H
H	L	L	H	L	H	H	L	H	H	H	H	H
H	L	L	H	H	H	H	H	L	H	H	H	H
H	L	H	L	L	H	H	H	H	L	H	H	H
H	L	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H	H
H	L	H	H	L	H	H	H	H	H	H	L	H
H	L	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	L

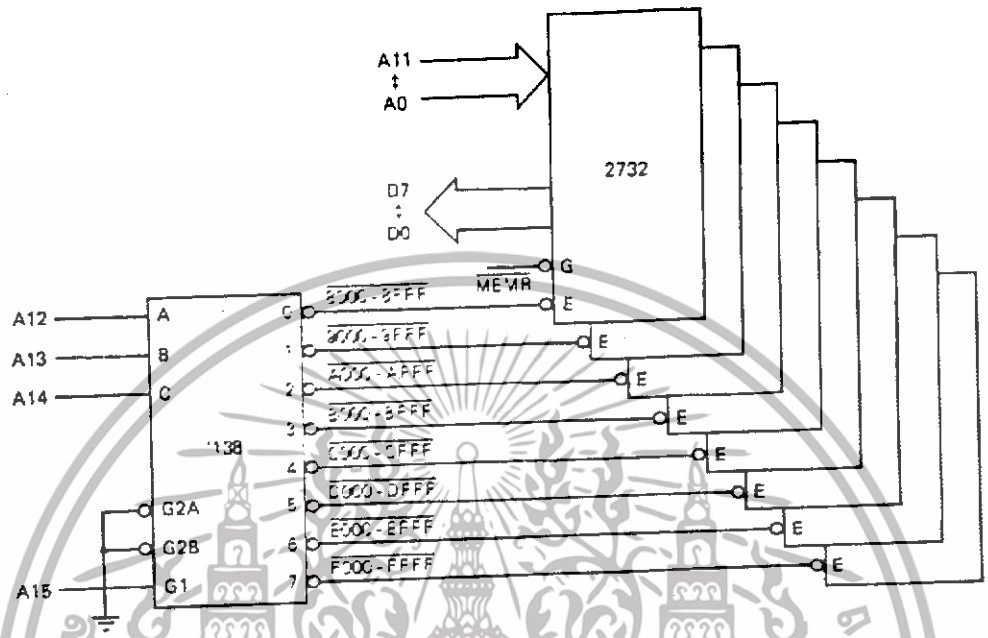
*$\overline{G2}$ = $\overline{G2A}$ + $\overline{G2B}$

รูปที่ 2.44 การจัดวางขาและตารางความจริงของ 74LS138

การถอดรหัสตำแหน่งของหน่วยความจำจะใช้ IC ถอดรหัส 3 to 8Line Decoder เบอร์ 74LS138 ดังมีการจัดวางขาดังรูป 2.44 (a) และตารางความจริง (b)

เมื่อพิจารณาจากตารางความจริงของ 74LS138 พบว่าจะต้องทำให้ขา G1 เป็น high และ $\overline{G2A}$ และ $\overline{G2B}$ เป็น LOW แล้วนำอินพุทเข้าทางขา A,B,C ซึ่งอินพุทนี้ก็คือแอดเดรสของ MCS-51 นั่นเอง จากตารางที่ 2 พบว่า A15 เป็น high ตลอด ให้นำมาต่อที่ขา G1 ได้เลย และจากตารางความจริงของ 74LS138 ขา A,B,C พบว่า ถ้าทั้ง 3 ขานี้ เป็นศูนย์หมดขา Y0 จะแอคทีฟ LOW ดังนั้น เมื่อพิจารณาจากตารางที่ 2 พบว่า A15,A14,A13 เป็นศูนย์หมด ซึ่งตรงกันพอดี ดังนั้นจะได้การต่ออย่างสมบูรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

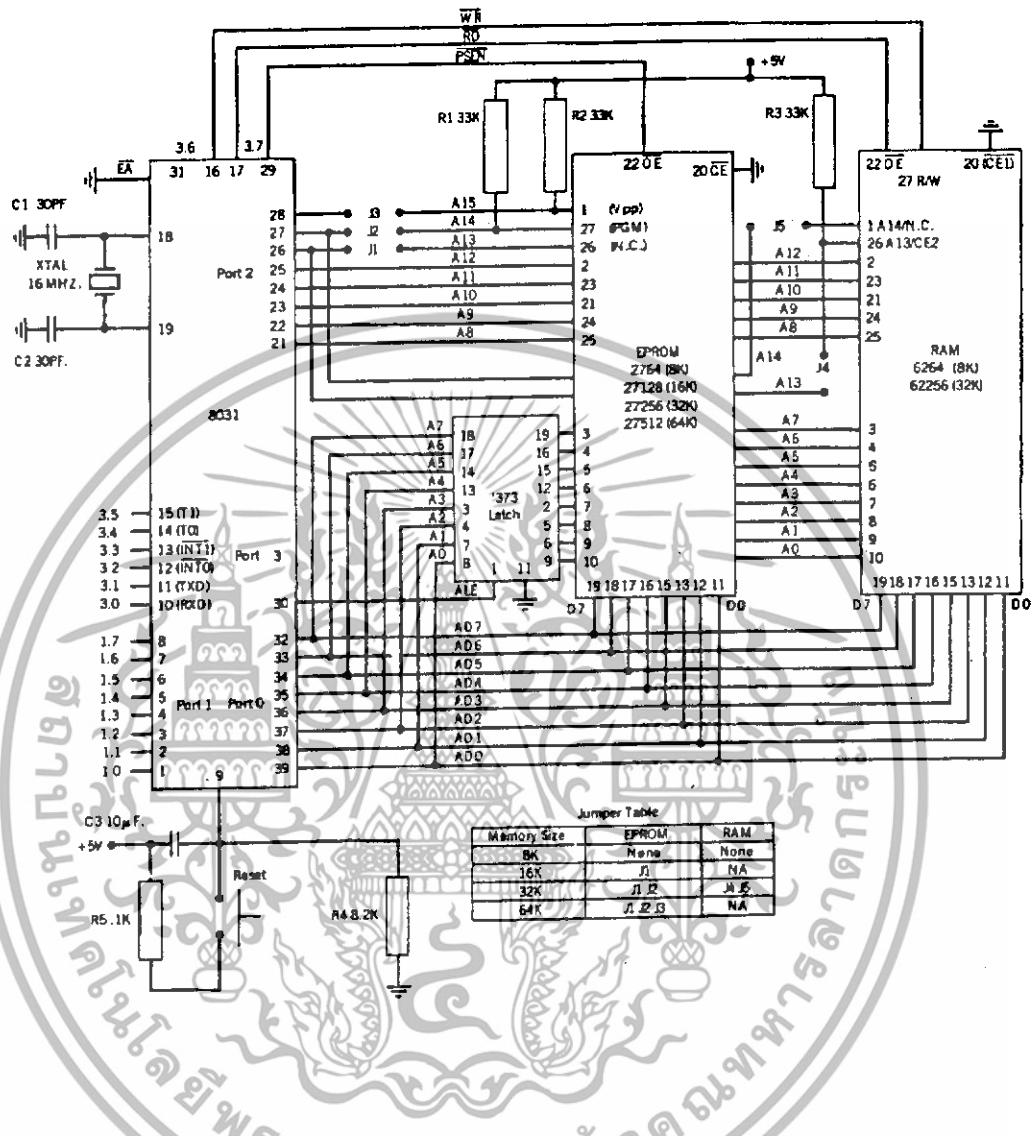


รูปที่ 2.45 วงจรถอดรหัสสำหรับหน่วยความจำตาม ตารางที่ 2.7

2.การต่อ MCS-51 เข้ากับ EPROM และ RAM

การต่อใช้งานนี้เราอาจจะไม่ใช้ Decoder มาถอดรหัสตำแหน่งของหน่วยความจำก็ได้ ถ้าเราติดตั้งเพียงอย่างละ 1 ตัว เท่านั้น เพราะแอดเดรสของ Program Memory และ Data Memory ใช้แอดเดรสซ้อนกันอยู่ สัญญาณที่ใช้อ่านข้อมูลจาก Program Memory (EPROM) ก็คือ $\overline{PSEN}$ และสัญญาณที่ใช้อ่านข้อมูลจาก Data Memory (RAM) ก็คือ $\overline{RD}$ ส่วนการเขียนข้อมูลลง RAM จะใช้ $\overline{WR}$ ดังรายละเอียดดังรูปที่ 2.46

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.46 การต่อ MCS-51 เข้ากับ EPROM และ RAM

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ

3.1วงจรภาคส่ง

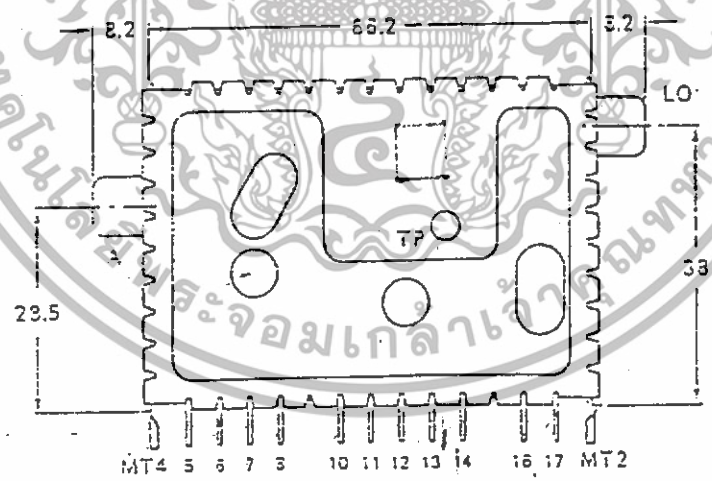
1. จูนเนอร์และภาคขยายไอเอฟ

จูนเนอร์คือการรับสัญญาณจากสถานีโทรทัศน์แล้วแปรเปลี่ยนให้เป็นสัญญาณภาพ และเสียง ขึ้นที่เครื่องรับโทรทัศน์ หน้าที่การทำงานของจูนเนอร์พอสรุปได้ดังนี้คือ

- เปลี่ยนสัญญาณจากสายอากาศ (ซึ่งจะมีขนาดตั้งแต่ 50MHz-1GHz) เป็นความถี่ไอเอฟค่าคงที่
- ทำการขยายสัญญาณที่รับมาให้แรงขึ้นซึ่งขึ้นอยู่กับความแรงของสัญญาณที่เข้ามา
- ขจัดสัญญาณที่อยู่นอกย่านความถี่สัญญาณโทรทัศน์และสัญญาณรบกวนต่าง ๆ

สำหรับจูนเนอร์ที่ใช้นี้คือ UV 711 จูนเนอร์แบบนี้รับความถี่ได้ทั้งย่าน UHF และ VHF ในระบบโทรทัศน์ CCIR สำหรับตำแหน่งขาและหน้าที่การทำงานของขาต่าง ๆ แสดงให้เห็นดังรูปที่ 3.1

2. หน้าที่การทำงานแต่ละขาของจูนเนอร์ UV 711



รูปที่ 3.1 ตำแหน่งขา TUNER

ขา 1 เป็นขาสำหรับป้อนสัญญาณอาร์เอฟจากเสาอากาศเข้าที่ขา 1 โดยตรง

ขา 5 เป็นขาสำหรับ สัญญาณเอจีซีที่ป้อนกลับมาจากภาคไอเอฟ

ขา 6 เป็นขาสำหรับป้อนไฟ +12 โวลท์ มาเลี้ยงที่ขานี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขา 7 เป็นขาสำหรับเลือกความถี่ทางแบนด์ I หรือแบนด์ a หรือแบนด์ VHF_a ถ้ามีไฟ +11 ถึง +12 โวลท์ มาป้อนที่ขานี้

ขา 8 เป็นขาสำหรับเลือกย่านความถี่ทางแบนด์ II หรือแบนด์ b หรือแบนด์ VHF_b ถ้ามีไฟ +11 ถึง +12 โวลท์ มาป้อนที่ขานี้

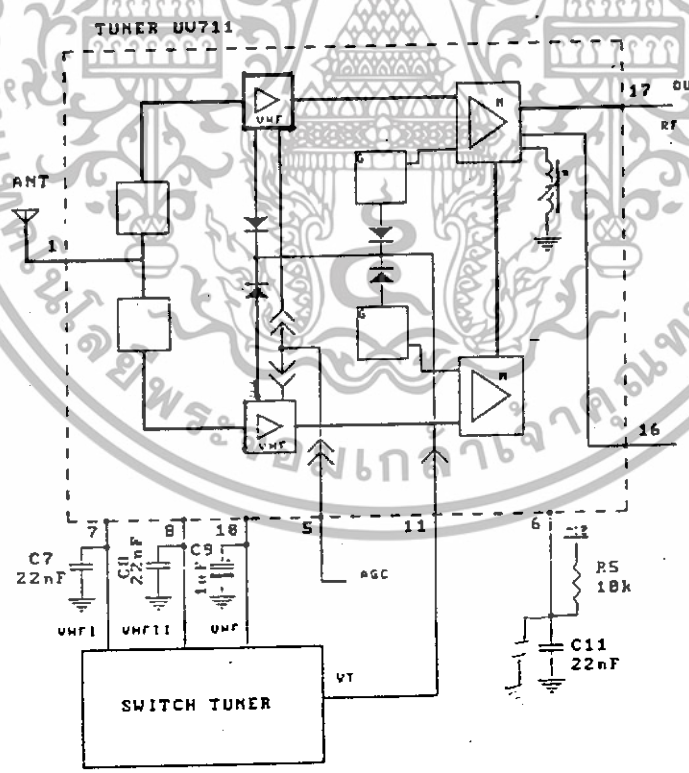
ขา 10 เป็นขาสำหรับเลือกย่านความถี่ทางแบนด์ IV หรือแบนด์ c หรือแบนด์ UHF ถ้ามีไฟ +11 ถึง +12 โวลท์ มาป้อนที่ขานี้

ขา 11 เป็นขาป้อนศักย์ไฟจูนนิ่งโวลท์เตจหรือ วีจูน หรือวีแวรี่ ซึ่งเป็นศักย์ไฟดีซีมีค่าตั้งแต่ 0 โวลท์ ถึง 24.5 โวลท์ ขณะที่กำลังค้นหาสถานีอยู่ศักย์ไฟจะเปลี่ยนแปลงจากต่ำไปสูง กลับไปมาตลอดเวลาที่กำลังค้นหาสถานีอยู่ หากพบสถานีที่ต้องการแล้ว ศักย์ไฟที่ขา 11 นี้จะต้องนิ่งไม่เปลี่ยนแปลงเลย หากศักย์ไฟเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจะทำให้สถานีเคลื่อนด้วย

ขา 15 เป็นขากราวด์ของจูนเนอร์

ขา 17 เป็นขาเอาท์พุทของจูนเนอร์ ป้อนยังภาคไอเอฟต่อไป

3.การทำงานของอิเล็กทอรนิกส์จูนเนอร์



รูปที่ 3.2 วงจรภายในจูนเนอร์ระบบ UHF และ VHF

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.2 แสดงวงจรภายในจูนเนอร์ UV 711 และวงจรประกอบ สัญญาณอาร์เอฟจากสายอากาศจะถูกวงจรฟิลเตอร์แยกออกเป็น 2 ทาง คือ ทาง VHF และทาง UHF โดยที่ VHF จะแยกผ่านทางวงจรกรองความถี่ต่ำผ่าน และ UHF จะแยกผ่านทางวงจรกรองความถี่สูงผ่าน สัญญาณอาร์เอฟจะถูกขยายให้แรงขึ้นและป้อนเข้าไปผสมกับความถี่ออสซิลเลเตอร์ ในวงจรผสมคลื่นหรือมิกเซอร์ เพื่อให้ได้ความถี่ไอเอฟออกมาที่ขา 17 เพื่อจ่ายให้กับภาคไอเอฟ หลักการทำงานของจูนเนอร์นี้ก็ใช้หลักการทำงานแบบซุปเปอร์เฮดเซอร์โรดายน์นั่นเอง

หน่วยขยายสัญญาณอาร์เอฟบล็อก A และ B จะถูกควบคุมด้วยสัญญาณ เอจีซี แบ่งหน่วยเวลา โดยถูกป้อนมาจากขา 5 ของภาคไอเอฟ มาที่ขา 5 ของจูนเนอร์ การควบคุมจะเป็นไปในทางลบ หมายความว่า ถ้าสัญญาณจากสายอากาศมีความแรงมาก (เกินจากระดับที่ตั้งไว้) ศักย์แรงไฟที่ขา 5 ของจูนเนอร์จะลดลงทำให้อัตราการขยายของจูนเนอร์ลดลง โดยอัตราการขยายนี้สามารถตั้งได้ด้วย R_3 ที่ขา 1 ของไอซี TDA 8305 ในภาคไอเอฟ

ส่วนการจูนเพื่อรับสถานีนั้น จะใช้ควบคุมความจุของตัววาริแคป โดยการป้อนศักย์แรงไฟตรงที่มีความเที่ยงตรงสูง ศักย์แรงไฟนี้เรียกว่า"จูนนิ่งโวลท์เตจ" (V-TUNE หรือ V-VARI) ศักย์แรงไฟนี้มีค่าประมาณ 0 ถึง 24.5 โวลท์ ป้อนมาที่ขา 11 ของจูนเนอร์ ศักย์แรงไฟนี้ได้มาจากชุด Switch Tuner หรือ PRE SET ผ่าน R_7 เพื่อใช้ค้นหาสถานีหลังจากจูนหาสถานีพบแล้ว แรงไฟที่ได้นี้ต้องคงที่ตลอดเวลา หากแรงดันเปลี่ยนจะทำให้สถานีที่รับได้คลาดเคลื่อน ฉะนั้นเมื่อรับสถานีได้ชัดแล้ว ที่ภาคไอเอฟของเครื่องรับจะมีหน่วย เอ.เอฟ.ที. เพื่อควบคุมและชดเชยการทำงานของหน่วยผลิตศักย์ไฟจูนนิ่งโวลท์เตจให้สร้างศักย์ไฟชดเชยการเปลี่ยนแปลงนี้

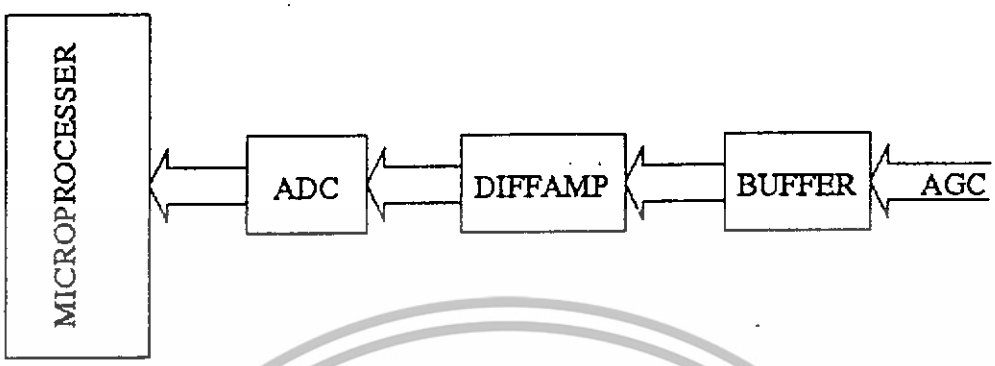
สำหรับการเลือกย่านความถี่หรือแบนด์ต่าง ๆ ของระบบโทรทัศน์ ทำการเลือกแถบความถี่โดยป้อนไฟตรงประมาณ 12 โวลท์ เข้าที่ขา 7,8 หรือ 10 ของจูนเนอร์เพื่อเลือกแถบความถี่ VHF_a, VHF_b หรือ UHF ตามลำดับ โดยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3.1

ศักย์ไฟจ่ายออกที่			จูนเนอร์เบอร์ UV711	
ตำแหน่งของสวิทช์เลือก			X	แถบความถี่ที่เลือกรับ
a	b	c	-	-
12 V	0 V	0 V	7	VHF แบนด์ I หรือ a หรือรับช่อง 2 ถึง 4
0 V	12 V	0 V	8	VHF แบนด์ III หรือ b หรือรับช่อง 5 ถึง 12
0 V	0 V	12 V	10	UHF แบนด์ IV หรือ c หรือรับช่อง 21 ถึง 69

ตารางที่ 3.1 การเลือกแถบความถี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การออกแบบชุดตรวจสอบแรงดัน AGC



รูปที่ 3.3 BLOCK DIAGRAM ชุดตรวจสอบแรงดัน AGC

การทำงาน

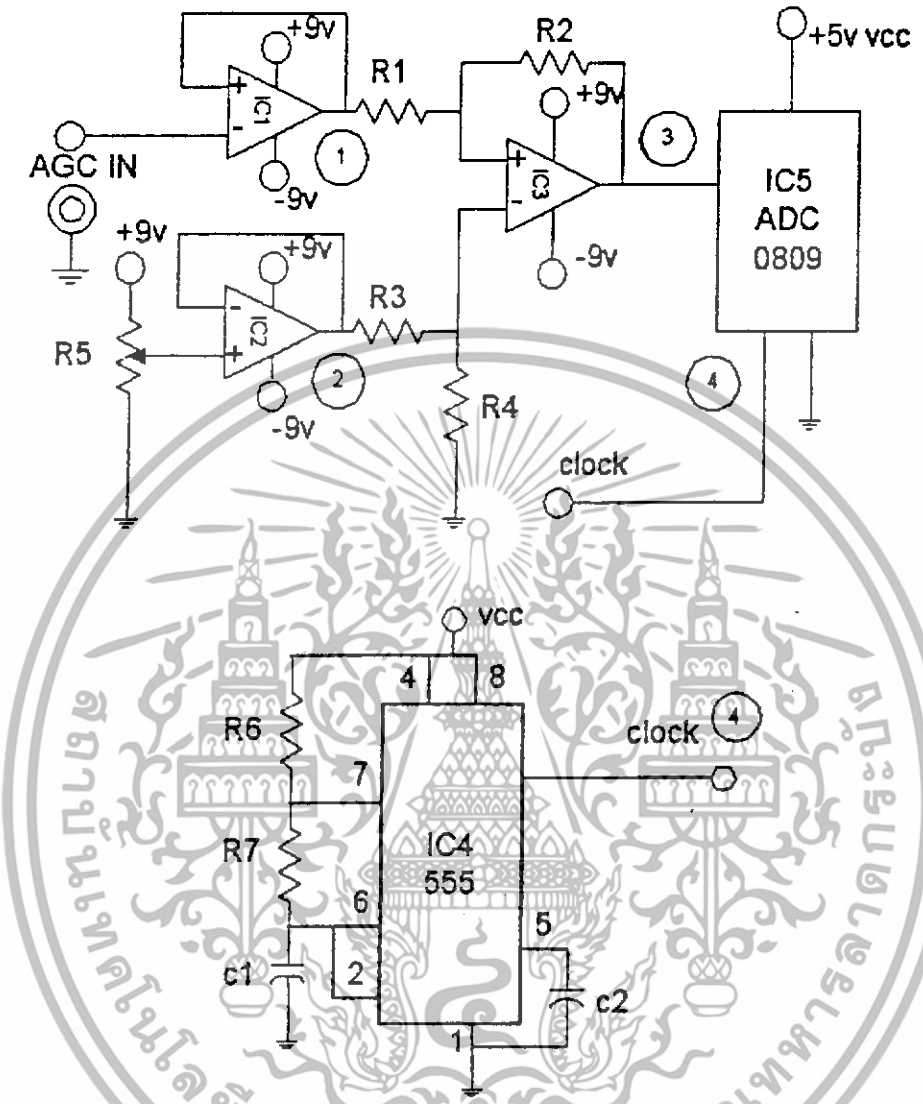
แรงดัน AGC จะถูกป้อนผ่าน BUFFER เพื่อป้อนกันการเพิ่ม LOAD ให้กับวงจร TUNER และแรงดัน AGC จะถูกส่งมาทำ SCALE 0-5 ที่ DIFF AMP ก่อนจะถูกส่งเข้าวงจร ADC แล้วหลังจากนั้น วงจร ADC ก็จะแปลงแรงดัน AGC ให้เป็นสัญญาณข้อมูลที่เป็นดิจิตอล และถูกส่งเข้าไปประมวลผลใน MICRPROCESSER ต่อไป

ในการออกแบบภาค AGC CONVERTER จะใช้ IC ดังนี้

IC เบอร์ ADC 0809

IC เบอร์ MC 1458 ใช้ออกแบบเป็น BUFFER และ DIFF AMP ซึ่งมีวงจรดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

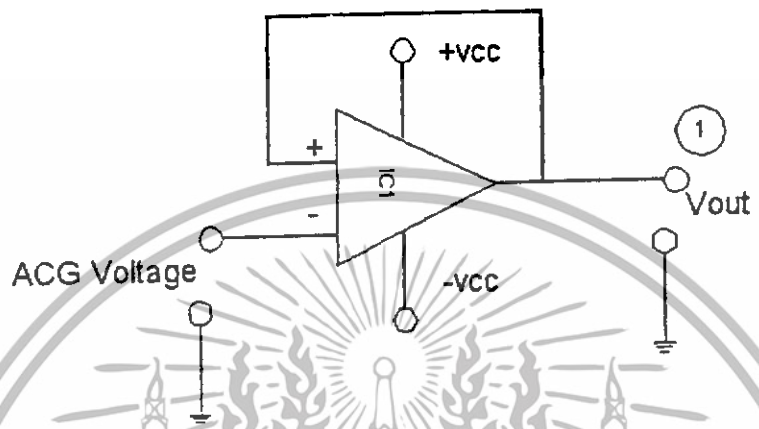


รูปที่ 3.4 วงจรชุดตรวจสอบแรงดัน AGC

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์การทำงานและการออกแบบแต่ละส่วนในชุดตรวจสอบแรงดัน AGC

IC (BUFFER)



รูปที่ 3.5

จากรูปเป็นวงจร DC VOLTAGE FOLLOWER AMPLIFIER จุดประสงค์สำคัญของวงจรนี้คือ ส่งถ่าย DC VOLTAGE จาก HIGH IMPEDANCE ไปยัง LOW IMPEDANCE ซึ่ง GAIN ของวงจรเท่ากับ 1 เท่า จึงนิยมนำไปใช้เป็น BUFFER หากต้องการให้การทำงานของวงจรได้ผลดีที่สุดแล้ว OUTPUT VOLTAGE ควรไม่เกิน 80% ของ SUPPLY VOLTAGE

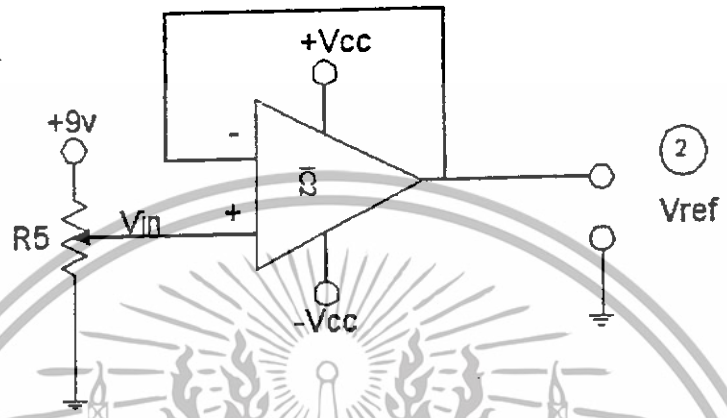
การออกแบบ

จากวงจร VOLTAGE FOLLAWER ข้างบนเลือกใช้อุปกรณ์ดังนี้

- จากการใช้ AGC (max) = 6 Volte (5-6 volte)
- เลือกใช้ OPAMP เบอร์ MC1458
- เลือกใช้ SUPPLY = +9 Volte , -9 Volte

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IC2 (REFERENCE VOLTAGE)



รูปที่ 3.6

จากวงจรเป็นวงจร BUFFER ที่ Vin สามารถปรับได้เพื่อที่จะให้ Vref ตามต้องการ

- ในที่นี้ต้องปรับ R5 เพื่อที่จะให้ได้ Vref = 6 V ต้องปรับ Vin = 6 V

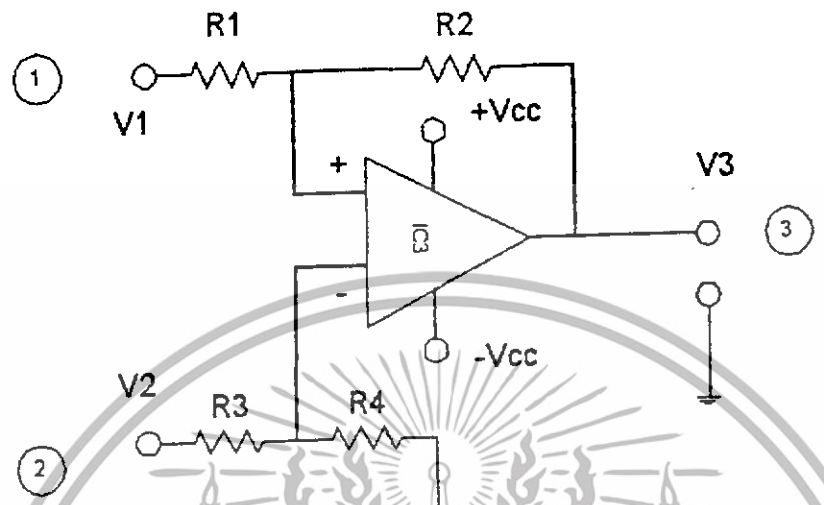
การออกแบบ

จากวงจรเลือกใช้อุปกรณ์ดังนี้

- เลือก POWER SUPPLY = +9 Volts , -9 Volts
- เลือก R5 = R ปรับค่า 10 KΩ
- OPAMP เบอร์ MC1458

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IC3 (SCALE 0-5 V)



รูปที่ 3.7

จากวงจรเป็นวงจร DIFFERENTIAL DC AMPLIRIER

โดยที่ V3 = V2*[(R4/(R3+R4))*((R1+R2)/R1)]-V2*[(R2/R1)]

การออกแบบ

จากวงจรเลือกใช้อุปกรณ์ดังต่อไปนี้

- เลือก R1 = R3
- เลือก R2 = R4

หาค่า R1 ,R2 ,R3 ,R4 ดังนี้

จาก

V3 = V2*[(R4/(R3+R4))*((R1+R2)/R1)]-V2*[(R2/R1)]

V3 = V2*[(R2/(R1+R2))*((R1+R2)/R1)]-V2*[(R2/R1)]

= [(V2-V1)*(R2/R1)]

โดยที่ (R2/R1) = Av (VOLTAGE GAIN)

V1 = 5 ~ 6 volts

V2 = 6 volts

โดยการให้ V1 = 5 volts

V3 = [6-5]*(R2/R1) = 5 volts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(R2/R1) = 5 = Av

ดังนั้นจึงเลือกค่า R1 และ R2 ดังนี้

- เลือก R1 = 25 KΩ

- เลือก R2 = 125 KΩ

จากการให้ R1 = R3 และ R2 = R4 ดังนั้นค่า R1 , R2 , R3 และ R4 จึงมีค่าดังนี้

R1 = R3 = 25KΩ

R2 = R4 = 125KΩ

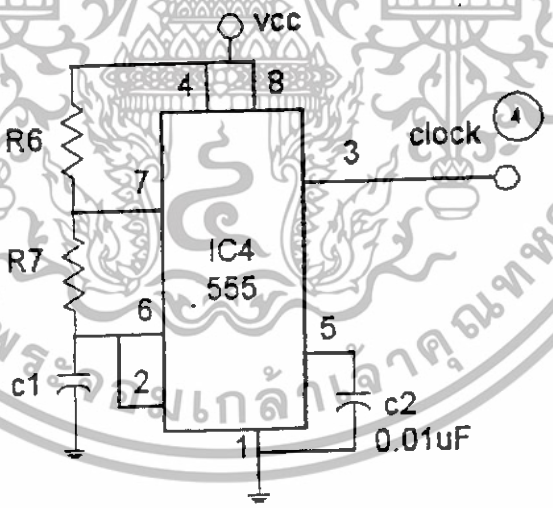
IC3 ใช้เบอร์ MC1458

เลือก VCC = +9 volts , -9 volts

เมื่อ V1 = 6 volts จะทำให้ V3 = 0 volts

Range ของแรงดัน V3 = 0~5 volts

IC4 CLOCK GENERATER



รูปที่ 3.8

จากวงจรเป็นวงจร Astable ซึ่งนำมาสร้างสัญญาณ clock เพื่อที่จะป้อนให้กับวงจร ADC จากสมการทางคณิตศาสตร์ ของวงจรมีดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$TH = -(R6+R7)C1\ In[(Vcc-2/3Vcc)/(Vcc-1/3Vcc)]$

$TL = 0.693\ R7C1$

$T = TH+TL$

$= 0.693(R6+2R7)C1$

$f = 1/T$

$= 1.443/((R6+2R7)C1)$

$DUTY\ CYCLE = TH/T$

$= (R6+R7)/(R6+2R7)$

การออกแบบ

- เลือกใช้ความถี่ = 4 Khz
- DUTY CYCLE = 50%
- เลือก R7 = 1 KΩ

จาก DUTY CYCLE % = $[(R6+R7)/(R6+2R7)]*100$

$0.5(R6+2K\Omega) = R6+1K\Omega$

$0.5R6 = 1K\Omega$

$R6 = 2K\Omega$

จาก f = $1.443/((R6+2R7)C1)$

4Khz = $1.443/((2K+2K)C1$

ดังนั้น C1 = $1.443/16M$

= 0.09 Uf

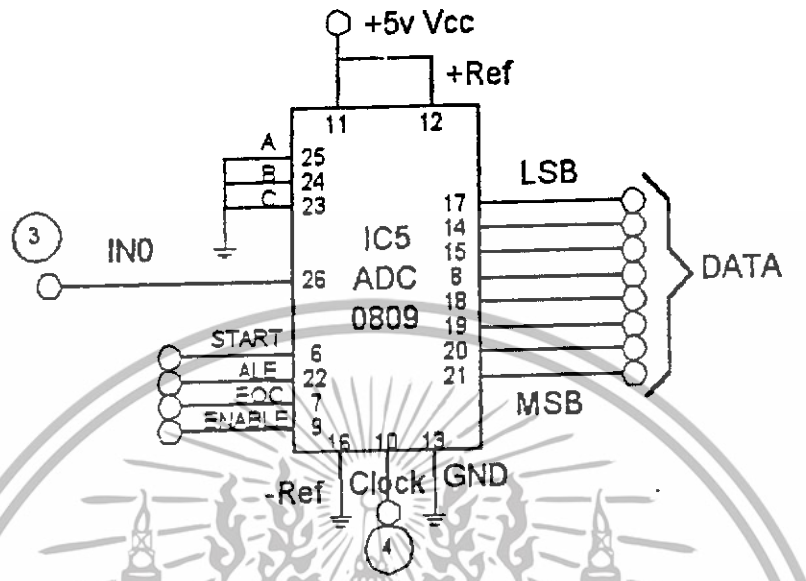
ดังนั้นในวงจรสร้าง Clock จึงเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆดังนี้

- $R6 = 2K\Omega$
- $R7 = 1K\Omega$
- C1 = 0.1uF
- C2 = 0.01 Uf
- IC4 ใช้เบอร์ 555

- ใช้ Power Supply +9 volts

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IC5 (AGC VOLTAGE TO BINARY DATA 8 BIT)



รูปที่ 3.9

จากรูปข้างบนจะใช้ IC 0809 เพื่อที่จะแปลง AGC VOLTAGE ให้เป็น BINARY DATA 8 BIT

+Ref = 5 v

-Ref = 0 v

IN0 = 0~5 v

255 (STEP ของ OUTPUT) = 5 v

1 STEP = 5/255 v

= 0.02 v

ซึ่งมีความหมายว่า เมื่อแรงดันที่ IN0 เปลี่ยนไป 0.02 v จะทำให้ DATA ที่ OUTPUT เปลี่ยนค่าไป 1 ค่า

สรุปการทำงานชุด AGC CONVERT

เช่น กรณีสมมุติมีแรงดัน AGC เข้ามา 5 V

ผ่าน IC1

Voltage ที่จุด 1 = 5 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่าน IC3

Voltage ที่จุด 3 = [6-5]5 = 5 V

ผ่าน IC5

AGC STEP = 5/0.02 = 250 STEP

เปลี่ยนจาก DECIMAL เป็น BINARY

250 เป็น 11111010

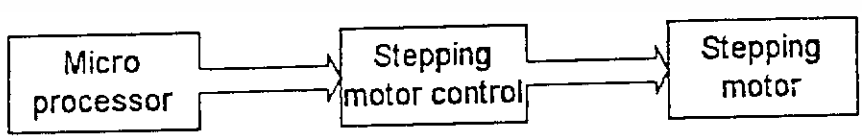
ดังนั้น AGC ที่เข้ามา 5 V จะเป็นข้อมูลดิจิตอล คือ 11111010

สรุปอุปกรณ์ที่ใช้ในวงจร AGC CONVERT

IC1 , IC2 , IC3	ใช้	MC1458
IC4	ใช้	555
IC5	ใช้	ADC0809
R1 ,R3	ใช้	25KΩ
R2 ,R4	ใช้	125KΩ
R5	ใช้	R เกือกม้า 10KΩ
R6	ใช้	2KΩ
R7	ใช้	1KΩ
C1	ใช้	0.1uF
C2	ใช้	0.01uF

3.3ชุดควบคุมการหมุนของสายอากาศ

ในการหมุนสายอากาศเราจะใช้ STEPPING MOTOR เป็นตัวขับโดยที่ไมโครโปรเซสเซอร์จะส่งข้อมูลให้ชุดควบคุมการหมุน STEPPING MORTOR แสดงบล็อกการควบคุมการหมุนของสายอากาศดังนี้

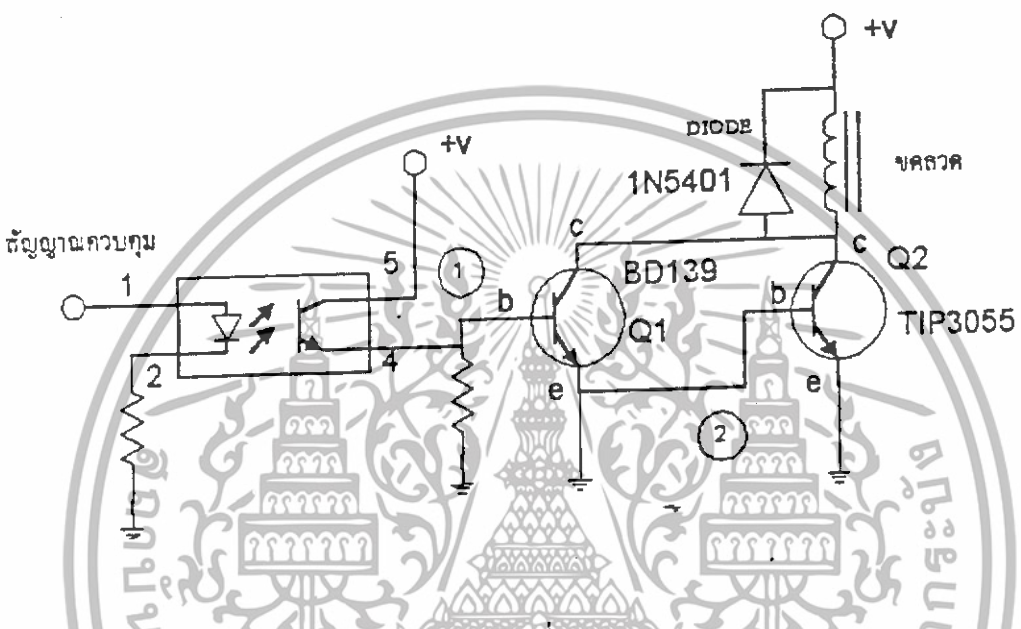


รูปที่ 3.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบชุด STEPPING MORTOR CONTROL

ในการออกแบบวงจรขับขดลวด STEPPING MORTOR สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือ ขดลวดของตัว STEPPING MORTOR ต้องการกระแสและแรงดันเท่าไร เพื่อที่จะทำให้ STEPPING MORTOR สามารถทำงานได้ การออกแบบวงจรใช้หลักการ การเปิด-ปิด กระแส ผ่านขดลวด STEPPING MORTOR ดังแสดงในรูปข้างล่าง



รูปที่ 3.11

จากรูปวงจรเมื่อสัญญาณควบคุมเป็น 'H' เอาท์พุทที่จุด 1 จะเป็น 'H' ซึ่งจะทำให้ขา B ของทรานซิสเตอร์ Q1 ได้รับการไบอัส ทำให้มีกระแสคอลเลคเตอร์ [IC1] และทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 ได้รับการไบอัสที่ขา B ที่จุด 2 ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q2 นำกระแสทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวดของ STEPPING MORTOR ซึ่ง Q2 ทำหน้าที่เสมือนเป็นสวิทช์ ON-OFF เพื่อทำให้มีกระแสไหลผ่านขดลวดของ STEPPING MORTOR

เมื่อสัญญาณควบคุมเป็น 'L' เอาท์พุทที่จุด 1 จะเป็น 'L' ทำให้ที่ขา B ของทรานซิสเตอร์ Q1 เป็น 0 ทำให้ทรานซิสเตอร์ Q1 ไม่มีการนำกระแสเป็นผลให้ Q2 ไม่นำกระแสด้วยและส่งผลให้ไม่มีกระแสไหลผ่านขดลวดของ STEPPING MORTOR ด้วย

หลักสำคัญในการออกแบบวงจรขับขดลวด

1. แรงดันคอลเล็คเตอร์ - อิมิเตอร์ [Vcc]

เป็นแรงดันสูงสุดระหว่างขาคอลเล็คเตอร์กับอิมิตเตอร์ ของทรานซิสเตอร์แต่ในการใช้งานจริงแล้วจะไม่ใช้แรงดันของแหล่งจ่ายสูงกว่าค่า Vcc เนื่องจากคุณสมบัติของขดลวด เมื่อตัดกระแส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่จ่ายเข้าจะเกิดแรงดันย้อนกลับคืนแรงดัน EMF จากเหตุผลนี้เองจึงต้องมีการต่อไดโอดขนานกับขดลวดเพื่อบายพาสกระแสที่เกิดจากแรงดัน EMF เมื่อต่อไดโอดเข้าในวงจรแรงดันคอลเล็คเตอร์จะมีค่าเป็น V1+V2

โดยที่ V1 คือ แรงดันแหล่งจ่าย

V2 คือ แรงดัน Forward ของไดโอด

ดังนั้นในการออกแบบใช้งานจริงควรจะเลือกใช้ทรานซิสเตอร์ที่มีค่า Vcc ตั้งแต่ 2 เท่าของแรงดันแหล่งจ่ายไฟ [V1] จึงจะไม่มีปัญหา

2. กระแสคอลเล็คเตอร์ [IC]

กระแสที่ไหลผ่านขดลวดนั้นจะต้องไม่เกินค่ากระแสคอลเล็คเตอร์สูงสุดของทรานซิสเตอร์

3. แรงดันอิ่มตัวของทรานซิสเตอร์-อิมิตเตอร์ [Vcc(sat)]

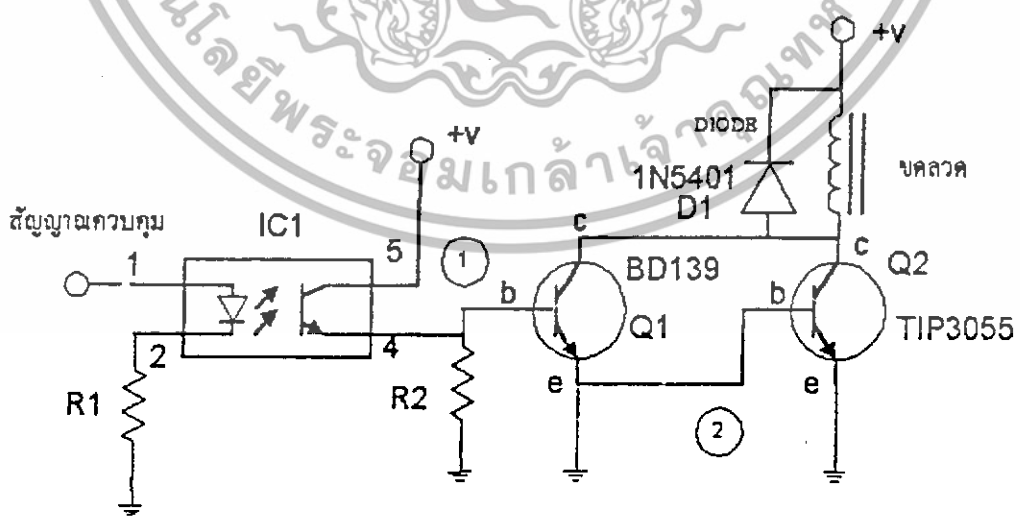
Vcc(sat) ของทรานซิสเตอร์จะเป็นแรงดันตกคร่อมระหว่างคอลเล็คเตอร์กับอิมิตเตอร์เมื่อทรานซิสเตอร์ "ON" เต็มที่ซึ่งถ้าค่า Vcc (sat) มีค่าน้อยประสิทธิภาพในการขับขดลวดจะดี

4. ค่าสูญเสียของทรานซิสเตอร์ [PC]

เป็นค่ากำลังงานสูญเสียของทรานซิสเตอร์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ Vcc(sat) *IC ซึ่งจะเห็นได้ว่าเมื่อ Vcc(sat) มีค่ายิ่งต่ำค่าสูญเสียก็จะยิ่งน้อย และถ้าใช้งานทรานซิสเตอร์ให้มีค่า Pc สูงกว่าค่าที่กำหนดจะทำให้ทรานซิสเตอร์ชำรุดได้

การออกแบบวงจรขับ STEPPING MORTOR

วงจรขับ STEPPING MORTOR ดังรูปข้างล่างนี้



รูปที่ 3.12 แสดงวงจรขับ STEPPING 1 เฟส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากวงจรจะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

-IC1 เป็น OPTOTRANSISTOR ซึ่งจะทำหน้าที่เชื่อมโยงสัญญาณควบคุมจาก Z-80 กับชุดขับ STEPPING MORTOR เหตุที่ใช้ตัวเชื่อมโยงทางแสงเพื่อเป็นการลดภาระให้กับ Z-80

- Q1 และ Q2 เป็นทรานซิสเตอร์ซึ่งต่อในลักษณะเป็นดาลิงตัน

- D1 เป็นไดโอดที่ต่อเพื่อป้องกันแรงดัน EMF ย้อนกลับป้องกันไม่ให้ทรานซิสเตอร์เสียหาย ซึ่งไดโอดนี้จะต้องทนกระแสได้ไม่น้อยกว่า 2 เท่า ของกระแสที่ใช้กับขดลวด STEPPING MORTOR เนื่องจากข้างบนเป็นวงจรขับ STEPPING MORTOR เพียง 1 เฟส ดังนั้นหากใช้มอเตอร์ 4 เฟส ก็ต้องทำชุดขับ 4 เฟส

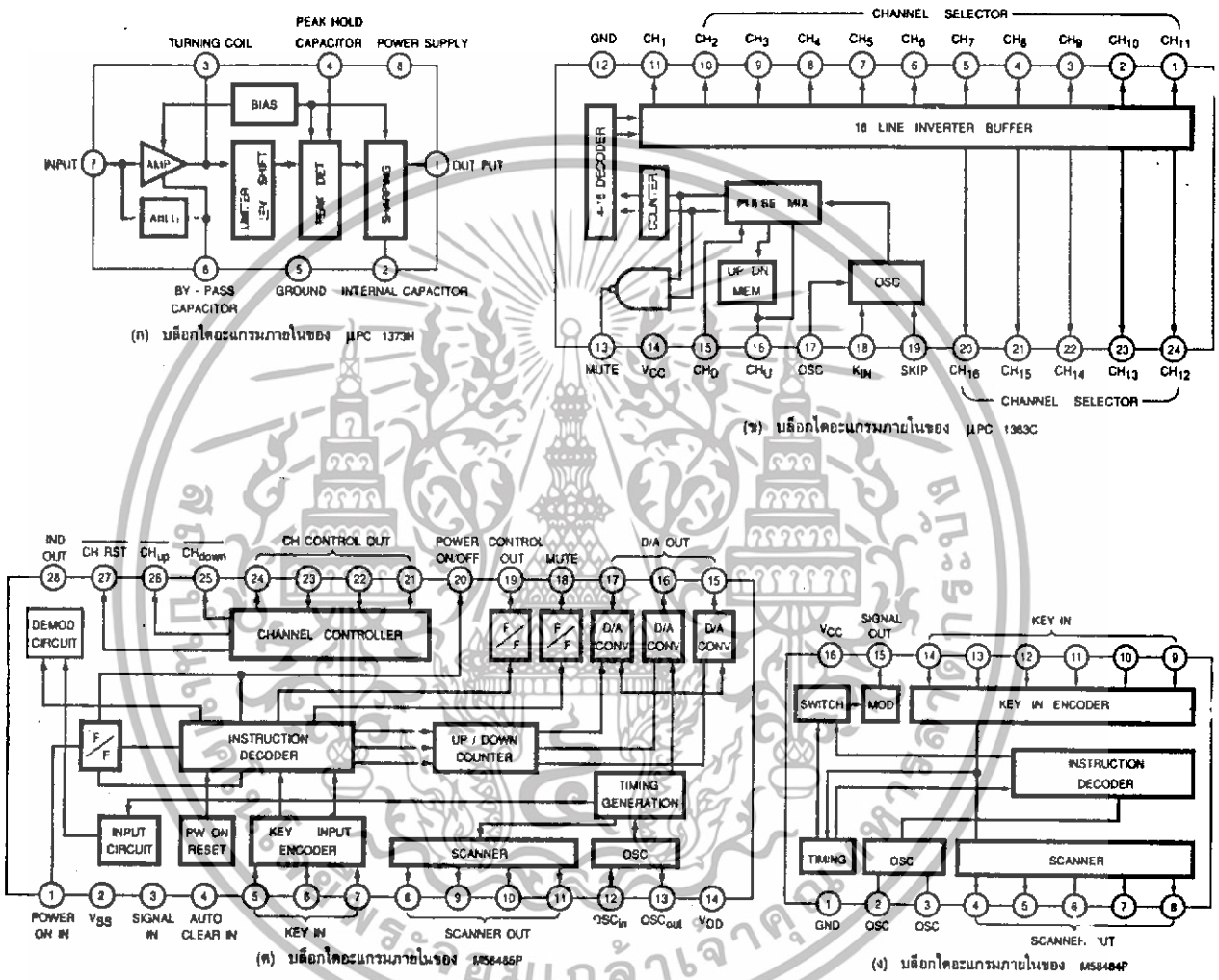
สรุปอุปกรณ์ที่ใช้ในภาคขับ STEPPING MORTOR

R1	ใช้	150KΩ*4
R2	ใช้	47KΩ*4
D1	ใช้	1N5401*4
IC1	ใช้	4N26*4
Q1	ใช้	BD139*4
Q2	ใช้	TIP3055*4

3.4 หลักการทำงานของภาครีโมทคอนโทรล

การทำงานจะแบ่งเป็น 3 ส่วน ใหญ่ ๆ คือ ภาคส่งอินฟาเรด , ภาครับอินฟาเรด และภาคควบคุม ซึ่งจะได้อธิบายเป็นส่วน ๆ โดยจะมี IC หลัก ๆ อยู่ 4 ตัวซึ่งควบคุมการทำงานทั้งหมด ดังแสดงโครงสร้างไว้ในรูปที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

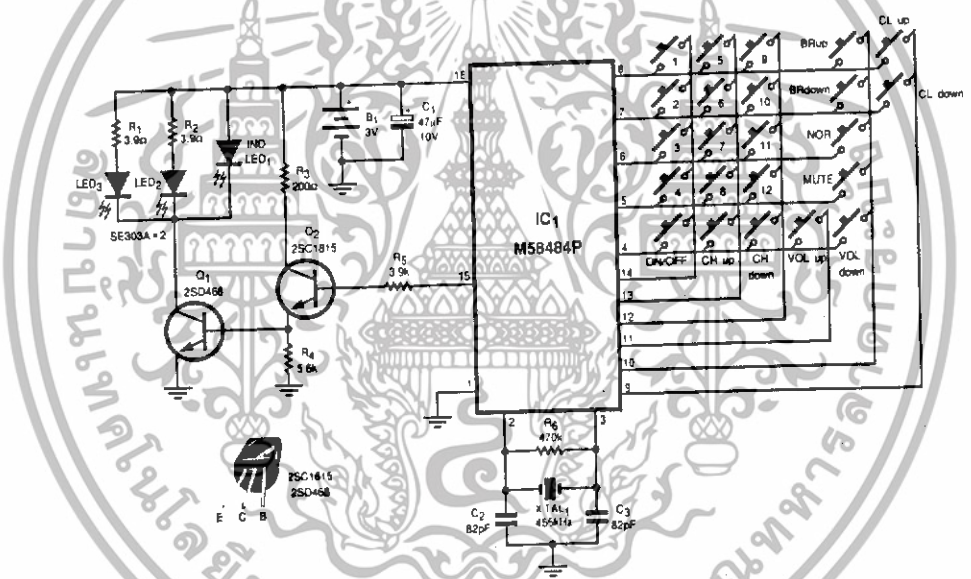


รูปที่ 3.13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคส่งอินฟาเรด

การทำงานของภาคนี้จะใช้ IC เบอร์ M58484P เป็นตัวส่งสัญญาณพัลซ์ที่มีความถี่ต่างกันตามการกดปุ่มควบคุมทางอินพุท คือ ชุดแมตทริกสวิทช์ ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นตัวกดหาช่องโทรทัศน์ช่อง 1-12 และควบคุมการปิด-เปิดโทรทัศน์ การควบคุมช่องโทรทัศน์ขึ้น-ลง การควบคุมความดังของเสียง ซึ่งแสดงไว้ในรูปที่ 3.14 แต่ในที่นี้เราจะใช้เพียงแค่การกดช่องและการควบคุมการปิด-เปิดโทรทัศน์ เท่านั้น คริสตอล X'TAL 1 เป็นตัวกำเนิดความถี่ฐานเวลาให้กับ IC1 ความถี่ 455 กิโลเฮิร์ท เข้าไปทางขา 2 และขา 3 ไฟเลี้ยงวงจรเข้าที่ขา 16 ของ IC1 และเอาท์พุทพัลส์ความถี่ที่ได้จะออกมาทางขา 15 ผ่านการขยาย ด้วยทรานซิสเตอร์ Q2 และ Q1 เพื่อขยายกระแสพัลส์ความถี่ให้กับหลอดอินฟาเรด R1 , R2 จะเป็นตัวจำกัดกระแสให้หลอดอินฟาเรดมี C1 เป็นตัวกรองแรงดัน



รูปที่ 3.14

ภาครับอินฟาเรด

ในส่วนของภาครับอินฟาเรดนั้น จะเป็นส่วนที่รับพัลส์ความถี่ที่ส่งมาในลักษณะแสงอินฟาเรดและทำการขยายพัลส์ความถี่นั้น ซึ่งทำงานโดย IC2 เบอร์ upc1373 ดังแสดงไว้ในรูปที่ 3.15 แสงอินฟาเรดที่ส่งมาจะเข้ามาที่ตัวรับ LED4 ซึ่งเป็นตัวรับแสงอินฟาเรดสัญญาณพัลส์ความถี่จาก LED4 จะเข้าไปทำการขยายใน IC2 ที่ขา 7 โดยมี L1 และ C5 เป็นตัวปรับให้ภาคส่งกลับภาครับแมทต์กัน

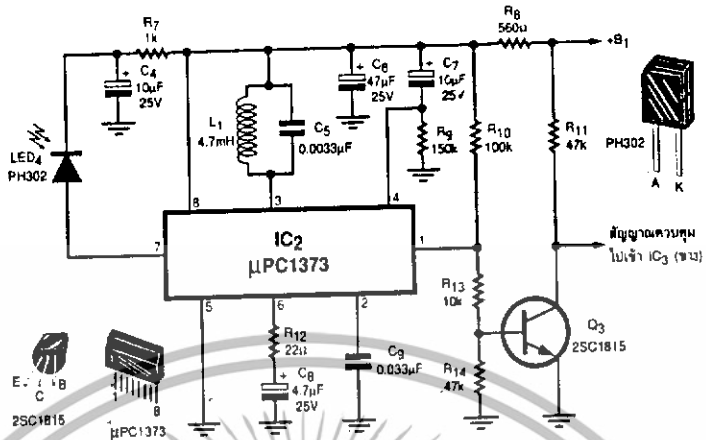
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

R12 และ C8 เป็น RC บายพาส C6 เป็นตัวกรองไฟเลี้ยงวงจรและไอซีได้รับไฟเลี้ยงทางขา 8 , เอาท์พุทความถี่ได้จากขา 1 ซึ่งจะถูกขยายโดยทรานซิสเตอร์ Q3 โดยมี R10 ,R13 และ R14 เป็นไบแอสให้ขาเบสของ Q3 และสัญญาณเอาท์พุทออกทางขาคอลเล็คเตอร์ของ Q3 ไปต่อกับขา 3 ของ IC3 ในภาคควบคุมต่อไปแรงดันไฟเลี้ยงวงจรภาครับได้มาจากไฟ +B1 จากภาคควบคุมโดยมี R8 เป็นตัวจำกัดกระแส

ภาคควบคุม

ส่วนของวงจรควบคุมแสดงไว้ในรูปที่ 3.15 ซึ่งจะเป็นส่วนถอดรหัสและควบคุมช่องโทรทัศน์ซึ่งจะกล่าวถึงภาคเพาเวอร์ซัพพลายก่อน ซึ่งจะเริ่มที่หม้อแปลง T1 เป็นตัวลดแรงดัน 220 โวลท์ ลงมาเหลือ 12 โวลท์ และแยกเป็น 2 ชุด คือจ่ายไฟ 12 โวลท์เพื่อเลี้ยงตัวรีเลย์ RY2-RY14 โดย D1 และ C31 เป็นตัวกรองแรงดันให้เรียบขึ้น ซึ่งแรงดัน 12 โวลท์นี้เรียกว่า แรงดันไฟ +B2 และอีกชุดหนึ่งคือ แรงดันไฟ 12 โวลท์ ได้จาก D2 และ C32 เป็นตัวกรองไฟให้เรียบโดยมี R41 เป็นตัวจำกัดกระแสเพื่อไปแอสกลับขาเบสของทรานซิสเตอร์ Q12-Q23 ซึ่งแรงไฟ 12 โวลท์ที่ได้จากขดนี้เรียกว่า แรงดันไฟ +B3 และขณะเดียวกันแรงดันไฟจาก D2 ,C32 นี้จะแยกมาทำการเรกูเลตแรงดันไฟให้เรียบและคงที่ยิ่งขึ้น โดยทรานซิสเตอร์ Q4 , ZD1 ,R15 โดยมี C11 เป็นตัวกรองไฟให้เรียบ Q4 จะทำหน้าที่ขยายกระแส และจำกัดกระแสไว้ค่าหนึ่ง เพื่อไปเลี้ยงวงจรส่วนต่าง ๆ โดยมี ZD1 เป็นตัวรักษาระดับแรงดัน 12 โวลท์ ให้คงที่ และแรงดันนี้เรียกว่าแรงดัน +B1 เหตุที่ต้องแยกเพาเวอร์ซัพพลายออกเป็น 3 ชุด เพื่อป้องกันผลอันเนื่องมาจากการทำงานของรีเลย์ สัญญาณอินฟาเรดที่ถูกขยายแล้วจากภาครับอินฟาเรดที่ถูกขยายแล้วจากภาครับ จะถูกส่งมาที่ขา 3 ของ IC3 ซึ่งเป็นไอซีเข้ารหัสและควบคุมส่วนต่าง ๆ ของภาคนี้ จากนั้น X'TAL 2 จะกำเนิดความถี่ของเวลาให้ตรงกันที่ความถี่ 455 KHz ที่ขา 12 ,13 ของ IC3 และสัญญาณถอดรหัสช่องโทรทัศน์จะถูกส่งออกไปทางขา 25 ,26 ไปเข้าขา 15 ,16 ของ IC4 โดยมี R21 ,R22 , R18 ,R19 เป็นตัวไบแอสและสัญญาณพัลส์ความถี่ที่ถูกถอดรหัสแล้วจะถูกส่งออกไปทางขา 1-11 และขา 24 ซึ่งต่อไปควบคุมการเลือกช่องโทรทัศน์ สัญญาณควบคุมช่องที่ได้จาก IC4 ทั้ง 12 ช่องนั้น จะไปควบคุมการสวิทซ์ของ Q12 -Q23 ซึ่งรับแรงดันไฟจาก IC4 มาไบแอสที่เบสเพื่อขับให้รีเลย์ทำงาน ซึ่งเมื่อรีเลย์ RY2-RY13 ทำงานนั้นจะมีไดโอด D3-D14 ต่อขนานอยู่เพื่อป้องกันกระแสย้อนกลับ จากขดลวดคอยล์รีเลย์ R42-R53 และ R54-R65 เป็นตัวต้านทานไบแอสให้กับขาเบสของทรานซิสเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15

3.5 ANT-C51

ANT-C51 ใช้ชิพเบอร์ 89C51 ของบริษัท ATMEL เป็นหลักซึ่งโครงสร้างพื้นฐานภายในจะเหมือนกับ 8751 ทุกประการ โดยมีหน่วยความจำภายในเป็นแบบ FLASH MEMORY ความจุ 4 กิโลไบท์ ซึ่งสามารถ PROGRAM ได้ถึง 1000 ครั้ง แต่อย่างไรก็ตามผู้ใช้สามารถเลือกใช้ชิพเบอร์ต่าง ๆ ในตระกูล MCS51 หรือ COMPATIBLE ที่เป็น SINGLE CHIPS ได้ คือเบอร์ 87(C)51, 87(C)52, 89C51, 89C52, DS5000 ซึ่งจะทำให้ได้คุณสมบัติเป็นไปตามโครงสร้างของเบอร์นั้น ๆ

คุณสมบัติของบอร์ด

CPU	89C51 Uc
CLOCK	11.0592 MHz
MEMORY	4/8 KBYTE ON CPU
PORT	32 BIT I/O ON CPU
CONNECTER	3 PIN RS232 (MAX232)
	2 PIN RS485 (75176)
	2 PIN 5VDC
ONBAORD	1 POWER LED

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 USER LED

1 RESET SWITCH (MAX1232)

1 2-WAYS JUMPER (DS5000 RUN/PROG)

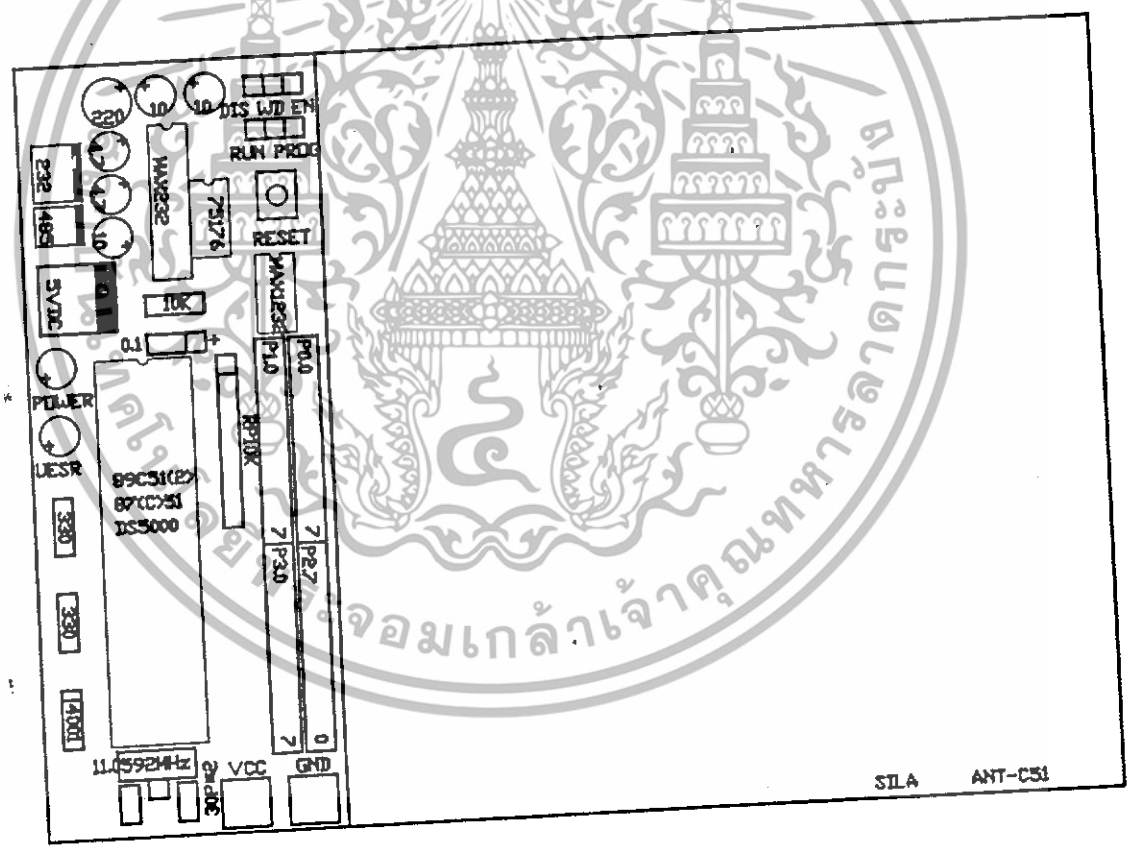
1 2-WAYS JUMPER (WATCH-DOG ENABLE/DISABLE)

2 TEST POINT FOR CLIP (VCC,GND)

4x3.8 INCH WORKING AREA PCB

POWER 5VDC CURRENT 35 Ma

SIZE 4x5.5 INCH



รูปที่ 3.16 ภาพแสดงตำแหน่งต่าง ๆบนบอร์ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายละเอียดต่าง ๆ และการใช้งานบอร์ด

การใช้งานกับ DS5000

บอร์ด ANT-C51 สามารถใช้ได้กับเบอร์ DS5000 จาก DALLAS ซึ่งหลักการพื้นฐานของเบอร์นี้จะเหมือนกับ 87C5x และ 89C5x ทุกประการ เพียงแต่ตัวโปรแกรมที่เก็บอยู่ภายในนั้น จะอยู่ในรูปของ NV-SRAM ซึ่งสามารถเก็บข้อมูลได้นานถึง 10 ปี และไม่จำกัดจำนวนครั้งในการโปรแกรม ซึ่งเหมาะที่จะเป็นเครื่องมือสำหรับงานพัฒนาโปรแกรม ทั้งนี้ DS5000 มีโหมดที่จะพัฒนาโปรแกรมหน่วยความจำภายในได้โดยโหลดผ่านทาง SERIAL PORT โดยจะทำให้โปรแกรมได้สะดวกยิ่งขึ้น การโปรแกรมโดยผ่าน SERIAL PORT นี้ ทำได้โดยตั้ง JUMPER ไว้ที่ตำแหน่ง PROG เมื่อโหลดโปรแกรมเสร็จแล้วให้ปรับ JUMPER ไปที่ตำแหน่ง RUN ก็สามารถใช้งานได้ตามปกติ

SERIAL PORT

พอร์ทสื่อสารอนุกรมของบอร์ด ANT-C51 สามารถเลือกใช้งานได้ 2 แบบ คือ RS232 และ RS485 โดยถ้าต้องการใช้เป็น RS232 ก็ให้เสียบชิพเบอร์ MAX232 และใช้งานที่ขั้วต่อ 3 PIN แต่ถ้าต้องการใช้เป็นแบบ RS485 ก็ให้เสียบชิพเบอร์ 75176 และใช้งานที่ขั้วต่อแบบ 2 PIN โดยในกรณีของ RS485 นี้ จะใช้ขา T0 ของ CPU เป็นตัวควบคุมทิศทางการรับสั่ง โดยถ้า T0=0 จะเป็นการรับข้อมูล และ T0=1 จะเป็นการส่งข้อมูล RS485 จะมีแนวทางการใช้งานในทำนองเดียวกับ RS232 แต่จะแตกต่างในด้านของระดับแรงไฟ คือจะใช้ที่ 5V โดยจะเป็น บวก และลบ สลับกันตามค่าของบิท 0 และ 1 ซึ่งจะยังผลให้มีการหักล้างกันเอง ทำให้ลดสัญญาณรบกวนได้เป็นอย่างดีและ RS485 ยังมีการสื่อสารในแบบ HALF DUPLEX โดยจะต้องรับและส่งข้อมูลคนละจังหวะไม่สามารถสวนทางกันแบบ RS232 ได้ จึงทำให้ต้องมีบิทเพื่อการควบคุมการรับและส่งนั่นเอง และด้วยคุณสมบัตินี้เองจึงทำให้ RS485 สามารถต่อเป็นระบบ NETWORK ได้ ซึ่งสามารถต่อจำนวน NODE ได้ถึง 32 จุด ระยะทางการสื่อสารไม่เกิน 1.2 Km จุดสำคัญของระบบ NETWORK ก็คือการทำโปรแกรมควบคุมนั่นเอง โดยจะต้องควบคุมทิศทางและการสื่อสารข้อมูลของแต่ละจุดในระบบ ให้ทำงานได้อย่างเป็นระเบียบและมีประสิทธิภาพที่สุด

วงจร RESET และ WATCH DOG

วงจร RESET บนบอร์ด ANT-C51 จะใช้ชิพเบอร์ MAX1232 โดยจะใช้สำหรับการ RESET ระบบ รวมทั้งวงจร WATCH DOG ให้พร้อมด้วย ซึ่งการ RESET แบบนี้จะให้ผลดีกว่าการ RESET ด้วยวงจร RC ทั่ว ๆ ไป โดยจะทำการ RESET ทั้งช่วง POWER UP และ DOWN จึงแน่ใจได้ว่าระบบจะไม่เกิดสภาพรวนจากการ RESET อย่างแน่นอน การ RESET จาก MAX1232 นี้จะตั้งระดับไว้ที่ 10 % ของ VCC คือระบบจะทำงานทันทีเมื่อไฟ VCC ต่ำกว่า 4.5 V

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

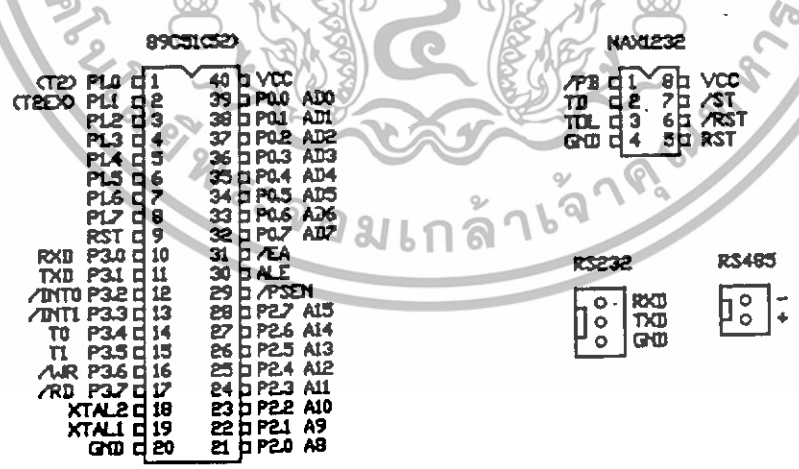
ส่วนวงจร WATCH DOG ก็จะยิ่งช่วยให้ระบบเกิดความเสถียรมากยิ่งขึ้นโดยสามารถเลือก DISABLE หรือ ENABLE ได้ด้วย JUMPER ในกรณีที่ตั้งไว้ที่ DISABLE ระบบจะต่ออยู่กับขา/ST ของ MAX1232 เข้ากับขา ALE ของ CPU หมายถึงว่าจะมีพัลส์ส่งมาตลอดเวลา แต่ถ้าตั้งไว้ที่ ENABLE ระบบจะต่อเข้ากับ P1.7 ของ CPU เพราะฉนั้นโปรแกรมที่เขียนขึ้นจะต้องส่งสัญญาณมากระตุ้นที่ P1.7 เสมอภายในเวลา 1.2 sec ในกรณีที่สัญญาณขาดหายไปซึ่งอาจจะเกิดจากการ HANG ของระบบ ตัว MAX1232 ก็จะทำการ RESET ระบบทันทีจะมีผลทำให้ระบบทั้งหมดกลับมาทำงานได้อีกตามปกติ

WORKING AREA PCB

พื้นที่ PCB สำหรับให้ผู้ใช้พัฒนาวงจรต่าง ๆ เพิ่มเติมได้ตามต้องการ โดยมีขนาด 4x3.8 INCH และที่สำคัญคือมีขาสัญญาณต่าง ๆ ที่สำคัญของ MCS51 ให้พร้อม โดยอยู่ด้านซ้ายของส่วน WORKING PCB ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้สามารถเดินสายเข้ากับวงจรได้ง่ายและสะดวกยิ่งขึ้น

USER LED

บนบอร์ด ANT-C51 จะมี USER LED สำหรับให้ผู้ใช้ใช้งานได้อย่างอิสระทั้งนี้อาจจะใช้เพื่อแสดงสถานะต่าง ๆ ของโปรแกรม หรือแสดงการทำงานตามงานประยุกต์ต่าง ๆ USER LED นี้จะต่อผ่าน PB1.0 ของ CPU การใช้งานจะเป็นแบบ ACTIVE LOW คือถ้ากำหนดให้เป็น 1 จะดับ และจะติดสว่างเมื่อ กำหนดให้เป็น 0



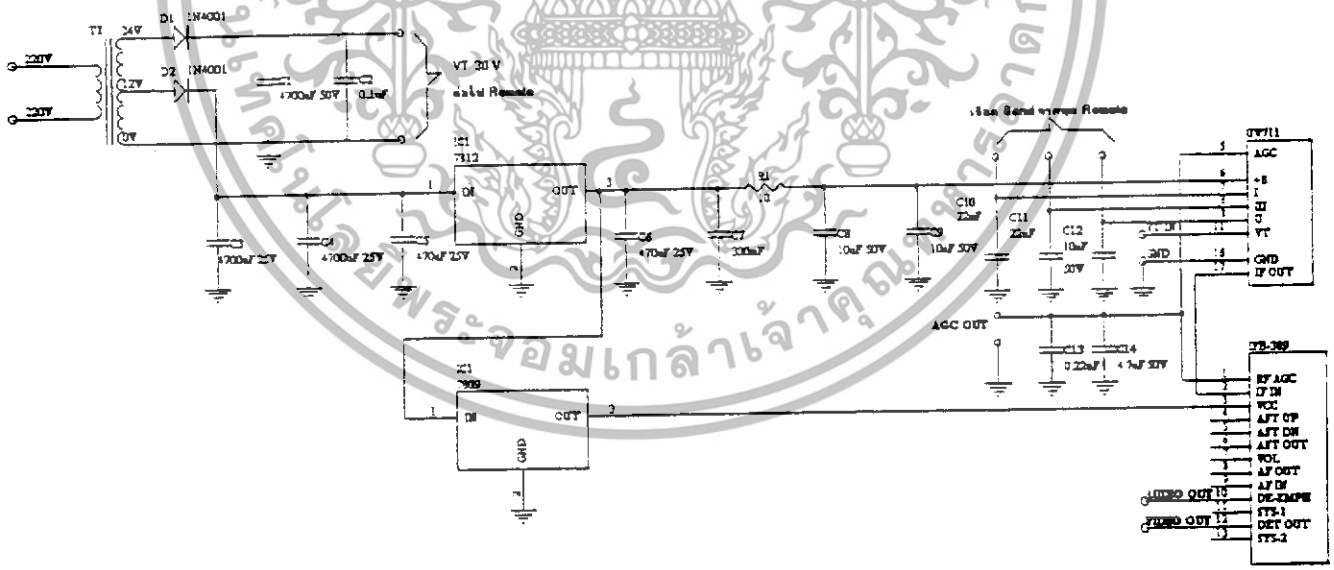
รูปที่ 3.17 ภาพแสดงรายละเอียดของชิพ และ CONNECTER

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรภาคจูนเนอร์

แรกเริ่มจะมีแรงดันไฟ 24 V ซึ่งจะผ่านไดโอดเบอร์ 1N4001 ซึ่งเป็นวงจร Halfwave Rectifier เพื่อทำให้เป็นแรงดันไฟตรงผ่าน capacitor ค่า 4700 uF และ 0.1 uF เพื่อกรองและปรับแรงดันให้เรียบเพื่อป้อนเป็น VT ให้กับชุด Remote ส่วนแรงดันไฟ 12 V จะผ่านไดโอดเบอร์ 1N4001 ซึ่งเป็นวงจร Halfwave Rectifier แล้วนำไปผ่าน capacitor ค่า 4700 uF 2 ตัว และค่า 470 uF เพื่อกรองและปรับแรงดันให้เรียบจากนั้นจะถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะนำไปผ่านไอซีเรกูเลตเบอร์ 7812 เพื่อทำเป็นแรงดันไฟ 12 V เป็นแรงดัน +B เพื่อเลี้ยงจูนเนอร์ UV 711 ซึ่งจากตัวจูนเนอร์จะมีขา VT ซึ่งจะรับแรงดันไฟแรกเริ่มจะมีแรงดันไฟ 24 V ซึ่งจะผ่านไดโอดเบอร์ 1N4001 ซึ่งเป็นวงจร Halfwave Rectifier เพื่อจูนจากชุดของ Remote 30 V และขาเลือก Band จากชุดของ Remote ซึ่งเมื่อมีแรงดันไฟ 12 V มาป้อนที่ขาใดจะเป็นการเลือก Band นั้น ส่วนขา AGC และขา IF OUT จะต่อเข้าชุด IF Block ต่อไป

แรงดันไฟ 12 V ที่ผ่าน capacitor กรองแรงดันมาแล้วอีกส่วนหนึ่ง จะป้อนให้กับไอซีเรกูเลตเบอร์ 7809 เพื่อป้อนเป็นไฟเลี้ยงให้กับชุด IF Block ทางขา 3 ซึ่งเป็น VCC โดยมีขา 1 เป็น AGC เพื่อไปป้อนให้กับตัวจูนเนอร์ ขา 2 จะรับสัญญาณ IF มาจาก IF OUT ของจูนเนอร์เพื่อนำมาดีเทคเอาสัญญาณภาพและเสียงออกทางขา 10 และ 12 ของ IF Boick

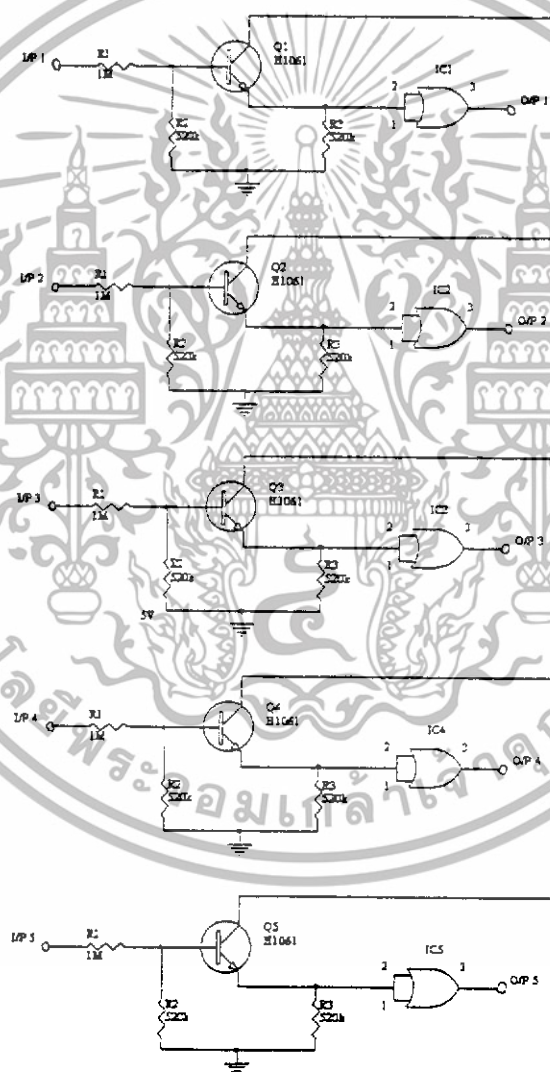


รูปที่ 3.18 วงจรภาคจูนเนอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วงจรลดแรงดัน

วงจรนี้จะใช้ไอซีเรกูเลตเบอร์ 7805 เพื่อทำการป้อนไปให้ไมโครโปรเซสเซอร์ประมวลผล โดยเมื่อมีแรงดัน 30 จากชุดปรีเซ็ทมาป้อนให้ที่ขาเบสจะทำให้ทรานซิสเตอร์ ON เพื่อป้อนแรงดันไฟ 5 V ออกมาให้ไอซี TTL เบอร์ 7432 เป็นไอซี OR Gate 4 ตัว ซึ่งจะทำหน้าที่เป็นบัฟเฟอร์เพื่อป้องกันการ Load วงจร



รูปที่ 3.19 วงจรลดแรงดัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การออกแบบโปรแกรม

ในการออกแบบการเขียนโปรแกรมของเครื่องควบคุมสายอากาศอัตโนมัตินั้นจะนำหลักการของเครื่องควบคุมสายอากาศอัตโนมัติมาใช้ในการออกแบบการเขียนโปรแกรมให้ได้ตามขอบเขตที่กำหนดไว้โดยเริ่มต้นจากการออกแบบ FLOW CHART ให้มีเงื่อนไขตามที่กำหนดครบถ้วน ต่อจากนั้นก็ทำการเขียนโปรแกรมการทำงานของเครื่องควบคุมสายอากาศอัตโนมัตินี้ตาม FLOW CHART ที่ได้ออกแบบไว้ดังแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมควบคุมเครื่อง

```
;MEMORY USED
;30H IS FOR MOTOR
;31H IS REMOTE STATUS
;32H IS ADC LV
;33H IS LOCATION
;71H IS LOCATE CH1
;72H IS LOCATE CH2
;73H IS LOCATE CH3
;74H IS LOCATE CH4
;75H IS LOCATE CH5

SPEED  EQU 35
STEPV  EQU 194

      ORG 0000H
      MOV A,#40
      CALL DELAY_MS      ;WAIT FOR LCD

      MOV P0,#11110000B  ;SET FOR MOTER AND REMOTE
      MOV 30H,#33H       ;FOR STEPING MOTER
      MOV 31H,#0FFH
      MOV 71H,#0AAH
      MOV 72H,#0AAH
      MOV 73H,#0AAH
      MOV 74H,#0AAH
      MOV 75H,#0AAH
      MOV 76H,#0FFH
START:
      CALL INIT          ;INIT LCD
      SETB P2.4
      JB P2.4,AUTO
      JMP NORMAL

AUTO:
      MOV DPTR,#AUTOT
      CALL INMEM
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV R3,#1
        CALL SCAN
        MOV A,#1
        CALL DELAY_SEC

        CALL REMOTE
TMRSTT1:
        MOV DPTR,#CHX
        CALL INMEM
        MOV R3,#1
        MOV 47H,31H
        CALL SCAN

        CALL SET_POINT
        CALL CHECKSTATE

        MOV A,31H
TESA1:
        CALL REMOTE
        CALL REMOTE
        CJNE A,31H,TMRSTT1
        JMP TESA1

CHECKSTATE:

        MOV A,31H
CST1:   CJNE A,#31H,CST2
        MOV A,71H
        CJNE A,#0AAH,SPT1
        CALL FLOCATE
        MOV 71H,33H
        RET

CST2:   CJNE A,#32H,CST3
        MOV A,72H
        CJNE A,#0AAH,SPT2
        CALL FLOCATE
        MOV 72H,33H
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        RET

CST3:   CJNE A,#33H,CST4
        MOV A,73H
        CJNE A,#0AAH,SPT3
        CALL FLOCATE
        MOV 73H,33H
        RET

CST4:   CJNE A,#34H,CST5
        MOV A,74H
        CJNE A,#0AAH,SPT4
        CALL FLOCATE
        MOV 74H,33H
        RET

CST5:   CJNE A,#35H,CTSX
        MOV A,75H
        CJNE A,#0AAH,SPT5
        CALL FLOCATE
        MOV 75H,33H
        RET

SPT1:
        MOV 76H,71H
        CALL GO_POINT
        RET

SPT2:   MOV 76H,72H
        CALL GO_POINT
        RET

SPT3:   MOV 76H,73H
        CALL GO_POINT
        RET

SPT4:   MOV 76H,74H
        CALL GO_POINT
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        RET

SPT5:   MOV 76H,75H
        CALL GO_POINT
        RET


CTSX:   RET

NORMAL:
        MOV DPTR,#NORMA
        CALL INMEM
        MOV R3,#1
        CALL SCAN
        MOV A,#1
        CALL DELAY_SEC

        CALL REMOTE
NEWCH:
        MOV DPTR,#CHX
        CALL INMEM
        MOV R3,#1
        MOV 47H,31H
        CALL SCAN          ;SHOW CH
        CALL SET_POINT     ;SET ORG

        CALL FLOCATE

        MOV A,31H
CHKRE:
        CALL REMOTE
        CALL REMOTE
        CJNE A,31H,NEWCH
        JMP CHKRE

        JMP $
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
FLOCATE:
        MOV 30H,#33H
        MOV 32H,#0FFH
        MOV R5,#STEPV
        MOV R6,#0
        MOV DPTR,#SCANA
        CALL INMEM

AOVER:
        DEC R5
        CJNE R5,#0,R5SUB
        JMP EXIT_FLOCATE
R5SUB:
        INC R6
S1:     CJNE R6,#1,S2
        MOV P0,#11110011B
        JMP SX
S2:     CJNE R6,#2,S3
        MOV P0,#11111001B
        JMP SX
S3:     CJNE R6,#3,S4
        MOV P0,#11111100B
        JMP SX
S4:     MOV R6,#0
        MOV P0,#11110110B
SX:
        CALL RATOD

        PUSH ACC
        PUSH ACC
        MOV DPTR,#SCANA
        CALL INMEM
        POP ACC
        CALL HTA
        MOV R3,#2
        CALL SCAN
        POP ACC
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        PUSH ACC
        SUBB A,32H
        POP ACC
        JC ALESS      ;IF A < 32H
        JNC AOVER     ;IF A > 32H

ALESS:  MOV 32H,A
        MOV 33H,R5
        PUSH ACC
        MOV DPTR,#SCANB
        CALL INMEM
        POP ACC
        CALL HTA
        MOV R3,#1
        CALL SCAN
        JMP AOVER

EXIT_FLOCATE:
        MOV DPTR,#GOP
        CALL INMEM
        MOV R3,#2
        CALL SCAN
        MOV A,#0FFH
        CALL DELAY_MS

        MOV B,33H
FLO:
        CALL FORWARDX
        DJNZ B,FLO

        MOV DPTR,#SETK
        CALL INMEM
        MOV R3,#2
        CALL SCAN
        MOV A,#1
        CALL DELAY_SEC
        CALL REMOTE
        MOV DPTR,#CHX
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        SWAP A
        ADD A,#30H
        PUSH ACC
        SUBB A,#3AH
        JC LESSX
        POP ACC
        ADD A,#7H
        JMP LESSM
LESSX:
        POP ACC
LESSM:
        MOV 4DH,A
        POP ACC
        ANL A,#0FH
        ADD A,#30H
        PUSH ACC
        SUBB A,#3AH
        JC LESSY
        POP ACC
        ADD A,#7H
        JMP LESSK
LESSY:
        POP ACC
LESSK:
        MOV 4EH,A
        POP ACC
        RET
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        JMP $

;READ DATA FROM A TO D
RATOD:
        MOV P3,#0FFH
        CLR P2.5
        MOV A,#10
        CALL DELAY_MS
        SETB P2.5
        CALL DELAY_MS
        CLR P2.5
        MOV P3,#0FFH
        MOV A,P3
        RET

REMOTE:
        PUSH ACC
        MOV P0,#0F0H
        SETB P2.6
        MOV A,#0FFH
        CALL DELAY_MS
        CALL DELAY_MS          ;INIT PORT FOR REMOTE

CHH1:   JB P0.4,CHH2
        MOV 31H,#31H
        JMP CHHN
CHH2:   JB P0.5,CHH3
        MOV 31H,#32H
        JMP CHHN
CHH3:   JB P0.6,CHH4
        MOV 31H,#33H
        JMP CHHN
CHH4:   JB P0.7,CHH5
        MOV 31H,#34H
        JMP CHHN
CHH5:   JB P2.6,CHHN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV 31H,#35H
CHHN:
        POP ACC
        RET
;SET POINT TO DIP SWITCH  31H IS SPEED MOTOR
SET_POINT:

    MOV DPTR,#SETP
    CALL INMEM
    MOV R3,#2
    CALL SCAN
    MOV R6,#0
LOOP_SET:
    SETB P2.3
    JNB P2.3,SET_POINT_OK

    ; CALL FORWARDX

     INC R6
S1M:   CJNE R6,#1,S2M
     MOV P0,#11110011B
     JMP SXM
S2M:   CJNE R6,#2,S3M
     MOV P0,#11110110B
     JMP SXM
S3M:   CJNE R6,#3,S4M
     MOV P0,#11111100B
     JMP SXM
S4M:   MOV R6,#0
     MOV P0,#11111001B
SXM:
     MOV A,#40
     CALL DELAY_MS
     JMP LOOP_SET

SET_POINT_OK:
    MOV DPTR,#SETK
    CALL INMEM
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV R3,#2
        CALL SCAN
        MOV A,#1
        CALL DELAY_SEC
        RET

;GO TO POINTER SET FROM START
GO_POINT:
        CALL SET_POINT
        MOV DPTR,#GOP
        CALL INMEM
        MOV R3,#2
        CALL SCAN
        MOV A,#1
        CALL DELAY_SEC

        MOV A,#STEPV
        SUBB A,76H      ;CALCULATE FOR REVERSD
        MOV R6,#0
        MOV B,A
;       MOV B,#80
GOO:

        ;CALL REVERSX
        INC R6
S1X:    CJNE R6,#1,S2X
        MOV P0,#11110011B
        JMP SXX
S2X:    CJNE R6,#2,S3X
        MOV P0,#11111001B
        JMP SXX
S3X:    CJNE R6,#3,S4X
        MOV P0,#11111100B
        JMP SXX
S4X:    MOV R6,#0
        MOV P0,#11110110B
SXX:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV A,#SPEED
        CALL DELAY_MS
        DJNZ B,GOO

    MOV DPTR,#SETK
    CALL INMEM
    MOV R3,#2
    CALL SCAN
    MOV A,#1
    CALL DELAY_SEC
    RET

;ADDRESS 30H IS BUFFER FOR TURNING MOTOR
FORWARDX:
      MOV  A,30H
      RLC  A
      MOV  30H,A
      MOV  P0,A
      MOV A,#SPEED
      CALL DELAY_MS
      RET

;ADDRESS 30H IS BUFFER FOR TURNING MOTOR
REVERSX:
      MOV  A,30H
      RRC  A
      MOV  30H,A
      MOV  P0,A
      MOV  A,#SPEED
      CALL DELAY_MS
      RET


;SUB PROGRAM FROM DATA TO DIA PLAY BUFFER ADDRESS 40H - 4FH
INMEM:
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    MOV R0,#40H
    MOV B,#16
NEXTX:
    MOV A,#0
    MOVC A,@A+DPTR
    MOV @R0,A
    INC DPTR
    INC R0
    DJNZ B,NEXTX
    RET

;SUB PROGRAM SCAN  FRAM DISPLAY BUFFER TO LCD
SCAN:

     CLR P2.0
     CLR P2.1
     CJNE R3,#1,LINE2
     MOV P1,#10000000B      ;DD RAM IS LINE1
     JMP SET_DDRAM
LINE2:
     MOV P1,#11000000B      ;DD RAM IS LINE2
SET_DDRAM:
     CALL EPLUSE
     CALL WAITBF

     MOV R0,#40H            ;DISPLAY ADDRESS 40H
     MOV B,#16              ;16 CHAR
CHAR1:
     MOV A,@R0
     CALL WRITE
     INC R0
     DJNZ B,CHAR1
     RET

WRITE:
      SETB P2.0
      CLR P2.1              ;OUT DATA RS=1 RW =0
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV P1,A
        CALL EPLUSE
        CALL WAITBF
        RET

EPLUSE: SETB P2.2     ;P2.2 IS ENABLE PLUSE
        MOV A,#1
        CALL DELAY_MS
        CLR  P2.2
        RET

WAITBF:
        PUSH ACC
        MOV A,#2
        CALL DELAY_MS
        POP ACC
        RET

INIT:
        CLR P2.0
        CLR P2.1

        MOV P1,#00111000B     ;DISPLAY 5*7 DOT 2 LINE
        CALL EPLUSE
        CALL WAITBF

        MOV P1,#0FH
        CALL EPLUSE
        CALL WAITBF

        MOV P1,#6
        CALL EPLUSE
        CALL WAITBF

        MOV P1,#1
        CALL EPLUSE
        CALL WAITBF
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        MOV P1,#80H
        CALL EPLUSE
        CALL WAITBF
        RET

AUTOT: DB "AUTO   MODE  SET"
NORMA: DB "NORMAL MODE  SET"
SCANA: DB " AGC LEVEL   XX "
SCANB: DB " AGC DETECT  XX "
MST:   DB "   MODE SCAN    "
FEEDT: DB "  READ SIGNAL   "
CHX:   DB "CHANEL X IS ON  "
BLANK: DB "                "
SETP:  DB " SET TO ORIGIN  "
SETK:  DB " LOCATE   SET   "
GOP:   DB "  GO TO LOCATE  "
TEST:  DB "  MOTOR  TEST   "
OKP:   DB "  SIGNAL READY  "
 $INCLUDE "DELAY.ASM"

 END.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและสรุปผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลอง

ในภาค IF จะมีแรงดันหนึ่งที่เป็นตัวควบคุมอัตราการขยายของวงจร เรียกว่า AGC หรือ Automatic Gain Control เมื่อสัญญาณที่เข้ามามีน้อยเกินไป ส่วน AGC จะผลิตแรงดันควบคุมให้มากขึ้นเพื่อทำให้ Gain การขยายของ ภาค IF Amp เพิ่มขึ้น ถ้าสัญญาณเข้ามามากจะทำงานตรงข้ามกัน จากการทดลองจะพบว่า เมื่อสัญญาณภาพมีความชัดเจนที่สุด แรงดัน AGC จะมีค่าน้อยที่สุดและที่สัญญาณมีความชัดเจนน้อย ค่าของแรงดัน AGC จะเพิ่มขึ้น ซึ่งส่วนนี้เมื่อนำไปผ่านวงจรในส่วนของ ADC หรือ Analog to Digital Converter ซึ่งทำหน้าที่แปลงแรงดัน DC ของอินพุทไปเป็นค่าทาง Digital เพื่อส่งไปให้ CPU ประมวลผลต่อไปซึ่งค่าที่ได้จะแสดงดังตาราง

AGC (V)	AGC (Digital)
0.0	00 H
0.5	19 H
1.0	33 H
1.5	4C H
2.0	66 H
2.5	7F H
3.0	99 H
3.5	B2 H
4.0	CC H
4.5	E5 H
5.0	FF H

ในส่วนของวงจรภาคจูนเนอร์เมื่อทำการกดเลือกช่องใดแล้วจะมีการ Drop ค่าแรงดันจากขาของช่องนั้นลงกราวด์ทำให้แรงดันลดลงเป็น 0 V เมื่อนำไปต่อผ่านภาค Detect and Convert to digital แล้วจะได้แรงดันเป็น Hi และ Low ผ่านทาง Port เพื่อให้ CPU ประมวลผลต่อไป

จากการทดลองเมื่อนำวงจรส่วนต่างๆ มาประกอบเข้าด้วยกัน แล้วทำการทดสอบตามโปรแกรมที่ได้เขียนตามวัตถุประสงค์ของโครงงานที่ตั้งไว้ พบว่าเมื่อทดลองจำลองการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยป้อนแรงดัน 5 V แทน Logic "High" และ 0V แทน Logic "Low" ทาง Port ของบอร์ด ANT-C51 จะทำงานได้ตรงตามที่คาดไว้ แต่เมื่อลองต่อ Input จากส่วนของภาคจูนเนอร์และรีโมทคอนโทรลจะพบปัญหาเล็กน้อย เนื่องจากความไม่เสถียรของแรงดัน ซึ่งได้ทำการปรับปรุงบางส่วนของวงจรเสียใหม่ก็พบว่าทำงานได้ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้

4.2 สรุปผลการทดลอง

เนื่องจากโครงงานนี้ได้มีการนำเอาไมโครคอนโทรลเลอร์มาประยุกต์ใช้ในการควบคุมระบบ ซึ่ง Port ตัวบอร์ดมีถึง 32 บิท ทำให้ง่ายต่อการแก้ไขเพิ่มเติมฮาร์ดแวร์ในอนาคต อีกทั้งตัว CPU สามารถทำการลบและโปรแกรมใหม่ได้ถึง 1,000 ครั้ง มีหน่วยความจำถึง 4Kbyte และยังสามารถโปรแกรมผ่านทางเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ได้โดยผ่าน ทาง RS232 ทำให้ง่ายต่อการเพิ่มเติมโปรแกรมในอนาคต ซึ่งจากการใช้งาน ปรากฏว่าเมื่อใช้งานแล้วส่วนมากได้ผลดี สัญญาณที่ได้มีความชัดเจนดี

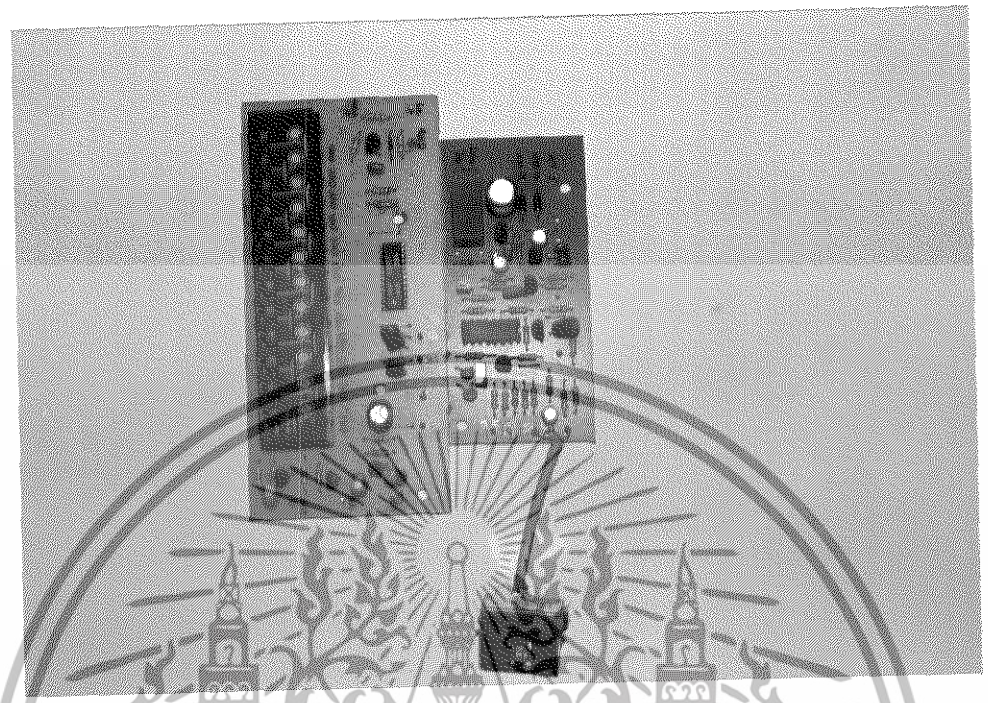
4.3ปัญหาที่พบ

1. บางครั้งเมื่อสั่งให้เครื่องทำงานแล้วจุดที่เสาอากาศไปหยุดนั้นไม่ใช่จุดที่สัญญาณมีความชัดเจนที่สุด เนื่องจากตัวของ stepping motor ไม่ได้มาตรฐาน ทำให้ตำแหน่งที่ได้ผิดพลาด

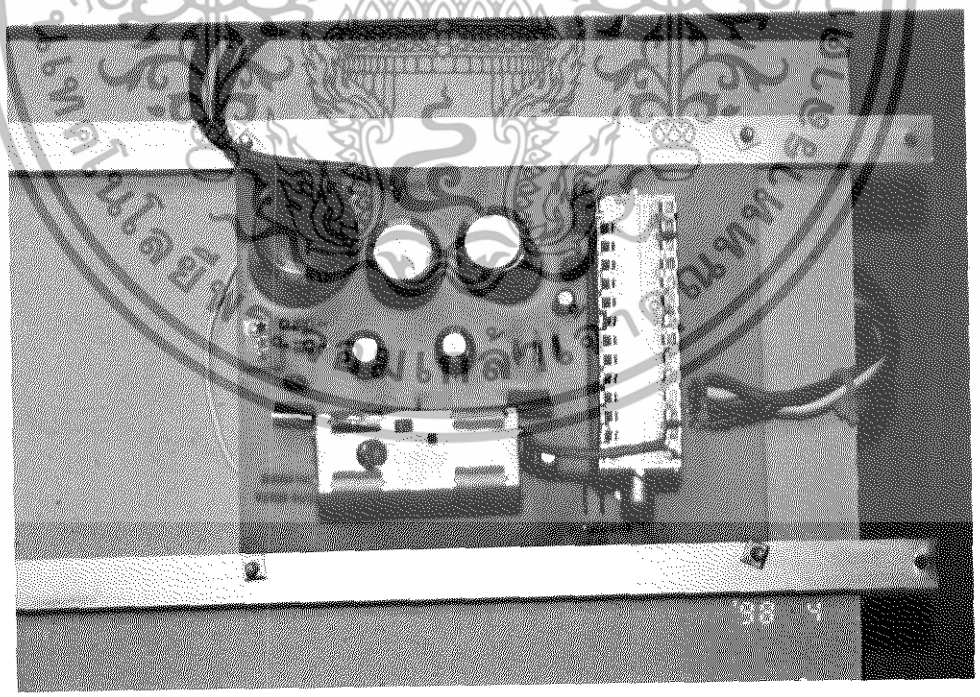
2. ในบางครั้งจุดที่สัญญาณแรงที่สุดอาจไม่ใช่จุดที่ภาพมีความชัดเจนที่สุด เนื่องจากเกิดการสะท้อนหรือการแทรกซ้อนของคลื่นทำให้ตำแหน่งที่ได้ในบางครั้งมีการผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของวงจร

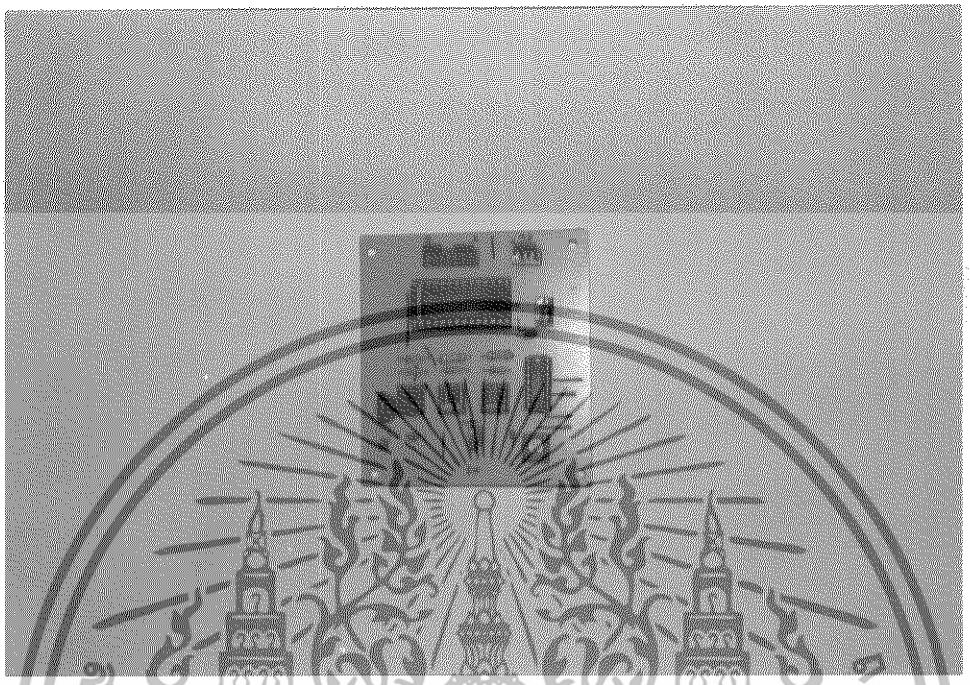


ภาค REMOTE CONTROL และการเลือกช่อง

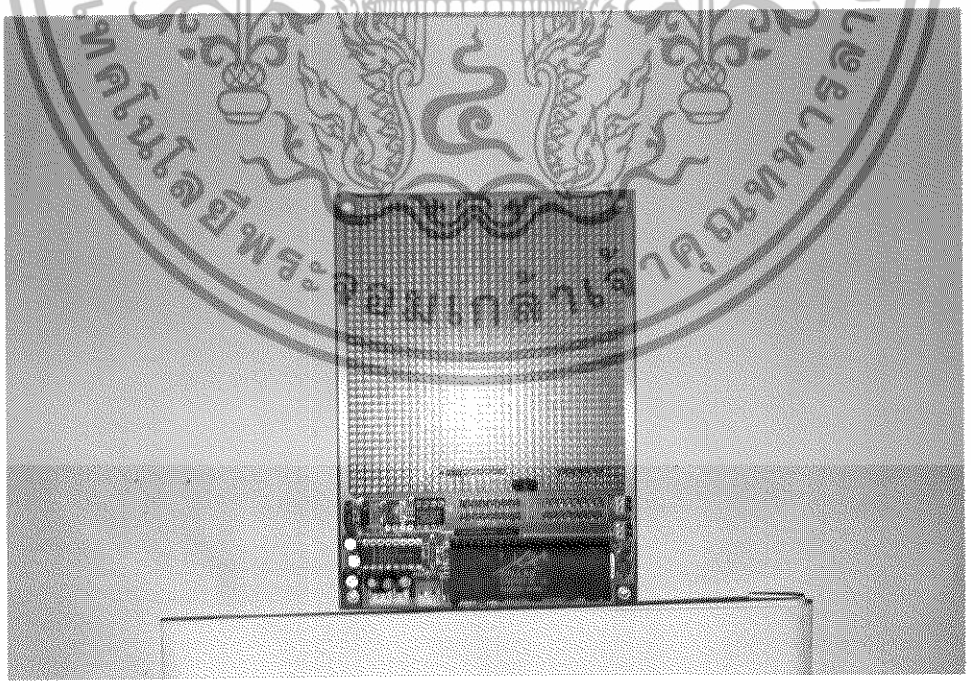


ภาคจูนเนอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

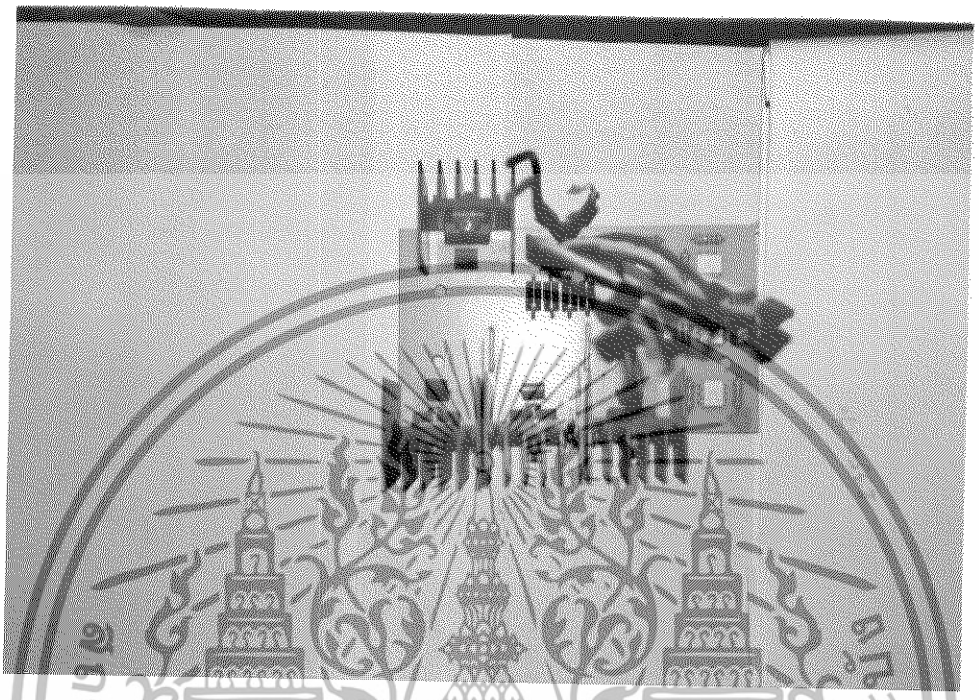


ภาค AGC Converter

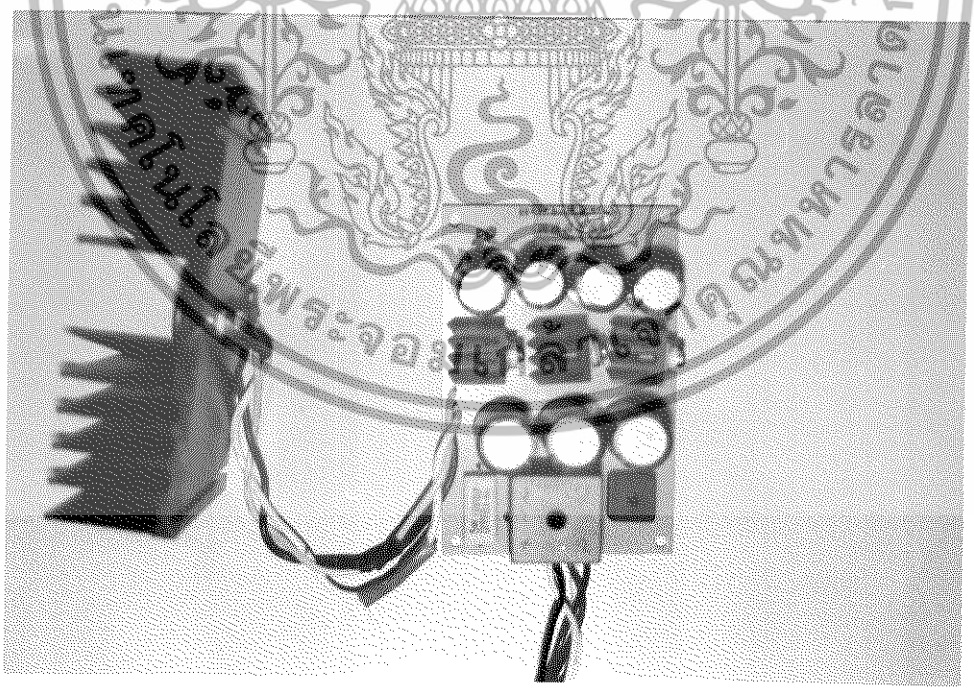


ภาคการประมวลผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาค Drive Stepping Motor



ภาค Power Supply

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5 วิธีการใช้งาน

1. นำสาย AC จากเครื่องรับโทรทัศน์มาต่อเข้า AC OUTPUT ที่เครื่องสายอากาศปรับทิศทางอัตโนมัติ
2. เลือก Mode การทำงาน (normal mode หรือ Auto mode)
3. เปิดสวิทซ์ Power
4. เลือกช่องที่ต้องการรับชมจาก Remote ของเครื่องสายอากาศปรับทิศทางอัตโนมัติ

การปิด - เปิด เครื่องรับโทรทัศน์

ในการปิด - เปิด เครื่องรับโทรทัศน์ให้ใช้ปุ่มปิด - เปิดที่ Remote ของเครื่องสายอากาศปรับทิศทางอัตโนมัติ (ปุ่มสีแดงบนสุดทางซ้ายมือ)

การเลือก Mode ใช้งานของเครื่อง

เครื่องสายอากาศปรับทิศทางอัตโนมัติจะมี Mode การทำงานอยู่ 2 Mode คือ

1. Normal mode จะมีลักษณะการทำงานคือ เครื่องจะทำการสแกนหาจุดที่แรงดัน AGC มีค่าน้อยที่สุดทุกครั้งที่มีการกดปุ่มเปลี่ยนช่องที่ Remote ของเครื่อง
2. Auto mode จะมีลักษณะการทำงานคือ เครื่องจะทำการสแกนหาจุดที่แรงดัน AGC มีค่าน้อยที่สุดในครั้งแรก ของการกดช่องนั้น หลังจากเปิดเครื่องครั้งแรก เมื่อมีการกดช่องเดิมในครั้งต่อไปเครื่องจะทำการหมุนสายอากาศไปยังตำแหน่งที่แรงดัน AGC ของช่องนั้นมีค่าน้อยที่สุดเองอัตโนมัติโดยไม่ต้องสแกนใหม่

การเลือก mode การทำงานจะทำได้โดยการเลื่อนสวิทซ์ที่อยู่ด้านหน้าของตัวเครื่องไปยัง mode ที่ต้องการใช้งาน

ข้อเสนอแนะในการใช้งาน

เมื่อมีการกดปุ่มเลือกช่องที่ต้องการรับชมช่องใดช่องหนึ่งแล้วควรปล่อยให้เครื่องทำงานจนเสร็จก่อนจะเปลี่ยนช่องต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

นรินทร์ เนาวประทีป ออปแอมป์741 กรุงเทพฯ ฟิสิกส์เซ็นเตอร์ , 2531

สุพันธ์ อมรเชิดชู "สเต็ปเปอร์มอเตอร์" เซมิคอนดัคเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ (126) 83-96 , เมษายน 2536

สมยศ จุณณาปิยะ การใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล MCS-51 กรุงเทพฯ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง , 2537

คู่มือไอซี ซัพพอร์ทและหน่วยความจำ กรุงเทพฯ บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด , 2529

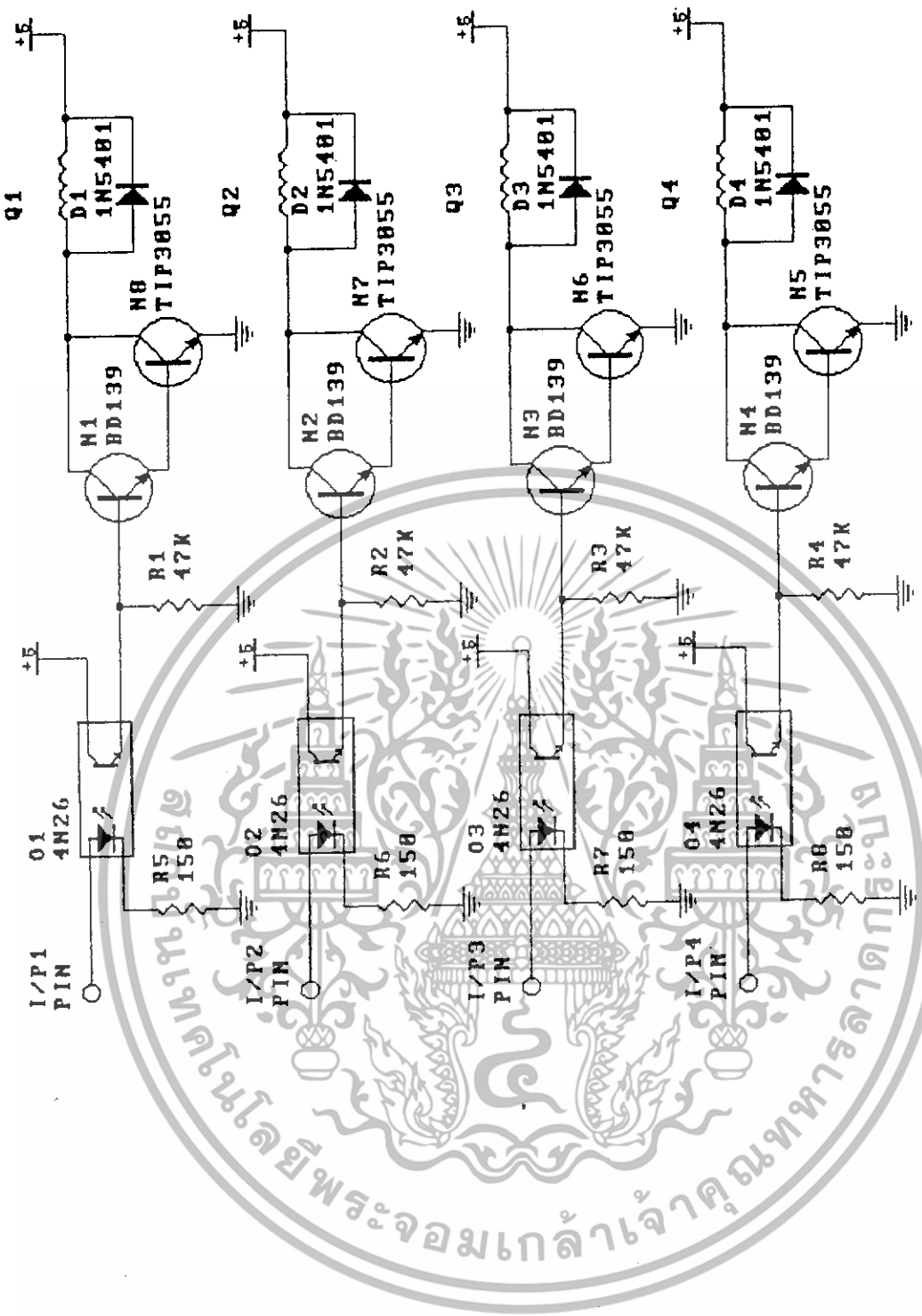
รีโมต เครื่องควบคุมไร้สาย กรุงเทพฯ บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน) , 2538

ก้องเกียรติ ณ สีมา ทฤษฎีการใช้ไทม์เมอร์ไอซี 555 กรุงเทพฯ อิเล็กทรอนิกส์เวิลด์ , 2528

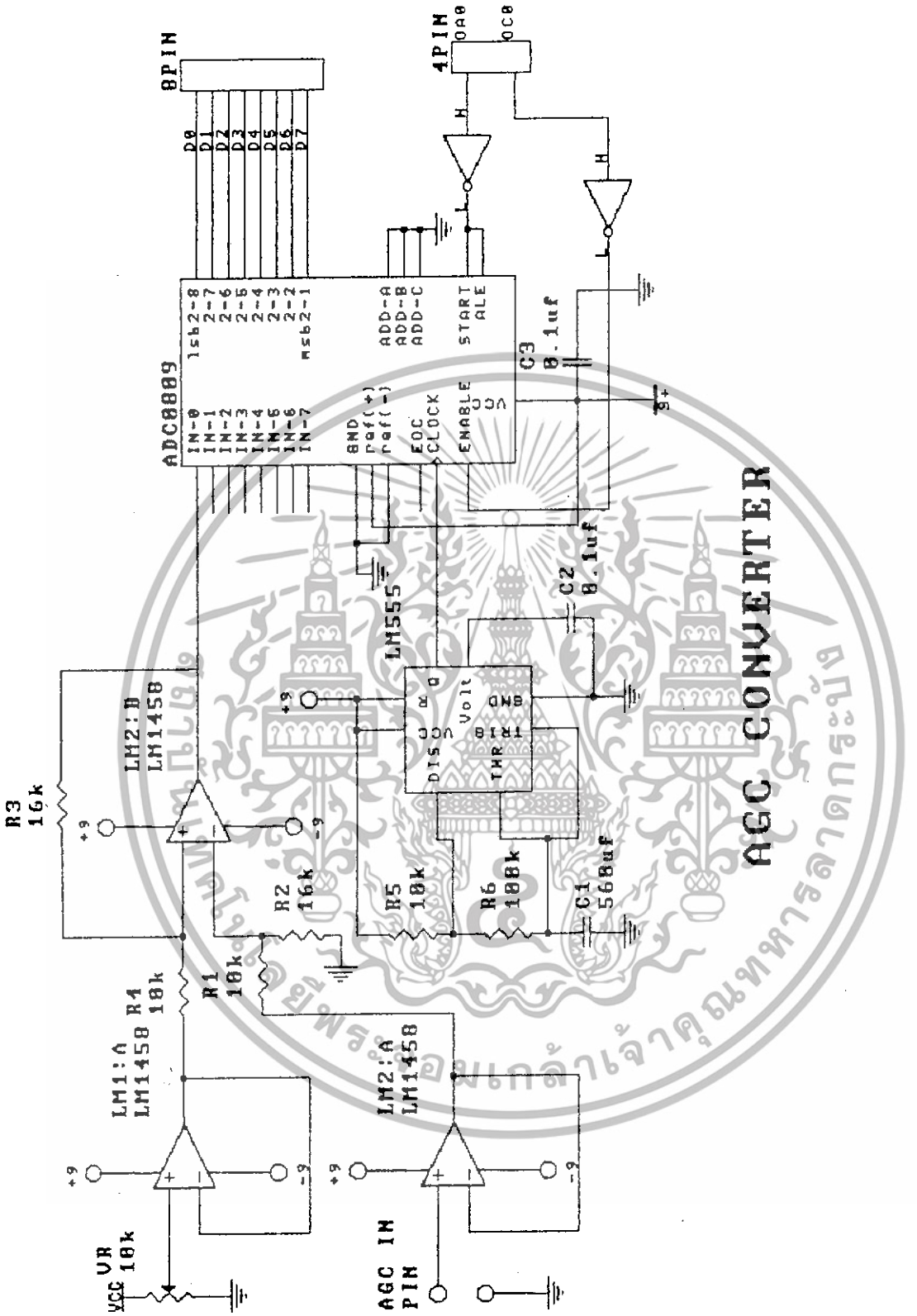
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ลายวงจร

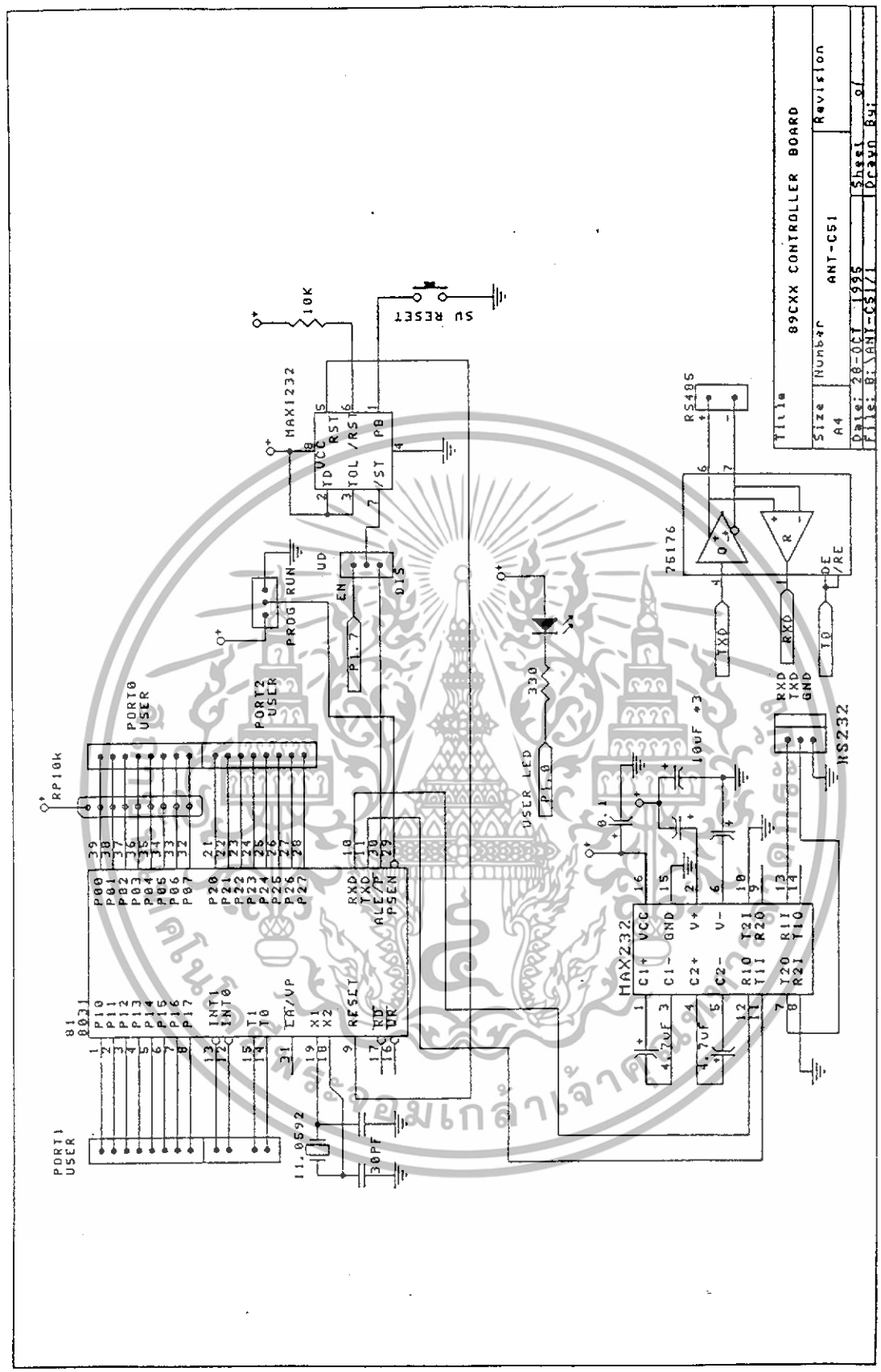
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



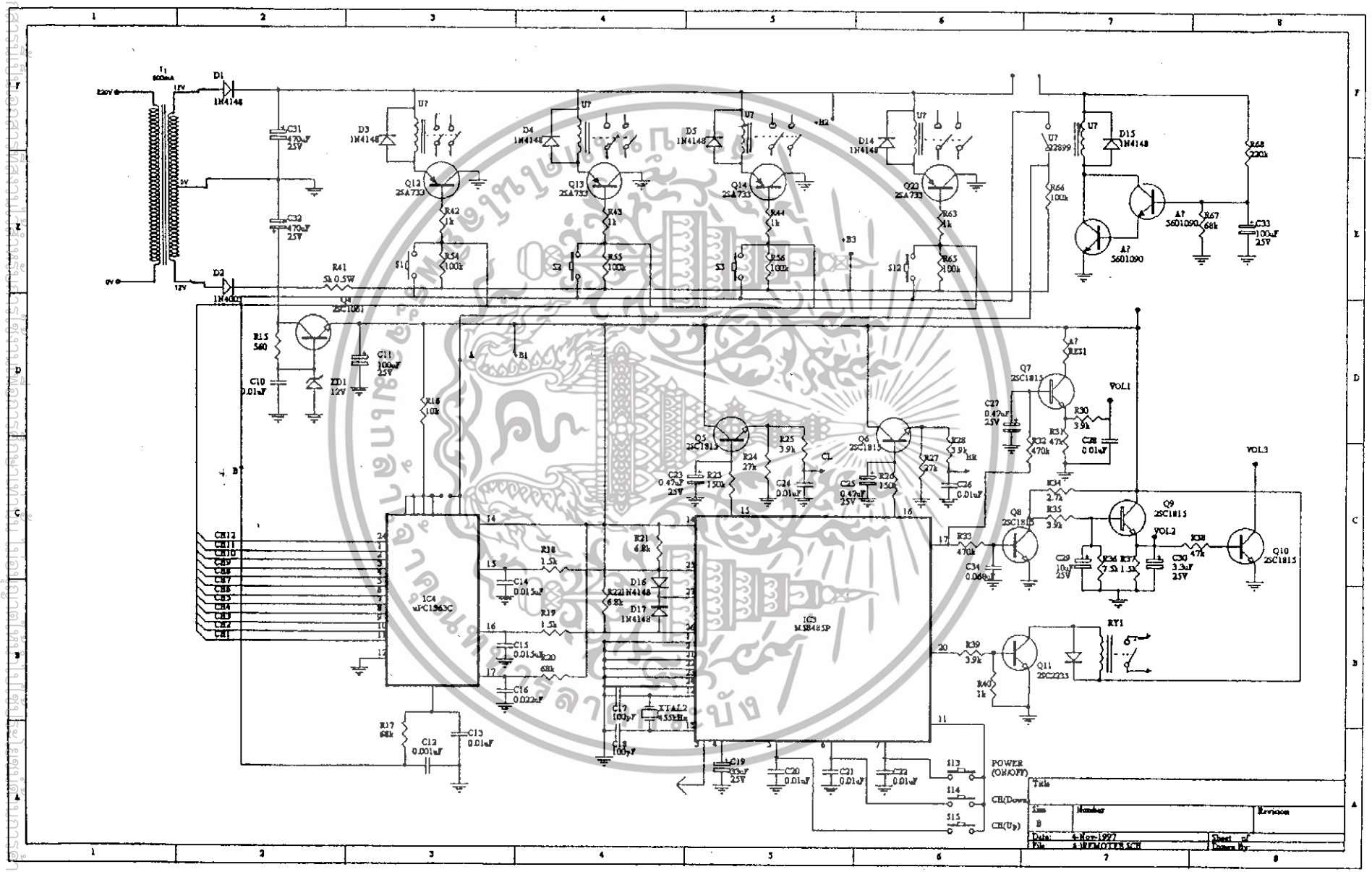
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

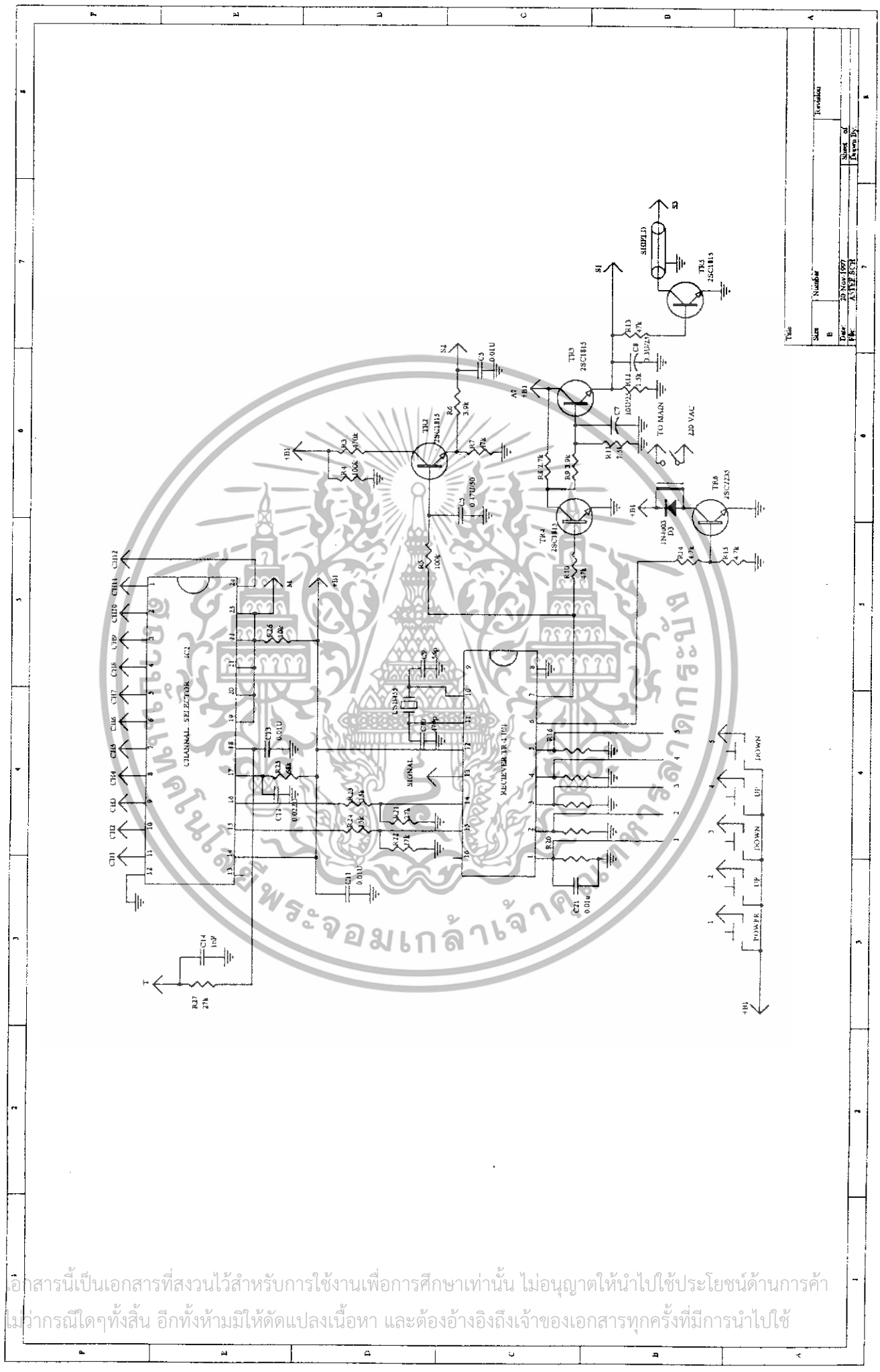


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

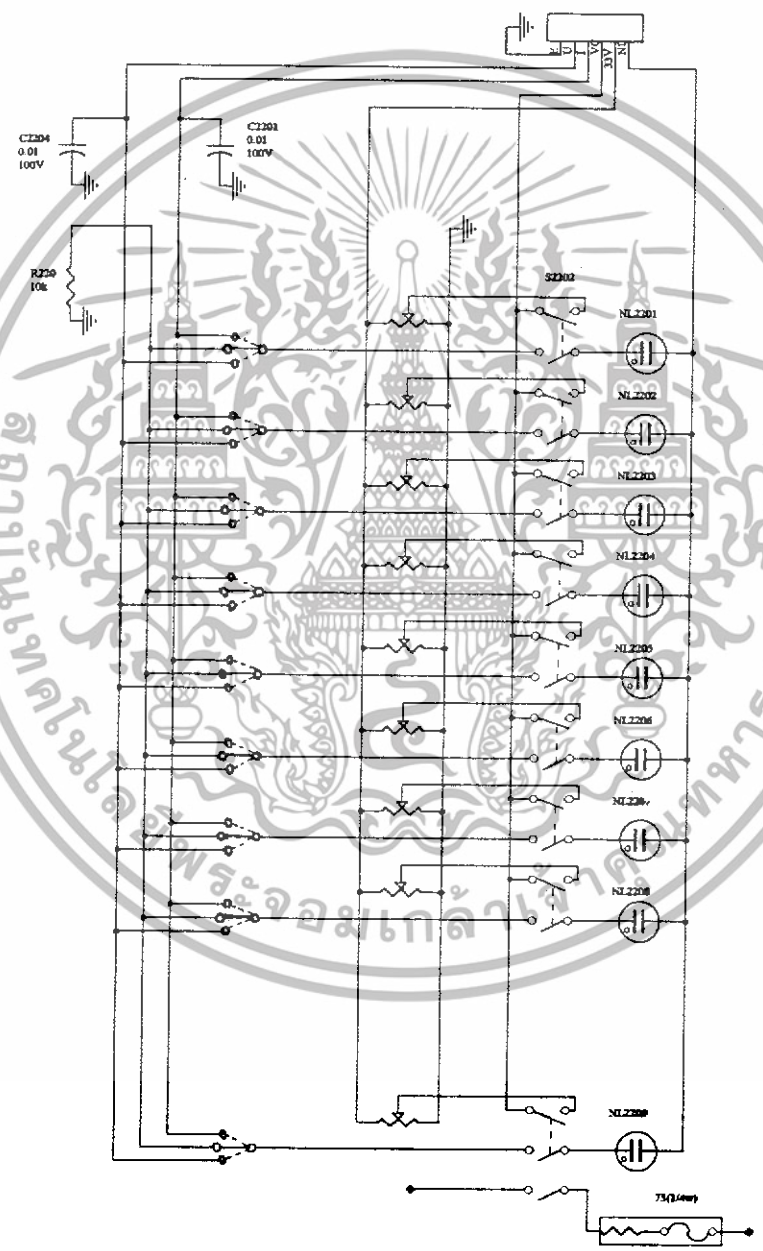


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

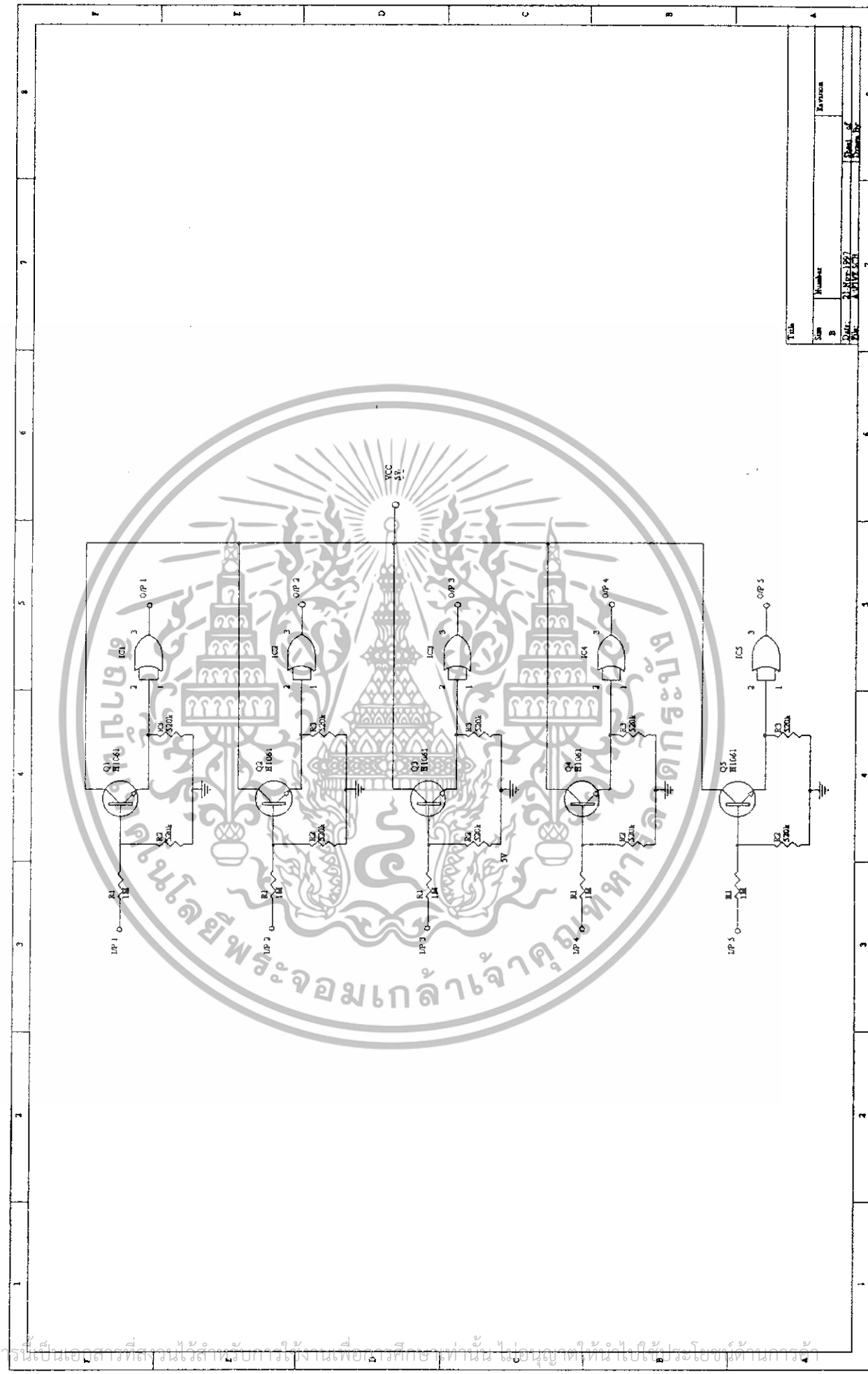

T1
D1
1N4148
D2
1N4003
C31
470uF
25V
C32
470uF
25V
D3
1N4148
D4
1N4148
D5
1N4148
D14
1N4148
D15
1N4148
U7
Q12
2SA733
Q13
2SA733
Q14
2SA733
Q23
2SA733
R42
1k
R43
1k
R44
1k
R63
1k
R54
100k
R55
100k
R56
100k
R65
100k
S1
S2
S3
S12
R41
5k 0.5W
Q4
2SC1061
R15
560
C10
0.01uF
ZD1
12V
C11
100uF
25V
R16
10k
R66
100k
R68
220k
A7
5601090
R67
68k
C33
100uF
25V
Q7
2SC1815
R31
VOL1
R30
3.9k
C27
0.47uF
25V
R32
470k
R33
C28
0.01uF
Q5
2SC1815
Q6
2SC1815
R24
27k
R25
3.9k
R27
27k
R28
3.9k
C23
0.47uF
25V
R23
150k
C24
0.01uF
C25
0.47uF
25V
R26
150k
C26
0.01uF
VOL3
R34
2.7k
R35
3.9k
Q8
2SC1815
Q9
2SC1815
VOL2
R38
47k
Q10
2SC1815
C29
10uF
25V
R36
7.5k
R37
1.5k
C30
3.3uF
25V
R33
470k
C34
0.068uF
IC4
uPC1563C
IC3
M38485P
R18
1.5k
R21
6.8k
R22
6.8k
D16
1N4148
D17
1N4148
R19
1.5k
R20
68k
C14
0.015uF
C15
0.015uF
C16
0.022uF
C12
100pF
XTAL2
4.433MHz
C18
100pF
R17
68k
C12
0.001uF
C13
0.01uF
C19
33uF
25V
C20
0.01uF
C21
0.01uF
C22
0.01uF
RY1
Q11
2SC2235
R39
3.9k
R40
1k
S13
S14
S15
POWER
(ON/OFF)
CH(Down)
CH(Up)
Title
Number
Revision
Date: 4-Nov-1997
File: A:\REMOTE5.SCH
Sheet of
Drawn By:



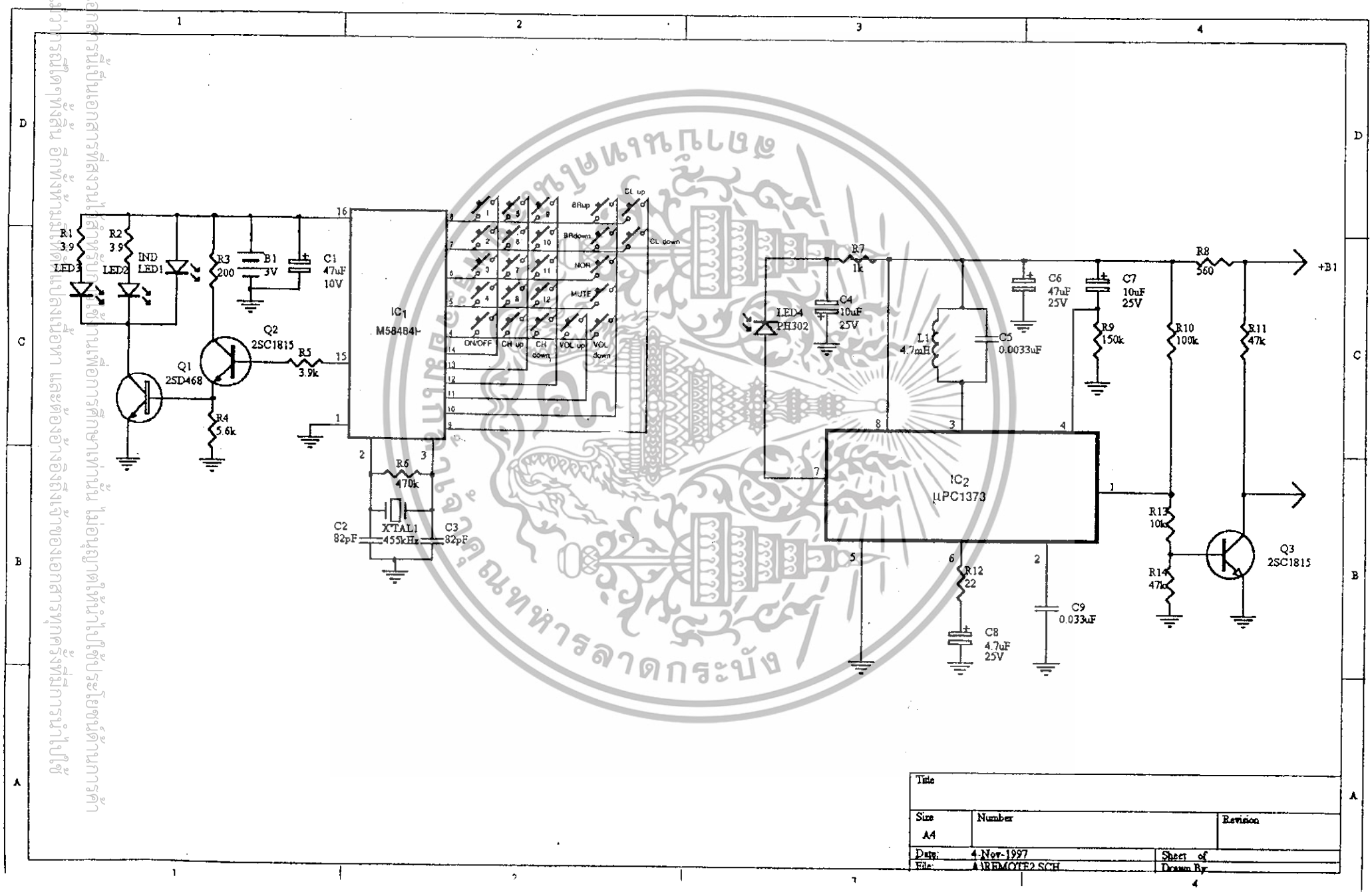
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

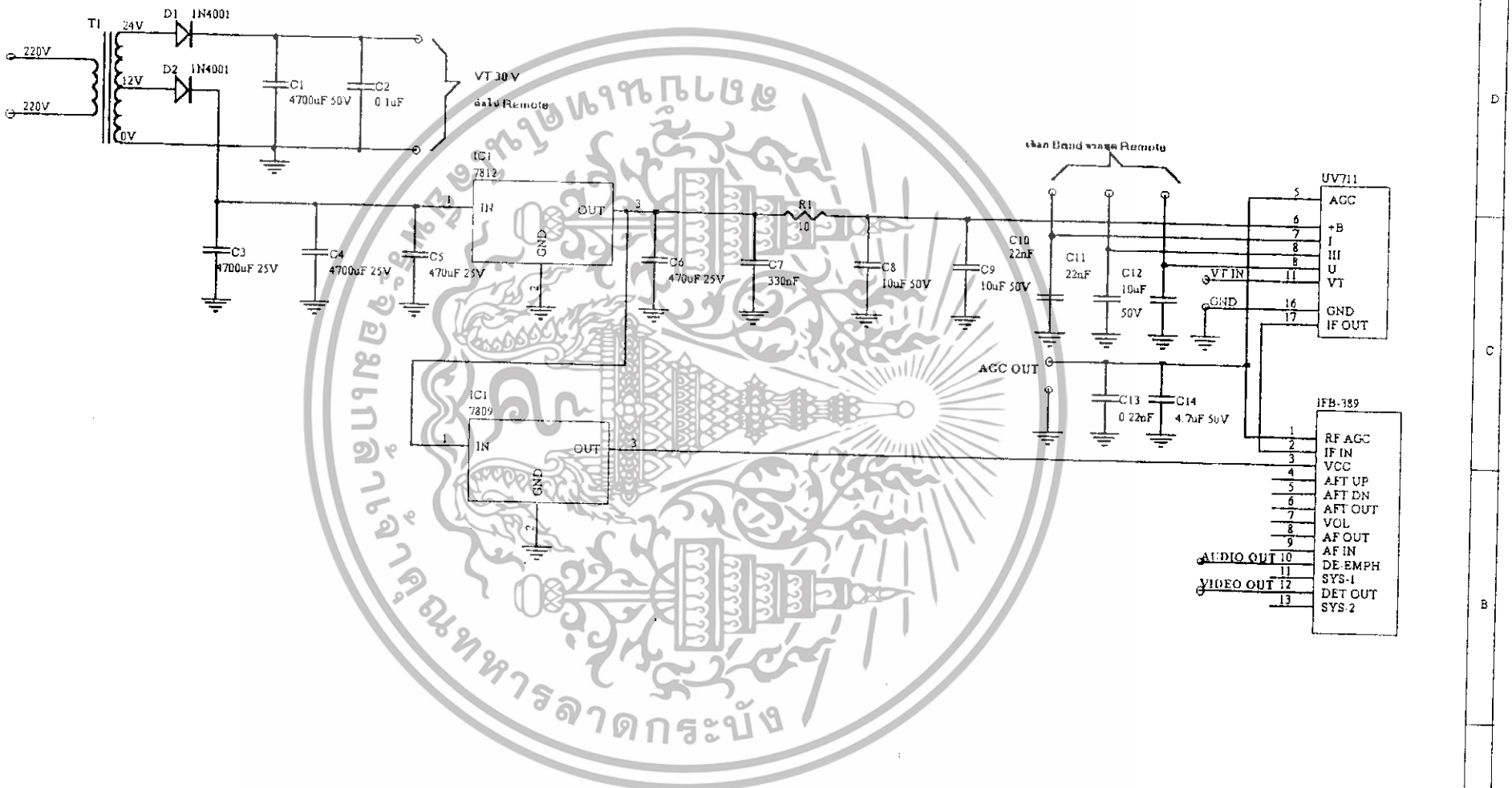


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

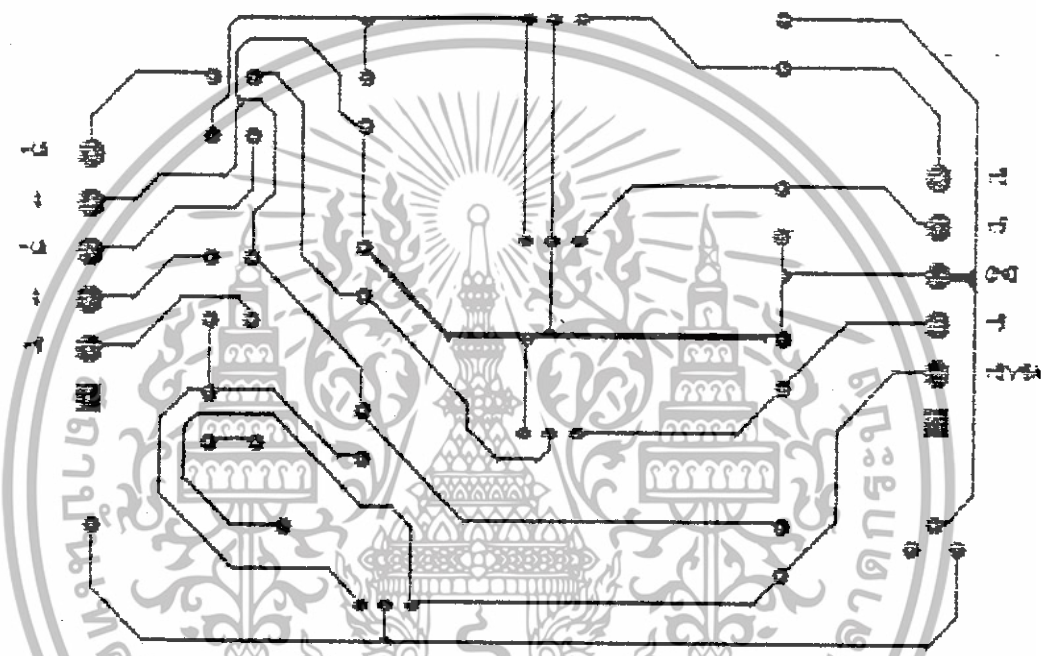


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


R1 3.9
R2 3.9
LED3
LED2
IND LED1
R3 200
B1 3V
C1 47uF 10V
Q1 2SD468
Q2 2SC1815
R5 3.9k
R4 5.6k
IC1 M58484P
ON/OFF
CH up
CH down
VOL up
VOL down
BRup
BRdown
NOR
MUTE
CL up
CL down
R6 470k
C2 82pF
XTAL1 455kHz
C3 82pF
R7 1k
LED4 PH302
C4 10uF 25V
L1 4.7mH
C5 0.0033uF
IC2 µPC1373
C6 47uF 25V
C7 10uF 25V
R8 560
+B1
R9 150k
R10 100k
R11 47k
R12 22
C8 4.7uF 25V
C9 0.033uF
R13 10k
R14 47k
Q3 2SC1815
Title
Size A4
Number
Revision
Date: 4-Nov-1997
File: A:\REMOTE2.SCH
Sheet of
Drawn By:

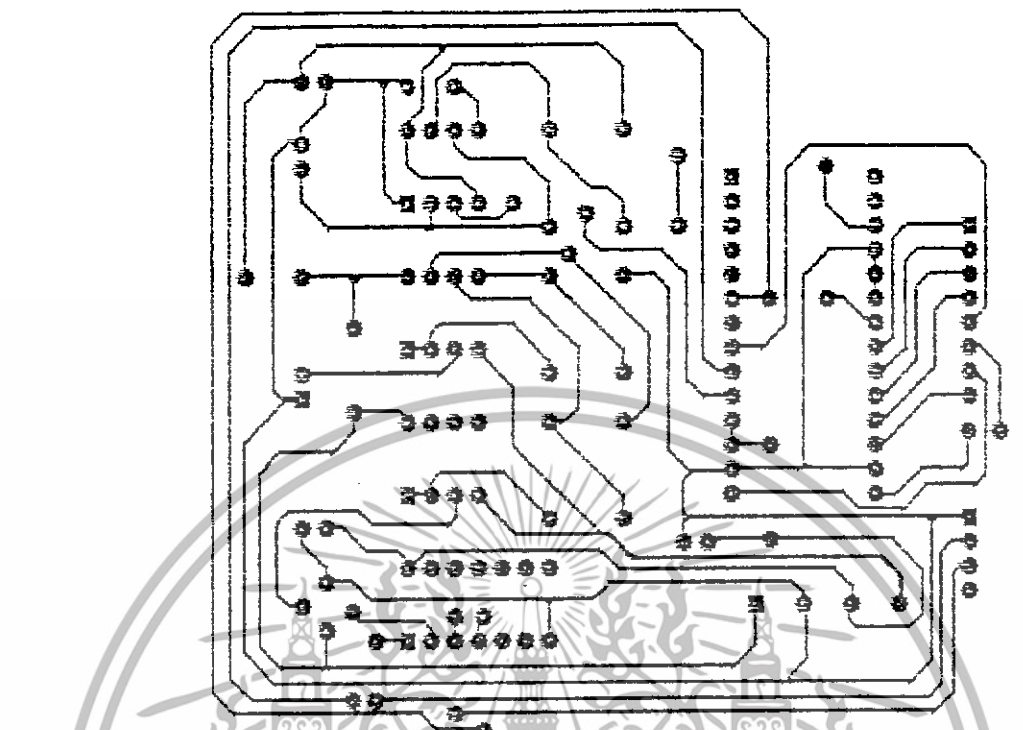


Title		
Size: A4	Number	Revision
Date: 21-Nov-1997		Sheet of
File: A:\REGULATE.SCH		Drawn By

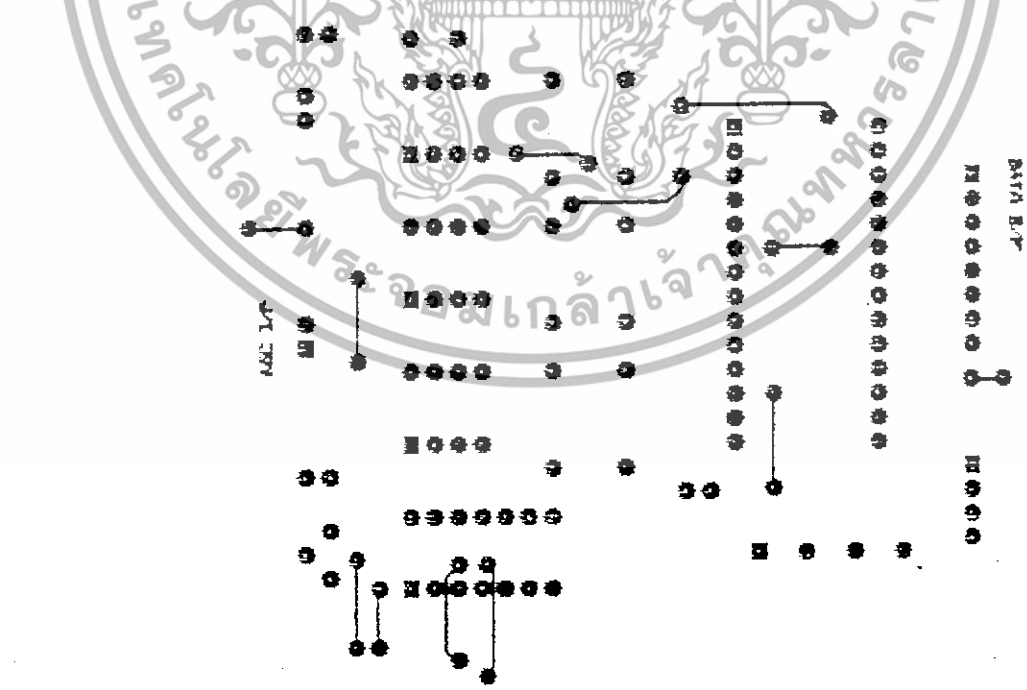


POWER Top Layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

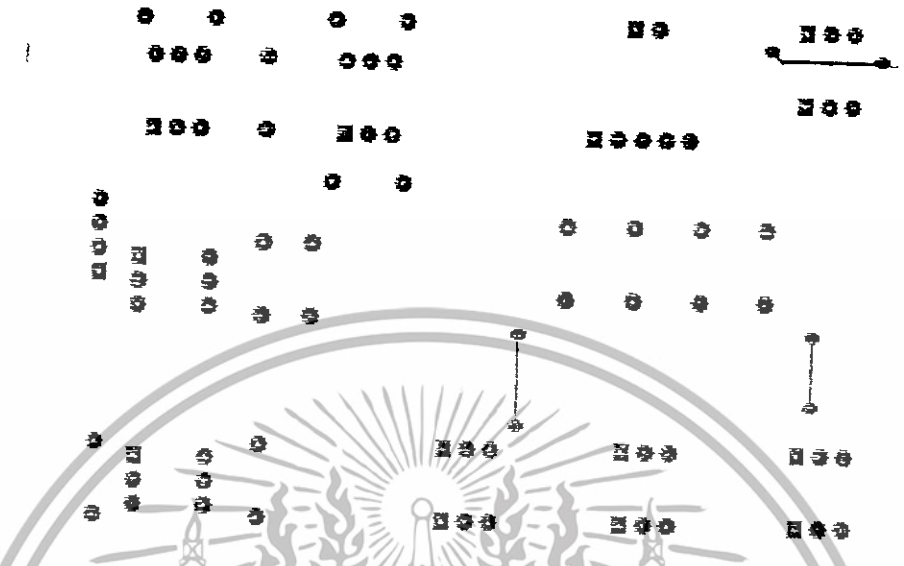


AGC Bottom Layer

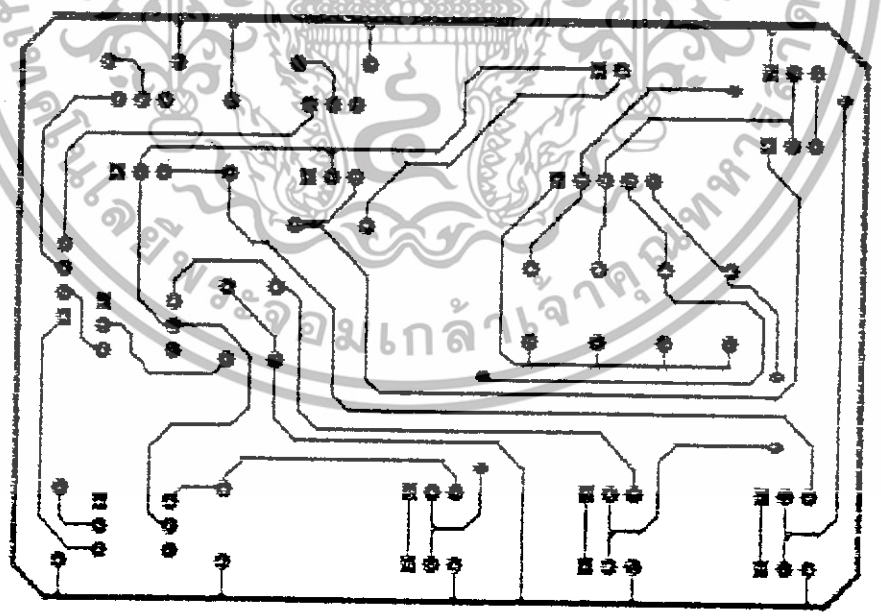


AGC Top Layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

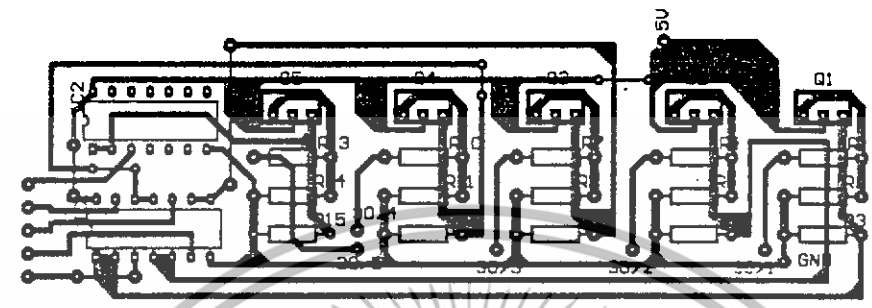


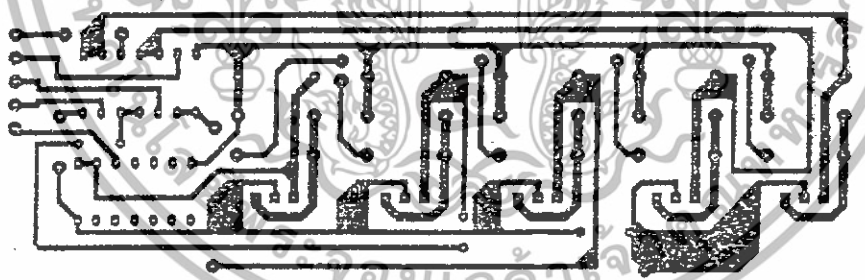
DRIVER Top Layer



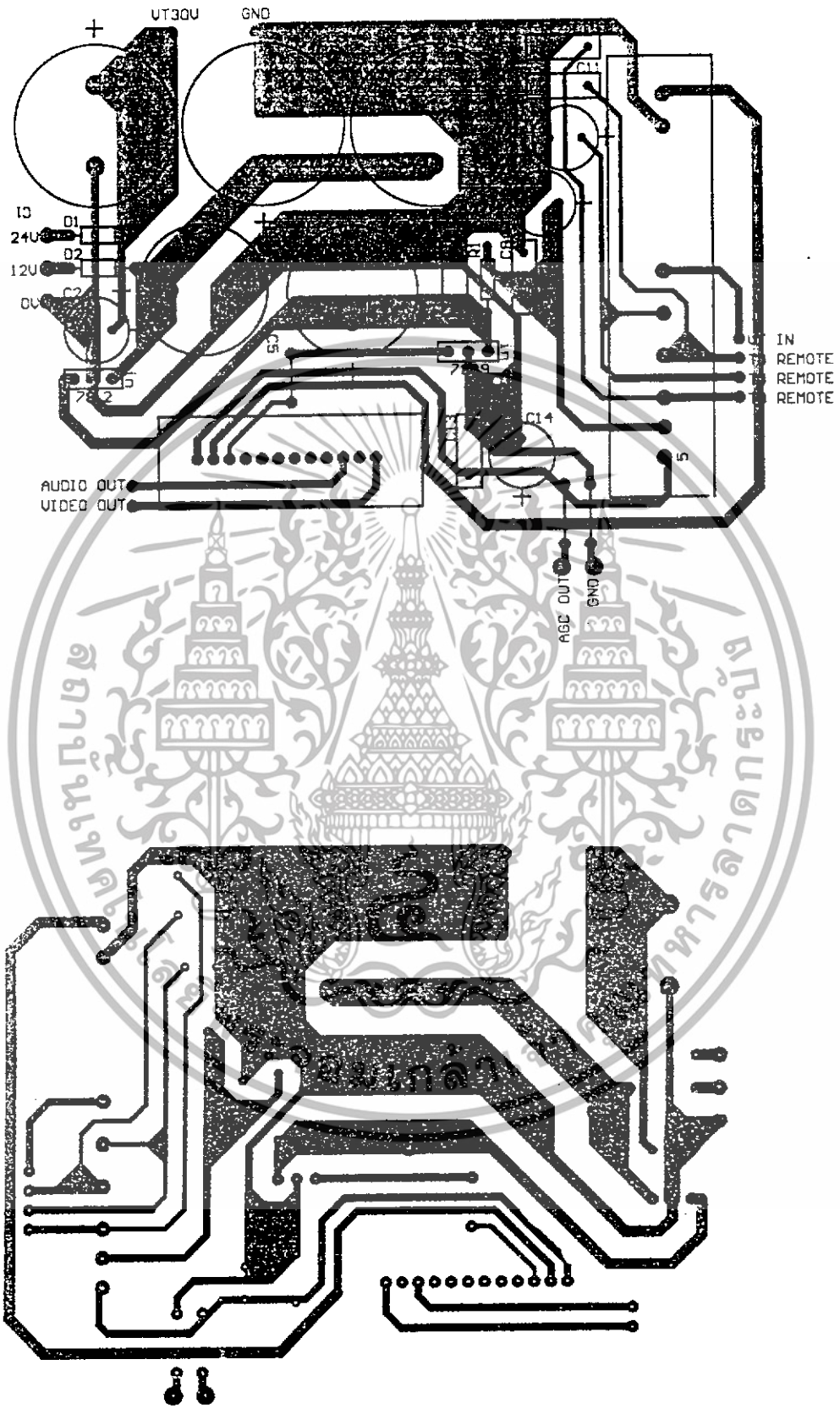
DRIVER Bottom Layer

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

DATA SHEET

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

atures

ompatible with MCS-51™ Products
K Bytes of In-System Reprogrammable Flash Memory
– Endurance: 1,000 Write/Erase Cycles
ully Static Operation: 0 Hz to 24 MHz
hree-Level Program Memory Lock
28 x 8-Bit Internal RAM
2 Programmable I/O Lines
wo 16-Bit Timer/Counters
ix Interrupt Sources
rogrammable Serial Channel
ow Power Idle and Power Down Modes

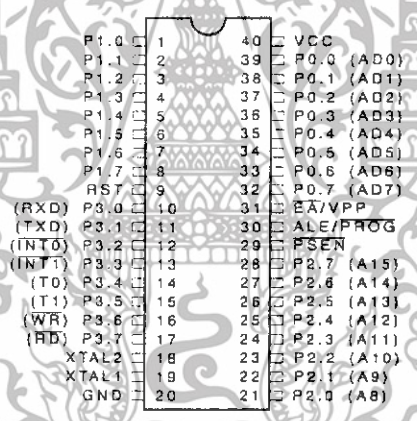
scription

AT89C51 is a low-power, high-performance CMOS 8-bit microcomputer with 4K es of Flash Programmable and Erasable Read Only Memory (PEROM). The ice is manufactured using Atmel's high density nonvolatile memory technology is compatible with the industry standard MCS-51™ instruction set and pinout. The chip Flash allows the program memory to be reprogrammed in-system or by a conventional nonvolatile memory programmer. By combining a versatile 8-bit CPU with sh on a monolithic chip, the Atmel AT89C51 is a powerful microcomputer which vides a highly flexible and cost effective solution to many embedded control applions.

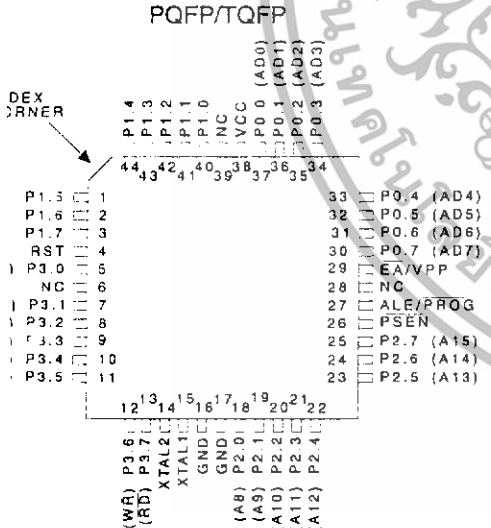
(continued)

n Configurations

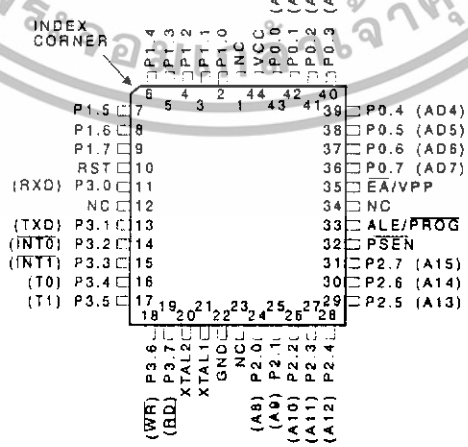
PDIP



PQFP/TQFP



PLCC



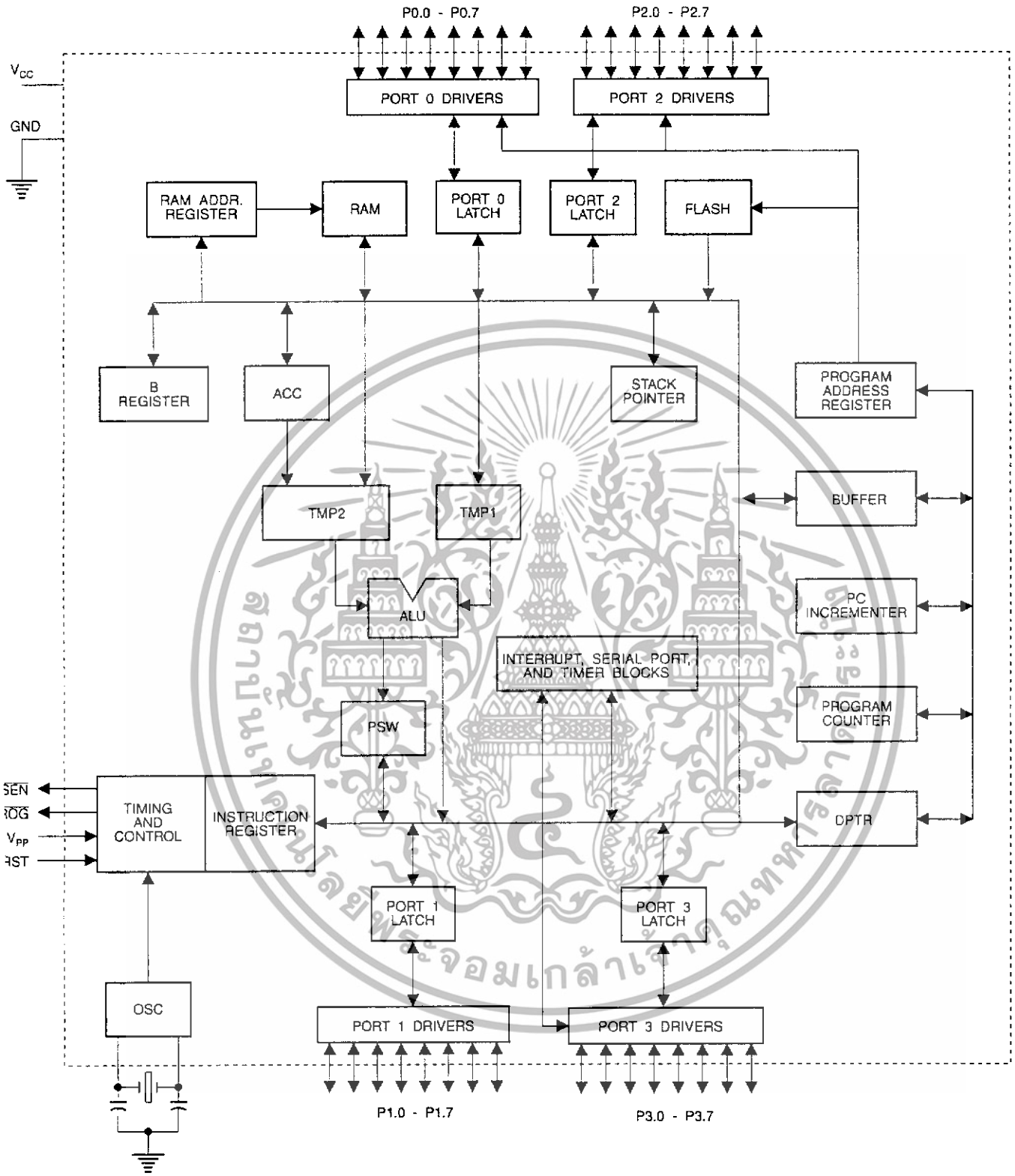
8-Bit Microcontroller with 4K Bytes Flash

AT89C51

0265F-A–12/97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

‹ Diagram



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

e AT89C51 provides the following standard features: 4K es of Flash, 128 bytes of RAM, 32 I/O lines, two 16-bit er/counters, a five vector two-level interrupt architecture, ull duplex serial port, on-chip oscillator and clock cir- ry. In addition, the AT89C51 is designed with static logic operation down to zero frequency and supports two tware selectable power saving modes. The Idle Mode ps the CPU while allowing the RAM, timer/counters, al port and interrupt system to continue functioning. The wer Down Mode saves the RAM contents but freezes oscillator disabling all other chip functions until the next dware reset.

n Description

:
pply voltage.

D
und.

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

: 0 may also be configured to be the multiplexed low- er address/data bus during accesses to external pro- n and data memory. In this mode P0 has internal pul- .

0 also receives the code bytes during Flash program- g, and outputs the code bytes during program verifica- External pullups are required during program verifica-

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

1 also receives the low-order address bytes during n programming and verification.

2
2 is an 8-bit bidirectional I/O port with internal pullups. Port 2 output buffers can sink/source four TTL inputs. n 1s are written to Port 2 pins they are pulled high by nternal pullups and can be used as inputs. As inputs, 2 pins that are externally being pulled low will source nt (I_{IL}) because of the internal pullups.

2 emits the high-order address byte during fetches external program memory and during accesses to nal data memory that use 16-bit addresses (MOVX @ R). 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 and some control signals during Flash programming and verification.

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

Port 3 also serves the functions of various special features of the AT89C51 as listed below:

Port Pin	Alternate Functions
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)

Port 3 also receives some control signals for Flash programming and verification.

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. This pin is also the program pulse input ($\overline{PROG}$) during Flash programming.

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.

If desired, ALE operation can be disabled by setting bit 0 of SFR location 8EH. With the bit set, ALE is active only during a MOVX or MOVC instruction. Otherwise, the pin is weakly pulled high. Setting the ALE-disable bit has no effect if the microcontroller is in external execution mode.

$\overline{PSEN}$
Program Store Enable is the read strobe to external program memory.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

en the AT89C51 is executing code from external pro-
m memory, $\overline{PSEN}$ is activated twice each machine
le, except that two $\overline{PSEN}$ activations are skipped during
h access to external data memory.

V_{PP}
ernal Access Enable. $\overline{EA}$ must be strapped to GND in
er to enable the device to fetch code from external pro-
m memory locations starting at 0000H up to FFFFH.
e, however, that if lock bit 1 is programmed, $\overline{EA}$ will be
rnally latched on reset.
should be strapped to V_{CC} for internal program execu-
s.
pin also receives the 12-volt programming enable volt-
(V_{PP}) during Flash programming, for parts that require
olt V_{PP}.

L1
it to the inverting oscillator amplifier and input to the
nal clock operating circuit.

L2
out from the inverting oscillator amplifier.

cillator Characteristics

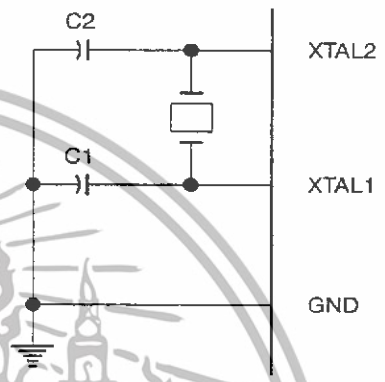
L1 and XTAL2 are the input and output, respectively,
inverting amplifier which can be configured for use as
n-chip oscillator, as shown in Figure 1. Either a quartz
tal or ceramic resonator may be used. To drive the
ce from an external clock source, XTAL2 should be left
nnected while XTAL1 is driven as shown in Figure 2.
e are no requirements on the duty cycle of the external
signal, since the input to the internal clocking circuitry
ough a divide-by-two flip-flop, but minimum and maxi-
voltage high and low time specifications must be
rved.

Mode

e mode, the CPU puts itself to sleep while all the on-
peripherals remain active. The mode is invoked by
are. The content of the on-chip RAM and all the spe-
unctions registers remain unchanged during this
. The idle mode can be terminated by any enabled
upt or by a hardware reset.

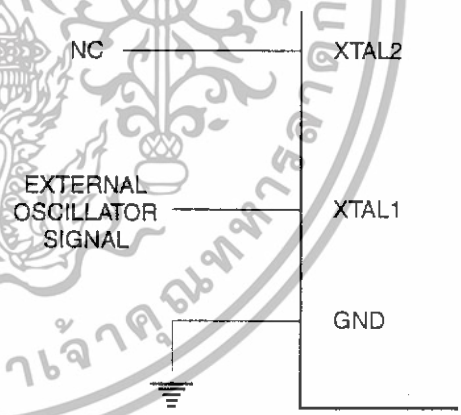
It should be noted that when idle is terminated by a hard ware reset, the device normally resumes program execution, from where it left off, up to two machine cycles before the internal reset algorithm takes control. On-chip hardware inhibits access to internal RAM in this event, but access to the port pins is not inhibited. To eliminate the possibility of an unexpected write to a port pin when Idle is terminated by reset, the instruction following the one that invokes Idle should not be one that writes to a port pin or to external memory.

Figure 1. Oscillator Connections



Note: C1, C2 = 30 pF ± 10 pF for Crystals
= 40 pF ± 10 pF for Ceramic Resonators

Figure 2. External Clock Drive Configuration



tus of External Pins During Idle and Power Down Modes

le	Program Memory	ALE	$\overline{PSEN}$	PORT0	PORT1	PORT2	PORT3
	Internal	1	1	Data	Data	Data	Data
	External	1	1	Float	Data	Address	Data
er Down	Internal	0	0	Data	Data	Data	Data
er Down	External	0	0	Float	Data	Data	Data

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ɔwer Down Mode

:he power down mode the oscillator is stopped, and the truction that invokes power down is the last instruction ecuted. The on-chip RAM and Special Function Regis- s retain their values until the power down mode is termi- ed. The only exit from power down is a hardware reset. set redefines the SFRs but does not change the on-chip M. The reset should not be activated before V_{CC} is tored to its normal operating level and must be held ive long enough to allow the oscillator to restart and sta- ze.

Program Memory Lock Bits

On the chip are three lock bits which can be left unprogrammed (U) or can be programmed (P) to obtain the additional features listed in the table below:

When lock bit 1 is programmed, the logic level at the $\overline{EA}$ pin is sampled and latched during reset. If the device is powered up without a reset, the latch initializes to a random value, and holds that value until reset is activated. It is necessary that the latched value of $\overline{EA}$ be in agreement with the current logic level at that pin in order for the device to function properly.

ıck Bit Protection Modes

Program Lock Bits				Protection Type
	LB1	LB2	LB3	
1	U	U	U	No program lock features.
2	P	U	U	MOVC instructions executed from external program memory are disabled from fetching code bytes from internal memory, $\overline{EA}$ is sampled and latched on reset, and further programming of the Flash is disabled.
3	P	P	U	Same as mode 2, also verify is disabled.
4	P	P	P	Same as mode 3, also external execution is disabled.

ɔgramming the Flash

AT89C51 is normally shipped with the on-chip Flash nory array in the erased state (that is, contents = FFH) ready to be programmed. The programming interface epts either a high-voltage (12-volt) or a low-voltage ɔ) program enable signal. The low voltage programg mode provides a convenient way to program the 9C51 inside the user's system, while the high-voltage ɣramming mode is compatible with conventional third y Flash or EPROM programmers.

AT89C51 is shipped with either the high-voltage or voltage programming mode enabled. The respective side marking and device signature codes are listed in ollowing table.

	V_{PP} = 12V	V_{PP} = 5V
-Side Mark	AT89C51 xxxx yyww	AT89C51 xxxx-5 yyww
ıature	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=FFH	(030H)=1EH (031H)=51H (032H)=05H

AT89C51 code memory array is programmed byte-by- in either programming mode. *To program any non- ‹ byte in the on-chip Flash Memory, the entire memory ' be erased using the Chip Erase Mode.*

Programming Algorithm: Before programming the AT89C51, the address, data and control signals should be set up according to the Flash programming mode table and Figures 3 and 4. To program the AT89C51, take the following steps.

1. Input the desired memory location on the address lines.
2. Input the appropriate data byte on the data lines.
3. Activate the correct combination of control signals.
4. Raise $\overline{EA}/V_{PP}$ to 12V for the high-voltage programming mode.
5. Pulse ALE/$\overline{PROG}$ once to program a byte in the Flash array or the lock bits. The byte-write cycle is self-timed and typically takes no more than 1.5 ms. Repeat steps 1 through 5, changing the address and data for the entire array or until the end of the object file is reached.

Data Polling: The AT89C51 features $\overline{Data}$ Polling to indicate the end of a write cycle. During a write cycle, an attempted read of the last byte written will result in the complement of the written datum on PO.7. Once the write cycle has been completed, true data are valid on all outputs, and the next cycle may begin. $\overline{Data}$ Polling may begin any time after a write cycle has been initiated.

Ready/$\overline{Busy}$: The progress of byte programming can also be monitored by the RDY/$\overline{BSY}$ output signal. P3.4 is pulled low after ALE goes high during programming to indicate BUSY. P3.4 is pulled high again when programming is done to indicate READY.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ɔgram Verify: If lock bits LB1 and LB2 have not been grammed, the programmed code data can be read back the address and data lines for verification. The lock bits not be verified directly. Verification of the lock bits is ieved by observing that their features are enabled.

ip Erase: The entire Flash array is erased electrically using the proper combination of control signals and by ding ALE/$\overline{PROG}$ low for 10 ms. The code array is written all "1"s. The chip erase operation must be executed ore the code memory can be re-programmed.

ading the Signature Bytes: The signature bytes are d by the same procedure as a normal verification of ations 030H,

H, and 032H, except that P3.6 and P3.7 must be pulled logic low. The values returned are as follows.

(030H) = 1EH indicates manufactured by Atmel
(031H) = 51H indicates 89C51
(032H) = FFH indicates 12V programming
(032H) = 05H indicates 5V programming

Programming Interface

Every code byte in the Flash array can be written and the entire array can be erased by using the appropriate combination of control signals. The write operation cycle is self-timed and once initiated, will automatically time itself to completion.

All major programming vendors offer worldwide support for the Atmel microcontroller series. Please contact your local programming vendor for the appropriate software revision.

Flash Programming Modes

ode		RST	$\overline{PSEN}$	ALE/$\overline{PROG}$	$\overline{EA}$/V_{PP}	P2.6	P2.7	P3.6	P3.7
ite Code Data		H	L		H/12V	L	H	H	H
ad Code Data		H	L	H	H	L	L	H	H
ite Lock	Bit - 1	H	L		H/12V	H	H	H	H
	Bit - 2	H	L		H/12V	H	H	L	L
	Bit - 3	H	L		H/12V	H	L	H	L
p Erase		H	L	(1)	H/12V	H	L	L	L
d Signature Byte		H	L	H	H	L	L	L	L

1. Chip Erase requires a 10-ms PROG pulse.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ıure 3. Programming the Flash

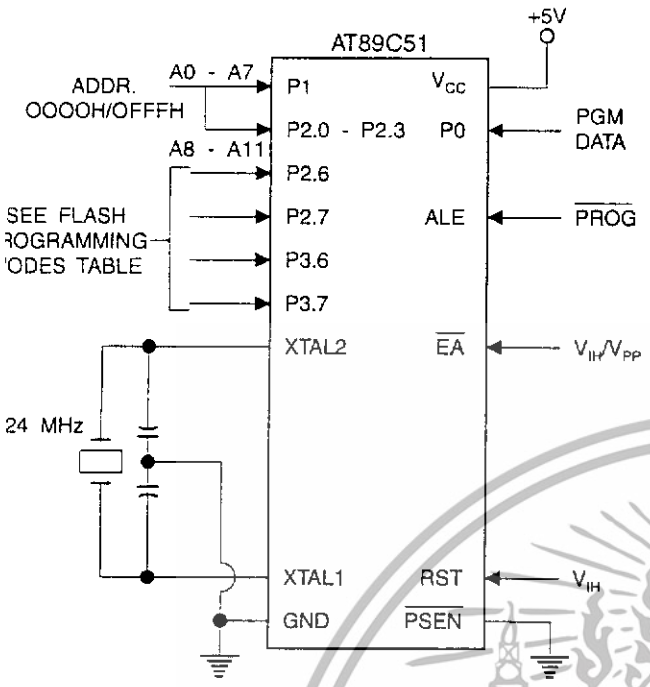
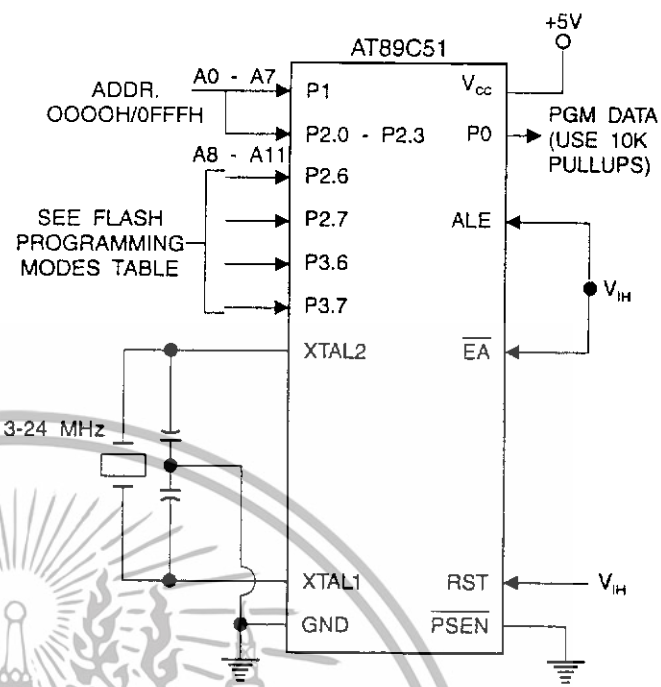


Figure 4. Verifying the Flash



ısh Programming and Verification Characteristics

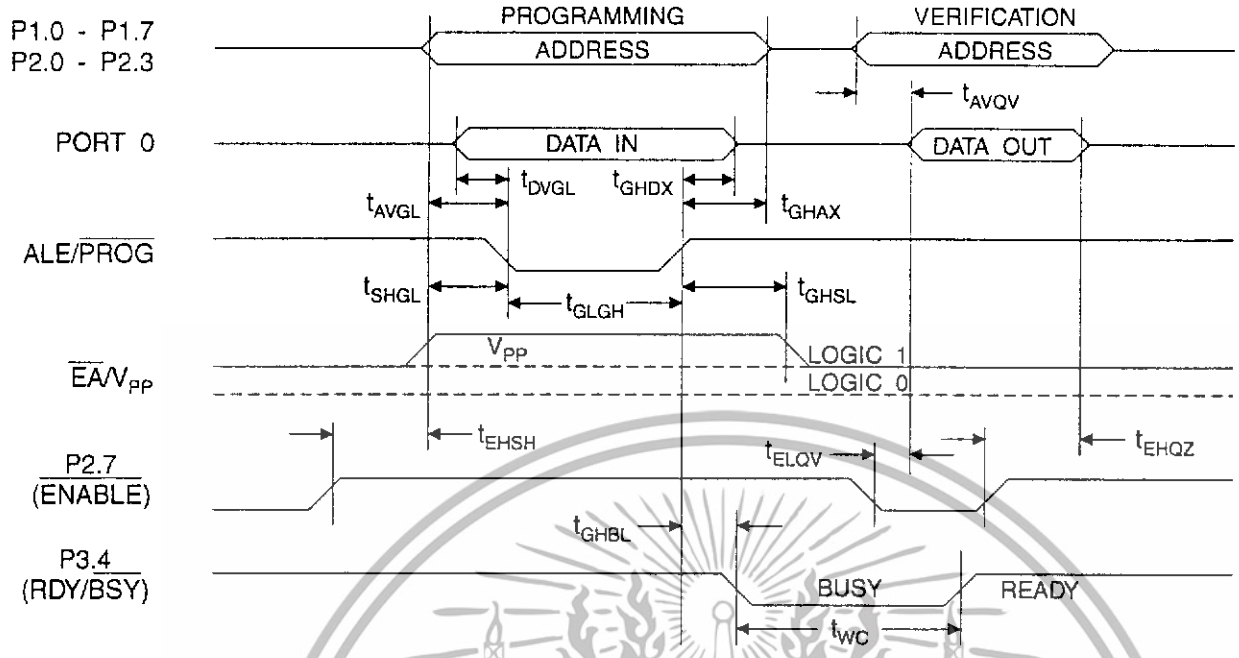
: 0°C to 70°C, V_{CC} = 5.0 ± 10%

nbol	Parameter	Min	Max	Units
(1)	Programming Enable Voltage	11.5	12.5	V
1)	Programming Enable Current		1.0	mA
CLCL	Oscillator Frequency	3	24	MHz
L	Address Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
X	Address Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
L	Data Setup to $\overline{PROG}$ Low	$48t_{CLCL}$		
X	Data Hold After $\overline{PROG}$	$48t_{CLCL}$		
H	P2.7 ($\overline{ENABLE}$) High to V_{PP}	$48t_{CLCL}$		
L	V_{PP} Setup to $\overline{PROG}$ Low	10		µs
L(1)	V_{PP} Hold After $\overline{PROG}$	10		µs
H	$\overline{PROG}$ Width	1	110	µs
V	Address to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
V	$\overline{ENABLE}$ Low to Data Valid		$48t_{CLCL}$	
Z	Data Float After $\overline{ENABLE}$	0	$48t_{CLCL}$	
L	$\overline{PROG}$ High to $\overline{BUSY}$ Low		1.0	µs
	Byte Write Cycle Time		2.0	ms

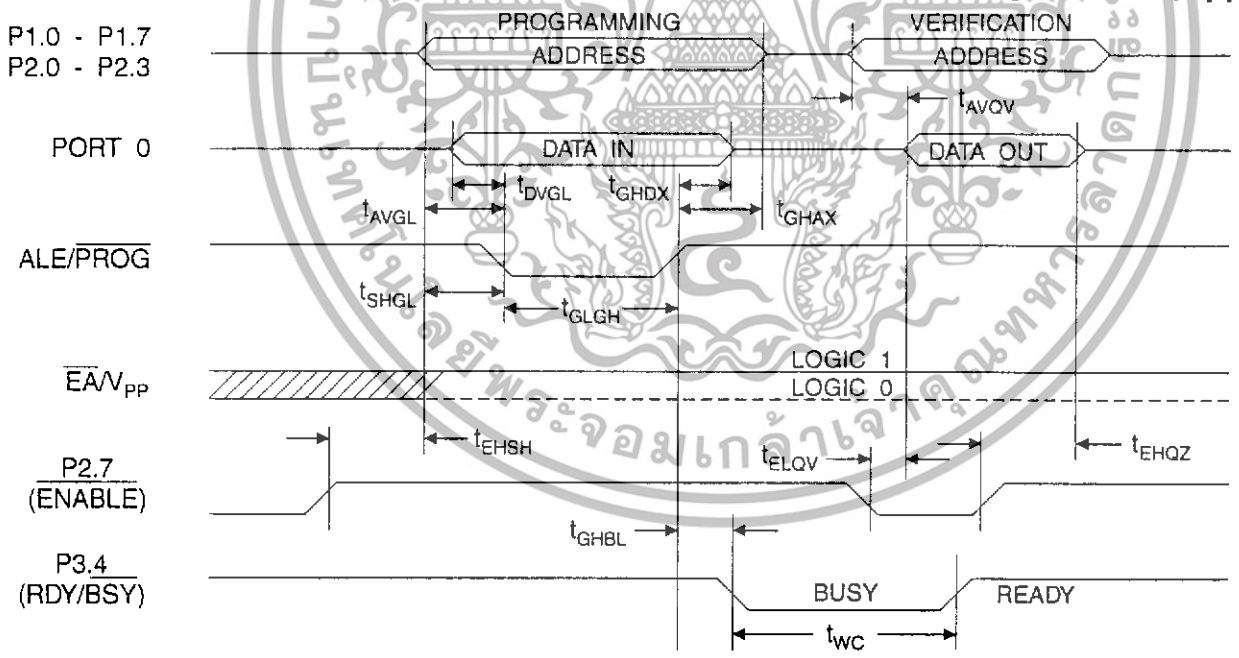
1. Only used in 12-volt programming mode.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

lash Programming and Verification Waveforms - High Voltage Mode (V_{PP} = 12V)



ash Programming and Verification Waveforms - Low Voltage Mode (V_{PP} = 5V)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ɔsolute Maximum Ratings*

ɔerating Temperature	-55°C to +125°C
ɔrage Temperature	-65°C to +150°C
ltage on Any Pin ːh Respect to Ground	-1.0V to +7.0V
ıximum Operating Voltage	6.6V
ː Output Current	15.0 mA

*NOTICE: Stresses beyond those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated in the operational sections of this specification is not implied. Exposure to absolute maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

ː Characteristics

ː -40°C to 85°C, V_{CC} = 5.0V ± 20% (unless otherwise noted)

nbol	Parameter	Condition	Min	Max	Units
	Input Low Voltage	(Except $\overline{EA}$)	-0.5	0.2 V_{CC} - 0.1	V
ı	Input Low Voltage ($\overline{EA}$)		-0.5	0.2 V_{CC} - 0.3	V
	Input High Voltage	(Except XTAL1, RST)	0.2 V_{CC} + 0.9	V_{CC} + 0.5	V
ı	Input High Voltage	(XTAL1, RST)	0.7 V_{CC}	V_{CC} + 0.5	V
	Output Low Voltage[1] (Ports 1,2,3)	I_{OL} = 1.6 mA		0.45	V
.ı	Output Low Voltage[1] (Port 0, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OL} = 3.2 mA		0.45	V
ı	Output High Voltage (Ports 1,2,3, ALE, $\overline{PSEN}$)	I_{OH} = -60 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -25 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -10 µA	0.9 V_{CC}		V
ı	Output High Voltage (Port 0 in External Bus Mode)	I_{OH} = -800 µA, V_{CC} = 5V ± 10%	2.4		V
		I_{OH} = -300 µA	0.75 V_{CC}		V
		I_{OH} = -80 µA	0.9 V_{CC}		V
	Logical 0 Input Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 0.45V		-50	µA
	Logical 1 to 0 Transition Current (Ports 1,2,3)	V_{IN} = 2V, VCC = 5V ± 10%		-650	µA
	Input Leakage Current (Port 0, $\overline{EA}$)	0.45 < V_{IN} < V_{CC}		±10	µA
T	Reset Pulldown Resistor		50	300	KΩ
	Pin Capacitance	Test Freq. = 1 MHz, T_A = 25°C		10	pF
	Power Supply Current	Active Mode, 12 MHz		20	mA
		Idle Mode, 12 MHz		5	mA
	Power Down Mode[2]	V_{CC} = 6V		100	µA
		V_{CC} = 3V		40	µA

ː 1. Under steady state (non-transient) conditions, I_{OL} must be externally limited as follows:
Maximum I_{OL} per port pin: 10 mA
Maximum I_{OL} per 8-bit port: Port 0: 26 mA
Ports 1, 2, 3: 15 mA
Maximum total I_{OL} for all output pins: 71 mA
If I_{OL} exceeds the test condition, V_{OL} may exceed the related specification. Pins are not guaranteed to sink current greater than the listed test conditions.

2. Minimum V_{CC} for Power Down is 2V.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

C Characteristics

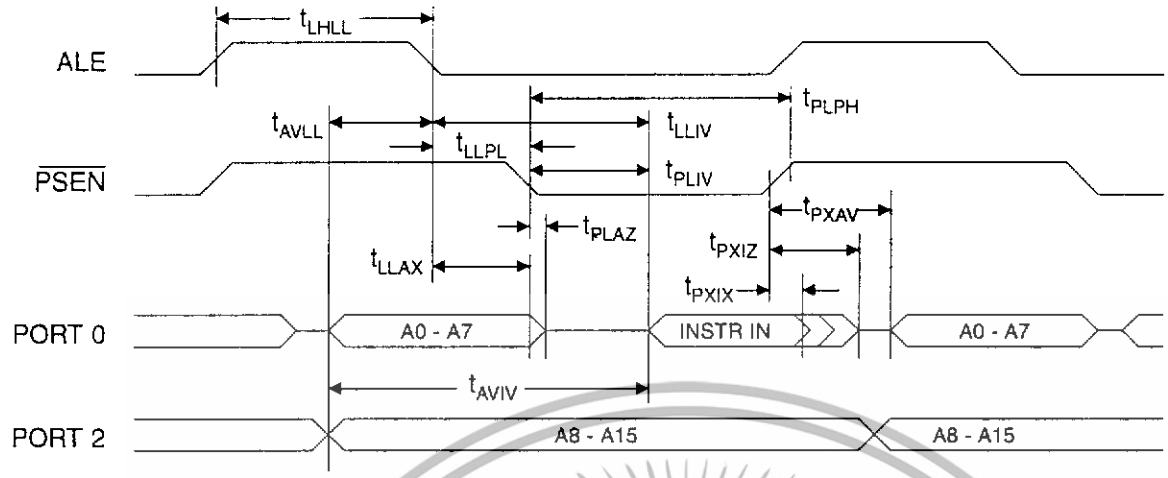
nder Operating Conditions; Load Capacitance for Port 0, ALE/$\overline{PROG}$, and $\overline{PSEN}$ = 100 pF; Load Capacitance for all other puts = 80 pF)

xternal Program and Data Memory Characteristics

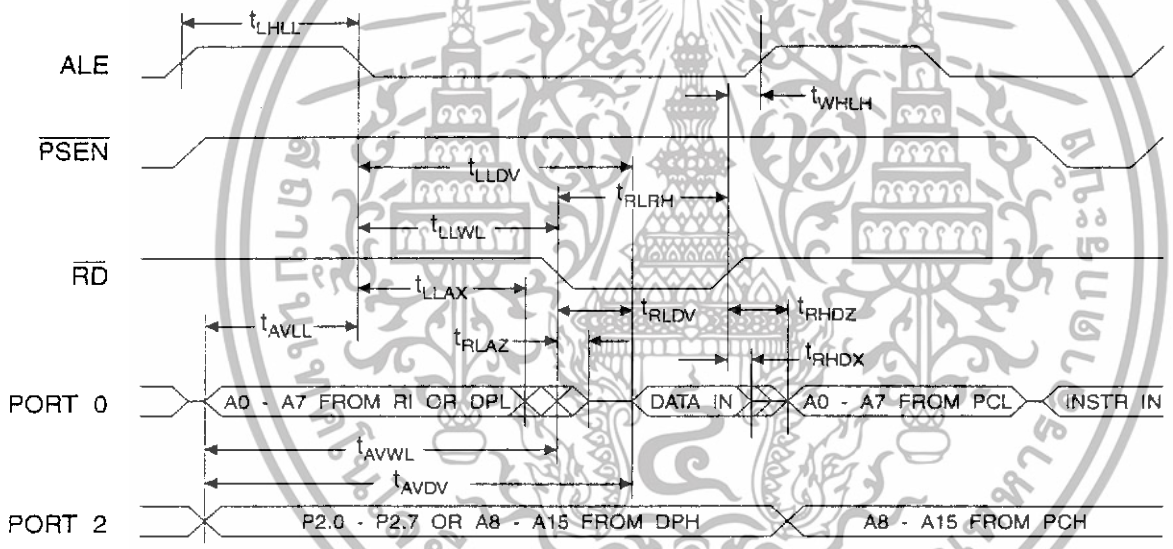
ymbol	Parameter	12 MHz Oscillator		16 to 24 MHz Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{CLCL}	Oscillator Frequency			0	24	MHz
LHLL	ALE Pulse Width	127		$2t_{CLCL}$-40		ns
AVLL	Address Valid to ALE Low	43		t_{CLCL}-13		ns
LLAX	Address Hold After ALE Low	48		t_{CLCL}-20		ns
LLIV	ALE Low to Valid Instruction In		233		$4t_{CLCL}$-65	ns
LLPL	ALE Low to $\overline{PSEN}$ Low	43		t_{CLCL}-13		ns
PLPH	$\overline{PSEN}$ Pulse Width	205		$3t_{CLCL}$-20		ns
PLIV	$\overline{PSEN}$ Low to Valid Instruction In		145		$3t_{CLCL}$-45	ns
PXIX	Input Instruction Hold After $\overline{PSEN}$	0		0		ns
PXIZ	Input Instruction Float After $\overline{PSEN}$		59		t_{CLCL}-10	ns
PXAV	$\overline{PSEN}$ to Address Valid	75		t_{CLCL}-3		ns
AVIV	Address to Valid Instruction In		312		$5t_{CLCL}$-55	ns
PLAZ	$\overline{PSEN}$ Low to Address Float		10		10	ns
RLRH	$\overline{RD}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}$-100		ns
WLWH	$\overline{WR}$ Pulse Width	400		$6t_{CLCL}$-100		ns
RLDV	$\overline{RD}$ Low to Valid Data In		252		$5t_{CLCL}$-90	ns
RHDX	Data Hold After $\overline{RD}$	0		0		ns
RHDZ	Data Float After $\overline{RD}$		97		$2t_{CLCL}$-28	ns
LLDV	ALE Low to Valid Data In		517		$8t_{CLCL}$-150	ns
AVDV	Address to Valid Data In		585		$9t_{CLCL}$-165	ns
LLWL	ALE Low to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	200	300	$3t_{CLCL}$-50	$3t_{CLCL}$+50	ns
AVWL	Address to $\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ Low	203		$4t_{CLCL}$-75		ns
QVWX	Data Valid to $\overline{WR}$ Transition	23		t_{CLCL}-20		ns
QVWH	Data Valid to $\overline{WR}$ High	433		$7t_{CLCL}$-120		ns
WHQX	Data Hold After $\overline{WR}$	33		t_{CLCL}-20		ns
RLAZ	$\overline{RD}$ Low to Address Float		0		0	ns
WHLH	$\overline{RD}$ or $\overline{WR}$ High to ALE High	43	123	t_{CLCL}-20	t_{CLCL}+25	ns

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

‹ternal Program Memory Read Cycle

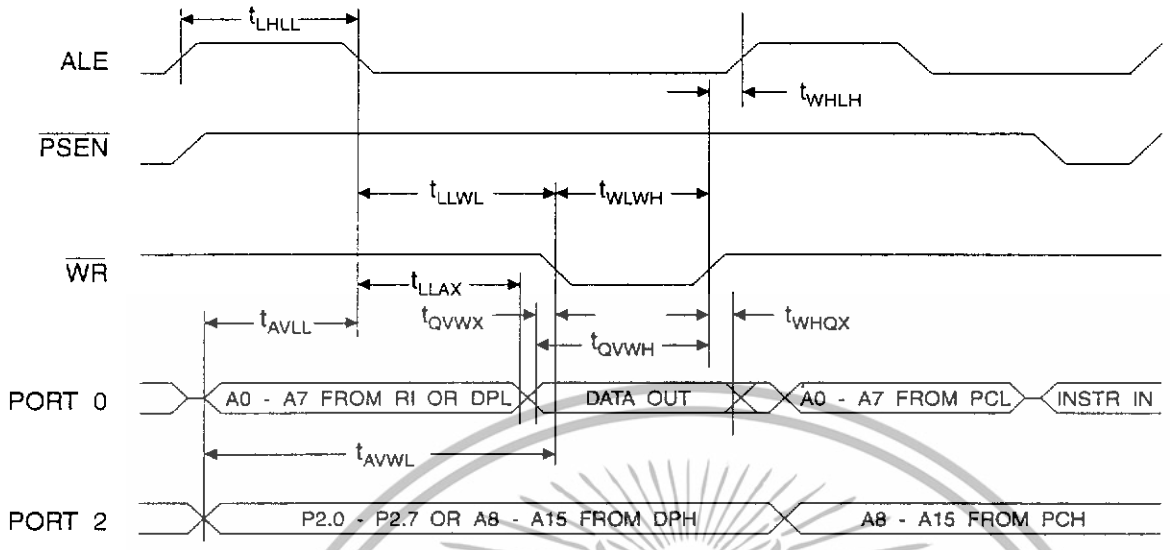


:ternal Data Memory Read Cycle

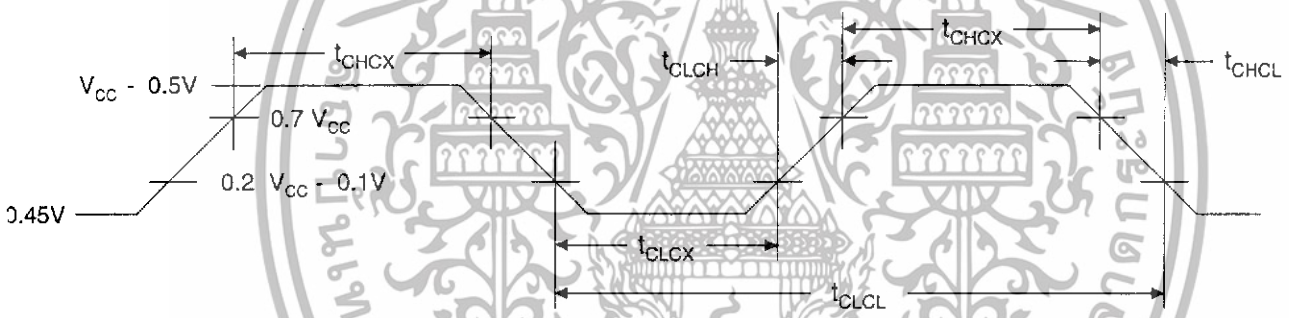


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

xternal Data Memory Write Cycle



ternal Clock Drive Waveforms



ternal Clock Drive

nbol	Parameter	Min	Max	Units
LCL	Oscillator Frequency	0	24	MHz
L	Clock Period	41.6		ns
CX	High Time	15		ns
X	Low Time	15		ns
H	Rise Time		20	ns
L	Fall Time		20	ns

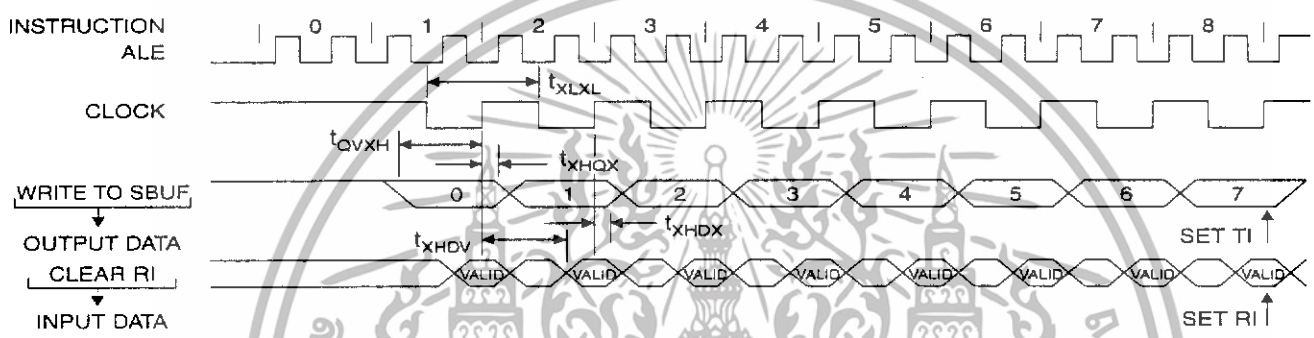
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

erial Port Timing: Shift Register Mode Test Conditions

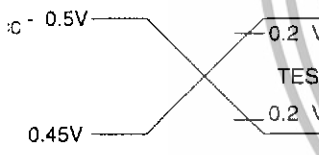
V_{CC} = 5.0 V ± 20%; Load Capacitance = 80 pF)

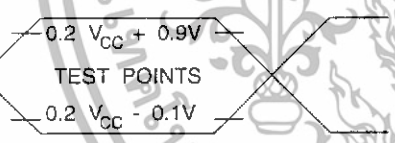
Symbol	Parameter	12 MHz Osc		Variable Oscillator		Units
		Min	Max	Min	Max	
t_{XLXL}	Serial Port Clock Cycle Time	1.0		$12t_{CLCL}$		µs
t_{QVXH}	Output Data Setup to Clock Rising Edge	700		$10t_{CLCL}$-133		ns
t_{XHQX}	Output Data Hold After Clock Rising Edge	50		$2t_{CLCL}$-117		ns
t_{XHDX}	Input Data Hold After Clock Rising Edge	0		0		ns
t_{XHDV}	Clock Rising Edge to Input Data Valid		700		$10t_{CLCL}$-133	ns

ift Register Mode Timing Waveforms



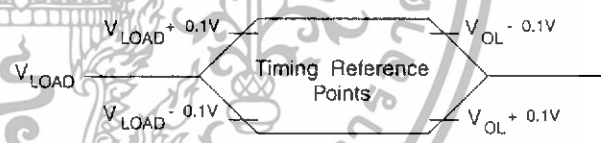
Testing Input/Output Waveforms[1]





1. AC Inputs during testing are driven at V_{CC} - 0.5V for a logic 1 and 0.45V for a logic 0. Timing measurements are made at V_{IH} min. for a logic 1 and V_{IL} max. for a logic 0.

Float Waveforms[1]



Note: 1. For timing purposes, a port pin is no longer floating when a 100 mV change from load voltage occurs. A port pin begins to float when 100 mV change from the loaded V_{OH}/V_{OL} level occurs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

rdering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
12	5V ± 20%	AT89C51-12AC	44A	Commercial
		AT89C51-12JC	44J	(0°C to 70°C)
		AT89C51-12PC	40P6	
		AT89C51-12QC	44Q	
		AT89C51-12AI	44A	Industrial
		AT89C51-12JI	44J	(-40°C to 85°C)
		AT89C51-12PI	40P6	
		AT89C51-12QI	44Q	
		AT89C51-12AA	44A	Automotive
		AT89C51-12JA	44J	(-40°C to 105°C)
		AT89C51-12PA	40P6	
		AT89C51-12QA	44Q	
16	5V ± 20%	AT89C51-16AC	44A	Commercial
		AT89C51-16JC	44J	(0°C to 70°C)
		AT89C51-16PC	40P6	
		AT89C51-16QC	44Q	
		AT89C51-16AI	44A	Industrial
		AT89C51-16JI	44J	(-40°C to 85°C)
		AT89C51-16PI	40P6	
		AT89C51-16QI	44Q	
		AT89C51-16AA	44A	Automotive
		AT89C51-16JA	44J	(-40°C to 105°C)
		AT89C51-16PA	40P6	
		AT89C51-16QA	44Q	
20	5V ± 20%	AT89C51-20AC	44A	Commercial
		AT89C51-20JC	44J	(0°C to 70°C)
		AT89C51-20PC	40P6	
		AT89C51-20QC	44Q	
		AT89C51-20AI	44A	Industrial
		AT89C51-20JI	44J	(-40°C to 85°C)
		AT89C51-20PI	40P6	
		AT89C51-20QI	44Q	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

rdering Information

Speed (MHz)	Power Supply	Ordering Code	Package	Operation Range
24	5V ± 20%	AT89C51-24AC	44A	Commercial
		AT89C51-24JC	44J	(0°C to 70°C)
		AT89C51-24PC	44P6	
		AT89C51-24QC	44Q	
		AT89C51-24AI	44A	Industrial
		AT89C51-24JI	44J	(-40°C to 85°C)
		AT89C51-24PI	44P6	
		AT89C51-24QI	44Q	

	Package Type
	44 Lead, Thin Plastic Gull Wing Quad Flatpack (TQFP)
	44 Lead, Plastic J-Leaded Chip Carrier (PLCC)
6	40 Lead, 0.600" Wide, Plastic Dual Inline Package (PDIP)
	44 Lead, Plastic Gull Wing Quad Flatpack (PQFP)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้